

TADEUSZ BARSZCZAK

WPLYW NAWOŻENIA MINERALNEGO, ORGANICZNEGO I  
WAPNOWANIA NA ZAWARTOŚĆ W GLEBIE ROZPUSZCZALNEGO  
W WODZIE BORU W ŚWIETLE DŁUGOLETNIICH  
DOŚWIADCZEŃ W SKIERNIEWICACH

Zakład Chemii Rolniczej SGGW. Kierownik — prof. dr J. Goralski

WSTĘP

W miarę zwiększania plonów coraz częściej występuje w naszych glebach brak mikroelementów i coraz większą uwagę przywiązuje się do ich znaczenia w praktyce rolniczej [26, 32, 33, 34, 39, 40, 41, 60]. Jak widać, zapotrzebowanie na bor takich roślin, jak buraki cukrowe, lucerna, koniczyny oraz niektóre warzywa i rośliny strączkowe nie będzie mogło być pokryte z naturalnych zasobów gleb, a w związku z tym w większym niż dotychczas stopniu wyłoni się kwestia stosowania nawozów borowych [32, 33].

Niedostatek boru w glebach pozostaje w dość ścisłym związku z ich wapnowaniem oraz nawożeniem mineralnym i organicznym.

Jak wiadomo [10, 32, 36, 37], objawy braku boru u roślin obserwuje się najczęściej przy ich uprawie na glebach o odczynie zasadowym lub kwaśnym, świeżo wapnowanych. Ten fakt był bezpośrednim powodem tezy, że wapnowanie powoduje zwiększoną sorpcję związków boru w glebie, a przez to zmniejszone pobieranie tego składnika przez rośliny.

Za słusznością tezy, że wapnowanie zwiększa sorpcję boru w glebach, przemawiają między innymi badania K a t a ł y m o w a i R i a b o w e j [24] oraz B i s h o p a i C o o k a [9]. K a t a ł y m o w i R i a b o w a w 23 lata po zwapnowaniu gleby rosnącymi dawkami węglanu wapnia, od 2 do 18 ton na hektar, oznaczyli zawartość boru rozpuszczalnego w wodzie i stwierdzili na poletkach wapnowanych zdecydowanie mniej boru.

Również B i s h o p i C o o k uzyskali wyraźne obniżenie w glebie zawartości rozpuszczalnego w wodzie boru pod wpływem węglanu wapnia. Już w pierwszym roku po zwapnowaniu zawartość boru zmniejszyła się z 0,38 do 0,25 ppm.

Natomiast G o r a l s k i [17], badając w warunkach wazonowych działanie węglanu wapnia na koniczynę, nie stwierdził wyraźnego wpływu wapnowania gleby na zawartość rozpuszczalnego w wodzie boru.

Początkowo przypuszczano, że sorpcja związków boru w glebie pod wpływem wapnowania ma w znacznym stopniu charakter biologiczny (N a f t e l [44]), ale poglądy te nie utrzymały się w świetle badań M i d g l e y a i D u n k l e e ' g o [38], stwierdzających, że sorpcja zachodzi również w warunkach sterylnych i że wiązanie boru jest przede wszystkim zależne od pH gleby (w największym stopniu następuje w granicach pH 7,4—8,3), a w mniejszym stopniu zależy od ilości wapnia w glebie. Za poglądem, że większy wpływ na wiązanie boru ma zmiana pH niż zmiana w zawartości wapnia, przemawiają również wyniki prac E a t o n a i W i l c o x a (cyt. za [36]), O l s o n a i B e r g e r a [45] oraz B i s h o p a i C o o k a [9], wskazujące, że działanie wodorotlenków wapnia i sodu na sorpcję boru w glebach jest zbliżone oraz że rodzaj kationów zasadowych ma mały wpływ na wiązanie boru.

P a r k s [47] oraz O l s o n i B e r g e r [45], a następnie S c h a r r e r, K ü h n i L ü t t m e r [58] zwracają uwagę na dużą rolę minerałów ilastych w sorpcji boru. Scharrer i współpracownicy wykazali, że największe zdolności sorpcyjne w stosunku do boru mają minerały gliniaste grupy łuszczyków, a następnie bentonit i kaolinit. Jednocześnie S c h a r r e r i współpracownicy stwierdzili, że bor jest bardziej sorbowany na tlenkach glinu niż na tlenkach żelaza, przy tym maksymalne wiązanie następuje na tlenkach glinu w granicach pH 5,5—7,0, a na tlenkach żelaza w przedziale pH 8—9. Jak wskazują badania P a r k s a i W h i t e ' a [48], sorpcja boru przez minerały ilaste zwiększa się w miarę wysycania kationami zasadowymi. Słuszność tego stwierdzenia w pewnym stopniu wynika również z pracy B i g g a r a i F r i e m a n a [7], którzy badając sorpcję boru przez gleby o różnej pojemności wymiennej stwierdzili, że gleby o dużej pojemności wymiennej i dużym wysyceniu zasadami sorbowały bor bardziej niż gleby o małej pojemności wymiennej i małym wysyceniu zasadami.

P h i l i p s o n [49] udowadnia w oparciu o analizę własności kwasu borowego i mineralnego części gleby o charakterze koloidalnym, że sorpcja boru w głównej mierze polega na łączeniu się kwasu borowego z grupami hydroksylowymi, należącymi do glinu z siatki krystalicznej koloidalnych cząstek gliniastych.

W przeciwieństwie do minerałów ilastych substancja organiczna bierze mały udział w sorpcji boru, gdyż jej spalanie wywołuje tylko nieznaczny spadek wiązania tego mikroelementu (O l s o n i B e r g e r [45]). Ostatnio zwraca się jednak uwagę na duże znaczenie substancji organicznej w zmniejszaniu się rozpuszczalności boru glebowego pod wpływem wap-

nowania. Na uwagę zasługuje tu praca Lehra i Henkause [31] wykazująca, że wapnowanie gleb, które zawierały 3% substancji organicznej, nie zmniejszyło ilości rozpuszczalnego w wodzie boru, natomiast wapnowanie gleb zawierających 25% substancji organicznej zmniejszyło bardzo wyraźnie jego ilość.

Gdy wapnowanie gleb powoduje przeważnie zmniejszenie ilości łatwo rozpuszczalnego boru w glebie, to ich zakwaszenie wywołuje skutek odwrotny — zwiększenie się łatwo rozpuszczalnego boru. Zjawisko to wykazano zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych. Philipson [49], Scharrer, Kühn i Lüttmer [58], Katalymow i Riabowa [25], Myszką [43] oraz inni [20, 36] stwierdzili, że do roztworu przechodzi więcej boru pod wpływem kwasów niż pod wpływem wody.

Haas [21], Muhri Aldrich (cyt. za [36]) wykazują, że siarkowanie gleb i następujące w ślad za nim zakwaszenie zwiększa rozpuszczalność i przyswajalność boru, przy tym wpływ ten może być bardzo duży.

Brak jest więc jednoznacznych wyników co do wpływu wapnowania na zawartość łatwo rozpuszczalnego boru w glebie. Szczególnie brak ten odnosi się do wpływu systematycznego wapnowania, na który to temat nie znaleziono ani jednej pracy, a z punktu widzenia praktyki rolniczej określenie tego wpływu jest bardziej interesujące niż jednorazowego wapnowania. Współczesne bowiem rolnictwo zużywa duże ilości nawozów wapniowych i stosuje je systematycznie.

Stosowanie nawozów może wywoływać zmiany w zawartości boru w glebie albo w wyniku zmiany odczynu, albo też wskutek wniesienia z nawozami pewnych ilości boru, albo wreszcie może zmniejszyć zawartość boru przez wzrost plonów i w związku z tym większe pobieranie tego mikroelementu przez rośliny.

Kwas [30], Philipson [49] oraz Atkinson, Giles i Desjardin [3] stwierdzili, że obornik zawiera przeciętnie od 16 ppm B [30, 49] do 20 ppm B [3] w przeliczeniu na suchą masę. Pomimo stosunkowo niewielkiej ilości boru, jaka jest zawarta w oborniku, stosowanie tego nawozu wywołuje wzrost zawartości boru w glebie w porównaniu do ilości znajdujących w kombinacjach bez obornika. Atkinson, Diles i Desjardin przez intensywne nawożenie obornikiem zwiększyli w glebie około 2 razy zawartość rozpuszczalnego w wodzie boru. Dobrzański [18] znalazł na poletkach nawożonych obornikiem (w dawce 300 q/ha co 3 lata) 0,20—0,23 ppm B, gdy na poletkach nie nawożonych stwierdził tylko 0,08—0,13 ppm B.

Badania nad zawartością boru w nawozach mineralnych objęły przede wszystkim nawozy potasowe i fosforowe.

Według oznaczeń Terlikowskiego i Nowickiego [61] za-

wartość boru w nawozach potasowych wynosi w zależności od pochodzenia i rodzaju nawozu od 5 do 66 ppm. G ó r s k i [6] w oparciu o informacje uzyskane z dyrekcji kopalni soli potasowych w Kałuszu podaje, że zawartość boru w sylwiniacie wynosi 70 ppm, langbeinicie 270 ppm, a w kainicie kałuskim i stebnickim jest bliska zeru. P a w l i c z e n k o (cyt. za [22]) stwierdził, że sole potasowe złoża starobińskiego (BSRR) zawierają od 3 do 100 ppm B.

B i n g h a m [8] znalazł 50—70 ppm boru w superfosfacie otrzymanym z fabryk rozmieszczonych w zachodniej części Stanów Zjednoczonych i od 70 do 115 ppm w superfosfacie z fabryk zlokalizowanych we wschodniej części Stanów Zjednoczonych.

Przy stosowaniu nawozów potasowych i fosforowych w dawce około 3 q/ha wprowadza się do gleby około 15 g B/ha (przyjmując przeciętną zawartość 50 ppm B), co oczywiście należy brać pod uwagę, pomimo że ilości te nie mogą mieć wyraźnego wpływu na zmianę zawartości boru w glebie, tym bardziej gdy uwzględni się pobieranie tego mikroelementu przez rośliny.

Ogłoszone prace wskazują na dużą rozbieżność w zawartości boru w nawozach wapniowych. W badaniach K e l l e r a i współpracowników (cyt. za [13]) zawartość boru wynosiła od 1 do 50 ppm, S c h a c h t s c h a b e l a i S c h r ö d e r a [56] — 3—27 ppm, L a m a r a i T h o m p s o n a oraz M i u r a i współpracowników (cyt. za [13]) — 1,9—11 ppm, a C h i c h i l o ' a i W h i t t a k e r a — 3—18 [13] i 1—21 ppm [14]. R u m e l s i S c h l e i c h e r [55] badając skład skał wapniowych w Kansas znaleźli próbki o wyjątkowo dużej zawartości boru, bo do 300 ppm.

S c h a c h t s c h a b e l i S c h r ö d e r [56] zwracają uwagę, że ilość boru, jaką wprowadza się do gleby z nawozami wapniowymi, nie może mieć praktycznego znaczenia w nawożeniu borem, gdyż w dawce nawozów wapniowych 2,5 tony na hektar wprowadza się tylko 15% przeciętnego zapotrzebowania roślin na ten mikroelement.

Wydaje się jednak, że przy używaniu do odkwaszania gleb nawozów wapniowych o wyjątkowo wysokiej zawartości boru można na tej drodze, jak to wykazały badania M a c K a y a i współpracowników [35] w pełni pokryć zapotrzebowanie na ten mikroelement.

Stosowanie nawozów borowych w największym stopniu zwiększa zawartość w glebie rozpuszczalnego boru. Przy tych samych dawkach nawozów borowych następuje różny wzrost zawartości rozpuszczalnego w wodzie boru. Dodany bowiem do gleby bor ulega w zależności od własności gleby w różnym stopniu zasorbowaniu i wymyciu.

K r ü g e l i współpracownicy [27, 28] przemywając gleby wodą aż do zaniku reakcji na bor stwierdzili, że na tej drodze można wymyć 78% dodanego boru w postaci boraksu. Autorzy ci wyrażają pogląd, że

bor zastosowany do gleby jest z niej najpóźniej w ciągu 3 lat zupełnie wymyty.

Kubota i współpracownicy [29] wykazali, że na wymywanie boru z gleby ma istotny wpływ wapnowanie gleby, przy tym CaO bardziej niż  $\text{CaCO}_3$  hamuje proces wymywania.

Katálymow [23] badając wpływ wapnowania węglanem wapnia na wymywanie boru z gleby udowodnił, że wymywanie boru pod wpływem wapnia w większym stopniu zmniejsza się na czarnoziemiu i glebie gliniastej, a w mniejszym na glebie piaszczystej.

Riehm [53] w oparciu o swoje badania wykazuje, że wymywanie boru zachodzi szybko, szczególnie przy wyższych dawkach nawozów borowych. Podobnie Quелlette [51] zwraca uwagę, że wymywanie boru z gleb jest zależne od dawki nawozów borowych i przy małych dawkach następuje wolniej, a przy dużych szybciej.

Odmienne stanowisko w sprawie wymywania boru z gleby zajmuje Scharrer, Kühn i Lüttmer [57]. Studiując wymywanie boru dodanego do gleby w postaci boraksu w warunkach laboratoryjnych i polowych badacze ci wykazali, że proces wymywania przy naturalnym rozkładzie opadów na ciężkich glebach praktycznie nie następuje, a na glebach lekkich wynosi od 14 do 25%. Jednocześnie Scharrer i współpracownicy podkreślają, że wymywanie boru w warunkach polowych klimatu środkowoeuropejskiego jest zdecydowanie niższe niż w czasie przemywania gleby w warunkach laboratoryjnych oraz że zależy ono od odczynu i składu mechanicznego gleby.

Pomimo rozbieżnych wyników co do wymywania boru z gleb z procesem tym należy się liczyć zdając sobie sprawę, że zaznacza się on silniej w przypadku gleb zakwaszonych, lekkich, o małej pojemności wodnej, a o dużej przepuszczalności.

#### BADANIA WŁASNE

Uznając, że poznanie wpływu systematycznego nawożenia mineralnego i organicznego oraz systematycznego wapnowania ma istotne znaczenie dla praktyki rolniczej z uwagi na rosnące zużycie zarówno nawozów mineralnych, organicznych, jak i wapniowych, podjęto badania nad tym zagadnieniem.

W celu określenia wpływu nawożenia na zawartość boru w glebie wykorzystano trwałe doświadczenia z nawozami mineralnymi i organicznymi, które od 1922 r. są prowadzone na polu doświadczalnym w Skierńewicach.

## OPIS BADANEGO OBIEKTU

Skierniewice leżą w środkowej części Polski. Gleba pola doświadczalnego jest piaskiem gliniastym mocnym. Jest to bielica lekka, wytworzona z gliny zwałowej. Badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenia zlokalizowane na polach A i D oraz na polu warzywnym, należącym obecnie do Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa<sup>1</sup>.

Doświadczenia na polu A. Na polu A prowadzone są doświadczenia na 14 pasach (każdy pas ma 3 bloki), podzielonych na 4 grupy. A<sub>I-IV</sub>, A<sub>V-VIII</sub>, A<sub>IX-XI</sub>, oraz AF<sub>I-III</sub>. W poszczególnych grupach są następujące kombinacje:

A <sub>I-IV</sub>	A <sub>V-VIII</sub>	A <sub>IX-XI</sub>	AF <sub>I-III</sub>
O	Ca	Ca	O
CaNPK	CaNPK	CaNPK	CaNPK
NPK	NPK	NPK	NPK
PK	CaPK	CaPK	PK
PN	CaPN	CaPN	PN
KN	CaKN	CaKN	KN

Na pasach A<sub>I-XI</sub> używa się jako nawozu azotowego saletry sodowej, a na pasach AF<sub>I-III</sub> — siarczanu amonu. Z pozostałych nawozów stosuje się superfosfat, 40% sól potasową oraz wapno rolnicze.

Dawki nawozów wynoszą rocznie 30 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 60 kg K<sub>2</sub>O. Wapno stosuje się co 4 lata w ilości 1600 kg CaO/ha. Niezależnie od tego na pasach AF<sub>I-III</sub>, ze względu na nadmierne zakwaszenie, zwapnowano wszystkie poletka dając 24 q CaO/ha w latach 1947 i 1952.

Na pasach A<sub>I-VIII</sub> oraz AF<sub>I-III</sub> stosuje się zmianowanie dowolne bez rośliny motylkowej, a na pasach A<sub>IX-XI</sub> również zmianowanie dowolne, ale z rośliną motylkową.

Doświadczenie na polu D. Na polu D są prowadzone doświadczenia w monokulturze z ziemniakami i żytem w 5 powtórzeniach wg schematu:

O, obornik, NaNO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, PN, KN, PK, NPK, CaNPK, azotniak

W kombinacjach PN, KN, NPK, i CaNPK stosuje się saletrę sodową. Z nawozów fosforowych i potasowych używa się, podobnie jak na pasach A, superfosfatu i wysokoprocentowej soli potasowej.

Dawki nawozów mineralnych wynoszą rocznie w przeliczeniu na hektar 30 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 60 kg K<sub>2</sub>O. Nawozy wapniowe na pasach D stosuje się podobnie jak nawozy mineralne, co roku w ilości 1200 kg CaO/ha.

<sup>1</sup> Panu Prof. Dr Emilowi Chroboczkowi za umożliwienie wykorzystania próbek glebowych z pola warzywnego składam serdeczne podziękowanie.

Obornik stosuje się co roku w dawce 200 q/ha na odpowiedniej kombinacji.

Doświadczenia na polu warzywnym. Na polu warzywnym, należącym obecnie do IUNG, prowadzone są doświadczenia z obornikiem i nawozami mineralnymi w 8 powtórzeniach wg następującego schematu:

- 1 — 200 q obornika na hektar rocznie,
- 2 — 400 q obornika na hektar rocznie,
- 3 — 600 q obornika na hektar rocznie;

- 1 — 24 kg N, 22 kg  $P_2O_5$  i 43,5 kg  $K_2O$  na hektar rocznie,
- 2 — 48 kg N, 44 kg  $P_2O_5$  i 87 kg  $K_2O$  na hektar rocznie,
- 3 — 72 kg N, 66 kg  $P_2O_5$  i 130 kg  $K_2O$  na hektar rocznie.

Na poletkach doświadczalnych uprawia się pomidory, paprykę, pory, cykorię, fasolę i groch, a więc rośliny o dużym zapotrzebowaniu na bor.

Z nawozów używa się: superfosfatu, 40% soli potasowej oraz saletry amonowej lub wapniowej.

Wszystkie przedstawione wyżej doświadczenia, a więc na polu A i D oraz na polu warzywnym, prowadzone są w układzie systematycznym i z nie zmienionym planem od 1922 roku.

#### METODYKA BADAŃ

Pobieranie i przygotowanie próbek glebowych. Jak wykazują badania Górskiego [20], duży wpływ na wyniki chemicznej analizy gleby ma prawidłowe pobranie próbki. Według Górskiego prawidłowo pobrana próbka gleby powinna stanowić próbkę średnią, mieszaną z kilkunastu indywidualnych próbek pobranych równomiernie z powierzchni całego pola. Również Riehm [52] wykazuje, że przy oznaczaniu boru w celu uzyskania dostatecznie reprezentatywnej średniej próbki należy ją pobrać z kilkunastu punktów i wysuszyć w temperaturze nie przekraczającej 70 °C. Riehm zwraca uwagę, że dla tak przygotowanych próbek glebowych otrzymuje się dużą powtarzalność wyników.

Powyższa wskazówka Riehma jest bardzo istotna, gdyż jak to wcześniej stwierdził Parks [47, 48] suszenie próbek glebowych w wyższych temperaturach, a szczególnie cykliczne suszenie i nawilżanie, zmniejsza rozpuszczalność związków boru w glebie.

Biorąc pod uwagę wnioski z prac Górskiego i Riehma do badań pobrano oddzielnie z każdego poletka średnie próbki gleby, składające się z 12—15 próbek indywidualnych z warstwy ornej i z 6—8 próbek indywidualnych z warstw głębszych, 20—40 cm i 40—60 cm. Z war-

stwy ornej próbki pobrano za pomocą laski Egnera, a z warstw głębszych za pomocą świdra.

Niektórzy badacze (W i n s o r [62], R i e h m [53, 54], P h i l i p s o n [49]) studiowali zmiany w zawartości rozpuszczalnego w wodzie boru w zależności od sezonu wegetacyjnego, a szczególnie od przebiegu pogody. W i n s o r [62] stwierdził, że zawartość boru w glebie ulega zmianie związanej z różną wilgotnością. Również P h i l i p s o n [49] jest zdania, że nawilżenie gleb nieznacznie zmienia w nich ilość łatwo rozpuszczalnego boru. Odmienne wyniki otrzymał R i e h m [53, 54]. Stwierdził on, że termin prawidłowo pobranej próbki gleby do oznaczania boru (badał okres od 10.IV do 20.X) zupełnie nie wpływa na otrzymany wynik, gdy parcele są nie nawożone borem, a po nawożeniu borem wynik ustala się po 6—8 tygodniach. Rhiem zwraca przy tym uwagę na konieczność prawidłowego pobrania i przygotowania próbki glebowej.

Ażeby wyeliminować ewentualny wpływ okresu wegetacyjnego na zawartość boru w poszczególnych partiach próbek glebowych, pobrano je z pól A i D w czasie jednego tygodnia w jesieni 1960 r., a z pola warzywnego na wiosnę 1961 r., tuż przed wysiewem nawozów.

Próbki wysuszono w warunkach naturalnych i przechowywano w torbach z folii polietylenowej lub pudełkach tekturowych, łączonych spinaczami. Tak postępowano, aby uniknąć zanieczyszczenia gleby borem, którego źródłem — jak wskazuje W i n s o r [63] — może być między innymi klej, używany do klejenia papierowych toreb lub pudełek. W i n s o r stwierdził, że do gleb przechowywanych w papierowych torbach z kleju przechodzi tyle boru, że może to spowodować wyraźny wzrost jego zawartości.

Oznaczenie łatwo rozpuszczalnego boru w glebie. Poszczególne metody oznaczania łatwo rozpuszczalnego boru w glebie oparte są na stosowaniu następujących rozpuszczalników: gorącej wody (B e r g e r i T r u o g [5]), mieszaniny siarczanu i octanu amonowego, zbuforowanego kwasem octowym do pH 4,0 (B a r o n [4]) oraz rozcieńczonych kwasów: ortofosforanowego w stężeniu 1/30 mola, o pH 2,8 (P h i l i p s o n [49]), siarkowego w stężeniu 0,02n (C o o k, M i l l a r [15]) i solnego (K a t a ł y m o w i R i a b o w a [25]). Stosunek gleby do rozpuszczalnika w poszczególnych metodach wynosi 1 : 2 (B e r g e r i T r u o g), 1 : 2,5 (B a r o n) i 1 : 10 (P h i l i p s o n).

Najpowszechniej jest używana metoda B e r g e r a i T r u o g a. Polega ona na gotowaniu gleby z wodą w czasie 5 minut i następnie na oznaczaniu boru w przesączu. K a t a ł y m o w i R i a b o w a [25] zwracają uwagę, że pięciominutowe gotowanie gleby jest słuszne, gdyż w tym czasie przechodzi do roztworu maksymalna ilość boru. Dłuższe go-

townianie rozpuszcza tylko dalsze 20% boru w porównaniu do ilości tego składnika, jaka przechodzi do roztworu w pierwszych 5 minutach.

Dla metody Bergera i Truoga uzyskano stosunkowo wysoką współzależność między zawartością boru w glebach i roślinach oraz w licznych przypadkach zgłoszono propozycje co do liczb granicznych.

Philipson [49] uważa jednak, że metoda ta nie charakteryzuje dobrze ilości boru przyswajalnego dla roślin, gdyż wykazuje tylko aktualnie dostępny bor, natomiast zupełnie nie informuje o rezerwach boru w glebach, a nawet o ilości boru dostępnego dla roślin w czasie całego okresu wegetacji. Obok tego stosunek gleby do wody, który, jak wiadomo, w metodzie Bergera i Truoga wynosi 1:2, jest wg Philipsona niewłaściwy, gdyż powoduje małe zróżnicowanie wyników. Zdaniem Philipsona, odpowiednim rozpuszczalnikiem do oznaczania przyswajalnego dla roślin boru w glebach jest rozcieńczony kwas fosforowy, gdyż podobnie jak rośliny stwarza środowisko słabo kwaśne, a ilości boru przechodzące do roztworu pod wpływem tego kwasu stanowią dobrą informację o zawartościach boru, jakie są w dyspozycji roślin w czasie całego okresu wegetacyjnego oraz o zapasie boru.

Badania Starcka, Truoga i Attoe [59] usiłują potwierdzać przynajmniej w pewnej mierze zastrzeżenia Philipsona w odniesieniu do oznaczania łatwo rozpuszczalnego boru w glebie, z zastosowaniem jako rozpuszczalnika gorącej wody.

Niektórzy badacze [11, 43] zwracają uwagę, że w celu uzyskania pełniejszej informacji o zawartości bezpośrednio dostępnego dla roślin boru, jak też o jego zapasie w glebach, słusznie jest stosować dwa różne wyciągi — wodny oraz słabo kwaśny.

Bucher [11] oznaczając zawartość boru w glebach wg metody Bergera i Truoga oraz metody Barona wykazał, że zbliżone wyniki uzyskuje się obu metodami dla gliniastych piasków, natomiast dla glin wyższe wyniki otrzymuje się przy metodzie Barona, a niższe przy metodzie Bergera i Truoga.

Katałymow i Riabowa [25] porównując wyniki zawartości boru w glebach wg różnych metod z ilością boru pobieranego przez rośliny dochodzą do wniosku, że pod tym względem najlepsze wyniki daje metoda Bergera i Truoga. Podobne stanowisko w tej sprawie zajmują Riehm [52], Bishop i Cook [9], Candussio [12] oraz Majewski [36].

Pomimo zastrzeżeń co do małej dokładności metody Bergera i Truoga jest ona obecnie powszechnie używana do oznaczania łatwo rozpuszczalnego boru w glebach. Stosunkowo duża zgodność wyników otrzymywanych tą metodą z pobieraniem boru przez rośliny stanowi jej nie-

wątpliwą zaletę. Dlatego metodę Bergera i Truoga wybrano do badania wpływu nawożenia na zawartość boru w glebie.

Po rozpuszczeniu w glebie bor w roztworze oznaczano kolorymetrycznie, dokładnie wg procedury opisanej przez Dible, Truoga i Bergera [16]. Aby uniknąć zanieczyszczeń i płynących stąd błędów przy oznaczaniu boru [42, 46, 50, 64], analizy przeprowadzono w szkle sodowym i kwarcowym.

Statystyczne opracowanie wyników. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie obliczając przedział ufności dla różnicy średnich arytmetycznych zawartości w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru oraz współczynniki korelacji i regresji pomiędzy zawartością boru w glebie a pH gleby.

W analizie zmienności, ze względu na układ większości doświadczeń, nie eliminowano zmienności blokowej. Takie postępowanie wynikało z braku istotności w ocenie zmienności blokowej w całkowitej analizie zmienności, jaką przeprowadzono metodą wzorca na pasach  $A_{I-IV}$ .

## WYNIKI PRACY

### WPLYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ W GLEBIE BORU ROZPUSZCZALNEGO W WODZIE

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie boru rozpuszczalnego w gorącej wodzie przedstawiono w tab. 1—9. Wskazują one, że zarówno nawożenie mineralne, jak i organiczne istotnie różnicują zawartość boru w glebie.

Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość boru w glebie. Wyniki zebrane w tab. 9 wskazują, że systematyczne i łączne stosowanie trzech podstawowych nawozów mineralnych (NPK) zmniejsza zawartość boru w glebie. Gdy w kombinacji z najniższą dawką nawozów mineralnych zawartość boru w warstwie ornej wynosiła 0,40 ppm, to z dawką trzykrotnie wyższą zmniejszyła się do 0,33 ppm. Również z danych przedstawionych w tab. 4 wynika, że łączne stosowanie podstawowych nawozów mineralnych (NPK) bez wapnowania zmniejszyło zawartość boru w glebie w porównaniu do kombinacji zerowej. Wpływ łącznego stosowania nawozów mineralnych na zawartość boru w glebie nie wszędzie był jednakowy. W niektórych doświadczeniach (tab. 5) zaznaczyła się nawet niewielka tendencja we wzroście zawartości boru w kombinacji z nawozami mineralnymi (NPK) w porównaniu do kombinacji bez jakiegokolwiek nawożenia.

Zmniejszenie się zawartości boru w glebie pod wpływem nawożenia mineralnego (tab. 9) nastąpiło przy bardzo małych zmianach pH gleby. Stwierdzono więc, że różnice w zawartości boru w glebie zostały najprawdopodobniej wywołane wzrostem plonów, a przez to zwiększonym

Tabela 1

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pasy A<sub>I-IV</sub>  
 Zmianowanie dowolne bez rośliny motylkowej. Azot w postaci saletry sodowej  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm). Stripes A<sub>I-IV</sub>  
 Arbitrary crop rotation, no legumes. Nitrogen in the form of sodium nitrate

Nawożenie Treatment	Pas - Stripe A <sub>I</sub>			Pas - Stripe A <sub>II</sub>			Pas - Stripe A <sub>III</sub>			Pas - Stripe A <sub>IV</sub>			Średnia z pow. ppm B Mean from replications ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
0	0,35	0,30	0,34	0,31	0,30	0,33	0,32	0,31	0,34	0,29	0,38	0,27	0,32	5,0-5,8
CaNPK	0,34	0,45	0,41	0,38	0,36	0,40	0,44	0,42	0,38	0,40	0,31	0,39	0,39	6,4-6,7
NPK	0,27	0,33	0,37	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,30	0,40	0,29	0,29	0,30	5,5-6,1
PK	0,33	0,26	0,31	0,29	0,31	0,32	0,23	0,34	0,38	0,23	0,20	0,21	0,28	5,0-5,7
PN	0,24	0,36	0,37	0,31	0,29	0,30	0,28	0,37	0,33	0,26	0,29	0,31	0,31	5,3-5,9
KN	0,33	0,34	0,37	0,28	0,30	0,30	0,23	0,34	0,23	0,24	0,28	0,28	0,30	5,3-6,2
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)													0,036	

Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością boru i pH  $r = -0,54$   
 Correlation coefficient between boron content and pH  $r = -0,54$

Współczynnik regresji liniowej w zawartości boru od pH  $b = 0,050$   
 Linear regression coefficient of boron content in respect to pH  $b = 0,050$

Tabela 2

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pasy A<sub>V-AVIII</sub>  
 Zmianowanie dowolne bez rośliny motylkowej. Azot w postaci saletry sodowej  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm). Stripes A<sub>V-AVIII</sub>  
 Arbitrary crop rotation, no legumes. Nitrogen and sodium nitrate

Nawożenie Treatment	Pas - Stripe A <sub>V</sub>			Pas - Stripe A <sub>VI</sub>			Pas - Stripe A <sub>VII</sub>			Pas - Stripe A <sub>VIII</sub>			Średnio z pow. ppm B Mean from replications ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Ca	0,34	0,34	0,36	0,41	0,38	0,30	0,34	0,42	0,37	0,35	0,37	0,34	0,36	6,4-7,0
CaNPK	0,31	0,39	0,36	0,32	0,38	0,38	0,36	0,37	0,41	0,40	0,41	0,35	0,36	6,6-7,1
NPK	0,33	0,30	0,28	0,32	0,26	0,27	0,28	0,30	0,27	0,34	0,27	0,33	0,30	5,4-6,1
CaPK	0,30	0,34	0,37	0,30	0,39	0,35	0,30	0,28	0,32	0,35	0,32	0,31	0,33	6,2-6,7
CaPN	0,34	0,40	0,40	0,31	0,33	0,35	0,36	0,36	0,31	0,36	0,31	0,32	0,35	6,4-7,0
CaKN	0,35	0,37	0,47	0,38	0,23	0,31	0,36	0,39	0,33	0,39	0,35	0,38	0,36	6,3-7,2
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)													0,030	

$r = 0,57$

$b = 0,065$

Tabela 3

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pasy A<sub>IX</sub>-A<sub>XI</sub>  
 Zmianowanie dowolne z rośliną motylkową. Azot w postaci saletry sodowej  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boren (in ppm). Stripes A<sub>IX</sub>-A<sub>XI</sub>  
 Arbitrary crop rotation with legumes. Nitrogen as sodium nitrate

Nawożenie Treatment	Pas - Stripe A <sub>IX</sub>			Pas - Stripe A <sub>X</sub>			Pas - Stripe A <sub>XI</sub>			Średnie z powtórzeń ppm B Mean from replications ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Ca	0,36	0,31	0,41	0,37	0,41	0,41	0,31	0,39	0,41	0,38	5,6-6,6
CaNPK	0,41	0,33	0,38	0,32	0,43	0,40	0,38	0,49	0,36	0,39	5,9-6,7
NPK	0,26	0,21	0,33	0,23	0,38	0,31	0,28	0,32	0,33	0,29	5,2-5,7
CaPK	0,24	0,30	0,41	0,30	0,41	0,33	0,33	0,32	0,45	0,34	5,7-6,6
CaPN	0,37	0,44	0,40	0,37	0,46	0,36	0,35	0,30	0,38	0,38	5,8-6,6
CaKN	0,28	0,37	0,41	0,30	0,38	0,35	0,37	0,38	0,36	0,36	5,9-6,6
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)										0,051	

r = 0,49  
 b = 0,024

Tabela 4

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pasy A<sub>FI</sub>-A<sub>FIII</sub>  
 Zmianowanie dowolne bez rośliny motylkowej. Azot w postaci siarczanu amonu  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm). Stripes A<sub>FI</sub>-A<sub>FIII</sub>  
 Arbitrary rotation without legumes. Nitrogen as ammonium sulphate

Nawożenie Treatment	Pas - Stripe A <sub>FI</sub>			Pas - Stripe A <sub>FII</sub>			Pas - Stripe A <sub>FIII</sub>			Średnie z powtórzeń ppm B Mean from replications ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
O	0,34	0,26	0,31	0,28	0,33	0,30	0,31	0,31	0,28	0,30	5,1-5,5
CaNPK	0,36	0,31	0,40	0,33	0,34	0,36	0,30	0,34	0,34	0,34	5,4-6,3
NPK	0,24	0,24	0,29	0,25	0,21	0,21	0,21	0,18	0,27	0,23	4,3-5,0
PK	0,28	0,24	0,34	0,27	0,30	0,26	0,30	0,34	0,32	0,29	5,0-5,4
PN	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,22	0,22	0,28	0,25	4,5-5,0
KN	0,27	0,28	0,25	0,22	0,26	0,25	0,21	0,25	0,29	0,25	4,5-4,9
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)										0,023	

r = 0,41  
 b = 0,040

T a b e l a 5

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pole D<sub>v</sub>  
 Monokultura z ziemniakami. W kombinacjach PN, KN, NPK i CaNPK azot w postaci saletry sodowej  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm). Field D<sub>v</sub>  
 Potato monoculture. In PN, KN, NPK, CaNPK nitrogen as sodium nitrate

Nawożenie - Treatment	Powtórzenie - Replication					Średnio Mean	pH
	1	2	3	4	5		
O	0,22	0,22	0,23	0,26	0,26	0,24	5,2-5,4
Obornik - Farmyard manure	0,21	0,25	0,34	0,35	0,26	0,28	5,4-5,5
NaNO <sub>3</sub>	0,23	0,21	0,24	0,25	0,22	0,23	5,5-5,7
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,17	0,24	0,22	0,20	0,19	0,20	4,5-4,9
PN	0,24	0,22	0,22	0,20	0,20	0,23	5,1-5,5
KN	0,22	0,26	0,20	0,26	0,20	0,23	5,3-5,5
PK	0,22	0,19	0,25	0,26	0,26	0,24	5,1-5,2
NPK	0,25	0,24	0,28	0,25	0,35	0,27	5,8-5,9
CaNPK	0,48	0,51	0,45	0,50	0,48	0,48	6,8-7,1
Azotniak - Lime nitrogen	0,45	0,45	0,44	0,50	0,41	0,45	6,0-6,1
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)						0,042	

r = 0,90

b = 0,159

T a b e l a 6

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pole D<sub>vI</sub>  
 Monokultura z żytem. W kombinacjach PN, KN, NPK i CaNPK azot w postaci saletry sodowej  
 Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm). Field D<sub>vI</sub>  
 Rye monoculture. In PN, KN, NPK, CaNPK nitrogen as sodium nitrate

Nawożenie - Treatment	Powtórzenie - Replication					Średnio Mean	pH
	1	2	3	4	5		
O	0,21	0,22	0,25	0,22	0,25	0,23	5,0-5,5
Obornik - Farmyard manure	0,26	0,31	0,37	0,32	0,31	0,31	5,4-5,7
NaNO <sub>3</sub>	0,25	0,22	0,26	0,26	0,23	0,24	5,1-5,7
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,20	0,24	0,18	0,23	0,19	0,21	4,6-5,7
PN	0,23	0,20	0,21	0,23	0,24	0,22	5,0-5,6
KN	0,23	0,20	0,21	0,20	0,25	0,22	5,0-5,9
PK	0,18	0,23	0,24	0,20	0,23	0,22	5,1-5,5
NPK	0,20	0,22	0,26	0,32	0,24	0,25	5,7-5,9
CaNPK	0,33	0,43	0,41	0,40	0,48	0,41	7,1-7,2
Azotniak - Lime nitrogen	0,46	0,48	0,36	0,40	0,43	0,43	5,6-6,2
Przedział ufności - Confidence interval (P - 0,95)						0,041	

r = 0,70

b = 0,090

T a b e l a 7

Wpływ obornika na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm). Pole z roślinami warzywnymi  
Effect of farmyard manure on soil content of water-soluble boron (in ppm). Field with vegetable plants

Głębokość Depth cm	Dawka obornika Manure dose w q/ha	Powtórzenie - Replication								Średnio z powtórzeń Mean from replications ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)
		1	2	3	4	5	6	7	8		
0-20	200	0,49	0,52	0,47	0,53	0,53	0,47	0,53	0,51	0,51	6,3-6,5
	400	0,62	0,61	0,70	0,67	0,61	0,64	0,62	0,61	0,64	6,5-6,7
	600	0,78	0,68	0,74	0,72	0,80	0,78	0,70	0,67	0,73	6,3-6,8
20-40	200	0,46	0,53	0,45	0,50	0,46	0,48	0,43	0,58	0,49	6,3-6,7
	400	0,45	0,55	0,51	0,60	0,56	0,52	0,62	0,58	0,55	6,6-7,0
	600	0,65	0,61	0,62	0,72	0,63	0,62	0,74	0,67	0,67	6,8-7,1
40-60	200	0,40	0,43	0,40	0,41	0,52	0,47	0,42	0,42	0,43	6,3-6,7
	400	0,42	0,45	0,47	0,48	0,52	0,47	0,46	0,44	0,48	6,3-6,9
	600	0,45	0,44	0,42	0,43	0,44	0,44	0,50	0,46	0,45	6,5-6,9
Przedział ufności - Confidence interval (P = 0,95)										0,044	

T a b e l a 8

Wpływ nawożenia na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm), w zależności od głębokości pobrania próbki glebowej. Monokultura z ziemniakami (Pole D<sub>V</sub>) i żytem (Pole D<sub>VI</sub>)  
Effect of fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm) in dependence on soil sampling depth. Potato monoculture (Field D<sub>V</sub>) and rye monoculture (Field D<sub>VI</sub>)

Głębokość Depth cm	0-20				20-40				40-60				0-20	20-40	40-60
	D <sub>V</sub>		D <sub>VI</sub>		D <sub>V</sub>		D <sub>VI</sub>		D <sub>V</sub>		D <sub>VI</sub>		Pas - Stripe D <sub>V</sub> i D <sub>VI</sub>		
	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5	średnio - mean		
0	0,22	0,26	0,22	0,25	0,30	0,30	0,21	0,31	0,41	0,43	0,45	0,35	0,24	0,28	0,41
Obornik Farmyard manure	0,25	0,26	0,31	0,31	0,33	0,24	0,30	0,32	0,41	0,53	0,43	0,42	0,28	0,30	0,45
NaNO <sub>3</sub>	0,21	0,22	0,22	0,23	0,31	0,26	0,22	0,30	0,27	0,44	0,45	0,49	0,22	0,27	0,41
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,24	0,19	0,24	0,19	0,28	0,26	0,25	0,30	0,47	0,40	0,48	0,39	0,21	0,27	0,44
PN	0,22	0,24	0,20	0,24	0,27	0,22	0,23	0,30	0,40	0,43	0,35	0,34	0,22	0,26	0,38
KN	0,26	0,20	0,20	0,25	0,24	0,21	0,23	0,30	0,40	0,43	0,35	0,38	0,22	0,25	0,39
PK	0,19	0,26	0,23	0,23	0,25	0,27	0,21	0,23	0,31	0,45	0,45	0,40	0,22	0,24	0,40
NPK	0,24	0,35	0,22	0,24	0,22	0,29	0,30	0,24	0,42	0,40	0,35	0,38	0,26	0,26	0,39
CaNPK	0,51	0,48	0,43	0,48	0,37	0,38	0,40	0,33	0,37	0,33	0,42	0,43	0,48	0,36	0,39
Azotniak Lime nitrogen	0,45	0,41	0,48	0,43	0,30	0,27	0,40	0,27	0,38	0,47	0,41	0,42	0,44	0,31	0,42
Przedział ufności - Confidence interval (P=0,95)												0,046	0,057	0,077	

Tabela 9

Wpływ nawozów mineralnych na zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru (w ppm).  
 Pole z roślinami warzywnymi  
 Effect of mineral fertilizers on soil content of water-soluble boron (in ppm).  
 Field with vegetable plants

Głębokość Depth cm	Dawka nawozów rocznie w kg/ha Annual dose			Powtórzenie - Replication								Średnie z powt. ppm B Mean of replication ppm B	pH(H <sub>2</sub> O)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	1	2	3	4	5	6	7	8				
0-20	24	22	43,5	0,31	0,39	0,48	0,43	0,33	0,36	0,49	0,40	0,40	5,9-6,2		
	48	44	87,0	0,28	0,34	0,29	0,43	0,43	0,40	0,33	0,33			0,35	5,9-6,1
	72	66	130,0	0,31	0,30	0,29	0,38	0,40	0,35	0,33	0,31				
20-40	24	22	43,5	0,31	0,42	0,35	0,32	0,33	0,36	0,38	0,39	0,34	5,8-6,4		
	48	44	87,5	0,29	0,35	0,33	0,31	0,36	0,37	0,31	0,33			0,33	5,9-6,3
	72	66	130,0	0,31	0,27	0,27	0,20	0,35	0,38	0,38	0,32				
40-60	24	22	43,5	0,33	0,34	0,43	0,31	0,43	0,43	0,35	0,42	0,38	6,3-6,9		
	48	44	87,0	0,30	0,33	0,45	0,36	0,46	0,47	0,35	0,42			0,38	6,0-7,0
	72	66	130,0	0,36	0,35	0,43	0,38	0,44	0,45	0,33	0,32				
Przedział ufności - Confidence interval (P = 0,95)											0,048				

Tabela 10

Wpływ boru na plon słonecznika w zależności od nawożenia  
 Effect of boron on sunflower crop in dependence on fertilizer

Gleba z poletek dośw. statystycznych Fas AF II Soil from statist. exper. plots Stripe AF II	Dawka boru w mg/waz. Boron dose mg/pot	Plon w g z wazonu Pot crop			Zawart. boru w ppm Boron content		Plon B w z wazonu B crop from pot			Kwas. hydrol. w mg-równ. H <sup>+</sup> /100 g gleby Hydrol. acid. m.e. H <sup>+</sup> /100 g soil	pH
		kwiat flower	podygi i liście stems and leaves	ogółem total	kwiat flower	podygi i liście stems and leaves	kwiat flower	podygi i liście stems and leaves	ogółem total		
Bez CaCO <sub>3</sub> - Without CaCO <sub>3</sub>											
0	0	12,3	40,6	52,9	14,5	12,5	178	507	685	2,05	5,7
	8	14,8	40,9	55,7	32,2	28,7	477	1174	1651	2,05	5,7
CaNPK	0	13,2	43,1	56,3	14,1	12,6	186	543	739	1,30	6,1
	8	15,6	42,8	58,4	28,5	27,0	445	1156	1601	1,33	6,1
NPK	0	9,2	27,3	36,5	20,0	17,7	184	483	667	3,25	4,9
	8	11,6	27,3	38,9	40,0	41,2	464	1125	1589	3,25	4,8
CaCO <sub>3</sub> wg 1,5 kwasowości hydrolitycznej - hydrolyt. acidity											
0	0	12,8	42,9	55,7	12,0	12,5	154	536	670	1,30	6,1
	8	16,2	42,2	58,4	27,6	27,5	447	1160	1607	1,33	6,0
CaNPK	0	15,5	45,8	61,3	11,5	12,5	178	573	751	1,14	6,4
	8	17,8	43,1	60,9	27,2	26,0	484	1121	1605	1,14	6,3
NPK	0	10,0	32,0	42,0	9,1	12,2	91	390	481	1,46	5,9
	8	16,1	40,0	56,1	28,1	30,7	452	1228	1680	1,5	5,9
Przedział ufności Confidence interval 2,98 (P = 0,95)			6,63	6,78							

pobieraniem boru z gleby. Przy tym ilość boru pobieranego przez rośliny była większa od ilości tego mikroelementu, jaką wprowadzono do gleby z nawozami mineralnymi.

Poszczególne nawozy wpłynęły niejednakowo na zawartość boru w glebie. Saletra sodowa, jak wskazują wyniki zebrane w tab. 1—3, albo zupełnie nie wpłynęła na zawartość boru w glebie (tab. 1, kombinacja NPK i PK), albo wywołała nieznaczne zwiększenie się tej zawartości. Jak wynika bowiem z tab. 2 i 3, różnica, jaka została stwierdzona pomiędzy kombinacjami CaNPK i CaPK, była na granicy istotności.

Podobny wpływ na zawartość boru w glebie wywarła saletra sodowa w doświadczeniach prowadzonych w monokulturze z ziemniakami i żytem. W porównaniu z kombinacjami bez nawożenia nie wywołała zmian w zawartości boru glebowego (kombinacja O i  $\text{NaNO}_3$  — tab. 5 i 6) lub powodowała słabą tendencję zwyżkową (tab. 5 i 6, kombinacja NPK i PK). Stwierdzone bowiem różnice nie zostały udowodnione statystycznie.

Siarczan amonu działał odmiennie w porównaniu do saletry sodowej. Powodował on wyraźne obniżenie zawartości boru (tab. 4). Gdy w kombinacji bez siarczanu amonu zawartość boru wynosiła 0,29 ppm (kombinacja PK), to w kombinacji z tym nawozem była wyraźnie niższa i wynosiła 0,23 ppm (kombinacja NPK). Zbliżony wpływ siarczanu amonu na zawartość boru stwierdzono również na polach D (tab. 5, kombinacja O i  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ).

Azotniak w porównaniu do kombinacji bez nawożenia, jak również w porównaniu do saletry sodowej i siarczanu amonu, wyraźnie zwiększał zawartość boru w glebie (tab. 5 i 6).

Nawozy fosforowe, jak wynika z przeprowadzonych badań (tab. 1—6), nie wpłynęły na zawartość boru, która zarówno w kombinacjach NPK i KN (tab. 1 i 4) oraz w kombinacjach CaNPK i CaKN (tab. 2 i 3) była identyczna lub uzyskane różnice nie zostały udowodnione statystycznie (tab. 3, 4, 5 i 6). Podobnie jak fosforowe również nawozy potasowe nie wpłynęły na zawartość boru. Gdy w kombinacji bez nawozów potasowych (PN lub CaPN) wynosiła ona średnio 0,31 ppm (tab. 1), 0,35 (tab. 2), 0,38 (tab. 3) i 0,25 (tab. 4), to w kombinacji z nawozami potasowymi (NPK lub CaNPK) była bardzo zbliżona i wynosiła odpowiednio 0,30 (tab. 1), 0,36 (tab. 2), 0,39 (tab. 3) i 0,23 (tab. 4). Wszystkie te różnice mieściły się w granicach błędu.

Bardzo duży wpływ na zawartość boru w glebie miało systematyczne stosowanie nawozów wapniowych. Na tych poletkach, gdzie stosowano nawozy wapniowe, zawartość boru w glebie była wyższa w porównaniu do poletek bez wapna. Gdy w kombinacji NPK zawartość boru wynosiła 0,30 ppm (tab. 1 i 2), 0,29 ppm (tab. 3) i 0,23 ppm (tab. 4), to na

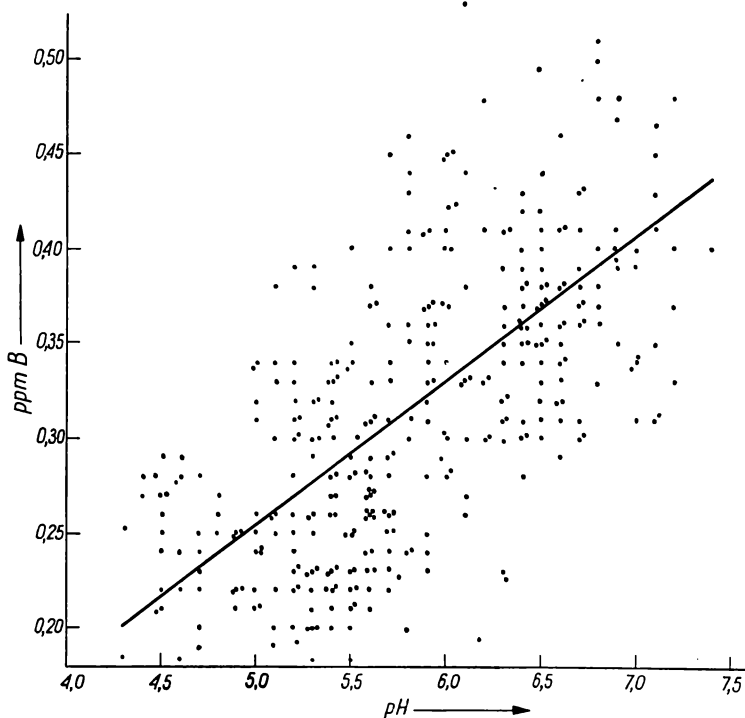
kombinacji CaNPK wynosiła ona odpowiednio 0,39 (tab. 1), 0,36 (tab. 2), 0,39 (tab. 3) i 0,34 ppm (tab. 4).

Wyraźny wpływ wapnowania na zwiększenie zawartości boru w glebie jest też widoczny z tab. 5 i 6, gdzie na poletkach CaNPK zawartość boru była blisko o 75% wyższa niż na poletkach NPK. Jednocześnie z tym w kombinacjach CaNPK zawartość boru była wszędzie wyższa od ilości boru znalezionej w kombinacji zerowej (tab. 1, 4, 5, 6).

Wszystkie omawiane różnice z wpływem wapnowania na zawartość boru w glebie zostały statystycznie udowodnione.

Z danych zebranych w tab. 1, 2, 3, 4, 5 i 6 wynika, że wpływ nawożenia mineralnego na zawartość boru w glebie jest wyraźnie związany z wpływem tego nawożenia na pH.

Aby w przybliżeniu określić charakter tej współzależności, wszystkie wyniki zawartości boru i pH w glebie z pasów A i D naniesiono na wy-



Zawartość boru w glebie w zależności od pH. Pasy A i D  
Soil boron content in dependence on pH. Stripes A and D

Współczynnik korelacji  $r = 0,683$ , współczynnik regresji zawartości boru od pH gleby  $b = 0,073$  ppm

Correlation coefficient  $r = 0.683$ , regression coefficient of boron content in dependence to soil pH = 0.073 ppm

kres (rys. 1), gdzie na osi odciętych odmierzone pH gleby, a na osi rzędnych zawartość boru. Z rozkładu punktów na wykresie 1 wynika, że istnieje zależność pomiędzy zawartością boru rozpuszczalnego w gorącej wodzie a pH gleby i że w ramach badanego zakresu pH ma ona charakter liniowy.

W celu bliższego określenia powyższej współzależności obliczono dla doświadczeń na polach A i D współczynniki korelacji, zweryfikowano je za pomocą testu „t” oraz obliczono współczynniki regresji.

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością boru a pH gleby wynosiły od 0,41 do 0,57 w doświadczeniach na polach A (tab. 1, 2, 3 i 4) oraz od 0,70 do 0,90 w doświadczeniach z trwałym żytem i ziemniakami (tab. 5 i 6). Obliczone współczynniki korelacji po sprawdzeniu ich za pomocą testu „t” okazały się wszędzie istotne.

W poszczególnych doświadczeniach wzrost zawartości boru przy zwiększeniu się pH o jedność (współczynniki regresji) wynosił od 0,024 do 0,065 ppm na pasach A (tab. 1—4) i od 0,090 do 0,159 ppm na pasach D (tab. 5 i 6).

Różnice w wielkościach współczynnika regresji, jakie uzyskano na doświadczeniach na pasach A i na pasach D, zostały przypuszczalnie spowodowane odmiennym prowadzeniem tych doświadczeń (na pasach A — zmianowanie dowolne, a na pasach D — monokultura), jak też różnym pozycmem nawożenia wapniowego.

Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość boru w głębszych warstwach gleby. W celu zorientowania się, czy nawozy mineralne wpływają na zawartość boru w glebie tylko w wierzchniej warstwie, czy również i w głębszej, w próbkach z dwóch bloków na polach D i z pola warzywnego oznaczono bor również w głębszych warstwach gleby z poziomu 20—40 i 40—60 cm. Otrzymane wyniki przedstawiono w tab. 7, 8 i 9.

Dane przedstawione w tab. 8 wskazują, że nawozy azotowe, fosforowe i potasowe nie spowodowały istotnego zróżnicowania w zawartości boru w głębszych warstwach gleby. Jedynie stosowanie nawozów wapniowych wyraźnie zwiększyło zawartość boru na głębokości 20—40 cm. Na głębokości 40—60 cm również nawożenie wapniowe nie spowodowało zmian w zawartości boru.

Wyniki zawarte w tab. 9 wskazują, że zwiększenie dawki nawozów mineralnych wywołuje malejącą tendencję w zawartości boru w warstwach głębszych. Różnice te zmniejszają się przy przechodzeniu od warstwy ornej do głębszych warstw gleby i zupełnie zanikają na głębokości 40—60 cm.

Wpływ nawożenia obornikiem na zawartość boru w glebie. Z danych zawartych w tab. 5 i 6 wynika, że systematyczne

stosowanie obornika w dawce 200 q/ha rocznie zwiększa zawartość boru w glebie. Gdy bez nawożenia stwierdzono 0,23 ppm B w doświadczeniu z żytem i 0,24 ppm w doświadczeniu z ziemniakami, to odpowiednie wartości na kombinacjach z obornikiem wynosiły 0,31 i 0,28 ppm B.

Szczególnie wyraźny wzrost zawartości boru pod wpływem nawożenia obornikiem stwierdzono na polu z roślinami warzywnymi (tab. 7). Przy przejściu od małej dawki obornika — 200 q/ha, do średniej — 400 q/h, i wysokiej — 600 q/ha, zawartość boru zwiększała się o 25% w pierwszym przypadku i o 43% w drugim. Nawożenie obornikiem zwiększało nie tylko zawartość boru w warstwie ornej, ale również w warstwach głębszych, przy tym im głębiej, tym wpływ ten był mniejszy (tab. 8). Gdy na głębokości 20—40 cm przy przejściu od mniejszej do większej dawki obornika zawartość boru jeszcze wyraźnie się zwiększa, to na głębokości 40—60 cm obserwowano w tym zakresie tylko nieznaczną tendencję wzrostową.

#### DZIAŁANIE BORU NA PLON SŁONECZNIKA W ZALEŻNOŚCI OD NAWOŻENIA

Nawożenie mineralne, jak wynika z otrzymanych danych, spowodowało istotne zróżnicowanie zawartości boru w glebie. Jego zawartość wzrosła pod wpływem wapnowania i stosowania azotniaku (tab. 1—6 i 8), a zmniejszyła się przy łącznym stosowaniu pozostałych nawozów mineralnych (tab. 9). Aby przekonać się, czy zróżnicowanie zawartości boru w glebie, wywołane różnym nawożeniem, może mieć istotny wpływ na wysokość co najmniej niektórych plonów roślin wymagających silniejszego nawożenia borem, przeprowadzono doświadczenie ze słonecznikiem wg schematu przedstawionego w tab. 10.

Do doświadczenia użyto gleby z poletek doświadczalnych z pasa AF<sub>II</sub> z kombinacji O, CaNPK i NPK, a więc tej samej gleby, tylko o różnej zawartości łatwo rozpuszczalnego w wodzie boru (tab. 4).

Doświadczenie przeprowadzono w wazonach Mitscherlicha. Nawożenie podstawowe wynosiło w gramach na wazon:

— 0,5 g N przed siewem + 0,5 g N pogłównie w czasie wegetacji w postaci  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,

— 1,0 g  $\text{P}_2\text{O}_5$  w postaci  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,

— 1,0 g  $\text{K}_2\text{O}$  w postaci  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  i  $\text{KCl}$ ,

— 0,2 g  $\text{MgO}$  w postaci  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Ponadto do każdej kombinacji dodano bor w postaci  $\text{H}_3\text{BO}_3$  w ilości 8 mg B/wazon. W połowie doświadczenia glebę zwapnowano węglanem wapnia wg 1,5 kwasowości hydrolitycznej, oznaczonej metodą Kappena. Wazony nabitó po 7 kg gleby 10 maja, obsiano 11 maja, wschody nastąpiły 17 maja. 30 czerwca zaobserwowano pierwsze różnice we wzroście

roślin w zależności od nawożenia borem. Na serii z borem zauważono lepszy rozwój roślin w porównaniu do kombinacji bez boru. W miarę upływu czasu różnice pomiędzy tymi dwoma kombinacjami pogłębiły się, szczególnie w okresie kwitnienia. Sprzęt przeprowadzono w pełni kwitnienia, 24 sierpnia.

Z danych zebranych w tab. 10 wynika, że plon słonecznika jest zależny od systematycznego nawożenia. Na glebie z poletek NPK był wyraźnie niższy od planu otrzymywanego na glebie z poletek CaNPK i O. Te różnice w plonach zostały prawdopodobnie wywołane większym zakwaszeniem gleby na poletkach NPK w porównaniu do gleby z pozostałych poletek. Wapnowanie istotnie zwiększyło plon słonecznika tylko na glebie z poletek NPK w kombinacji z borem.

Istotny wpływ nawożenia borem na wysokość plonu uzyskano na glebie z poletek NPK w serii wapnowanej. Plon kwiatów oraz łodyg i liści był na kombinacji z nawożeniem borowym wyraźnie wyższy w porównaniu z kombinacją kontrolną. W innych przypadkach działanie boru stwierdzono na glebie z poletek O również w serii wapnowanej w odniesieniu do plonu kwiatów, który był wyższy na kombinacji z nawożeniem borowym.

Procentowa zawartość boru zarówno w kwiatach, jak i łodygach nie jest jednakowa i w serii nie wapnowanej zwiększa się pod wpływem nawożenia borowego oraz jest przeważnie tym wyższa, im gleba ma niższe pH. Szczególnie wyraźna różnica zachodzi w procentowej zawartości boru w plonie słonecznika, otrzymanym na glebie z poletek CaNPK i NPK w serii nie wapnowanej. Na glebie z poletek NPK zawartość boru w słoneczniku jest wyraźnie wyższa.

Nieco odmiennie przedstawia się plon boru zawarty w słoneczniku. Jest on nieznacznie wyższy na glebie z poletek CaNPK w porównaniu z NPK.

Wapnowanie wyraźnie obniżyło procentową zawartość boru w słoneczniku tylko w kombinacji z glebą z poletek NPK. Odnosi się to również do plonu boru pobranego z wazonu, który pod wpływem wapnowania wyraźnie zmniejszył się na glebie z poletek NPK w kombinacji bez nawożenia borem. Z przedstawionych danych wynika więc, że mniejsza zawartość boru na poletkach, gdzie nie stosowano nawozów, może po zwapnowaniu tych gleb istotnie ograniczyć wysokość plonów roślin bardziej wrażliwych na brak boru. Dane te wskazują, że systematyczne wapnowanie nie tylko zapobiega nadmiernemu zakwaszeniu gleb i przez to podnosi ich żyzność, ale poza innymi dodatnimi skutkami wpływa także korzystnie na zwiększenie względnej zawartości boru w glebie i jego przyswajalności dla roślin.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Otrzymane wyniki wskazują, że nawożenie mineralne zróżnicowane zarówno pod względem ilościowym, jak i form oraz nawożenie obornikiem i stosowanie nawozów wapniowych spowodowało po 39 latach istotne zmiany w zawartości w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru.

Nawozy azotowe, fosforowe i potasowe stosowane łącznie obniżyły zawartość boru w wierzchniej warstwie gleby, jak również wywołały malejącą tendencję w zawartości boru w warstwach głębszych (tab. 9). Wyniki te wskazują więc, że rośliny pobierają bor intensywnie z warstwy gleby 0—20 cm, ale korzystają również z tego mikroelementu z warstw głębszych. Zmniejszenie się zawartości boru w glebie pod wpływem nawożenia mineralnego wskazuje, że bor wprowadzony do gleby z nawozami mineralnymi, przynajmniej takimi, jakich używano na polu w Skierniewicach, nie pokrywa potrzeb pokarmowych roślin na ten mikroelement.

Spadek zawartości boru w glebie jest tym wyższy, im dawka nawozów mineralnych jest większa. Zawartość boru w warstwie ornej gleby, na której stosowano dawkę nawozów mineralnych odpowiadającą 268,5 kg NPK/ha rocznie, była o 0,07 ppm, czyli o 18%, niższa w porównaniu do zawartości boru w glebie, na której stosowano nawozy mineralne w dawce równej 89,5 kg NPK na hektar (tab. 9). Jeżeli się zważy, że omawiane różnice wykazano po 39 latach systematycznego stosowania nawozów mineralnych i przy uprawie roślin warzywnych, których potrzeby pokarmowe w stosunku do boru są wyższe niż np. zbóż, to wypada stwierdzić, że zmiany w zawartości łatwo rozpuszczalnego boru w glebie nie są mimo wszystko bardzo duże.

Wpływ poszczególnych nawozów na zawartość boru w glebie był różny. Z nawozów azotowych siarczan amonu obniżał (tab. 4), a azotniak zwiększał tę zawartość (tab. 5 i 6). Saletra sodowa w części doświadczeń przyczyniła się do niewielkiego wzrostu zawartości boru w glebie (tab. 2 i 3), a w części nie wywołała istotnych zmian w tej zawartości (tab. 1, 5 i 6). Nawozy fosforowe i potasowe nie wpłynęły na względną zawartość boru w glebie.

Wpływ poszczególnych nawozów na zawartość boru w glebie był przeważnie związany z wpływem tych nawozów na pH gleby (tab. 1—6), przy tym ze wzrostem pH zawartość boru w glebie ulegała zwiększeniu. Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością boru a pH gleby (badano zakres pH 4,3—7,4), obliczony na podstawie wyników doświadczeń przeprowadzonych na polach A i D, wynosiła 0,683 (rysunek), a współczynnik regresji 0,073 ppm B.

Zależność, jaką stwierdzono pomiędzy zawartością boru w glebie

a pH, stawia w nowym świetle zagadnienie wpływu wapnowania na zasobność gleb w bor. Z oznaczeń boru rozpuszczalnego w wodzie na polu doświadczalnym w Skierniewicach wynika bowiem, że wapnowanie gleby przez 39 lat dawkami 1600 kg CaO na hektar co 4 lata (tab. 1—4) lub 1200 kg CaO na hektar rocznie (tab. 5 i 6) nie tylko doprowadziło pH do poziomu zbliżonego do obojętnego, lecz również zwiększyło zawartość boru w glebie w porównaniu do kombinacji bez wapna. Różnice pomiędzy zawartością boru w glebie na poletkach, na których stosowano i nie stosowano nawozów wapniowych są wyraźne i stosunkowo duże. W niektórych trwałych doświadczeniach zawartość boru w glebie na poletkach wapnowanych była o 64% (tab. 7), a nawet o 77% (tab. 6) wyższa niż na poletkach bez nawozów wapniowych.

Gleba z poletek, na których przez 39 lat nie stosowano nawozów wapniowych, uległa wyraźnemu zakwaszeniu w porównaniu do gleby systematycznie wapnowanej (tab. 1—4) i wymaga wapnowania. Szczególnie duże obniżenie pH nastąpiło w doświadczeniu, w którym stosowano siarczan amonu (tab. 4). Jak wynika z danych, przedstawionych w tab. 10, zwapnowanie gleby pobranej z poletek, na których przez 39 lat stosowano pełne nawożenie mineralne, ale bez wapna, wywołało w warunkach doświadczenia wazonowego wzmożenie reakcji na nawożenie borem. Zastosowanie nawożenia borem w tym przypadku wywołało wyraźny wzrost plonu słonecznika. Natomiast na glebie, która od 39 lat obok podstawowego nawożenia mineralnego była systematycznie wapnowana, nie stwierdzono działania boru na plony słonecznika nawet wówczas, gdy glebę z tych poletek dodatkowo zwapnowano (tab. 10). Wyniki te wskazują więc, że systematyczne wapnowanie w ciągu 39 lat korzystnie wpływa nie tylko na pH gleby, ale również na zabezpieczenie dla roślin odpowiedniej ilości boru.

Stwierdzony w oparciu o doświadczenia w Skierniewicach korzystny wpływ systematycznego wapnowania na zabezpieczenie dla roślin odpowiedniej ilości boru przypuszczalnie wskazuje, że uzyskany przez K a t a ł y m o w a i R i a b o w ą [24], B i s h o p a i C o o k a [9] oraz P h i l i p s o n a [49] w odniesieniu do gleb lekkich spadek zawartości boru na poletkach wapnowanych w porównaniu do nie wapnowanych ma charakter przejściowy. Znane jest bowiem zjawisko, że wapnowanie zwiększając sorpcję boru w glebie zmniejsza wymywanie tego mikroelementu [23]. Przy systematycznym stosowaniu nawozów wapniowych i niemal 40-letnim okresie wymywanie boru na poletkach wapnowanych mogło być niższe w porównaniu do poletek nie wapnowanych, co w rezultacie doprowadziło do większej zawartości w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru na poletkach wapnowanych w porównaniu z ilością boru w glebie na poletkach nie wapnowanych.

Poza tym odmienne wyniki z wpływem wapnowania na zawartość boru w glebie, jakie uzyskano w tej pracy w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez Katalymowa i Riabową [24], Bishopa i Cooka [9] oraz Philipsona [49] mogły być wywołane różną zawartością boru w samych nawozach wapniowych i różną dawką wapna. Znane są przypadki, że nawozy wapniowe mogą zawierać bardzo duże ilości boru, dochodzące nawet do 300 ppm [55], lub też małe ilości, nie przekraczające 1 ppm. W pracach wyżej cytowanych wapnowanie stosowano jednorazowo i przeważnie w wysokich dawkach, nawet po 18 ton węgla wapnia na hektar [24], natomiast w doświadczeniach skierniewickich stosuje się niższe dawki nawozów wapniowych, do 1200 kg CaO na hektar rocznie.

Obok omówionych czynników na większą względną zawartość boru na poletkach wapnowanych mogły mieć wpływ resztki poźniwne. Ilość ich w kombinacjach, gdzie stosuje się nawozy wapniowe, jest przeważnie większa w stosunku do poletek bez nawozów, szczególnie w doświadczeniach przeprowadzonych na pasach AF. Ponieważ próbki do badań pobierano w jesieni, nie jest wykluczone, że na różnice w zawartości łatwo rozpuszczalnego boru na poszczególnych poletkach miała wpływ ilość boru uwalnianego z resztek poźniwnych.

Wyniki zestawione w tab. 5 i 6 wskazują, że azotniak zwiększył zawartość boru w glebie. Wpływ azotniaku na wzrost zawartości boru w glebie w pewnym stopniu można wyjaśnić zmianami w odczynie gleby. Poza tym mogła tu mieć znaczenie zawartość boru w azotniaku. Zawartość boru w azotniaku wynosi jednak — jak wynika z analizy wprawdzie tylko jednej próbki — 27 ppm<sup>2</sup>, nie jest więc aż tak wysoka, aby przy małych dawkach azotniaku mogło to doprowadzić do dużej różnicy w zawartości boru w glebie na poletkach z azotniakiem w porównaniu do zawartości boru w glebie z poletek bez jakiegokolwiek nawożenia.

Być może przeprowadzone oznaczenie boru w azotniaku nie obejmowało ogólnej jego ilości. Bor bowiem daje z węglem związki bardzo trwałe i wyjątkowo trudno rozkładające się w temperaturze, jaką uzyskuje się przy stapianiu nawozu z sodą. W glebie te związki mogą przypuszczalnie powoli ulegać rozkładowi i uwalniać bor. Tym, obok innych przyczyn, jak zmiana pH, można wyjaśnić powód, dla którego na poletkach z azotniakiem stwierdzono większą zawartość łatwo rozpuszczalnego boru w glebie w porównaniu do zawartości boru w glebie z poletek bez jakiegokolwiek nawożenia.

Podczas gdy nawożenie mineralne, jak wynika przede wszystkim

<sup>2</sup> Bor w azotniaku oznaczano wg procedury zaproponowanej do oznaczania boru ogólnego w glebach przez Świącickiego [60].

z doświadczeń przedstawionych w tab. 9, obniża zawartość boru w glebie, to stosowanie obornika zwiększa tę zawartość.

Nawożenie obornikiem wywarło wpływ na zawartość boru nie tylko w warstwie wierzchniej gleby od 0 do 20 cm, ale również na głębokości 20—40 cm, a nawet 40—60 cm (tab. 7).

Fakt, że stosowanie obornika (tab. 7) istotnie różnicowało zawartość łatwo rozpuszczalnego boru w glebie nie tylko w warstwie ornej, ale również w głębszych warstwach, wskazuje, że bor z obornika ulega przemieszczaniu w głąb gleby (tab. 7).

#### WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne zróżnicowane zarówno pod względem ilościowym, jak i form oraz nawożenie obornikiem i stosowanie nawozów wapniowych spowodowało w okresie 39 lat istotne zmiany w zawartości łatwo rozpuszczalnego boru w piasku gliniastym mocnym.

2. Nawozy azotowe, fosforowe i potasowe stosowane łącznie w okresie 39 lat obniżyły zawartość łatwo rozpuszczalnego boru w glebie (tab. 9). Zawartość boru w warstwie ornej gleby, na której stosowano dawkę nawozów mineralnych odpowiadającą 268,4 kg NPK/ha, była o 0,07 ppm, czyli do 18% niższa w porównaniu do zawartości boru w glebie, na której stosowano nawozy mineralne w dawce równej 89,5 kg NPK/ha.

3. Nawozy fosforowe i potasowe nie wywoływały różnic w zawartości boru w glebie w porównaniu do kombinacji, na których nie stosowano tych nawozów.

4. Nawozy azotowe spowodowały zmiany w zawartości łatwo rozpuszczalnego boru w glebie, przy tym siarczan amonu obniżał (tab. 4), a azotniak zwiększał zawartość boru w glebie (tab. 5 i 6).

5. Zmiany w zawartości łatwo rozpuszczalnego boru w glebie pod wpływem nawożenia mineralnego były dobrze skorelowane ze zmianami w odczynie gleby. Wraz ze wzrostem pH zawartość boru w glebie zwiększyła się. Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością boru a pH gleby (badano zakres pH od 4,3 do 7,2) wynosił 0,683, a współczynnik regresji zawartości boru od pH gleby wynosił 0,073 ppm B.

6. Wapnowanie gleby przez 39 lat dawkami nawozów w ilości 1600 kg CaO/ha co 4 lata (tab. 1—4) lub 1200 kg CaO/ha rocznie (tab. 5 i 6) nie tylko doprowadziło pH gleby do poziomu zbliżonego do obojętnego, ale również zwiększyło zawartość w glebie rozpuszczalnego w wodzie boru w porównaniu do kombinacji bez wapna (tab. 1—6). Wzrost zawartości boru pod wpływem wapnowania gleby jest tak duży, że korzystnie wpływa na zabezpieczenie dla roślin odpowiedniej ilości boru i może mieć znaczenie praktyczne (tab. 10).

7. Stosowanie obornika w czasie 40 lat zwiększyło zawartość rozpuszczalnego w wodzie boru zarówno w warstwie ornej, jak i w głębszych warstwach gleby (tab. 8). Zawartość boru w glebie, na której stosowano 600 q/ha obornika rocznie, była wyższa o 0,22 ppm (43%) w warstwie ornej i o 0,18 ppm (37%) w głębszej warstwie gleby (20—40 cm) w porównaniu do ilości tego pierwiastka, znalezionej w glebie z poletek nawożonych 200 q/ha obornika rocznie.

#### LITERATURA

- [1] Asarow Ch. K.: K woprosu o postuplenii bora w rastienija w usłowijach izwiestkowanija kisłych poczw. Izw. Tim. Sielchoz. Ak., 1958, 3 (22), 153—166.
- [2] Atkinson J. H., Giles R. G., Desjardin J. G.: Effect of farmyard manure on the trace element content of soil and plant grown thereon. *Plant and Soil*, 1958, 10, 32—36.
- [3] Atkinson H. J., Giles R. G., Desjardin J. G.: Trace element content of farmyard manure. *Canad. J. Agric. Sci.*, 1954, 34, 76—80.
- [4] Baron H.: Gemeinsame Extraktion und chemische Bestimmung des leichtlesiches Anteils der Mikronährstoffe Bor, Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybden und Zink im Boden. *Landw. Forsch.*, 7, 1955, 82—89.
- [5] Berger K. C., Truog E.: Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. *J. Amer. Soc. Agron.*, 32, 1940, 297—301.
- [6] Berger K. C., Truog E.: Boron availability in relation to soil reaktion and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 10, 1945, 113—116.
- [7] Biggar J. W., Frieman M.: Boron adsorption and release by soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24, 1960, 115—120.
- [8] Bingham F. T.: Micronutrient content of phosphorus fertilizers. *Soil Sci.*, 88, 1959, 7—10.
- [9] Bishop R. F., Cook R. L.: Laboratory and greenhaus studies on effect of lime and others amendments on matter-soluble boron in soil. *Canad. J. Soil Sci.*, 58, 1958, 27—35.
- [10] Brandenburg E.: Die Herz und Trockenfäule der Rüben. Ursache und Bekämpfung. *Angewandte Botanik*, 14, 1932, 194—228.
- [11] Bucher H.: Zusammenhänge zwischen Boden-Dünger und Pflanzenbor. *Landw. Forsch.*, 10, 1957, 165—176.
- [12] Candussio R.: Indagini sull o stato borico dei ferreni ferretillizzati dellagro gradiscano-cormonese (Friuli orientale Agrochimica) 4, 1960, 78—96.
- [13] Chichilo P., Whittaker C. W.: Trace elements in agricultural limestones of Atlantic Coast Regions. *Agron. J.*, 50, 1958, 131—135.
- [14] Chichilo P., Whittaker C. W.: Trace elements in agricultural limestones of the United States. *Agron. J.*, 52, 1961, 139—144.
- [15] Cook R. L., Millar C. E.: Some soil factors effecting boron availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 4, 1939, 297—301.
- [16] Dible W. T., Truog E., Berger K. C.: Boron determination in soil and plants simplified curcumin procedure. *Analitical Chemistry*, 26, 1954, 418—421.
- [17] Goralski J.: Działanie węglanu wapnia w zależności od występowania w glebie glinu ruchomego i manganu aktywnego. *Roczn. Glebozn.*, 11, 1962, 61—71.
- [18] Dobrzański B.: Wpływ nawożenia na zawartość rozpuszczalnego boru

- w wodzie w glebie bielcowej piaszczytej. Roczn. Glebozn., Dodatek do t. 9, 1960, 129—130.
- [19] Górski M.: Wpływ związków boru na wzrost roślin (w związku z zawartością boru w nawozach potasowych). Roczn. Nauk. Roln. i Leśnych, 28, 1932, 27—44.
- [20] Górski M.: Próbkę gleby indywidualna czy mieszana. Roczn. Glebozn., 1, 1950, 41—47.
- [21] Haas A. R. C.: The turmeric determination of water-soluble boron in soils of citrus orchards in California. Soil Sci., 58, 1944, 123—137.
- [22] Jermolienko M. F.: Mikroelementy i kołoidy poczw. Mińsk 1960, s. 203.
- [23] Katalymow M. W.: Fiksacja poczwami i wymywalność bornych udobrienij. Dokł. AN SSSR, 80, 1951, 3, 413—416.
- [24] Katalymow M. W., Riabowa J. S.: Wlijanije izwiestkowanija na rastworimost bora poczwy i jego dostupnost rastienijami. Dokł. AN SSSR, 74, 1950, 3, 561—564.
- [25] Katalymow M. W., Riabowa S. J.: O sodierzanji podwiznogo bora w poczwach i mietodikie jego opriedielenija. Poczwowiedien., 8, 1958, 53—58.
- [26] Koter M.: Badania nad wpływem boru na wzrost i rozwój roślin. Roczn. Glebozn., 13, 1963, 1, 185—211.
- [27] Krügel C., Drespring C., Lotthammer R.: Auswachsversuche mit Boraten. Das Superphosphat, 5, 1937, 99—104.
- [28] Krügel C., Drespring C., Lotthammer R.: Auswachsversuche mit Boraten. Forschungsdienst, Sonderheft, 7, 1938, 111—166.
- [29] Kubota J., Berger K. C., Truog E.: Boron movement in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 13, 1948, 130—134.
- [30] Kwas W.: Skład chemiczny obornika z uwzględnieniem boru i manganu. Praca dyplomowa wykonana w Zakładzie Chemii Rolniczej SGGW, rękopis, Warszawa 1951.
- [31] Lehr J. J., Henkaus C. H.: Effect of liming of humic sandy soils on the solubility of boron. Lanndhowk. Tijdsch., 74, 1962, 352—357. Cytat za Soil and Fertil. Abstract, 25, 1962, No. 2515.
- [32] Maksimow A.: Mikroelementy i ich znaczenie w życiu organizmów. Warszawa, PWRiL, 1954.
- [33] Maksimow A., Tuchołka Z.: Zagadnienia mikroelementów. Aktualne zagadnienia nawożenia mineralnego. Materiały konferencyjne konferencji naukowo-technicznej, cz. II, Warszawa 1962, 42—61.
- [34] Maksimow A.: Obecny stan i projektowane kierunki badań w dziedzinie mikroelementów w Polsce. Roczn. Glebozn., Dodatek do t. 9, 1960, 27—40.
- [35] Mac Kay D. C., Langille W. M., Chipman E. W.: Boron deficiency and toxicity in crops grown on sphagnum peat soil. Canad. J. of Soil Sci., 42, 1962, 302—310.
- [36] Majewski F.: Występowanie i zachowanie się boru w glebach. Post. Nauk Roln., 3 (45), 1957, 31—48.
- [37] Majewski F.: Zagadnienie nawożenia borem. Post. Nauk Roln., 5 (47), 1957, 14—39.
- [38] Midgley A. R., Dunklee D. E.: The effect of lime on the fiksation of borates in soils. Soil Sci. Amer. Proc., 4, 1939, 302—307.
- [39] Miczyński J.: Nawożenie buraków cukrowych w świetle ostatnich doświadczeń polskich. Biuletyn IHAR, 15, 1957, 32—40.

- [40] Miczyński J.: Znaczenie mikronawożenia dla podniesienia plonów buraków cukrowych. *Nowe Rolnictwo*, 6, 1953, 31.
- [41] Musierowicz A., Święcicki C.: Zawartość boru w typowych glebach województwa łódzkiego. *Roczn. Nauk. Roln.*, 87-A-2, 1963, 153—181.
- [42] Müller T. W.: Serienmassige Borbestimmung in Boden mittels Heiswasserextraktion nach Berger und Truog. *Land. Forsch* 1957, 11.
- [43] Myszka A.: Badania nad zawartością boru w typowych glebach Wyżyny Lubelskiej. *Annales UMCS*, s. E, Lublin 1962, 15, 5, 99—131.
- [44] Naftel James A.: The influence of axcessive liming on boron deficiency in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 2, 1937, 383—384.
- [45] Olson R. V., Berger K. C.: Boron fixation as influenced by pH, organic matter content and other factors. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 11, 1946, 216—220.
- [46] Oelschläger W.: Fehlärmöglichkeiten bei der Borbestimmung in Boden. *Landw. Forsch.*, 11, 1948, 45—52.
- [47] Parks R. Q.: The fixation of added boron by Dunkirk fine sand loam. *Soil Sci.*, 57, 1944, 405—416.
- [48] Parks W. L., White J. L.: Boron retention by clay and humus systems saturated with various cations. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 16, 1952, 298—300.
- [49] Philipson T.: Boron in plant and soils with special regard to Swedish agriculture. *Acta Agricultural Scandinavica*, 3, 1953, 2, 121—142.
- [50] Prince A. L.: Trace element deriving capacity of 10 New Jersey soil types as measured by spektrografic analysis of soils and nature corn leaves. *Soil Sci.*, 84, 1957, 413—418.
- [51] Quелlette G. J.: Peristance of borax in sandy soils. *Canad. J. Soil Sci.*, 38, 1958, 77—84.
- [52] Rhiem H.: Untersuchungen über die in Augustenberg ausgearbeitete Methode zur Bestimmung des Heiswasserlöslichen Bor in Boden nach Berger und Truog. *Agrochimica*, 1, 1957, 91—106.
- [53] Rhiem H.: Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe in Regenwasser und der Luft unter besondere Berücksichtigung der Stickstoffverbindungen. *Agrochimica*, 5, 1961, 174—188.
- [54] Rhiem H.: Die Borfrage in Luzernebau. *Landw. Forsch.* 9, 1957, Sonderheft, 106—113.
- [55] Rumels R. T., Schleicher J. A.: Chemical Composition of eastern Kansas limestones. *State Geol. Survey Kansas Bull*, 119, Part 3, 1956, 83—100.
- [56] Schachtschabel P., Schröder D.: Untersuchungen über die Nebestandteile von Kalksteinen verschiedener geologischen Herkunft. *Z. Pf. Ernähr. Düng.*, 63, 1953, 193—203.
- [57] Scharrer K., Kühn H., Lüttmer J.: Über die Auswaschung des Bor im Boden. *Landw. Forsch.*, 7, 1955, 89—105.
- [58] Scharrer K., Kühn H., Lüttmer J.: Untersuchungen über die Bindung des Bores durch anorganische Bodenbestandteile. *Z. Pfl. Ernähr.*, 73 (118), 1956, 40—48.
- [59] Starck J. R., Truog E., Attoe O. J.: Availability of boron in soils and that absorbed on anion exchange resin and lignin. *Roczn. Glebozn.*, 13, 1963, 2, 431—438.
- [60] Święcicki C.: Bor w ważniejszych glebach różnych regionów naturalnych Polski. *Dział Wydawnictw SGGW*, Warszawa 1963.
- [61] Terlikowski F., Nowicki B.: Zawartość boru w niektórych glebach, roślinach i solach potasowych. *Roczn. Nauk Roln. i Leśn.*, 28, 1932, 136—143.

- [62] Winsor H. W.: Variations in soils boron with cultivation and season. Soil Sci. 74, 1952, 359—364.
- [63] Winsor H. W.: Boron conatimation of soils samples collected in paper badge. Soil Sci., 84, 1957, 387—394.
- [64] Wiliams D. E., Vlamine G.: Boron analyzis of plant tissue. Soil Sci., 92, 1961, 161—165.

Т. БАРЩАК

### ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО, ОРГАНИЧЕСКОГО И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ В ПОЧВЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО БОРА, ПО ДЛИТЕЛЬНЫМ ОПЫТАМ В СКЕРНЕВИЦАХ

Кафедра Агрохимии Варшавской Сельскохозяйственной Академии. Заведующий:  
проф. др Ю. Горальски

#### Резюме

В образцах отобранных из опытов проводимых на опытном поле Скерневице с 1922 г. по неизменной схеме определяли бор в горячей воде по Бергеру и Труогу.

Полученные результаты показывают, что минеральное удобрение, дифференцированное так по количеству, как и форме применяемых удобрений, а также удобрение навозом и применение известковых удобрений вызвали за 39-летний срок существенные изменения в содержании легко растворимого бора в песчано-суглинистой почве.

Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений понизило содержание бора в верхнем слое почвы а также вызвало тенденцию к понижению содержания бора в нижележащих слоях (таб. 9).

Фосфорные и калийные удобрения не вызывали различий в содержании бора по сравнению с вариантами без этих удобрений.

Влияние отдельных удобрений на содержание бора было различно. Из азотных удобрений сульфат аммония понижал (таб. 4) а цианамид кальция повышал (таб. 5 и 6) это содержание. Натриевая селитра в части опытов содействовала небольшому повышению содержания бора в почве (таб. 2 и 3) а в части не вызывала существенных изменений (таб. 1, 5 и 6).

Влияние отдельных удобрений на содержание бора в почве коррелировало с влиянием этих удобрений на рН почвы (таб. 1—6) при чем с повышением рН содержание бора в почве возрастало. Показатель корреляции между содержанием бора и рН почвы (исследовали предел значений рН 4,3—7,4) по результатам опытов проведенных на полях А и Д был равен 0,683 (рис.) а показатель регрессии 0,073 мг В на кг почвы.

Зависимость установлено между содержанием бора в почвах и рН, ставит в новом свете вопрос влияния известковых удобрений на обеспеченность почв бором. Из определений водорастворимого бора в почвах опытного поля Скерневице следует, что известкование почвы в течение 40 лет дозами 1600 кг на га раз в 4 года (таб. 1—4) или 1200 кг СоО ежегодно (таб. 5 и 6) не только довело рН до уровня близкого нейтральному но также повысило содержание бора по срав-

нению с вариантом без извести. Разницы между содержанием бора в почве на делянках с применением и без применения известковых удобрений отчетливы и относительно высокие. В некоторых длительных опытах содержание бора в почве на известкованных делянках было на 64% (таб. 7) или даже на 77% (таб. 6) выше, чем на делянках без извести.

Почва делянок, на которых в течение 39 лет не вносили известковых удобрений, отчетливо окислилась по сравнению с почвой систематически известкованной (таб. 1—4) и нуждается в известковании. Особенно значительное понижение рН обнаружилось в опыте с применением сульфата аммония (таб. 4). Из данных таб. 10 следует, что внесение извести в почву с делянок не известкованных в течение 39 лет — вариант полное минеральное удобрение без извести — в условиях вегетационного опыта повышало отзывчивость растений на одобрение бором. Применение бора в данном случае отчетливо повысило урожай подсолнечника. На почве где в течение 39 лет кроме полного минерального удобрения систематически вносили известковые удобрения не обнаружено влияния бора на урожай подсолнечника даже при добавочном известковании этой почвы (таб. 10). Результаты эти показывают, что систематическое внесение известковых удобрений в течение 39 лет положительно влияло не только на рН почвы, но также и на обеспеченность растений соответствующим количеством бора.

Применение навоза в течение 40 лет повысило содержание водорастворимого бора как в пахотном слое, так и в более глубоких слоях почвы (таб. 7). Содержание бора в почве, где ежегодно применяли 600 ц навоза на га, было выше на 0,22 мг В на кг почвы (43%) в пахотном слое и на 0,18 мг В/кг (37%) в более глубоком слое почвы (20—40 см) по сравнению с количеством этого элемента обнаруженным в почве делянок удобряемых дозой только 200 ц/га навоза в год.

T. BARSZCZAK

#### THE EFFECT OF MINERALS AND ORGANIC FERTILIZERS AND OF LIMING ON SOIL CONTENTS OF WATER-SOLUBLE BORON IN THE LIGHT OF LONG-TERM TESTS AT SKIERNIEWICE

Department of Agrochemistry, Agricultural University, Warsaw, Head — prof. dr J. Goralski

#### Summary

The contents of boron soluble in hot water was determined with the Berger and Truog method in soil samples taken from plots tests conducted continuously since 1922 according to a fixed plan of the experimental station at Skierniewice.

The results indicated that mineral treatment (different amount and kinds of fertilizers) as well as manuring and liming caused within 39 years significant changes in the contents of readily soluble boron in heavy loamy sands.

Application of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers, together caused a reduction of boron content in the upper soil layer and also a induced decreasing in deeper layers (tab. 9).

Phosphorous and potassium fertilizers did not produce a change in soil boron contents as compared with treatments in which those fertilizers were not used.

The effects of particular fertilizers on soil boron content were differed. In the

group of nitrogen fertilizers the ammonium sulphate decreased (tab. 4), while the calcium cyanamide increased (tabs. 5, 6) the boron content. Sodium nitrate caused in some part of the experiment little increasing of soil boron content (tabs. 2, 3), while in other part of experiment no significant change was observed (tabs. 1, 5, 6).

The effect of the particular fertilizers on soil boron content was mainly related with their action on the soil pH (tabs. 1—6), the boron content increased with increasing of pH. Correlation and regression coefficient between boron content and soil pH (4.3—7.4) was computed for fields A and D (correlation coefficient = 0.683 and regression = 0.073).

The observed correlation between soil boron content and soil pH showed the effect of liming on boron amount in soils in a new light. From determinations of water-soluble boron in the Skierniewice experimental field it appears that 39-years soil liming, applied in amounts of 1600 kg CaO/ha each fourth year (tabs. 1—4) or annually of 1200 kg CaO/ha (tabs. 5, 6), caused increasing the soil pH to a near-neutral level, and also increased boron content of that soil, in comparison with treatments without lime. The differences in boron contents of limed and unlimed plots are distinct and relatively high. In some continuous experimental series the soil boron content was in limed plots 64% (tab. 7) and 77% (tab. 6) higher than in unlimed plots.

The soil of plots not treated with lime fertilizers during a period of 39 years became distinctly acidified and require of lime as compared with systematically limed soils (tabs. 1—4). An especially high decreasing in pH was observed in an experiment with ammonium sulphate treatment (tab. 4). In pot experiments where soil was taken from plots treated during 39 years with full mineral fertilization added lime, caused increase reaction of boron. In the given case the boron sufficiently increased of sunflower crop. On the other hand, no such increasing was observed on soil treated during 39 years with the basic mineral fertilizers and limed, even if additional lime was added to that soil (tab. 10).

The above mentioned results indicated that continuous liming during a 39-year period have a favourable effect on the soil pH and also on a better supply of the available boron for growth of plants.

40-year treatment with farmyard manure increased the content of water-soluble boron in the plowed layer as well as in deeper soil layers (tab. 7). The boron content in soil treated with 600 q/ha manure per year, in the plowed layer was higher by 0.22 ppm (43%) and in the 20—40 cm soil layer by 0.18 ppm (37%), in comparison on the amounts found in plots which received only 200 q/ha manure per year.