ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXXI — Nr 2
1962

Wpływ boru na pobieranie przez rośliny składników mineralnych i wody

Effect of boron on the nutrient elements and water utpake by plants

J. R. STARCK

Wiele prac wskazuje na to, że bor wpływa na absorpcję, akumulację i wykorzystanie przez rośliny innych składników mineralnych (Gauch i Dugger 1954). Dane otrzymane przez różnych badaczy, dotyczące wpływu boru na nagromadzanie się poszczególnych składników mineralnych, są często sprzeczne. W doświadczeniach Rehma (1937), przeprowadzonych na pożywkach zawierających tylko jedną sól, bor zwiększał pobieranie kationów natomiast zmniejszał pobieranie anionów. Parks i współpracownicy (1944) nie potwierdzili doświadczeń Rehma. W ich doświadczeniach wraz ze wzrostem stężenia boru w pożywce ilość nagromadzonych w roślinach kationów jak i anionów wzrastała lub malała w zależności od rodzaju kationu czy anionu. Parks i współpracownicy są zdania, że bor może różnicować stopień absorpcji poszczególnych jonów lub wpływać na różne ich rozmieszczenie w organach rośliny.

McIlrath i współpracownicy (1960) nie stwierdzili istotnych zmian, w procentowej zawartości mikroskładników w popiele, pod wpływem różnych dawek boru w pożywce.

W literaturze można znaleźć dane wykazujące, że różne zaopatrzenie roślin w bor powodowało zwiększenie, zmniejszenie lub nie powodowało zmian w procentowej zawartości popiołu w roślinach (Gauch i Dugger 1954).

Wpływ boru na pobieranie wody wykazał Schmucker (wg Gaucha i Duggera 1954) w doświadczeniach nad kiełkowaniem pyłku *Nymphaea*. W środowisku bezborowym ziarna pyłku pobierały wodę niezwykle szybko i pękały przed wytworzeniem łagiewki pyłkowej. Schmucker jest zdania, że bor reguluje uwodnienie koloidów plazmy. Doświadczenia Minarika i Shive'a (1939) wskazują na istnienie odwrotnej zależności pomiędzy zaopatrzeniem roślin w bor a zawartością wody w roślinach. Autorzy uważają, że bor może regulować absorpcję wody przez koloidy protoplazmy. Podobnie w doświad-

czeniach Starcka (1955) wyłączenie boru z pożywki zmniejszało procentową zawartość wody w roślinach. W doświadczeniach Scharrera i Schroppa (1934) w niektórych przypadkach dodatek boru zwiększał, a w niektórych zmniejszał procentową zawartość wody w burakach. Dorfmüller (wg Gaucha i Duggera 1954) wykazał, że transpiracja roślin dostatecznie zaopatrzonych w bor była większa niż roślin nie otrzymujących boru, gdy ilość dostępnej wody w glebie była duża. Przy spadku dostępnej wody w glebie rośliny otrzymujące bor traciły wodę szybciej niż rośliny pozbawione boru. Backer i współpracownicy (1956) badali utratę wody przez odcięte liście roślin, zaopatrzonych w bor i nie otrzymujących boru. Po 20 minutach liście roślin bezborowych traciły znacznie mniej wody niż liście roślin normalnie zaopatrzonych w bor. Autorzy tłumaczą zmniejszoną transpirację liści roślin pozbawionych boru zwiększoną zawartością cukrów i koloidów, zmniejszoną absorpcją wody oraz zmianami morfologicznymi wywołanymi brakiem boru. Liście roślin nie otrzymujących boru miały nienormalnie rozwinięte komórki szparkowe, co mogło być przyczyną zmniejszonej transpiracji.

W niniejszej pracy zbadano równocześnie wpływ boru na pobieranie przez rośliny składników mineralnych i wody.

METODYKA DOŚWIADCZEŃ

Doświadczenia przeprowadzono w kulturach wodnych dzielonych, w specjalnie przygotowanych słojach ze szkła bezborowego.

Korzenie roślin dzielono na możliwie równe części i wsadzano do oddzielnych połówek słoja. Rośliny tak umocowywano w korku, by około jedna trzecia długości korzeni była zanurzona w pożywce, a dwie trzecie znajdowało się nad jej powierzchnią. Tak umieszczone rośliny rozwijały się normalnie bez przewietrzania pożywki.

Nasiona pomidorów wysiewano do skrzynek z ziemią kompostową, pikowano i przenoszono następnie do słojów pięciolitrowych z pożywką, zawierającą następujące ilości składników mineralnych w jednym litrze wody destylowanej: $Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$ — 0,59 g, KH_2PO_4 — 0,153 g, K_2SO_4 — 0,196 g, $NaNO_3$ — 0,34 g, $MgSO_4 . 7H_2O$ — 0,277 g, $FeC_6H_5O_7 . 3H_2O$ — 0,01 g, $MnSO_4 . 4H_2O$ — 0,69 mg, $CuSO_4 . 5H_2O$ — 0,79 mg, $ZnSO_4 . 7H_2O$ — 2,20 mg. Ilość dodanego boru w kulturach przygotowawczych była zmienna w zależności od doświadczenia. W czasie właściwego doświadczenia w kulturach dzielonych stosowano tę samą pożywkę ze zróżnicowanymi dawkami boru w poszczególnych połówkach słoja.

Przygotowanie fasoli było nieco inne. Nasiona zaprawiano 0,1% roztworem sublimatu w ciągu 3 minut i wkładano na bibułę na szalkach

Petriego, umieszczonych w termostacie w temperaturze 25—28°C. Po skiełkowaniu przenoszono nasiona do kiełkowników z wodą wodociągową, a następnie do szklanych słojów ze szkła bezborowego o pojemności 1 litra. Pożywka zawierała następujące ilości składników mineralnych na 1 litr wody destylowanej: NH_4NO_3 — 0,4 g, $CaCl_2 . 6H_2O$ — 0,1 g, K_2SO_4 — 0,25 g, $MgSO_4 . 7H_2O$ — 0,25 g, $Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O$ — 0,2 g, NaCl — 0,1 g, $ZnSO_4 . 7H_2O$ — 0,22 mg, $CuSO_4 . 5H_2O$ — 0,39 mg, $MnSO_4 . 4H_2O$ — 0,69 mg, $FeC_6H_5O_7 . 3H_2O$ — 53,53 mg, H_3BO_3 — 11,43 mg. W słojach umieszczano po 4 roślinki, które otrzymały 0,7 litra pożywki. W czasie właściwego doświadczenia rośliny otrzymały tę samą pożywkę, z tym że dawki boru były zróżnicowane w zależności od kombinacji.

Nasiona słonecznika wysiewano do skrzynek z ziemią kompostową. Po skiełkowaniu ucinano małym siewkom główny korzeń dla otrzymania wiązki korzeni łatwiejszej do rozdzielenia w kulturach dzielonych. Siewki po zakorzenieniu przesadzano do piasku z pożywką taką samą, jaką otrzymały pomidory. Prócz tego przy przesadzaniu ucinano roślinom części korzeni rosnących w kierunku prostopadłym do liścieni. Zrobiono to w celu uniknięcia ewentualnego podsiąkania pożywki w wiązce korzeni na skutek sił kapilarnych i przechodzenia składników mineralnych do przeciwległej części korzeni. Po zakorzenieniu się roślin i wytworzeniu dostatecznie długiego systemu korzeniowego przenoszono rośliny bezpośrednio z piasku do kultur dzielonych, po uprzednim opłukaniu korzeni najpierw w wodzie wodociągowej, a następnie w destylowanej. W kulturach dzielonych słonecznik otrzymał taką samą pożywkę, jak pomidory.

Zarówno do słojów pięciolitrowych, w których przygotowywano pomidory, jak również do wszystkich kultur dzielonych dodawano co pewien czas cytrynian żelaza w ilości 2 ml 0,5 % roztworu na litr pożywki, zsczególnie wtedy, gdy pojawiała się chloroza wywołana brakiem żelaza. Pożywkę w słojach pięciolitrowych zmieniano co 2 tygodnie.

Ilość pożywki, jaką otrzymały rośliny w kulturach dzielonych, była zmienna i zależała od długości systemu korzeniowego. Zwykle na początku doświadczenia, gdy korzenie były stosunkowo krótkie, rośliny otrzymywały w jednej połówce 1,25 lub 1 litr pożywki. W miarę wzrostu systemu korzeniowego objętość pożywki, przy jej zmianie, zmniejszano do 0,75 litra, a nawet pod koniec doświadczenia do 0,5 litra. Przy obniżaniu objętości pożywki poniżej 1 litra zagęszczano ją tak, by rośliny otrzymały w każdej połówce słoja ilości soli równe ilościom zawartym w 1 litrze pożywki. Robiono to w celu zapewnienia dużym, szybko rosnącym roślinom dostatecznej ilości pokarmów mineralnych.

W doświadczeniu z fasolą i w pierwszym doświadczeniu z pomidorem pożywkę z trzech jednakowo traktowanych połówek słoja tej samej

kombinacji zlewano razem, popłukując słój wodą destylowaną i dopełniano do jednakowej wagi. Pobierano następnie próbkę 250 ml i odparowywano na łaźni piaskowej do suchości. Po odparowaniu dodawano 4 ml HNO_3 i 2 ml $HClO_4$ i spalano na mokro celem rozłożenia śladów substancji organicznej. Po spaleniu potas oznaczano fotometrycznie na fotometrze płomieniowym Zeissa model III, wapń manganometrycznie, a fosfor kolorymetrycznie wg A.O.A.C. (1955). W doświadczeniach ze słonecznikiem i w drugim doświadczeniu z pomidorem zlewano pożywkę oddzielnie z każdej połówki słoja, opłukiwano słój wodą destylowaną i dopełniano do określonej objętości. Oznaczenia potasu, wapnia i fosforu dokonywano w próbie 50 ml, powyżej opisanymi metodami, z tym że wapń oznaczano mikrometodą wg A.O.A.C. (1955).

We wszystkich doświadczeniach oznaczano po zbiorze świeżą masę, a w niej procentową zawartość suchej masy przez suszenie w 105°C. Ponieważ zależności pomiędzy kombinacjami w plonie świeżej i suchej masy były podobne, jak to widać z tabeli 1 w doświadczeniu z fasolą i z tabeli 3 w doświadczeniu pierwszym z pomidorem, w następnych doświadczeniach podano tylko plon suchej masy roślin. Na początku każdego doświadczenia, jak również przy każdej zmianie pożywki, oznaczano wyjściową zawartość potasu, wapnia i fosforu i od niej odejmowano ilość składników, jaka pozostała po określonym czasie doświadczenia. Z różnicy obliczano ilości składników, jakie pobrały rośliny z odpowiednich połówek słoi.

W drugim doświadczeniu z pomidorem i w doświadczeniu ze słonecznikiem oznaczano również ilości pobranej wody. W tym celu ważono każdą połówkę słoja przed założeniem doświadczenia na wadze uchylnej. W ciągu całego doświadczenia zapisywano objętość dodawanej wody do każdej połówki słoja, dla utrzymania takiego jej poziomu, by około jedna trzecia długości korzeni była zanurzona. Przed zmianą pożywki, jak również po zakończeniu doświadczenia, ważono poszczególne połówki słoi i z różnicy pomiędzy wagą wyjściową i końcową oraz ilości dodanej wody w badanym okresie, obliczano ilości pobranej wody przez rośliny. Do doświadczeń używano zawsze wody destylowanej.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie, przeprowadzając analizę zmienności i oceniając istotność zmienności za pomocą testu Snedecora, a istotność różnic pomiędzy średnimi za pomocą przedziału ufności. Przedział ufności we wszystkich doświadczeniach podany jest dla $P = 0{,}05$.

Doświadczenie z fasolą

Nasiona fasoli odmiany Saxa wysiano 29.IV.1957 roku. Rośliny otrzymały w słojach, w których przygotowywano materiał do doświadczeń, dużą dawkę boru, bo aż 2 mg B/l. Doświadczenie w kulturach dzielo-

nych założono 30.V. Składało się ono z pięciu kombinacji w 9 powtórzeniach. Każda kombinacja otrzymała 1,25 litra pożywki w każdej połówce słoja, a zróżnicowane były tylko ilości dodanego boru. W pierwszej kombinacji obydwie połówki nie otrzymały boru, w drugiej wprowadzono do obydwu połówek po 0,05 mg B/l. Kombinacja trzecia otrzymała tylko w prawej połówce 0,05 mg B/l, a lewa została pozbawiona boru. W kombinacji czwartej wprowadzono po 0,5 mg B/l do obydwu połówek, natomiast w kombinacji piątej wprowadzono 0,5 mg B/l w prawej połówce, a lewa nie otrzymała boru.

Rośliny w kombinacji pierwszej, nie otrzymujące boru, początkowo rozwijały się normalnie, jednak po okwitnięciu kwiaty opadały nie zawiązawszy strąków. W pozostałych kombinacjach rośliny rozwijały się normalnie, tylko część systemu korzeniowego pozbawiona boru była znacznie mniejsza.

Po 23 dniach od czasu umieszczenia w kulturach dzielonych rośliny zebrano i, po zważeniu świeżej masy, podzielono każdą kombinację na 3 grupy o możliwie zbliżonej świeżej masie, tworząc w każdej kombinacji 3 powtórzenia po 3 rośliny. Miało to na celu zmniejszenie błędu przy oznaczaniu ilości pobranych składników mineralnych, spowodowanego nierównym przyrostem masy poszczególnych roślin. Następnie zlewano razem pożywkę z trzech połówek słoi, w których rosły rośliny należące do tej samej grupy (trójki roślin). W tym doświadczeniu oznaczano następnie suchą masę poszczególnych grup roślin w danej kombinacji. Średni plon świeżej i suchej masy dla każdej kombinacji oraz procentową zawartość suchej masy podano w tabeli 1. Największą świeżą masę wytworzyły rośliny w kombinacji czwartej z 0,5 mg B/l w obydwu połówkach, najmniejszą natomiast w kombinacji pierwszej, pozbawionej boru. Różnice pomiędzy pozostałymi kombinacjami były nieistotne. W kombinacji pierwszej rośliny nie wytworzyły strąków. W pozostałych kombinacjach różnice w plonie strąków leżały w granicach błędu. W plonie łodyg i liści istotne różnice stwierdzono tylko pomiędzy kombinacją bezborową oraz kombinacją z 0,5 mg B/l w jednej połówce a kombinacją otrzymującą 0,5 mg B/l w obu połówkach. Nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w masie części korzeni tak samo traktowanych, natomiast istotne były różnice w kombinacji trzeciej i piątej pomiędzy częściami korzeni otrzymującymi bor a pozbawionymi boru. Masa części korzeni pozbawionych boru była znacznie mniejsza niż części otrzymujących bor.

Procentowa zawartość suchej masy w całych roślinach była podobna w kombinacjach z borem, natomiast większy procent suchej masy znaleziono w kombinacji bezborowej. Podobne zależności znaleziono w procentowej zawartości suchej masy w liściach i łodygach oraz ko-

Tabela 1 — Table 1

Średnia świeża i sucha masa fasoli w g na 1 roślinę

Average fresh and dry weight of bean (g per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawki B mg/l Boron supply ppm. część słoja part of pot		Świeża masa Fresh weight					Proc. zawartość suchej masy Percentage of dry weight					Sucha masa Dry weight				
			strąki pods	liście i łodygi shoots	korzenie roots część part		cała roślina total	strąki pods	liście i łodygi shoots	korzenie roots część part		cała roślina total	strąki pods	liście i łodygi shoots	korzenie roots część part		cała roślina total
	lewa left	prawa right			lewa left	prawa right				lewa left	prawa right				lewa left	prawa right	
1	0	0	—	28,5	2,7	2,5	33,7	—	16,49	10,62	10,95	15,61	—	4,70	0,29	0,27	5,26
2	0,05	0,05	19,9	31,9	5,2	5,0	62,0	9,30	14,64	9,62	9,33	12,08	1,85	4,67	0,50	0,47	7,49
3	0	0,05	14,6	31,3	2,4	5,2	53,5	8,77	15,24	11,43	9,42	12,72	1,28	4,77	0,27	0,49	6,81
4	0,5	0,5	22,3	38,9	6,4	6,1	73,7	9,66	14,99	9,27	8,86	12,37	2,15	5,83	0,59	0,54	9,11
5	0	0,5	19,6	28,9	3,5	5,2	57,2	9,61	15,21	9,24	9,81	12,44	1,88	4,40	0,32	0,51	7,11
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			7,7	8,5	1,7		13,1						0,38	0,56	0,09		0,33

Tabela 2 — Table 2

Średnia ilość pobranego potasu, wapnia i fosforu przez fasolę w mg na 1 roślinę

Average potassium, calcium and phosphorus uptake by bean plants (mg per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Część korzeni Part of roots		Razem Total mg	Procentowe wykorzystanie składnika z pożywki Percentage uptake of element from the nutrient solution	
	część słoja part of pot		lewa left mg	prawa right mg		część korzeni part of roots	
	lewa left	prawa right				lewa left	prawa right
			K				
1	0	0	71,6	71,6	143,2	53,4	53,4
2	0,05	0,05	100,0	93,2	193,2	74,8	69,8
3	0	0,05	76,3	97,8	174,1	57,1	73,2
4	0,5	0,5	107,7	106,6	214,3	80,6	79,8
5	0	0,5	84,4	98,4	182,8	63,2	73,7
Przedz. ufn. L.S.D.	P = 0,05		11,0		15,2		
			Ca				
1	0	0	12,2	14,3	26,5	19,2	22,5
2	0,05	0,05	22,9	21,3	44,2	36,1	33,5
3	0	0,05	16,6	21,1	37,7	26,1	33,2
4	0,5	0,5	25,0	24,5	49,5	39,4	38,6
5	0	0,5	15,4	19,1	34,5	24,3	30,1
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			3,8		6,8		
			P				
1	0	0	14,8	15,6	30,4	25,7	27,1
2	0,05	0,05	24,0	21,2	45,2	41,7	36,8
3	0	0,05	18,1	24,9	43,0	31,4	43,2
4	0,5	0,5	30,0	28,0	58,0	52,1	48,6
5	0	0,5	20,1	25,7	45,8	34,9	44,6
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			3,4		3,3		

rzeniach, z tą różnicą że w korzeniach kombinacji trzeciej część nie otrzymująca boru miała największy procent suchej masy.

Zależności, jakie stwierdzono w plonach suchej masy pomiędzy poszczególnymi kombinacjami, są bardzo podobne do zależności, jakie otrzymano w plonach świeżej masy. W plonach suchej masy istotne okazały się ponadto różnice w masie całych roślin oraz strąków pomiędzy kombinacją trzecią a pozostałymi kombinacjami otrzymującymi bor.

Ilość pobranego potasu, fosforu i wapnia przez rośliny oraz procentowe wykorzystanie ich z pożywki przedstawione są w tabeli 2. Nie znaleziono istotnych różnic w pobieraniu badanych składników przez poszczególne części korzeni jednakowo traktowane. Statystycznie udowodnione różnice otrzymano pomiędzy częściami korzeni otrzymującymi bor a częściami pozbawionymi boru, bez względu na to, czy dawka boru była mała (0,05 mg B/l), czy też duża (0,5 mg B/l). Części korzeni otrzymujące bor pobrały większe ilości wszystkich trzech badanych składników. Ogólne ilości pobranego potasu, wapnia i fosforu były najmniejsze w kombinacji pozbawionej boru. W pozostałych kombinacjach otrzymujących bor pobrane ilości badanych składników były znacznie większe. Najwięcej potasu pobrały rośliny z 0,5 mg B/l w obydwu połówkach słoja, natomiast pozostałe kombinacje pobrały mniejsze jego ilości. Istotną różnicę znaleziono również pomiędzy kombinacją z małą dawką boru w obydwu połówkach a kombinacją z tą samą dawką boru w jednej połówce. Rośliny w tej ostatniej kombinacji pobrały mniejsze ilości potasu. Ogólne ilości pobranego wapnia były największe w kombinacji z 0,5 mg B/l w obydwu połówkach i różniły się istotnie od kombinacji z 0,5 mg B/l tylko w jednej połówce oraz od kombinacji z 0,05 mg B/l w jednej połówce. Nie stwierdzono natomiast różnic w porównaniu z małą dawką boru, ale w obydwu połówkach słoja.

Rośliny w kombinacji czwartej, z 0,5 mg B/l w obydwu połówkach, wykorzystały około 80% dodanego potasu, 39% wapnia i 50% fosforu, podczas gdy rośliny pozbawione boru wykorzystały tylko 53% potasu, 21% wapnia i 26% fosforu. Dla pozostałych kombinacji otrzymano wartości pośrednie pomiędzy wyżej wyszczególnionymi, z tym że części korzeni nie otrzymujące boru wykorzystały procentowo we wszystkich przypadkach mniej dodanych składników w porównaniu z częściami otrzymującymi bor.

Doświadczenie I z pomidorem

Nasiona pomidorów odmiany Kondine Red, szklarniowe, wysiano 27.IV.1957 roku. Siewki przepikowano 10.V., a do słojów pięciolitrowych przeniesiono 1.VI., gdzie otrzymały 0,2 mg B/l. Doświadczenie w kulturach dzielonych rozpoczęto 25.VI. Rośliny uprzednio zważono na spec-

jalnej wadze do ważenia roślin, posiadającej uchwyt na umocowanie łodygi w miejscu jednej z szalek. Podzielono następnie rośliny na 5 grup po 9 roślin, tak je dobierając, by masa w każdej z grup była możliwie jednakowa (równa 541 g). Z dobranych w ten sposób roślin utworzono następnie 5 kombinacji z różną ilością boru.

W kombinacji 1, 2, i 4 obydwie połówki otrzymały jednakowe dawki boru, odpowiednio 0, 0,1 i 0,5 mg B/l, a w kombinacji 3 i 5 bor wprowadzono tylko do jednej z połówek, odpowiednio 0,1 i 0,5 mg B/l.

Po siedmiu dniach od dnia rozpoczęcia doświadczenia wystąpiła chloroza na liściach wierzchołkowych w kombinacji pozbawionej boru. Przy uzupełnianiu wody do odpowiedniego poziomu zaobserwowano, że połówki korzeni nie otrzymujące boru w kombinacji trzeciej i piątej, podobnie jak w kombinacji pierwszej, bezborowej, pobierają znacznie mniejsze ilości wody w porównaniu z połówkami otrzymującymi bor. Rośliny zebrano po 18 dniach od czasu umieszczenia w kulturach dzielonych. Przy zbiorze postępowano podobnie jak w doświadczeniu z fasolą, dzieląc rośliny na 3 grupy po 3 rośliny. Plon świeżej i suchej masy oraz procentową zawartość suchej masy podano w tabeli 3. Najmniejszą świeżą masę wytworzyły rośliny w kombinacji bezborowej. Pomiędzy pozostałymi kombinacjami otrzymującymi różne ilości boru nie stwierdzono istotnych różnic w plonie świeżej masy. W kombinacji bezborowej najmniejsza była również świeża masa korzeni. Masa części korzeni nie

Tabela 3 — Table 3

Średnia świeża i sucha masa pomidorów w g na 1 roślinę
Average fresh and dry weight of tomato plants (g per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm. część słoja part of pot		Świeża masa Fresh weight			Proc. zaw. s.m. % of dry weight			Sucha masa Dry weight		
			korzenie roots część part		cała roślina total	korzenie roots część part		cała roślina total	korzenie roots część part		cała roślina total
	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right		lewa left	prawa right		lewa left	prawa right	
1	0	0	11,8	12,0	114,4	8,78	8,58	12,23	1,03	1,03	13,99
2	0,1	0,1	22,6	23,2	188,6	7,17	7,11	11,55	1,62	1,65	21,78
3	0	0,1	12,1	25,3	166,6	8,93	7,15	11,71	1,08	1,81	19,51
4	0,5	0,5	25,7	25,4	187,1	7,47	7,44	11,42	1,92	1,89	21,37
5	0	0,5	13,4	28,2	175,9	9,40	7,77	11,94	1,26	2,19	21,00
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			3,1		22,1				0,22		2,73

Tabela 4 — Table 4

Średnia ilość pobranego potasu, wapnia i fosforu przez pomidory w mg na 1 roślinę
Average potassium, calcium and phosphorus uptake by tomato plants (mg per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Część korzeni Par of roots		Razem total mg	Procentowe wykorzystanie składnika z pożywki Percentage uptake of element from the nutrient solution	
	część słoja part of pot		lewa left mg	prawa right mg		część korzeni part of roots	
	lewa left	prawa right				lewa left	prawa right
			K				
1	0	0	119,4	117,7	237,1	74,5	73,4
2	0,1	0,1	158,5	158,2	316,7	98,9	98,7
3	0	0,1	130,9	158,2	289,1	81,6	98,7
4	0,5	0,5	156,0	157,9	313,9	97,3	98,5
5	0	0,5	142,5	159,0	301,5	88,9	99,2
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			14,0		22,2		
			Ca				
1	0	0	81,8	84,4	166,2	63,9	66,0
2	0,1	0,1	117,0	117,4	234,4	91,5	91,8
3	0	0,1	95,0	117,2	212,2	74,3	91,7
4	0,5	0,5	117,0	118,6	235,6	91,5	92,7
5	0	0,5	96,1	119,0	215,1	75,2	93,1
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			6,5		10,8		
			P				
1	0	0	27,0	27,1	54,1	66,3	66,4
2	0,1	0,1	39,7	39,6	79,3	97,4	97,1
3	0	0,1	30,8	39,3	70,1	75,4	96,4
4	0,5	0,5	38,4	39,1	77,5	94,0	95,9
5	0	0,5	31,0	39,8	70,8	76,0	97,7
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			3,2		5,2		

otrzymująca boru w kombinacji trzeciej i piątej była zbliżona do masy części korzeni w kombinacji bezborowej i znacznie mniejsza od tych części, które otrzymały bor. Procentowa zawartość suchej masy była największa u roślin pozbawionych boru. Rośliny otrzymujące bor w obydwu połówkach wykazywały nieco mniejszy procent suchej masy w porównaniu z roślinami otrzymującymi bor w jednej połówce. Części korzeni pozbawione boru odznaczały się większą procentową zawartością suchej masy, w porównaniu z częściami otrzymującymi bor. Pomiędzy częściami korzeni otrzymującymi różne dawki boru nie stwierdzono większych różnic.

W plonie suchej masy stwierdzono podobne zależności jak w plonach świeżej masy.

Dane dotyczące ilości pobranego potasu, wapnia i fosforu podane są w tabeli 4. Rośliny w kombinacji bezborowej pobrały najmniejsze ilości wszystkich trzech badanych składników. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy częściami korzeni jednakowo traktowanymi. Części korzeni pozbawione boru pobrały mniejsze ilości wszystkich badanych składników, w porównaniu z częściami otrzymującymi bor, niezależnie od dawki wprowadzonego boru. W pobieraniu potasu przez rośliny znaleziono różnice pomiędzy kombinacją z 0,1 mg B/l w obydwu połówkach w porównaniu z kombinacją zawierającą również 0,1 mg B/l, ale tylko w jednej z połówek. Ta ostatnia pobrała mniejsze ilości potasu. Pomiędzy pozostałymi kombinacjami otrzymującymi bor nie stwierdzono różnic w pobieraniu potasu. Ogólna ilość pobranego wapnia i fosforu była większa w kombinacjach otrzymujących bor w obydwu połówkach w porównaniu z kombinacjami otrzymującymi bor tylko w jednej połówce. W tym doświadczeniu procentowe wykorzystanie składników z pożywki było większe niż w doświadczeniu z fasolą. Rośliny pozbawione boru wykorzystały około 74% potasu, 65% wapnia i 66% fosforu, podczas gdy wykorzystanie tych składników w kombinacjach otrzymujących bor w obydwu połówkach przekraczało 90%, a w niektórych przypadkach wynosiło nawet ponad 98%. Części korzeni w kombinacji trzeciej i piątej, otrzymujące bor, wykorzystały ponad 98% potasu, 91% wapnia i 96% fosforu, gdy w tym samym okresie połówki tych samych roślin pozbawione boru wykorzystały odpowiednio poniżej 90% potasu oraz około 75% wapnia i fosforu.

Doświadczenie II z pomidorem

Nasiona tych samych pomidorów jak w doświadczeniu pierwszym wysiano 17.III.1958 roku. Siewki po przepikowaniu 2.IV. przeniesiono do słojów pięciolitrowych w dniu 3.V. Otrzymały one w tych słojach 0,1 mg B/l. W dniu 18.VI. przeniesiono rośliny do kultur dzielonych,

po uprzednim zważeniu i podzieleniu na 6 grup po 5 roślin. Rośliny tak dobrano, by masa 5 roślin w poszczególnych grupach była do siebie zbliżona. Średnia masa 5 roślin wynosiła 734,5 g, a różnice pomiędzy grupami nie przekraczały 3 gramów. W dniu założenia doświadczenia zebrano jedną z grup i oznaczono w niej zawartość suchej masy. W pozostałych grupach zróżnicowano ilość dodanego boru, wprowadzając takie same kombinacje, jak w poprzednim doświadczeniu z pomidorami. Ponieważ zaobserwowano przedtem różne pobieranie wody przez części korzeni otrzymujące bor i pozbawione boru, w tym doświadczeniu zbadano również ilości pobranej wody przez poszczególne części korzeni. Dla przebadania dynamiki zmian w pobieraniu składników mineralnych i wody zmieniono pożywkę w kulturach dzielonych po 7 dniach.

W tabeli 5 podany jest plon suchej masy oraz przyrosty suchej masy w okresie doświadczenia. Nie stwierdzono statystycznie udowodnionych różnic w plonie suchej masy, jak również w przyrostach suchej masy, chociaż masa części korzeni pozbawionych boru we wszystkich przypadkach była nieco niższa niż części otrzymujących bor.

Ilości pobranych składników przedstawione są w tabeli 6. Po pierwszym tygodniu doświadczenia istotne różnice w pobieraniu zarówno potasu, jak i wapnia oraz fosforu stwierdzono tylko pomiędzy częściami korzeni kombinacji trzeciej. Części korzeni pozbawione boru pobrały mniej wszystkich trzech badanych składników w porównaniu z częściami otrzymującymi 0,1 mg B/l. Pomiędzy pozostałymi połówkami w poszczególnych kombinacjach nie znaleziono statystycznie udowodnionych różnic. Różnice wystąpiły dopiero w drugim tygodniu doświadczenia. Zarówno w kombinacji trzeciej, jak i piątej ilości pobranych składników

Tabela 5 — Table 5

Średnia sucha masa pomidorów w g na 1 roślinę

Average dry weight of tomato plants (g per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm. część słoja part of pot		Korzenie Roots część part		Część nadziemna Shoots	Cała roślina Total	Przyrost masy Increase of dry weight
	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right			
1	0	0	1,9	1,9	22,4	26,2	10,0
2	0,1	0,1	2,6	2,4	24,8	29,8	13,6
3	0	0,1	1,5	2,3	23,5	27,3	11,1
4	0,5	0,5	2,1	2,1	23,2	27,4	11,2
5	0	0,5	1,6	2,2	24,1	27,8	11,6
Przedział ufności L.S.D. P = 0,05			0,8		4,7	6,1	6,1

Tabela 6 — Table 6

Średnia ilość pobranego potasu, wapnia i fosforu przez pomidory w mg na 1 roślinę

Average potassium, calcium and phosphorus uptake by tomato plants (mg per plant)

Nr kombinacji / Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Po 1 tygodniu After 1 week		Po 2 tygodniu After next week		Razem (po 14 dniach) Total (after 14 days) mg	Procentowe wykorzystanie składnika z pożywki Percentage uptake of element from the nutrient solution			
	część słoja part of pot		część korzeni part of roots		część korzeni part of roots			po 1 tygodniu after 1 week		po 2 tygodniu after next week	
	lewa left	prawa right	lewa left mg	prawa right mg	lewa left mg	prawa right mg		część korzeni part of roots		część korzeni part of roots	
								lewa left	prawa right	lewa left	prawa right
K											
1	0	0	81,9	73,3	27,6	20,6	203,4	65,8	58,9	23,9	17,9
2	0,1	0,1	89,9	83,8	89,5	70,9	334,1	72,2	67,3	77,6	61,5
3	0	0,1	45,8	84,1	6,5	77,8	214,2	36,8	67,6	5,6	67,5
4	0,5	0,5	85,6	75,1	67,5	48,3	276,5	68,8	60,3	58,5	41,9
5	0	0,5	75,3	68,6	32,2	63,9	240,0	60,5	55,1	27,9	55,4
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			33,7		37,0		116,8				
Ca											
1	0	0	63,4	58,7	31,2	25,9	179,2	62,5	57,8	31,0	25,7
2	0,1	0,1	67,3	62,5	74,1	58,0	261,9	66,3	61,6	73,5	57,5
3	0	0,1	35,2	64,3	15,4	66,3	181,2	34,7	63,3	15,3	65,8
4	0,5	0,5	62,4	55,9	58,3	42,2	218,8	61,5	55,1	57,8	41,9
5	0	0,5	53,5	51,6	32,0	56,5	193,6	52,7	50,8	31,7	56,1
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			28,3		31,1		101,2				
P											
1	0	0	22,5	21,0	11,4	9,5	64,4	63,7	59,5	33,5	27,9
2	0,1	0,1	23,9	22,4	26,1	20,3	92,7	67,7	63,5	76,8	59,7
3	0	0,1	11,7	23,5	5,0	23,6	63,8	33,1	66,6	14,7	69,4
4	0,5	0,5	22,8	20,0	20,7	15,2	78.7	64,6	56,7	60,9	44,7
5	0	0,5	19,5	18,3	11,0	19,9	68,7	55,2	51,8	32,4	58,5
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			9,2		10,7		33,8				

były mniejsze w połówkach pozbawionych boru w porównaniu z połówkami otrzymującymi bor, jednak statystycznie udowodnione były tylko różnice w kombinacji trzeciej, przy dawce 0,1 mg B/l w jednej z połówek. Ogólna ilość pobranego potasu w kombinacji bezborowej była mniejsza w porównaniu z kombinacjami otrzymującymi bor, jednak statystycznie udowodniona była tylko różnica pomiędzy kombinacją bezborową a kombinacją z 0,1 mg B/l w obydwu połówkach. Nie znaleziono istotnych różnic pomiędzy kombinacjami w ogólnej ilości pobranego wapnia i fosforu. Po pierwszym tygodniu doświadczenia różnice w procentowym wykorzystaniu badanych składników były niewielkie. W drugim tygodniu doświadczenia we wszystkich połówkach pozbawionych boru procentowe wykorzystanie składników z pożywki było znacznie mniejsze niż w połówkach otrzymujących bor.

Tabela 7 — Table 7

Średnia ilość pobranej wody przez pomidory w ml na 1 roślinę

Average water uptake by tomato plants (ml per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Po 1 tygodniu After 1 week		Po 2 tygodniu After next week		Razem (po 14 dniach) Total (after 14 days)
	część słoja part of pot		część korzeni part of roots		część korzeni part of roots		
	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right	lewa left	prawa irgt	
1	0	0	820	776	384	340	2320
2	0,1	0,1	886	798	696	560	2940
3	0	0,1	438	742	280	666	2126
4	0,5	0,5	794	742	526	444	2506
5	0	0,5	790	796	364	650	2600
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			338		288		1043

W tabeli 7 przedstawione są dane dotyczące ilości pobranej wody przez poszczególne części korzeni. W pierwszym tygodniu doświadczenia nie stwierdzono istotnych różnic w pobieraniu wody pomiędzy kombinacjami, jak również pomiędzy częściami korzeni poszczególnych kombinacji. W drugim tygodniu doświadczenia część korzeni na pożywce bezborowej w kombinacji trzeciej pobrała mniejsze ilości wody, w porównaniu z częścią otrzymującą 0,1 mg B/l. W pozostałych kombinacjach części korzeni pozbawione boru pobrały mniejsze ilości wody w porównaniu z częściami otrzymującymi bor, lecz różnice nie we wszystkich przypadkach były statystycznie udowodnione. W ogólnej ilości pobranej wody nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy kombinacjami.

Doświadczenie ze słonecznikiem

Nasiona słonecznika oleistego odmiany Borowski I.H.A.R. wysiano 17.V.1958 roku. Siewki przesadzono do skrzynek z ziemią kompostową 21.V. Po 5 dniach przesadzono ponownie do skrzynek z piaskiem. Rośliny otrzymały pożywkę zawierającą 0,1 mg B/l. Doświadczenie w kulturach dzielonych rozpoczęto 20.VI. Rośliny podzielono na 4 grupy po 5 roślin. Rośliny jednej z grup zebrano i oznaczono w nich zawartość suchej masy. W pozostałych grupach wprowadzono kombinacje z różną dawką boru. Pierwsza kombinacja nie otrzymała boru. W kombinacji drugiej wprowadzono bor w ilości 0,1 mg B/l do obydwu połówek. Kombinacja trzecia otrzymała również 0,1 mg B/l, ale tylko w jednej połówce. W tym doświadczeniu, podobnie jak w drugim doświadczeniu z pomidorem, oznaczono również ilość pobranej wody przez poszczególne części korzeni.

U roślin pozbawionych boru wystąpiły typowe oznaki głodu borowego. Części korzeni w kombinacji trzeciej pozbawione boru zostały wyraźnie zahamowane we wzroście, natomiast części otrzymujące bor rozwijały się normalnie

Tabela 8 — Table 8

Średnia sucha masa słonecznika w g na 1 roślinę

Average dry weight of sunflower (g per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm		Korzenie Roots		Liście i łodygi Shoots	Cała roślina Total	Przyrost masy Increase of dry weight
	część słoja part of pot		część part				
	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right			
1	0	0	0,08	0,06	0,63	0,77	0,53
2	0,1	0,1	0,75	0,89	7,78	9,42	9,19
3	0	0,1	0,09	1,28	6,49	7,86	7,63
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			0,32		1,10	1,50	1,50

Po 26 dniach od czasu umieszczenia w kulturach dzielonych rośliny zebrano. Plon suchej masy przedstawiony jest w tabeli 8. Największy plon suchej masy uzyskano w kombinacji drugiej, która otrzymała bor w obydwu połówkach, nieco mniejszy w kombinacji trzeciej, w której wprowadzono bor tylko w jednej z połówek, a znacznie mniejszy w kombinacji bezborowej. Podobne zależności stwierdzono w plonie części nadziemnej. Masa części korzeni pozbawionych boru była kilkakrotnie mniejsza od masy części korzeni otrzymujących bor. Masa części ko-

Tabela 9 — Table 9

Średnia ilość pobranego potasu, wapnia i fosforu przez słonecznik w mg na 1 roślinę

Average potassium, calcium and phosphorus uptake by sunflower (mg pe. plant)

Nr kombinacji Series No	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Po 14 dniach After 14 days		Po następnych 12 dniach After next 12 days		Razem (po 26 dniach) Total (after 26 days) mg	Procentowe wykorzystanie składnika z pożywki Percentage uptake of element from the nutrient solution			
	część słoja par of pot		część korzeni part of roots		część korzeni part of roots			po 14 dniach after 14 days		po następnych 12 dniach after next 12 days	
								część korzeni part of roots		część korzeni part of roots	
	lewa left	prawa right	lewa left mg	prawa right mg	lewa left mg	prawa right mg		lewa left	prawa right	lewa left	prawa right
K											
1	0	0	9,6	6,2	2,1	2,1	20,0	7,6	4,9	1,6	1,6
2	0,1	0,1	47,3	49,9	122,1	121,1	340,4	37,5	39,6	94,3	93,5
3	0	0,1	8,8	65,4	10,4	125,3	209,9	7,0	51,9	8,0	96,8
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			10,3		6,8		22,5				
Ca											
1	0	0	6,4	5,5	1,9	0,4	14,2	6,3	5,4	1,9	0,4
2	0,1	0,1	21,1	21,2	70,4	74,0	186,7	20,9	21,0	69,6	73,2
3	0	0,1	7,1	30,7	5,8	93,4	137,0	7,0	30,4	5,7	92,4
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			3,8		14,2		29,9				
P											
1	0	0	2,7	2,4	0,7	0,3	6,1	7,9	7,0	2,2	0,9
2	0,1	0,1	7,4	7,9	24,4	25,1	64,8	21,6	23,0	75,1	77,2
3	0	0,1	2,9	10,1	1,6	31,3	45,9	8,5	29,4	4,9	96,3
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			1,8		4,6		10,3				

rzeni na pożywce z 0,1 mg B/l w kombinacji trzeciej była większa od masy części korzeni w kombinacji drugiej otrzymujących tę samą ilość boru. Przyrosty masy roślin w kombinacji bezborowej były kilkanaście razy mniejsze od przyrostów masy w pozostałych kombinacjach otrzymujących bor. Przyrost masy roślin z 0,1 mg B/l w obydwu połówkach był istotnie większy od przyrostu masy w kombinacji otrzymującej 0,1 mg B/l tylko w jednej z połówek.

Ilości pobranego potasu, wapnia i fosforu przedstawione są w tabeli 9. Już po 14 dniach doświadczenia ilości pobranych składników były znacznie mniejsze w kombinacji bezborowej w porównaniu z kombinacjami otrzymującymi bor. Części korzeni otrzymujące 0,1 mg B/l w kombinacji trzeciej pobrały kilkakrotnie większe ilości wszystkich badanych składników w porównaniu z częściami pozbawionymi boru. Różnice te były jeszcze większe po następnych 12 dniach doświadczenia. Ogólna ilość pobranych składników po 26 dniach doświadczenia była najmniejsza w kombinacji bezborowej, znacznie większa w kombinacji otrzymującej 0,1 mg B/l w jednej z połówek i największa w kombinacji otrzymującej 0,1 mg B/l w obydwu połówkach. Procentowe wykorzystanie składników mineralnych już po 14 dniach było znacznie mniejsze w tych połówkach, które nie otrzymały boru. Po następnych 12 dniach doświadczenia procentowe wykorzystanie wszystkich badanych składników w połówkach pozbawionych boru nie przekraczało 8%, podczas gdy w tym samym okresie w połówkach otrzymujących bor wynosiło ponad 90%. W kombinacji bezborowej, po końcowych 12 dniach doświadczenia, procentowe wykorzystanie składników nie przekraczało 2,2%.

Tabela 10 — Table 10

Średnia ilość pobranej wody przez słonecznik w ml na 1 roślinę

Average water uptake by sunflower (ml per plant)

Nr kombinacji Series No.	Dawka B mg/l Boron supply ppm.		Po 14 dniach After 14 days		Po następnych 12 dniach After next 12 days		Razem (po 26 dniach) Total (after 26 days)
	część słoja part of pot		część korzeni part of roots		część korzeni part of roots		
	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right	lewa left	prawa right	
1	0	0	122	112	62	60	356
2	0,1	0,1	304	326	1192	1236	3058
3	0	0,1	128	362	106	1790	2386
Przedz. ufn. L.S.D. P = 0,05			51		151		293

Ilości pobranej wody przedstawione są w tabeli 10. Po pierwszych 14 dniach doświadczenia rośliny w kombinacji bezborowej pobrały znacznie mniejsze ilości wody niż rośliny w kombinacjach otrzymujących bor. W kombinacji trzeciej części korzeni pozbawione boru pobrały prawie takie same ilości wody, jak korzenie w kombinacji bezborowej, natomiast części otrzymujące 0,1 mg B/l pobrały prawie trzykrotnie więcej. Różnica ta była znacznie większa po następnych 12 dniach doświadczenia. Części korzeni otrzymujące bor pobrały siedemnaście razy większe ilości wody w porównaniu z częściami korzeni tych samych roślin pozbawionymi boru. Części korzeni w kombinacji trzeciej, otrzymujące 0,1 mg B/l pobrały więcej wody w porównaniu z częściami korzeni w kombinacji drugiej, otrzymującymi taką somą ilość boru. Ogólna ilość pobranej wody przez rośliny była najmniejsza w kombinacji bezborowej, znacznie większa w kombinacji otrzymującej 0,1 mg B/l w jednej z połówek słoi, a największa w kombinacji otrzymującej 0,1 mg B/l w obydwu połówkach.

DYSKUSJA

Doświadczenia przeprowadzono z fasolą, pomidorem i słonecznikiem. Rośliny te mają różne zapotrzebowanie w stosunku do boru. Berger (1949) zalicza fasolę do grupy roślin o małych wymaganiach, pomidory do grupy o średnich wymaganiach, a słonecznik do grupy o największych wymaganiach w stosunku do boru.

We wszystkich doświadczeniach plon roślin w kombinacji bezborowej był najmniejszy w porównaniu z kombinacjami otrzymującymi bor. W większości przypadków rośliny otrzymujące bor w obydwu połówkach słoja wytworzyły większą masę niż rośliny otrzymujące bor tylko w jednej z połówek. Różnice te można wytłumaczyć wzrostem systemu korzeniowego. W kombinacjach otrzymujących bor w obydwu połówkach słoja cały system korzeniowy rozwijał się normalnie i lepiej mógł zaopatrywać rośliny w wodę i składniki mineralne. W kombinacjach otrzymujących bor tylko w jednej z połówek słoja część korzeni pozbawiona boru rozwijała się znacznie słabiej niż część zaopatrzona w bor, w wyniku czego całość systemu korzeniowego była znacznie mniejsza i gorzej zaopatrywała część nadziemną rośliny w wodę i składniki mineralne. We wszystkich doświadczeniach masa części korzeni pozbawionych boru była mniejsza niż części otrzymujących bor. Tylko w drugim doświadczeniu z pomidorem różnice były nieistotne na skutek zbyt krótkiego okresu doświadczenia. Wyłączenie boru częściom korzeni tych samych roślin powodowało zahamowanie wzrostu tych części bez względu na dawkę boru, jaką rośliny otrzymały przed rozpoczęciem doświadczenia. Nawet przy bardzo dużej dawce boru (2 mg B/l), jaką otrzymała

fasola przed rozpoczęciem doświadczenia, zahamowanie wzrostu części korzeni pozbawionych boru było bardzo wyraźne. Nie zależało ono również od dawki boru, jaką otrzymała pozostała część korzeni tej samej rośliny, chociaż różnice w ilości dostarczonego boru były bardzo duże. Należy zaznaczyć, że w podobny sposób reagowały wszystkie wzięte do doświadczeń rośliny, reprezentujące grupy roślin o różnym zapotrzebowaniu w stosunku do boru. Dostarczony bor jednej z części korzeni nie może przechodzić do pozostałej części korzeni tej samej rośliny w takiej ilości, by zapewnić ich normalny wzrost. Wędruje on prawdopodobnie do nowo tworzących się liści wierzchołka wzrostu, gdzie jest wiązany i nie może być łatwo translokowany do części korzeni pozbawionej boru. Dane te świadczą o wyjątkowo małej ruchliwości boru w roślinie, jak również o małej zdolności roślin do reutylizacji uprzednio pobranego boru. Jest to zgodne z wynikami uprzednio otrzymanymi przez Starcka (1955), wykazującymi że bor z trudem mógł się przenosić z dolnych liści do górnych w roślinach, którym wyłączono bor z pożywki. Podobnie Skok i McIlrath (1958) uważają, że wystąpienie symptomów braku boru połączone jest z wykorzystaniem przez rośliny boru dializującego, gdy w tym samym czasie ilości boru nie dializującego nie ulegały zmianie.

Procentowa zawartość suchej masy była większa w roślinach bezborowych w porównaniu z roślinami otrzymującymi bor. Podobne wyniki otrzymali Briggs (1943), Minarik i Shive (1939), Starck (1955), Odhnoff (1957).

Ilości pobranego potasu, wapnia i fosforu przez rośliny pozbawione boru były mniejsze niż przez rośliny otrzymujące bor. Jest to zrozumiałe, gdy weźmie się pod uwagę fakt, że przyrost masy roślin bezborowych w okresie trwania doświadczenia był znacznie mniejszy niż roślin otrzymujących bor. Części korzeni otrzymujące takie same dawki boru pobierały bardzo zbliżone do siebie ilości badanych składników; różnice we wszystkich przypadkach leżały w granicach błędu doświadczenia. Wyłączenie boru jednej z części korzeni wpływało na zahamowanie pobierania zarówno potasu i wapnia, jak i fosforu w porównaniu z częściami otrzymującymi bor. W drugim doświadczeniu z pomidorem różnice w pobieraniu badanych składników pomiędzy częściami korzeni pozbawionymi boru a otrzymującymi bor były mniejsze po pierwszych 7 dniach niż po następnych 7 dniach doświadczenia. Podobnie w doświadczeniu ze słonecznikiem różnice te były mniejsze po pierwszych 14 dniach doświadczenia w porównaniu z różnicami po następnych 12 dniach. Pomimo prawie całkowitego wykorzystania badanych składników przez rośliny z połówek, do których wprowadzono bor, mogły one pobrać tylko drobne ilości tych składników z połówek, które nie otrzymały boru. Wyłączenie boru spowodowało bardzo silne zahamowa-

nie pobierania zarówno kationu potasowego i wapniowego, jak i anionu fosforanowego. Dane te nie potwierdzają doświadczeń Rehma (1937), w których bor zwiększał pobieranie kationów a zmniejszał pobieranie anionów. Doświadczenia Parksa i współpracowników (1944) również nie potwierdziły doświadczeń Rehma. W naszych doświadczeniach bor nie wywierał specyficznego wpływu na jakiś z badanych składników. Jego wyłączenie zmniejszało, a jego dodatek zwiększał pobieranie zarówno potasu i wapnia, jak i fosforu. Dane te są zgodne z wynikami otrzymanymi przez Nowotnównę (1934) dla wapnia i potasu w doświadczeniach z łubinem żółtym.

Pobieranie wody było bardzo silnie zahamowane przy wyłączeniu boru poszczególnym częściom korzeni. Podobnie jak i w pobieraniu składników mineralnych, różnice w pobieraniu wody przez części korzeni, otrzymujące bor i pozbawione boru, były większe przy dłużej trwającym głodzie borowym.

Zmniejszenie pobierania zarówno składników mineralnych, jak i wody przez części korzeni pozbawione boru można wytłumaczyć zahamowaniem ich wzrostu i zamieraniem przy przedłużającym się głodzie borowym. Bor przypuszczalnie działa pośrednio na pobieranie składników mineralnych i wody przez wpływ na wzrost systemu korzeniowego i części nadziemnych.

STRESZCZENIE

Przeprowadzono doświadczenia w kulturach wodnych z rozdzielonymi korzeniami nad wpływem boru na pobieranie przez rośliny potasu, wapnia i fosforu, jak również wody. Do doświadczeń użyto roślin o różnych wymaganiach w stosunku do boru (fasola, pomidor, słonecznik). W czasie właściwych doświadczeń rośliny otrzymały w połówkach słojów pożywkę o zróżnicowanej koncentracji boru.

Na podstawie tych doświadczeń można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Wyłączenie boru z pożywki w obydwu częściach słoja powodowało zahamowanie wzrostu korzeni i części nadziemnej, z równoczesnym zahamowaniem pobierania składników mineralnych i wody oraz typowym wystąpieniem symptomów jego braku.

2. Wyłączenie boru jednej z części korzeni powodowało zahamowanie ich wzrostu z równoczesnym zmniejszeniem pobierania składników mineralnych i wody w porównaniu z częścią otrzymującą bor.

3. Zahamowanie wzrostu części korzeni pozbawionych boru stwierdzono u wszystkich badanych roślin, niezależnie od dawki boru, jaką otrzymały one przed rozpoczęciem doświadczenia w kulturach dzielonych.

4. Wyłączenie boru z pożywki zmniejszało, a jego dodatek zwiększał pobieranie zarówno potasu, wapnia, jak i fosforu. Bor nie wywierał jednakże specyficznego wpływu na pobieranie któregoś z badanych składników mineralnych.

5. Otrzymane wyniki świadczą o małej ruchliwości boru i małej jego reutylizacji przez rośliny. Bor działa prawdopodobnie pośrednio na pobieranie składników mineralnych i wody przez wpływ na wzrost systemu korzeniowego i przyrost masy części nadziemnych.

Panu Profesorowi dr F. Majewskiemu składam serdeczne podziękowanie za cenne rady i wskazówki udzielane mi w czasie wykonywania pracy.

Katedra Uprawy i Nawożenia Roli
S.G.G.W. w Warszawie

(Wpłynęło dn. 22.12.1961 r.)

SUMMARY

Effect of boron on the potassium, calcium, phosphorus and water uptake has been studied in water cultures with split roots.

Bean, tomato and sunflower plants were used in these experiments. Plants were grown in water cultures with complete nutrient solution and then transferred to split root cultures, to boron-free glass pots. Both parts of the roots received equal amounts of the nutrient solution only boron was either absent or present in varied concentrations.

In these investigations the increase of fresh and dry matter was estimated (tables 1, 3, 5 and 8). The concentration of potassium, calcium and phosphorus in the nutrient solution, in both parts of the pots, was determined at the beginning and at the end of the experiment; from the difference uptake of these elements was calculated (tables 2, 4, 6 and 9). Uptake of water was estimated by measurement of water added to both parts of the pots, during the period of the experiment. Water uptake was measured only in two last experiments with tomatoes and sunflower (tables 7 and 10).

It was found that when no boron was added to both parts of the pots, the growth of roots and shoots as well as uptake of nutrient elements and water was inhibited. When boron was supplied only to one part of the roots, uptake of nutrient elements and water by this part was higher, in comparision with part to which no boron was added. The growth of —B parts of roots was inhibited and exhibited boron deficiency symptoms.

These results indicated that plants could not translocate adequate amount of boron from +B to —B parts of roots, to protect them from boron starvation.

Effect of boron on the uptake of nutrient elements and water seems to be indirect and related to growth rather than to direct influence on active ions absorption.

LITERATURA

Association of Official Agricultural Chemists. Official method of analysis. Eighth ed. Washington, D. C., 1955.

Baker J. E., Gauch H. G. and Dugger W. M., 1956, Plant Physiol. 31: 89—94.

Berger K. C., 1949, Advances in Agronomy 1: 321—351.
Briggs G. B., 1943, Plant Physiol. 18: 415—432.
Gauch H. G. and Dugger W. M., 1954, Univ. Maryland Agr. Expt. Sta. Bull. A — 80 (Tech.).
McIlrath W. J., deBruyn J. A. and Skok J., 1960, Soil Sci. 89: 117—121.
Minarik C. E. and Shive J. W., 1939, Amer. Journ. Bot. 26: 827—831.
Nowotnówna A., 1935, Pamiętnik P.I.N.G.W. w Puławach 16: 49—72.
Odhnoff C., 1957, Physiol. Plantarum 10: 984—1000.
Parks R. Q., Lyon C. B. and Hood S. L., 1944, Plant Physiol. 19: 404—419.
Rehm S., 1937, Jahr. wiss. Bot. 85: 788—814.
Scharrer K. und Schropp W., 1934, Landw. Jahr. 79: 977—999.
Skok J. and McIlrath W. J., 1958, Plant Physiol. 33: 428—431.
Starck J. R., 1955, Acta Soc. Bot. Pol. 24: 675—691.