ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 3
1955

Wpływ boru na pomidory w różnych okresach ich rozwoju

Effect of boron on tomatoes in different periods of growth

J. R. STARCK

Badania przeprowadzone w ostatnich 30 latach wykazały, że bor jest niezbędnym pierwiastkiem dla wszystkich roślin wyższych. Niedostateczne zaopatrzenie roślin w bor powoduje zahamowanie wzrostu, wystąpienie symptomów chorobowych, a nawet śmierć rośliny w przypadku silnego głodu borowego (Maksimow 1949, Stiles 1946, Berger 1949, Szkolnik 1950, Philipson 1953).

Zapotrzebowanie jednak poszczególnych gatunków na ten składnik jest różne i zależne od szeregu czynników. Rośliny jednoliścienne zawierają znacznie mniej boru niż rośliny dwuliścienne, odznaczają się one również znacznie mniejszym zapotrzebowaniem na bor. Shive (1941) stwierdził, że rośliny jednoliścienne mają znacznie więcej boru rozpuszczalnego niż rośliny dwuliścienne. Prowadząc doświadczenia nad zachowaniem się wapnia i boru w kukurydzy Marsh i Shive (1941) wykazali, że ogólna zawartość wapnia nie zależy od stężenia boru w pożywce, natomiast zawartość wapnia rozpuszczalnego wzrasta wraz ze wzrostem ilości boru ogólnego i rozpuszczalnego. Zawartość boru zależy z kolei od jego stężenia w pożywce. Późniejsze doświadczenia Reeve'a i Shive'a (1944) wykazały, że przy stałej zawartości boru w pożywce zawartość ogólnego i rozpuszczalnego boru w roślinie zwiększała się ze wzrostem stężenia potasu. Przy niskich stężeniach boru (0,001 — 0,5 mg B/l) zwiększające się dawki wapnia nie wpływały na zawartość boru w roślinie, przy dawce 5 i 10 mg B/l pożywki niskie dawki wapnia (do 50 mg Ca/l) powodowały nieznaczny wzrost zawartości boru ogólnego, natomiast wysokie dawki wapnia (100 — 500 mg Ca/l) obniżały wyraźnie zarówno zawartość boru ogólnego jak i rozpuszczalnego. Jones i Scarseth (1944) na podstawie wyników innych badaczy i własnych badań doszli do wniosku, że rośliny wymagają do normalnego wzrostu

odpowiedniego stosunku wapnia do boru, przy czym ten ostatni jest różny dla różnych roślin.

Johnston i Dore (1929), Johnston i Fisher (1930), White-Stevens (1938), Jakowlewa (1952) stwierdzili udział boru w przemianach węglowodanów. U roślin wykazujących symptomy braku boru stwierdzono wzrost zawartości cukrów w liściach, natomiast zmniejszenie się ich zawartości w łodygach.

Ostatnie prace Gauch'a i Dugger'a (1953) prowadzone na młodych pomidorach wykazały, że przy zanurzeniu liści do roztworu sacharozy z izotopem węgla C^{14} absorpcja sacharozy i jej translokacja w roślinie była znacznie szybsza wtedy, gdy roztwór sacharozy zawierał dodatek boru, niż w przypadku wprowadzenia do rośliny samej sacharozy.

Zawartośc boru jest zmienna w różnych częściach rośliny (Majewski, Majewska 1953). Najwięcej boru w pomidorach gromadzi się w liściach, mniej w korzeniach, a najmniej w owocach. Ze wzrostem ilości boru w pożywce jego zawartość w różnych częściach rośliny wzrasta niejednakowo. Najbardziej zmienia się zawartość boru w pędach, a najmniej w owocach.

Bobko (1941) i Szkolnik (1950) wykazali, że w liściach górnych jest znacznie mniej boru niż w liściach dolnych.

Badając różne formy boru Bobko (1941) stwierdził, że znaczna jego część przechodzi do roztworu pod wpływem kilkakrotnej ekstrakcji gorącą wodą.

Ilość boru rozpuszczalna w gorącej wodzie zmieniała się w zależności od tego, jaka część rośliny wzięta została do analizy i jaki był jej wiek. Marsh i Shive (1941) i Reeve i Shive (1944), poddając zamrożone rośliny wysokiemu ciśnieniu, znaleźli w wyciśniętym soku większość boru zawartego w roślinach. Wolf (1940) natomiast stwierdził w wyciśniętym soku z kalafiorów tylko nieznaczną część boru. Bor znajdujący się w pozostałościach po wyciśnięciu był nierozpuszczalny w zimnej wodzie i alkoholu, lecz znaczna jego część rozpuszczała się w gorącej wodzie, a cała jego zawartość rozpuszczała się w 2% HCl.

W pracy niniejszej zbadano wpływ obecności i nieobecności boru w pożywce w różnych okresach rozwoju pomidorów na przyrost świeżej i suchej masy i na zmiany w zawartości boru ogólnego, rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego w poszczególnych częściach rośliny. Celem pracy było również zbadanie zachowania się boru w samej roślinie.

DOŚWIADCZENIA WŁASNE

W 1951 roku przeprowadzono dwa doświadczenia w kulturach wodnych z pomidorami odmiany Condine Red.

Doświadczenie 1

Nasiona w ilości 1000 sztuk wysiano 10.III. do skrzynek drewnianych, wyparafinowanych, z piaskiem przemytym HCl, następnie wodą wodociągową i w końcu wodą destylowaną do zaniku reakcji na chlor.

Na 1 kg piasku dodano następujące ilości składników mineralnych:

NH_4NO_3	—	0,08	g
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	—	0,172	g
KCl	—	0,037	g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	0,025	g
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	—	0,086	g
$FeCl_3$	—	0,008	g.

Przed wysiewem dodano do piasku $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ i $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ a pozostałą rozpuszczalną część pożywki dodano po pojawieniu się liścieni. Po 9 dniach rośliny skiełkowały. Siewki przepikowano 22.III. do skrzynek z piaskiem przemytym jak w przypadku poprzednim. Do piasku prócz wymienionej uprzednio ilości składników mineralnych dodano jeszcze mikroelementy w ilości 0,5 mg Mn, 0,2 mg Cu i 0,1 mg Zn na 1 kg piasku. Prócz tego część roślin otrzymała bor w postaci H_3BO_3 w ilości 0,5 mg B na 1 kg piasku. W jednej skrzynce rośliny pozostały nadal bez boru. Po miesiącu od czasu wysiewu zauważono wyraźne różnice we wzroście. Pomidory w skrzynce bez boru rosły słabiej od tych, które otrzymały 0,5 mg B na 1 kg piasku. Rośliny przeniesiono 21.IV. do słojów porcelanowych, glazurowanych, wewnątrz wyparafinowanych o pojemności 7 litrów. Przed wysadzeniem płukano korzonki roślin dwukrotnie w wodzie destylowanej celem odmycia piasku i śladów boru. W każdym słoju umieszczono 1 roślinę.

Do słojów dodano 7 l pożywki zawierającej na 1 litr wody destylowanej następujące ilości składników mineralnych:

$Ca(NO_3)_2$	—	0,41	g
KH_2PO_4	—	1,53	g
K_2SO_4	—	0,196	g
$NaNO_3$	—	0,34	g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	0,277	g
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	—	4,84	mg
$MnSO_4$	—	0,69	mg
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	—	0,79	mg
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	—	2,2	mg

pH pożywki wynosiło 4,6.

Doświadczenie składało się z 3 serii. Rośliny I serii, które miały bor w skrzynkach, po przeniesieniu do słojów nie otrzymały boru. Trzymane były na tej pożywce bezborowej do czasu pojawienia się wyraźnych oznak braku boru. Wtedy po zważeniu wszystkich roślin tej serii pobrano 10 roślin do analizy, a pozostałe podzielono na 3 grupy, które otrzymały pożywki z różną dawką boru, a mianowicie 0,1, 0,5 i 2,0 mg B na 1 litr pożywki.

Rośliny z każdej dawki boru zbierane były w dwóch terminach, tj. po 16 i 33 dniach od chwili otrzymania pożywienia borowego. Za każdym razem zbierano po 10 roślin, a więc seria ta składała się z 70 roślin.

Seria II składała się z roślin, które nie otrzymały boru od początku wegetacji. Roślinom tym wyłączono również bor po umieszczeniu w słojach.

Rośliny III serii wzięte ze skrzynek z borem po przeniesieniu do słojów otrzymały 0,5 mg B na 1 l pożywki. Okres odżywiania borem trwał do czasu pojawienia się kwiatów 1-go grona. Rozdzielono wtedy rośliny na 5 grup po 8 roślin. Jedną zebrano do analizy, dwie nie otrzymały boru, a dwie pozostawiono nadal na pożywce z borem. Rośliny z kombinacji z borem i bez boru zebrano do analizy po 1 i 2 tygodniach.

We wszystkich seriach pożywkę zmieniano co 2 tygodnie.

Obserwacje

U roślin I serii po 11 dniach od chwili umieszczenia w słojach zaczęły brązowieć stożki wzrostu korzeni, nie wytwarzały się również korzenie przybyszowe. Wzrost tych roślin w porównaniu z roślinami serii III, które otrzymały 0,5 mg B na 1 litr pożywki, został wyraźnie zahamowany.

Po 18 dniach liście zaczęły żółknąć poczynając od nerwu środkowego ku brzegom liścia. U większości roślin zaczęły zasychać stożki wzrostu łodygi. W 19 dniu, tj. 10.V, gdy symptomy braku boru były już bardzo wyraźne, rośliny podzielono na 3 grupy dodając 0,1, 0,5 i 2,0 mg B na 1 litr pożywki, a 10 roślin tej serii po zważeniu części nadziemnej i korzeni przeznaczono do analizy.

Rośliny wszystkich 3 grup po 6 dniach od chwili włączenia boru do pożywki wypuściły korzenie przybyszowe. Po 10 dniach z kątów liści zaczęły wypuszczać pędy boczne. W wyglądzie roślin nie stwierdzono różnic w zależności od dawek boru.

Po 16 dniach, gdy rośliny wypuściły już po kilka pędów bocznych, zebrano po 10 roślin z każdej dawki i po zważeniu osobno części nadziemnej i korzeni rośliny wzięto do analizy. Z pozostałych roślin na pierwsze miejsce wybiła się kombinacja z dawką 0,5 mg B/litr. Najgorzej wyglądały rośliny na dawce 2,0 mg B/litr. Rośliny silnie się rozrosły, miały jednak wygląd krzaczasty. Zbiór pozostałych roślin tej serii nastąpił po 33 dniach od chwili włączenia boru.

W serii II rośliny po przeniesieniu do słojów już po kilku dniach wykazywały wyraźne symptomy braku boru. Wystąpiła silna chloroza, korzenie zbrązowiały, wzrost został całkowicie zahamowany. U wszystkich roślin tej serii zaschły stożki wzrostu. Po wypuszczeniu 3 listka rośliny zamierały. Rośliny tej serii zebrano 1.VI.

Rośliny III serii po przeniesieniu do słojów rosły bujnie, lecz po kilku dniach wystąpiła chloroza spowodowana przypuszczalnie wytrąceniem żelaza. Przy zmianie pożywki 3.V. obniżono jej pH do 3,9 dodając kwasu azotowego, a żelazo dodano w formie soli Mohra.

Rośliny wszystkich serii opryskano 5.V. 0,01% roztworem chlorku żelazowego. Do pożywki dodano poza tym 0,1 mg Mo na litr w postaci molibdenianu amonu, ponieważ zachodziła obawa, czy chloroza nie jest wywołana brakiem molibdenu. Po obniżeniu pH i zmianie soli żelaza oraz po dodaniu molibdenu chloroza po kilku dniach znikła i rośliny rozwijały się normalnie. Do dnia 30.V. zakwitły już pierwsze kwiastostany. Tego dnia korzenie roślin tej serii zostały opłukane 2-krotnie w wodzie destylowanej, by obmyć resztki boru, jakie mogły na nich się znajdować.

Wszystkie rośliny tej serii zważono i rozdzielono tak, by waga każdej kombinacji była w przybliżeniu równa. Średnia waga świeżej masy 1 rośliny wynosiła 71,3 g. Taki dobór kombinacji ułatwił zbadanie przyrostu świeżej masy. Dwie kombinacje po 8 roślin otrzymały po 0,5 mg B na litr pożywki, 2 kombinacje nie otrzymały boru. Wszystkie rośliny otrzymały pełną pożywkę.

Po 6 dniach zauważono brązowe plamy na owocach w kombinacjach, które nie otrzymały boru. Owoce miały od 3 do 8 mm średnicy. W liściach i korzeniach nie było widać żadnych różnic w porównaniu z kombinacjami z borem. Po 7 dniach wszystkie rośliny zważono i wzięto do analizy po 8 roślin z pożywek z borem i bez boru. Po 8 dniach od chwili wyłączenia B z pożywki na liściach wierzchołkowych kombinacji bez boru pojawiła się chloroza przy nerwach. Nawet najdrobniejsze owoce zbrązowiały, liście były kruche, a blaszka liściowa składała się ku górze. Po 14 dniach od czasu wyłączenia boru z pożywki zebrano pozostałe rośliny. W serii tej z roślin pozbawionych boru zanalizowano liście górne i dolne na zawartość boru ogólnego, rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego.

Metody analityczne

Świeże rośliny cięto na mniejsze części i pobierano przynajmniej 2 próbki 5-gramowe. W ten sposób pobierano próbki ze wszystkich kombinacji.

Próbki na bor ogólny suszono w suszarce w 105°C do stałej wagi i oznaczano w nich zawartość suchej masy. Po spopieleniu w temperatu-

rze 450°C w próbkach tych oznaczano bor metodą Bergera i Truoga (1944) na spektrofotometrze Colemana.

Próbki na bor nierozpuszczalny homogenizowano w ciągu 3 minut, a następnie sączono na lejku Büchnera przez sączek szybkosączący. Przesącz odwirowywano i płyn znad osadu po wirowaniu usuwano przy pomocy kapilary połączonej z pompą wodną. Osad przenoszono do tygla spłukując naczyńko wodą destylowaną. Po odparowaniu płynu na łaźni piaskowej do tygla dodawano sączek z lejka Büchnera. Po spopieleniu oznaczano bor nierozpuszczalny. Z różnicy B ogólnego i B nierozpuszczalnego obliczano B rozpuszczalny.

Omówienie wyników

Wyniki oznaczeń świeżej i suchej masy z serii I, przedstawione w tabeli 1, wykazują, że rośliny doprowadzone do głodu borowego po przeniesieniu na pożywkę z borem przez pierwsze 16 dni dały tylko bardzo nieznaczny przyrost świeżej i suchej masy, i to tylko przy 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki. Przy dawce 2 mg B stwierdzono drobny przyrost świeżej masy, a żadnego przyrostu suchej masy. Główny przyrost masy roślinnej nastąpił później, w okresie 16 — 33 dni, przy czym największe przyrosty dała dawka 0,5 mg B, a najmniejsze 2 mg B. Dawka 0,1 mg B okazała się niewystarczająca, dawka 2 mg B działała już toksycznie. Z tablicy widzimy inną jeszcze prawidłowość. Rośliny przez dłuższy czas pozbawione boru (19 dni) odznaczały się najwyższą zawartością suchej masy (17,78% s. m.) w pędach. Pierwszy okres 16 dni odżywiania borem wpłynął tylko nieznacznie na zmniejszenie zawartości suchej masy w ro-

Tabela 1

Świeża i sucha masa jednej rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Procent. zawart. suchej masy w świeżej masie		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Kontrolne — B przez 19 dni		2,28	1,30	3,58	17,78	10,81	0,41	0,14	0,55
po 16 dniach	+ 0,1 mg B	2,97	1,75	4,72	15,36	11,02	0,46	0,19	0,65
	+ 0,5 mg B	2,69	2,18	4,87	15,47	9,74	0,42	0,21	0,63
	+ 2,0 mg B	2,52	1,84	4,36	14,84	8,93	0,37	0,16	0,53
po 33 dniach	+ 0,1 mg B	15,40	6,55	21,95	11,03	7,68	1,70	0,50	2,20
	+ 0,5 mg B	22,70	8,85	31,55	11,19	8,93	2,54	0,79	3,33
	+ 2,0 mg B	8,55	5,65	14,20	11,04	8,03	0,94	0,45	1,39

ślinach. Dopiero w okresie późniejszym, w okresie silnego przyrostu, nastąpił wyraźny spadek zawartości suchej masy. A zatem głód borowy spowodował gorsze zaopatrzenie roślin w wodę wyrażające się zwiększeniem procentowej zawartości suchej masy.

Wyniki oznaczeń boru ogólnego, nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego, zebrane są w tabeli 2. Wyniki odnoszą się tylko do próbek pobranych po 16 dniach odżywiania borem. Dla drugiego okresu wyniki z powodu uszkodzenia spektrofotometru okazały się niemiarodajne.

Rośliny kontrolne z wyraźnymi objawami głodu borowego zawierały w 100 g suchej masy pędów 2,48 mg B ogólnego, a w korzeniach 2,08 mg B ogólnego. Po dostarczeniu boru zawartość jego w roślinach wzrosła. Wzrost zawartości boru ogólnego był zależny od dawki boru w pożywce, przy czym wzrost ten silniej się zaznaczył w korzeniach niż w pędach. Z danych widzimy, że w pędach niezależnie od dawki w przybliżeniu połowa boru ogólnego przypada na bor nierozpuszczalny. W korzeniach natomiast przy większych dawkach 0,5 i 2,0 mg bor rozpuszczalny stanowi około 3/4 ogólnej ilości boru. Absolutne ilości boru w 1 roślinie są podane w 3 ostatnich kolumnach tabeli 2. Widzimy, że w okresie 16 dni nagromadziło się w pędach 0,005 — 0,007 mg B, w korzeniach 0,001 — 0,013 mg B. Gromadzenie więc boru w liściach i łodygach mało było zależne od dawek tego składnika w pożywce, w korzeniach natomiast zależność ta wystąpiła bardzo silnie. Stąd też pochodzi niejednakowy rozdział ilości pobranego boru na pędy i korzenie; o ile przy najniższej dawce boru tylko drobna część zostaje w korzeniach, a przeważająca reszta wędruje do łodyg i liści, to przy wyższych dawkach — odwrotnie — większość pobranego boru znajduje się w korzeniach. Wreszcie obliczenie boru pobranego przez całą roślinę (0,006; 0,018; 0,020 mg B) i porównanie z ilością boru dostarczonego w okresie 16 dni (0,7; 3,5 i 14 mg B) wskazuje na słabą zdolność roślin pobierania tego składnika z pożywki. Łączy się to przypuszczalnie ze słabą zdolnością przenoszenia boru z korzeni do nadziemnych części rośliny.

Rośliny serii II, które nie otrzymały boru przez cały okres wegetacji (od 10.III. do 1.VI), wytworzyły tylko nieznaczną ilość masy. Przeciętna świeża masa wynosiła 1,55 g (tabela 3).

Odznaczały się one szczególnie wysoką zawartością suchej masy w świeżej masie (21,75%). Jest to wartość dużo wyższa niż dla roślin serii I o zaznaczonych również objawach braku boru. Ten wysoki procent suchej masy spowodowany był częściowym zasychaniem liści z powodu wyjątkowo silnego głodu borowego. Zawartość boru ogólnego spadła w tych roślinach do bardzo niskiego poziomu, wynosiła bowiem tylko 0,78 mg B na 100 g suchej masy. Wyniki tej serii są miarą dokładności

Tabe

Zawartość boru w świe

Kombinacja		B w mg na 100 g świeżej masy					
		B ogólny		B nierozpuszcz.		B rozpuszcz.	
		Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie
Kontrolne — B przez 14 dni		0,44	0,23	0,23	0,12	0,21	0,11
Po 16 dniach	+ 0,1 mg B/l	0,52	0,25	0,28	0,21	0,25	0,04
	+ 0,5 mg B/l	0,56	0,72	0,23	0,22	0,33	0,50
	+ 2,0 mg B/l	0,67	0,85	0,36	0,19	0,31	0,66

naszych doświadczeń, mówią nam bowiem, że rośliny na pożywkach bezborowych rozporządzały niezmiernie drobnymi ilościami boru.

Wyniki serii III — świeża i sucha masa roślin podana jest w tabeli 4. Rośliny tej serii otrzymujące bez przerwy bor od chwili rozpoczęcia właściwego doświadczenia odznaczały się dużą masą (średnia świeża masa 1 rośliny wynosiła 52,6 g, sucha masa 7,61 g).

Na pożywce z borem rosły one dalej bujnie, dając przyrosty po 1 tygodniu 4,42 g i po 2 tygodniach 7,89 g suchej masy. Po 2 tygodniach nastąpiło więc podwojenie masy. Wyłączenie boru odbiło się natychmiast na szybkości wzrostu. Po 1 tygodniu przyrost masy był wyraźnie mniejszy (tylko 3,55 g s. m.), a w drugim tygodniu nastąpiło już całkowite zahamowanie wzrostu, wyrażające się nawet zmniejszeniem suchej masy. Charakterystyczny objaw wpływu boru na zawartość wody w roślinie i tu wystąpił bardzo wyraźnie. Wyłączenie boru zdrowym, normalnym roślinom, posiadającym pewne zapasy tego pierwiastka w tkankach, spowodowało natychmiastowe zmniejszenie zawartości wody wyrażające się zwiększeniem procentowej zawartości suchej masy. Te różnice zwiększały się w miarę przedłużania okresu żywienia bezborowego. Wyniki oznaczeń zawartości boru w pędach po 1 tygodniu zebrane są w tabeli 5.

Powyższe dane wskazują, że na początku doświadczenia rośliny odznaczały się stosunkowo wysoką zawartością boru (4,58 mg B na 100 g s. m.). Po tygodniu dalsze odżywianie roślin borem podniosło jego zawartość w pędach do 5,59 mg B na 100 g s. m. W okresie tym wzrosła wyraźnie ilość boru rozpuszczalnego kosztem boru nierozpuszczalnego. W chwili rozpoczęcia doświadczenia ilość boru rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego była prawie jednakowa, natomiast po tygodniu widzimy dużą przewagę ilości boru rozpuszczalnego nad nierozpuszczalnym, zarów-

la 2
żej i suchej masie

B w mg na 100 g suchej masy						Absolutne ilości B ogólnego w mg na 1 roślinę		
B ogólny		B nierozpuszcz.		B rozpuszczalny				
Część nad-ziemna	Korzenie	Część nad-ziemna	Korzenie	Część nad-ziemna	Korzenie	Część nad-ziemna	Korzenie	Razem
2,48	2,08	1,29	1,11	1,18	0,97	0,010	0,003	0,013
3,39	2,27	1,79	1,91	1,60	0,36	0,015	0,004	0,019
3,59	7,34	1,49	2,26	2,10	5,08	0,015	0,016	0,031
4,48	9,52	2,43	2,13	2,10	7,39	0,017	0,016	0,033

no w roślinach na pożywce z borem jak i bezborowej, lecz zawartości obydwu form boru były oczywiście w ostatnim przypadku mniejsze. Rośliny na pożywce bez boru wykazywały wyraźne objawy niedostatku boru, tworzące się owoce, jak wspominaliśmy, po tygodniowym odjęciu boru

Tabela 3

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g oraz zawartość boru ogólnego w świeżej i suchej masie (całe rośliny) w mg

Seria	Świeża masa 1 rośliny w g	% suchej masy	Sucha masa 1 rośliny w g	Zawartość B ogólnego w 100 g		Absolutna ilość B ogól. w roślinie
				świeżej masy	suchej masy	
II	1,55	21,75	0,34	0,17	0,78	0,003

Tabela 4

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Proc. zawartość suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g			Przyros suchej masy w g
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem	
Kontrolne — w okresie kwitnienia 1-go grona		52,6	15,8	68,4	12,45	6,72	6,55	1,06	7,61	—
Po 7 dniach	+ 0,5 mgB/l	74,8	20,1	94,9	13,86	8,24	10,37	1,66	12,03	+ 4,42
	— B	65,8	16,0	81,9	14,63	9,50	9,64	1,52	11,16	+ 3,55
Po 14 dniach	+ 0,5 mgB/l	103,7	24,0	127,7	12,97	8,54	13,45	2,05	15,50	+ 7,89
	— B	55,1	14,0	69,1	15,57	9,28	8,58	1,30	9,88	+ 2,27

Tabela 5

Zawartość boru w świeżej i suchej masie (łodygi i liście)

Kombinacja	mg B na 100 g św. masy			mg B na 100 g s. masy		
	B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny	B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny
Kontrolne — na początku doświadczenia	0,57	0,29	0,28	4,58	2,35	2,23
+ B po 1 tygodniu	0,78	0,26	0,52	5,59	1,86	3,73
— B po 1 tygodniu	0,65	0,19	0,46	4,44	1,29	3,15

z pożywki były nienormalne (brązowe plamy). Z wyników analizy nie wiemy, czy przyczyną pojawienia się objawów chorobowych było zmniejszenie się ilości boru nierozpuszczalnego, czy też niedostateczne może zwiększenie się ilości boru rozpuszczalnego. W każdym razie wyjątkowo ciekawe zachowanie się roślin możemy wytłumaczyć, przyjmując okres kwitnienia i powstawania owoców za okres krytyczny w odżywianiu się borem, wyrażający się zwiększeniem zapotrzebowania roślin na bor. Tylko nowe ilości doprowadzonego boru z pożywki mogą pokryć potrzeby rośliny, rezerwy bowiem wystarczyć jej nie mogą.

Pewne wyjaśnienie zachowania się boru w roślinie dają wyniki analizy liści z roślin trzymanych początkowo na pożywce z borem, a przeniesionych następnie na 2 tygodnie na pożywkę bezborową. Z 3 roślin o wyraźnych objawach chorobowych pobrano próbki liści z wierzchołka (liście górne) i z pędów niżej leżących (liście dolne). Liście o mniej zaznaczonych objawach braku boru, zbliżone wyglądem do normalnych, nazwano „zdrowymi", a liście z silnymi objawami braku boru (silna chloroza) nazwano „chorymi". W liściach tych oznaczono bor ogólny i nierozpuszczalny. Wyniki analiz podane są w tabeli 6. Zaznaczyć należy, że wyniki analizy nie mogą być porównywane z wynikami z tabeli 5, ponieważ w przypadku poprzednim analizowano nie same liście, a liście i łodygi razem.

Widzimy, że liście górne „zdrowe" i „chore" odznaczają się znacznie mniejszą zawartością boru niż liście dolne. Liście chore posiadają mniej boru ogólnego niż zdrowe. Jeżeli chodzi o różne formy boru, to w liściach chorych jest dużo mniejsza zawartość boru rozpuszczalnego niż w liściach zdrowych. Szczególnie niską zawartością boru rozpuszczalnego odznaczają się liście chore z górnych pięter. Dane te wskazują również na

Tabela 6

Zawartość B ogólnego, nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego w liściach górnych i dolnych w 100 g suchej masy w mg

		B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny	Procent. zawart. B rozp. w stos. do B ogólnego
Liście górne	zdrowe	1,81	0,75	1,06	60
	chore	1,34	1,16	0,19	14
Liście dolne	zdrowe	4,30	1,48	2,81	65
	chore	2,45	1,22	1,23	50

małą ruchliwość boru w roślinie. Bor nagromadzony w stosunkowo dużych ilościach w liściach dolnych nie mógł się przenieść do liści górnych i wierzchołka wzrostu, wykazujących wyraźne objawy chorobowe.

Doświadczenie II

Doświadczenie drugie miało na celu uzupełnienie i częściowe powtórzenie doświadczenia I.

Nasiona tej samej odmiany wysiano 19.V.51 r.

Ze względu na zauważone w poprzednim doświadczeniu dość nierównomierne wschody w czystym piasku, wysiew nastąpił do mieszaniny piasku i ziemi kompostowej w stosunku 1 : 1. Roślinki przepikowano 6.VI, a 26.VI. przeniesiono do słojów z pożywką taką samą, jak w doświadczeniu I.

Doświadczenie składało się z 2 serii. W serii I rośliny otrzymały pożywkę bezborową i pozostawały na niej do czasu wystąpienia oznak głodu borowego. W tym czasie wzięto część roślin do analizy, a resztę rozdzielono na 2 grupy z dodatkiem 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki. Zbiory do analiz nastąpiły w okresie krótszym niż w doświadczeniu I, bo po 4 i 8 dniach. W każdym przypadku zbierano po 8 roślin.

W serii II rośliny otrzymywały bor bez przerwy (0,5 mg B na litr) i w okresie tworzenia pączków kwiatowych połowa roślin została pozbawiona boru. Zbiory do analizy, po 10 roślin z każdej kombinacji, następowały po 5 i 10 dniach. W obydwu przypadkach pożywkę zmieniano co 2 tygodnie. Z układu doświadczenia widzimy, że serie I i II w tym doświadczeniu były odpowiednikiem serii I i III doświadczenia I.

Obserwacje i wyniki doświadczenia

Seria I. Po 9 dniach od chwili wyłączenia boru wystąpiła chloroza na liściach wierzchołkowych. Chloroza pojawiła się początkowo przy nerwach blaszki liściowej. Korzenie przybyszowe u roślin tej serii nie

wytworzyły się, wzrost został zahamowany. 10.VII, tj. po 14 dniach od chwili wyłączenia boru z pożywki, symptomy jego braku były już wyraźne — wystąpiła silna chloroza liści wierzchołkowych, stożki wzrostu zamierały. W dniu tym włączono bor do pożywki. Połowa roślin otrzymała 0,1 mg B na litr, a połowa 0,5 mg B na litr pożywki; 8 roślin zebrano wtedy do analizy. Po 4 dniach wzięto do analizy po 8 roślin z każdej dawki boru. Różnic w wyglądzie zewnętrznym roślin otrzymujących różne dawki B nie zaobserwowano. Po 5 dniach od chwili wprowadzenia boru do pożywki pojawiły się korzonki przybyszowe. Po 7 dniach liście chlorotyczne częściowo pozieleniały; 8-go dnia nastąpił zbiór reszty roślin.

Wyniki przytoczone są w tabeli 7.

Tabela 7

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Procent. zawart. suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Kontrolne — B do pojawienia się oznak braku B		6,8	1,3	8,1	11,36	9,45	0,77	0,12	0,89
Po 4 dniach	+0,1 mg B/l	6,0	1,8	7,8	11,48	9,06	0,69	0,16	0,85
	+0,5 mg B/l	6,4	1,0	7,4	11,41	9,61	0,73	0,10	0,83
Po 8 dniach	+0,1 mg B/l	8,6	2,5	11,1	11,12	7,15	0,96	0,18	1,14
	+0,5 mg B/l	7,4	2,3	9,7	12,50	8,23	0,93	0,19	1,12

Rośliny trzymane na pożywce bezborowej od 26.VI do 10.VII z chwilą przeniesienia na pożywkę z borem po 4 dniach nie wykazywały powiększenia masy. Wyraźny przyrost masy stwierdzono dopiero po 8 dniach. Istotnych różnic w przyroście masy w tym krótkim okresie czasu u roślin otrzymujących 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki nie znaleziono.

Zawartość boru u roślin kontrolnych z oznakami głodu borowego była bardzo niska, wynosiła bowiem w pędach 0,79 g, a w korzeniach 0,58 mg B na 100 g suchej masy (tabela 8).

W roślinach przeniesionych na pożywienie borowe wzrosła zawartość boru już po 4 dniach, szybsze znacznie pobieranie stwierdzono w następnych 4 dniach. Pobieranie boru w tym doświadczeniu było niezależne od dawki i zachodziło szybciej niż w poprzednim i szybciej też odbywało się przenoszenie boru w samych roślinach z korzeni do części nadziemnej. Przyczyną tego były prawdopodobnie większa masa roślin i krócej trwający okres głodu borowego. Stąd też mimo silnego obniżenia za-

Tabela 8

Zawartość B ogólnego w 100 g świeżej i suchej masy w mg

Kombinacja		mg B 100 g świeżej masy		mg B/ 100 g suchej masy		Absolutne ilości B w mg na 1 roślinę			Pobranie B w mg na 1 roślinę
		Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem	
Kontrolne — B w słojach do pojawienia się oznak braku B		0,09	0,06	0,79	0,58	0,006	0,001	0,007	—
Po 4 dniach	+0,1 mg B/1	0,15	0,10	1,31	1,14	0,009	0,002	0,011	0,004
	+0,5 mg B/1	0,13	0,15	1,17	1,51	0,009	0,002	0,011	0,004
Po 8 dniach	0,1 mg B/1	0,24	0,16	2,16	2,17	0,021	0,004	0,025	0,018
	+0,5 mg B/1	0,26	0,16	2,10	1,91	0,019	0,004	0,023	0,016

wartości boru w roślinach, które związane mogło być z wyższą temperaturą i większym natężeniem światła w tym okresie, w roślinach nie zaszły duże zmiany patologiczne i rośliny po dostarczeniu boru mogły szybciej wrócić do normalnego stanu. Dowodem tego jest wyraźny przyrost masy już po 8 dniach, podczas gdy w doświadczeniu poprzednim nieznaczny przyrost masy nastąpił dopiero po 16 dniach.

Seria II. Po przeniesieniu roślin do słojów z pożywką płynną już po 3 dniach pojawiły się korzenie przybyszowe, czego nie zauważono u roślin serii I. Do dnia 11.VII. zaczęły wytwarzać się pączki kwiatowe. W dniu tym przeniesiono rośliny na wodę destylowaną, w której pozostawiono je przez noc, by wypłukać z korzeni resztki boru. Następnego dnia wszystkie rośliny zważono i rozdzielono na podstawie wagi na 5 grup po 8 roślin, o jednakowej średniej wadze. Średnia waga 1 rośliny wynosiła 56,5 g. Po wzięciu 8 roślin do analizy pozostałe rozdzielono, dodając połowie tę samą dawkę boru, co poprzednio (0,5 mg B/l), a drugiej połowie odejmując bor z pożywki.

Po 5 i 10 dniach zebrano po 8 roślin z pożywki borowej i bezborowej. Żadnych różnic w wyglądzie zewnętrznym roślin po 5 dniach nie zaobserwowano. Po 7 dniach wyłączenia boru pojawiły się pierwsze oznaki chorobowe. Na liściach wierzchołkowych tych roślin pojawiła się lekka chloroza przy nerwach. Po 10 dniach, a więc w chwili zbioru drugiego, chloroza objęła wszystkie liście wierzchołkowe. Liście dolne nie wykazywały symptomów braku boru. Wzrost tych roślin został całkowicie zahamowany, a kwiaty nie rozwijały się. Rośliny na pożywce z borem rosły bujnie, były ciemnozielone i kwitły.

Doświadczenie zakończono 23.VII.

Z tabeli 9 widzimy, że po 5 dniach nie było istotnych różnic w przyroście masy na pożywce borowej i bezborowej. Wyraźne różnice wystąpiły po 10 dniach. Stwierdzić możemy wtedy zahamowanie przyrostu ma-

Tabela 9

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Proc. zawartość suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Na początku doświadczenia w okresie kwitnienia 1-go grona		45,0	11,5	56,5	9,70	6,52	4,37	0,75	5,12
Po 5 dniach	+0,5 mg B/l	54,6	12,7	67,3	11,57	8,25	6,32	1,05	7,37
	— B	51,3	12,7	64,0	12,13	8,90	6,22	1,13	7,35
Po 10 dniach	+0,5 mg B/l	78,3	27,3	105,6	11,27	7,57	8,82	2,07	10,89
	— B	54,0	12,7	66,7	13,31	9,06	7,19	1,15	8,34

sy po odjęciu boru z pożywki. W tym doświadczeniu, jak i w poprzednim, zaznaczył się wpływ boru na procentową zawartość suchej masy. Rośliny na pożywkach bezborowych odznaczały się większą procentową zawartością suchej masy i to tym większą, im dłużej trwał okres głodowania.

Oznaczenie boru ogólnego (tabela 10) wykazało, że rośliny żywione bez przerwy borem zawierały w pędach w okresie kwitnienia 4,88 mg B na 100 g suchej masy. Jest to wynik bardzo zbliżony do wyniku doświadczenia I. Zawartość boru w roślinach na pożywce z borem po 5 dniach wzrosła do 5,70 mg B na 100 g suchej masy, po następnych 5 dniach nie

Tabela 10

Zawartość B ogólnego w 100 g świeżej i suchej masy w mg

Kombinacja		Część nadziemna		
		mg B na 100 g świeżej masy	mg B na 100 g suchej masy	Absolutne ilości B w mg na 1 rośl.
Na początku doświadczenia w okresie kwitnienia 1-go grona		0,47	4,88	0,21
Po 5 dniach	+0,5 mg B/l	0,66	5,70	0,36
	— B	0,42	3,49	0,22
Po 10 dniach	+0,5 mg B/l	0,64	5,68	0,50
	— B	0,27	2,03	0,20

uległa zmianom. Okres pierwszych 5 dni, tj. okres początku kwitnienia, należy znowu uważać za okres krytyczny. Znowu gromadzenie się boru w pędach odbywało się intensywniej niż powstawanie masy roślinnej.

W roślinach na pożywkach pozbawionych boru nastąpił przy dalszym przyroście masy spadek zawartości tego składnika. Po 10 dniach zawartość boru spadła do 2,03 mg B na 100 g suchej masy. Pojawiły się też wtedy ostre oznaki braku boru.

WNIOSKI

Na podstawie wyników obydwu doświadczeń stwierdzono, że pomidory reagują niezwykle szybko na brak boru w pożywce. Mimo dużych zapasów nagromadzonych w tkankach z chwilą wyłączenia boru z pożywki już po kilku dniach następuje zahamowanie wzrostu z pojawieniem się charakterystycznych, zewnętrznych oznak głodu borowego. Rośliny z trudem mogą korzystać z rezerw boru nagromadzonych przedtem, z trudem też może nastąpić przemieszczenie boru z jednej części rośliny do drugiej. Dowodem tego są analizy liści roślin głodujących. Mimo dużej stosunkowo zawartości boru w liściach dolnych liście górne zawierały niewielkie ilości tego składnika.

Drugim wnioskiem, jaki można wyciągnąć z przytoczonych wyników, to wyjątkowo silny wpływ boru w okresie kwitnienia. Tylko stały i to zwiększony dopływ boru z pożywki może pokryć zapotrzebowanie pomidorów na bor w okresie kwitnienia, natomiast wyłączenie boru w tym okresie odbija się silnie na tworzeniu masy roślinnej.

Objawy niedostatku boru wystąpiły przy różnej jego zawartości w roślinach. W większości przypadków jednak przy zawartości boru wynoszącej 2 mg B na 100 g suchej masy pędów występują zewnętrzne objawy głodu borowego. U roślin młodych przy silnym głodzie borowym zawartość boru może spaść nawet poniżej 1 mg B na 100 g suchej masy.

W przypadku głodu borowego stwierdzono zmniejszanie się zawartości wody w roślinach.

Kierownikowi Zakładu Uprawy i Nawożenia Roli profesorowi dr F. Majewskiemu składam głębokie podziękowanie za temat i wskazówki, jakich mi udzielał w czasie wykonywania niniejszej pracy.

Zakład Uprawy i Nawożenia Roli
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

(Wpłynęło dn. 18.III.1955 r.)

SUMMARY

Two investigations on the behaviour of tomatoes in water cultures with and without boron were carried out.

The first investigation was composed of 3 series of experiments. In Series I the plants were first grown on sand and supplied with a fully nutrient solution and then transported to water cultures where no boron was supplied them till the first boron deficiency symptoms appeared. When this occurred boron was again added to the medium in quantities of 0,1; 0,5 and 2,0 mg B/l during a period of 16 and 33 days. In Series II the plants received no boron throughout the whole vegetative period. The plants of Series III were supplied with boron in the sand-boxes and in the water cultures till the first inflorescence blossomed when they were deprived of this element for 1 and 2 weeks.

In the other investigation there were 2 series. The plants from Series I were transported from compost soil to water cultures where they were deprived of boron till the first symptoms of boron deficiency appeared, then this element was added to the medium during 4 and 8 days. In Series II the plants in the water cultures received boron at first, but when the flower buds were formed the supply of the element was interrupted for 5 and 10 days.

In both investigations the increase in fresh and dry matter was estimated; also determinations were made of the total boron content and the content of insoluble boron, from the difference the amount of soluble boron was calculated.

The samples for insoluble boron estimation were homogenized, filtered through a Büchner filter and after ashing the filter paper together with the residue the boron content was determined with the chinalisarine method.

It was found that, in spite of the considerable quantities of boron which had been stored in the plant tissue, when the supply of this element was interrupted growth inhibition and visible symptoms of boron deficiency became manifest after a few days. This may be explained by the difficulties which prevent utilization by the plants of the boron accumulated earlier in the tissue. The response to changes in the boron content of the medium was quickest during blossoming. Only a constant and increased supply of boron from the medium can cover the requirements of tomatoes at that stage.

In most cases boron starvation became manifest when the content was 2 mg B for each 100 g of dry matter from the shoots.

Analytic results have shown that in plants with marked symptoms of boron starvation the boron content in the lower leaves was much greater than in the upper ones, which indicated to the small mobility of boron in the plants.

The elimination of boron from the nutrient medium produced a drop in the water content of the tissue.

LITERATURA

Berger K. C., 1949. Boron in soils and crops. Advances in agronomy. Vol. 1, 321—348. New York.

Berger K. C., and Truog E., 1944. Boron tests and determination for soils and plants. Soil Sc. 57: 25—36.

Bobko E. W., 1941. Rezultaty rabot s borom i drugimi mikroelementami. Primienienje mikroudobrenij. 5—18, Moskwa.

Gauch H. G. and Dugger W. M. Jr., 1953. The role of boron in translocation of sucrose. Plant Physiol. 28: 457—466.

Jakowlewa W. W., 1952 O roli bora w uglewodnom obmienie rastenij. Mikroelementy w żizni rastenij i żiwotnych. 137—149, Moskwa.

Jones H. E. and Scarseth G. D., 1944. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sc. 57: 15—24.

Johnston E. S. and Dore W. H., 1929. The influence of boron on the chemical composition and growth of the tomato. Plant. Physiol. 4: 31—62.

Johnston E. S. and Fisher P. L., 1930. The essential nature of boron to the growth and fruiting of the tomato. Plant Physiol. 5: 387—392.

Majewski F. i Majewska W., 1953. Badania nad wpływem boru na pomidory Roczn. Nauk Roln. 68-A-1: 65—84.

Maksimow A., 1949. Mikroelementy i mikronawozy 286 str. Warszawa. P. I. W. R.

Marsh R. R. and Shive J. W., 1941. Boron as factor in the calcium metabolism of corn plant. Soil Sc. 51: 141—151.

Philipson T., 1953. Boron in plant and soil. Acta Agric. Scandin. III. 2, 121—242.

Reeve E. and Shive J. W., 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. Soil Sc. 57: 1—15.

Shive J. W., 1941. Significant roles of trace elements in the nutrition of plants. Plant Physiol. 16: 435—445.

Stiles W., 1949. Trace elements in plants and animals. Tłum. ros. Moskwa.

Szkolnik M. J., 1950. Znaczenije mikroelementow w żizni rastenij i w zemledielii. 512 str. Moskwa-Leningrad.

White-Stevens R. H., 1938. Carbohydrate metabolism in relation to boron nutrition, Proc. Amer. Soc. Hort. Sc. 36: 537—543.

Wolf B., 1940. Factors influencing availability of boron in soils and its distribution in plants. Soil Sc. 50: 209—217.