Wpływ nawożenia borem na plonowanie jabłoni oraz jakość owoców

**PAWEŁ WÓJCIK, AUGUSTYN MIKA,
GRZEGORZ CIEŚLIŃSKI**

Zakład Nawożenia i Uprawy Roślin Sadowniczych, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa,
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice

(Otrzymano dn. 22.10.97)

P. Wójcik, A. Mika, G. Cieśliński (Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice, Department of Fruit Crop Management and Plant Nutrition, Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice, Poland). Acta Agrobot. Vol. 50 (1-2): 111-124, 1997. *Effect of boron fertilization of apple trees (Malus domestica Borth.) on yield and fruit quality.*

A b s t r a c t

Aim of this work was to examine effect of boron fertilization on yield of apple trees and fruit quality. The experiment was carried out during 1994-1996 in Dąbrowice Experimental Orchard belonging to Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice, on *Š a m p i o n* cultivar, grafted on M26 rootstock. Trees were planted in the autumn of 1991 at the distance 4 x 2.5 m, on sandy-loam soil. Before starting and during carrying out the study there were not visual symptoms of boron deficiency. In the experiment applied boron fertilization to the soil at the dose 2 g B per tree or three times boron sprays before or after bloom at the dose 0,67 g B per tree. Apple trees without any boron fertilization were served as a control.

Results of experiment showed that only boron sprays after bloom increased fruit set and yield. There were no significant differences between treatments in fruit maturity at harvest, fruit weight losses during storage, apple number infected by *Penicillium*, *Monilina* and *Botrytis cinerea*. Boron sprays after bloom increased firmness of apples after storage and decreased sensibility to bitter pit, internal breakdown and *Gloeosporium*-rot. All boron treatments increased boron concentration in apples in comparison with control ones. However, the highest increase of boron concentration in apples was observed when boron sprays were done after bloom and soil boron application. Only boron sprays applied after bloom increased calcium concentration in apples.

WSTĘP

Bor jest niezbędnym składnikiem mineralnym warunkującym prawidłowy rozwój roślin wyższych. Powszechnie uważa się, że jabłoń, obok gruszy i śliwy jest gatunkiem o znacznie wyższych wymaganiach pokarmowych w odniesieniu do boru niż inne rośliny sadownicze. Mimo, że prace badawcze nad borem trwają przeszło 50 lat to jednak rola boru w roślinie jest nadal mało poznana. Badania Stanleya i Lichtenberga (1963) wykazały, że bor uczestniczy w procesie kielkowania pyłku oraz wzrostu łagiewki pyłkowej. Z tego powodu nawożenie roślin borem może zwiększać zawiązywanie owoców (Yogarathnam i Greenham, 1982; Nyomora i Brown, 1997). Nie zawsze jednak nawożenie borem roślin prowadzi do wzrostu liczby owoców na drzewie (Wójcik i Kowalczyk, 1997). Nadmierna zawartość boru w kwiatach może także powodować ograniczenie zawiązywania owoców i plonowania roślin (Shelp, 1993).

Zarówno niska jak i wysoka koncentracja boru w jabłkach wpływa negatywnie na ich jakość. Przy niskiej koncentracji boru w jabłkach są one drobne, popękane, skorkowaciałe oraz odznaczają się krótkim okresem przechowywania (Faust i Shear, 1968; Shear i Faust, 1980). W przypadku nadmiernej koncentracji boru w jabłkach, są one wrażliwe na rozpad wewnętrzny, szklistość miąższu oraz gnicie (Bramlage i Thompson, 1963; Bramlage i Weis, 1991; Marlow i Loescher, 1984).

Gleby lekkie, słabopróchniczne i kwaśne odznaczają się niską zawartością przyswajalnego dla roślin boru. Potwierdzają to m.in. badania Kłossowskiego i in. (1978) wskazujące, że objawy niedoboru boru na jabłoniach występowały powszechnie w regionie grójeckim, w którym dominują gleby lekkie. Według tych autorów efektywność nawożenia borem w zwiększaniu plonowania jabłoni oraz polepszaniu jakości owoców jest wysoka, gdy zabieg ten stosuje się na glebie lekkiej. Badania Stojanowskiej (1983) wskazują, że nawożenie doglebowe borem jabłoni, rosnących na glebie lekkiej daje dobre efekty w zwiększaniu plonowania drzew. Natomiast według Świetlika i Fausta (1984) nawożenie pozakorzeniowe borem ma wyższą efektywność w ograniczaniu objawów niedoboru boru niż nawożenie doglebowe tym składnikiem. Tego samego zdania jest Kilany i Kilany (1991). Badania Khalil i Thompsona (1960) wykazały, że opryskiwanie jabłoni borem zastosowane bezpośrednio po ich kwitnieniu jest bardziej efektywnym zabiegiem w zwiększaniu zawartości tego składnika w roślinie w porównaniu do opryskiwania tym składnikiem przed kwitnieniem drzew. Natomiast Świetlik i Faust (1984) twierdzą, że opryskiwanie jabłoni borem przed ich kwitnieniem daje lepsze efekty we wzroście plonowania niż opryskiwanie tym mikroelementem po ich kwitnieniu.

Badania Hansona (1991) wskazują, że nawożenie pozakorzeniowe borem wiśni (*Pyrus communis* L.) oraz śliwy (*Prunus domestica* L.), niewykazujących obja-

wów niedoboru tego składnika, może zwiększać ich plonowanie. Również B o w s z y s (1996) wykazała, że wzrost plonu rzepaku oraz polepszenie jego jakości pod wpływem nawożenia borem może mieć miejsce, gdy roślina nie wykazuje widocznych objawów niedoboru tego mikroelementa. Brak jest natomiast badań nad wpływem nawożenia borem jabłoni, niewykazujących widocznych objawów deficytu tego mikroelementa, na ich plonowanie oraz jakość jabłek.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia jabłoni borem na plonowanie oraz jakość jabłek.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 1994-1996 w Sadzie Doświadczalnym Dąbrowice koło Skierniewic. Obiektem doświadczalnym była jabłoń (*Malus domestica* Borkh.) odmiany Šampion, okulizowana na podkładce M26. Drzewa posadzono jesienią 1991 roku w roztawie 4.0 x 2.5 m, na glebie płowej o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego w warstwie 0-20 cm. Wyniki analizy chemicznej wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) wykonanej przed założeniem doświadczenia w 1993 roku przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 1 – Table 1
Analiza chemiczna wierzchniej warstwy gleby
Chemical analysis of soil top layer

pH _(1MKCl)	P [mg×kg ⁻¹]	K [mg×kg ⁻¹]	Mg [mg×kg ⁻¹]	B [mg×kg ⁻¹]
4.2	65.0	131.0	51.0	1.40

Odczyn gleby określono metodą potencjometryczną, fosfor i potas metodą Egnera-Riehma, magnez Schachtschabela a bor metodą Rinkinsa. Jabłonie przed rozpoczęciem doświadczenia jak i w jego trakcie nie wykazywały widocznych objawów niedoboru boru. Na kwaterze doświadczalnej utrzymywano ugór herbicydowy w rzędach drzew o szerokości 2 m i koszoną murawę w międzyrzędziach. Korony drzew od momentu posadzenia prowadzone były w formie wrzecionowej. Cięcie i ochrona drzew wykonywane były według zaleceń dla sadów towarowych. Ze względu na wysoką zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu w glebie w trakcie trwania doświadczenia stosowano wyłącznie nawożenie azotem w dawce 60 kg N×ha⁻¹, w postaci saletry amonowej, wczesną wiosną na całą powierzchnię gleby. Doświadczenie założono w układzie bloków losowych w trzech powtórzeniach. Na każdym poletku znajdowało się 6 drzew. Poletka przedzielone były dwoma drzewami stanowiącymi pasy ochronne. Doświadczenie obejmowało następujące kombinacje:

1. Nawożenie doglebowe borem w dawce 2 g B na drzewo, wykonane wczesną wiosną na powierzchnię pasów herbicydowych wzdłuż rzędów drzew nawozem Bortrac (16% B w postaci kwasu borowego). Nawóz rozprowadzony został na poletkach poprzez opryskiwanie gleby przy zużyciu 0.5l cieczy na drzewo.

2. Nawożenie pozakorzeniowe borem wykonane przed kwitnieniem drzew w następujących fazach rozwoju jabłoni:

- faza zielonego pąka
- faza różowego pąka
- początek kwitnienia (gdy około 10% kwiatów było w pełni kwitnienia)

W każdym opryskiwaniu stosowano 0.67 g B na drzewo przy wydatku 1L cieczy na drzewo.

3. Nawożenie pozakorzeniowe borem wykonane po kwitnieniu drzew w następujących fazach rozwoju jabłoni:

- opadanie płatków kwiatowych
- 2 tygodnie po zakończeniu kwitnienia
- 4 tygodnie po zakończeniu kwitnienia

W każdym opryskiwaniu stosowano identyczne dawki boru co w kombinacji drugiej.

4. Kontrola-drzewa nie nawożone borem

Opryskiwania wykonywano opryskiwaczem plecakowym typu Solo.

W doświadczeniu przeprowadzono następujące pomiary:

1. Liczba zawiązanych owoców. Pomiar wykonano na dwóch pędach z każdego drzewa ukierunkowanych wzdłuż rzędu drzew, znajdujących się w połowie wysokości korony, na próbie 150-200 kwiatów. Na wyznaczonych pędach liczono kwiaty w fazie różowego pąka oraz liczbę zawiązków owocowych 2, 4 i 5 tygodni po zakończeniu kwitnienia drzew. Zawiązywanie owoców określono w procentach w stosunku do liczby kwiatów. Pomiary zawiązywania owoców prowadzone były w dwóch ostatnich latach badań tzn. w 1995 i 1996 roku.

2. Plon owoców.

3. Średnia masa owocu. Pomiaru dokonano bezpośrednio po zbiorze owoców, na próbie około 20 kg jabłek zbieranych z całych koron losowo wybranych drzew.

4. Indeks Streifa [F/(RS)]. Wyznaczano go według następującego wzoru:

$$F/(RS) = \text{Jędrność miąższu [kg/cm}^2\text{]} / (\text{refrakcja [\%]} \times \text{indeks skrobiowy})$$

Jędrność owoców w momencie ich zbioru wykonano na 15 jabłkach za pomocą jędrnościomierza Magnessa-Taylora, przy użyciu czopa o długości 8 mm i średnicy 11 mm. Pomiar wykonano dwukrotnie na każdym owocu tzn. od strony pokrytej rumieńcem i po stronie przeciwległej.

Refrakcję owoców w czasie ich zbioru oznaczono na tych samych 15 owocach, na których określano jędrność jabłek w momencie ich zbioru. Refrakcję oznaczono ze strony owocu pokrytej rumieńcem za pomocą refraktometru Abbego.

Pomiar indeksu skrobiowego przeprowadzono na owocach wykorzystanych wcześniej do oznaczenia jędrności oraz refrakcji. Na podstawie dziesięciostopniowej

skali oceniano powierzchnię zciemnienia miąższu owocu pod wpływem 0.1N roztworu jodu w jodku potasu. Według przyjętej skali 1 oznacza zciemnienie całej powierzchni przekroju miąższu owocu a 10 całkowity jego brak.

5. Ubytki naturalne owoców w okresie ich przechowywania. Pomiar ten określono na 15 owocach poprzez wyznaczenie różnicy między masą owoców przed włożeniem do chłodni a ich masą po 5 miesięcznym przechowywaniu w komorze chłodniczej o temperaturze 1-3°C i 85-95% względnej wilgotności powietrza. Ubytki naturalne owoców podano w procentach w stosunku do ich masy przed włożeniem do chłodni.

6. Jędrność owoców po ich przechowywaniu. Pomiar ten oznaczono po 5 miesięcznym przechowywaniu owoców w chłodni zwykłej. Jędrność wykonano na 15 owocach wyrównanej wielkości, po trzech dniach od momentu wyjęcia ich z chłodni i umieszczeniu w pomieszczeniu o temperaturze powietrza około 20°C. Pomiar wykonano za pomocą jędrnościomierza Magnessa-Taylora w identyczny sposób jak w przypadku określenia jędrności owoców w momencie ich zbioru.

7. Występowanie chorób fizjologicznych i grzybowych owoców w czasie ich przechowywania. Określano liczbę owoców z objawami chorób fizjologicznych i grzybowych jakie wystąpiły w danym sezonie. Pomiaru dokonano bezpośrednio po wyjęciu owoców z chłodni po 5 miesięcznym ich przechowywaniu.

8. Koncentracja wapnia i boru w jabłkach. Owoce do analizy mineralnej zbierane były w momencie ich dojrzałości zbiorczej, z zewnętrznej części korony drzewa w połowie jej wysokości, po stronie wschodniej. Z każdego owocu pobierano po 2 przeciwległe wycinki owocu, bez gniazda nasiennego i szypułki, które stanowiły 1/4 część jabłka. Próbkę owoców suszono w temperaturze 70°C. Do oznaczenia wapnia próbkę spalano „na mokro” w mieszaninie 3 kwasów: HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_4 a w przypadku boru próbki spalane były na „sucho” w piecu muflowym w temperaturze 480°C w ciągu 7 godzin. Po mineralizacji wapń oznaczono metodą absorpcji atomowej za pomocą spektrofotometru PYE UNICAM SP-8 z dodatkiem lantanu a bor kolorymetrycznie za pomocą kurkuminy na aparacie Fisher Scientific 2.

Wyniki opracowano statystycznie oddzielnie dla trzech badanych lat za pomocą analizy wariancji, a do oceny różnic między średnimi użyto testu t-Duncana, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0.05$. Dane dotyczące zawiązywania owoców, ubytków masy owoców, liczby jabłek z poszczególnymi chorobami fizjologicznymi i grzybowymi przekształcono według funkcji Bliss'a $y = \arcsin \sqrt{x}$. Obliczenia dotyczące pozostałych badanych parametrów prowadzono na wartościach rzeczywistych.

WYNIKI

Zawiązywanie owoców 2 tygodnie po kwitnieniu drzew nie różniło się istotnie pod wpływem nawożenia borem zarówno w 1995 jak i 1996 roku (tab. 2). Nie stwierdzono również wpływu nawożenia borem na zawiązywanie owoców w 1995 roku 4 tygodnie po kwitnieniu (tab. 2). W 1996 roku opryskiwanie borem po kwitnieniu

Tabela 2 – Table 2

Wpływ nawożenia borem na zawiązywanie owoców, plonowanie oraz jakość jabłek odmiany Šampion w momencie ich zbioru
 Effect of boron fertilization of Šampion apple trees on fruit set, yield and apple quality at the harvest time

Kombinacja Treatment	Zawiązywanie owoców 2 tygodnie po kwitnieniu drzew Fruit set at 2 weeks after bloom [%]		Zawiązywanie owoców 2 tygodnie po kwitnieniu drzew Fruit set at 2 weeks after bloom [%]		Zawiązywanie owoców 4 tygodnie po kwitnieniu drzew Fruit set at 4 weeks after bloom [%]		Plon Yield [kg/drzewo]				Średnia masa owocu Mean fruit weight [g]		
	1995	1996	1995	1996	1995	1996	1994	1995	1996 S	1994-1996	1994	1995	1996
Nawożenie dogłębowe borem Soil boron application	25.5a	16.2a	15.0a	10.0a	6.5a	4.8a	16.5a	7.5a	15.6a	39.6a	165.3b	188.3a	173.7a
Opryskiwanie borem przed kwitnieniem drzew Boron sprays before bloom	22.1a	18.3a	14.1a	10.0a	6.5a	5.9a	16.0a	7.3a	15.3a	38.6a	170.0b	184.7a	179.0a
Opryskiwanie borem po kwitnieniu drzew Boron sprays after bloom	22.2a	19.4a	16.9a	15.6b	10.6b	9.5b	19.6b	9.2b	17.5b	46.3b	156.3a	187.0a	175.7a
Kontrola Control	21.9a	17.5a	13.1a	11.0a	6.7a	5.4a	15.3a	7.4a	15.1a	37.8a	172.7b	186.7a	173.0a

Uwaga: Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha=0.05$

Notice: Means marked with the same letters do not significantly differ at $\alpha=0.05$

zwiększyło liczbę zawiązków owocowych 4 tygodnie po kwitnieniu drzew. (tab. 2). Nawożenie doglebowe borem oraz opryskiwanie tym mikroelementem przed kwitnieniem nie miało wpływu na zawiązywanie owoców w tym okresie. W trzecim badanym terminie zawiązywania owoców tzn. 5 tygodni po kwitnieniu zarówno w 1995 jak i 1996 roku opryskiwanie borem po kwitnieniu zwiększyło liczbę owoców na drzewie. (tab. 2).

W pierwszym roku badań tzn. w 1994 jabłonie zaowocowały silnie, co spowodowało przemienność owocowania (tab. 2). Z tego powodu w roku następnym plonowanie było słabe. Niezależnie jednak od tego zjawiska w każdym badanym roku stwierdzono istotnie wyższe plonowanie pod wpływem nawożenia pozakorzeniowego borem, zastosowanego po ich kwitnieniu. Pozostałe kombinacje nawożenia borem tzn. doglebowe oraz pozakorzeniowe zastosowane przed kwitnieniem nie miały wpływu na plonowanie w badanych latach. Również suma plonu za badany okres pod wpływem opryskiwania borem po kwitnieniu była istotnie wyższa w stosunku do pozostałych kombinacji. Zarówno nawożenie doglebowe borem jak i opryskiwanie tym składnikiem przed kwitnieniem nie miało wpływu na sumę plonu za okres trzech lat.

Masa owocu wahała się w zależności od roku od 156 do 188 g (tab. 2). Nawet w 1994 roku, kiedy to jabłonie zaowocowały silnie, masa owocu wahała się od 156 do 165 g. Tylko w jednym roku badań tzn. w 1994 wykazano istotne różnice w masie owocu pod wpływem nawożenia borem. Opryskiwanie borem po kwitnieniu zmniejszyło masę owocu. Pozostałe kombinacje nawożenia borem tzn. opryskiwanie przed kwitnieniem oraz nawożenie doglebowe tym składnikiem nie wpłynęły istotnie na masę owocu.

We wszystkich badanych latach nie stwierdzono wpływu nawożenia doglebowego borem oraz opryskiwania borem przed i po ich kwitnieniu na wartość indeksu Streifa (dane nieopublikowane).

Nie stwierdzono także istotnych różnic pod wpływem nawożenia borem w ubytkach masy owoców podczas ich przechowywania. Ubytki masy owoców w poszczególnych latach były zbliżone do siebie i wahały się od 7.6 do 8.6% (dane nieopublikowane).

Opryskiwanie borem po kwitnieniu w każdym roku badań powodowało wolniejsze zmniejszanie się jędrności owoców podczas ich przechowywania (tab. 3). Pozostałe kombinacje nawożenia borem tzn. nawożenie doglebowe oraz opryskiwanie przed kwitnieniem nie miały wpływu na szybkość mięknięcia owoców. W okresie przechowywania owoców wystąpiły dwie choroby fizjologiczne: gorzka plamistość podskórna i rozpad wewnętrzny. We wszystkich badanych latach jedynie opryskiwanie borem po kwitnieniu zmniejszyło podatność jabłek na gorzką plamistość podskórna (tab. 3).

W dwóch pierwszych latach badań tzn. w 1994 i 1995 opryskiwanie borem po kwitnieniu prowadziło do zmniejszenia wrażliwości owoców na rozpad wewnętrzny (tab. 3). Zarówno nawożenie doglebowe borem jak i opryskiwanie tym składnikiem przed kwitnieniem nie wpłynęło istotnie na wrażliwość jabłek na rozpad wewnętrzny. W trzecim roku badań tzn. w 1996 nawożenie borem nie miało wpływu na podatność owoców na rozpad wewnętrzny.

Tabela 3 – Table 3

Wpływ nawożenia borem na jakość przechowalniczą jabłek odmiany Šampion
Effect of boron fertilization of Šampion apple trees on fruit storage ability

Kombinacja Treatment	Jędrność Firmness [kg/cm ²]			Procent owoców z gorzka plamistością podskórną Percentage of apples with bitter pit			Procent owoców z rozpadem wewnętrznym Percentage of apples with internal breakdown			Procent owoców z gorzką zgnilizną Percentage of apples with <i>Gloeosporium</i> -rot		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Nawożenie doglebowe borem Soil boron application	4.5a	4.2a	4.5a	13.2b	16.3b	10.8b	6.1b	6.3b	5.7a	1.0a	3.9b	5.0b
Opryskiwanie borem przed kwitnieniem drzew Boron sprays before bloom	4.5a	4.2a	4.4a	10.0b	17.3b	10.5b	6.5b	7.0b	5.7a	1.1a	3.8b	4.8b
Opryskiwanie borem po kwitnieniu drzew Boron sprays after bloom	5.1b	4.6b	5.0b	6.5a	6.8a	5.0a	2.4a	3.0a	4.6a	1.1a	1.9a	2.5a
Kontrola Control	4.7a	4.1a	4.5a	10.6b	16.9b	8.8b	5.8b	7.2b	5.8a	1.1a	4.7b	4.6b

Explanation: see Table2

W czasie przechowywania owoców wystąpiły następujące choroby grzybowe: gorzka, mokra i brunatna zgnilizna oraz szara pleśń. W pierwszym roku badań tzn. w 1994 nawożenie borem nie wpłynęło istotnie na liczbę owoców z objawami gorzkiej zgnilizny (tab. 3). W 1995 i 1996 roku nawożenie pozakorzeniowe borem wykonane po kwitnieniu zwiększało odporność owoców na infekcje zarodników *Gloeosporium* spp. Nawożenia doglebowe borem jak i opryskiwanie tym składnikiem przed kwitnieniem nie miało wpływu na podatność jabłek na gorzką zgniliznę.

Liczba owoców z objawami mokrej i brunatnej zgnilizny oraz szarej pleśni nie różniła się istotnie między kombinacjami w badanych latach (dane niepublikowane).

Nawożenie borem miało istotny wpływ na zawartość boru w owocach (tab. 4). W 1994 roku najwyższą koncentrację boru w jabłkach zanotowano w przypadku opryskiwania borem po kwitnieniu. Mniejszą zawartość boru w owocach niż w wyżej wymienionej kombinacji lecz istotnie wyższą w porównaniu do owoców kontrolnych stwierdzono, gdy opryskiwano borem przed kwitnieniem. W pierwszym roku badań nawożenie doglebowe borem nie zwiększyło zawartości boru w owocach. W 1995 i 1996 roku wpływ nawożenia borem na zawartość tego mikroelementa w owocach był podobny. Doglebowe nawożenie borem oraz opryskiwanie borem po kwitnieniu powodowało podobny wzrost zawartości boru w owocach. Niższą zawartość boru w owocach lecz istotnie wyższą w stosunku do kombinacji kontrolnej stwierdzono w przypadku opryskiwania borem przed kwitnieniem.

Tabela 4 – Table 4

Wpływ nawożenia borem na koncentrację boru i wapnia w jabłkach odmiany Šampion
Effect of boron fertilization of Šampion apple tress on born and calcium concentration in fruit.

Kombinacja Treatmenta	Zawartość boru w owocach Fruit boron content [mg B kg ⁻¹ s.m.] [m B kg ⁻¹ d.m.]			Zawartość wapnia w owocach Fruit calcium content [mg Ca kg ⁻¹ s.m.] [mg Ca kg ⁻¹ d.m.]		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Nawożenie doglebowe borem Soil boron application	17.5a	29.7c	29.4c	110.7a	85.7a	106.3a
Opryskiwanie borem przed kwitnieniem drzew Boron sprays before bloom	23.7b	21.7b	24.3b	108.0a	86.3a	105.0a
Opryskiwanie borem po kwitnieniu drzew Boron sprays after bloom	32.3c	31.5c	30.9c	131.3b	101.7b	127.0b
Kontrola Control	18.1a	15.2a	15.3a	108.3a	83.3a	109.0a

Explanation: see Table2

Nawożenie borem wywierało podobny wpływ na zawartość wapnia w jabłkach we wszystkich badanych latach (tab. 4). Opryskiwanie borem po kwitnieniu zwiększyło istotnie zawartość wapnia w owocach. Nawożenie doglebowe borem oraz opryskiwanie borem przed kwitnieniem nie miało natomiast wpływu na zawartość wapnia w jabłkach.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wykazały, że zawiązywanie owoców pod wpływem nawożenia borem zależało od sposobu i terminu stosowania tego zabiegu. Jedynie opryskiwanie borem po kwitnieniu powodowało wzrost zawiązywania owoców. Wpływ opryskiwania borem po kwitnieniu na zawiązywanie owoców wydaje się mieć charakter specyficzny, gdyż opryskiwanie borem przed kwitnieniem oraz nawożenie tym składnikiem doglebowo nie zwiększyło liczby zawiązanych owoców, mimo wzrostu zawartości boru w owocach. Specyficzny wpływ opryskiwania borem stosowanego bezpośrednio po kwitnieniu na zawiązywanie owoców może być związany z dostarczeniem względnie dużej ilości boru zawiązkom owocowym we wczesnych fazach ich rozwoju. Według Van Goora i Lune (1980) największe zapotrzebowanie jabłek na bor ma miejsce w pierwszych 6-7 tygodniach po kwitnieniu drzew, w którym to czasie występują intensywne podziały komórkowe. Autorzy ci uważają, że niedobór tego mikroelementu w okresie intensywnych podziałów komórkowych może prowadzić do ograniczonego zawiązywania owoców. Wydaje się, że w przeprowadzonych warunkach doświadczenia pobieranie boru przez korzenie roślin oraz transport tego składnika w roślinie nie były dostatecznie efektywne w zwiększaniu zawartości boru w zawiązkach owocowych we wczesnych fazach ich rozwoju. W przypadku opryskiwania jabłoni borem przed ich kwitnieniem absorpcja tego składnika przez liście rozetkowe oraz przemieszczanie się jego w roślinie we wczesnych fazach ich rozwoju wydaje się być procesem mało efektywnym. Być może wynika to z ograniczonego przemieszczania się tego składnika w ksylemie z liści rozetkowych do zawiązków owocowych we wczesnych okresach ich wzrostu.

Wpływ nawożenia borem na plonowanie jabłoni uzależniony był od sposobu i terminu stosowania tego zabiegu. Jedynie nawożenie pozakorzeniowe borem zastosowane po kwitnieniu wpływało na plonowanie. Wyższe plonowanie jabłoni opryskiwanych borem bezpośrednio po ich kwitnieniu związane było prawdopodobnie ze wzrostem zawiązywania zawiązków pod wpływem tego zabiegu. Również badania Kilany i Kilany (1991) wykazały, że opryskiwanie jabłoni borem zastosowane bezpośrednio po ich kwitnieniu zwiększało plonowanie. Nawożenie doglebowe borem w doświadczeniu tych autorów nie miało wpływu na owocowanie drzew, co jest zgodne z uzyskanymi wynikami. Wyniki naszego doświadczenia są zgodne z doniesieniem Khalila i Thompsona (1960) mówiące o wyższej efektywności opryskiwania jabłoni borem po ich kwitnieniu na plonowanie niż stosowanie tego zabiegu przed kwitnieniem.

Obecnie coraz większe uznanie w określaniu dojrzałości jablek w momencie ich zbioru zyskują tzw. indeksy zbiorcze. Jednym z nich jest indeks Streifa, który łączy w sobie trzy kryteria dojrzałości owoców a mianowicie: jędrność, refrakcję oraz indeks skrobiowy. Mimo, że opryskiwanie borem zastosowane po kwitnieniu powodowało wzrost zawartości wapnia w jabłkach, to jednak owoce te w momencie ich zbioru nie były mniej dojrzałe. Wydaje się, że wzrost zawartości wapnia w owocach pod wpływem tego zabiegu nie był wystarczająco duży, aby powodować opóźnienie dojrzewania owoców na drzewie. Uzyskane wyniki zgodne są z poglądem Yu e n a (1993) który twierdzi, że nie zawsze wzrost zawartości wapnia w owocach prowadzi do opóźnienia ich dojrzewania. Według tego autora zawartość wapnia w owocach nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na szybkość ich dojrzewania. W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono, żeby wzrost koncentracji boru w jabłkach pod wpływem nawożenia doglebowego tym mikroelementem oraz opryskiwania borem przed kwitnieniem wpływał na szybkość dojrzewania owoców. Wskazuje to, że pod wpływem tych zabiegów koncentracja boru w jabłkach odmiany Šampion, mieszcząca się w granicach 17,5-29,4 mg B kg⁻¹ s.m. nie prowadzi do szybszego dojrzewania owoców na drzewie. Według P e r r i n g a i S a m u e l s o n a (1988) dopiero zawartość boru w jabłkach powyżej 50 mg B kg⁻¹ s.m. powoduje u większości odmian szybsze ich dojrzewanie na drzewie.

Opryskiwanie borem po kwitnieniu powodowało wzrost zawartości wapnia w owocach średnio za 3 lata o 20% w stosunku do kontroli. Uzyskanie wzrostu zawartości wapnia w owocach pod wpływem opryskiwania borem po kwitnieniu związane jest prawdopodobnie ze wzrostem plonowania pod wpływem tego zabiegu. Potwierdzeniem tego zjawiska mogą być wyniki badań F e r g u s o n a i W a t k i n s a (1992) wskazujące, że owoce z drzew o wysokim plonowaniu, niezależnie od ich wielkości, zawierały znacznie wyższą zawartość wapnia w porównaniu do jablek pochodzących z drzew o słabym owocowaniu. Według tych autorów plonowanie jabłoni jest jednym z najważniejszych czynników mających wpływ na koncentrację wapnia w owocach. Nie potwierdziły się natomiast wyniki badań W o o d b r i d g a i i n. (1973) wskazujące, że nawożenie dokorzeniowe borem zwiększa pobieranie wapnia przez korzenie roślin. Być może jak to sugeruje F a u s t i S h e a r (1968) zwiększenie pobierania jonów wapnia przez rośliny pod wpływem nawożenia doglebowego borem występuje w glebie zasobnej w przyswajalny wapń. W przeprowadzonym doświadczeniu kwaśny odczyn gleby wskazuje pośrednio, że zawartość jonów wapnia w roztworze glebowym wierzchniej warstwie gleby nie była zbyt wysoka.

Jędrność owoców jest powszechnie używanym kryterium szybkości ich mięknięcia. Natomiast mięknięcie jablek zależy głównie od szybkości ich dojrzewania (P o o v a i a h i i n., 1988). W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że wpływ nawożenia borem na jędrność jablek po okresie ich przechowywania zależał od sposobu i terminu stosowania tego zabiegu. Jedynie nawożenie pozakorzeniowe borem wykonane po kwitnieniu hamowało mięknięcie jablek w okresie ich przechowywa-

nia. Mimo, że opryskiwanie borem po kwitnieniu nie miało wpływu na stopień dojrzałości owoców w momencie ich zbioru to w czasie ich przechowywania owoce z tej kombinacji wyraźnie wolniej dojrzewały niż jabłka z drzew kontrolnych. Wpływ tego zabiegu na ograniczenie mięknięcia owoców w czasie ich przechowywania prawdopodobnie związany był ze wzrostem zawartości wapnia w jabłkach. Według P o v a - i a h i in. (1988) owoce o wysokiej zawartości wapnia wolniej ulegają mięknięciu, gdyż odznaczają się one spowolnionym metabolizmem.

Gorzka plamistość podskórna jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych chorób fizjologicznych jabłek. Inną chorobą fizjologiczną jabłek powszechnie występującą w okresie przechowywania jest rozpad wewnętrzny. Ograniczenie występowania obu tych chorób fizjologicznych w okresie przechowywania owoców pod wpływem opryskiwania borem po kwitnieniu wynika prawdopodobnie ze wzrostu zawartości wapnia w owocach pod wpływem tych zabiegów. O ujemnej korelacji między zawartością wapnia w owocach a ich wrażliwością na gorzką plamistość podskórna i rozpad wewnętrzny donosi m.in. M a r c e l l e (1995). Brak ograniczenia liczby owoców z objawami gorzkiej plamistości podskórnej pod wpływem nawożenia borem dogłębowo oraz opryskiwania tym składnikiem przed kwitnieniem świadczy, że zawartość boru w owocach nie jest bezpośrednią przyczyną powstawania gorzkiej plamistości podskórnej. Tego samego zdania jest F a u s t i S h e a r (1968).

Ograniczenie liczby owoców z objawami gorzkiej zgnilizny pod wpływem opryskiwania borem zastosowanego po kwitnieniu prawdopodobnie spowodowane było wzrostem zawartości wapnia w owocach. Jakkolwiek jony wapnia w owocach bezpośrednio nie ograniczają infekcji owoców przez *Gloeosporium* spp. ale działają one pośrednio poprzez wpływ na szybkość dojrzewania jabłek. C o n w a y i in. (1992) twierdzą, że owoce o wysokiej zawartości wapnia dojrzewają wolno i z tego powodu mogą być one mało wrażliwe na gorzką zgniliznę.

Uzyskany w doświadczeniu brak wpływu nawożenia borem na występowanie mokrej i brunatnej zgnilizny oraz szarej pleśni na jabłkach można wytłumaczyć względnie niską koncentracją wapnia w owocach. Według C o n w a y a i in. (1992) koncentracja wapnia w jabłkach powyżej 700 mg Ca kg⁻¹ suchej masy jest wstanie istotnie ograniczyć występowanie mokrej zgnilizny. Być może podana wyżej koncentracja wapnia jest skuteczna także w ograniczaniu występowania brunatnej zgnilizny oraz szarej pleśni. Wydaje się zatem, że opryskiwanie borem po kwitnieniu nie jest wstanie zwiększyć zawartość wapnia w owocach powyżej 700 mg Ca kg⁻¹ suchej masy. Z tego względu opryskiwanie jabłoni borem po ich kwitnieniu nie może być skutecznym zabiegiem w ograniczaniu występowania mokrej i brunatnej zgnilizny oraz szarej pleśni.

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia borem jabłoni na plonowanie i jakość owoców uzależniony jest od sposobu i terminu stosowania tego zabiegu.

2. Opryskiwanie jabłoni borem po ich kwitnieniu zwiększa zawiązywanie owoców, plonowanie i zawartość wapnia w owocach, ogranicza natomiast mięknięcie owoców podczas ich przechowywania oraz występowanie gorzkiej plamistości podskórnej, rozpadu wewnętrznego i gorzkiej zgnilizny.

3. Zawartość boru w jabłkach w momencie ich dojrzałości zbiorczej nie jest dostatecznie dobrym kryterium w ocenie odżywiania się jabłoni tym mikroelementem warunkującego wysokie plonowanie roślin.

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia borem na plonowanie jabłoni oraz jakość owoców. Doświadczenie przeprowadzono w okresie 1994-1995 w Sadzie Doświadczalnym Dąbrowice należącego do Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach. Obiektem doświadczalnym była odmiana Szampion okulizowana na podkładce M26. Drzewa posadzono jesienią 1991 roku w rozstawie 4 x 2,5 m, na glebie o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego w warstwie 0-20 cm. Przed założeniem doświadczenia jak i w trakcie jego prowadzenia drzewa nie wykazywały widocznych objawów niedoboru boru. W doświadczeniu stosowano nawożenie doglebowe borem w dawce 2g B na drzewo oraz trzykrotne opryskiwanie borem przed lub po kwitnieniu drzew, w dawce 0,67 g B na drzewo. Drzewa nie nawożone borem stanowiły kontrolę.

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wykazały, że jedynie opryskiwanie borem zastosowane po kwitnieniu drzew zwiększyło liczbę zawiązanych owoców oraz plonowanie jabłoni. Żadna z kombinacji nawożenia borem nie miała wpływu na dojrzałość jabłek w momencie ich zbioru, straty masy owoców podczas ich przechowywania, liczbę owoców z objawami mokrej i brunatnej zgnilizny oraz szarej pleśni. Opryskiwanie jabłoni borem po ich kwitnieniu zwiększyło jędrność jabłek po ich przechowywaniu oraz odporność na gorzką plamistość podskórną, rozpad wewnętrzny oraz gorzką zgniliznę. Wszystkie kombinacje nawożenia borem zwiększały koncentrację boru w jabłkach w porównaniu do kontroli. Jednakże największy wzrost koncentracji boru w owocach zanotowano gdy jabłonie opryskiwane były borem po ich kwitnieniu oraz przy nawożeniu doglebowym tym składnikiem. Jedynie nawożenie pozakorzeniowe borem zastosowane po kwitnieniu drzew zwiększyło koncentrację wapnia w owocach.

LITERATURA

- B o w s z y s T. 1996. Reakcja rzepaku ozimego 00 na dolistne nawożenie borem. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 434: 71-77.
- B r a m l a g e W. J., T h o m p s o n A. H. 1963. Effect of repeated boron sprays on maturity and storage life of Jonathan apples and on carbohydrate changes and enzyme activity in the fruits. Univ. Maryland Agric. Exp. Stn. Bull. A-129, Collage Park. MD: 97-101.
- B r a m l a g e W. J., W e i s S. A. 1991. A re-examination of the boron recommendations for apple trees in Massachusetts. Fruit Notes. 56: 10-12.
- C o n w a y W. S., S a m s C. E., M c G u i v e, K e l m a n A. 1992. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. Plant Dis. 76: 329-334.
- F a u s t M., S h e a r C. B. 1968. Corking disorders of apples. A physiological and biochemical review. The Botanical Reviews. 34(4):441-469
- F e r g u s o n I. B., W a t k i n s C. B. 1992. Crop load affects mineral concentration and incidence of bitterpit in Cox's Orange Pippin apple fruit. J. of the American Society for Horticultural Science. 117(3): 373-376.
- H a n s o n E. J. 1991. Boron requirements and mobility in tree fruit species. Current Topics Plant Biochem. Physiol. 10: 240-246.
- K h a l i l T. S., T h o m p s o n A. H. 1960. Seasonal content of boron of Stayman apple trees as influenced by boron sprays. Amer. Soc. for Hort. Sci. 77: 35-42.

- Kilany A. E., Kilany O. A., 1991. Effect of potassium and boron nutrients on growth, yield and fruit quality of Anna apple trees. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo. Vol. 42, 2: 415-428.
- Kłossowski W., Szot A., Trębski L., 1978. Poziom odżywienia jabłoni borem w regionie grójeckim. Roczniki Gleboznawcze. T. XXIX, 3:149-157.
- Marcelle R. D., 1995. Mineral nutrition and fruit quality. Acta Horticulturae. 383: 219-226.
- Marlow G. C., Loescher W. H., 1984. Watercore. Hort. Rev. 6: 189-251.
- Nyomora A. M. S., Brown P. H., 1997. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 405-410.
- Perring M. A., Samuelson T. J., 1988. Boron in the apple fruit. Proceedings 3rd Colloquium International Society Advancement Micronutrients in Agriculture, Brussels. Holandia:112-123.
- Poovaliah B. W., Glenn G. M., Reddy A. S. N., 1988. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. Horticultural Review. 10: 107-152.
- Shear C. B., Faust M., 1980. Nutritional ranges in deciduous trees fruit and nuts. Horticultural Reviews. 2: 142-163.
- Shelp B. J., 1993. Physiology and biochemistry of boron in plants: 53-85. W: Gupta C.(ed). Boron and its role in crop production.CRC Press. Boca Raton. Fla.
- Stanley R. G., Lichtenberg E. A., 1963. The effect of various boron compounds on *in vitro* germination of pollen. Physiol. Plant.16: 337-346.
- Stojanowska J., 1983. Effect of fertilization of apple trees with microelements in the soil, leaves and fruit. Fruit Science Reports. Vol. 10, 3: 91-98
- Świetlik D., Faust M., 1984. Foliar nutrition of fruit crop. Horticultural Reviews. 6: 287-350.
- Woodbridge C. G., Wieneke J., Führ F., 1973. The interaction between calcium and boron in apple seedling. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 177-188.
- Wójcik P., Kowalczyk W., 1997. Effect of boron fertilisation on growth, yield, fruit quality and mineral composition of plum leaves: 86. W: Ecological aspects of nutrition and alternatives for herbicides in horticulture. Warszawa.
- Van Goor B. J., Lune P., 1980. Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium and calcium in apple-trees determined by an indirect method. Physiol. Plantarum. 48: 21-26.
- Yogarathnam N., Greenham D. W., 1982. The application of foliar sprays containing nitrogen, magnesium, zinc and boron to apple trees.I. Effects on fruit set and cropping. J. Hort. Sci. 57: 151-158.
- Yuen Ch. M. C., 1993. Calcium and storage potential. Postharvest Handling of Tropical Fruits. Chiang Mai. Tajlandia: 218-227.