

Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: dariusz.wach@up.lublin.pl

DARIUSZ WACH

**Wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1
na plonowanie i zawartość wybranych makroskładników
w liściach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.)
odmiany ‘Bluecrop’**

Effect of foliar nutrition with Busz-1 fertilizer on the yield and the content
of selected macronutrient in the leaves of highbush blueberry
(*Vaccinium corymbosum* L.) ‘Bluecrop’

Streszczenie. W latach 2004–2006 przeprowadzono badania nad wpływem dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na plonowanie i zawartość wybranych makroskładników w liściach borówki wysokiej. Doświadczenie przeprowadzono na plantacji towarowej, na 11-letnich krzewach odmiany ‘Bluecrop’, które rosły w rozstawie 2 × 1 m. Dokarmianie pozakorzeniowe nawozem Busz-1 w stężeniu 0,4 i 0,8% wpłynęło istotnie dodatnio na plonowanie borówki wysokiej, ale stosowanie tego nawozu w stężeniu 0,8% istotnie zmniejszało masę 100 owoców. Najlepiej plonowały rośliny opryskiwane 3-krotnie roztworem nawozu o stężeniu 0,8% co 3 tygodnie. Dokarmianie pozakorzeniowe nawozem Busz-1 miało zróżnicowany wpływ na zawartość składników mineralnych w liściach borówki wysokiej. Niezależnie od roku badań pod wpływem dokarmiania istotnie wzrastała zawartość N i P, zmniejszała się natomiast koncentracja K i Ca w liściach borówki wysokiej.

Słowa kluczowe: *Vaccinium corymbosum*, borówka wysoka, dokarmianie pozakorzeniowe, Busz-1, makroskładniki

WSTĘP

Podstawowym sposobem dostarczania roślinom składników pokarmowych jest nawożenie doglebowe. Niedostateczna zawartość składników pokarmowych w środowisku glebowym prowadzi do zmniejszenia plonów i pogorszenia ich jakości [Michałojć i Szewczuk 2003]. Nawet w przypadku zasobnej gleby jej niewłaściwy odczyn, antago-

nizm jonów, jak również niesprzyjająca pogoda uniemożliwiają pobranie przez korzenie potrzebnej roślinom uprawnym ilości składników pokarmowych [Czuba 1993]. Wówczas dokarmianie pozakorzeniowe okazuje się prostym, szybkim i skutecznym sposobem dostarczenia roślinom składników mineralnych [Wójcik 2004]. Technologia ta jest powszechnie stosowana w rolnictwie i ogrodnictwie [Nurzyński 1996, Kosterna i in. 2009]. W uprawach sadowniczych najczęściej wykorzystywanym składnikiem pokarmowym do dokarmiania pozakorzeniowego oraz ułatwiania przenikania innych substancji i składników pokarmowych nanoszonych na liście i owoce jest azot w postaci mocznika. Oprócz azotu zalecane jest dokarmianie roślin borem, magnezem, wapniem oraz mikroskładnikami takimi jak żelazo, mangan, cynk i miedź [Michałojć 2008]. Warunki atmosferyczne będące czynnikami środowiskowymi odgrywają dużą rolę w procesie absorpcji składników mineralnych przez komórki epidermy liścia [Wójcik 1998]. W ostatnich dziesięciu latach prowadzono badania nad dokarmianiem pozakorzeniowym kilku gatunków borówek [Hanson 2000, Szwonek 2003, Hahnfeld i in. 2004, Wójcik 2005, Stuckrath i in. 2008, Smagula i Kreider 2009, Wach i Błażewicz-Woźniak 2012].

Borówka wysoka ma specyficzne wymagania glebowe. Najlepiej udaje się na glebach lekkich, próchnicznych, kwaśnych i ciepłych [Smolarz 2009]. Na glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych, które są najodpowiedniejsze dla borówki wysokiej, fosfor ulega uwstecznieniu. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Wachę [1998, 2013] stwierdzono niską (<0,08% P w s.m.) zawartość fosforu w liściach borówki wysokiej pomimo wysokiej zawartości tego składnika w glebie. Zatem drogą do uzupełnienia tego pierwiastka w częściach wskaźnikowych może być dokarmianie pozakorzeniowe.

Celem badań było określenie wpływu dokarmiania pozakorzeniowego nawozem dolistnym o dużej zawartości fosforu na zawartość tego składnika w liściach oraz na plonowanie borówki wysokiej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2006 przeprowadzono badania nad wpływem dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na plonowanie i zawartość wybranych makroskładników w liściach borówki wysokiej. Doświadczenie przeprowadzono na plantacji towarowej w Niemcach (N 51°20'; E 22°37'), na 11-letnich krzewach odmiany 'Bluecrop', które rosły w rozstawie 2 × 1 m. Gleba bielicoziemna składała się z granulometrycznego piasku słabogliniastego do głębokości 50 cm i z piasku luźnego poniżej 50 cm, zaliczała się do klasy bonitacyjnej IVa i kompleksu żynnego dobrego. Zawierała 1,1% próchnicy. Powierzchnia gleby w rzędach roślin została wyściółkowana trocinami, zaś międzyrzędzia zadarniono. Plantacja była nawadniana. Corocznie na całej plantacji (w doświadczeniu) stosowano nawożenie mineralne ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$): 60 kg N, 50 kg K_2O , 10 kg MgO (w formie siarczanów). Nie stosowano nawożenia fosforowego z uwagi na wysoką zawartość fosforu w glebie.

Nawóz dolistny Busz-1 o składzie: 6,5% N, 24% P_2O_5 oraz 7% K_2O [Certyfikat nr 6032/95] zastosowano w 4 stężeniach: 1 – kontrola (opryskiwanie samą wodą destylowaną) – 0%; 2 – 0,4%; 3 – 0,8%; 4 – 1,2%, w 3 częstotliwościach: 1 – co tydzień (7-krotnie); 2 – co 2 tygodnie (4-krotnie); 3 – co 3 tygodnie (3-krotnie). W każdym roku badań traktowano rośliny identycznie wg powyższego schematu. Opryskiwanie wykony-

wano w późnych godzinach popołudniowych, zużywając po 5 litrów cieczy roboczej dla każdej kombinacji, do całkowitego zwilżenia roślin. Pierwszy zabieg wykonywano na początku 3 dekady maja, ostatni na początku lipca, przynajmniej na 7–10 dni przed pierwszym zbiorem jagód. Każdą kombinację stanowiło 20 krzewów po 5 roślin w 4 powtórzeniach. Na poletku znajdowało się 5 krzewów.

W badaniach oznaczano plon i masę 100 jagód, oddzielnie dla każdego zbioru. Próbkę gleby pobrano na początku sierpnia z rzędów roślin, z głębokości 0–20 cm. Na próbę mieszaną składało się 48 próbek pobranych łaską Egnera-Riehma. W glebie oznaczono zawartość fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma, magnezu – metodą Schachtschabela, zaś pH gleby oznaczano w 1-molowym roztworze KCl.

W pierwszej dekadzie sierpnia pobierano próbki liści (3–5 liść od wierzchołka silnego przyrostu) do analizy na zawartość składników pokarmowych. Próbka mieszaną składała się ze 100 liści. Próbki liści do analizy przygotowano zgodnie z metodyką podaną przez Ostrowską i in. [1991]. W próbkach liści oznaczono azot ogółem metodą Kjeldahla, fosfor – kolorymetrycznie z zastosowaniem wanado-molibdenianu amonu (Thermo Evolution 300), potas, magnez i wapń metodą ASA (Perkin-Elmer AAnalyst 300).

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą przedziałów ufności Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Przebieg warunków atmosferycznych podczas prowadzenia doświadczenia przedstawia tabela 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza w czasie wegetacji na ogół sprzyjały wzrostowi borówki wysokiej. Jedynie w maju i czerwcu 2004 oraz w czerwcu i sierpniu 2005 roku zanotowano niższe od średniej wieloletnie temperatury powietrza. Najniższą temperaturę w czasie prowadzenia badań odnotowano w styczniu 2006 roku, kiedy średnia miesięczna temperatura powietrza wyniosła $-6,9^{\circ}\text{C}$, co spowodowało uszkodzenia mrozowe pędów i pąków kwiatowych, a w efekcie pogorszyło plonowanie. Pierwszy rok badań (2004) charakteryzował się najniższą sumą opadów atmosferycznych, natomiast w dwóch kolejnych latach badań roczne sumy opadów były większe od średniej sumy wieloletniej. Większe niż średnia wieloletnia miesięczne sumy opadów odnotowano w maju, lipcu i sierpniu 2005 roku oraz w marcu i zwłaszcza w sierpniu 2006 roku.

Analiza chemiczna wykazała bardzo kwaśny odczyn gleby, której pH_{KCl} wynosiło od 3,55 do 3,62 (tab. 2). Gleba w czasie badań charakteryzowała się wysoką zasobnością w fosfor, średnią w magnez oraz niską w potas. Jedynie w ostatnim roku badań (2006) gleba zawierała dostateczne ilości potasu ($5,5 \text{ mg K} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby).

Wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na plonowanie borówki wysokiej w latach 2004–2006 przedstawia tabela 3. Niezależnie od czynników doświadczenia największy wpływ na plonowanie borówki wysokiej w latach 2004–2006 wywarł przebieg warunków pogodowych. Temperatura powietrza w styczniu 2006 roku była przyczyną uszkodzenia pędów i pąków kwiatowych. Spowodowało to uzyskanie najmniejszych plonów borówki wysokiej ($1,24 \text{ kg} \cdot \text{krzew}^{-1}$), podczas gdy w poprzednich latach plony wynosiły – odpowiednio w 2004 i 2005 roku: $3,01$ i $2,84 \text{ kg} \cdot \text{krzew}^{-1}$. W każdym roku badań dokarmianie pozakorzeniowe istotnie zwiększyło plon borówki w porównaniu z kontrolą.

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza i miesięczne sumy opadów w Felinie w latach 2004–2006

Table 1. The air temperatures and amount of precipitation in Felin in years 2004–2006

Warunki atmosferyczne Atmospheric conditions	Rok Year	Miesiąc/ Month												Średnia Mean
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Średnia miesięczna temperatura (°C) Mean monthly temperature	2004	-5,6	-1,0	2,8	7,9	11,9	15,8	18,1	18,3	12,8	9,8	3,1	1,5	8,0
	2005	0,0	-3,9	-0,1	9,1	13,2	16,0	19,8	16,9	14,9	8,8	2,7	-0,8	8,1
	2006	-6,9	-3,6	0,4	10,3	15,0	18,5	23,5	19,1	16,8	11,8	6,6	4,3	9,8
	Średnia dla 1951–2000 Mean for 1951–2000	-3,6	-2,8	1,0	7,5	13,0	16,5	17,9	17,3	12,9	7,9	2,5	-1,4	7,4
Miesięczna suma opadów (mm) Amount of precipitation	2004	32,7	52,5	33,9	38,1	38,0	49,9	90,5	48,5	14,2	19,1	58,2	17,1	492,7
	2005	41,6	25,0	48,0	18,6	98,0	55,9	109,8	108,7	18,0	8,6	21,1	54,5	608,4
	2006	20,8	30,2	60,5	67,9	72,6	43,3	16,3	190,5	12,3	25,8	56,6	22,5	620,1
	Średnia dla 1951–2000 Mean for 1951–2000	21,7	24,8	25,8	40,6	58,3	65,8	78,0	69,7	52,1	40,3	39,1	31,5	547,7

Istotnie najlepszy efekt dokarmiania pozakorzeniowego w porównaniu z kontrolą stwierdzono w przypadku użycia nawozu w stężeniu 0,8% ($2,79 \text{ kg} \cdot \text{krzew}^{-1}$) oraz po opryskaniu 0,4% roztworem nawozu ($2,60 \text{ kg} \cdot \text{krzew}^{-1}$), zaś w przypadku najwyższego stężenia (1,2%) efekt był dodatni, lecz nieistotny statystycznie. Częstotliwość opryskiwania nie miała istotnego wpływu na plonowanie, lecz w każdym przypadku powodowała jego zwiększenie w porównaniu z obiektem kontrolnym, a najwyższy plon wydały krzewy dokarmiane co 3 tygodnie ($2,46 \text{ kg} \cdot \text{krzew}^{-1}$).

Tabela 2. Odczyn gleby (pH_{KCl}) i zawartość P, K i Mg w warstwie gleby 0–20 cm w latach 2004–2006

Table 2. Soil reaction (pH_{KCl}) and content of P, K and Mg in the layer of the soil of 0–20 cm in years 2004–2006

Rok Year	Odczyn gleby Soil reaction	Składnik ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ gleby) Nutrient ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ soil)		
		P	K	Mg
	pH_{KCl}			
2004	3,56	9,1	4,4	2,7
2005	3,62	7,6	3,9	2,7
2006	3,55	7,3	5,5	3,1
Średnio /Mean	3,58	8,0	4,6	2,8

Niezależnie od czynników doświadczenia i lat badań masa 100 owoców wynosiła średnio 195 g (tab. 3). Analizy statystyczne wyników pomiarów masy 100 jagód wykazały negatywny wpływ 0,8% stężenia zastosowanego nawozu dolistnego na badaną cechę. Istotnie najmniejszą masą 100 owoców charakteryzowały się jagody pochodzące z roślin opryskiwanych nawozem Busz-1 w stężeniu 0,8% (183,0 g).

Wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem dolistnym Busz-1 na zawartość azotu, fosforu i potasu w liściach borówki wysokiej przedstawia tabela 4. Analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ dokarmiania pozakorzeniowego, częstotliwości oprysku, stężenia nawozu i lat badań na zawartość azotu w liściach borówki wysokiej. Pod wpływem dokarmiania nawozem Busz-1 wzrosła zawartość azotu w latach 2004–2005. Największą zawartością azotu charakteryzowały się liście roślin opryskiwanych w odstępach tygodniowych (1,89% N w s.m.) oraz gdy stosowano 0,8% stężenie nawozu Busz-1 (1,92% N w s.m.).

Średnia zawartość fosforu wynosiła 0,10% s.m. (tab. 4). Niezależnie od lat badań analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na zawartość fosforu w liściach borówki. Udowodniono również istotne różnice pomiędzy latami badań. Największą zawartością fosforu (0,14% s.m.) charakteryzowały się liście w pierwszym roku badań z najmniejszą sumą opadów.

Zawartość potasu w liściach borówki wysokiej wykazywała istotne zróżnicowanie w czasie prowadzenia badań i wynosiła od 0,27 do 0,54% s.m. (tab. 4). Dokarmianie pozakorzeniowe miało istotnie ujemny wpływ na zawartość potasu w liściach borówki, która zmniejszała się wraz ze wzrostem stężenia nawozu. Najmniej potasu zawierały liście krzewów opryskiwanych co dwa tygodnie (0,39% s.m.).

Zawartość magnezu i wapnia w liściach borówki przedstawia tabela 5. Niezależnie od lat badań dokarmianie pozakorzeniowe nie miało wpływu na zawartość magnezu w liściach borówki wysokiej. Istotne różnice stwierdzono jedynie pomiędzy latami badań. Zaobserwowano pozytywny efekt dokarmiania pozakorzeniowego na zawartość magnezu w liściach w latach 2004–2005, natomiast negatywny w roku 2006.

Tabela 3. Wpływ dokarmiania dolistnego nawozem Busz-1 na plon i masę 100 owoców borówki wysokiej w latach 2004–2006
 Table 3. Effect of foliar nutrition by Busz-1 fertilizer on yield and weight of 100 fruits of highbush blueberry in years 2004–2006

Kombinacja/ Treatment		Plon (kg · krzew ⁻¹)/ Yield (kg · bush ⁻¹)				Masa 100 owoców (g)/ Weight of 100 fruits			
Częstotliwość opryskiwania Frequency of spraying	Stężenie (%) Concentration	2004	2005	2006	średnia mean	2004	2005	2006	średnia mean
Co tydzień Every week	0	2,28	1,95	0,81	1,71	187,5	219,0	205,0	203,8
	0,4	3,17	2,53	1,45	2,38	205,5	210,3	201,3	205,7
	0,8	3,27	3,27	1,83	2,79	182,0	181,0	187,3	183,4
	1,2	3,09	3,08	1,23	2,47	205,3	212,3	203,0	206,8
	średnia/ mean	2,98	2,71	1,33	2,34	195,1	205,6	199,2	200,0
Co 2 tygodnie Every 2 weeks	0	2,54	1,99	0,79	1,79	190,5	216,9	206,8	204,7
	0,4	3,03	3,30	1,28	2,54	200,5	189,3	184,8	191,5
	0,8	3,22	3,47	0,96	2,55	199,5	176,8	178,8	185,0
	1,2	3,08	2,99	0,89	2,32	202,3	171,3	177,0	183,5
	średnia/ mean	2,97	2,95	0,98	2,30	198,2	188,6	186,8	191,2
Co 3 tygodnie Every 3 weeks	0	2,52	1,98	0,86	1,79	186,0	217,4	205,6	203,0
	0,4	3,02	4,02	1,61	2,88	198,2	184,5	201,8	194,8
	0,8	3,85	3,08	2,15	3,03	185,3	174,3	182,5	180,7
	1,2	2,97	2,39	1,06	2,14	191,8	192,0	198,0	193,9
	średnia/ mean	3,09	2,87	1,42	2,46	190,3	192,1	197,0	193,1
Średnia /Mean	0	2,48	1,99	0,82	1,76	188,0	217,8	205,8	203,9
	0,4	3,07	3,28	1,44	2,60	201,4	194,7	195,9	197,3
	0,8	3,45	3,27	1,65	2,79	188,9	177,3	182,8	183,0
	1,2	3,04	2,82	1,06	2,31	199,8	191,8	192,7	194,7
	Średnia/ Mean	3,01	2,84	1,24	2,37	194,5	195,4	194,3	194,7
NIR _{0,05} dla:/ NIR _{0,05} for:									
lat/ years					0,510				r.n./n.s.
częst. oprysk./ frequency of spraying					r.n./n.s.				r.n./n.s.
stężenia /concentration					0,648				19,00

Tabela 4. Wpływ dokarmiania dolistnego nawozem Busz-1 na zawartość N, P i K w liściach borówki wysokiej w latach 2004–2006
 Table 4. Effect of foliar nutrition by Busz-1 fertilizer on N, P and K content in the leaves of highbush blueberry in years 2004–2006

Kombinacja /Treatment		Składnik/ Nutrient (% s.m./d.m.)											
		N				P				K			
Częstotliwość opryskiwania Frequency of spraying	Stężenie (%) Concentration	2004	2005	2006	średnia mean	2004	2005	2006	średnia mean	2004	2005	2006	średnia mean
Co tydzień Every week	0	1,84	1,93	1,75	1,84	0,10	0,08	0,08	0,09	0,47	0,38	0,61	0,49
	0,4	2,01	1,99	1,70	1,90	0,22	0,08	0,09	0,13	0,47	0,21	0,54	0,40
	0,8	1,95	2,07	1,83	1,95	0,20	0,09	0,10	0,13	0,44	0,24	0,55	0,41
	1,2	1,96	2,02	1,70	1,89	0,17	0,08	0,10	0,12	0,42	0,20	0,55	0,39
	średnia/ mean	1,94	2,00	1,75	1,90	0,17	0,08	0,09	0,11	0,45	0,26	0,56	0,42
Co 2 tygodnie Every 2 weeks	0	1,83	1,95	1,73	1,84	0,10	0,08	0,08	0,09	0,44	0,40	0,61	0,49
	0,4	1,88	1,95	1,69	1,84	0,15	0,07	0,09	0,10	0,42	0,21	0,54	0,39
	0,8	1,95	2,10	1,68	1,91	0,15	0,09	0,09	0,11	0,38	0,23	0,50	0,37
	1,2	1,88	2,13	1,74	1,92	0,14	0,08	0,09	0,10	0,35	0,19	0,47	0,33
	średnia/ mean	1,89	2,03	1,71	1,87	0,14	0,08	0,09	0,10	0,40	0,26	0,53	0,40
Co 3 tygodnie Every 3 weeks	0	1,85	1,94	1,74	1,84	0,10	0,08	0,08	0,09	0,47	0,42	0,62	0,50
	0,4	1,93	2,00	1,75	1,89	0,12	0,08	0,09	0,10	0,40	0,27	0,56	0,41
	0,8	1,98	2,00	1,72	1,90	0,15	0,08	0,09	0,11	0,39	0,33	0,49	0,40
	1,2	1,95	1,93	1,72	1,87	0,14	0,08	0,09	0,10	0,41	0,26	0,49	0,39
	średnia/ mean	1,93	1,97	1,73	1,88	0,13	0,08	0,09	0,10	0,42	0,32	0,54	0,43
Średnia Mean	0	1,84	1,94	1,74	1,84	0,10	0,08	0,08	0,09	0,46	0,40	0,62	0,49
	0,4	1,94	1,98	1,71	1,88	0,16	0,08	0,09	0,11	0,43	0,23	0,54	0,40
	0,8	1,96	2,05	1,74	1,92	0,17	0,08	0,09	0,11	0,40	0,26	0,51	0,39
	1,2	1,93	2,03	1,72	1,89	0,15	0,08	0,09	0,11	0,39	0,21	0,50	0,37
Średnia/ Mean		1,92	2,00	1,73	1,88	0,14	0,08	0,09	0,10	0,42	0,27	0,54	0,41
NIR _{0,05} dla:/ NIR _{0,05} for:													
lat/ years					0,019					0,005			
częst. oprysk./ frequency of spraying					0,019					0,005			
stężenia/ conentration					0,024					0,006			

Tabela 5. Wpływ dokarmiania dolistnego nawozem Busz-1 na zawartość Mg i Ca w liściach borówki wysokiej w latach 2004–2006
 Table 5. Effect of foliar nutrition by Busz-1 fertilizer on Mg and Ca content in the leaves of highbush blueberry in years 2004–2006

Kombinacja/ Treatment		Składnik/ Nutrient (% s.m./d.m.)							
		Mg				Ca			
Częstotliwość oprysku Frequency of spraying	Stężenie (%) Concentration	2004	2005	2006	średnia mean	2004	2005	2006	średnia mean
Co tydzień Every week	0	0,10	0,12	0,15	0,12	0,33	0,20	0,29	0,27
	0,4	0,13	0,11	0,14	0,13	0,21	0,14	0,24	0,20
	0,8	0,14	0,14	0,15	0,14	0,17	0,17	0,27	0,20
	1,2	0,12	0,12	0,15	0,13	0,12	0,18	0,26	0,18
	średnia/ mean	0,12	0,12	0,15	0,13	0,21	0,17	0,27	0,22
Co 2 tygodnie Every 2 weeks	0	0,11	0,10	0,14	0,13	0,32	0,19	0,28	0,26
	0,4	0,12	0,14	0,14	0,13	0,15	0,18	0,22	0,18
	0,8	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,17	0,21	0,17
	1,2	0,11	0,14	0,14	0,13	0,18	0,17	0,23	0,19
	średnia/ mean	0,12	0,13	0,14	0,13	0,20	0,18	0,23	0,20
Co 3 tygodnie Every 3 weeks	0	0,11	0,13	0,15	0,13	0,31	0,18	0,30	0,26
	0,4	0,12	0,14	0,12	0,13	0,14	0,18	0,23	0,18
	0,8	0,12	0,14	0,14	0,13	0,12	0,22	0,25	0,19
	1,2	0,12	0,15	0,14	0,14	0,12	0,30	0,25	0,22
	średnia/ mean	0,12	0,14	0,14	0,13	0,17	0,22	0,25	0,21
Średnia Mean	0	0,11	0,12	0,15	0,13	0,32	0,19	0,29	0,26
	0,4	0,13	0,13	0,13	0,13	0,17	0,16	0,23	0,19
	0,8	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,19	0,24	0,18
	1,2	0,12	0,14	0,14	0,13	0,14	0,21	0,24	0,20
Średnia/ Mean		0,12	0,13	0,14	0,13	0,19	0,19	0,25	0,21
NIR _{0,05} dla/ NIR _{0,5} for:									
lat/ years					0,004				
częst. oprysk./ frequency of spraying					r.n./n.s.				
stężenia/ concentration					0,005				
					0,024				
					r.n./n.s.				
					0,031				

Liście opryskiwanych krzewów borówki wysokiej miały istotnie mniejszą zawartość wapnia (0,20–0,21% s.m.) niż liście roślin kontrolnych (0,26% s.m.). Istotnie największą zawartością wapnia charakteryzowały się liście borówki w 2006 roku (0,25% s.m.), większą niż w latach 2004–2005 (0,19% s.m.).

DYSKUSJA

Ocena plenności borówki wysokiej była przedmiotem wielu prac naukowych. Plony wzrastają wraz z wiekiem roślin, co wykazano w licznych doświadczeniach odmianowo-porównawczych [Smolarz 1997a, b, Chlebowska i Smolarz 1997, Wach 2008].

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na korzystny wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na plonowanie borówki wysokiej. Największe plonowanie uzyskano po zastosowaniu nawozu w stężeniu 0,8%, jednocześnie jagody borówki wysokiej charakteryzowały się najmniejszą masą 100 owoców. Jest to zgodne z doniesieniami Siefkera i Hancocka [1986], którzy wykazali, że wielkość owoców skorelowana jest ujemnie z wysokością plonu. W badaniach Szwonka [2003] z dokarmianiem pozakorzeniowym nawozem Basfoliar (12-4-6 + mikro) zastosowanym dwukrotnie w stężeniu 0,3% uzyskano również istotny wzrost plonu borówki wysokiej. Wykazano, że już dwukrotne dokarmianie dolistne borówki tym nawozem może zastąpić niższą o 100 kg dawkę nawozów zastosowaną doglebowo, a więc dokarmianie pozakorzeniowe ma znaczenie proekologiczne. W badaniach Wacha i Błażewicz-Woźniak [2012] średni plon jagód z krzewów opryskiwanych nawozem Insol Fos przekroczył 3 kg, podczas gdy w kombinacji kontrolnej wahał się od 1,99 do 2,48 kg · krzew⁻¹. Starast i in. [2002] uzyskali wyższy plon i większą masę owocu borówki niskiej pod wpływem dolistnego dokarmiania. Smągula i Kreider [2009] wykazali natomiast, że dokarmianie dolistne nawozem o dużej zawartości fosforu nie powodowało zwiększenia plonu borówki niskiej w porównaniu z doglebowym nawożeniem fosforanem amonu.

W przeprowadzonym w latach 2004–2006 doświadczeniu stwierdzono znaczne zróżnicowanie zawartości składników pokarmowych w liściach w zależności od roku badań, na co wpływ mogły mieć również warunki atmosferyczne, tj. intensywne opady atmosferyczne w lipcu i sierpniu 2005 oraz w sierpniu 2006 roku, zmniejszające efekt pozakorzeniowego dokarmiania borówki wysokiej. Zastosowanie nawozu dolistnego Busz-1 zawierającego azot, fosfor i potas nie zawsze powodowało zwiększenie ilości dostarczanych składników w liściach borówki wysokiej. Generalnie efekty dokarmiania pozakorzeniowego oceniane na podstawie zawartości składników pokarmowych w liściach widoczne były dla azotu i fosforu. Reakcja roślin była jednak zróżnicowana w poszczególnych latach. Azot jest najszybciej pobieranym przez liście składnikiem pokarmowym, stąd pozytywna reakcja roślin na zabieg dokarmiania pozakorzeniowego.

Alt i wsp. [1989] wykazali, że nawożenie fosforem gleb zasobnych w przyswajalne formy tego składnika jest bezcelowe. Monitorowanie stanu odżywienia borówki fosforem opierać się powinno na analizie materiału roślinnego, ponieważ korelacja pomiędzy zawartością w glebie i w liściach jest mała. Dolna granica zawartości fosforu w świetle

ich badań wynosi 0,08%. W przeprowadzonych w latach 2004–2006 badaniach na glebie bardzo kwaśnej i o wysokiej zawartości fosforu stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości fosforu w liściach borówki wysokiej.

Zawartość potasu w liściach borówki wysokiej zmniejszała się zawsze na obiektach opryskiwanych nawozem Busz-1, najbardziej w roku 2005. W przeprowadzonych badaniach średnią zasobnością w potas charakteryzowała się gleba w 2006 roku, co odpowiadało jego największej koncentracji w liściach borówki i najniższemu plonowaniu. Jest to zgodne z poglądami Ecka (1983) oraz Hancocka i Nelsona [1988], którzy uważają, że zawartość potasu w liściach skorelowana jest dodatnio z zasobnością gleby, natomiast ujemnie z plonowaniem borówki.

W roku 2005 z powodu intensywnej opadów w lipcu i w sierpniu analizy chemiczne wykazały najmniejszą zawartość potasu i wapnia, co jest zgodne z wynikami Grucy i Stojek [1994], którzy stwierdzili zmniejszenie się zawartości azotu, fosforu, potasu i wapnia w liściach pod wpływem nawadniania. Nie pokrywa się to z zawartością potasu w liściach borówki (największą podczas badań) w roku 2006, kiedy również wystąpiły wysokie opady w sierpniu, prawie trzykrotnie większe od średniej wieloletniej.

Szwonek [2003] uzyskał zwiększenie zawartości azotu, fosforu i potasu w liściach pod wpływem dolistnego dokarmiania borówki wysokiej nawozem Basfoliar, ale tylko w przypadku, gdy doglebowo stosowano mniejszą dawkę nawozu. Świadczy to o tym, że dolistne dokarmianie może być efektywne przy oszczędniejszym nawożeniu doglebowym, a więc może sprzyjać ochronie środowiska.

W przeprowadzonym doświadczeniu z pozakorzeniowym dokarmianiem nawozem Busz-1 zaobserwowano istotny wpływ tego dokarmiania na zawartość makroskładników w liściach borówki wysokiej, stwierdzono mianowicie wzrost zawartości azotu i fosforu oraz zmniejszenie zawartości potasu i wapnia. Porównując zawartości analizowanych makroskładników z liczbami granicznymi podanymi przez Smolarza [2009], należy uznać, że odżywienie borówki wysokiej azotem i potasem było prawidłowe. Optymalne odżywienie fosforem stwierdzono jedynie w pierwszym roku badań. Zawartość magnezu w liściach była zbliżona do dolnego poziomu liczb granicznych, natomiast zawartość wapnia znajdowała się poniżej poziomu dostatecznego odżywienia nawet w liściach krzewów kontrolnych. Dokarmianie pozakorzeniowe dodatkowo pogorszyło ten stan.

Pozytywny efekt pozakorzeniowego dokarmiania borówki wysokiej nawozem Busz-1 uzyskano w postaci zwiększenia plonowania i poprawy stanu odżywienia roślin jedynie azotem i fosforem. Wzrost zawartości fosforu w liściach roślin uprawianych na glebie bardzo kwaśnej, gdzie składnik ten ulega uwstecznieniu, pozwalają na stosowanie nawozu Busz-1 do uzupełniania niedoborów fosforu. Zmniejszenie się zawartości potasu w liściach dokarmianych pozakorzeniowo roślin (choć zawartość tego pierwiastka pozostała na poziomie zapewniającym prawidłowe odżywienie) wynikało z większego plonowania borówki. Krzewy kontrolne charakteryzowały się małą zawartością wapnia w liściach, co było konsekwencją stosowanego nawożenia i związanego z tym antagonizmu jonów względem wapnia. Tym bardziej niepokojący był efekt stosowania nawozu Busz-1, który w liściach opryskiwanych roślin jeszcze pogłębił stan niedożywienia wapniem. Stosowanie nawozu Busz-1 wymaga więc korekty nawożenia borówki wysokiej wapniem w celu poprawy odżywienia roślin tym składnikiem.

WNIOSKI

1. Dokarmianie pozakorzeniowe nawozem Busz-1 miało pozytywny wpływ na plonowanie borówki wysokiej. Największy efekt plonotwórczy stwierdzono po zastosowaniu nawozu w stężeniach 0,4 i 0,8%.
2. Masa 100 jagód borówki wysokiej była mniejsza na obiektach z dokarmianiem pozakorzeniowym, co było konsekwencją większego plonowania roślin.
3. Dokarmianie pozakorzeniowe borówki wysokiej nawozem Busz-1 spowodowało istotny wzrost zawartości azotu i fosforu oraz zmniejszenie zawartości potasu i wapnia w liściach.
4. Odżywienie borówki wysokiej azotem i potasem było prawidłowe, zaś fosforem tylko w pierwszym roku badań. Odżywienie roślin wapniem było niedostateczne, również na obiektach kontrolnych.
5. Warunki atmosferyczne podczas prowadzenia badań wpływały na efektywność dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1.

PIŚMIENNICTWO

- Alt D., Langenkamp C., Trautmann M., 1989. Zur Phosphorernahrung von Kulturheidelbeeren. *Erwerbsobstbau* 31 (37), 189–195.
- Chlebowska D., Smolarz K., 1997. Wzrost i plonowanie kilku odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. Skiern.* 4, 75–84.
- Czuba R., 1993. Regeneracyjne nawożenie gleby silnie wyczerpanej ze składników pokarmowych. *Rocz. Glebozn.* 44 (1), 57–64.
- Certyfikat nr 6032/95. Polskie Centrum Badań i Certyfikacji. Oddział w Pile. 21 stycznia 1995 r.
- Eck P., 1983. Optimum potassium nutritional level for production of highbush blueberry. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 108 (4), 816–818.
- Gruca Z., Stojek B., 1994. Wpływ nawożenia i nawadniania na zawartość składników mineralnych w liściach borówki wysokiej. W: XXXIII Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, cz. 2, 289–290.
- Hahnfeld C., Ebert G., Alexander A., 2004. Einfluss von blattapplizierten Bor auf Boraufnahme und Fruchtigenschaften von Kulturheidelbeeren (*Vaccinium corymbosum*). *Erwerbs-Obstbau* 46, 129–132.
- Hancock J.F., Nelson J., 1988. Leaf potassium content and yield in the highbush blueberry. *HortScience* 23 (5), 857–858.
- Hanson E.J., 2000. Foliar boron sprays do not affect highbush blueberry productivity. *Small Fruits Review* 1 (1), 35–41.
- Kosterna E., Zaniewicz-Bajkowska A., Franczuk J., Rosa R., 2009. Effect of foliar feeding on the field level and quality of six large-fruit melon (*Cucumis melo* L.) cultivars. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 8 (3), 13–24.
- Michałojć Z.M., 2008. Zasady pozakorzeniowego dokarmiania roślin w uprawach ogrodniczych. W: „Dokarmianie dolistne roślin”. II Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Lublin, 18–19 września 2008, UP w Lublinie, 11–12.
- Michałojć Z., Szewczuk C., 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophys.* 85, 9–18.
- Nurzyński J., 1996. Pozakorzeniowe stosowanie nawozów mineralnych. W: Proc. of 6th Conf. „Fertilization of Horticultural Plants”, AR w Krakowie, 3–7.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.

- Siefker J.A., Hancock J.F., 1986. Yield component interactions in cultivars of the highbush blueberry. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 111 (4), 606–608.
- Smagula M., Kreider L., 2009. Effect of timing of N and Phi foliar sprays on lowbush blueberry leaf nutrient concentrations, growth and yield. *Acta Hortic.* 810 (2), 733–740.
- Smolarz K., 1997a. Plonowanie 10 odmian borówki wysokiej w warunkach środkowej Polski. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.* 4, 85–93.
- Smolarz K., 1997b. Wzrost i plonowanie 12 odmian borówki wysokiej w środkowej części Polski. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. Skiern.* 4, 97–109.
- Smolarz K., 2009. Borówka i żurawina – zasady racjonalnej produkcji. Hortpress, Warszawa.
- Starast M., Karp K., Noormets M., 2002. The effect of foliar fertilization on the growth and yield of lowbush blueberry in Estonia. *Acta Hortic.* 574, 679–684.
- Stuckrath R., Quevedo R., Fuente L. de la, Hernandez A., Sepulveda V., 2008. Effect of foliar application of calcium on the quality of blueberry fruits. *J. Plant Nutr.* 31 (7), 1299–1312.
- Szwonek E., 2003. Dolistne dokarmianie borówki wysokiej odmiany Bluecrop. W: *Uprawne rośliny wrzosowate. Warsztaty Szkoleniowe dla Małych i Średnich Przedsiębiorstw w 6 Programie Ramowym UE. Konferencja, Skierniewice, 22–24 maja 2003 r., Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa, Centrum Doskonałości w Dziedzinie Sadownictwa Zrównoważonego, Skierniewice*, 54–59.
- Wach D., 1998. Zawartość składników pokarmowych w liściach kilku odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) uprawianej na glebie mineralnej o niskiej zawartości próchnicy. W: „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych”. VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Lublin, 8–9 czerwca 1998 r., Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych AR w Lublinie, 247–250.
- Wach D., 2008. Estimation of growth and yielding of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivated on soil developed from weakly loamy sand. *Folia Hortic.* 20 (2), 47–55.
- Wach D., Błażewicz-Woźniak M., 2012. Effect of foliar fertilization on yielding and leaf mineral composition of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 11 (1), 205–214.
- Wach D., 2013. Zawartość wybranych makroskładników w liściach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) uprawianej na Lubelszczyźnie. *Annales UMCS, sec. EEE, Horticultura* 23 (4), 11–18.
- Wójcik P., 1998. Pobieranie składników mineralnych przez części nadziemne roślin z nawożenia pozakorzeniowego. *Post. Nauk Roln.* 1, 49–64.
- Wójcik P., 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *J. Fruit Ornam. Plant Res.* 12, 201–218.
- Wójcik P., 2005. Response of ‘Bluecrop’ highbush blueberry to boron fertilization. *J. Plant Nutr.* 28 (11) 1897–1906.

Summary. In the years 2004–2006 a study was conducted on the effects of foliar nutrition with Busz-1 fertilizer on the yield and the content of selected macronutrient in the leaves of highbush blueberry. The experiment was conducted on a commercial plantation of 11-year-old bushes of highbush blueberry ‘Bluecrop’ that grew in the spacing of 2×1 m. Foliar nutrition with Busz-1 fertilizer had a significantly positive effect on the yield of high-bush blueberry, but 0.8% concentration of the fertilizer significantly lowered the weight of 100 fruits. The most effective turned out to be 0.4 and 0.8% concentrations of the fertilizer. The best yielding plants were sprayed 3 times at 0.8% concentration of the fertilizer every 3 weeks. Foliar fertilizer Busz-1 had a varied impact on the nutrient content of highbush blueberry leaves. Regardless of the years of research the content of N and P significantly increased under the influence of fertilization but K and Ca concentration decreased in the leaves of highbush blueberry.

Key words: *Vaccinium corymbosum*, highbush blueberry, foliar fertilization, Busz-1, macronutrients