

Ireneusz OCHMIAN

WPLYW WARUNKÓW SIEDLISKOWYCH NA ZAWARTOŚĆ MIKRO- I MAKROELEMENTÓW W LIŚCIACH I OWOCACH KILKU ODMIAN BORÓWKI WYSOKIEJ

THE INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS ON THE MICRO- AND MACRONUTRIENT CONTENT IN THE LEAVES AND FRUITS OF SEVERAL CULTIVARS OF Highbush BLUEBERRY

Katedra Ogrodnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstract. In recent times, consumer awareness and interest in fruits from ecological farms have been on the rise. A range of requirements must be met to cultivate fruits in this way. The study compares the content of mineral components (micro- and macronutrients) in leaves and fruits collected from bushes of four cultivars cultivated conventionally and ecologically. The research was conducted in the years 2009–2011 at the Fruit Farming Laboratory of the West Pomeranian University of Technology in Szczecin. The macro- and micronutrient content in the leaves and fruits of four highbush blueberry cultivars cultivated in various soil conditions – in peat at an ecological plantation and in light soil (clayey sand) at a conventional plantation using synthetic fertilizers – was determined. Despite the fact that the soil was rich in phosphorus, potassium and magnesium at the conventional plantation and in potassium at the ecological plantation, the leaves were characterised by a low content of these elements. The leaves and fruits at the ecological plantation were characterised by a higher content of nitrogen, phosphorus, potassium, copper and iron, while the calcium content was higher at the conventional plantation. At both plantations, the nitrogen content in leaves was at a low level according to the standards, which was not confirmed by a visual assessment of bushes and their intensive growth.

Słowa kluczowe: odmiany, uprawa ekologiczna i konwencjonalna, *Vaccinium*.

Key words: cultivars, organic and conventional farming, *Vaccinium*.

WSTĘP

Produkcja ekologiczna z założenia jest nastawiona na uprawę roślin bez stosowania nawozów sztucznych i chemicznych środków ochrony roślin z równoczesnym zachowaniem żyzności gleby oraz bioróżnorodności (Schmeiser 2010). W takim systemie gospodarowania producent musi spełnić wiele wymogów wynikających z istniejącego w tym zakresie prawa. Ten rodzaj produkcji jest bardziej pracochłonny, a wydajność, zwłaszcza w początkowym okresie, jest niższa w porównaniu z produkcją metodami konwencjonalnymi (Nachtman i Żekało 2006). Powoduje to, że ceny żywności ekologicznej są wyższe, a producenci, aby

* Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Ireneusz Ochmian, Pracownia Sadownictwa, Katedra Ogrodnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Juliusza Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: ireneusz.ochmian@zut.edu.pl.

sprostać konkurencji, korzystają z dotacji państwowych (Leszczyńska i in. 2012). W Europie powiększa się areał gruntów uprawianych w systemie ekologicznym (Meier-Ploeger 2005). Nie wszystkie rośliny w równym stopniu nadają się do takiej uprawy. Odmiany uprawne borówki wysokiej wywodzą się z gatunków z rodzaju *Vaccinium*, które na stanowiskach naturalnych rosną w glebach o niskim poziomie składników pokarmowych. W efekcie wymagania nawozowe borówki, w porównaniu z pozostałymi roślinami sadowniczymi, są stosunkowo niewielkie (Pliszka 2002, Smolarz 2003, Pormale i in. 2009). Krzewy charakteryzują się również specyficznymi wymaganiami siedliskowymi i glebowymi, odmiennymi od pozostałych roślin sadowniczych. Najlepsze pod uprawę są kwaśne gleby torfowe (pH 3,5–4,0), ale przydatne mogą być również lekkie gleby piaszczyste. Ważne jest, aby podłoża miały stabilny poziom wilgotności, ponieważ korzenie są wrażliwe zarówno na nadmiar, jak i niedobór wody (Moore 1993). Jednym ze wskaźników świadczącym o kondycji roślin w danych warunkach siedliskowych jest zawartość składników mineralnych, zwłaszcza w liściach (Smolarz i Chlebowska 2003). Zalecane są dwa terminy pobierania części wskaźnikowych roślin do analiz; druga dekada czerwca – według zaleceń holenderskich i przełom lipca i sierpnia – według zaleceń amerykańskich (Pliszka 2002).

Celem podjętych badań była ocena wpływu sposobu uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na zawartość składników mineralnych w liściach oraz owocach kilku odmian borówki wysokiej.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 w Pracowni Sadownictwa oraz w zlokalizowanym w okolicy Szczecina certyfikowanym gospodarstwie specjalizującym się w uprawie borówki wysokiej. Plantacja składa się z certyfikowanej, prowadzonej w standardzie ekologicznym 40-hektarowej kwaterze, zlokalizowanej na terenie Puszczy Goleniowskiej, w bezpośrednim sąsiedztwie nieczynnej kopalni torfu. Podłożem był naturalny torf kwaśny o miąższości 150–200 cm. Teren plantacji wchodzi w skład obszaru Natura 2000. Plantacja konwencjonalna (60 ha) zlokalizowana jest w bezpośrednim sąsiedztwie lasu. Została założona na glebach piaszczystych, które w wyniku długoletniego ugorowania zostały poddane procesowi zakwaszania. Rośliny posadzono na wałach pokrytych agrowłókniną. Na plantacji konwencjonalnej odczyn gleby był za wysoki dla wymagań borówki (tab. 1), więc woda wykorzystywana do podlewania roślin, systemem drip line umieszczonym pod agrowłókniną, była zakwaszana kwasem siarkowym do pH 4,0–4,2.

Tabela 1. Odczyn oraz zawartość w glebie składników mineralnych
Table 1. The pH and the content of minerals in the soil

pH	Zawartość – Content (mg · 100 ⁻¹)				
	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃
plantacja ekologiczna – ecological plantation					
3,4 optymalne optimal	6,1 wysoka high	5,8 niska low	7,3 wysoka high	32,4	8,4
plantacja konwencjonalna – conventional plantation					
5,2 za wysokie too high	3,5 średnia average	15,8 wysoka high	12,1 wysoka high	191	2,3

Rośliny posadzono w rozstawie 2,3 x 1,2 m, w międzyrzędziach utrzymywana była murawa. Zawartość składników mineralnych w glebie na obu plantacjach była na średnim lub wysokim poziomie (tab. 1), z wyjątkiem potasu na plantacji ekologicznej.

Liście do analiz chemicznych pobierano w drugiej połowie lipca, po 50 sztuk w trzech powtórzeniach. Z każdego zbioru pobierano próbę owoców, które następnie mrożono w woreczkach polietylenowych (po 250 g). Po zakończeniu zbiorów z owoców zebranych w poszczególnych terminach przygotowano próbę zbiorczą, którą wysuszyliśmy (105°C), a następnie zmielono. Analizy chemiczne przeprowadzono według ogólnie przyjętych metod obowiązujących w akredytowanym laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej. Po mineralizacji azot azotanowy oznaczono metodą kolorymetryczną, potas i wapń – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej na spektrometrze Solaar S AA, fosfor – metodą Bartona na spektrofotometrze Marcel s 330 PRO przy długości fali $\lambda = 470$ nm, magnez i mikroelementy – metodą płomieniowej spektroskopii absorpcji atomowej na spektrometrze Solaar S AA.

Wyniki opracowano za pomocą programu Statistica[®], wersja 10.0 (Statsoft, Poland), a średnie weryfikowano testem Tukeya dla $\alpha = 0,05$. Zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji przeprowadzaną osobno dla każdego roku, a następnie wykonano syntezę z lat.

WYNIKI I DISKUSJA

Podłoża, w których posadzono krzewy na plantacji ekologicznej i konwencjonalnej, różniły się zarówno pod względem zawartości składników mineralnych jak i kwasowości. Próby glebowe pobrano z warstwy ornej (do 20 cm), ponieważ, zdaniem Smolarza (2003), z uwagi na płytkie korzenie się borówki, nie ma potrzeby oznaczania składników pokarmowych ani pH w głębszych warstwach gleby. Plantacja ekologiczna została założona na torfowisku (torf wysoki) powstałym z zdegradowanego boru bagiennego. Ze wszystkich stron otoczona jest przez las sosnowy (*Pinus sylvestris*) z domieszką brzozy omszonej (*Betula pubescens*). Taka lokalizacja sprzyja uprawie borówki wysokiej. Również zawartość składników mineralnych w glebie zaspokajała wymagania tego gatunku (tab. 1). Umożliwia to uprawę borówki w standardzie ekologicznym, bez nawożenia i ochrony chemicznej. Plantacja konwencjonalna została założona na nieużytkach rolnych, które w czasie odłogowania uległy naturalnemu zakwaszeniu. Gleba zaliczana jest do piasków gliniastych lekkich (13% części spławialnych) o odczynie 5,2, który nie odpowiadał wymaganiom borówki wysokiej. W związku z tym wodę wykorzystywaną do podlewania krzewów zakwaszano. Stosowano również syntetyczne nawozy azotowe (siarczan amonu – 50 kg N na hektar uprawy), które rozpuszczano i aplikowano za pomocą linii kroplującej Drip Line. Gleba na plantacji ekologicznej i konwencjonalnej była zasobniejsza w składniki mineralne niż na plantacjach, na których prowadził doświadczenia Wach (2004). Warunki glebowe oraz klimatyczne mogą w znacznym stopniu wpływać na zawartość składników pokarmowych w liściach borówki wysokiej (Ballinger i Kushman 1966). Omawiane krzewy rosły na plantacjach o odmiennych warunkach glebowych, zwłaszcza pH, które jest bardzo istotne dla prawidłowego wzrostu tego gatunku. Miało to wpływ na zawartość składników mineralnych zarówno w liściach, jak i owocach (tab. 2 i 3).

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w liściach w zależności od sposobu uprawy
 Table 2. Mineral content in leaves depending on the method of cultivation

Sposób uprawy Tillage methods (A)	Odmiana Cultivar (B)	Zawartość w liściach – Content of the leaf								
		(g · 100 g ⁻¹)					(mg · 100 g ⁻¹)			
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
ekologiczna ecological	Sunrise	1,57	0,14	0,41	0,36	0,182	0,38	1,28	3,65	6,90
	Brygitta	1,49	0,14	0,41	0,50	0,161	0,37	1,07	4,06	8,04
	Duke	1,62	0,11	0,35	0,23	0,171	0,34	0,88	3,81	3,63
	Eliot	1,55	0,13	0,50	0,32	0,161	0,29	1,00	6,09	4,02
	średnia – mean	1,56	0,13	0,42	0,35	0,169	0,34	1,06	4,40	4,40
konwencjonalna conventional	Sunrise	1,31	0,12	0,41	0,66	0,081	0,23	0,97	4,12	3,72
	Brygitta	1,09	0,08	0,32	0,80	0,063	0,20	0,74	2,29	2,98
	Duke	1,39	0,08	0,30	0,46	0,153	0,23	0,90	1,88	5,28
	Eliot	1,19	0,11	0,39	0,49	0,081	0,22	0,77	4,65	3,76
	średnia – mean	1,24	0,10	0,35	0,60	0,095	0,22	0,84	3,23	3,94
średnia – mean (AxB)	Sunrise	1,44	0,13	0,41	0,51	0,131	0,30	1,13	3,88	5,31
	Brygitta	1,29	0,11	0,36	0,65	0,112	0,28	0,90	3,17	5,51
	Duke	1,50	0,09	0,33	0,35	0,162	0,29	0,89	2,85	4,46
	Eliot	1,37	0,12	0,44	0,40	0,121	0,25	0,88	5,37	3,89
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A 0,11; B 0,14; AxB 0,19	A 0,02; B 0,03; AxB 0,03	A 0,04; B 0,06; AxB 0,08	A 0,11; B 0,13; AxB 0,17	A 0,04; B 0,05; AxB 0,07	A 0,04; B 0,04; AxB 0,045	A 0,04; B 0,045; AxB 0,07	A 0,36; B 0,43; AxB 0,51	A 0,52; B 0,63; AxB 0,77

Tabela 3. Zawartość składników mineralnych w owocach w zależności od sposobu uprawy
 Table 3. Mineral content in fruits depending on the method of cultivation

Sposób uprawy Tillage methods (A)	Odmiana Cultivar (B)	Zawartość w liściach – Content of the leaf								
		(g · 100 g ⁻¹)					(mg · 100 g ⁻¹)			
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
ekologiczna ecological	Sunrise	0,55	0,10	0,53	0,04	0,042	0,24	0,60	1,58	2,64
	Brygitta	0,37	0,09	0,58	0,05	0,032	0,19	0,40	0,79	2,74
	Duke	0,49	0,10	0,64	0,03	0,043	0,29	0,47	2,00	3,14
	Eliot	0,45	0,09	0,54	0,07	0,032	0,21	0,52	0,47	3,80
	średnia – mean			0,47	0,09	0,57	0,05	0,05	0,23	0,50
konwencjonalna conventional	Sunrise	0,41	0,07	0,49	0,12	0,026	0,13	0,35	1,80	1,68
	Brygitta	0,36	0,06	0,48	0,07	0,018	0,12	0,31	0,69	1,25
	Duke	0,50	0,06	0,52	0,06	0,027	0,14	0,44	0,72	2,04
	Eliot	0,45	0,06	0,61	0,11	0,036	0,17	0,40	2,29	1,33
	średnia – mean			0,43	0,06	0,52	0,09	0,09	0,14	0,38
średnia – mean (AxB)	Sunrise	0,48	0,08	0,51	0,08	0,034	0,19	0,48	1,69	2,16
	Brygitta	0,37	0,07	0,53	0,06	0,025	0,15	0,35	0,74	2,00
	Duke	0,50	0,08	0,58	0,03	0,035	0,21	0,46	1,36	2,59
	Eliot	0,45	0,07	0,57	0,09	0,034	0,19	0,46	1,38	2,57
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A 0,037; B 0,045; AxB 0,052	A 0,019; B 0,023; AxB 0,029	A 0,042; B 0,051; AxB 0,059	A 0,031; B 0,034; AxB 0,047	A 0,013; B 0,015; AxB 0,018	A 0,017; B 0,020; AxB 0,024	A 0,016; B 0,019; AxB 0,023	A 0,21; B 0,29; AxB 0,35	A 0,24; B 0,28; AxB 0,41

Stwierdzono większą zawartość mikro- oraz makroelementów w liściach i owocach zebranych z plantacji ekologicznej. Mogło na to mieć wpływ lepsze przyswajanie przez rośliny z rodzaju *Vaccinium* składników mineralnych w kwaśnym, typowym dla tego rodzaju, środowisku (Smolarz 2003). Zaobserwowano również istotne różnice pomiędzy odmianami w zawartości składników odżywczych. Zarówno w owocach, jak i liściach pobranych z krzewów rosnących na plantacji ekologicznej stwierdzono więcej azotu (liście 1,56; owoce 0,47 g), fosforu (liście 0,13; owoce 0,09 g) i potasu (liście 0,42; owoce 0,57 g), w porównaniu z materiałem roślinnym pobranym z krzewów uprawianych konwencjonalnie. W próbkach liści stwierdzono również wyższy poziom magnezu (0,169 g), natomiast w owocach nie zależał on od sposobu uprawy (0,027 i 0,037 g). Natomiast próbki pobrane z krzewów uprawianych w sposób konwencjonalny odznaczały się jedynie wyższym poziomem wapnia (liście 0,60; owoce 0,09 g). Zawartość azotu, fosforu i potasu w liściach pobranych z krzewów ekologicznych, jak i konwencjonalnych, była poniżej minimalnych wymagań dla tego gatunku według zaleceń holenderskich (Pliszka 2002). Również według Hanson (2006), optymalny zakres azotu w liściach zebranych w środku lata powinien zawierać się pomiędzy 1,7–2,1%. Badane rośliny nie wskazywały jednak na niedobór tych składników. Nie zaobserwowano wizualnych objawów niedoborów na liściach, a krzewy, które rosły zarówno na plantacji ekologicznej, a zwłaszcza na konwencjonalnej, według liczb granicznych były ubogie w azot. Z tych roślin zbierano jednak owoce dobrej jakości, a krzewy miały znaczne przyrosty pędów jednorocznych (dane niepublikowane). Również rośliny, które w innym doświadczeniu nawożono azotem w dawce 180 kg na hektar, wykazywały niedobory tego składnika – 1,57 g (Koziański 2003). Zawartość w liściach prawie wszystkich oznaczonych w doświadczeniu makroelementów, z wyjątkiem azotu, była na podobnym poziomie jak w badaniach Domagały-Świątkiewicz i Kolarskiego (2007). W doświadczeniu Ochmiana i in. (2009) azot był na wyższym poziomie (>2,1 g), a fosfor i potas na porównywalnym (odpowiednio >0,09 g i >0,5 g). Natomiast wapnia (od 0,07 do 0,17 g) i magnezu (0,1 g) było znacznie mniej, w porównaniu z uzyskanymi wynikami.

Przeprowadzone badania wykazały istotne różnice w zawartości makroelementów w owocach i liściach badanych odmian. Próbki materiału roślinnego odmiany Duke zawierały w swoim składzie najwięcej azotu (liście 1,50; owoce 0,50 g), natomiast najmniej było go w próbkach przygotowanych z odmiany Brygitta (liście 1,29; owoce 0,37 g). Zróżnicowaną zawartość azotu w owocach kilku odmian borówki wykazała również Skupień (2006), zawartości były jednak zbliżone lub nieznacznie niższe, w porównaniu z omawianymi odmianami. Liście odmiany Duke zawierały natomiast najmniej fosforu (0,09 g), potasu (0,33 g) i wapnia (0,35 g). Również w owocach tej odmiany wapnia było najmniej (0,03 g). Zawartości makroelementów w badanych owocach były na porównywalnym poziomie jak w owocach odmian Sierra i Patriot badanych przez Ochmiana i in. (2008, 2009).

W liściach i owocach określono również zawartość wybranych mikroelementów (miedź, cynk, mangan i żelazo). W liściach pobranych z krzewów ekologicznych stwierdzono wyższą zawartość większości mikroelementów, w porównaniu z roślinami uprawianymi konwencjonalnie. Jedynie poziom żelaza w liściach był porównywalny dla obu systemów uprawy (konwencjonalne – 3,94; ekologiczne 4,40 mg). Jednak w owocach ekologicznych jego zawartość była już istotnie większa (3,08 mg). W owocach ekologicznych był również istotnie

wyższy poziom miedzi (0,23 mg), w porównaniu z owocami konwencjonalnymi (0,14 mg). Również zawartość mikroelementów, według norm holenderskich, mieściła się w zakresie wykazującym niedobory. Jedynie zawartość cynku w liściach ekologicznych mieściła się w dolnych granicach zawartości optymalnych (od 1,0 do 3,0). Podobne wyniki cynku i żelaza miały owoce odmiany Patriot i Sierra (Ochmian i in. 2008, 2009).

Zawartość mikroelementów zależała również w dużym stopniu od odmiany. Liście zebrane z krzewów odmiany Sunrise zawierały najwięcej miedzi (0,30 mg), cynku (1,13 mg) oraz żelaza (5,31 mg). Wysokim poziomem żelaza charakteryzowały się również liście odmiany Brygitta (5,51 mg), nie miało to jednak wpływu na zawartość tego pierwiastka w owocach (2,0 mg). Glonek i Komosa (2006) oznaczyli na podobnym poziomie w liściach zawartości żelaza (53,9–57,7 mg kg⁻¹) i na znacznie wyższym manganu (107,6–128,0 mg kg⁻¹), w porównaniu z badanymi odmianami. W badaniach Merhaut i Darnell (1996) zawartość żelaza w owocach była na poziomie około 37 µg · g⁻¹. Odmiana Brygitta charakteryzowała się również niską zawartością miedzi (0,15 mg) i manganu (0,74 mg) w owocach. Skupień (2004) wykazała, że miedź może występować w zakresie od 0,17 do 0,30 mg, a cynk od 1,08 do 1,30 mg w kilogramie świeżych owoców.

WNIOSKI

1. W liściach i owocach zebranych z krzewów uprawianych w standardzie ekologicznym stwierdzono większą zawartość: azotu, fosforu, potasu, miedzi i żelaza. W liściach było również więcej magnezu, cynku i manganu.
2. Liście i owoce pobrane z krzewów uprawianych konwencjonalnie były zasobniejsze w wapń.
3. Pomimo co najmniej średniej zasobności gleby, na plantacji konwencjonalnej w fosfor, potas i magnez, a na ekologicznej w potas, liście charakteryzowały się niską zawartością tych pierwiastków.
4. Zawartość azotu w liściach, określona według standardów holenderskich, była niska, niezależnie od sposobu uprawy.
5. Badane odmiany różniły się zawartością składników mineralnych w materiale roślinnym. Liście i owoce odmiany Brygitta charakteryzowały się najmniejszą zawartością większości makro- i mikroelementów. Najbardziej zasobne w składniki pokarmowe były liście odmiany Sunrise.

Wyniki przedstawione w pracy były finansowane z projektu badawczego No. N N310 205337 finansowanego przez MNiSW.

PIŚMIENNICTWO

- Ballinger W.E., Kushman L.J.** 1966. Factors affecting the mineral element content of leaves and fruit of Wolcott blueberries. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 88, 325–330.
- Domagała-Świątkiewicz I., Kolarski K.** 2007. Wpływ terminu pobierania próbek do analiz na zawartość składników pokarmowych w liściach czterech odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). Roczn. AR Poznań. CCCLXXXIII, Ogrod. 41, 297–302.

- Glonek J., Komosa A.** 2006. The effect of fertigation on the nutrient status and yield of highbush blueberry cv. 'Bluecrop'. *Acta Hort.* 715, 371–374.
- Hanson E.J.** 2006. Nitrogen fertilization of highbush blueberry. *Acta Hort.* 715, 347–351.
- Koziński B.** 2003. Wstępne wyniki badań nad wpływem pielęgnacji gleby i nawożenia azotowego na wzrost i plonowanie roślin borówki wysokiej odmiany Bluecrop – Uprawne Rośliny Wrzosowate, ISK Skierniewice.
- Leszczyńska D., Patkowski K., Gryta A.** 2012. Analiza produktywności gospodarstw ekologicznych w powiecie krańickim (województwo lubelskie). *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. Dostęp z dnia 19 kwiecień 2013, http://www.pimr.poznan.pl/trol6_2012/DL6_2012.pdf.
- Meier-Ploeger A.** 2005. Organic farming, food quality and human health. NJF Seminar, Sweeden.
- Merhaut D.J., Darnell R.L.** 1996. Vegetative growth and nitrogen/karbon partitioning in blueberry as influence by nitrogen fertilization. *J. Am. Hortic. Sci.* 121 (5), 875–879.
- Moore J.N.** 1993. Adapting low organic upland mineral soils for culture of highbush blueberries. *Acta Hort.* 346, 221–229.
- Nachtman G., Żekało M.** 2006. Efektywność ekonomiczna gospodarstw ekologicznych na tle konwencjonalnych w 2004 r. *Zag. Ekon. Ro.* 2 (307), 91–106.
- Ochmian I., Grajkowski J., Mikiciuk G., Ostrowska K., Chelpiński P.** 2009. Mineral composition of high blueberry leaves and fruits depending on substrate type used for cultivation. *J. Elementol.* 14 (3), 509–516.
- Ochmian I., Grajkowski J., Skupień K.** 2008. Effect of substrate type on the field performance and chemical composition of highbush blueberry cv. Patriot. *Agric. Food Sci.* 19, 69–80.
- Pliszka K.** 2002. Borówka wysoka. PWRiL, Warszawa. ISBN: 83-09-01756-1.
- Pormale J., Osvalde A., Nollendorfs V.** 2009. Comparison study of cultivated highbush and wild blueberry nutrient status in producing plantings and woodlands. *Latvian J. Agron.* 12, 80–87.
- Schmeiser P.** 2010. Uczestnictwo rolników w systemach jakości żywności 2010. *Ekoland*. Stowarzyszenie producentów żywności metodami ekologicznymi, Przysiek.
- Skupień K.** 2004. Zawartość wybranych składników mineralnych w owocach czterech odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Elementol.* 9 (1), 43–49.
- Skupień K.** 2006. Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Hort.* 18/2, 47–56.
- Smolarz K.** 2003. Uprawa borówki i żurawiny. Hortpress Sp. z oo, Warszawa. ISBN 8389211068.
- Smolarz K., Chlebowska D.** 2003. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie roślin borówki wysokiej odmiany „Bluecrop” przy różnej rozstawie roślin w rzędach. *Uprawne rośliny wrzosowate*. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 22–24 maja, 46–53.
- Wach D.** 2004. Rozmieszczenie korzeni borówki wysokiej i zawartość składników pokarmowych w profilu glebowym. *Rocz. AR Pozn. CCCLVI, Ogr.* 37, 217–224.