



Zakład Żywienia Roślin, Instytut Produkcji Ogrodniczej,
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, Polska
* e-mail: dariusz.wach@up.lublin.pl

DARIUSZ WACH^{ID*}, MARZENA BŁAŻEWICZ-WOŹNIAK^{ID},
SZYMON KAMIŃSKI

Zmiany zawartości wybranych składników mineralnych w liściach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) w okresie wegetacji

Changes in the content of selected mineral elements in highbush blueberry
leaves (*Vaccinium corymbosum* L.) during the growing season

Streszczenie. Badania zmian zawartości wybranych składników mineralnych w liściach borówki wysokiej zachodzących podczas wegetacji oraz ocenę odżywienia przeprowadzono w latach 2012–2014 na bardzo kwaśnej glebie mineralnej wytworzonej z piasku słabogliniastego z niewielkim dodatkiem próchnicy (1,25%). Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała istotne zmiany zawartości wszystkich badanych składników w okresie wegetacji. Zawartość azotu (N), fosforu (P) i potasu (K) w liściach borówki wysokiej zmniejszała się, natomiast magnezu (Mg) i wapnia (Ca) zwiększała. Odmiany borówki wysokiej różniły się istotnie zawartością badanych składników w każdym terminie oznaczeń. W I terminie oceny (metoda holenderska – połowa VI), odpowiadającym II terminowi w doświadczeniu, stwierdzono niskie wartości N, P, Mg i Ca w liściach wszystkich ocenianych odmian. Zanotowano jedynie optymalną zawartość K, ale tylko dla odmian ‘Ivanhoe’, ‘Northland’ i ‘Spartan’. Ocenie stanu odżywienia poddano także liście

Cytowanie: Wach D., Błażewicz-Woźniak M., Kamiński S., 2023. Zmiany zawartości wybranych składników mineralnych w liściach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) w okresie wegetacji. *Ann. Hortic.* 32(2), 53–65. <https://doi.org/10.24326/ah.2023.5312>

w trzecim terminie doświadczalnym, który porównano z liczbami granicznymi dla powszechnie stosowanej metody tzw. amerykańskiej (przełom VII/VIII – po I zbiorze jagód odmiany ‘Bluecrop’). Ocena stanu odżywienia wykazała niską zawartość P, optymalną K, zaś w przypadku pozostałych składników dała niejednoznaczne wyniki. Niezależnie od odmiany zawartość N była na poziomie optymalnym, ale tylko dla odmian ‘Bluecrop’, ‘Bluejay’ oraz ‘Spartan’. Koncentracja Mg w liściach była niska, zaś optymalna tylko dla odmian ‘Bluecrop’, ‘Bluejay’, ‘Northland’ i ‘Spartan’. Generalnie ocena zawartości Ca wykonana w tym terminie wykazała niski jego poziom w liściach, jedynie odmiany ‘Darrow’ i ‘Northland’ miały optymalną zawartość tego składnika.

Słowa kluczowe: odmiany, makroskładniki, azot, fosfor, potas, magnez, wapń

WSTĘP

Borówka wysoka jest rośliną sadowniczą o specyficznych wymaganiach glebowych. Najlepiej rośnie i plonuje na glebach piaszczystych, ale dostatecznie wilgotnych, kwaśnych, a nawet bardzo kwaśnych, o pH_{KCl} 3,8–4,8 i zawierających powyżej 3,5% próchnicy [Smolarz 2009]. Prawidłowy wzrost i plonowanie borówki wysokiej zależą m.in. od stanu odżywienia roślin [Koszański i in. 2008, Wach i in. 2016]. Zdaniem wielu autorów [Eaton i Meehan 1971, Townsend 1972, Chuntanaparb i Cummings 1980, Spiers 1982, Strik i Vance 2015, Jiang i in. 2017] zawartość składników pokarmowych w liściach borówki wysokiej wykazuje zmienność w zależności od terminów pobierania liści, a także ich położenia na roślinie.

Powszechnie uznaje się, że potrzeby pokarmowe borówki wysokiej nie są duże. Należy jednak pamiętać, że przy stosowaniu ściółki organicznej nawożenie azotem powinno być zwiększone o 30–50% [Ochmian i in. 2009]. Borówka wymaga dużej ilości azotu, którego źródłem jest gleba, podczas gdy fosfor, potas, magnez i wapń pobierane są w niewielkiej ilości [Retamales i in. 2012, Komosa 2014].

Ustalenia potrzeb nawożenia dokonuje się na podstawie oceny wyników analizy chemicznej gleby i liści oraz obserwacji plantacji. Służą do tego liczby graniczne określające optymalne poziomy zawartości składników mineralnych w liściach i zasobność gleby. W celu określenia stopnia odżywienia roślin borówki wysokiej polecane są dwa terminy pobierania liści. Termin czerwcowy (połowa VI) zdaniem Bala [1997] umożliwia korektę nawożenia jeszcze w tym samym sezonie wegetacyjnym, ale jego wadą jest niestabilność koncentracji składników w niedojrzałych liściach. Termin późniejszy (przełom lipca i sierpnia – po I zbiorze jagód odmiany ‘Bluecrop’), zgodny z zaleceniami amerykańskimi [Gough 1994], jest powszechnie przyjęty w Polsce.

Celem niniejszej pracy było ustalenie zawartości makroelementów w liściach sześciu odmian borówki wysokiej oraz określenie, który z terminów pobierania prób (czerwcowy czy sierpniowy) jest bardziej przydatny do wskazania stopnia odżywienia krzewów borówki wysokiej uprawianych w rejonie Lubelszczyzny.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2012–2014 na plantacji borówki wysokiej w Niemcach koło Lublina (N 51°20', E 22°37'), założonej w 1993 roku na glebie bielcowej o składzie piasku słabogliniastego w warstwie 0–20 cm oraz piasku luźnego w poziomie 20–40 cm, charakteryzującej się bardzo kwaśnym odczynem (pH_{KCl} 4,1–4,16) i niewielką zawartością próchnicy (1,25%). Zawartość składników mineralnych w glebie w porównaniu z obowiązującymi liczbami granicznymi [Sadowski i in. 1990] była wysoka w odniesieniu do fosforu oraz średnia dla potasu i magnezu (tab. 1).

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne gleby
Table 1. Physicochemical properties of the soil

Właściwość gleby Properties of the soil	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Zawartość Content (%)	Odczyn gleby Soil reaction	Ocena zasobności Estimation of value (mg 100 g ⁻¹)
Piasek/Sand 0,1–1 mm	0–20	71	×	×
	20–40	88	×	×
Pył/Silt 0,1–0,02 mm	0–20	20	×	×
	20–40	10	×	×
H/Clay <0,02 mm	0–20	9	×	×
	20–40	2	×	×
Substancja organiczna (%) Organic matter	0–20	1,25	×	×
	20–40	1,09	×	×
pH_{KCl}	0–20	4,10	bardzo kwaśny very acid	×
	20–40	4,16	bardzo kwaśny very acid	×
P_{ER}	0–20	6,4	×	wysoka/high
	20–40	6,4	×	wysoka/high
K_{ER}	0–20	5,4	×	średnia/medium
	20–40	5,5	×	średnia/medium
Mg_{Sch}	0–20	3,2	×	średnia/medium
	20–40	3,3	×	średnia/medium

ER – metoda Egnera-Riehma/Egner-Riehm method

Sch – metoda Schachtschabela/Schachtschabel method

Gleba zaliczała się do klasy bonitacyjnej IVa kompleksu żyniego dobrego. Przed sadzeniem krzewów do poprawy struktury gleby i zwiększenia zawartości próchnicy w uprzednio wyorane bruzdy wysypano kompostowane trociny z drzew iglastych w ilości 15 l na krzew i wymieszano z glebą. Rośliny posadzono w rozstawie 2 × 1 m, a glebę w rzędach krzewów o szerokości 60 cm wyłożono warstwą 10 cm przesezonowanych trocin z drzew iglastych. Ściółka była uzupełniana co 4 lata w celu utrzymania jej miąż-

szości na poziomie 10 cm. W celu zapewnienia optymalnych warunków uwilgotnienia gleby na plantacji zostały rozłożone po obu stronach krzewów linie kroplujące z kroploownikami rozmieszczonymi co 50 cm i wydajności 2 l. Nawadnianie stosowano w okresie wegetacji na podstawie wskazań tensjometru. Zadarnione międzyrzędzia koszone kilkakrotnie w okresie wegetacji. Nawożenie mineralne wykonywano corocznie wiosną, stosując w dawkach ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): 60 kg N (siarczan amonu 21% N), 46 kg P_2O_5 (superfosfat potrójny 46% P_2O_5), 75 kg K_2O (siarczan potasu 50% K_2O) i 20 MgO (kizeryt – siarczan magnezu 29% MgO). Zabiegi pielęgnacyjne (cięcie, ochrona) przeprowadzano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami Integrowanej Produkcji dla tego gatunku.

Doświadczenie dwuczynnikowe wykonane w układzie kompletnej randomizacji z dwoma powtórzeniami obejmowało czynniki: odmiana (6) i termin oznaczeń (4). Do badań wybrano krzewy 6 odmian o zróżnicowanej porze dojrzewania owoców: wcześniejszej – ‘Bluejay’, ‘Northland’ i ‘Spartan’, średniej – ‘Bluecrop’ oraz ‘Ivanhoe’ i najpóźniej dojrzewająca ‘Darrow’. W celu wykonania analiz chemicznych z pędów jednorocznych zbierano 2 razy po 100 liści dla każdej z odmian (4–6 liści z krzewu) w 4 terminach: I – trzecia dekada maja, II – połowa czerwca; III – przełom lipca i sierpnia, IV termin – pierwsza dekada września. Po przewiezieniu do laboratorium próby liści zostały wysuszone, rozdrobnione w młynku laboratoryjnym i przygotowane do dalszej analizy zgodnie z metodyką [Ostrowska i in. 1991]. W próbkach liści oznaczono azot ogółem metodą Kjeldahla, fosfor kolorymetrycznie z wanado-molibdianem amonu (Thermo, Evolution 300), potas, magnez i wapń metodą ASA (Perkin-Elmer, AAnalyst 300). W glebie oznaczono zawartość fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma, magnezu metodą Schachtschabela, zaś pH w 1n KCl.

Uzyskane dla dwóch terminów wyniki analizy zawartości składników mineralnych w liściach były porównywane z optymalnymi zakresami zalecanymi dla borówki wysokiej. Stan odżywienia borówki wysokiej oceniono, porównując wyniki analiz chemicznych liści drugiego terminu badań odpowiadającego terminowi oznaczeń dla metody holenderskiej [Bal 1997] i trzeciego terminu z doświadczenia dla metody amerykańskiej [Gough 1994]. Z uwagi na zmiany w sposobie określania zawartości składników mineralnych z wcześniej stosowanych procentów suchej masy (% s.m.) na gramy na kilogram suchej masy ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w celu interpretacji wyników zastosowano przeliczenie wartości referencyjnych (tab. 3 i 4).

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono w programie Statistica 13.3 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA) metodą dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Istotność różnic oceniono za pomocą przedziałów ufności Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Wyniki przeprowadzonych badań zmian zawartości makroskładników w liściach borówki wysokiej zachodzących w okresie wegetacji przedstawiono w tabeli 2. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice między terminami oznaczeń, odmianami oraz interakcję badanych czynników na zawartość badanych składników w liściach borówki wysokiej.

Tabela 2. Zawartość makroskładników w liściach 6 odmian borówki wysokiej w okresie wegetacji (średnio 2012–2014)

Table 2. Macronutrients content in leaves of 6 highbush blueberry cultivars during the growing season (average 2012–2014)

Odmiana Cultivar	Zawartość makroskładników (g·kg ⁻¹ s.m.) Macronutrients content (g·kg ⁻¹ d.m.)				Średnia Mean
	I	II	III	IV	
Azot/Nitrogen					
'Bluejay'	23,3e [#]	21,1de	18,5a–c	18,5a–c	20,3C*
'Northland'	22,7e	19,6b–d	17,6ab	18,0a–c	19,5B
'Spartan'	25,8f	21,4de	19,5b–d	18,4a–c	21,3D
'Bluecrop'	23,0e	19,8cd	18,5a–c	16,7a	19,5BC
'Ivanhoe'	22,9e	20,0cd	17,8a–c	18,1a–c	19,7BC
'Darrow'	18,5a–c	17,9a–c	16,6a	17,6ab	17,6A
Mean	22,7C*	20,0B*	18,1A*	17,9A*	×
Fosfor/Phosphorus					
'Bluejay'	1,22d–f	1,10b–e	0,90a–c	1,00a–d	1,05AB
'Northland'	1,17c–f	0,92a–c	0,83ab	0,90a–c	0,94A
'Spartan'	1,75g	1,10b–e	1,00a–d	0,98a–d	1,21C
'Bluecrop'	1,33ef	1,13c–f	1,02a–d	0,90a–c	1,10B
'Ivanhoe'	1,38e	1,07a–e	0,80a	0,90a–c	1,05B
'Darrow'	1,10b–e	0,97a–d	0,82a	0,90a–c	0,94A
Mean	1,33C*	1,05B*	0,89A*	0,93A*	×
Potas/Kalium					
'Bluejay'	4,92d–h	4,48a–e	4,43a–e	4,15a	4,50AB
'Northland'	4,83c–g	4,55a–e	4,42a–e	4,33a–e	4,53B
'Spartan'	5,45g	5,28fg	4,97e–g	4,57a–e	5,07C
'Bluecrop'	4,73a–f	4,43a–e	4,23a–c	4,28a–d	4,42AB
'Ivanhoe'	4,75b–f	4,62a–f	4,27a–d	4,32a–e	4,50AB
'Darrow'	4,43a–e	4,07a	4,35a–e	4,13ab	4,25A
Mean	4,85C*	4,57B*	4,44AB*	4,29A*	×
Magnez/Magnesium					
'Bluejay'	0,92a–c	1,13c–f	1,12b–f	1,32fg	1,12B
'Northland'	1,07b–f	1,07b–f	1,13c–f	1,25e–g	1,13B
'Spartan'	0,87ab	1,05b–e	1,45g	1,27e–g	1,16B
'Bluecrop'	0,87ab	1,08b–f	1,22d–g	1,20d–g	1,09B
'Ivanhoe'	0,92a–c	0,97a–d	1,05b–e	1,02b–e	0,99A
'Darrow'	0,75a	0,92a–c	1,03b–e	1,05b–e	0,94A
Mean	0,90A*	1,04B*	1,17C*	1,18C*	×
Wapń/Calcium					
'Bluejay'	3,62ab	3,80a–c	3,50	4,35a–c	3,82A
'Northland'	3,25a	3,45a	4,17a–c	5,13c	4,00A
'Spartan'	3,32a	3,28a	3,83a–c	4,85bc	3,82A
'Bluecrop'	3,48a	3,78ab	3,97a–	4,35a–c	3,90A
'Ivanhoe'	3,20a	3,40a	3,82a–c	4,47a–c	3,72A
'Darrow'	3,08a	3,25a	4,18a–c	4,28a–c	3,70A
Mean	3,33A*	3,49A*	3,91A*	4,57B*	×

* średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie dla $\alpha = 0,05$ * means described identical letters do not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Tabela 3. Ocena zawartości makroskładników w liściach 6 odmian borówki wysokiej (średnio 2012–2014)

Table 3. Estimation of value macronutrients content in leaves of 6 highbush blueberry cultivars (average 2012–2014)

Odmiana Cultivar	Zawartość makroskładników (g·kg ⁻¹ s.m.) Macronutrients content (g·kg ⁻¹ d.m.)		Ocena zawartości Estimation of value	
	termin II/term II	termin III/term III	Bal (II)*	Gough (III)*
Azot**/Nitrogen**				
'Bluejay'	21,1	18,5	niska/low	opt. ^a
'Northland'	19,6	17,6	niska/low	niska/low
'Spartan'	21,4	19,5	niska/low	opt.
'Bluecrop'	19,8	18,5	niska/low	opt.
'Ivanhoe'	20,0	17,8	niska/low	niska/low
'Darrow'	17,9	16,6	niska/low	niska/low
Mean	20,0	18,1	niska/low	opt.
Fosfor/Phosphorus				
'Bluejay'	1,10	0,90	niska/low	niska/low
'Northland'	0,92	0,83	niska/low	niska/low
'Spartan'	1,10	1,00	niska/low	niska/low
'Bluecrop'	1,13	1,02	niska/low	niska/low
'Ivanhoe'	1,07	0,80	niska/low	niska/low
'Darrow'	0,97	0,82	niska/low	niska/low
Mean	1,05	0,89	niska/low	niska/low
Potas/Kalium				
'Bluejay'	4,48	4,43	niska/low	opt.
'Northland'	4,55	4,42	opt.	opt.
'Spartan'	5,28	4,97	opt.	opt.
'Bluecrop'	4,43	4,23	niska/low	opt.
'Ivanhoe'	4,62	4,27	opt.	opt.
'Darrow'	4,07	4,35	niska/low	opt.
Mean	4,57	4,44	opt.	opt.
Magnez/Magnesium				
'Bluejay'	1,13	1,12	niska/low	niska/low
'Northland'	1,07	1,13	niska/low	niska/low
'Spartan'	1,05	1,45	niska/low	opt.
'Bluecrop'	1,08	1,22	niska/low	opt.
'Ivanhoe'	0,97	1,05	niska/low	niska/low
'Darrow'	0,92	1,03	niska/low	niska/low
Mean	1,04	1,17	niska/low	niska/low
Wapń/Calcium				
'Bluejay'	3,80	3,50	niska/low	niska/low
'Northland'	3,45	4,17	niska/low	opt.
'Spartan'	3,28	3,83	niska/low	niska/low
'Bluecrop'	3,78	3,97	niska/low	niska/low
'Ivanhoe'	3,40	3,82	niska/low	niska/low
'Darrow'	3,25	4,18	niska/low	opt.
Mean	3,49	3,91	niska/low	niska/low

* metoda (termin oznaczeń)/method (determination date), ** wartości optymalne – patrz tabela 4/optimal contents – see Table 4, ^a opt. – optymalna/optimal

Zależnie od odmiany i terminu oznaczeń zawartość azotu w liściach mieściła się w przedziale od $16,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w liściach odmiany 'Darrow' zebranych na przełomie lipca/sierpnia do $25,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w liściach odmiany 'Spartan' zebranych w maju (tab. 2). Niezależnie od terminu wykonania analizy, oceniając wpływ odmiany na zawartość azotu, należy stwierdzić, że średnio najniższą ilość badanego składnika zaobserwowano w liściach odmiany 'Darrow' ($17,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), której owoce dojrzewały najpóźniej, a najwyższą u odmiany 'Spartan' ($21,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) zaliczanej do odmian wcześniejszych. Największą koncentracją azotu charakteryzowały się liście w pierwszym, a najmniejszą w ostatnim terminie oznaczeń (odpowiednio: 22,7 wobec $17,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Każdy kolejny termin pobierania wykazywał malejącą zawartość azotu w liściach badanych odmian borówki wysokiej z wyjątkiem 'Ivanhoe' i 'Northland' oraz 'Darrow', której liście zawierały najmniej azotu w trzecim terminie oznaczeń ($16,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). W odniesieniu do liczb granicznych opracowanych dla liści zbieranych w czerwcu (II termin zbioru) stwierdzono niską zawartość azotu w liściach każdej odmiany (tab. 3). Porównując uzyskane wyniki z liczbami granicznymi odnoszącymi się do zawartości składników mineralnych w liściach zbieranych na przełomie lipca i sierpnia (termin III), wykazano, że zawartość azotu w liściach odmian 'Bluejay', 'Spartan' i 'Bluecrop' była na poziomie optymalnym, a w liściach pozostałych odmian – niska.

W całym okresie badawczym poziom fosforu w liściach borówki wynosił od $0,80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w przypadku odmiany 'Ivanhoe' zbieranej na przełomie lipca i sierpnia do $1,75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. u odmiany 'Spartan' zbieranej w maju (tab. 2). Podobnie jak w przypadku azotu również zawartość fosforu w liściach borówki była zróżnicowana w zależności od odmiany. Średnio w okresie badawczym najniższą zawartością fosforu charakteryzowały się liście odmian 'Northland' oraz 'Darrow' ($0,94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), a najwyższą – liście odmiany 'Spartan' ($1,21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Najwięcej fosforu stwierdzono w pierwszym terminie zbioru liści ($1,33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), najmniej w trzecim terminie oznaczeń ($0,89 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). W odniesieniu do liczb granicznych opracowanych dla liści zbieranych w czerwcu (II termin zbioru), niezależnie od odmiany, zawartość fosforu była niska (tab. 3). Podobną zależność stwierdzono w odniesieniu do liczb granicznych odnoszących się do zawartości składników mineralnych w liściach zbieranych na przełomie lipca i sierpnia (termin III).

Zawartość potasu w liściach borówki w całym okresie badawczym, niezależnie od odmiany oraz terminu wykonania oznaczeń, wynosiła od $4,07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w liściach odmiany 'Darrow' zbieranych w czerwcu do $5,45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. u odmiany 'Spartan', której liście zbierano w maju (tab. 2). Oceniając średnią zawartość potasu w liściach poszczególnych odmian, bez względu na termin wykonania oznaczeń, należy stwierdzić, że najmniej potasu było w liściach odmiany 'Darrow' ($4,25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), a najwięcej u odmiany 'Spartan' ($5,07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Niezależnie od odmiany zawartość potasu malała istotnie w kolejnych terminach pobierania materiału roślinnego do oznaczeń (tab. 2). W odniesieniu do liczb granicznych opracowanych dla liści zbieranych w czerwcu (II termin zbioru) stwierdzono niską zawartość potasu tylko w liściach odmiany 'Bluejay', 'Bluecrop' i 'Darrow' (tab. 3). W liściach pozostałych odmian zawartość potasu była optymalna. Porównując uzyskane wyniki z liczbami granicznymi odnoszącymi się do

zawartości składników mineralnych w liściach zbieranych na przełomie lipca i sierpnia (termin III), wykazano optymalną zawartość potasu w liściach wszystkich badanych odmian (tab. 3). Zawartość magnezu w całym okresie badawczym wynosiła od $0,75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w liściach odmiany ‘Darrow’ zbieranych w maju do $1,45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. u odmiany ‘Spartan’, której liście zebrano na przełomie lipca i sierpnia (tab. 2). Niezależnie od terminu wykonania analizy średnio najniższą ilość badanego składnika stwierdzono w liściach odmiany ‘Darrow’ ($0,94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), której owoce dojrzewały najpóźniej, a najwyższą u odmiany ‘Spartan’ ($1,16 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) zaliczanej do odmian wcześniejszych. Niezależnie od odmiany systematycznie z każdym terminem rosła koncentracja magnezu w liściach od $0,90 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (termin I) do $1,18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (termin IV). W odniesieniu do liczb granicznych opracowanych dla liści zbieranych w czerwcu (II termin zbioru), niezależnie od odmiany, zawartość magnezu była niska (tab. 3). Porównując zawartość magnezu w liściach borówki wysokiej z liczbami granicznymi odnoszącymi się do zawartości składników mineralnych w liściach zbieranych na przełomie lipca i sierpnia (termin III), wykazano, że tylko u odmian ‘Bluecrop’ i ‘Spartan’ zawartość magnezu była optymalna, natomiast w liściach pozostałych odmian koncentracja tego składnika była na niskim poziomie (tab. 3).

Zawartość wapnia w liściach wynosiła od $3,08 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w liściach odmiany ‘Darrow’ zbieranych w maju do $5,13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. u odmiany ‘Northland’ z terminem zbioru na przełomie lipca i sierpnia (tab. 2). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania w zawartości wapnia w liściach borówki pomiędzy odmianami. Stwierdzono natomiast istotny wpływ terminu pobierania liści na zawartość wapnia. Istotnie najmniejszą zawartość wapnia, niezależnie od badanej odmiany, zanotowano w przypadku liściach zbieranych w maju ($3,33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), a największą – w ostatnim terminie ($4,57 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). W odniesieniu do liczb granicznych opracowanych dla liści zbieranych w czerwcu (II termin zbioru), niezależnie od odmiany, zawartość wapnia była niska (tab. 3). Porównując zawartość wapnia w liściach borówki wysokiej z liczbami granicznymi odnoszącymi się do zawartości składników mineralnych w liściach zbieranych na przełomie lipca i sierpnia (termin III), wykazano, że tylko u odmian ‘Northland’ i ‘Darrow’ zawartość wapnia była optymalna, natomiast w liściach pozostałych odmian koncentracja tego składnika była na poziomie niskim (tab. 2).

DYSKUSJA

Podczas wegetacji w częściach wskaźnikowych borówki wysokiej zmniejszyła się zawartość N, P i K, natomiast zwiększyła Mg i Ca, co jest zgodne z wynikami, jakie uzyskali Clark i Maples [1990], Domagała-Świątkiewicz i in. [2007] oraz Strik i Vance [2015]. Przez wiele lat borówka wysoka była uważana za roślinę o niedużych wymaganiach pokarmowych, dla której zawartość azotu na poziomie $13,0\text{--}14,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. traktowano za optymalną dla polskich warunków klimatyczno-glebowych [Pliszka i in. 1992]. Poglądy te zweryfikowali Gough [1994], Hanson i Hancock [1996], Hart i in.

[2006] oraz Glonek i Komosa [2006], podwyższając poziom optymalnej zawartości azotu w liściach do $22,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Bal [1997] zaproponował zawartość azotu na poziomie $22,5\text{--}27,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., ale dla wcześniejszego (czerwcowego) terminu pobierania liści do oznaczeń. Hanson i Hancock [1996] podali również wartości graniczne niedoborów składników mineralnych (w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.): $\text{N} < 17$; $\text{P} < 0,8$; $\text{K} < 3,5$; $\text{Ca} < 1,3$ i $\text{Mg} < 1,0$. Zdaniem Gougha [1994] niedobory makroskładników w liściach borówki wysokiej określają następujące liczby graniczne ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.): $\text{N} < 17,0$; $\text{P} < 1,0$; $\text{K} < 3,0$; $\text{Ca} < 1,3$; $\text{Mg} < 0,8$. Sugerowane optymalne zawartości składników mineralnych w liściach borówki wysokiej według różnych autorów przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Sugerowane optymalne zawartości makroskładników w liściach borówki wysokiej według różnych autorów ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 4. Suggested optimal contents of macronutrients in highbush blueberry leaves according to various authors ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Składnik ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) Nutrient ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)	Bal 1997*	Eck 1988	Gough 1994*	Hanson and Hancock 1996	Hart i in. 2006	Glonek and Komosa 2006
N	22,5–27,5	18,0–21,0	18,0–21,0	17,0–21,0	17,6–20,0	17,0–22,0
P	2,0–3,0	1,2–4,0	1,2–4,0	0,8–4,0	1,0–4,0	1,2–2,0
K	4,5–7,5	3,5–6,5	3,5–6,5	4,0–6,5	4,1–7,0	5,0–6,0
Mg	1,5–2,5	1,5–3,0	1,2–2,5	1,5–3,0	1,3–2,5	1,5–2,5
Ca	4,0–8,0	4,0–8,0	4,0–8,0	3,0–8,0	4,1–8,0	4,0–5,0

* metoda (termin oznaczeń)/method (determination date)

Okazało się, że w celu dokonania oceny stanu odżywienia borówki wysokiej sensowne jest porównanie wyników analiz chemicznych liści drugiego terminu badań odpowiadającego terminowi oznaczeń dla metody holenderskiej [Bal 1997] i trzeciego terminu z doświadczenia dla metody amerykańskiej [Gough 1994] jak to jest powszechnie przyjęte przez stacje chemiczno-rolnicze. Z tego względu ocenie nie poddano oznaczeń wykonanych w I i IV terminie badań.

Ocena przeprowadzona na podstawie liczb granicznych dla metody holenderskiej [Bal 1997] wykazała niską zawartość N, P, Mg i Ca w liściach wszystkich testowanych odmian, a tylko optymalną zawartość K, ale jedynie dla odmian 'Ivanhoe', 'Northland' i 'Spartan' (tab. 3).

Lepiej przedstawiała się ocena stanu odżywienia borówki wysokiej dokonana na podstawie zawartości składników mineralnych sprawdzonej w tradycyjnym terminie pobierania liści, tj. na przełomie lipca-sierpnia (termin III). W tym terminie zawartość azotu w liściach była optymalna, choć dla odmian 'Darrow', 'Ivanhoe' i 'Northland' okazała się niska.

Późniejszy termin oznaczeń nie wpłynął na poprawę odżywienia borówki fosforem, gdyż wszystkie odmiany miały niską zawartość tego składnika. Stosowane nawożenie mineralne w postaci superfosfatu potrójnego w dawce $46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ przy bardzo kwaśnym odczynie gleby nie poprawiło stanu odżywienia tym składnikiem, gdyż ulega on uwstecznieniu i nie może być pobrany [von Tucher i in. 2018].

Pomimo zmniejszającego się poziomu wartości potasu w liściach podczas wegetacji ocena jego zawartości w liściach w tym terminie wypadła korzystnie dla wszystkich badanych odmian borówki wysokiej, które charakteryzowały się optymalną koncentracją tego pierwiastka [Gough 1994], i to na glebie zawierającej poniżej 10% części spławialnych, a więc bardzo lekkiej.

Zwiększająca się z upływem okresu wegetacji zawartość magnezu w liściach borówki wysokiej tylko w przypadku odmian 'Bluecrop' i 'Spartan' przekroczyła dolny próg wartości optymalnej ($1,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) dla tego terminu oznaczeń. Bardzo kwaśny odczyn, lekki skład mechaniczny i niewielka zawartość próchnicy oraz antagonizm jonów (K:Mg, Ca:Mg) stwarzają borówce wysokiej trudne warunki do pobierania magnezu i dostatecznego odżywienia się tym składnikiem [Komosa 2012]. W efekcie zawartość magnezu w liściach odmian 'Ivanhoe' i 'Darrow' była nawet deficytowa dla czerwcowego (II) terminu oznaczeń według kryteriów oceny proponowanej przez Hansona i Hancocka [1996].

Zawartość wapnia w liściach wzrastała do końca wegetacji, ale tylko w przypadku odmian 'Darrow' i 'Northland' przekroczyła dolny poziom zawartości optymalnej w tym terminie oznaczeń. W przypadku wapnia na glebach bardzo kwaśnych należy rozważyć nawożenie tym składnikiem [Glonek i Komosa 2013]. Powszechnie polecaną praktyką w celu poprawy stanu odżywienia borówki wysokiej fosforem, wapniem i magnezem jest dokarmianie pozakorzeniowe [Wach i Błażewicz-Woźniak 2012, Ochmian i Kozos 2014, Wach 2014].

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania zawartości makroskładników w liściach borówki wysokiej wykazały zmniejszenie się zawartości N, P, K i wzrost Mg i Ca w okresie wegetacji.
2. Odmiany borówki wysokiej różniły się istotnie zawartością w liściach N, P, K i Mg.
3. Ocena zawartości składników mineralnych wg metody holenderskiej (połowa czerwca) wykazała niskie zawartości N, P, Mg i Ca w liściach badanych odmian borówki wysokiej, jedynie zawartość K była optymalna dla 'Ivanhoe', 'Northland' i 'Spartan'.
4. Ocena stanu odżywienia borówki wysokiej przeprowadzona wg metody amerykańskiej (przełom lipca i sierpnia) wykazała niską zawartość P w liściach, optymalną K, zaś w przypadku pozostałych składników dała niejednoznaczne wyniki. Niezależnie od odmiany zawartość N była na poziomie optymalnym tylko dla odmian 'Bluecrop', 'Bluejay' oraz 'Spartan'. Koncentracja Mg w liściach była niska, zaś optymalna tylko dla

odmian ‘Bluecrop’ i ‘Spartan’. Generalnie, ocena zawartości Ca wykonana w tym terminie wykazała niski jego poziom w liściach, jedynie odmiany ‘Darrow’ i ‘Northland’ miały optymalną zawartość tego składnika.

5. Dla warunków Lubelszczyzny lepszym terminem oznaczeń zawartości składników mineralny jest przełom lipca i sierpnia po pierwszym zbiorze odmiany ‘Bluecrop’.

PIŚMIENNICTWO

- Bal J.J.M., 1997. Blueberry culture in greenhouses, tunnels, and under raincovers. *Acta Hort.* 446, 327–331. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.446.48>
- Clark J.R., Maples R., 1990. Leaf elemental concentration of highbush blueberry cultivars grown on a mineral soil. *Fruit Var. J.* 44, 2, 89–92.
- Chuntanaparb N., Cummings G., 1980. Seasonal trends in concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium in leaf portions of apple, blueberry, grape, and peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(6), 933–935. <https://doi.org/10.21273/JASHS.105.6.933>
- 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.). *Rocz. Akad. Rol. Pozn., Ogrodn.* 383, 41, 297–302.
- Eaton G.W., Meehan C.N., 1971. Effects of leaf position and sampling date on leaf nutrient composition of eleven highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96(3), 378–380. <https://doi.org/10.21273/JASHS.96.3.378>
- Eck P., 1988. Blueberry science. Rutgers University Press, Brunswick, NJ.
- Głonek J., Komosa A., 2006. The effect of fertigation on the nutrient status and yield of highbush blueberry cv. ‘Bluecrop’. *Acta Hort.* 715, 371–374. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.55>
- Głonek J., Komosa A., 2013. Fertigation of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Part III. The effect on nutrient contents in leaves. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 12(3), 69–78.
- Gough R.E., 1994. The highbush blueberry and its management. Food Products Press, New York.
- Hanson E.J., Hancock J.F., 1996. Managing highbush blueberry nutrition. *MSUE Bull.* E-2011, 1–13.
- Hart J., Strik B., White L., Yang W.Q., 2006. Nutrient management for blueberries in Oregon. Oregon State University. Ext. Serv. Publ. Em 8918.
- Jiang Y., Li Y., Zeng Q., Wei J., Yu H., 2017. The effect of soil pH on plant growth, leaf chlorophyll fluorescence and mineral element content of two blueberries. *Acta Hort.* 2017, 1180, 269–276. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1180.36>
- Komosa A., 2014. Modern nutrition of highbush blueberry. In: Atlas of Diseases and Pests of high-Bush Blueberry, Plantpress sp. z o.o., Kraków, pp. 7–15.
- Komosa A., 2012. Theoretical basis of plant nutrition. In: Nutrition of Horticultural Plants. Basics and Perspectives, PWRiL Oddział: Poznań, Polska.
- Koszański Z., Rumasz-Rudnicka E., Friedrich S., 2008. Anatomy, morphology and yield of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) under the influence of irrigation and mineral fertilisation. *Acta Agrophys.* 11(3), 677–684.

- Ochmian I., Kozos K., 2014. Influence of foliar fertilisation with calcium fertilisers on the firmness and chemical composition of two highbush blueberry cultivars. *J. Elem.* 185–201. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.4.782>
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Pliszka K., Ścibisz K., Rojek H., 1992. Wpływ uprawy gleby i nawożenia na wzrost i plonowanie borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). *Prace Inst. Sadow. Kwiac.*, C 3–4, 42–45.
- Retamales J.B., Hancock J.F., 2012. Blueberries. *Crop Production Science in Horticulture Series 21*, CABI, Wallingford, CT, USA, 2012
- Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K., 1990. Określenie potrzeb nawożenia roślin sadowniczych. II. Zasady, liczby graniczne i dawki nawożenia. Instrukcja Upowszechnienia nr 3. SGGW, Warszawa, 25.
- Smolarz K., 2009. Borówka i żurawina – zasady racjonalnej produkcji. Wyd. Hortpress.
- Spier J.M., 1982. Seasonal variation of leaf nutrient composition in ‘Tifblue’ rabbiteye blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2), 255–257. <https://doi.org/10.21273/JASHS.107.2.255>
- Strik B.C., Vance A.J., 2015. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of northern highbush blueberry cultivars grown in conventional and organic production systems. *HortSci.* 50(10), 1453–1466.
- Townsend L.R., 1972. Effect of N, P, K, and Mg on the growth and productivity of the highbush blueberry. *Can. J. Plant. Sci.* 53, 161–168.
- von Tucher S., Hörndl D., Schmidhalter U., 2018. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet. *Ambio* 2018, 47, 41–49. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0970-2>
- Wach D., 2014. Wpływ dokarmiania pozakorzeniowego nawozem Busz-1 na plonowanie i zawartość wybranych makroskładników w liściach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) odmiany ‘Bluecrop’. *Ann. Hortic.* 24(4), 13–24.
- 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., Gawroński J., Dyduch-Siemińska M., Kaczmarska E., Błażewicz-Woźniak M., 2016. Phenotypic and genotypic variability of cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the Lublin region. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 15(6), 305–319.

Źródło finansowania: Publikacja została sfinansowana ze środków przyznanych Instytutowi Produkcji Ogrodniczej przez Ministerstwo Edukacji i Nauki na rozwój potencjału badawczego.

Summary. The study of changes in the content of selected nutrients in highbush blueberry leaves during the vegetation period and the nutritional assessment on a very acidic mineral soil developed from loamy sand and low humus content (1.25%) were carried out in years 2012–2014. Statistical analysis of the obtained results showed significant changes in the content of all tested nutrients during the growing season. The content of N, P and K in highbush blueberry leaves decreased, while Mg and Ca increased. Highbush blueberry varieties differed significantly in the content of the tested nutrients at each determination date. On the first date of assessment (Dutch method – mid-June), corresponding to the second date in the experiment, low content of N, P, Mg and Ca

was found in the leaves of all assessed cultivars. Only the optimal K content was found, but only for the 'Ivanhoe', 'Northland' and 'Spartan' cultivars. The nutritional status of leaves was also assessed on the third experimental date, which was compared with the limit numbers for the commonly used so-called American method (turn of July/August – after the first harvest of cv. 'Bluecrop'). The assessment of the nutritional status showed a low P content, optimal in the case of K, while in the case of the remaining nutrients it gave ambiguous results. Regardless of the variety, the N content was at the optimal level, but only for the 'Bluecrop', 'Bluejay' and 'Spartan' cultivars. Magnesium concentration in leaves was low and optimal only for 'Bluecrop' and 'Spartan' cultivars. Generally, the assessment of Ca content performed at this date showed a low level of it in the leaves, only the 'Darrow' and 'Northland' cultivars had the optimal content of this nutrient.

Key words: cultivars, macronutrients, nitrogen, phosphorus, kalium, magnesium, calcium

Otrzymano/Received: 5.12.2023

Zaakceptowano/Accepted: 24.01.2024

Opublikowano/Published: 22.04.2024