

ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W GLEBIE ORAZ W LIŚCIACH I OWOCACH BORÓWKI WYSOKIEJ (*Vaccinium corymbosum* L.) W ZALEŻNOŚCI OD pH I ZAWARTOŚCI PRÓCHNICZY ORAZ FORM NAWOZU AZOTOWEGO

Wojciech Stępień, Tomasz Sosulski, Stanisław Mercik

Zakład Chemii Rolniczej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Borówka wysoka wymaga gleb kwaśnych, umiarkowanie wilgotnych i próchnicznych [REJMAN, PLISZKA 1991]. Wzrost borówki jest znacznie ograniczony, gdy pH gleby przekracza 4,2–4,5 [SMOLARZ 1996; MERCIK i in. 1999]. Przyczyną takiej reakcji borówki na wyższe pH może być między innymi utrudniona redukcja pobranego przez rośliny N-NO₃, do formy amidowej. Na lepsze działanie formy amonowej niż azotanowej na wzrost i plonowanie borówki wskazują między innymi SOSULSKI i in. [1997], ŚCIBISZ [1980]; MERCIK i in. [1994]. Jedną z przyczyn gorszego wzrostu borówki na glebach o wyższym pH może być ograniczenie pobierania mikroelementów przez rośliny w formie kationów (Fe, Mn, Zn, Cu) [GUPTON, SPIERS 1996; TAMADA i in. 1997].

Celem pracy była ocena wpływu dużego zróżnicowania odczynu i zawartości C organicznego w glebie oraz stosowania na takich glebach azotu azotanowego lub amonowego na zawartość mikroelementów w glebie oraz w liściach i owocach borówki wysokiej.

Materiały i metodyka

Doświadczenie założono w 1995 roku na polu doświadczalnym SGGW w Skierniewicach, w kamionkach o średnicy 40 cm i wysokości 120 cm, zakopanych pionowo do gleby. W kamionkach tych były trzy gleby różniące się zawartością węgla organicznego do głębokości 30 cm. Do gleby bardzo kwaśnej (pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ = 4,0) i zawierającej 0,6% C org. dodano w 1995 r. 2 dawki torfu i w ten sposób otrzymano gleby o średniej (około 1,2%) i o wysokiej (około 1,8%) zawartości węgla organicznego. Na każdej z tych gleb (bloki) stworzono 3 podbloki różniące się odczynem (pH około 4, 5 i 6), dodając

do nich odpowiednie ilości CaCO_3 . Gleby każdego podbloku nawożono siarczanem amonu lub saletrą wapniową. Ponadto na powierzchnię gleby zastosowano co rok pozostałe makro- i mikroelementy w następujących dawkach:

- 5 g K w formie K_2SO_4 ,
- 1 g P w formie $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$,
- 0,5 g Mg w formie MgSO_4 ,
- 0,6 g $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$,
- 1,0 g $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$,
- 1,5 g $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$,
- 0,2 g H_3BO_3 .
- 0,5 g $(\text{NH}_4)_6\text{MoO}_{24} \times 4 \text{H}_2\text{O}$
- 1,7 g $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$

Wiosną 1995 roku do każdej kamionki wsadzono po jednej roślinie borówki wysokiej odmiany Bluecrop. Doświadczenie założono w 8 powtórzeniach. Zbiory owoców rozpoczęto w 1997 roku. Praca ta zawiera wyniki badań z lat 1997–1999.

Próbki gleby do analizy pobrano co rok po zbiorach owoców. W próbkach tych oznaczono: formy azotu, węgiel organiczny, pH oraz rozpuszczalne (w 1 mol HCl-dm^{-3}) formy mikroelementów. Liście borówki do analiz pobrane były w fazie intensywnego wzrostu owoców a owoce w czasie ich zbioru.

W próbkach liści i owoców oznaczono między innymi całkowite zawartości mikroelementów. Zawartość mikroelementów w wyciągach glebowych i roślinnych oznaczano metodą adsorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA).

Wyniki i dyskusja

Badane gleby bardzo różniły się odczynem, zawartością węgla organicznego oraz azotu ogólnego. Po 4 letnim corocznym nawożeniu mikroelementami wzrosła zasobność gleb we wszystkie badane mikroelementy. Porównując zawartość tych mikroelementów z liczbami granicznymi opracowanymi przez IUNG [GĘBARZEWSKI i in. 1987] można stwierdzić, że dla cynku i miedzi gleby są w klasie gleb zasobnych a w przypadku manganu poziom zasobności utrzymuje się jeszcze w górnym zakresie klasy gleb średniozasobnych. Zawartość mikroelementów w glebie zależała głównie od zawartości węgla organicznego a w mniejszym stopniu od odczynu (tab. 1). Najwięcej wszystkich czterech badanych mikroelementów było na glebie o najwyższej zawartości węgla organicznego (1,8%) a najmniej na glebie zawierającej jedynie 0,6% węgla. Wyższą zawartość Cu i Zn na glebach o wyższej zawartości próchnicy otrzymał również MOCEK i OWCZAREK [1993], a Cu, Mn i Zn CIEĆKO i in. [1992]. Manganu i cynku było więcej w glebie o lekko kwaśnej niż w glebie silnie kwaśnej i kwaśnej. Przyczyną tego było, że na glebach kwaśnych uzyskiwano znacznie wyższe plony (tab. 2) niż na glebach o wyższym pH i rośliny pobrały więcej cynku i manganu z gleby niż na kombinacjach o wyższym pH. A poza tym na glebach kwaśnych i słabo próchnicznych cynk jest łatwiej rozpuszczalny i prawdopodobnie ulegał wymywaniu w głąb profilu glebowego. Formy azotu (N-NH_4 i N-NO_3) (zastosowane rzutowo) najmniej różnicowały zawartość badanych mikroelementów w glebie. Otrzymywano jedynie nieco wyższe zawartości żelaza na glebach nawożonych formą saletrzaną niż amonową.

Tabela 1; Table 1

Zawartość rozpuszczalnych (w 1 mol HCl·dm⁻³) form Zn, Fe, Cu i Mn w glebie (średnie z lat 1997–1999)
Content of soluble (1 mol HCl·dm⁻³) forms of Zn, Fe, Cu and Mn in soil (mean for 1997–1999)

% C org. % org. C	pH _{KCl}	Forma N N form	Zawartość w glebie; Content in soil (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)			
			Zn	Fe	Cu	Mn
0,6	4,1	NH ₄	18,0	801,0	10,1	67,1
		NO ₃	23,4	900,5	8,6	69,7
	5,3	NH ₄	30,4	824,0	10,0	93,4
		NO ₃	33,1	944,0	9,4	92,8
	5,8	NH ₄	27,8	819,5	9,8	99,6
		NO ₃	29,2	939,5	9,5	99,7
1,2	4,3	NH ₄	31,7	1138,5	10,1	76,4
		NO ₃	32,7	1087,5	10,3	85,7
	5,0	NH ₄	32,0	1018,5	10,1	112,9
		NO ₃	34,5	1080,5	10,1	111,3
	5,6	NH ₄	29,4	1059,5	9,6	112,2
		NO ₃	31,3	1110,0	10,5	116,8
1,8	4,3	NH ₄	33,0	1170,0	14,5	86,0
		NO ₃	35,1	1296,0	10,2	123,0
	5,0	NH ₄	37,7	1223,5	10,7	128,3
		NO ₃	37,4	1272,0	10,9	134,9
	5,6	NH ₄	44,8	1251,5	12,8	145,5
		NO ₃	38,2	1302,0	9,7	136,9
Wartości średnie dla: Mean for:	pH _{KCl}	4,2	29,0	1065,6	10,6	84,7
		5,1	34,1	1060,4	10,5	115,6
		5,7	33,4	1080,3	10,3	118,4
	NH ₄		31,6	1034,2	10,8	103,5
		NO ₃	32,7	1103,6	10,1	109,0
	C - 0,6%		26,9	871,4	9,9	90,4
		C - 1,2%	31,9	1082,4	10,1	102,5
C - 1,8%		37,7	1252,5	11,5	125,7	

BALLINGER [1966] dla warunków Ameryki Północnej zaproponował następujące optymalne zawartości badanych mikroelementów w liściach borówki (mg·kg⁻¹ s.m.): Fe – 70–250, Cu – 10–20, Zn – 8–20, Mn – 50–350. W naszych badaniach zawartość Fe, Zn i Mn w liściach mieściła się w zakresie zaproponowanym przez Ballingera optymalnych zawartości, natomiast zawartość Cu była wyraźnie niższa i wynosiła 4,3–5,1 mg·kg⁻¹ s.m. (tab. 2). Mimo tak niskiej zawartości miedzi w porównaniu z zawartościami optymalnymi w trakcie wegetacji nie zaobserwowano objawów niedoboru tego pierwiastka na roślinach. Należy przypuszczać, że zawartości otrzymane w naszych badaniach były wystarczające dla tej odmiany. Również STĘPIEŃ i in. [1999] otrzymywali znacznie niższe zawartości miedzi w liściach borówek intensywnie rosnących i wysoko plonujących od zaproponowanych przez BALLINGERA [1966]. Wynika z tego potrzeba zbadania i uściślenia liczb granicznych określających zawartość mikroelementów w liściach borówki dla warunków

Polskich. Z badanych mikroelementów na poszczególnych kombinacjach najbardziej zróżnicowana była zawartość w liściach manganu (109–431 mg·kg⁻¹ s.m.) i cynku (14,6–27,1) a najmniej miedzi (4,3–5,4) i żelaza (102–156 mg·kg⁻¹ s.m.). Otrzymywano przeważnie wyższą zawartość cynku i manganu w liściach borówki uprawianej na glebach kwaśnych niż na glebach lekko kwaśnych. Wzrost zawartości węgla organicznego w glebie obniżał zawartość żelaza, cynku i manganu w liściach co mogło być spowodowane znacznie lepszym plonowaniem przy wyższej zawartości próchnicy. Liście borówki zawierały więcej manganu i żelaza przy nawożeniu N-NH₄ niż N-NO₃. Prawdopodobnie wynikało to z tego, że gleby nawożone siarczanem amonu były bardziej kwaśne niż nawożone saletrą potasową.

Tabela 2; Table 2

Plony owoców (g z rośliny) oraz zawartość mikroelementów w liściach i owocach borówki wysokiej

Yields of fruits (g per plant) and contents of microelements in leaves and fruits of highbush blueberry

C org. Org. C (%)	Forma azotu N form	pH _{KCl}	Plony Yields	Liście; Leaves (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)				Owoce; Fruits (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)			
				Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn
0,6	NH ₄	4,0	461	135	4,9	23,5	431,2	83	8,6	15,4	59,6
		4,9	135	149	4,7	18,7	267,8	73	8,3	16,8	39,3
		5,5	57	150	4,6	18,7	228,6	63	8,2	16,6	24,8
	NO ₃	4,3	339	135	5,0	27,1	390,2	55	8,2	16,2	61,6
		5,6	103	137	4,7	18,9	193,9	64	8,3	16,4	37,4
		6,0	57	144	4,3	18,8	185,9	64	8,1	15,9	36,1
1,2	NH ₄	4,1	572	139	4,9	18,4	347,6	73	8,6	18,0	46,6
		4,8	344	133	5,0	17,4	332,5	65	8,1	17,7	32,6
		5,4	245	142	4,3	17,8	157,7	60	7,9	17,0	21,7
	NO ₃	4,5	620	135	4,6	17,4	264,5	77	8,6	15,6	45,5
		5,2	289	145	4,7	16,2	128,0	72	8,1	15,5	33,6
		5,7	179	138	4,5	16,7	109,1	72	7,7	16,3	23,5
1,8	NH ₄	4,1	635	126	5,1	17,0	326,3	87	10,9	18,4	51,3
		4,8	410	156	4,8	18,4	221,4	81	9,1	18,1	30,3
		5,4	324	148	4,6	16,6	165,9	83	9,1	18,0	27,1
	NO ₃	4,5	545	119	5,4	18,2	275,6	123	10,2	19,9	50,2
		5,1	416	102	5,1	17,7	159,9	102	10,0	19,6	25,2
		5,7	325	102	5,1	15,8	124,5	95	9,3	19,0	23,9
Wartości średnie dla: Mean for:	pH _{KCl}	4,2	554	132	5,0	20,2	339,2	83	9,2	17,3	52,2
		5,1	310	139	4,8	17,9	217,2	76	8,6	17,4	33,1
		5,7	207	137	4,6	17,4	161,9	73	8,4	17,1	26,2
	NH ₄ NO ₃	353	143	4,7	18,5	275,4	74	8,8	17,3	37,0	
		319	129	4,8	18,5	203,5	80	8,7	17,2	37,4	
	C – 0,6% C – 1,2% C – 1,8%	221	142	4,7	20,9	282,9	67	8,3	16,2	43,1	
382		139	4,6	17,3	223,2	70	8,2	16,7	33,9		
458		127	5,0	17,2	212,2	95	9,8	18,8	34,7		

Podobnie jak w przypadku liści największy wpływ na zawartości badanych mikroelementów w owocach borówki wysokiej odmiany Bluecrop wywierał od-

czyn gleb. Otrzymano wyższą zawartość żelaza, miedzi i manganu w owocach roślin uprawianych na glebie silnie kwaśnej niż lekko kwaśnej. Zawartość żelaza, cynku i miedzi w owocach były wyższe na glebie o najwyższej zawartości węgla organicznego niż na glebach zawierających mniej próchnicy, natomiast w przypadku manganu otrzymano zależność odwrotną. Forma azotu nie wpływała na zawartość badanych mikroelementów w owocach borówki.

Wnioski

1. Zawartość wszystkich mikroelementów w glebie (w 1 mol HCl-dm⁻³) wyraźnie wzrastała wraz ze wzrostem ilości próchnicy. Wbrew oczekiwaniom zawartość manganu i cynku w glebie większa jest na glebie lekko kwaśnej niż na bardzo kwaśnej.
2. Zawartość manganu, cynku i żelaza w liściach borówki zmniejszała się wraz ze wzrostem zawartości węgla organicznego w glebie. Otrzymano również wyraźnie mniej Mn w liściach i owocach na glebie lekko kwaśnej niż kwaśnej i silnie kwaśnej.
3. Liście borówki zawierały więcej manganu i żelaza przy nawożeniu N-NH₄ niż N-NO₃.

Literatura

BALLINGER W.E. 1996. *Soil management, nutrition and fertilizer practices. Blueberry culture*. Edition by P.Eck and N.F. Childers. Rutgers Univ. Press.: 53–89.

CIEĆKO Z., SZAGAŁA J., NUŻYŃSKI A., LIPSKI K., OSTROWSKI J., WOJTAS A. 1992. *Badania zawartości mikroelementów w wybranych glebach województwa suwalskiego*. Mat. VII Sym. „Mikroelementy w rolnictwie” 16–17 IX 1992, AR Wrocław: 27–30.

GĘBARZEWSKI H., KAMIŃSKA W., KORZENIOWSKA J. 1987. *Zastosowanie 1 M roztworu HCl jako wspólnego ekstrahenta do oceny zasobności gleb w przyswajalne formy mikroelementów*. Prace Kom. Nauk PTG 99: 1–9.

GUPTON C.L., SPIERS J.M. 1996. *High zinc concentrations in the growing medium contribute to chlorosis in blueberry*. Hort. Science 31(6): 955–958.

MERCIK S., STĘPIEŃ W., SMOLARZ K. 1994. *Punktowe stosowanie azotu pod borówkę wysoką i porzeczkę czarną*. XXXIII Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza. Inst. Sad. i Kwiciar. Cz. II: 284–287.

MERCIK S., STĘPIEŃ W., SMOLARZ K. 1999. *Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na plonowanie 5 i 25-letnich krzewów borówki wysokiej oraz skład chemiczny liści*, w: *Uprawa Borówki i Żurawiny*. Inst. Sad. i Kwiciar.: 45–52.

MOCEK A., OWCZAREK W. 1993. *Wiązanie Cu, Pb, Zn przez próchnicę w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 411: 293–298.

REJMAN, A., PLISZKA K. 1991. *Borówka wysoka*. PWRiL Warszawa.

SMOLARZ K. 1996. *Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na wzrost i plonowanie kilku gatunków roślin jagodowych*. Zesz. Nauk Inst. Sad. i Kwiciar. Monografie i Rozprawy: 28–44.

SOSULSKI T., MERCIK S., PLISZKA K. 1997. *Współdziałanie pH, zawartości próchnicy oraz form nawozów azotowych na wzrost borówki wysokiej*. I Ogólnopolska Konferencja borówkowa, Inst. Sad. i Kwiciar.: 29–36.

STĘPIEŃ W., MERCIK S., SMOLARZ K., LASZLOWSZKY-ZMARLICKA A. 1999. *Współdziałanie kilku sposobów pielęgnacji gleby i dawek azotu na właściwości fizykochemiczne gleby, plon owoców oraz skład chemiczny liści*, w: *Uprawa Borówki i Żurawiny*. Inst. Sad. i Kwiciar.: 52–59.

ŚCIBISZ K. 1980. *Nawożenie azotem borówki wysokiej*. Sad Nowoczesny 5: 8–10.

TAMADA T, YARBOROUGH D.E., SMAGULA J.M. 1997. *Effect of manganese, copper, zinc and aluminium application rate on the growth and composition of „Woodard” rabbiteye blueberry*. Acta Horticulturae 446: 497–506.

Słowa kluczowe: mikroelementy w glebie oraz w liściach i owocach borówki, pH i zawartość węgla organicznego w glebie, formy nawozu N

Streszczenie

W kamionkach o średnicy 40 cm i wysokości 120 cm były trzy gleby różniące się zawartością węgla organicznego: 0,6%; 1,2% i 1,8%. Na każdej z tych gleb (bloki) stworzono 3 podbloki różniące się odczynem (pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ wynosiło około 4, 5 i 6), dodając do nich odpowiednie ilości CaCO₃. Gleby każdego podbloku nawożono siarczanem amonu lub saletrą wapniową. Siarczan amonu zastosowano dwoma sposobami: rzutowo na całą powierzchnię i punktowo do wkładki torfowo-glinowej. Wkładki torfowo-glinowe sporządzono z mieszaniny torfu wysokiego (80%) i gliny lekkiej (20%). Przygotowane podłoże umieszczono w dołku znajdującym się w odległości 8 cm od rośliny. Dołki miały kształt walca o rozmiarach 8 cm średnicy i 15 cm głębokości. Ponadto na powierzchnię gleby lub do wkładki zastosowano co rok pozostałe makro- i mikroelementy.

Celem pracy była ocena wpływu dużego zróżnicowania odczynu i zawartości C organicznego w glebie oraz stosowania na takich glebach azotu azotanowego lub amonowego na zawartość mikroelementów w glebie oraz w liściach i owocach borówki wysokiej.

Wzrost zawartości węgla organicznego oraz pH zmniejszyły zawartość manganu, cynku i żelaza w liściach borówki. Owoce borówki zebrane z gleb silnie kwaśnych zawierały więcej manganu, miedzi i żelaza niż owoce z roślin rosnących na glebach lekko kwaśnych. Liście i owoce borówki z kamionek nawożonych punktowo siarczanem amonu zawierają więcej manganu i cynku niż w kombinacji gdzie stosowano saletrę i siarczan amonu na całą powierzchnię. Borówka nawożona formą amonową zawierała w liściach więcej manganu i żelaza niż nawożona formą saletrzaną.

MICROELEMENT CONTENTS IN SOIL, LEAVES AND FRUITS
OF Highbush BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.)
AS AFFECTED BY SOIL pH, HUMUS CONTENT
AND FORMS OF NITROGEN FERTILIZER

Wojciech Stępień, Tomasz Sosulski, Stanisław Mercik
Department of Agricultural Chemistry,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Summary

Key words: microelements in soil and in leaves or fruits of blueberry, pH and organic C in soil, forms of N fertilized

Experiment was conducted in the stonewares of 40 cm diameter and 120 cm height, filled with 3 soil kinds containing 0.6; 1.2 and 1.8% organic C. For each of these soils (blocks) 3 subblocks of different soil reaction (pH_{KCl} about 4; 5 and 6) were created after application of different doses of CaCO_3 . Soils in each subblock were fertilized with ammonium sulphate and calcium nitrate. Ammonium sulphate was applied in 2 ways: broadcast sowing on total surface of soil in stoneware and on spot placed in a loamy peat bar. These bars were prepared of the mixture containing high moor peat (80%) and loam (20%). Such mixed bed was placed in a hole outlying 8 cm from plant. The holes were shaped like cylinders of 8 cm in diameter and 15 cm high. Furthermore, on soil surface or to the bar the other macro- and microelements were applied every year.

This experiment was conducted to estimate the influence of widely differentiated soil reaction, organic C content in soil and method of NH_4^- and N-NO_3 application on the content of microelements in soil, leaves and fruits of highbush blueberry.

Rise of organic C content and increase of pH value decreased the content of Mn, Zn and Fe in of blueberry leaves. The blueberry fruits harvested on strongly acid soils contained more Mn, Cu and Fe than the fruits from plants grown on slightly acid soils. Leaves and fruits of blueberry from stonewares with ammonium sulphate supplied by spot method showed higher Mn and Zn contents than these from stonewares with ammonium nitrate and sulphate applied by broadcast sowing on total soil surface. At supply of N as NH_4 the leaves of blueberry contained more Mn and Fe than by the use of N in nitrate form.

Dr Wojciech Stępień
Zakład Chemii Rolniczej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Rakowiecka 26/30
02-528 WARSZAWA
e-mail: rol_kcr@delta.sggw.waw.pl