

WPŁYW NAWADNIANIA I NAWOŻENIA NPK NA BUDOWĘ  
ANATOMICZNĄ I MORFOLOGICZNĄ ORAZ PŁONOWANIE BORÓWKI  
WYSOKIEJ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

Zdzisław Koszański<sup>1</sup>, Ewa Rumaszk-Rudnicka<sup>1</sup>, Stefan Friedrich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, Akademia Rolnicza

<sup>2</sup>Katedra Botaniki, Akademia Rolnicza

ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

e-mail: zkoszanski@agro.ar.szczecin.pl

**Streszczenie.** Doświadczenie polowe prowadzono na glebie lekkiej, zaliczanej do kompleksu żyniego słabego i IVb klasy bonitacyjnej. Testowaną borówkę odmiany 'Patriot', uprawiano utrzymując 2 poziomy uwilgotnienia gleby:  $W_1$  – 50-60% polowej pojemności wodnej (ppw – 0,03 MPa) i  $W_2$  – 90-95% ppw (0,01 MPa). Zastosowano 3 poziomy nawożenia mineralnego: 0 NPK – obiekt kontrolny, 1 NPK – 130 kg·ha<sup>-1</sup> (60 + 30 + 40), 2 NPK – 260 kg NPK·ha<sup>-1</sup> (120 + 60 + 80) i 3 NPK – 390 kg NPK ·ha<sup>-1</sup> (180 + 90 + 120)<sup>1</sup>. Wyniki wskazują na korzystną reakcję borówki na wyższą zawartość wody w glebie i nie wysokie nawożenie. Nawadniane rośliny lepiej rosły rozwijając więcej liści i łodyg. Obserwowano również pozytywne zmiany w budowie anatomicznej i morfologicznej. Intensywne nawadnianie zwiększało plon jagód o 54%, natomiast nawożenie mineralne prowadziło do zmniejszenia plonów.

**Słowa kluczowe:** borówka wysoka, nawożenie mineralne, nawadnianie, budowa anatomiczna, budowa morfologiczna, plon

#### WSTĘP

W Polsce uprawą borówki zajmowali się m.in. Gruca (1997), Smolarz (1997, 1999), Smolarz i Chlebowska (2003), Mercik i in. (1999). Czynniki sprzyjającymi uprawie borówki wysokiej w naszym kraju są korzystne warunki klimatyczne, duży areał gleb lekkich i kwaśnych, małe wymagania nawozowe tej rośliny, wieloletnie plonowanie założonej plantacji oraz duży popyt na jej owoce w kraju i za granicą.

Celem badań prowadzonych od niedawna na Pomorzu Szczecińskim jest określenie wpływu nawożenia i uwilgotnienia gleby na plonowanie oraz budowę anatomiczną i morfologiczną borówki wysokiej odmiany Patriot uprawianej na glebie lekkiej.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzone było na glebie lekkiej, zaliczanej do kompleksu żytniego słabego i IVb klasy bonitacyjnej. Gleba była uboga w składniki pokarmowe i substancję organiczną (ok. 1,5%). Przed założeniem doświadczenia w celu zakwaszenia gleby wysiano 1,5 t·ha<sup>-1</sup> siarki. Po zakwaszeniu pH gleby wynosiło 4,0-4,5. Poziom wody gruntowej znajduje się poniżej 3 m. Testowaną odmianę 'Patriot' uprawiano na dwóch poziomach uwilgotnienia gleby: W<sub>1</sub> – 50-60% ppw (0,03 MPa) i W<sub>2</sub> – 90-95% ppw (0,01 MPa). Odpowiednie uwilgotnienie gleby zapewniała linia kropkująca o rozstawie emiterów co 30 cm i wydajności 2,4 l·h<sup>-1</sup>. Do tego stosowano 3 poziomy nawożenia mineralnego: 0 NPK – obiekt kontrolny, 1 NPK – 130 kg·ha<sup>-1</sup> (60 + 30 + 40), 2 NPK – 260 kg NPK·ha<sup>-1</sup> (120 + 60 + 80) i 3 NPK – 390 kg NPK·ha<sup>-1</sup> (180 + 90 + 120). Badania budowy anatomicznej łodygi i liści przeprowadzono na 5-letnich roślinach z obiektu kontrolnego oraz z obiektu nawożonego dawką 3 NPK, przy dwóch poziomach uwilgotnienia gleby. Z materiału roślinnego pobranego z pola i zakonserwowanego w 75% alkoholu etylowym wykonano: przekroje poprzeczne łodygi, przekroje poprzeczne blaszki liściowej, z nerwem głównym, oraz preparaty powierzchniowe z dolnej skórki liścia (Braune i in. 1975). Preparaty łodygi wykonano ze środkowego międzywęzła jednorocznego przyrostu oraz z liścia pobranego z sąsiedniego węzła.

## WYNIKI

W budowie anatomicznej łodygi (tab. 1) zaobserwowano, że przy większym uwilgotnieniu gleby (W<sub>2</sub>), średnica łodygi zwiększyła się istotnie (o 8,8%), w czym największy udział miał rozrost tkanki miękiszowej budującej rdzeń. Również w sposób istotny i to korzystnie zwiększyła się grubość warstw: kutikuli (o 29,5%), łyka (o 25,6%), drewna (o 29,5%) oraz skórki i kutikuli (o 1,9%). Omawiane warunki wodne nie zmieniały istotnie grubości warstwy sklerenchymy i kolenchymy. Nawożenie mineralne rozpatrywane niezależnie od uwilgotnienia gleby (tab. 1) w sposób istotny zwiększało grubość warstw: sklerenchymy (o 52%), kutikuli (o 22%) i drewna (o 11,5%) oraz zmniejszało średnicę rdzenia (o 5,1%), a także grubość skórki i kutikuli (o 2,6%). Statystycznie nie udowodniono wpływu zwiększonej dawki NPK na średnicę łodygi oraz grubość warstw kolenchymy i łyka. Kompleksowe działanie dobrego uwilgotnienia gleby (W<sub>2</sub>) oraz obfitego nawożenia mineralnego (3 NPK) w porównaniu do obiektu kontrolnego (W<sub>1</sub> i 0 NPK) spowodowało istotne zwiększenie grubości prawie wszystkich tkanek z wyjątkiem kolenchymy oraz skórki i kutikuli łącznie. W największym stopniu zwiększyła się grubość warstw kutikuli (o 56%), sklerenchymy (o 50%), drewna (o 34,7%), łyka (o 17,9%), oraz średnica rdzenia

(o 11%), natomiast w najmniejszym stopniu średnica łądygi (o 5,4%). W wyniku poprawy agrotechniki warunkującej optymalne uwilgotnienie gleby oraz odpowiednio wysokie nawożenie mineralne łądygi borówki były grubsze, miały lepiej rozwinięte tkanki mechaniczne (kolenchymę, sklerenchymę, drewno i łyko) i bardziej zabezpieczone przed utratą wody (dzięki grubszej kutikuli).

Uwilgotnienie gleby miało istotny wpływ również na wszystkie analizowane cechy anatomiczne liścia (tab. 1). Porównując dwa poziomy uwilgotnienia gleby, grubość blaszki liściowej zwiększyła się o 12%, na co największy wpływ miało zwiększenie grubości miękiszu. Znacznie, bo aż o 38,2% zmniejszyła się liczba aparatów szparkowych na 1 mm<sup>2</sup> dolnej skórki. Równocześnie komórki aparatów były o 18,1% dłuższe. Wyższy poziom uwilgotnienia i nawożenia mineralnego spowodował podobne zmiany, lecz były one nieco mniejsze niż w przypadku roślin tylko nawożonych (3NPK), np. blaszka liściowa była grubsza o 8%. Samo nawożenie mineralne spowodowało wzrost grubości wszystkich tkanek liścia z wyjątkiem warstwy miękiszu gąbczastego, ilości aparatów szparkowych oraz długości ich komórek. Działanie to w mniejszym stopniu wpływało na grubość tkanek liścia niż optymalne uwilgotnienie gleby.

Przy współdziałaniu wysokiego uwilgotnienia gleby (W<sub>2</sub>) z obfitym nawożeniem mineralnym (3NPK) nastąpiły zmiany budowy anatomicznej liścia podobne jak w przypadku oddziaływania wyższego uwilgotnienia gleby (W<sub>2</sub>) z wyjątkiem nieistotnych zmian w ilości aparatów szparkowych oraz długości ich komórek.

W budowie morfologicznej borówki wysokiej (tab. 2), rosnącej na obiektach dobrze uwilgotnionych (W<sub>2</sub>) stwierdzono większe przyrosty jednorocznych pędów, w związku z czym rośliny były wyższe. Średnia liczba kwiatostanów na jednym krzewie wzrosła w tym wariantcie doświadczenia (W<sub>2</sub>) prawie dwukrotnie, natomiast duże dawki 3NPK nie sprzyjały zawiązywaniu kwiatostanów. Natomiast sumaryczna długość pędów jednorocznych wzrosła pod wpływem lepszego uwilgotnienia gleby o 28%, a pod wpływem nawożenia o 48%.

Dotychczas nie prowadzono badań dotyczących zmian budowy anatomicznej i morfologicznej borówki pod wpływem zabiegów agrotechnicznych. Wyniki niniejszego doświadczenia są w dużym stopniu zbliżone do wyników uzyskanych w podobnych doświadczeniach prowadzonych z udziałem roślin jednorocznych (Karczmarczyk i in. 1996, 1999; Zbieć i in. 1988; Podsiadło i in. 2002).

Zapewnienie borówce wysokiej optymalnego uwilgotnienia gleby (W<sub>2</sub>) zwiększyło plon jagód o 53,6%, (tab. 3), natomiast nawożenie mineralne powodowało zmniejszenie plonu. Wzrastające dawki azotu, fosforu i potasu powodowały intensywny wzrost wegetatywny, natomiast słaby rozwój generatywny, wyrażający się zmniejszoną ilością zawiązaných kwiatostanów.

**Tabela 1.** Budowa anatomiczna borówki wysokiej  
**Table 1.** Anatomical features of highbush blueberry

Cecha – Feature	Nawadnianie Irrigation		Nawożenie Fertilisation		W <sub>1</sub>		W <sub>2</sub>		NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		
	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	0NPK	3NPK	0 NPK	3 NPK	0 NPK	3 NPK	W	N	W/N
Łodyga – Shoot											
Średnica łodygi – Shoot diameter (µm)	2779,5	3024,5	2950	2854,0	2747,0	2812,0	3153,0	2896,0	39,4	n.i.	58,2
Grubość skórki i kutikuli Width of epidermis with cuticula (µm)	15,5	15,8	15,8	15,4	16,1	14,9	15,6	15,9	1,2	0,9	r.n. n.s.
Grubość warstwy kutikuli Width of cuticula (µm)	4,4	5,7	4,5	5,5	3,9	4,9	5,2	6,1	0,6	0,6	0,8
Grubość warstwy kolenchymy Width of collenchyma (µm)	76,2	79,6	78,8	77,1	75,8	76,7	81,8	77,4	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.
Grubość warstwy sklerenchymy Width of sclerenchyma (µm)	8,1	7,8	6,3	9,6	5,8	10,4	6,8	8,7	r.n. n.s.	0,9	1,5
Grubość warstwy drewna Width of xylem (µm)	153,1	186,8	160,7	179,2	150,3	155,9	171,2	202,5	8,5	7,1	r.n. n.s.
Grubość warstwy łyka Width of phloem (µm)	52,4	65,8	61,1	57,0	51,3	53,5	71,0	60,5	r.n. n.s.	r.n. n.s.	11,9
Średnica rdzenia – Pith diameter (µm)	998,5	1159,5	1106	1052,0	966,1	1031,0	1246,0	1073,0	53,8	46,4	71,0

Liść – Leaf											
Grubość blaszki – Width of leaf blade (µm)	241,4	270,3	253,9	257,8	234,9	247,9	272,9	267,6	7,9	8,5	11,6
Grubość skórki górnej i kutikuli Width of upper leaf epidermis with cuticula (µm)	20,8	26,3	22,0	25,1	18,5	23,1	25,5	27,0	1,2	1,0	1,6
Grubość skórki dolnej Width of lower leaf epidermis (µm)	16,4	23,0	18,3	21,1	14,4	18,5	22,3	23,7	0,8	1,1	1,4
Grubość warstwy miękiszu palisadowego Width of palisade parenchyma (µm)	88,9	106,5	94,9	100,5	84,1	93,8	105,7	107,2	2,7	2,5	3,7
Grubość warstwy miękiszu gąbczastego Width of spongy parenchyma (µm)	102,0	114,0	108,6	107,4	101,8	102,3	115,5	112,5	2,5	r.n. n.s.	3,2
Aparaty szparkowe na pow. skórki dolnej (szt./1 mm <sup>2</sup> ) Number of stomata on 1 mm <sup>2</sup> of lower leaf surface	29,8	18,4	24,0	24,2	30,0	29,6	18,0	18,8	1,3	r.n. n.s.	r.n. n.s.
Długość komórki aparatu szparkowego Length of 1 stomatal cell (µm)	20,4	24,1	22,3	22,2	20,5	20,2	24,1	24,1	1,4	r.n. n.s.	r.n. n.s.

W – nawadnianie – irrigation: W<sub>1</sub>– uwilgotnienie gleby wynoszące 50-60% ppw – soil moisture level at 60-65% of field water capacity, W<sub>2</sub>– uwilgotnienie gleby wynoszące 90-95% ppw – soil moisture level at 90-95% of field water capacity, N – nawożenie mineralne (NPK) – mineral fertilisation (NPK); r.n. – różnice nieistotne, n.s. – non- significant differences .

**Tabela 2.** Budowa morfologiczna borówki wysokiej  
**Table 2.** Morphological features of highbush blueberry

Objekt – Object		Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba kwiatostanów na krzewie No. of inflorescences	Liczba pędów jednorocznych na krzewie No. of 1-year shoots	Łączna długość pędów jednorocznych (cm na krzew) Total length of 1-year shoots (cm per bush)
Nawadnianie Irrigation	Nawożenie Fertilisation				
W <sub>1</sub>	0 NPK	69,9	10,0	5,3	179
	3 NPK	74,6	6,8	7,3	290
Średnio – Mean		72,3	8,4	6,3	235
W <sub>2</sub>	0 NPK	72,6	22,5	6,3	253
	3 NPK	84,6	14,0	9,3	349
Średnio – Mean		78,6	18,3	7,8	301
Średnia Mean	0 NPK	71,3	16,3	5,8	216
	3 NPK	79,6	10,4	8,3	320

**Tabela 3.** Plon jagód borówki wysokiej (kg na krzew)  
**Table 3.** Yield of highbush blueberry fruit (kg on 1 bush)

Objekt – Object		Plon jagód przy uwilgotnieniu Yield of berry in different soil moisture conditions		Średnio – Mean
		W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	
Lata Year	2000	0,40	0,71	0,56
	2001	1,20	1,52	1,36
	2002	0,91	1,65	1,28
Średnio – Mean		0,84	1,29	
Nawożenie Fertilization	0 NPK	1,12	1,64	1,38
	1 NPK	1,07	1,52	1,30
	2 NPK	0,61	1,07	0,84
	3 NPK	0,55	0,94	0,75
Średnio – Mean		0,84	1,29	

NIR<sub>0,05</sub> dla poziomów uwilgotnienia gleby – LSD<sub>0,05</sub> for: soil moisture level: 0,04; NIR<sub>0,05</sub> dla nawożenia mineralnego – LSD<sub>0,05</sub> for mineral fertilisation: 0,08,

W<sub>1</sub> – uwilgotnienie gleby, wynoszące 50-60% ppw – soil moisture level at 50-60% of field water capacity, W<sub>2</sub> – uwilgotnienie gleby wynoszące 90-95% ppw – soil moisture level at 90-95% of field water capacity.

Przeprowadzone badania potwierdzają wyniki wcześniejszych prac, m.in. Smolarza (1997, 1999), Gruca (1997), Mercika i in. (1999) oraz Smolarza i Chlebowskiej (2003).

#### WNIOSKI

1. Borówka wysoka odmiany 'Patriot', uprawiana na glebie dobrze uwilgotnionej ( $W_2 - 90-95\%$  ppw) w porównaniu z krzewami rosnącymi w gorszych warunkach wodnych ( $W_1 - 50-60\%$  ppw) wytwarzała grubsze pędy, o dobrze rozwiniętej tkance mechanicznej (kolenchyma) i grubszą kutikulę. Korzystne warunki wodne sprzyjały wytwarzaniu grubszych liści głównie ze względu na większą ilość miękiszu asymilacyjnego, oraz mniejszą liczbę szparek.

2. Lepsze warunki wilgotnościowe gleby sprzyjały plonowaniu borówki wysokiej odmiany 'Patriot', natomiast nawożenie mineralne przyczyniało się do zmniejszenia plonu jagód.

#### PIŚMIENNICTWO

- Braune W., Leman A., Taubert H., 1975. *Praktikum z anatomii roślin*. PWN, Warszawa.
- Gruca Z., 1997. Wpływ nawadniania na wzrost i plonowanie borówki wysokiej. (w: I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa, Skierniewice, 25 czerwca 1997 r.), Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 53-55.
- Karczmarczyk S., Friedrich S., Kowalski W., Rakowski D., Wojtasik D., 1999. Changes of anatomical and morphological features and yield of spring cereals caused by irrigation and mineral fertilization. *Folia Univ. Agric. Stetin, Ser. Agricultura*, 193(73), 117-124.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Friedrich S., Kowalski W., 1996. Porównanie reakcji dwóch odmian owsa na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. I. Wzrost, rozwój i plonowanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 438, 219-226.
- Mercik S., Stępień W., Smolarz K., 1999. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na plonowanie 5 i 25-letnich krzewów borówki wysokiej oraz skład chemiczny liści. *Uprawa borówki i żurawiny*. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 45-51.
- Podsiadło C., Błaszowski J., Karczmarczyk S., Friedrich S., 2002. Zmiany w zdrowotności i rozwoju oraz plonowaniu lubinu białego i grochu siewnego pod wpływem deszczowania i nawożenia mineralnego. *Acta Agrobot.*, 55(1), 271-283.
- Smolarz K. 1997. Ogólne wiadomości o borówce. (w: I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa, Skierniewice, 25 czerwca 1997 r.), Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 3-7.
- Smolarz K., 1999. Plonowanie borówki wysokiej odmiany 'Bluecrop' w zależności od intensywności cięcia roślin. *Uprawa borówki i żurawiny*. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice, 70-79.
- Smolarz K., Chlebowska D., 2003. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotanowego na plonowanie roślin borówki wysokiej odmiany 'Bluecrop' przy różnej rozstawie roślin w rzędach. *Uprawne rośliny wrzosowate*. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice 2003, 46-53.
- Zbieć I., Karczmarczyk S., Kowalski W., Friedrich S., 1988. Wzrost i plonowanie kukurydzy poddanej działaniu stresu wodnego i pokarmowego. Cz. II. Budowa morfologiczna i anatomiczna liści i łodyg kukurydzy. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Ser. Rolnictwo*, 135(46), 273-280.

ANATOMY, MORPHOLOGY AND YIELD OF HIGHBUSH BLUEBERRY  
(*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) UNDER THE INFLUENCE  
OF IRRIGATION AND MINERAL FERTILISATION

Zdzisław Koszański<sup>1</sup>, Ewa Rumasz-Rudnicka<sup>1</sup>, Stefan Friedrich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Production and Irrigation, Agricultural University

<sup>2</sup>Department of Botany, Agricultural University

ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

e-mail: zkoszanski@agro.ar.szczecin.pl

**Abstract.** The study was carried out on a sandy soil. High bush blueberry (cv. 'Patriot') was tested during cultivation at different water regimes: W<sub>1</sub> – soil moisture level at 50-60% of field water capacity (0.03 MPa) and W<sub>2</sub> – soil moisture level at 90-95% of field water capacity (0.01 MPa), and at various NPK doses: 0 NPK – control, 1 NPK – 130 kg ha<sup>-1</sup> (60 + 30 + 40), 2 NPK – 260 kg NPK ha<sup>-1</sup> (120 + 60 + 80) i 3 NPK – 390 kg NPK ha<sup>-1</sup> (180 + 90 + 120). The study showed a positive reaction of highbush blueberry to high amount of water in soil but not to large doses of NPK. The irrigated plants grew better, and developed more leaves and shoots. Positive changes in the anatomy and morphology of shoots and leaves were also observed. As an effect of good soil moisture conditions (90-95% of field water capacity) the yield of berries increased by 54%, but intensive mineral fertilisation did not increase the crop in the case of the Patriot cultivar.

**Key words:** highbush blueberry, mineral fertilisation, drip irrigation, anatomy, morphology, yield