

OCENA EFEKTÓW NAWADNIANIA KROPOWEGO BORÓWKI WYSOKIEJ

Zdzisław Koszański, Ewa Rumas-Rudnicka

Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Streszczenie. Badania polowe wykonano w latach 2004-2006 na glebie brunatnej kwaśnej, kompleksu żyniego dobrego. Oddziaływanie nawadniania kropowego oceniano na 6, 7 i 8 letnich krzewach borówki wysokiej odmiany „Patriot” i „Spartan”. Odmiana „Spartan” wyróżniała się większą produktywnością i efektywnością jednostkową wody niż odmiana „Patriot”. Nawadnianie istotnie zwiększało plon owoców i masę 100 jagód, a także natężenie asymilacji i transpiracji liści.

Słowa kluczowe: nawadnianie kropowe, plon, borówka wysoka, CO₂ asymilacja, transpiracja

Wstęp

Wysokie plony jagód borówki wysokiej o dobrej wartości biologicznej można otrzymać zapewniając jej odpowiednie warunki pokarmowe [Mercik i in. 1999; Stępień i in. 1999; Sosulski 1999; Smolarz i Chlebowska 2003], wodne [Gruca 1997; Treder 1997], oraz dobierając do uprawy odpowiednie odmiany [Dierking 1999; Chlebowska i Smolarz 1997; Smolarz 1997; Wach 1999]. Niedobór opadów atmosferycznych bądź też niewłaściwy ich rozkład w okresie wegetacji borówki wysokiej bywa często przyczyną niskich zbiorów.

Celem podjętych badań było określenie możliwości plonotwórczych oraz natężenia asymilacji i transpiracji liści borówki wysokiej odmiany „Spartan” i „Patriot” uprawianych na glebie lekkiej w zróżnicowanych warunkach wodnych.

Metodyka

Doświadczenie polowe wykonano w latach 2004-2006 w SD Lipki, na 6, 7 i 8 letniej plantacji borówki wysokiej, założonej na glebie brunatnej kwaśnej, wytworzonej z piasku zwałowego naglinionego, kompleksu żyniego dobrego. Gleba w warstwie ornej (przed założeniem doświadczenia) zawierała 1,3-1,5% masy organicznej, charakteryzowała się odczynem słabo kwaśnym, posiadała małą zawartość przyswajalnych form P (3,1-3,5 mg·100g⁻¹) i K (4,8-5,3 mg·100g⁻¹), a poziom wody gruntowej znajdował się poniżej 3 m. Przed posadzeniem krzewów, w celu zwiększenia zawartości masy organicznej w glebie, wzdłuż rzędów w pasie o szerokości 1 m ułożono 10 cm warstwę trocin z drzew iglastych i wymieszano je z taką samą warstwą gleby.

W schemacie doświadczenia uwzględniono warunki wodne i odmianowe. Czynniki wodny: W_0 - poletka kontrolne (bez nawadniania) i W_1 - poletka nawadniane przy sile ssącej gleby powyżej 0,01 MPa. Potrzebę nawadniania określano na podstawie wskazań tensjometrów. Do nawadniania użyto linii kroplującej o rozstawie emiterów co 30 cm i wydajności $2,4 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$. Czynniki odmianowy: odmiany „Spartan” i „Patriot”. Krzewy wysadzano w rozstawie $2 \times 1,2 \text{ m}$ (w rzędzie 7 szt., na poletku 14 szt.). Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła $16,8 \text{ m}^2$. W każdym roku krzewy nawożono $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (siarczan amonu) natomiast dawki nawozów P i K (o ile była taka potrzeba) stosowano w zależności od zawartości tych składników w glebie.

W okresie tworzenia, wykształcania i dojrzewania jagód, w następnym dniu po nawadnianiu, mierzono asymilację i transpirację liści analizatorem gazowym LCA-4. Oznaczenia wykonywano przy radiacji aktywnej (PAR) $380 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Uwzględniając plon owoców i sezonowe normy nawadniania wyliczono produktywność netto 1 mm wody. Oznaczono wagę 100 owoców i ich suchą masę.

W poszczególnych latach badań średnie miesięczne temperatury powietrza w okresie wegetacji borówki wysokiej (tab.1) były od $0,8^\circ\text{C}$ do $2,6^\circ\text{C}$ wyższe w porównaniu do średnich z wielolecia. Różnice te w niektórych miesiącach były jeszcze większe np. 2006 r. w lipcu dochodziły do $6,5^\circ\text{C}$. Opady były niższe od normy z wielolecia, w 2004 r. o 17,6%, 2005 r. o 20,3% a w 2006 r. aż o 36,1%. Z rozpatrywanych lat najkorzystniejszym pod względem rozkładów opadów i temperatur w okresie wegetacji borówki wysokiej okazał się rok 2004. Stres wodny borówka wysoka szczególnie odczuwała w czerwcu 2005 r. oraz w czerwcu i lipcu 2006 r.

Tabela 1. Temperatura powietrza [$^\circ\text{C}$] i opady [mm] w czasie prowadzenia badań na tle średnich z wielolecia (1961-2005)

Table 1. Temperature [$^\circ\text{C}$] and rainfall during the experiment as compared with multiyear average (1961-2005)

Miesiąc	Temperatura				Opady			
	średnie miesięczne z wielolecia	odchylenie od średnich z wielolecia			średnie miesięczne sumy z wielolecia	procent normy wielolecia		
		2004	2005	2006		2004	2005	2006
IV	7,2	+2,2	+2,0	+1,2	37,8	52,3	36,2	58,1
V	12,5	+0,6	+0,6	+1,2	51,5	76,7	131,1	82,9
VI	15,9	0,0	-1,6	+2,3	61,3	99,5	40,8	37,8
VII	17,4	+0,5	+2,0	+6,5	63,2	110,4	120,1	11,5
VIII	17,0	+2,9	-0,4	+0,7	56,1	84,1	94,8	185,3
IX	13,2	+0,7	+2,3	+3,9	46,8	71,6	55,1	79,0
IV-IX	13,9	+1,1	+0,8	+2,6	53,1	82,4	79,7	63,9

Źródło: obliczenia własne autora

Sumaryczne dawki wody do nawadniania zależały od rozkładu i wielkości opadów i wynosiły (tab. 2): 2004 r. - 63 mm, 2005 r. - 128 mm, 2006 r. - 300 mm.

Ocena efektów nawadniania...

Tabela 2. Dawki wody (mm) zastosowane do nawadniania borówki wysokiej
Table 2. Water doses (mm) used for irrigation of highbush blueberry

Miesiąc	Dekada	2004	2005	2006
IV	3	-	15	-
V	1	-	8	36
	2	-	-	-
	3	9	12	27
VI	1	18	15	-
	2	-	27	39
	3	-	27	42
VII	1	-	-	15
	2	-	-	27
	3	6	12	66
VIII	1	18	12	48
	2	12	-	-
Suma / Total: IV-VIII		63	128	300

Źródło: obliczenia własne autora

Omówienie wyników badań

Plony borówki wysokiej (tab. 3) w istotny sposób zależały od warunków wilgotnościowych, odmiany i były zróżnicowane w poszczególnych latach badań. Średni plon owoców odmiany „Spartan” był o 9,6% większy od odmiany „Patriot”.

Tabela 3. Wpływ nawadniania na plonowanie borówki wysokiej (kg na krzew)
Table 3. Influence of irrigation on yield of highbush blueberry (kg per 1 bush)

Odmiana	Nawadnianie*	Lata			Średnio
		2004	2005	2006	
Patriot	W ₀	3,12	0,93	0,47	1,51
	W ₁	3,47	2,99	4,05	3,50
	średnio	3,29	1,96	2,26	2,50
Spartan	W ₀	2,97	1,05	0,79	1,60
	W ₁	4,26	3,02	4,40	3,89
	średnio	3,61	2,03	2,59	2,74
Średnio	W ₀	3,04	0,99	0,63	1,55
	W ₁	3,86	3,00	4,22	3,69
	średnio	3,45	1,99	2,42	2,62
NIR _{0,05} dla: lat (L) – 0,15; nawadniania (W) – 0,19; odmiany (O) – 0,21					
*W ₀ - nie nawadniane; W ₁ - nawadniane					

Źródło: obliczenia własne autora

Z ocenianych lat największy plon jagód zebrano w 2004 r. (3.45 kg na krzew), okres wegetacji wspomnianego roku (tab.1) charakteryzował się korzystnym rozkładem opadów oraz temperaturą powietrza zbliżoną do średniej z wielolecia okresu zawiązywania i wy-

kształcania jagód (czerwiec i lipiec). Istotnie mniejsze plony uzyskano w 2005 r. (1,99 kg na krzew) i 2006 r. (2,42 kg na krzew). Plonotwórcze działanie wody było największe w latach o małej ilości opadów i przy niekorzystnym ich rozkładzie w okresie wegetacji wynosiło: w 2004 r. 27%, 2005 r. 203%. Natomiast w 2006 r., w którym w okresie wegetacji opady stanowiły zaledwie 63,9% średnich z wielolecia, (przy bardzo małych opadach czerwca - 37,8% i lipca - 11,5% normy z wielolecia) nawadnianie zwiększało plony ocenianych odmian, aż o 570%.

Masa 100 owoców była różna i zależała od: odmiany, roku uprawy i nawadniania (tab. 4). Owoce odmiany „Patriot” były istotnie większe niż odmiany „Spartan”. W 2004 r. odmiany „Patriot” i „Spartan” wydały największe owoce i nie różniły się pod tym względem między sobą, natomiast najmniejszą masą wyróżniały się owoce badanych odmian w 2006 r. Korzystny wpływ na masę 100 jagód miało nawadnianie, zabieg ten spowodował średnio wzrost omawianej cechy odmiany „Patriot” o 30% a odmiany „Spartan” o 27%, w 2006 r. różnice te dochodziły aż do 63%.

Tabela 4. Wpływ nawadniania na masę 100 owoców borówki wysokiej (g)

Table 4. Influence of irrigation on weight of 100 fruit blueberry (g)

Odmiana	Nawadnianie	Lata			Średnio
		2004	2005	2006	
Patriot	W ₀	138	120	89	116
	W ₁	158	150	144	151
	średnio	148	135	116	133
Spartan	W ₀	135	110	80	108
	W ₁	152	129	130	137
	średnio	143	119	105	122
Średnio	W ₀	136	115	84	112
	W ₁	155	139	137	144
	średnio	145	127	111	128
NIR _{0,05} dla: lat (L) – 5; nawadniania (W) – 9; odmiany (O) – 13					
Objaśnienia oznaczeń zob. tab. 3					

Źródło: obliczenia własne autora

Zawartość suchej masy w owocach borówki wysokiej była zróżnicowana w poszczególnych latach badań (tab.5). Największą zawartość suchej masy w owocach stwierdzono w 2005 i 2006 r., były to lata bardzo posuszne. Natomiast najmniejszą w 2004 r. sprzyjającym plonowaniu. Nawadnianie istotnie zmniejszało zawartość suchej masy. Warunki klimatyczne odmiennie oddziaływały na gromadzenie suchej masy w owocach omawianych odmian. Rok 2005 sprzyjały odkładaniu suchej masy w owocach odmiany „Spartan” natomiast 2006 odmiany „Patriot”.

Produkcyjność 1 mm wody z nawodnień w istotny sposób zależała od warunków pogodowych, a zwłaszcza od ilości i rozkładu opadów (tab. 6). Najkorzystniejszy efekt 1 mm wody z nawodnień otrzymano w 2006 r. ($69 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) w którym to w czerwcu i lipcu oraz na początku sierpnia wystąpiły dłuższe okresy bezopadowe, a rośliny intensywnie nawadniano, natomiast istotnie mniejszy był on w 2004 r. ($54 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wskaźnik ten zależał od uprawianej odmiany. Bardziej pod tym względem uzasadnione wydaje się nawadnianie borówki wysokiej odmian „Spartan” ($74 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) niż „Patriot” ($51 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Ocena efektów nawadniania...

Tabela 5. Wpływ nawadniania na zawartość suchej masy w owocach borówki wysokiej (%)

Table 5. Influence of irrigation on dry matter content in blueberry fruit (%)

Odmiana	Nawadnianie	Lata			Średnio
		2004	2005	2006	
Patriot	W ₀	12,3	13,2	16,1	13,9
	W ₁	12,0	12,3	12,5	12,3
	średnio	12,1	12,7	14,3	13,1
Spartan	W ₀	12,3	14,2	15,8	14,1
	W ₁	11,8	13,6	11,3	12,2
	średnio	12,0	13,9	13,5	13,2
Średnio	W ₀	12,3	13,7	15,9	14,0
	W ₁	11,9	12,9	11,9	12,2
	średnio	12,1	13,3	13,9	13,1
NIR _{0,05} dla: lat (L) – 0,5; nawadniania (W) – 0,8; odmiany (O) – r.n.; LxO- 0,9					
Objaśnienia oznaczone zob. tab.3					

Źródło: obliczenia własne autora

Tabela 6. Produktywność wody (kg mm⁻¹ ha⁻¹)

Table 6. Water productivity (kg mm⁻¹ ha⁻¹)

Odmiana	Lata			Średnio
	2004	2005	2006	
Patriot	23	67	64,5	51
Spartan	85	64	72,9	74
Średnio	54	65	69	62
NIR _{0,05} dla: lat (L) – 8; odmiany (O) – 10;				

Źródło: obliczenia własne autora

Liście porównywanych odmian borówki nie różniły się istotnie pod względem intensywności fotosyntezy (tab. 7), chociaż nieznacznie większą wykazano w liściach odmiany „Spartan”. Największe natężenie asymilacji liści borówki wysokiej wykazano w 2005 r. (6,3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) natomiast istotnie mniejsze w 2006 r. (5,9 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Zapewnienie krzewom borówki optymalnych warunków wodnych przyczyniło się do istotnego zwiększenia asymilacji, średnio o 30,2 %.

Warunki sezonowe nie różnicowały istotnie natężenia transpiracji liści borówki wysokiej (tab.8), chociaż największą oznaczono w 2006 r. (1,14 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a najmniejszą w 2005 r. (0,88 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Intensywność tego procesu w istotny sposób zależała od odmiany i warunków wodnych. W liściach odmiany „Spartan” przebiegała ona z większym natężeniem (1,06 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) niż odmiany „Patriot” (0,92 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Dobre zaopatrzenie krzewów borówki wysokiej w wodę zwiększało średnio transpirację liści o 114,2%. Podobne wyniki uzyskano w doświadczeniach z roślinami innych gatunków przeprowadzonych min. przez Karczmarczyka i in., (1999) ze zbożami jarymi, Koszańskiego i in., (2005) z tru-

skawką, Podsiadło i in., (1995) z roślinami strączkowymi. Procesy asymilacji i transpiracji są ze sobą ściśle skorelowane. Większa produkcja związków organicznych przyczynia się do wzmożonego zapotrzebowania na składniki pobierane z gleby i dostarczane do części asymilacyjnych roślin. Woda ułatwia ten proces, z drugiej strony lepsze zaopatrzenie w wodę i składniki mineralne stymuluje asymilację. Można przypuszczać, że w warunkach racjonalnego nawożenia mineralnego intensyfikacja procesów fizjologicznych wywołana przez nawadnianie powodowała zwiększenie plonu borówki wysokiej.

Tabela 7. Wpływ nawadniania na asymilację liści borówki wysokiej ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Table 7. Influence of irrigation on assimilation of highbush blueberry leaf ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

Odmiana	Nawadnianie	Lata			Średnio
		2004	2005	2006	
Patriot	W ₀	5,7	5,7	4,5	5,3
	W ₁	6,5	6,9	6,9	6,8
	średnio	6,1	6,3	5,7	6,0
Spartan	W ₀	5,5	6,1	4,3	5,3
	W ₁	6,5	6,5	7,9	7,0
	średnio	6,0	6,3	6,1	6,1
Średnio	W ₀	5,6	5,9	4,4	5,3
	W ₁	6,5	6,7	7,4	6,9
	średnio	6,0	6,3	5,9	6,1

NIR_{0,05} dla: lat (L) – 0,3, nawadnianie (W) – 0,6; odmiany – r.n.
Objaśnienia oznaczone zob. tab.3

Źródło: obliczenia własne autora

Tabela 8. Wpływ nawadniania na transpirację liści borówki wysokiej ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Table 8. Influence of irrigation on transpiration of highbush blueberry leaf ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Odmiana	Nawadnianie	Lata			Średnio
		2004	2005	2006	
Patriot	W ₀	0,57	0,80	0,4	0,59
	W ₁	0,97	0,92	1,88	1,26
	średnio	0,77	0,86	1,14	0,92
Spartan	W ₀	0,84	0,80	0,40	0,68
	W ₁	1,42	1,02	1,90	1,45
	średnio	1,13	0,91	1,15	1,06
Średnio	W ₀	0,70	0,80	0,40	0,63
	W ₁	1,19	0,97	1,89	1,35
	średnio	0,94	0,88	1,14	0,99

NIR_{0,05} dla: lat (L) – 0,07.; nawadniania (W) – 0,09; odmiany (O) – 0,12
Objaśnienia oznaczone zob. tab.3

Źródło: obliczenia własne autora

Wnioski

1. W wyniku nawadniania kropłowego borówki wysokiej istotnie zwiększyła się asymilacja, transpiracja, masa 100 owoców oraz plon jagód, natomiast zmniejszyła się w nich zawartość suchej masy.
2. Efekty nawadniania borówki wysokiej wyrażone plonem jagód zależały od wielkości oraz rozkładu opadów i były największe w latach posusznych (2005 i 2006 r.).
3. Z ocenianych odmian borówki wysokiej, odmiana „Spartan” odznaczała się większą efektywnością jednostkową wody i możliwościami produkcyjnymi niż odmiana „Patriot”.

Bibliografia

- Chlebowska K., Smolarz K.** 1997. Siła wzrostu i plonowanie kilku odmian borówki wysokiej w Dąbrowicach k. Skierniewic. I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa, Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 25 czerwca. s. 48-52.
- Dierking W.** 1999. Informacje uprawowe o nowych odmianach borówki wysokiej do produkcji towarowej. Uprawa borówki i żurawiny, Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 22-23 czerwca. s. 25-39.
- Gruca Z.** 1997. Wpływ nawadniania na wzrost i plonowanie borówki wysokiej. I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa, Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 25 czerwca. s. 53-55.
- 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, Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice, 22-23 czerwca. s. 45-51.
- 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. Fol. Univ. Agric. Stetin, 193 Agric. 73. s. 117-124.
- Koszański Z., Friedrich S., Podsiadło C., Rumaszk-Rudnicka E., Karczmarczyk S.** 2005. Wpływ nawadniania i nawożenia NPK na budowę morfologiczną i anatomiczną, aktywność niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie truskawki. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, IMUZ, 5, 2 (15). s. 145-155.
- Podsiadło C., Karczmarczyk S., Koszański Z., Rumaszk E.** 1999. Influence of supplemental irrigation and mineral fertilization on some physiological processes and yield of three legume plants cultivated on sandy soil. Fol. Univ. Agric. Stetin 193, Agric. 73. s. 197-206.
- Smolarz K.** 1997. Plonowanie 12 odmian borówki wysokiej. I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 25 czerwca. s. 43-47.
- 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. s. 46-53.
- Stępień W., Mercik S., Smolarz K., Laszlovszky-Zmarlicka A.** 1999. Współdziałanie kilku sposobów pielęgnacji gleby i dawek azotu na właściwości fizykochemiczne gleby, plon owoców oraz skład chemiczny liści borówki wysokiej. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 22-23 czerwca. s. 52-58.
- Sosulski T.** 1999. Wpływ różnej zawartości substancji organicznej i pH gleby oraz form nawozów azotowych na zawartość azotu azotanowego w owocach i liściach borówki wysokiej. Uprawa borówki i żurawiny. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 22-23 czerwca. s. 59-66.
- Treder W.** 1997. Zakwaszanie wody stosowanej w uprawie borówki wysokiej. I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice 25 czerwca. s. 56-62.
- Wach D.** 1999. Plonowanie borówki wysokiej na plantacjach Lubelszczyzny w latach 1996-1998. Inst. Sadow. i Kwiac., Skierniewice, 22-23 czerwca. s. 67-73.

REACTION OF RASPBERRY ON VARIED NITROGEN FERTILIZATION AND DROP IRRIGATION

Abstract. In the years 2002-2004 field experiments were carried out on light soil (good rye complex). The yielding abilities of three-year, four-year and five-year old raspberry shrubs cv. Norna and Veten, grown under varied water (control O, irrigation W) and fertilization (0, 60, 120 kg·N·ha⁻¹) conditions were assessed. Irrigation ensured significantly higher yields – during the three-year study nearly by 52% compared to natural precipitation. The most favourable fertilizer dose, for both the tested cultivars, proved to be 120 kg·N·ha⁻¹. The cultivar Norna was characterized by higher water unit productivity compared to cv. Veten. Irrigation significantly increased the yield of fruits and the mass of 100 berries, and the intensity of leaf assimilation and transpiration.

Key words: drop irrigation, yield, raspberry, nitrogen fertilization, CO₂ assimilation, transpiration

Adres do korespondencji:

Zdzisław Koszański; e-mail: zkoszanski@agro.ar.szczecin.pl
Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania
Akademia Rolnicza w Szczecinie
ul. Słowackiego 17
71-434 Szczecin