

Wpłynęło 25.10.2016 r.
Zrecenzowano 21.12.2016 r.
Zaakceptowano 22.12.2016 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

PRODUKCYJNA I EKONOMICZNO-FINANSOWA EFEKTYWNOŚĆ KROPOWEGO NAWADNIANIA BORÓWKI WYSOKIEJ

Anna KULA^F, Józef LIPIŃSKI^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Inżynierii i Gospodarki Wodnej

Streszczenie

W pracy zaprezentowano ocenę produkcyjnej i ekonomiczno-finansowej efektywności kropowego nawadniania borówki wysokiej. Badania prowadzono w latach 2008–2015 na powierzchni 4,0–4,5 ha, w produkcyjnym gospodarstwie rolnym. Roczne dawki nawodnieniowe wynosiły od 145 do 333 mm i były podawane w 24–32 cyklach nawodnieniowych trwających od 3 do 6 godzin.

Badania wykazały, że średnia zwyżka plonów na skutek nawodnień wynosiła $6,76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (132%), produktywność nawodnień mierzona zwyżką plonów na m^3 wody to 3,2 kg, a ceny handlowe owoców z plantacji nawadnianej były wyższe średnio o $1,56 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1}$ (11%) niż z plantacji nienawadnianej.

Ocena ekonomiczno-finansowa przeprowadzona metodą zdyskontowanych przepływów pieniężnych (*DCF*) wykazała, że finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z nawodnień (*FRR*) wyniosła 544%, finansowa aktualna wartość netto (*FNPV*) w warunkach stopy dyskontowej $r = 6\%$ równa się 2039,0 tys. zł (501,9 tys. $\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$), a nakłady inwestycyjne na system nawadniający stanowiły tylko 20% zwyżki dochodu w pierwszym roku nawodnień. Wskaźniki te są wyjątkowo wysokie i wskazują na celowość nawadniania borówki.

Słowa kluczowe: borówka wysoka, efektywność ekonomiczno-finansowa, nawodnienia kropowe, produktywność nawodnień

WSTĘP

Polska, z 23-procentowym udziałem w zbiorach, jest największym producentem borówki w Unii Europejskiej i trzecim po USA i Kanadzie na świecie [ARR 2014].

Do cytowania For citation: Kula A., Lipiński J. 2017. Produkcyjna i ekonomiczno-finansowa efektywność kropowego nawadniania borówki wysokiej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 1 (57) s. 75–87.

Borówka wysoka w Polsce zajmuje 6% powierzchni roślin jagodowych – najwięcej po truskawkach (32%), porzeczkach (32%) i malinach (23%). Powierzchnia, na której jest uprawiana zwiększyła się z 1,0 tys. ha w 2004 r. do 7,0 tys. ha w 2013 r., produkcja zaś wzrosła w tym czasie z 4,0 do prawie 13,0 tys. t [ARR 2014]. Podstawą wzrostu produkcji jest wysoka opłacalność uprawy i możliwość eksportu, który stanowi 80–90% zbiorów [Portal www.sadyogrody 2016].

Poza warunkami glebowymi i nawożeniem [STĘPIEŃ, MERCIK 2003], jednym z głównych czynników wpływających na plon i opłacalność uprawy borówki są odpowiednia wysokość opadów atmosferycznych, a w przypadku ich niedostatku, nawadnianie [HOLZAPFEL, HEPP 2002; KOSZAŃSKI i in. 2009]. TREDER i in. [2007] wykazują natomiast dużą efektywność fertygacji, dzięki której można zmniejszyć dawki nawozowe, natomiast GLONEK i KOMOSA [2004] oraz SMOLARZ [2005] wskazują na dodatni wpływ prześwietlania i cięcia odmładzającego starszych krzewów na plonowanie borówki. Badania prowadzone w Chile wykazały większą efektywność mikrozaszrania niż nawodnień kropłowych [HOLZAPFEL i in. 2004].

Potrzeba nawodnień będzie się prawdopodobnie nasilać, ponieważ prognozy wskazują na stopniowe zmniejszanie się opadów [BAK, ŁABĘDZKI 2014a] oraz wzrost średniej miesięcznej temperatury powietrza [BAK, ŁABĘDZKI 2014b], które spowodują zwiększenie ewapotranspiracji oraz częstości występowania i nasilenia suszy glebowej.

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie wyników badań w zakresie produkcyjnej i ekonomiczno-finansowej efektywności nawadniania borówki wysokiej. Badania prowadzono w latach 2008–2015, w warunkach produkcyjnego gospodarstwa rolnego.

TEREN BADAŃ

Gospodarstwo rolne, w którym prowadzono badania produkcyjnej i ekonomiczno-finansowej efektywności nawodnień borówki amerykańskiej zlokalizowane jest w województwie kujawsko-pomorskim, powiat lipnowski, gmina Dobrzyń nad Wisłą, miejscowość Krojczyn. W gospodarstwie tym występują gleby klasy IIIb oraz IVa, na których uprawiana jest borówka odmiany Bluetta oraz Spartan. Nawodnienia kropłowe prowadzone są na obszarze 4,0–4,5 ha (tab. 1) dawką wody od 5,8 do 15,0 tys. $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ (145–333 $\text{mm} \cdot \text{rok}^{-1}$). Średni czas jednego nawodnienia wynosił od 3 godzin w latach 2010–2012 do 6 godzin w 2015 r., a jedna dawka nawodnieniowa miała od 6 do 11 mm. Rzeczywista dawka nawodnieniowa była około dwukrotnie większa, ponieważ międzyrzędzia nie były nawadniane.

W badanym gospodarstwie, zarówno na polach nawadnianych, jak i nienawadnianych, stosuje się następujące nawożenie: N – 70 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, K – 60 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w dwóch dawkach. Rolnik nie stosuje fungicydów i herbicydów.

Tabela 1. Charakterystyka obszaru nawadnianego**Table 1.** Characteristics of the irrigated area

Wyszczególnienie Specification	Rok Year							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Powierzchnia nawadniana, ha Irrigation area, ha	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5
Dawka nawodnieniowa, mm·rok ⁻¹ Dose of irrigation, mm·year ⁻¹	9 600	8 000	6 000	7 200	5 800	8 000	10 400	15 000
Liczba nawodnień Number of irrigation	30	25	25	30	24	25	32	30
Średni czas jednego nawodnienia, h Average time of one irrigation, h	4	4	3	3	3	4	4	6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od rolnika.

Source: own elaboration based on data obtained from the farmer.

Opady w okresie badań (tab. 2) w półroczu letnim (kwiecień–wrzesień) zawierały się w granicach od 177,8 mm (2015 r.) do 515,8 mm (2010 r.), a opady średnie z wielolecia na stacji Toruń wynosiły 342 mm [GUS 2015]. Wyjątkowo suchy był 2015 r., kiedy w okresie wegetacyjnym suma opadów wynosiła nieco ponad 50% średniej z wielolecia, a w lipcu tylko 11% średniej. W roku tym najwyższa była też dawka nawodnieniowa – 333 mm·rok⁻¹. Decyzje o nawodnieniu podejmowano na podstawie wyglądu roślin i owoców oraz szacunkowej oceny ilości opadów.

Tabela 2. Wysokość i rozkład opadów atmosferycznych dla stacji Głódowo**Table 2.** The amount and distribution of rainfall for the Głódowo station

Lata Years	Opady, mm Precipitation, mm							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV–IX	I–XII
2008	45,5	25,5	37,3	45,4	84,2	48,1	286,0	520,8
2009	1,2	72,3	136,4	93,4	40,2	16,8	360,3	566,1
2010	29,2	143,3	44,7	130,7	124,9	43,0	515,8	773,3
2011	12,4	43,4	36,2	179,3	17,9	21,3	310,5	421,6
2012	34,9	17,9	124,4	89,7	18,5	32,3	317,7	517,7
2013	26,8	80,5	53,4	42,7	57,6	88,0	349,0	515,6
2014	55,6	27,9	47,8	44,1	55,0	49,1	279,5	492,3
2015	11,1	18,3	32,5	76,9	6,5	32,5	177,8	362,4
1971–2000	29	48	72	81	61	51	342	529

Źródło: według danych pozyskanych z IMGW-PIB – 2008–2015 oraz GUS [2015] – 1971–2000.

Source: according to data obtained from the IMGW-PIB – 2008–2015 and Central Statistical Office of Poland [GUS 2015] – 1971–2000.

METODY BADAŃ

Badania efektywności nawodnień prowadzono w produkcyjnym gospodarstwie rolnym, we współpracy z rolnikiem i uprawnionym doradcą rolniczym. Polegały one na rejestracji danych o:

- kosztach inwestycji (budowy ujęcia wody, zakupu i instalacji sieci nawadniającej);
- kosztach eksploatacji (obsługi, napraw i zużycia energii elektrycznej) systemu nawadniającego;
- dawkach wody do nawodnień;
- plonach borówki na polu nawadnianym i bez nawodnień,
- kosztach zbioru i sprzedaży owoców;
- stosowanym nawożeniu i środkach ochrony roślin.

Rejestracja danych była prowadzona przez uprawnionego doradcę rolniczego, w specjalnie przygotowanym formularzu.

Dane o opadach atmosferycznych pozyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.

Analizy ekonomiczno-finansowej efektywności nawadniania borówki polegały na porównaniu kosztów i efektów przedsięwzięcia. Porównanie to przeprowadzono metodą zdyskontowanych przepływów pieniężnych (ang. Discounted Cash Flow – DCF) w przyjętym okresie odniesienia. Ocenę efektywności przeprowadzono przez obliczenie finansowej obecnej wartości netto przedsięwzięcia *FNPF*, finansowej wewnętrznej stopy zwrotu *FRR* oraz wskaźnika *FBCR*, który jest wynikiem ilorazu zdyskontowanych korzyści finansowych (*FB*) i kosztów (*C*) [LIZIŃSKI i in. 2015; MANTEUFFEL SZOEGE 2005; MIiR 2015; MRR 2013].

- **Finansowa obecna wartość netto przedsięwzięcia *FNPV***

$$FNPV = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+r)^0} + \frac{S_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (1)$$

gdzie:

S_t = salda strumieni kosztów i korzyści generowanych w wyniku realizacji projektu w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy, tj. różnica między przychodami i kosztami ich uzyskania;

n = okres odniesienia;

a_t = współczynnik dyskontowy, $a_t = \frac{1}{(1+r)^t}$;

r = stopa dyskontowa;

t = kolejne lata analizy.

- **Finansowa wewnętrzna stopa zwrotu *FRR*** – stopa dyskontowa w warunkach $FNPV = 0$

$$FNPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1 + FRR)^t} = 0 \quad (2)$$

• **Iloraz korzyści finansowych i kosztów**

$$FBCR = \frac{\sum_{t=0}^n a_t FB_t}{\sum_{t=0}^n a_t C_t} = \frac{\frac{FB_0}{(1+r)^0} + \frac{FB_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{FB_n}{(1+r)^n}}{\frac{C_0}{(1+r)^0} + \frac{C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n}} \quad (3)$$

gdzie:

FB_t = strumień korzyści generowanych w wyniku realizacji projektu w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy;

C_t = strumień kosztów generowanych w wyniku realizacji projektu w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy.

Oprócz obliczenia wskaźników ekonomiczno-finansowej efektywności nawodnień $FNPV$, FRR , $FBCR$ zaprezentowano też na wykresach skumulowany bilans zdyskontowanych przepływów finansowych w warunkach cen rzeczywistych i ceny najniższej z badanego okresu.

Salda strumieni kosztów i korzyści w poszczególnych latach okresu odniesienia zostały obliczone przez odjęcie sumy nakładów od wartości efektów. Po stronie nakładów wystąpiły koszty inwestycji, koszty eksploatacji, koszty zbioru i sprzedaży zwiększonej produkcji, zaangażowanie kapitału obrotowego warunkującego zwiększoną produkcję. Po stronie efektów uwzględniono wyżkę przychodów ze sprzedaży borówki z pól nawadnianych w stosunku do przychodów z pól nienawadnianych. W obliczeniach uwzględniono wartość rezydualną określającą niezamortyzowaną wartość środków trwałych na koniec okresu odniesienia [MRR 2013]. Obliczając tę wartość przyjęto, że trwałość ujęcia wody (studnia głębinowa) wynosi 30 lat, a sieci nawadniającej – 8 lat.

WYNIKI BADAŃ

EFEKTY PRODUKCYJNE NAWODNIEŃ

Plony borówki amerykańskiej w latach 2008–2015 na polu nienawadnianym (tab. 3) wynosiły w granicach od 4,0 do 6,0 t·ha⁻¹ (średnia 5,14 t·ha⁻¹), a na nawadnianym od 10,0 do 12,9 t·ha⁻¹ (średnia 11,9 t·ha⁻¹). Średnia wyżka plonów na skutek nawodnień wyniosła więc 6,76 t·ha⁻¹ (132%) – wysokie wyżki wystąpiły w 2008 (rok suchy) i 2015 r. (rok bardzo suchy), kiedy wyniosły kolejno 8,0 i 7,8 t·ha⁻¹.

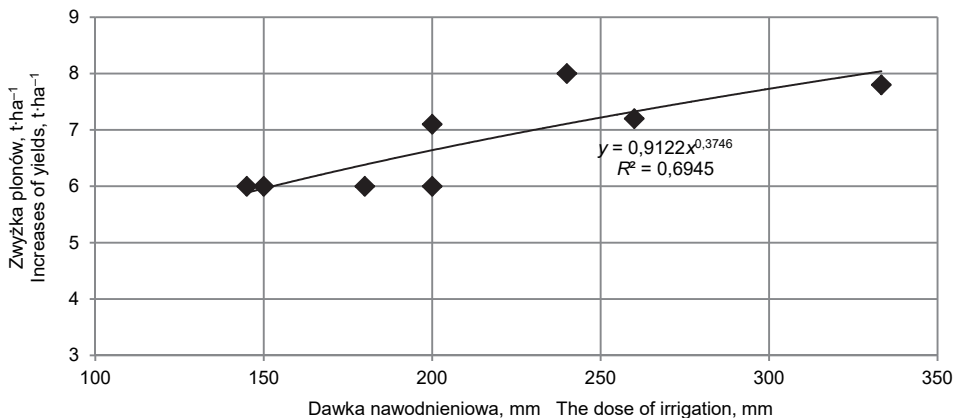
Tabela 3. Efekty produkcyjne nawodnień, t·ha⁻¹**Table 3.** Productivity of irrigation, t·ha⁻¹

Wyszczególnienie Specification	Rok Year								Średnia Average
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Plony bez nawodnień Crops without irrigation	4,9	4,0	6,0	6,1	6,0	5,8	4,2	4,1	5,14
Plony z nawodnieniami Crops with irrigation	12,9	10,0	12,0	12,1	12,0	12,9	11,4	11,9	11,90
Zwyżka plonów Increases crops	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,1	7,2	7,8	6,76

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od rolnika.

Source: own study based on data obtained from the farmer.

Zwyżki plonów na skutek nawodnień były tym większe, im wyższa była dawka nawodnieniowa (rys. 1), zaobserwowano jednak zmniejszającą się produktywność m³ wody wraz ze zwiększaniem tej dawki od 145 do 333 mm (rys. 2).

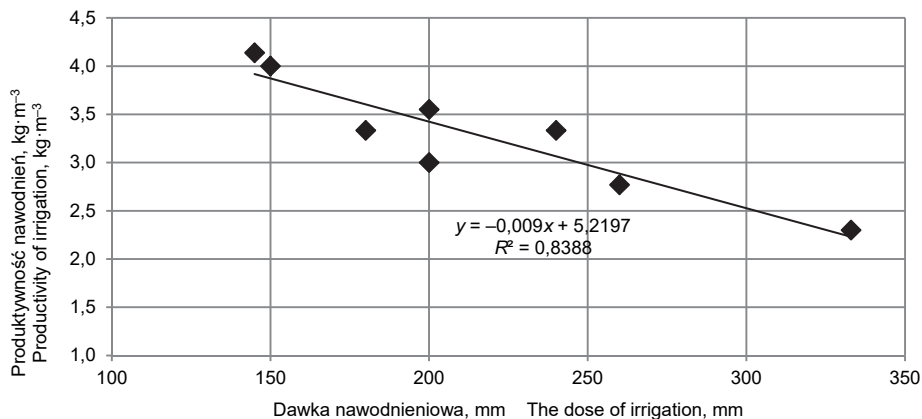


Rys. 1. Zależność między zwyżką plonów borówki wysokiej i dawką nawodnieniową;
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The relationship between the yield highbush blueberry increase and irrigation dose;
source: own elaboration

KOSZTY I KORZYŚCI ZWIĄZANE Z NAWADNIANIEM BORÓWKI

Warunkiem prowadzenia nawodnień była budowa i eksploatacja systemu nawadniającego – ujęcia wody oraz sieci nawadniającej. Koszt budowy ujęcia wody wyniósł 46,0 tys. zł, a sieci nawodnień kroplowych – 35 tys. zł w 2007 r. i 3,0 tys. zł w 2012 r. Roczne, bieżące koszty eksploatacji systemu nawadniającego wynosiły od 2,90 do 5,10 tys. zł. (tab. 4). Składają się na nie koszty obsługi, które wynosiły



Rys. 2. Produktowność m³ wody w zależności od dawki nawodnieniowej;
źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Productivity m³ of water, depending on the dose of irrigation;
source: own elaboration

Tabela 4. Koszty i korzyści związane z nawadnianiem borówki wysokiej, tys. zł

Table 4. The costs and benefits of drip irrigation highbush blueberry, thousand PLN

Koszty i korzyści Costs and benefits	Rok Year								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Budowa ujęcia wody The construction of the water intake	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zakup i montaż systemu nawodnień kropłowych Purchase and installation of drip irrigation system	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Koszty bieżące eksploatacji Running costs	0,00	2,90	2,95	3,10	3,30	3,60	3,60	3,90	5,10
Zwyżka kosztów rolniczych Increase of agricultural costs	0,00	106,19	90,33	91,04	100,64	105,80	121,34	134,96	156,31
Zwyżka przychodów ze sprzedaży Increase of sales revenue	0,0	680,0	392,0	528,0	336,0	384,0	395,0	463,2	530,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od rolnika.

Source: own elaboration based on data obtained from the farmer.

od 1,0 do 1,3 tys. zł, energii w granicach 0,9–2,8 tys. zł i napraw, które były mało zmienne i wynosiły ok. 1,0 tys. zł. Nawodnienia spowodowały wzrost przychodów ze sprzedaży, które są wynikiem wyższej plonów oraz nieco wyższych cen owoców z pola nawadnianego. Cena owoców z pola bez nawodnień wynosiła w granicach 10–18 zł·kg⁻¹ (średnio 13,95 zł·kg⁻¹), a z nawadnianego od 12 do 20 zł·kg⁻¹ – średnio 15,51 zł·kg⁻¹. Zwiększona produkcja owoców na polu nawadnianym implikuje wzrost kosztów rolniczych. W przypadku borówki składa się na nie zwiększony koszt zbioru, zakupu opakowań (borówki były sprzedawane w pojemnikach mieszczących 0,25 kg owoców) i transportu. W zależności od wyższej plonów wynosiły one w granicach od 90,33 tys. zł. w 2009 do 156,31 tys. zł. w 2015 r.

EKONOMICZNO-FINANSOWA EFEKTYWNOŚĆ NAWODNIENI

Ocenę ekonomiczno-finansowej efektywności nawadniania borówki wysokiej przeprowadzono przez obliczenie i zaprezentowanie wskaźników efektywności (tab. 5) oraz skumulowanego bilansu przepływów finansowych (rys. 3). Obliczenia przeprowadzono wariantowo w warunkach rzeczywistych cen owoców oraz w warunkach ceny najniższej w okresie badań. W przypadku cen rzeczywistych finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (*FRR*) wyniosła 544%, finansowa aktualna wartość netto (*FNPV*) w warunkach stopy dyskontowej $r = 6\%$ (stopa zalecana do analiz efektywności przez MłR [2015]) wyniosła 2039,0 tys. zł (501,9 tys. zł·ha⁻¹), a wskaźnik *FBCR* ($r = 6\%$) równa się 3,35. W warunkach najniższej ceny owoców z okresu badań – przyjętej na poziomie 10 zł·kg⁻¹ zarówno w przypadku owoców z pola nawadnianego, jak i bez nawodnień – wskaźnik *FRR* równa się 150%, *FNPV* ($r = 6\%$) = 831,0 tys. zł, a *FBCR* ($r = 6\%$) = 1,95. Obliczenia wykazały, że w warunkach badanego obiektu minimalna cena owoców, warunkująca oczekiwaną minimalną stopę zwrotu z inwestycji (*FRR*) na poziomie 6%, powinna wynosić 5,2 zł·kg⁻¹.

Tabela 5. Wskaźniki ekonomiczno-finansowej efektywności nawodnień kropelowych

Table 5. Indicators of economic and financial efficiency of drip irrigation

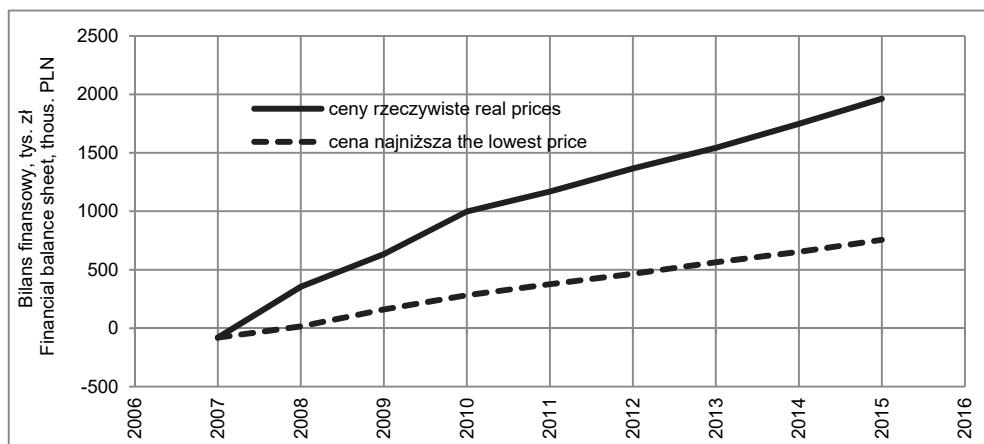
Cena owoców Price of fruit	<i>FNPV</i> (<i>r</i>)		<i>FBCR</i> (<i>r</i>)		<i>FRR</i> , %
	$r = 4\%$	$r = 6\%$	$r = 4\%$	$r = 6\%$	
Rzeczywista Real	2 213,0	2 039,0	3,39	3,35	544
Najniższa The lowest	918,0	831,0	1,99	1,96	150

Objaśnienia: *FNPV* = finansowa obecna wartość netto przedsięwzięcia, *FBCR*=*FB*/*C*, *FB* = suma korzyści generowanych w wyniku realizacji projektu; *C* = suma kosztów generowanych w wyniku realizacji projektu, *FRR* = finansowa wewnętrzna stopa zwrotu.

Explanations: *FNPV* = financial net present value of the project, *FBCR*=*FB*/*C*, *FB* = sum of benefits generated by the project; *C* = sum of costs generated by the project, *FRR* = financial internal rate of return.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Skumulowany bilans zdyskontowanych (gdy $r = 6\%$) przepływów finansowych związany z nawadnianiem borówki, obliczony z uwzględnieniem cen rzeczywistych i ceny najniższej z okresu badań zaprezentowano na rysunku 3. Z obliczeń i wykresu wynika, że w wariancie obrazującym rzeczywistość nakłady inwestycyjne stanowiły 20% dochodu w pierwszym roku nawodnień, a w wariancie obliczeniowym, uwzględniającym cenę najniższą – 80% dochodu rocznego. Po ośmiu latach (2015 r.) użytkowania systemu nawadniającego skumulowany bilans zdyskontowanych (gdy $r = 6\%$) przepływów finansowych związany z nawadnianiem borówki wyniósł w kolejnych wariantach 1962,0 i 755,0 tys. zł.



Rys. 3. Skumulowany bilans zdyskontowanych (gdy $r = 6\%$) przepływów finansowych związany z nawadnianiem borówki wysokiej; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Cumulative balance of the discounted (when $r = 6\%$) financial flows associated to irrigation highbush blueberry; source: own elaboration

DYSKUSJA WYNIKÓW

W Polsce borówka wysoka uprawiana jest na powierzchni 7 tys. ha, a jej roczna produkcja wynosi 13 tys. t, co oznacza, że średnie plony to $1,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, podczas gdy w badanym gospodarstwie wynoszą średnio $5,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($4,0\text{--}5,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na polu bez nawodnień i $11,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($10,0\text{--}12,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na polu nawadnianym – zwyżka o $6,76 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (132%). Produktyność nawodnień wyniosła od 2,3 do 4,2 kg owoców na 1 m^3 dawki wody. Podobne wyniki uzyskano w innych badaniach. KOZJAŃSKI i in. [2011] w doświadczeniu prowadzonym w latach 2006–2009 określili, że na plantacji bez nawodnień średnie plony w przypadku odmiany Patriot wyniosły $5,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a odmiany Spartan $6,57 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast na polu nawadnianym odpowiednio $14,01$ i $15,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średnia zwyżka plonów to $8,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (144%), a średnia produktywność m^3 wody wyniosła $5,71 \text{ kg}$ owoców.

TRYNGIEL-GAĆ i in. [2013] prowadzili w latach 2009–2012 wariantowe badania wzrostu części wegetatywnej roślin i efektywności produkcyjnej nawodnień kilku odmian borówki wysokiej (Bluecrop, Chandler, Duke, Nelson, Spartan). Badania prowadzono w Dąbrowicach k. Skierniewic, na roślinach młodych, posadzonych wiosną 2008 r., o niewyrośniętej części wegetatywnej, a więc o niskim plonowaniu i mniejszych potrzebach wodnych, a ponadto lata 2010 i 2011 były mokre, co spowodowało, że istotny wzrost plonów na skutek nawodnień uzyskano dopiero w suchym 2012 r. W zależności od wariantu badawczego średnia zwyżka plonu z jednej rośliny wyniosła od 43 do 79%. We wcześniejszych badaniach [GRUCA 1997; GRUCA, PACHOLAK 1993] prowadzonych w latach 1986–1995 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Przybroda k. Poznania, na plantacji założonej w 1984 r., zwyżka plonów z jednej rośliny na skutek nawodnień wyniosła 1,78 kg (135%), gdy wilgotność gleby była utrzymywana na poziomie $-0,3$ MPa potencjału wodnego i 2,12 kg (162%), gdy potencjał ten nie był niższy niż $-0,1$ MPa. Zwyżka plonów na skutek nawodnień w przeliczeniu na ha wyniosła kolejno 5,9 i 7,1 t. W pierwszych latach badań (1986–1998), gdy rośliny były młode i niewyrośnięte, zwyżki te stanowiły mniej niż połowę wartości średniej. W badaniach prowadzonych w Kanadzie na młodej plantacji [EHRET i in. 2012] wykazano, że w pierwszych dwóch latach po posadzeniu nawadnianie nie miało istotnego wpływu na plonowanie borówki. W roku trzecim na polu kontrolnym (bez nawodnień) z jednej rośliny uzyskano 4,09 kg, natomiast w warunkach jednorazowej dawki wody 5 dm^3 plon wzrósł do 4,57 kg, a w warunkach dawki 10 dm^3 wyniósł 4,33 kg. W Chile [HOLZAPFEL i in. 2004] prowadzono badania wpływu różnych dawek wody (100–850 mm) aplikowanych za pomocą mikrozaszrania i metodą kropłową. Badania wykazały, że w 7. roku po posadzeniu roślin maksymalną zwyżkę plonów uzyskiwano, stosując dawki w wysokości ok. $600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. W przypadku nawodnień kropłowych maksymalny plon całkowity wyniósł $6,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i nie zmieniał się, gdy dawkę wody zwiększano ponad tę wielkość, natomiast w warunkach mikrozaszrania plon najwyższy to $10,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, który zmniejszał się wraz ze zwiększaniem dawki nawodnieniowej, gdy ta przekroczyła 620 mm.

Ocena ekonomiczno-finansowa efektywności nawadniania borówki wysokiej wykazała, że wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (*FRR*) wyniosła 544%, finansowa aktualna wartość netto (*FNPV*) w warunkach stopy dyskontowej $r = 6\%$ wyniosła 2039,0 tys. zł ($501,9 \text{ tys. zł} \cdot \text{ha}^{-1}$), a nakłady inwestycyjne stanowiły 20% dochodu w pierwszym roku nawodnień. Są to wskaźniki wyjątkowo wysokie, wyższe niż w przypadku nawadniania warzyw (marchwi, cebuli, kapusty, buraków jadalnych) oraz truskawek i jabłoni, w przypadku których wskaźnik *FRR* mieścił się w granicach 63–91% [LIPIŃSKI 2015], natomiast w przypadku wiśni wynosił od 15,2 do 51,3% [LIPIŃSKI 2016]. Badania ekonomicznej efektywności uprawy i nawadniania borówki prowadzone w USA [SAFLEY i in. 2016] wykazały, że wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji w nawadnianie borówki (*FRR*) wyniosła 26% w przypadku gleb dobrych i 22% w odniesieniu do gleb marginalnych. Wewnętrz-

na stopa zwrotu z inwestycji w uprawę borówki na glebach dobrych wyniosła 16,6% w przypadku wariantu z nawodnieniami i 11,6% w wariancie bez nawodnień, natomiast w przypadku gleb marginalnych wskaźniki te wyniosły odpowiednio 7,8% i minus 11,7%.

WNIOSKI

1. Nawadnianie borówki jest bardzo opłacalne, ponieważ finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (*FRR*) w badanym gospodarstwie wyniosła 544%, finansowa aktualna wartość netto (*FNPV*) w warunkach stopy dyskontowej $r = 6\%$ równa się 2039,0 tys. zł (501,9 tys. zł·ha⁻¹), a nakłady inwestycyjne na system nawadniający stanowiły 20% zwyczajki dochodu w pierwszym roku nawodnień.

2. Plony na polu nawadnianym wynosiły od 10,0 do 12,9 t·ha⁻¹ (średnia 11,9 t·ha⁻¹), a na polu bez nawodnień w granicach 4,0–5,8 t·ha⁻¹ (średnio 5,14 t·ha⁻¹).

3. Średnia zwyczajka plonów na skutek nawodnień wynosiła 6,76 t·ha⁻¹ (132%).

4. Produktywność nawodnień wyniosła od 2,3 do 4,2 kg (średnio 3,2 kg) owoców na m³ wody i zmniejszała się ze zwiększaniem dawki nawodnieniowej ze 145 do 333 mm.

5. Ceny handlowe owoców z plantacji nawadnianej były wyższe średnio o 1,56 zł·kg⁻¹ (11%) niż z plantacji nienawadnianej.

BIBLIOGRAFIA

- ARR 2014. Rynek owoców w Polsce [Fruit market in Poland] [online]. Warszawa. [Dostęp 10.10.2016]. Dostępny w Internecie: http://www.arr.gov.pl/data/00321/rynek_owocow2014_pl.pdf
- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2014a. Prediction of precipitation deficit and excess in Bydgoszcz Region in view of predicted climate change. *Journal of Water and Land Development*. No. 23 s. 11–19.
- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2014b. Thermal conditions in Bydgoszcz Region in growing seasons of 2011–2050 in view of expected climate change. *Journal of Water and Land Development*. No. 23 s. 21–29.
- EHRET D., FREY B., FORGE T., HELMER T., BRYLA D. 2012. Effects of drip irrigation configuration and rate on yield and fruit quality of young highbush blueberry plants. *HortScience*. Vol. 47(3) s. 414–421.
- GLONEK J., KOMOSA A. 2004. Wpływ fertygacji makro- i mikroelementami na wzrost i plonowanie borówki wysokiej [The effect of macro- and microelements used in fertigation on the growth and yield of highbush blueberry]. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*. R. 356 s. 61–66.
- GRUCA Z. 1997. Wpływ nawadniania na wzrost i plonowanie borówki wysokiej [The effect of irrigation on the growth and yield of highbush blueberry]. I Ogólnopolska Konferencja Borówkowa. Skierniewice. ISiK s. 53–55.
- GRUCA Z., PACHOLAK E. 1993. Wpływ nawadniania plantacji borówki wysokiej na efekty produkcyjne [The effect of irrigation of highbush blueberry plantation on production results]. III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Komitet Melioracji i Inżynierii Środowiska PAN. Warszawa. Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych SGGW s. 17–23.

- GUS 2015. Ochrona środowiska [Environmental protection]. Warszawa. ISSN 0867-3217 ss. 565.
- HOLZAPFEL E.A., HEPP R. F. 2002. Effect of irrigation on six years old bluetta blueberry plants. *Acta Horticulturae*. Vol. 574 s. 253–259.
- HOLZAPFEL E.A., HEPP R.F., MARIÑO M.A. 2004. Effect of irrigation on fruit production in blueberry. *Agricultural Water Management*. No 67 s. 173–184.
- KOSZAŃSKI Z., RUMASZ-RUDNICKA E., JAROSZEWSKA A., KOWALEWSKA R. 2011. Reakcja borówki wysokiej odmiany ‘Spartan’ i ‘Patriot’ na nawadnianie kroplowe [Reaction highbush blueberry ‘Spartan’ and ‘Patriot’ to drip irrigation]. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 5 s. 95–103.
- KOSZAŃSKI Z., RUMASZ RUDNICKA E., PODSIADŁO C. 2009. Efekty nawadniania borówki wysokiej na glebie lekkiej [Effects of irrigation of highbush blueberry on sandy soil]. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 3 s. 183–190.
- LIPIŃSKI J. 2015. Efektywność ekonomiczno-finansowa deszczownianego nawadniania ziemniaków jadalnych na glebach lekkich w warunkach produkcyjnego gospodarstwa rolnego [Economic and financial efficiency of sprinkler irrigation of potatoes cultivated on light soils in productive farm]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 15. Z. 3(51) s. 61–73.
- LIPIŃSKI J. 2016. Efektywność kroplowego nawadniania sadów wiśniowych [The efficiency of drip irrigation of cherry orchards]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 16. Z. 2(54) s. 77–88.
- LIZIŃSKI T., BUKOWSKI M., WRÓBLEWSKA A. 2015. Podstawy metodyki oceny inwestycji na obszarach wiejskich [Basics assessment methodology investment in rural areas]. *Materiały Informacyjne*. Nr 46. Falenty. ITP. ISSN 0860-1410 ss. 67.
- MANTEUFFEL SZOEGE H. 2005. Zarys problemów ekonomiki środowiska [Draft of environmental economics problems]. Warszawa. SGGW. ISBN 83-7244-691-1 ss. 220.
- MiR 2015. Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014–2020 [Guidance on issues related to the preparation of investment projects, including revenue-generating projects and hybrid projects for 2014–2020]. Warszawa ss. 75.
- MRR 2013. Narodowe strategiczne ramy odniesienia 2007–2013: Wytyczne w zakresie wybranych zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód [The national strategic reference framework 2007–2013: Guidance on selected issues related to the preparation of investment projects, including revenue-generating projects]. Warszawa ss. 88.
- Portal sadyogrody.pl 2016. [online]. [Dostęp 20.10.2016]. Dostępny w Internecie: http://www.sadyogrody.pl/owoce/101/podwoila_sie_powierzchnia_upraw_borowki_w_ciagu_ostatnich_pieciu_lat,6307.html
- SAFLEY CH.D., CLINE B., MAINLEND M. 2016. Estimated costs of producing, harvesting, and marketing blueberries in the Southeastern United States [online]. North Carolina University State. [Dostęp 17.10.2016]. Dostępny w Internecie: <http://www.smallfruits.org/CoAgentTraining/June07Training/3InvestmentAnalysis.pdf>
- SMOLARZ. K. 2005. Wpływ cięcia odmładzającego i nawożenia azotem na plonowanie borówki wysokiej odmiany ‘Bluecrop’ [Effect of rejuvenation pruning and nitrogen fertilization on yield of highbush blueberry varieties ‘Bluecrop’]. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa*. Z. 13 s. 83–91.
- STĘPIEŃ T., MERCIK S. 2003. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego na plonowanie i zawartość makro- i mikroelementów w liściach borówki wysokiej [The impact of many years fertilization on yield and content of macro- and microelements in the leaves of highbush blueberry]. W: *Uprawne rośliny wrzosowate*. Materiały konferencyjne. Skierniewice. ISiK s. 65–70.
- TREDER W., KRZEWIŃSKA D., BOROWIK M. 2007. Ocena efektywności fertygacji borówki wysokiej [Evaluation of the effectiveness of fertigation highbush blueberry]. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa*. Z. 15 s. 34–45.

TRYNGIEL-GAĆ A., TREDER W., KRAWIEC A., KLAMKOWSKI A. 2013. Efektywność nawadniania kilku odmian borówki wysokiej [The efficiency of irrigation several varieties of highbush blueberry]. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 1/II s. 13–23.

Anna KULA, Józef LIPIŃSKI

PRODUCTION AND FINANCIAL EFFICIENCY OF DRIP IRRIGATION OF Highbush BLUEBERRY

Key words: drip irrigation, economic and financial efficiency, highbush blueberry, irrigation productivity

S u m m a r y

The paper presents an assessment of production and financial viability of drip irrigation of highbush blueberry, on the surface of 4.0–4.5 ha. The study was conducted in 2008–2015 in farm. Annual irrigation doses ranged from 145 to 333 mm and were applied in 24–32 irrigation cycles lasting from 3 to 6 hours.

Studies have shown that increases yields thank to irrigation were $6.76 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (132%). Irrigation productivity, measured rise of the harvest per m^3 of water – 3.2 kg, but the commercial price of fruit on irrigated plantations are higher average of $1.56 \text{ PLN}\cdot\text{kg}^{-1}$ (11%) than from no irrigated plantations.

Economic and financial assessment of carried out using the discounted cash flow (*DCF*) analysis showed that the financial internal rate of return from irrigation (*FRR*) was 544%, financial net present value (*FNPV*) under the discount rate $r = 6\%$ equals 2039.0 thousand PLN (501.9 thousand $\text{PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$), and investment cost on irrigation system accounted for only 20% increases of net revenue in the first year of irrigation. These indicators are extremely high and indicate the advisability of blueberries irrigation.

Adres do korespondencji: dr hab. Józef Lipiński, prof. nadzw., Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Inżynierii i Gospodarki Wodnej, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel. + 48 22 735-75-45, e-mail: J.Lipinski@itp.edu.pl

