



## **OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ NAWADNIANIA WYBRANYCH UPRAW POLOWYCH**

**Remigiusz Kledzik, Michał Kropkowski, Czesław Rzekanowski, Jacek Żarski**  
*Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy*

### ***ECONOMIC EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF IRRIGATION IN SELECTED CROPS***

#### ***Streszczenie***

W artykule do oceny efektywności ekonomicznej nawadniania wybranych upraw polowych wykorzystano efekty produkcyjne uzyskane w badaniach, prowadzonych przez pracowników Katedry Melioracji i Agrometeorologii w Stacji Badawczej UTP w Bydgoszczy w latach 2006-2012. Badania te dotyczyły wpływu nawadniania na plonowanie ziemniaków jadalnych, jęczmienia jarego browarnego oraz kukurydzy uprawianej na ziarno. Do przeprowadzenia obliczeń efektywności ekonomicznej wykorzystano metodę kalkulacji przyrostu nadwyżki bezpośredniej. Wyniki wskazują, że nawadnianie nie we wszystkich przypadkach było uzasadnione ekonomicznie. W przypadku ziemniaków nadwyżka bezpośrednia rosła wraz ze wzrostem powierzchni nawadnianej, straty odnotowano tylko w przypadku 1-hektarowego wariantu. Wykazano natomiast brak ekonomicznego uzasadnienia dla wprowadzenia deszczowania do produkcji jęczmienia browarnego, niezależnie od nawadnianej powierzchni. Identyczne jak w przypadku jęczmienia efekty ekonomiczne uzyskano stosując nawadnianie kropłowe, w uprawie kukurydzy na ziarno. Z przeprowadzonych kalkulacji wynika, że koszty nawadniania w przeliczeniu na 1 ha maleją wraz ze wzrostem nawadnianej powierzchni.

**Słowa kluczowe:** nawadnianie, efektywność ekonomiczna, ziemniak jadalny, jęczmień browarny, kukurydza

### Summary

*For the assessment of the economic efficiency of irrigation in selected crops presented in this paper, we used results obtained from field experiments conducted in 2006-2012 at the Research Station of the University of Science and Technology in Bydgoszcz by employees of the Department of Land Reclamation and Agrometeorology. These studies were focused on the effects of irrigation on the yield of potatoes, malting barley and corn grown for grain. To calculate the economic efficiency we used the method of calculation the increase in direct surplus. The results indicate that irrigation was economically justified not in the all cases. For potatoes the direct surplus was increasing along with the increasing of the irrigated area, the losses were noticed only in the case of 1-hectare variant. In contrast, there was no economic justification for the use of irrigation in the production of malting barley, regardless of the irrigated area. Same results of economic effects, as in the case of barley, were obtained using drip irrigation in corn grown for grain. The presented calculation shows that the cost irrigation per 1 ha decreases as the irrigated area increases.*

**Key words:** irrigation, economic efficiency, potato, malting barley, corn

### WSTĘP

Klimat Polski charakteryzuje się dużą zmiennością czasową, dlatego w produkcji rolniczej tak ważnym czynnikiem są opady atmosferyczne, ze szczególnym uwzględnieniem ich ilości i rozkładu w okresie wegetacji. Jednym ze zjawisk atmosferycznych negatywnie wpływających na uprawę roślin są okresy posuszne, które prowadzą do zmniejszenia zawartości wody łatwo dostępnej w glebie, a to z kolei skutkuje obniżeniem wielkości i jakości uzyskiwanego plonu. Zabiegiem agrotechnicznym pozwalającym zminimalizować niekorzystne działanie posuch jest nawadnianie (Rzekanowski i in. 2011).

Powierzchnia nawadnianych obszarów rolniczych na świecie stale się powiększa. W XX wieku wzrosła z 40 do 270 mln ha (Pierzgalski i Karczmarczyk 2006), a na koniec 2009 r. – mimo tendencji słabnącej – w urządzenia do nawadniania wyposażone było 311 mln ha (<http://www.worldwatch.org/global-irrigated-area>). W Polsce po zmianach ustrojowych drastycznie spadła powierzchnia nawadnianych upraw. Według danych GUS (2013), w roku 2012 łączny obszar nawodnień wynosił zaledwie 66,8 tys. ha. Godnym odnotowania jest dynamiczny w ostatnich latach rozwój nowoczesnych systemów nawodnień ciśnieniowych, czyli deszczownianych, kroplowych, wgłębnych i mikronawodnień. Wzrost zainteresowania coraz nowocześniejszymi systemami nawadniania

to nie tylko poszukiwanie coraz bardziej zasobooszczędnych metod, ale jest też odpowiedzią na wymagania jakościowe odbiorców stawiane oferowanym przez rolników surowcom.

Pomimo niewielkiego zainteresowania rolników nawodnieniami w produkcji roślin uprawnych, niektóre ośrodki naukowe nadal prowadzą liczne badania nad wpływem nawadniania na efekty produkcyjne roślin uprawnych. W ośrodku bydgoskim testowano wpływ nawadniania na plon ziemniaków, jęczmienia browarnego oraz kukurydzy (Żarski i in. 2013).

Pomimo, że areał uprawy ziemniaka spada, Polska i tak jest czołowym producentem tego surowca na świecie. Według danych GUS (2013) dla roku 2012 powierzchnia uprawy wynosiła 359 tys. ha, przy średnich plonach 244,0 dt·ha<sup>-1</sup>. Ziemniak jest rośliną o wysokich wymaganiach wodnych. Jego potrzeby wodne, zależnie od wczesności odmian wahają się w centralnej Polsce od 250 do 450 mm w okresie wegetacji, co oznacza niedobory opadów w latach średnich w granicach 35-65 mm, a w suchych od 105 do 155 mm (Trybała 1997). Szczególną wrażliwość na niedostatki wody wykazują ziemniaki w miesiącach lipiec-sierpień, czyli od fazy kwitnienia do więdnienia łętów (Kalbarczyk 2003).

Według danych GUS (2013), powierzchnia uprawy jęczmienia na świecie to 48.439 tys. ha, a w Unii Europejskiej 12.539 tys. ha. Na terenie Polski w 2011 roku uprawiano 1.018 tys. ha. W 2012 roku uzyskiwano plon w wysokości 36,0 dt·ha<sup>-1</sup>. Ziarno dla przemysłu browarniczego powinno być dorodne, dobrze wykształcone, o odpowiednich parametrach jakościowych, a szczególnie istotna jest niska zawartość białka. Potrzeby wodne jęczmienia jarego w okresie wegetacji wynoszą przeciętnie około 220 mm, a niedobory opadów na glebach średnich wahają się od 5 mm w przeciętnie wilgotnych latach, do 40 mm w suchych (Dmowski 1997).

Kukurydza znalazła szerokie zastosowanie na całym świecie jako pasza dla zwierząt, w przemyśle czy na cele energetyczne. W Polsce według danych za rok 2012 powierzchnia zasiewów kukurydzy na ziarno wyniosła 544 tys. ha, a na cele paszowe 508 tys. ha. Zbiory kukurydzy uprawianej na ziarno wyniosły 73,5 dt·ha<sup>-1</sup>. Jej wymagania wodne wynoszą od 300 do 500 mm i biorąc pod uwagę ilość wyprodukowanej biomasy nie są one zbyt duże (Karczmarczyk 2006).

Według badań ośrodka bydgoskiego (Rzekanowski i Żarski 1999, Rzekanowski i in. 2011, Żarski i in. 2004) zastosowanie nawadniania jest skutecznym sposobem łagodzenia skutków posuch atmosferycznych, bowiem wywiera korzystny wpływ zarówno na wysokość i jakość plonów. Jednak o celowości zastosowania tego zabiegu decyduje czynnik finansowy, a mianowicie fakt czy zwyczajki plonów i poprawa jego jakości przełożą się na efekty ekonomiczne. Na efektywność ekonomiczną wpływa nie tylko wielkość plonu, ale również możliwość jego zbytu i uzyskana cena oraz koszty poniesione na nawadnianie. Może się zdarzyć, że mimo znacznego wzrostu ilości i jakości plonu intensyfikacja produkcji przez nawadnianie nie jest opłacalna ekonomicznie, ponieważ uży-

skana cena sprzedaży jest za niska, żeby pokryć poniesione koszty. Powszechnie uznaje się, że najlepsze efekty przynosi nawadnianie upraw na glebach lekkich. Rzekanowski (2010) za najbardziej opłacalne uważa nawadnianie upraw warzyw i owoców, a także ziemniaków oraz nasadzeń w szkółkarstwie.

Celem pracy jest ocena efektów ekonomicznych nawadniania trzech upraw: ziemniaków jadalnych, jęczmienia jarego browarnego oraz kukurydzy uprawianej na ziarno.

Hipoteza badawcza zakładała, że wprowadzenie nawadniania do uprawy testowanych roślin powinno przynieść pozytywne efekty ekonomiczne. Z wielu przeprowadzonych badań wiadomo, że osiągnięte efekty produkcyjne przekładają się na uzyskanie nadwyżki bezpośredniej, lecz jedynie dodatnie efekty ekonomiczne mogą przyczynić się do wprowadzenia tego zabiegu na szerszą skalę w produkcji rolniczej.

## MATERIAŁ I METODY

Wyniki efektywności produkcyjnej nawadniania wykorzystane w niniejszej pracy do oceny efektywności ekonomicznej pochodzą ze Stacji Badawczej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, znajdującej się w Mochelku. Wykorzystane wyniki to rezultaty ścisłych, wieloletnich badań prowadzonych przez Katedrę Melioracji i Agrometeorologii, których obiektem były następujące rośliny: ziemniak jadalny, jęczmień browarny jary oraz kukurydza uprawiana na ziarno. Doświadczenia były prowadzone w latach 2006-2012, nawadnianie miało typowy dla Polski charakter interwencyjny. Badania prowadzono na glebie lekkiej o zwięzłym podłożu, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVa i kompleksu żytniego bardzo dobrego (Żarski i in. 2013).

Ekonomiczną efektywność nawadniania oceniono na podstawie kalkulacji przyrostu nadwyżki bezpośredniej (Grabarczyk 1987):

$$\Delta D = \Delta P - (Kd + \Delta Kr)$$

gdzie:

$\Delta D$  – przyrost nadwyżki bezpośredniej (zł ha<sup>-1</sup>),

$\Delta P$  – wartość produkcji dodatkowej uzyskanej dzięki zastosowaniu nawadniania (zł ha<sup>-1</sup>),

$Kd$  – koszty nawadniania (zł ha<sup>-1</sup>),

$\Delta Kr$  – dodatkowe koszty bezpośrednie, związane z uzyskaniem dodatkowej produkcji (zł ha<sup>-1</sup>).

Do oceny ekonomicznej efektywności nawadniania wykorzystano metodę przyrostu nadwyżki bezpośredniej uzyskanej w wyniku zastosowania tego zabiegu, którą wyliczono przez odjęcie od przyrostu wartości produkcji kosztów nawadniania oraz przyrostu kosztów bezpośrednich. Jako przyrost wartości

produkcji przyjęto iloczyn efektów produkcyjnych nawadniania i średniej ceny skupu. W kalkulacjach wykorzystano średnie ceny z 2013 roku w oparciu o dane GUS [2014], odpowiednio dla ziemniaka 64,45 złdt<sup>-1</sup>, jęczmienia 73,34 złdt<sup>-1</sup> oraz kukurydzy 66,87 złdt<sup>-1</sup>.

W analizie przyjęto po pięć wariantów nawadnianych powierzchni: 1, 5, 10, 20 i 50 hektarów, dla każdej z analizowanych roślin. Podobne podejście zaprezentował w pracy doktorskiej Ossowski (2013). Informacje potrzebne do obliczenia kosztów instalacji nawadniającej oraz późniejszych kosztów nawadniania pozyskano z firmy Łukomet (Jankowiak i Rzekanowski 2006, Łuszczuk 2008, Łuszczuk 2009). W przypadku jęczmienia dokonano oceny ekonomicznej efektywności nawadniania deszczownianego, a w przypadku ziemniaka oraz kukurydzy było to nawadnianie kropłowe. Na potrzeby kalkulacji założono 15-letni okres użytkowania instalacji nawadniającej (stopę amortyzacji przyjęto na poziomie 6,67%), oprocentowanie kapitału na poziomie 5%, a koszty materiałów i napraw na poziomie 2% kosztów inwestycji. Przyjęto trzyletni okres użytkowania linii kroplujących. Założono, że w instalacjach nawodnieniowych zastosowano pompy o napędzie spalinowym. Jako cenę paliwa przyjęto średnią z roku 2013 podawaną przez e-petrol.pl, która wynosiła 5,5 zł (<http://www.e-petrol.pl>). Ostatnim uwzględnionym czynnikiem był wzrost kosztów bezpośrednich spowodowanych przyrostem plonu. Założono, że wynosi on 30% wartości dodatkowo uzyskanej produkcji. Dla celów porównawczych w kalkulacji nie uwzględniono kosztów pracy oraz kosztów wody, przyjmując, że pochodzi ona z własnego ujęcia powierzchniowego.

**Tabela 1.** Koszty nawadniania kropłowego ziemniaków jadalnych

**Table 1.** Costs of drip irrigation of potatoes

Koszty nawadniania kropłowego ziemniaka					
Nawadniana powierzchnia (ha)	1	5	10	20	50
Całkowity koszt inwestycji (zł)	30.000,00	45.000,00	65.000,00	120.000,00	200.000,00
Koszty inwestycji (złha <sup>-1</sup> )	30.000,00	9.000,00	6.500,00	6.000,00	4.000,00
Koszty roczne (złha <sup>-1</sup> )					
Amortyzacja 6,65% (złha <sup>-1</sup> )	1.995,00	598,50	432,25	399,00	266,00
Oprocentowanie kapitału 5% (złha <sup>-1</sup> )	1.500,00	450,00	325,00	300,00	200,00
Koszty napraw i materiałów (złha <sup>-1</sup> )	2.200,00	1.780,00	1.730,00	1.720,00	1.680,00
Koszty paliwa (złha <sup>-1</sup> )	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Razem koszty (złha <sup>-1</sup> )	5.895,00	3.028,50	2.687,25	2.619,00	2.346,00

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

**Tabela 2.** Koszty nawadniania deszczownianego jęczmienia jarego  
**Table 2.** Costs of irrigation of malting barley

Koszty deszczowania jęczmienia jarego browarnego					
Nawadniana powierzchnia (ha)	1	5	10	20	50
Całkowity koszt inwestycji (zł)	30.000,00	35.000,00	55.000,00	90.000,00	185.000,00
Koszty inwestycji (zł·ha <sup>-1</sup> )	30.000,00	7.000,00	5.500,00	4.500,00	3.700,00
Koszty roczne (zł·ha <sup>-1</sup> )					
Amortyzacja 6,65% (zł·ha <sup>-1</sup> )	1.995,00	465,5	365,75	299,25	246,05
Oprocentowanie kapitału 5% (zł·ha <sup>-1</sup> )	1.500,00	350,00	275,00	225,00	185,00
Koszty napraw i materiałów 2% (zł·ha <sup>-1</sup> )	600,00	140,00	110,00	90,00	74,00
Koszty paliwa (zł·ha <sup>-1</sup> )	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Razem koszty (zł·ha <sup>-1</sup> )	4.345,00	1.205,50	1.000,75	864,25	755,05

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

**Tabela 3.** Koszty nawadniania kropłowego kukurydzy uprawianej na ziarno  
**Table 3.** Costs of drip irrigation of corn grown for grain

Koszty nawadniania kropłowego kukurydzy ziarnowej					
Nawadniana powierzchnia (ha)	1	5	10	20	50
Całkowity koszt inwestycji (zł)	35.000,00	55.000,00	80.000,00	140.000,00	250.000,00
Koszty inwestycji (zł·ha <sup>-1</sup> )	35.000,00	11.000,00	8.000,00	7.000,00	5.000,00
Koszty roczne (zł·ha <sup>-1</sup> )					
Amortyzacja 6,65% (zł·ha <sup>-1</sup> )	2.327,50	731,50	532,00	465,50	332,50
Oprocentowanie kapitału 5% (zł·ha <sup>-1</sup> )	1.750,00	550,00	400,00	350,00	250,00
Koszty napraw i materiałów (zł·ha <sup>-1</sup> )	2.700,00	2.220,00	2.160,00	2.140,00	2.100,00
Koszty paliwa (zł·ha <sup>-1</sup> )	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Razem koszty (zł·ha <sup>-1</sup> )	6.977,50	3.701,50	3.292,00	3.155,50	2.882,50

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych obliczeń pokazują, że wraz ze wzrostem nawadnianej powierzchni ogólne koszty inwestycji rosną i dzieje się tak niezależnie od zastosowanego systemu nawadniania (tab. 1, 2 i 3). Odwrotna zależność występuje gdy rozpatruje się koszty jednostkowe inwestycji. W przypadku nawadniania kropłowego ziemniaków koszty te w przeliczeniu na hektar ze

wzrostem nawadnianej powierzchni z 1 do 50 hektarów malały 7,5-krotnie, a u kukurydzy 7-krotnie. Z kolei koszt inwestycji deszczowania jęczmienia jarego w przeliczeniu na 1 ha malał ponad 8-krotnie. Amortyzacja stanowi największą część kosztów rocznych związanych z użytkowaniem instalacji do nawodnień deszczownianych. Natomiast w przypadku nawadniania kropłowego przeprowadzone kalkulacje wskazują koszty napraw i zakupu materiałów eksploatacyjnych jako największą część, ponieważ obejmują one koszty wymiany linii kroplujących.

## **EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCYJNA NAWADNIANIA**

Podstawowym celem stosowania nawadniania jest uzyskanie wymiernych korzyści produkcyjnych oraz ekonomicznych. O pierwszym decydują przeciętne przyrosty plonów uzyskiwane dzięki wprowadzeniu nawadniania do agrotechniki. Bardzo ważnym czynnikiem są też cechy jakościowe, takie jak dorodność, wyrównanie czy skład chemiczny. Według wyników zawartych w pracy Żarskiego i in. (2013), średnia wieloletnia zwyżka plonu bulw ziemniaka w wyniku zastosowania nawadniania kropłowego wyniosła  $12,08 \text{ t ha}^{-1}$  (tab.4). Efektywność nawadniania była wysoka, bowiem podanie 1mm wody spowodowało wzrost plonu bulw średnio o  $128,1 \text{ kg ha}^{-1}$ . Na poletkach nienawadnianych uzyskiwano w poszczególnych latach bardzo niestabilny plon, o czym świadczy współczynnik zmienności na poziomie 37,7%. Zastosowanie nawadniania spowodowało stabilizację plonowania, bowiem współczynnik zmienności wyniósł tylko 16,9%.

Deszczowanie spowodowało wzrost średniego plonu ziarna jęczmienia w badanym okresie o  $1,44 \text{ t ha}^{-1}$ , co stanowiło 37%. Podobnie jak w przypadku ziemniaka, plonowanie w naturalnych warunkach wodnych było niestabilne, a współczynnik zmienności wysokości plonu wyniósł 34%. Deszczowanie zwiększyło pewność powodzenia uprawy, ponieważ wartość tego współczynnika zmniejszyła się do 6,8%. Każdy 1mm wody zastosowanej do nawodnień spowodował wzrost plonu przeciętnie o  $18,3 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Średni wzrost plonu kukurydzy spowodowany wprowadzeniem nawadniania kropłowego do uprawy podczas trwania doświadczenia wynosił  $3,83 \text{ t ha}^{-1}$ , co stanowiło o 51% więcej niż w naturalnych warunkach wodnych. Przy braku nawadniania plony kukurydzy były bardzo zmienne – współczynnik zmienności wynosił aż 63,1%. Natomiast wartość tego współczynnika dla siedmioletnia na obiektach nawadnianych wynosząca 20%, świadczy o pozytywnych efektach wprowadzenia nawadniania do agrotechniki. Zastosowanie 1mm wody nawodnieniowej spowodowało średni przyrost plonu ziarna o  $39,7 \text{ kg mm}^{-1}$ .



**Tabela 4.** Średnie efekty produkcyjne nawadniania badanych roślin w latach 2006-2012

**Table 4.** Average production effects of selected plants irrigation in 2006-2012

Roślina	Bez nawadniania		Z nawadnianiem		Zwyżka plonu pod wpływem nawadniania		
	wysokość plonu w t ha <sup>-1</sup>	współczynnik zmienności	wysokość plonu w t ha <sup>-1</sup>	współczynnik zmienności	t ha <sup>-1</sup>	%	kg mm <sup>-1</sup>
Ziemniak jadalny	28,64	37,7 %	40,72	16,9 %	12,08	42	128,1
Jęczmień jary browarny	3,88	34,0 %	5,32	6,8 %	1,44	37	18,3
Kukurydza na ziarno	7,48	63,1 %	11,30	20,0 %	3,83	51	39,7

Źródło: Żarski i in. [2013]

## EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA NAWADNIANIA

Nawadnianie ziemniaków jadalnych pozwala uzyskać zauważalny wzrost plonu bulw ziemniaka. Przy założeniu identycznej zwyżki plonu oraz uzyskanej wartości dodatkowej i kosztach rolniczych, o wysokości nadwyżki decydują przede wszystkim koszty nawadniania, a te maleją wraz ze wzrostem powierzchni. Pomijając nawadnianie plantacji o powierzchni 1ha (uzyskana dodatkowa wartość nie pokrywa kosztów), nadwyżka bezpośrednia była wysoka, zaś jej wartość rosła wraz ze wzrostem powierzchni, od 2.421,39 zł dla 5 ha, do 3.103,89 zł dla 50 ha (tab. 5).

**Tabela 5.** Efektywność ekonomiczna nawadniania ziemniaka

**Table 5.** Economic efficiency of irrigation of potato

Nawadniana powierzchnia (ha)	Przyrost plonu pod wpływem nawadniania (t ha <sup>-1</sup> )	Wartość dodatkowa uzyskana dzięki nawadnianiu (zł ha <sup>-1</sup> )	Koszty nawadniania (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost kosztów bezpośrednich (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost nadwyżki bezpośredniej (zł ha <sup>-1</sup> )
1	12,08	7.785,56	5.895,00	2.335,67	-445,11
5			3.028,50		2.421,39
10			2.687,25		2.762,64
20			2.619,00		2.830,89
50			2.346,00		3103,89

Źródło: wyniki własne; Source: own research data



W przypadku kukurydzy nawadnianie kropłowe było nieefektywne pod względem ekonomicznym, niezależnie od wielkości nawadnianej powierzchni. Uzyskana nadwyżka nie pokrywała kosztów związanych z zakupem i eksploatacją urządzeń (tab. 6).

Również deszczowanie jęczmienia jarego było ekonomicznie nieuzasadnione, niezależnie od badanej powierzchni. Powodowało ono straty ekonomiczne, bowiem koszty przewyższały wartość uzyskanej dodatkowo produkcji. Wysokość strat malała wraz ze wzrostem nawadnianego areału, dla 50 ha była praktycznie bliska zero (tab. 7).

**Tabela 6.** Efektywność ekonomiczna nawadniania kukurydzy uprawianej na ziarno  
**Table 6.** Economic efficiency of irrigation of corn grown for grain

Nawadniana powierzchnia (ha)	Przyrost plonu pod wpływem nawadniania (t ha <sup>-1</sup> )	Wartość dodatkowa uzyskana dzięki nawadnianiu (zł ha <sup>-1</sup> )	Koszty nawadniania (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost kosztów bezpośrednich (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost nadwyżki bezpośredniej (zł ha <sup>-1</sup> )
1	3,83	2.561,12	6.977,50	768,34	-5.184,72
5			3.701,50		-1.908,72
10			3.292,00		-1.499,22
20			3.155,50		-1.362,72
50			2.882,50		-1.089,72

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

**Tabela 7.** Efektywność ekonomiczna nawadniania jęczmienia jarego  
**Table 7.** Economic efficiency of irrigation of malting barley

Nawadniana powierzchnia (ha)	Przyrost plonu pod wpływem nawadniania (t ha <sup>-1</sup> )	Wartość dodatkowa uzyskana dzięki nawadnianiu (zł ha <sup>-1</sup> )	Koszty nawadniania (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost kosztów bezpośrednich (zł ha <sup>-1</sup> )	Przyrost nadwyżki bezpośredniej (zł ha <sup>-1</sup> )
1	1,44	1.056,10	43450	316,83	-3.605,73
5			1.205,50		-466,23
10			1.000,75		-261,48
20			864,25		-124,98
50			755,05		-15,78

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki badań przeprowadzonych w ośrodku bydgoskim (Żarski i in. 2013) nad wpływem nawadniania na plonowanie ziemniaków jadalnych, jęczmienia jarego oraz kukurydzy uprawianej na ziarno jednoznacznie wskazywały na możliwość osiągnięcia znaczących wyników produkcyjnych. Przeprowadzone kalkulacje pokazały jednak, że nie w każdym przypadku nawadnianie było uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia.

W trakcie 7 lat trwania doświadczeń nawadnianie pozwoliło osiągnąć średnią zwyżkę plonu ziemniaków na poziomie  $12,08 \text{ t ha}^{-1}$ . Wynik ten mieści się w zakresie rezultatów podawanych w syntezie Żarskiego i in. (2011), dotyczącej efektywności produkcyjnej nawadniania ziemniaka. W większości rozpatrywanych wariantów dotyczących powierzchni, nawadnianie pozwalało osiągnąć znaczącą nadwyżkę bezpośrednią, która rosła wraz z powierzchnią od  $2421,39 \text{ zł ha}^{-1}$  dla 5 ha do  $3103,89 \text{ zł ha}^{-1}$  dla 50 ha. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazała, że nawadnianie najmniejszej powierzchni, czyli 1 ha przynosi straty. Uzyskana natomiast nadwyżka dla plantacji większych od 5 ha była zbliżona do cytowanej przez Jankowiaka i Rzekanowskiego (2006) i nieco niższa od otrzymanej przez Nowackiego (2009).

Badania ośrodka bydgoskiego pokazały, że nawadnianie kukurydzy w pozytywny sposób wpływało na wysokość plonowania, pozwalając uniezależnić je od wysokości opadów. Chociaż osiągnięta w doświadczeniu średnia zwyżka plonu na poziomie  $3,83 \text{ t ha}^{-1}$  była wysoka, to jednak przeprowadzona kalkulacja wykazała, że nawadnianie kropkowe kukurydzy uprawianej na ziarno jest nieefektywne pod względem ekonomicznym.

Korzystnie na nawadnianie zareagował również jęczmień jary, dając wyższy plon ziarna średnio o  $1,44 \text{ t ha}^{-1}$ . Przeprowadzona kalkulacja pokazała jednak, że w świetle aktualnych cen zbytu, taki przyrost plonu nie uzasadniał opłacalności zastosowanego deszczowania, niezależnie od wielkości nawadnianej powierzchni. Uzyskane wyniki są podobne do przedstawionych przez Wojtasika (2004), który uważa nawadnianie jęczmienia jarego za nieopłacalne, mimo możliwości uzyskania wysokich wyników produkcyjnych. Korzystniejsze rezultaty uzyskał Żarski (1993) wskazując, iż nawadnianie tak jęczmienia pastewnego jak i browarnego uprawianego na glebie bardzo lekkiej, cechującej się przepuszczalnym podłożem, może być przy odpowiednim nawożeniu opłacalne.

Reasumując można stwierdzić, że we wszystkich analizowanych przypadkach nawadnianie wpływało na uzyskanie wymiernych efektów produkcyjnych, w postaci zwyżki i poprawy jakości plonu, a więc pozwalało przynajmniej częściowo uniezależnić się od warunków atmosferycznych. Wierność plonowania nie zawsze jednak znalazła odzwierciedlenie w postaci nadwyżki ekonomicznej, a ta jak wiadomo w największym stopniu decyduje o celowości wprowadze-

nia nawodnień do agrotechniki. Uzyskane rezultaty są jedynie efektem suchej kalkulacji, w oderwaniu od pozostałych czynników wpływających na poziom produkcyjny gospodarstwa. W rzeczywistości efekty ekonomiczne nawadniania są zależne od wielu innych zmiennych, takich chociażby jak bieżące relacje cen między środkami produkcji i surowcami rolniczymi, warunki glebowe, poziom agrotechniki konkretnego gospodarstwa i jego usytuowanie w regionie, warunki meteorologiczne w danym okresie wegetacji, czy też zastosowany system nawodnieniowy. Te ostatnie jak wiadomo mogą przyczynić się do wystąpienia katastrofalnej suszy, która diametralnie zmienia kalkulację ekonomiczną. Na podstawie otrzymanych rezultatów można stwierdzić, że z trzech analizowanych upraw jedynie deszczowanie ziemniaków jadalnych przyniosło znaczące efekty ekonomiczne. Jęczmienia jarego oraz kukurydzy nawadniać się nie opłacało.

### **PODSUMOWANIE**

Na podstawie przeprowadzonych kalkulacji, bazujących na wynikach doświadczeń z nawadnianiem roślin przeprowadzonych przez Żarskiego i in. (2013), można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zastosowanie nawodnień w przypadku wszystkich analizowanych roślin przyczyniło się do wzrostu wysokości uzyskiwanych plonów. W istotny sposób wpływało także na zwiększenie stabilności i niezawodności plonowania w latach.
2. Przeprowadzone kalkulacje pokazują, że koszty nawadniania w przeliczeniu na 1 ha maleją wraz ze wzrostem powierzchni plantacji, co też znalazło odzwierciedlenie w postaci otrzymanych efektów ekonomicznych.
3. Uzyskane metodą kalkulacji przyrostu nadwyżki bezpośredniej wyniki pokazują, że nie zawsze osiągnięcie wyższych efektów produkcyjnych przekłada się na opłacalność ekonomiczną nawadniania. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazała, że nawadnianie dodatni efekt finansowy przyniosło jedynie w przypadku ziemniaków jadalnych, i to z wyłączeniem wariantu 1-hektarowego. W przypadku jęczmienia jarego browarnego i kukurydzy uprawianej na ziarno, wprowadzenie tego zabiegu było niezasadne ekonomicznie, niezależnie od wielkości plantacji.

### **LITERATURA**

- Dmowski Z. (1997). *Water needs and effects of irrigation on cereals In Poland*. Proc. 1<sup>st</sup> Poland-Israel Conf. On „Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates”, December 5-16 1997, Tel-Aviv (Israel), Vol. II, 83-88.

- Grabarczyk S. (1987). *Oplacalność inwestycji deszczownianych w gospodarstwach indywidualnych*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 326, 213-226.
- Jankowiak J., Rzekanowski Cz. (2006). *Ekonomiczne efekty nawadniania*. W: Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. Poznań PWRiL, 461-478.
- Kalbarczyk R. (2003). *Czasowy i przestrzenny rozkład faz rozwojowych ziemniaka w Polsce dla odmian średnio późnych i późnych*. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura 2(1):77-89.
- Karczmarczyk S. (2006). *Nawadnianie roślin pastewnych*. W: Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. Poznań PWRiL, 405-420.
- Łuszczek K. (2008). *Nakłady na nawadniane plantacje ziemniaków*. Maszynopis. Łukomet, Całowanie,
- Łuszczek K. (2009). *Nakłady na nawadnianie plantacji roślin towarowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 303-315.
- Nowacki W. (2009). *Nawadnianie czynnikiem modyfikującym oplacalność uprawy ziemniaka w systemie ekologicznym*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 54, nr 4, 32-35.
- Ossowski W. (2013). *Zastosowanie nawodnień ciśnieniowych w uprawie ziemniaka na glebie lekkiej*. Maszynopis rozprawy doktorskiej UTP Bydgoszcz, ss. 103.
- Pierzgalski E., Karczmarczyk S. (2006). *Rozwój nawodnień na świecie i w Polsce*. W: Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. Poznań PWRiL, 15 – 25.
- Rzekanowski Cz., Żarski J.; (1999): *Rola nawodnień ciśnieniowych w ochronie rolniczej przestrzeni produkcyjnej*. Inżynieria Rolnicza, t. I, 5, 241-248.
- Rzekanowski Cz. (2010). *Perspektywy rozwoju nawodnień*. Wiad. Mel. i Łąk, nr 2.
- Rzekanowski Cz., Żarski J., Rolbiecki S., (2011): *Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę*. Postępy Nauk Rolniczych, PAN Wydz. Nauk Biologicznych i Rolniczych, Warszawa, nr 345 r. 63, 1, 51-63.
- Trybała M. (1997). *Water resources and their possible use in Polish agriculture*. Proc. 1<sup>st</sup> Poland-Israel Conf. On „Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates”, December 5-16 1997, Tel-Aviv (Israel), Vol. II, 63-70.
- Wojtasik D. (2004). *Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej*. Acta Sci. Pol., Agricultura, 3(2), 131-142.
- Wydawnictwa GUS (2013). *Rocznik statystyczny rolnictwa*. Warszawa.
- Wydawnictwa GUS (2014). *Skup i ceny produktów rolnych w 2013 roku*. Warszawa.
- Żarski J. (1993). *Reakcja zbóż jarych na deszczowanie i nawożenie azotowe w warunkach gleby bardzo lekkiej*. ATR Bydgoszcz, Rozprawy 59.
- Żarski J., Rolbiecki S., Dudek S., Rolbiecki R., Rzekanowski Cz., (2004). *Potrzeby i efekty nawadniania roślin w rejonie Bydgoszczy*. Monografia pod red. M. Rojka pt.: III. Bilanse wodne ekosystemów rolniczych, ser. Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska, AR Wrocław, 187-203.

Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. (2011). *Potrzeby i efekty nawadniania ziemi na obszarach szczególnie deficytowych w wodę*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 5, 175-182.

Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Rolbiecki R., Rolbiecki S. (2013). *Prognozowanie efektów nawadniania roślin na podstawie wybranych wskaźników suszy meteorologicznej i rolniczej*. Annual Set The Environment Protection, vol. 15, 2185-2203.

<http://www.e-petrol.pl/notowania-komentarz-rynek-paliw/82752/rok-2013-na-rynku-paliw> (22.01.2015 r.).

<http://www.worldwatch.org/global-irrigated-area> (05.03.2015r.)

Mgr inż. Remigiusz Kledzik  
Mgr inż. Michał Kropkowski  
Prof. dr hab. inż. Czesław Rzekanowski  
Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6  
tel. 52 3749537  
e-mail: zarski@utp.edu.pl

Wpłynęło: 3.01.2015

Akceptowano do druku: 17.04.2015