

Jacek Żarski

EFEKTY NAWADNIANIA ROŚLIN ZBOŻOWYCH W POLSCE

SHAPING OF IRRIGATION NEEDS FOR FRUIT PLANTS IN POLAND

Streszczenie

Z przeprowadzonych badań naukowych wynika, że średnie wieloletnie zwyczajki plonów ziarna poszczególnych gatunków zbóż podstawowych, osiągane pod wpływem deszczowania w porównywalnych warunkach glebowo-klimatycznych, są podobne. Wielkość efektów produkcyjnych nawadniania zbóż uzależniona jest przede wszystkim od rodzaju gleb, a szczególnie ich właściwości wodnych. W konkretnym sezonie wegetacji, w danych warunkach glebowych, efekty produkcyjne nawadniania zbóż są często bardzo różne, korelując istotnie z ilością opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę.

Na podstawie powyższych wniosków, proponuje się rozważanie problematyki nawadniania roślin zbożowych w Polsce, w dwóch przyszłościowych obszarach zastosowania:

1. Deszczowanie roślin zbożowych na glebach średnich i lekkich o przewadze IV klasy bonitacyjnej ma charakter interwencyjny. Spełnia typową w warunkach przejściowego klimatu Polski rolę uzupełniającą braki opadów atmosferycznych, zapobiegając spadkom plonów w wyniku wystąpienia okresów posusznych i przyczyniając się do stabilizacji plonowania w poszczególnych latach. Prowadzi do przeciętnych bezwzględnych przyrostów plonów ziarna rzędu 0,50–1,00 t ha⁻¹, względnych 10–30% i jednostkowych 5–10 kg ha⁻¹mm⁻¹. Wielkość tych efektów nie stanowi dostatecznej zachęty dla potencjalnych inwestorów. Jednak powinno się zakładać pewien niewielki udział zbóż na polach wyposażonych w deszczownice, zasadniczo przeznaczone do nawadniania innych grup użytkowych. Argumentem mogą być wymogi racjonalnego następstwa roślin oraz względy jakościowe. Z tego powodu zaleca się deszczować w pierwszej kolejności chlebowe odmiany pszenic, a szczególnie browarne odmiany jęczmienia.

2. Deszczowanie roślin zbożowych na glebach bardzo lekkich i lekkich, mających przepuszczalne podłoże, spełnia rolę podstawowego czynnika plono-

twórczego. Na takich glebach produkcja zbóż bez nawadniania jest praktycznie bezcelowa (średnie plony rzędu $1,50 \text{ t ha}^{-1}$). Średnie wieloletnie bezwzględne efekty produkcyjne deszczowania przekraczają $2,50 \text{ t ha}^{-1}$, a jednostkowe $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Obszar ten można traktować jako główną rezerwę produkcyjną krajowego rolnictwa, po którą będzie można sięgnąć w miarę wzrostu popytu na produkty żywnościowe oraz pozyskiwania zagranicznych rynków zbytu.

Słowa kluczowe: nawadnianie, rośliny zbożowe, efekty nawadniania, jakość ziarna

Summary

Results of studies have shown that yield increased achieved as effect of supplemental irrigation of spring or winter cereals are similar. Yield increases resulting from irrigation depend mostly on the kind of soil, particularly its moisture conditions. In the definite vegetation season and in the actual soil conditions the effects of irrigation of cereals varried, and they correlate significantly with the rainfall at growth stage when the requirement of moisture is critical.

The problems of irrigation of cereals in Poland should be considered in two aspects:

1. Irrigation of cereals grown on medium and light soils should be considered as interventional, so as to prevent yield decreases caused by drought, and to assure stable crops in the Polish transitory climate condition. That measure can lead to average yield increases: absolute of $0,50\text{--}1,00 \text{ t ha}^{-1}$, relative of 10–30% and unitary of $5\text{--}10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. This might not encourage farmers to include cereals in their crop rotation on fields equipped with irrigation systems but cereals should take a part in an equipped with irrigation systems fields meant for other plants. Irrigated should be the bread varieties of wheat and then malt barley.

2. Irrigation of cereal plants grown on very light soils and light soils of permeable subsoil can be considered a basic yield-creating factor. Cereal production on such soils is pointless (an average yield equals $1,50 \text{ t ha}^{-1}$) whereas an average absolute productive effects of irrigation exceed $2,50 \text{ t ha}^{-1}$, unitary outranks $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Therefore it might be considered to be a production reserve of Polish agriculture, should the need for agricultural production increase arise.

Key words: irrigation, cereals, effect of irrigation, quality of grain

WPROWADZENIE

Zboża stanowią najważniejszą grupę użytkową roślin rolniczych, ponieważ mają podstawowe znaczenie w wyżywieniu ludności świata. Szacuje się, że dostarczają 55% związków energetycznych oraz w 50% pokrywają zapotrzebowanie na białko. Ich dominacja wynika także z dużego udziału (20–25%) w wartości globalnej produkcji rolniczej oraz stale rosnącego znaczenia w produkcji pasz.

Udział Polski w światowej produkcji zbóż wynosi aktualnie 1,2%. Dominującą pozycję zajmujemy przede wszystkim w uprawie mieszanek zbożowych na ziarno, a znaczącą w uprawie pszenżyta, żyta i w mniejszej skali owsa.

W latach 2005–2008 powierzchnia zasiewów roślin zbożowych w Polsce wynosiła średnio 8417 tys. ha, stanowiąc aż 73,6% ogólnej powierzchni wszystkich zasiewów. W strukturze zasiewów dominującymi uprawami były kolejno: pszenica, mieszanki zbożowe na ziarno, żyto, pszenżyto oraz jęczmień (tab. 1). W latach 2005–2008, w stosunku do 2001–2005, areal zasiewów wszystkich zbóż był większy tylko o 0,2%. Zmniejszeniu uległa przede wszystkim powierzchnia uprawy żyta oraz pszenicy, przy zauważalnym wzroście zasiewów pszenżyta i jęczmienia.

Tabela 1. Powierzchnia zasiewów roślin zbożowych w Polsce w latach 2005–2008 [Wydawnictwa GUS 2008]

Table 1. Cereal cropping pattern in Poland in years 2005–2008 [GUS Publishers 2008]

Zboże	Powierzchnia zasiewów		
	tys. ha	% powierzchni zasiewów zbóż	% ogólnej powierzchni zasiewów
Pszenica	2196	26,1	19,2
Mieszanki zbożowe	1481	17,6	12,9
Żyto	1361	16,2	11,9
Pszenżyto	1246	14,8	10,9
Jęczmień	1192	14,2	10,4
Owies	556	6,6	4,9
Kukurydza na ziarno	307	3,6	2,7
Gryka, proso i inne	78	0,9	0,7
Razem	8417	100,0	73,6

Krajowa produkcja ziarna zbóż, która w latach 2001–2007 wynosiła przeciętnie 26,2 mln ton rocznie, zaspokajała wewnętrzne potrzeby ilościowe. Jednak nadwyżka zapasów w niektórych latach była ponad dwukrotnie mniejsza od poziomu bezpieczeństwa żywnościowego, co świadczy, że nadprodukcja zbóż w Polsce jest względna i nie ma charakteru stałego. Średni plon zbóż w Polsce w latach 2001–2007 wynosił 31,3 dt ha⁻¹, stanowiąc 57% średniego plonu krajów Unii Europejskiej. Tłumaczy się to gorszymi warunkami przyrodniczymi do uprawy zbóż, dużym wysyceniem zmianowań zbożami, co ogranicza efektywność czynników plonotwórczych, niekorzystną strukturą obszarową gospodarstw oraz niewykorzystaniem postępu biologicznego i agrotechnicznego [Budzyński, Krasowicz 2008].

Mające podstawowe znaczenie w wyżywieniu ludności świata, zboża stanowią podstawową grupę użytkową roślin uprawianych na polach nawadnianych. Spośród wszystkich upraw rolniczych, największą powierzchnię zajmuje ryż. Na bardzo dużych powierzchniach ziem uprawnych świata nawadnia się również pszenicę i kukurydzę, a w mniejszej skali – sorgo i jęczmień. Kukurydza stanowi główną roślinę nawadnianą w Stanach Zjednoczonych. W krajach

europjskich (przede wszystkim Hiszpania, Francja, Włochy, Grecja, Portugalia) nawadnia się głównie kukurydzę oraz pszenicę twardą. W 2003 r. areal ten wynosił około 2,35 mln ha.

W 2007 r. powierzchnia nawadniana użytków rolnych i gruntów leśnych w Polsce wynosiła 80 tys. ha, w tym nawadnianie podsiąkowe stanowiło 75,2 tys. ha, a deszczowanie 4653 ha [Wydawnictwa GUS 2008]. W skali produkcyjnej nie prowadzono nawodnień roślin zbożowych. Główny czynnik hamujący stanowiły względy ekonomiczne, a przede wszystkim zbyt mała wartość ewentualnych przyrostów plonów w stosunku do kosztów inwestycji i eksploatacji urządzeń.

Mimo braku zastosowania praktycznego, w Polsce przeprowadzono bardzo dużą liczbę doświadczeń polowych z nawadnianiem deszczowanym roślin zbożowych. W latach 1962–1989 w 8 ośrodkach naukowych (AR Szczecin, ATR Bydgoszcz, SGGW, AR Wrocław, AR Kraków, AR Lublin, IUNG, IMUZ) zrealizowano 1106 jednorocznych doświadczeń z deszczowaniem pszenicy ozimej, 686 jęczmienia jarego, 648 pszenicy jarej oraz 132 roczne doświadczenia z deszczowaniem pszenżyta ozimego [Dzieżyc, Nowak 1993]. W nieco mniejszej skali testowano w badaniach żyto ozime i owies, a w jeszcze mniejszej kukurydzę na ziarno, jęczmień ozimy, mieszanki zbożowe oraz pszenżyto jare. W latach 1990–2008 niektóre ośrodki naukowe (Bydgoszcz, Poznań, Szczecin, Wrocław) kontynuowały problematykę nawadniania roślin zbożowych, poszerzając wcześniejsze ustalenia naukowe o ocenę m.in. możliwości uprawy zbóż w warunkach deszczowania na luźnych glebach piaszczystych, efektów zastosowania nawodnień kropłowych w uprawie kukurydzy na ziarno, wpływu nawodnień na przebieg procesów fizjologicznych i choroby roślin, a także roli nawadniania w różnych systemach produkcji roślinnej.

EFEKTY PRODUKCYJNE NAWADNIANIA ROŚLIN ZBOŻOWYCH W POLSCE

Podstawowym wskaźnikiem efektów produkcyjnych nawadniania zbóż są przeciętne (średnie wieloletnie) przyrosty plonów ziarna osiągnięte pod wpływem stosowania tego zabiegu. Duże znaczenie gospodarcze mają także zmiany jakości plonu, w tym najczęściej oznaczanego stopnia dorodności ziarna oraz zawartości w nim białka. W przypadku zbóż pastewnych ważne jest określenie zmian wartości paszowej, a w przypadku zbóż konsumpcyjnych poznanie wpływu nawadniania na kompleks cech jakościowych składających się na przydatność ziarna pszenicy do wyrobu mąki, czy ziarna jęczmienia do produkcji słołu. Aktualnie mniejsze znaczenie dla bezpośredniej wyceny efektów produkcyjnych nawadniania zbóż ma oszacowanie zmian plonów słomy oraz masy resztek poźniwnych. Warto jednak pamiętać, że ewentualne przyrosty plonów ubocznych zwiększają korzyści związane z zastosowaniem nawodnień, przyczyniając się do zwiększenia produkcji obornika i zapobiegając ubytkom materii organicznej w glebach.

Bezpośredni efekt produkcyjny nawadniania zbóż w postaci wzrostu plonu ziarna i zmian jego jakości jest pochodną powodowanych przez ten zabieg modyfikacji wzrostu i rozwoju roślin. W szczególności nawadnianie wpływa na zmiany aktywności procesów fizjologicznych, budowę morfologiczną i anatomiczną, a w konsekwencji na architekturę łanów i elementy struktury plonu. Z kompleksowych badań prowadzonych na ten temat w ośrodku szczecińskim pod kierunkiem Karczmarczyka [1999] wynika, że nawadnianie połączone z nawożeniem optymalnymi dawkami NPK powodowało istotne zwiększenie intensywności procesów fizjologicznych, zachodzących w liściach roślin zbożowych, a więc wyższą asymilację dwutlenku węgla, transpirację oraz przewodność dyfuzyjną szparek. Intensyfikacja procesów fizjologicznych oraz przedłużenie okresu fizjologicznej sprawności roślin nawadnianych prowadziły do ich bujniejszego wzrostu, wytworzenia wyższych i grubszych źdźbeł, większych kłosów, a także zwiększenia liczby i masy ziaren w kłosie. Nawadnianie przyczyniało się także do zwiększenia krzewienia i obsady źdźbeł na jednostce powierzchni. W badaniach dotyczących określenia wpływu nawadniania na poszczególne elementy struktury plonu ziarna zbóż otrzymywano dość różne wyniki. W niektórych doświadczeniach wpływało ono przede wszystkim na wzrost liczby ziaren w kłosie, w innych na dorodność ziarna, a w jeszcze innych powodowało głównie wzrost krzewienia produkcyjnego zbóż. Rozbieżności te były skutkiem zastosowania nawadniania w różnych fazach wzrostu i rozwoju roślin, stosownie do zdarzających się okresów posusznych.

Na temat celowości nawadniania roślin zbożowych w różnych warunkach glebowych i klimatycznych oraz efektów produkcyjnych tego zabiegu przeprowadzono w Polsce bardzo dużo badań naukowych. Badano przede wszystkim wpływ deszczowania na ich plonowanie przy wzrastającym nawożeniu NPK, a w późniejszym okresie na tle zróżnicowanego nawożenia azotowego. Często czynnikami w doświadczeniach były odmiany, a nawet nowe rody poszczególnych gatunków zbóż. Zdecydowanie najwięcej badań dotyczyło efektów deszczowania pszenicy ozimej, a w drugiej kolejności jęczmienia jarego i pszenicy jarej. Wyniki pojedynczych doświadczeń były następnie przedmiotem licznych syntez. Do najbardziej znanych i najczęściej cytowanych prac syntetycznych z tego zakresu zaliczyć można przede wszystkim obszerną monografię Dzieżyca [1988], pracę Dzieżyca i Nowaka [1993] oraz Grabarczyka [1987]. Analiza rezultatów nawadniania, zarówno w poszczególnych doświadczeniach, jak i prezentowanych w wymienionych syntezach, prowadzi do ogólnego wniosku, że średnie wieloletnie bezwzględne i jednostkowe przyrosty plonów ziarna pod wpływem zastosowania nawadniania deszczownianego poszczególnych gatunków i odmian zbóż podstawowych, osiągane w porównywalnych warunkach glebowo-klimatycznych, są bardzo zbliżone.

Na jednakową, zwłaszcza w przypadku form jarych, reakcję poszczególnych gatunków zbóż na nawadnianie deszczowniane zwrócił uwagę Dzieżyca [1988], opierając się na wynikach doświadczeń prowadzonych z różnymi

zbożami podstawowymi w rejonie Wrocławia. W niektórych badaniach porównawczych reakcja różnych zbóż na nawadnianie nie zawsze była jednakowa. Jednak porównując efekty produkcyjne średnie z wieloletnich doświadczeń prowadzonych w różnych regionach lub z wielu lat w tym samym miejscu, można stwierdzić, że cechuje je spore podobieństwo (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie efektów produkcyjnych deszczowania poszczególnych zbóż według opracowań różnych autorów w $\text{t ha}^{-1}(\%)$

Table 2. Productive results of particular irrigated cereals $\text{t ha}^{-1}(\%)$
– comparison between different scientific descriptions

Zboże	Dzieżyc i Nowak [1993]	Grabarczyk [1987]	Borówczak i in. [1996]
Pszenica ozima	0,61 (16)	0,75 (18)	0,44 (9)
Jęczmień jary	0,83 (25)	–	0,81 (22)
Pszenica jara	0,67 (25)	0,61 (20)	0,58 (13)
Pszonczyto ozime	0,95 (20)	–	0,88 (19)

WPLYW WARUNKÓW GLEBOWYCH

Wielkość efektów produkcyjnych nawadniania zbóż uzależniona jest przede wszystkim od rodzaju gleb, a szczególnie ich właściwości wodnych, określanych najczęściej za pomocą stopnia zwięzłości. Znaczenie ma nie tylko zwięzłość poziomu orno-próchnicznego, ale również rodzaj podłoża. Zgodnie z wynikami wielu doświadczeń, bezwzględne i względne przyrosty plonu ziarna pod wpływem nawadniania oraz efekty jednostkowe wyrażone przyrostem plonu na 1 mm wody nawodnieniowej są tym większe, im gleba jest lżejsza (tab. 3). Największe efekty występują na glebach piaszkowych o głębokim zwierciadle wód gruntowych, charakteryzujących się małą pojemnością wodną, a zatem małą zdolnością do ciągłego zaopatrywania roślin w wodę. Wraz ze wzrostem stopnia zwięzłości i retencji wodnej gleb, efekty nawadniania zbóż dość systematycznie maleją. W nielicznych doświadczeniach prowadzonych na glebach ciężkich lub bardzo ciężkich (mada żuławska, gleba lessowa) nie uzyskano istotnych różnic w plonowaniu roślin nienawadnianych i nawadnianych. W niektórych latach zaznaczyło się nawet ujemne oddziaływanie nawadniania wskutek zwiększenia stopnia wylegania roślin.

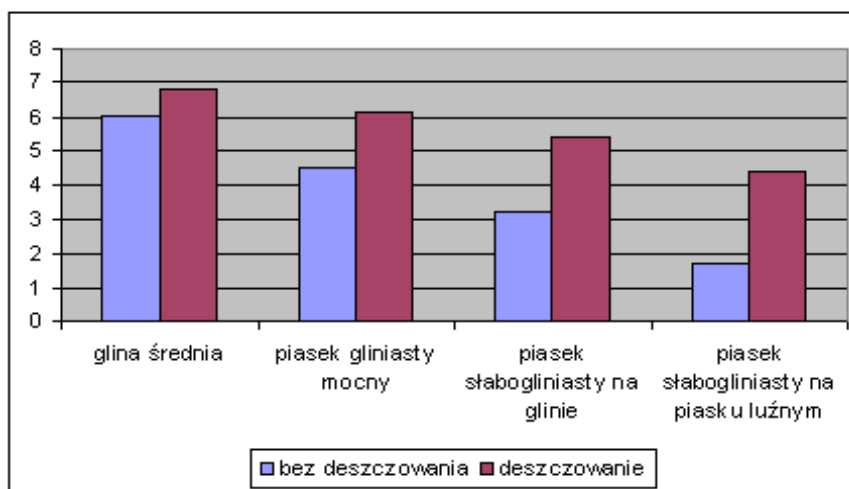
W przypadku rozpatrywania wpływu czynnika glebowego na osiągane przyrosty plonów ziarna zbóż, niezmiernie ważne jest nie tylko określenie ich bezwzględnych, względnych i jednostkowych wielkości, ale również ocena możliwości plonotwórczych roślin, uprawianych na różnych glebach w warunkach nawadniania. Zwraca uwagę fakt, iż plonowanie zbóż nawadnianych na glebach niższych kategorii zaledwie dorównuje plonowaniu uzyskiwanemu na lepszych glebach bez nawadniania (rys. 1). W związku z tym deszczowanie ro-

ślin zbożowych na glebach słabszych (kompleks żytni bardzo słaby, słaby i dobry) jest zabiegiem zaledwie wyrównującym ich szanse produkcyjne w stosunku do gleb lepszych (kompleks żytni bardzo dobry i kompleksy pszenne).

Tabela 3. Plonowanie i przeciętne efekty deszczowania zbóż w zależności od rodzaju gleby na przykładzie wieloletnich doświadczeń z pszenicą jarą

Table 3. Yielding and an average results of irrigated cereals as dependant on various kind of soil (based on a long-term studies on spring wheat)

Rodzaj gleby	Autorzy doświadczenia	Plony ziarna $t\ ha^{-1}$		Efekty produkcyjne deszczowania		
		0	W	$t\ ha^{-1}$	%	$kg\ mm^{-1}$
Glina średnia	Drupka i in. (2001)	6,02	6,84	0,82	14	14,3
Piasek gliniasty mocny	Dudek (1997)	4,51	6,12	1,61	36	16,1
Piasek słabogliniasty na glinie	Karczmarczyk (1999)	3,19	5,39	2,20	69	17,7
Piasek słabogliniasty na piasku luźnym	Żarski i Dudek (2003)	1,67	4,41	2,74	164	21,3



Rysunek 1. Plonowanie pszenicy jarej w zależności od rodzaju gleby i deszczowania
Figure 1. Yielding of spring wheat as dependant on the kind of soil and irrigation

WPLYW WARUNKÓW OPADOWYCH

W konkretnym sezonie wegetacji, w danych warunkach glebowych, efekty produkcyjne nawadniania zbóż są często bardzo różne, korelując istotnie z ilością opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę. Na istotną zależność między przyrostami plonów pod wpływem deszczowania i sumą opadów atmosferycznych zwrócił uwagę Grabarczyk [1987]. Na podstawie rezultatów doświadczeń prowadzonych na glebach lekkich o przewadze IV klasy bonitacyjnej, zaproponował formułę prostoliniowej zależności. W przypadku pszenicy ozimej przyjęła ona postać:

$$Q = (235 - P_{1.05 - 15.07}) \cdot 16$$

gdzie:

- Q – przyrost plonu ziarna pod wpływem deszczowania w kg ha^{-1} ,
- P – suma opadów atmosferycznych okresie od 1 maja do 15 lipca,

a w przypadku pszenicy jarej:

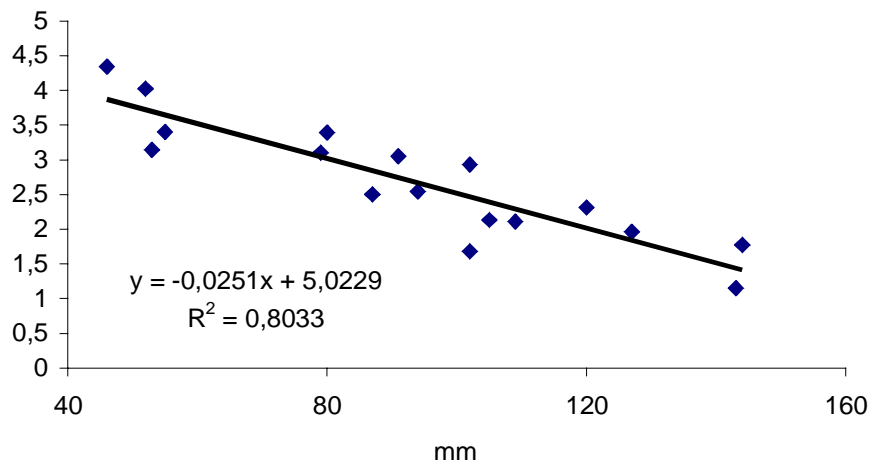
$$Q = (240 - P_{1.05 - 31.07}) \cdot 20$$

gdzie:

- Q – przyrost plonu ziarna pod wpływem deszczowania w kg ha^{-1} ,
- P – suma opadów atmosferycznych okresie od 1 maja do 31 lipca.

Zależności te pozwoliły na interpolację wyników doświadczeń na różne regiony kraju i uściślenie prognozowanych efektów nawadniania tych zbóż w różnych strefach opadowych. W strefie o opadach atmosferycznych niższych od 350 mm w okresie wegetacji, obejmującej Niż Polski, spodziewane przeciętne zwwyżki plonu ziarna pszenicy ozimej i jarej są najwyższe, wynosząc odpowiednio 1,5 i 1,3 t ha^{-1} . W drugiej strefie, zajmującej powierzchnię kraju między izohietami 350 i 400 mm kształtują się na poziomie 1,2 i 0,7 t ha^{-1} , zaś na obszarach o opadach przekraczających w okresie od kwietnia do września 400 mm, są mniejsze od 1,0 i 0,4 t ha^{-1} .

Podobne zależności wyprowadzono na podstawie rezultatów wieloletnich eksperymentów polowych na glebie bardzo lekkiej mającej przepuszczalne podłoże, w okolicach Bydgoszczy. Na przykładzie rozkładu efektów produkcyjnych deszczowania jęczmienia jarego w 17. kolejnych latach (rys. 2) wyraźnie widać, iż zależały one istotnie ($R^2 = 0,80$) od ilości opadów w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę, obejmującym maj i czerwiec. W suchych okresach wegetacji przyrosty plonu ziarna pod wpływem zastosowania nawadniania wynosiły nawet ponad 4 t ha^{-1} , z kolei w wilgotnych nie przekraczały 2 t ha^{-1} .



Rysunek 2. Efekty produkcyjne deszczowania jęczmienia jarego w zależności od sumy opadów w maju i czerwcu

Figure 2. Productive results of irrigated malt barley as dependant on the total rainfall in May and June

PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA NAWODNIEŃ W TECHNOLOGIACH UPRAWY ROŚLIN ZBOŻOWYCH W POLSCE

Perspektywy praktycznego zastosowania nawadniania w produkcji roślin zbożowych zależą od wielu czynników, takich jak uwarunkowania gospodarcze i ekonomiczne, właściwości biologiczne, kryteria środowiskowe oraz czynniki związane z technologią prowadzenia nawodnień. Bardzo ważne jest rozpoznanie efektów produkcyjnych nawadniania zbóż, bowiem ich wielkość i wartość, w zestawieniu z poniesionymi kosztami, bezpośrednio decyduje o celowości przedsięwzięcia. Aktualnie niewiele jest czynników przemawiających za prowadzeniem nawadniania zbóż w Polsce, a zdecydowanie więcej można przytoczyć argumentów przeciw. Spośród zestawionych czynników determinujących celowość nawadniania zbóż (tab. 4) jedynie dwa jednoznacznie przemawiają za taką potrzebą. Chodzi tu o dużą zmienność czasową opadów atmosferycznych, powodującą częste posuchy w okresie wegetacji zbóż oraz o duży areal gleb piaszczystych o niewielkich możliwościach retencjonowania gleby, na których uprawa dominujących w strukturze zasiewów roślin zbożowych związana jest z ryzykiem obniżenia plonowania na skutek wystąpienia często drastycznych niedoborów wodnych. Warto także pamiętać, że większość uwarunkowań gospodarczych, produkcyjnych i ekonomicznych ulega często zasadniczym zmianom lub przewartościowaniom, stąd nie można wykluczyć, iż nawadnianie zbóż

w Polsce rozwinie się na szerszą skalę. Na tej podstawie proponuje się rozważanie problematyki nawadniania roślin zbożowych w Polsce, w dwóch przyszłościowych obszarach zastosowania.

Tabela 4. Czynniki determinujące perspektywy nawadniania zbóż w Polsce
Table 4. The elements limiting prospects for the future on irrigated cereals in Poland

Kryteria celowości nawadniania zbóż	Czynniki przemawiające przeciw nawadnianiu	Czynniki przemawiające za nawadnianiem
Uwarunkowania ogólnogospodarcze, produkcyjne i ekonomiczne	Wystarczający poziom krajowej produkcji zbóż Niewielkie możliwości zwiększenia eksportu Wysokie koszty inwestycji i eksploatacji urządzeń Niewielkie zwwyżki plonu pod wpływem nawadniania Niska cena zbóż w stosunku do kosztów nawadniania	Duże znaczenie gospodarcze Obniżenie produkcji w latach bardzo suchych i suchych Stabilizacja plonowania Korzystne zmiany jakościowe Ochrona gleb najsłabszych przed wypadaniem z produkcji rolniczej
Właściwości biologiczne	Krótki okres wiosennej wegetacji Krótki okres wzmożonego zapotrzebowania na wodę Oszczędne gospodarowanie wodą Dobrze rozwinięty, aktywny i głęboko zalegający system korzeniowy	
Kryteria środowiskowe (warunki klimatyczne i glebowe)	Niewielkie przeciętne niedobory opadów w stosunku do potrzeb wodnych	Duża zmienność czasowa opadów – częste posuchy atmosferyczne i glebowe Duży udział gleb piaszczystych o niewielkich możliwościach retencyjnych
Czynniki związane z technologią nawadniania	Niewielkie zasoby wody dyspozycyjnej do nawodnień	Stosowanie nawodnień zbóż w krajach o podobnych zasobach wodnych i warunkach klimatycznych

NAWADNIANIE ZBÓŻ JAKO ZABIEG INTERWECYJNY

Pierwszy obszar ewentualnego przyszłościowego zastosowania nawodnień obejmuje deszczowanie zbóż na glebach odpowiednich dla ich uprawy – średnich i lekkich o przewadze IV klasy bonitacyjnej. W tych warunkach glebowych nawadnianie ma charakter interwencyjny, pełni typową w warunkach przejściowego klimatu Polski rolę uzupełniającą braki opadów atmosferycznych, zapobiega spadkom plonów w wyniku wystąpienia okresów posusznych i przyczynia się do stabilizacji plonowania w poszczególnych latach. Prowadzi do przeciętnych bezwzględnych przyrostów plonów ziarna rzędu 0,50–1,00 t ha⁻¹, względnych 10–30% i jednostkowych 7–13 kg ha⁻¹ mm⁻¹ (tab. 5). Wielkość i wartość

tych efektów nie stanowi dostatecznej zachęty dla potencjalnych inwestorów. Jednak powinno się zakładać pewien niewielki udział zbóż na polach wyposażonych w deszczownię, zasadniczo przeznaczone do nawadniania innych grup użytkowych. Argumentem mogą być wymogi racjonalnego następstwa roślin oraz względy jakościowe. Z tego powodu zaleca się deszczować w pierwszej kolejności chlebne odmiany pszenic, a szczególnie browarne odmiany jęczmienia.

Tabela 5. Efekty produkcyjne deszczowania zbóż na glebach o przewadze IV klasy bonitacyjnej w doświadczeniach krajowych

Table 5. Productive results of irrigated cereals on a light soil (based on domestic studies)

Roślina	Plony ziarna, t ha ⁻¹		Średni przyrost plonów		
	O	W	t ha ⁻¹	%	kg mm ⁻¹
Synteza doświadczeń krajowych Grabarczyk [1987]					
Pszenica ozima	4,19	4,94	0,75	18	b.d.
Pszenica jara	3,03	3,64	0,61	20	b.d.
Synteza doświadczeń krajowych Dzieżyc i Nowak [1993]					
Pszenica ozima	3,62	4,34	0,72	20	7,2
Pszenżyto ozime	4,84	5,79	0,95	20	9,5
Jęczmień jary	3,38	4,22	0,84	25	8,4
Pszenica jara	2,37	3,08	0,71	30	7,1
Badania ośrodka poznańskiego Borówczak i wsp. [1996]					
Pszenica ozima	4,81	5,25	0,44	9	6,8
Pszenżyto ozime	4,72	5,60	0,88	19	13,3
Jęczmień jary	3,64	4,45	0,81	22	10,8
Pszenica jara	4,54	5,12	0,58	13	8,7
Owies	3,96	5,01	1,05	27	13,8
Badania ośrodka bydgoskiego Żarski i Dudek [2003]					
Kukurydza na ziarno (s.m.)	7,49	8,35	0,86	11	11,0

Wpływ deszczowania na właściwości wypiekowe pszenic nie jest jednoznacznie określony. W niektórych doświadczeniach stwierdzono ogólnie małe zróżnicowanie cech wypiekowych określonych pośrednio (np. wodochłonność mąki i wartość kalorymetryczna) lub bezpośrednio (próbny wypiek laboratoryjny). Deszczowanie działało niejednakowo u badanych odmian, których właściwości dziedziczne miały decydujące znaczenie. Pod wpływem deszczowania polepszeniu ulegały za to właściwości przemiałowe pszenic, w związku z lepszym wykształceniem ziarna. Poprawa zaopatrzenia roślin w wodę w wyniku deszczowania w większości doświadczeń przyczyniała się do zwiększenia dorodności ziarna, ale zmniejszenia w nim procentowej zawartości białka i glutenu. Jednocześnie spadek procentowej zawartości białka był rekompensowany

zwiększeniem jego plonu z jednostki powierzchni, a spadek zawartości glutenu – znacznym polepszeniem jego jakości (mniejsza rozplywalność). W kilku doświadczeniach deszczowanie zwiększało liczbę opadania, obniżając aktywność alfa-amylazy oraz liczbę glutenową, stanowiącą wypadkową ilości i rozplywalności glutenu (działanie korzystne).

Bardziej ugruntowana jest wiedza dotycząca wpływu deszczowania na jakość ziarna jęczmienia browarnego. Z przeprowadzonych na ten temat doświadczeń wynika jednoznacznie, że nawadnianie zapewniało pozyskiwanie ziarna spełniającego wymagania dotyczące przydatności browarnej, powodując obniżenie zawartości białka ogólnego, zwiększając celność ziarna i poprawiając energię kiełkowania. Szczególne znaczenie ma odpowiednia (9,5–11,5%) zawartość białka w ziarnie jęczmienia ponieważ stanowi najważniejszy wskaźnik jakościowy, określający przydatność surowca na cele browarnicze. Wykazuje ona istotną korelację z technologicznymi cechami sładów i brzecek, z których najważniejsze to ekstraktywność sładów, liczba Kolbacha, stopień ostatecznego odfermentowania i lepkość brzezki oraz siła diastatyczna. Są to wyróżniki, które składają się na syntetyczną ocenę przydatności słodowniczej ziarna według zasad stosowanych przez COBORU.

NAWADNIANIE ZBÓŻ JAKO PODSTAWOWY CZYNNIK PŁONOTWÓRCZY

Drugi przyszłościowy obszar zastosowania nawadniania roślin zbożowych w Polsce obejmuje ich deszczowanie na glebach bardzo lekkich i lekkich, mających przepuszczalne podłoże. W tych nietypowych dla zbóż (z wyjątkiem żyta) warunkach glebowych, deszczowanie spełnia rolę podstawowego czynnika plonotwórczego, umożliwiając wprowadzenie do uprawy gatunków i odmian intensywnych. Produkcja zbóż bez nawadniania jest tu praktycznie bezcelowa (średnie plony rzędu $1,50 \text{ t ha}^{-1}$) i całkowicie uzależniona od wysokości opadów atmosferycznych. W latach o suchych i bardzo suchych okresach wzmożonego zapotrzebowania na wodę, plony ziarna nie przekraczają norm wysiewu. Deszczowanie powoduje oczywiście bardzo duże efekty produkcyjne, daleko większe od uzyskiwanych na glebach wyższych klas bonitacyjnych i lepszych kompleksów przydatności rolniczej (tab. 6).

Ważniejszą kwestią w tym przypadku są nie tyle przyrosty plonów, lecz poziom plonowania roślin na stanowiskach deszczowanych. Zwracają uwagę zwłaszcza maksymalne plony ziarna, uzyskiwane w warunkach deszczowania (W_{MAX}). Ich zadowalająco wysoki jak na warunki glebowe poziom sprawia, że obszar ten, co prawda mało realny do uruchomienia w aktualnych uwarunkowaniach społeczno-ekonomicznych, można traktować jako główną rezerwę produkcyjną krajowego rolnictwa. Po tę rezerwę zawsze będzie można sięgnąć, w miarę wzrostu popytu na produkty żywnościowe oraz pozyskiwania nowych rynków zbytu. W tym świetle, znaczny areal gleb słabych w Polsce powinno się

traktować nie jako przestrzeń do zalesiania, ale jako przyszłościową, nie zastępowalną powierzchnię asymilacyjną produktów żywnościowych.

Tabela 6. Efekty produkcyjne deszczowania zbóż na glebie bardzo lekkiej w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy

Table 6. Productive results of irrigated cereals on a very light soil in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz

Roślina	Liczba lat	Plony ziarna, t ha ⁻¹			Średni przyrost plonów		
		O	W	W _{MAX}	t ha ⁻¹	%	kg mm ⁻¹
Żyto ozime	5	2,26	3,91	4,66	1,65	73	14,2
Pszenica ozima	5	1,19	3,45	5,30	2,26	190	16,7
Pszenżyto ozime	5	1,61	4,38	6,15	2,77	172	20,4
Jęczmień jary pastewny	17	1,84	4,51	5,85	2,67	145	24,3
Jęczmień jary browarny	8	1,89	4,19	5,39	2,30	122	20,5
Pszenica jara	14	1,71	4,20	6,12	2,49	146	21,1
Owies	5	2,05	4,16	5,31	2,11	103	16,5
Kukurydza (sucha masa)	8	2,67	6,73	8,38	4,06	152	26,4

BIBLIOGRAFIA

- Borówczak F. i in. *Efekty deszczowania i nawożenia azotem niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski w latach 1989–1992*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 438, 1996, s. 103–110.
- Budzyński W., Krasowicz S. *Produkcja zbóż w Europie i w Polsce na przełomie XX i XXI wieku*. Fragmenta Agronomica, 1(97), 2008, s. 50–66.
- Dudek S. *Deszczowanie pszenicy jarej w aspekcie poprawy jakości jej ziarna*. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz nr 208, Roln. 41, 1997, s. 43–50.
- Drupka S., Gruszka J., Kuźniar A. *Practical method of sprinkler irrigation scheduling in the Kujawy region*. Przegląd Naukowy WIKS SGGW, 22, 2001, s. 29–39.
- Dzieżyc J. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN Warszawa, 1988.
- Dzieżyc J., Nowak L. *Deszczowanie. Rozdział w pracy zbiorowej „Czynniki plonotwórcze-plonowanie roślin” pod red. J. Dzieżycy*. PWN Warszawa-Wrocław, 1993, s. 329–352.
- Grabarczyk S. *Efekty, potrzeby i możliwości nawodnień deszczownianych w różnych regionach kraju*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 49–64.
- Grabarczyk S. i in. *Rejonizacja potrzeb deszczowania w Krainie Wielkich Dolin*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 387, 1990, s. 73–87.
- Karczmarczyk S. (red.). *Zbiór referatów dotyczących problematyki nawadniania zbóż*. Fol. Univ. Agric. Stetin. 193, Agricultura (73), 1999, s. 220.
- Rzekanowski C., Żarski J. *Rola kryterium glebowego w kształtowaniu efektów produkcyjnych deszczowania roślin okopowych i zbożowych*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 458, 1998, s. 307–315.
- Wydawnictwa GUS. *Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich. Mały rocznik statystyczny Polski. Ochrona środowiska*, 2008, Warszawa.
- Żarski J. *Efekty deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej*. Zeszyty Naukowe ATR Bydgoszcz, 180, Roln. 32, 1992, s. 101–108.

Jacek Żarski

Żarski J., Rolbiecki S., Rzekanowski C., Rolbiecki R., Dudek S., Grzelak B.: *Cost-effectiveness of sprinkler irrigation of field crops and vegetables in central Poland*. Przeg. Nauk. Wydz. Inż. i Kształt. Środow. SGGW, 22, 2001, s. 375–382.

Żarski J., Dudek S., Kuśmierk R. *Rola czynnika wodnego w kształtowaniu jakości plonów pszenicy jarej*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, t. 2, z. 1(4), 2002, s. 179–186.

Żarski J., Dudek S. *Rola deszczowania w kształtowaniu plonowania wybranych upraw polowych*. Pam. Puł., nr 132, 2003, s. 443–449.

Prof. dr hab. Jacek Żarski
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
tel. 052 3749537, e-mail: zarski@utp.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab Zdzisław Koszański*