



OCENA POTRZEB I EFEKTÓW DESZCZOWANIA RZEPAKU OZIMEGO W REJONIE BYDGOSZCZY

Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska, Jacek Źarski, Piotr Szterk
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J.Śniadeckich w Bydgoszczy

EVALUATION OF NEEDS AND EFFECTS OF WINTER OILSEED RAPE GROWN UNDER SPRINKLER IRRIGATION IN THE REGION OF BYDGOSZCZ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki czteroletniego (2007/08-2010/11) doświadczenia polowego z deszczowaniem rzepaku ozimego odmiany 'Californium' przeprowadzonego w warunkach gleby lekkiej, w stacji badawczej Mochełek Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP koło Bydgoszczy.

W kolejnych latach wiosennej wegetacji rzepaku ozimego wystąpiły niejednakowe potrzeby nawadniania, najczęściej przypadając w maju i czerwcu. Zastosowano średnio 102,5 mm wody, a sezonowa dawka wahała się od 55 mm w 2009 roku do 150 mm w 2008 roku. Najczęściej, w trzech latach na cztery, potrzeby deszczowania rzepaku ozimego występowały na przełomie kwietnia i maja oraz maja i czerwca.

Średnio w latach badań rzepak plonował na poziomie 4,19 t ha⁻¹, ale w kolejnych latach był niestabilny, najmniejszy plon 2,99 zebrano w 2011 r., a największy 5,45 t ha⁻¹ w 2009. Zastosowane deszczowania spowodowało zwiększenie plonu nasion średnio o 1,36 t ha⁻¹ (29.3%). Największy przyrost plonu pod wpływem deszczowania (2,00 t ha⁻¹) uzyskano w 2011 r., przy zastosowaniu 130 mm dawki wody. Największą efektywność rozdeszczowania 1 mm wody (19,6 kg nasion) uzyskano w roku 2009, stosując 55 mm dawkę wody.

Słowa kluczowe: deszczowanie, rzepak ozimy, przyrost plonu nasion, efektywność nawadniania

Summary

The paper presents the results of a four-year (2007/08-2010/11) field experiment with oilseed rape cultivar 'Californium' grown under sprinkler irrigation, conducted in a sandy soil in Research Centre 'Mochelek' set in the vicinity of Bydgoszcz, owned by the Faculty of Agriculture and Biotechnology, University of Technology and Life Science.

During the spring vegetation of winter oilseed rape in subsequent years occurred uneven needs of irrigation, mostly in May and June. On average 102.5 mm of water was used and seasonal dose ranged from 55 mm in the year 2009 to 150 mm in 2008. In three of four years, the need of irrigation in winter oilseed rape occurred most in late April and May, and May and June. During the years of experiment, the winter oilseed rape yielded on average at the level of 4.19 t ha^{-1} , but in the consecutive growing seasons the yield was unstable; lowest yield of 2.99 t ha^{-1} was collected in 2011, and the highest of 5.45 t ha^{-1} in 2009. The use of irrigation resulted in an increase in seed yield by an average of 1.36 t ha^{-1} (29.3%). The largest increase in seed yield due to sprinkler irrigation (2.00 t ha^{-1}) was obtained in 2011 by applying dose of 130 mm of water. The highest efficiency of 1 mm of water (19.6 kg of seeds) was obtained in 2009 using water dose of 55 mm.

Key words: *sprinkler irrigation, winter oilseed rape, the increase in seed yield, the efficiency of irrigation*

WSTĘP

Nawadnianie roślin rolniczych, w przeciwieństwie do warzywnych i sadowniczych, budziło zawsze spore kontrowersje, od wskazywania na duże potrzeby do przytaczania argumentów ekonomicznych o małej celowości. Problem ten wydaje się zanikać w świetle zachodzących zmian klimatu. Obecnie dominuje pogląd o pogorszeniu zaopatrzenia roślin w wodę na skutek wzrostu temperatury powietrza. W świetle analiz i modeli, zmiany klimatu będą prowadziły do ocieplenia i towarzyszącego mu wzrostu ewapotranspiracji [Łabędzki i wsp. 2012], co w efekcie doprowadzi do zwiększenia niedoborów wodnych roślin uprawianych, a nawet może spowodować wprowadzenie do uprawy roślin ciepłolubnych do tej pory w Polsce nieuprawianych jak soja, winorośli czy proso [Żmudzka 2012]. Problem zmian wielkości opadów atmosferycznych także wywołuje duże rozbieżności, od zmniejszenia ich sum do zwiększenia, ale najczęściej przyjmuje się zmniejszenie ilości dni z opadem, z jednoczesnym wzrostem liczby opadów ulewnych czy nawałnych. Nieco studzą te poglądy Czarnańska i Nidzgorska-Lencewicz [2012] udowadniając, że w ostatnim czasie żadnych istotnych zmian opadów w Polsce nie było.

Zakładając nieuchronność wzrostu temperatury i towarzyszące temu procesowi zmiany zaopatrzenia roślin w wodę, w dłuższej perspektywie czasu (lata 2060-2070), należy się do tych zmian przygotować, zakładając potrzebę wpro-

wadzenia do gospodarstwa instalacji deszczownianych [Kuchar i Iwański 2011]. Przedsiębiorstwo rolne dysponujące deszczownią stanie przed problemem ustalenia płodozmianu na pola nawadniane, wejdą do niego rośliny intensywne, zapewniające opłacalność i pewność zbytu. Wśród tych roślin zapewne znajdzie się miejsce dla rzepaku ozimego i pszenicy przed soją czy prosem, zarówno ze względu na wzrastające zapotrzebowanie na ich nasiona czy ziarno będące wszechstronnie wykorzystywane, jest to fakt powszechnie znany i nie wymaga dodatkowego uzasadnienia [Bartkowiak-Broda i wsp. 2005; Dudek i wsp. 2011; Muśnicki 2003; Żarski 2006].

Potrzeby opadowe rzepaku ozimego są wysokie, wynosząc rocznie według Dzieżyca [1988] 600-700 mm, i najczęściej w warunkach Polski centralnej nie są przez opady naturalne pokrywane. Największe zapotrzebowanie roślin na wodę przypada w okresie od wiosennego ruszenia wegetacji do dojrzałości generatywnej, kiedy to kształtuje się struktura rośliny, liczba rozgałęzień, wytwarzają się pąki i kwiaty oraz wykształcają nasiona [Budzyński i Ojczyk 1996; Muśnicki 2003].

Efekty deszczowania rzepaku ozimego zależały, w świetle literatury, od rodzaju gleby, nawożenia azotem i w największym stopniu od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych. Wcześniejsze, przeprowadzone w latach 70-tych, mało udane eksperymenty z deszczowaniem nie zachęcały do kontynuowania badań [Dudek i wsp. 2011]. Obecnie w doborze znajdują się nowoczesne i plenne odmiany [Krzymański 2000], które dotąd rzadko były przedmiotem zainteresowania ośrodków badawczych, ale te które przeprowadzono, przyniosły bardzo interesujące rezultaty [Chylińska 1996; Dudek i wsp. 2011; Trybała i Chylińska 1996].

Celem badań była ocena potrzeb i efektów deszczowania rzepaku ozimego uprawianego na glebie lekkiej w rejonie Bydgoszczy.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2007-2011 przeprowadzono doświadczenie polowe z deszczowaniem rzepaku ozimego odmiany Californium. Eksperyment zlokalizowano w Stacji Badawczej Mochełek, punkcie doświadczalnym Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP Bydgoszcz. Eksperyment przeprowadzono w łanie rzepaku produkcyjnego. Agrotechnikę wykonywało gospodarstwo doświadczalne UTP. Przedplonem były zboża ozime, stosowano tradycyjną uprawę przedsięwianą, a nawożenie mineralne dostosowano do zasobności gleb w składniki pokarmowe. Przed siewem nasion stosowano nawozy fosforowo-potasowe w ilości pokrywającej 80 kg P_2O_5 i 90 kg K_2O zapotrzebowanie roślin na te składniki. Jesienią nie stosowano nawożenia azotem. Wiosenne dokarmianie rozpoczynano tuż przed ruszeniem wegetacji 120 kg dawką azotu w postaci saletry amonowej, a po około 3 tygodniach stosowano kolejne 80 kg $N\ ha^{-1}$.

Doświadczenie założono na glebie płowej wytworzonej z piasków fluwioglacjalnych na płytce zalegającej glinie średniej, zaklasyfikowanej do klasy bonitacyjnej IVa. Pod względem stopnia zwięzłości jest to gleba lekka na podłożu zwięzłym. Zawartość części spławianych w warstwie 0-50 cm wynosi 18%, a w warstwie 51-100 cm 46%. Zapas wody w 1-metrowej warstwie gleby przy stanie polowej pojemności wodnej określono na 215 mm.

Czynnikiem różnicującym było deszczowanie przeprowadzone w dwóch wariantach: W_0 – bez deszczowania, W_1 - deszczowanie. Sterowanie nawadnianiem prowadzono metodą Grabarczyka i wsp. [1992], na podstawie pomiaru opadów atmosferycznych. Termin rozpoczęcia deszczowania i ilość dawek nawodnieniowych zależały od aktualnego przebiegu warunków pogodowych (tab. 1). Średnia sezonowa dawka wody wyniosła 102,5 mm, ale w poszczególnych sezonach wahała się od 55 mm (2009 r.) do 150 mm (2008 r.). Poprawność kierowania deszczowaniem sprawdzono za pomocą bieżącej kontroli zawartości wody łatwo dostępnej dla roślin w okresie jej wzmożonego zapotrzebowania, trwającej od III dekady kwietnia do I dekady lipca, wykorzystując metodę bilansową Drupki [1976].

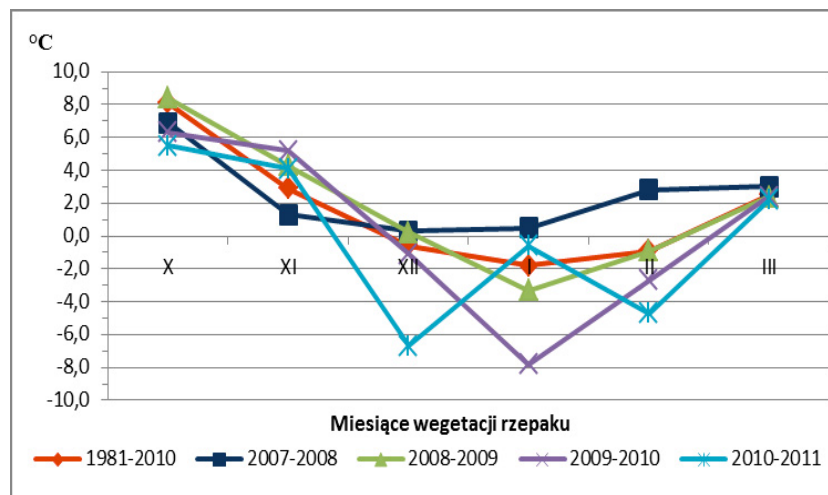
Tabela 1. Warunki meteorologiczne oraz dawki nawodnieniowe w latach 2008-2011
Table 1. Meteorological conditions in the years 2008-2011 and irrigation water doses

Okres Period	1981-2010	2008	2009	2010	2011	2008-2011
Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)						
IV	7,8	7,6	9,8	7,8	10,5	8,9
V	13,3	13,2	12,3	11,5	13,5	12,6
VI	16,1	17,6	14,5	16,7	17,7	16,6
VII	18,6	19,2	18,6	21,6	17,5	19,2
IV-VII	13,9	14,4	13,8	14,4	14,8	14,3
Opady atmosferyczne (mm) Rainfall (mm)						
IV	27	40	0	34	13	22
V	49	11	85	93	38	57
VI	53	16	57	18	101	48
VII	70	59	118	107	133	104
IV-VII	199	126	260	252	285	231
Dawki nawodnieniowe (mm) Irrigation doses (mm)						
IV	-	25	-	25	12,5	
V	75	30	-	80	46,2	
VI	75	-	75	25	43,7	
VII	-	-	-	-	-	
IV-VII	150	55	75	130	102,5	

Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

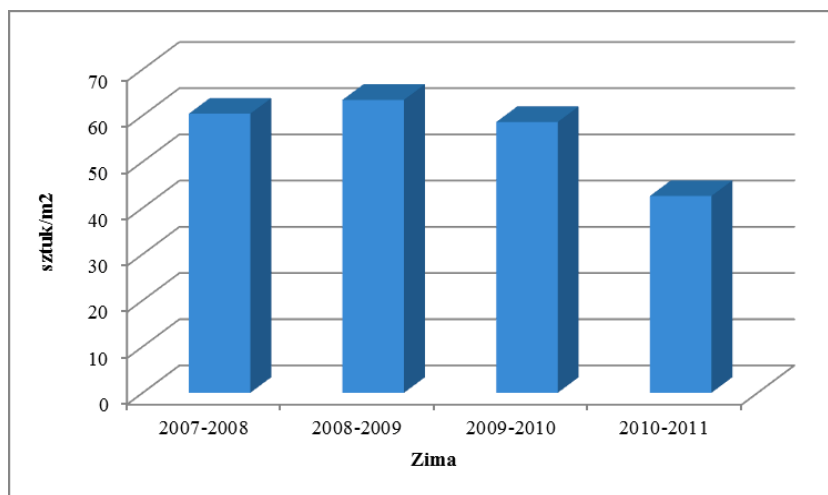
Warunki meteorologiczne zapewniał zlokalizowany na terenie stacji doświadczalnej punkt obserwacyjno-pomiarowy pracujący według klasycznych metod IMGW. Przebieg temperatury powietrza w okresie jesienno-zimowym był w każdym roku badań inny, łagodna zima wystąpiła w sezonie 2007/08, typowa dla Mochelka w 2008/09 oraz mroźna w 2009/10, jednak żadna z nich nie wpłynęła negatywnie na stan plantacji (rys. 1). W ostatnim 2010/11 sezonie badań, warunki termiczne powietrza oraz gruntu charakteryzowały się dużymi wahaniami, po okresie mroźnym w grudniu 2010, nastąpiła odwilż - styczeń 2011, a następnie ponowny okres niskich temperatur - luty 2011. Taki przebieg warunków termicznych dla rzepaku ozimego był niekorzystny, co spowodowało ubytki w obsadzie roślin na plantacji przekraczające średnio 15% (rys. 2).

Przebieg pogody w czasie wiosennej wegetacji roślin, podobnie do zimowego, także był bardzo zróżnicowany, jednak generalnie było cieplej w stosunku do normy (tab. 1). Największe różnice wystąpiły w kwietniu, ogólnie cieplejszym o $1,1^{\circ}\text{C}$, ale w roku 2009 temperatura była wyższa o $2,1$, a w 2011 aż o $2,7^{\circ}\text{C}$. Maj był z kolei chłodniejszy od normy, zwłaszcza w roku 2010, a czerwiec i lipiec niewiele cieplejsze, jednak w każdym z tych miesięcy daje się zauważyć bardzo dużą zmienność czasową. Wartość średnia temperatury czerwca wahała się od $14,5$ (2009 rok) do $17,7^{\circ}\text{C}$ (2011), a w lipcu od $17,5$ (2011) do $21,6^{\circ}\text{C}$ (2010 r.).



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

Rysunek 1. Przebieg temperatury powietrza w okresie jesienno-zimowym
Figure 1. The course of air temperature in autumn and winter



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

Rysunek 2. Obsada roślin rzepaku ozimego wiosną
Figure 2. The number of plants of winter oilseed rape per 1 m² in spring

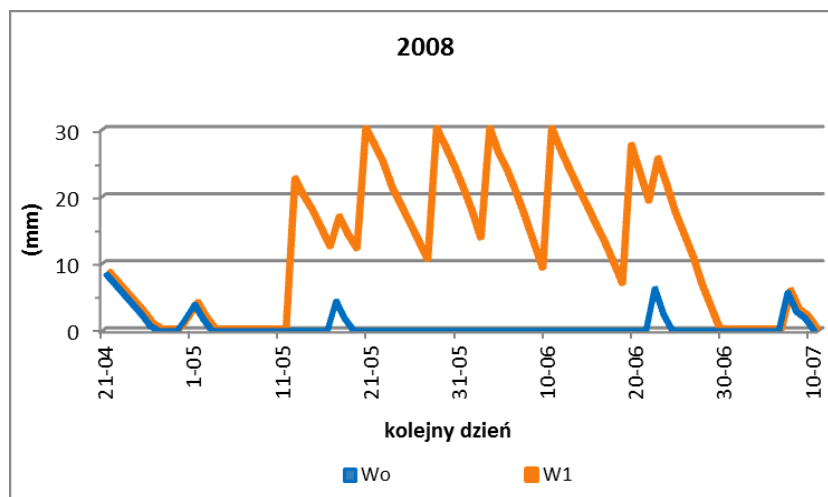
Opady atmosferyczne, podobnie jak temperatura powietrza, w latach badań były silnie zróżnicowane, ale ogólnie w okresie 2008-2011 o 32 mm wyższe od normy (tab. 1). Najmniejsze (126 mm) wystąpiły w pierwszym 2008 roku, a w pozostałych latach sumy opadów były znacznie wyższe od normy. Jednak były one nierównomiernie rozłożone, co powodowało okresowe braki w zaopatrzeniu roślin w wodę. W kwietniu 2009 nie padało, a w roku 2011 spadło zaledwie 13 mm, maj był suchy w 2008 i 2011 roku, czerwiec 2008 – 16 mm, a w 2010 – 18 mm.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Rzepak ozimy należy do roślin o dużych potrzebach wodnych, ocenianych na 600-700 mm opadów atmosferycznych rocznie [Budzyński i Ojczyk 1996; Dzieżyc 1988]. Rosną one szczególnie w okresie wiosennej wegetacji, w której brak zaopatrzenia roślin w wodę powoduje niekorzystne następstwa, takie jak ograniczenie liczby rozgałęzień, zasychanie i opadanie pąków, opadanie kwiatów, zmniejszając ilość łuszczyń i nasion [Berbec i Kołodziej 2006; Chylińska 1996]. Pokrycie tych wysokich potrzeb opadowych rzepaku ozimego jest w warunkach klimatu Polski rzadko spełniane, głównie z powodu zbyt małych opadów na użytkowanym rolniczo obszarze lub ze względu na nierównomierny ich rozkład [Dzieżyc 1988; Żarski i Dudek 2009]. W doświadczeniu z deszczowa-

niem rzepaku ozimego na glebie lekkiej w Polsce centralnej, a więc w rejonie o najniższych opadach naturalnych, zastosowano średnio 102,5 mm wody. Największe potrzeby uzupełniającego deszczowania wystąpiły w pierwszym 2008 roku, cechującym się małymi opadami w maju i czerwcu. W maju wystąpił jeden długi (15-dniowy) ciąg dni bez opadu trwający od 2 do 16, oraz najdłuższy (35 dni) na przełomie maja i czerwca (18. V – 21. VI), w którym nie zanotowano żadnego znaczącego deszczu. Sezon nawodnień rozpoczęto już 12 maja i trwał on do 19 czerwca (39 dni), w tym czasie rozdeszczowano 150 mm wody w 6 dawkach. Według bilansowej metody Drupki [1976], w okresie wzmożonego zaopatrzenia roślin na wodę, na obiektach nie deszczowanych rośliny nie miały możliwości korzystania z wody, a na deszczowanych także występowały sporadycznie braki wody, powodowane zbyt niską (dla deszczowania) temperaturą powietrza w I dekadzie maja (rys. 3). W roku 2009 bardzo ciepły i suchy (suma miesięczna = 0 mm) był kwiecień i w nim zdecydowano się na pierwszą dawkę nawodnieniową, a drugą rozdeszczowano 19 maja i jak się później okazało nie była ona już konieczna (rys. 4). Jednak jej zastosowanie wynikało z istoty metody, sterowanie nawadnianiem polega na zapewnieniu roślinom wody (na całym areale), a nie oczekiwaniu na deszcz. W omawianym roku (2009), od 21 maja opady naturalne pokrywały w pełni zapotrzebowanie rzepaku na wodę. Sezon nawodnieniowy trwał zatem od 30 kwietnia do 19 maja (20 dni) i można było go ograniczyć do jednej dawki. Kolejny rok 2010, odznaczył się chłodną wiosną (kwiecień, maj), ciepłym czerwcem i upalnym lipcem. Potrzeby nawodnień wystąpiły przede wszystkim w czerwcu, w którym rozpoczął się jedyny w tym roku dłuższy okres bezopadowy, trwający od 16.VI do 21.VII. Deszczowano od 14 do 29 czerwca, stosując łącznie 75 mm w czterech dawkach polewowych (rys. 5). Suchy i upalny był także początek lipca, ale nie nawadniano już dojrzałych do zbioru roślin. Ostatni, 2011 rok badań cechował się suchym i ciepłym kwietniem, ciepłym i wilgotnym majem oraz ciepłym czerwcem. Okres nawodnień rozpoczęto najwcześniej w latach badań, bo już 28 kwietnia i trwał on, z przerwami na opady, do 6 czerwca, wynosił zatem 40 dni w których zastosowano 130 mm dawkę podzieloną na 5 części. Największe niedobory wody wystąpiły w III dekadzie kwietnia i I maja (spadło zaledwie 6,6 mm opadu) oraz od 25 maja do 7 czerwca (6,5 mm). Zapas wody łatwo dostępnej dla roślin w glebie lekkiej wskazuje, że deszczowanie w 2011 roku prowadzono optymalnie (rys. 6).

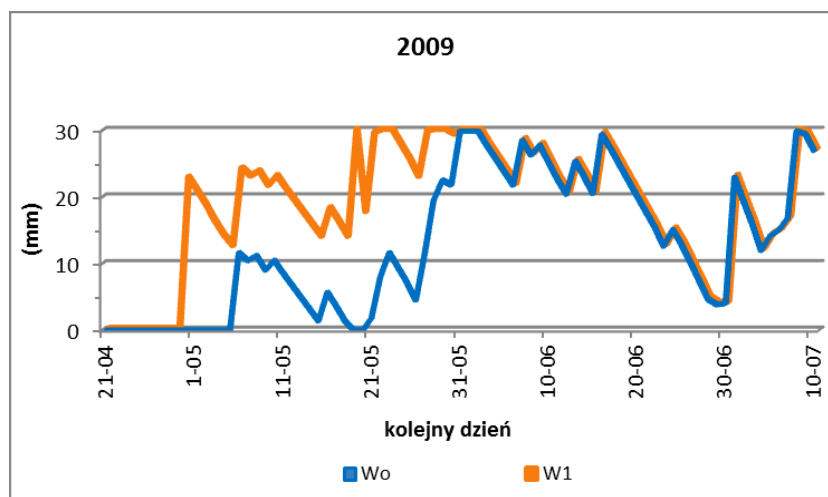
W latach badań, w rejonie Bydgoszczy najczęściej potrzeby deszczowania rzepaku ozimego pojawiały się na przełomie kwietnia i maja (3 lata na cztery), maja i czerwca (2 lata na 4) i w jednym przypadku na przełomie czerwca i lipca (2010 r.). Zastanawiająca jest wyjątkowa zgodność tych terminów z najczęściej pojawiającymi się w Polsce terminami posuch atmosferycznych podanych już w 1969 roku przez Schmucka [1969].



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

Rysunek 3. Bilans zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu w sezonie wegetacyjnym 2008 r. (W₀ – bez nawadniania W₁- nawadniane)

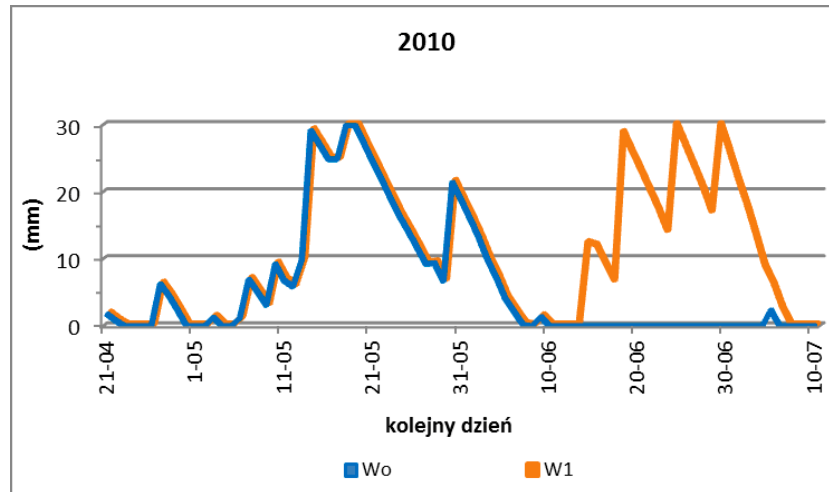
Figure 3. Readily available water stored in the soil layer with controlled moisture in the growing season 2008 (W₀ - without irrigation W₁- irrigated)



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

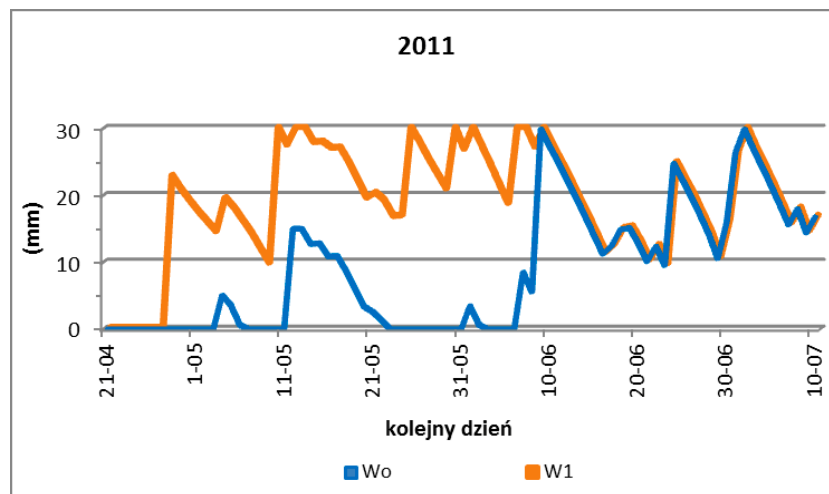
Rysunek 4. Bilans zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu w sezonie wegetacyjnym 2009 r. (objaśnienia jak pod rys. 3.)

Figure 4. Readily available water stored in the soil layer with controlled moisture in the growing season 2009 (Explanations – see Fig. 3)



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

Rysunek 5. Bilans zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu w sezonie wegetacyjnym 2010 r. (objaśnienia jak pod rys. 3.)
Figure 5. Readily available water stored in the soil layer with controlled moisture in the growing season 2010 (Explanations – see Fig. 3)



Źródło: wyniki własne;
Source: own research data

Rysunek 6. Bilans zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu w sezonie wegetacyjnym 2011 r. (objaśnienia jak pod rys. 3.)
Figure 6. Readily available water stored in the soil layer with controlled moisture in the growing season 2011 (Explanations – see Fig. 3)

Deszczowanie rzepaku ozimego było czynnikiem bardzo istotnie wpływającym na wysokość plonu nasion, jego wielkość średnia wyniosła $4,87 \text{ t ha}^{-1}$ i była większa od plonu roślin kontrolnych o $1,36 \text{ t ha}^{-1}$ (tab. 2). Plon nasion rzepaku ozimego uprawianego bez deszczowania zależał od opadów atmosferycznych i stopnia przezimowania plantacji. Zdecydowanie najgorszy wynik otrzymano w ostatnim 2011 roku po niekorzystnej, zmniejszającej obsadę roślin zimie – było to niespełna $2,0 \text{ t ha}^{-1}$, w pozostałych latach wielkość plonowania znacznie przekraczała 3, a nawet 4 t ha^{-1} . Taki poziom plonu nasion należy uznać za wysoki, dotychczas w literaturze polskiej niespotykany. Na tym tle uzyskanie pod wpływem deszczowania, kolejnego znaczącego podniesienia już wysokiego plonu należy uznać za osiągnięcie. Wielkość przyrostów plonu wahała się, w zależności od roku badań, w granicach od $0,94$ (2010 r.) do $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ (2011 r.) i była porównywalna z przytaczanymi przez Chylińską [1996] i Trybałę i Chylińską [1996] uzyskanymi pod Wrocławiem. Jednak poziom plonu nasion w cytowanych badaniach oscylował w granicach 3 ton, co zapewne było wynikiem testowania w doświadczeniu mniej plennych odmian.

O celowości nawadniania, poza uzyskaniem dodatkowej produkcji, może świadczyć też efektywność wykorzystania przez rośliny dodatkowej wody. Każdy mm rozdeszczowanej wody powodował zwiększenie produkcji od 9,4 w roku 2008 do 19,6 kg w 2009. Wykorzystanie wody przez rośliny było więc tym większe, im mniejsza dawka deszczowniana.

Tabela 2. Plon nasion rzepaku ozimego (t ha^{-1})
Table 2. Yield of winter rape seed (t ha^{-1})

Rok zbioru A year of harvest	2008	2009	2010	2011	2008-2011
W_0	3,43	4,91	3,74	1,99	3,51
W_1	4,84	5,99	4,68	3,99	4,87
Średnio	4,13	5,45	4,21	2,99	4,19
$W_1 - W_0$	1,41	1,08	0,94	2,00	1,36
%	41,1	22,0	25,1	100,5	38,7
$\text{kg} \cdot \text{mm}^{-1}$	9,4	19,6	12,5	15,4	13,3
NIR _{0,05} Deszczowanie NIR _{0,05} Irrigation	0,47	0,63	0,25	0,89	1,08

Zródło: wyniki własne;

Source: own research data

W_0 – bez deszczowania W_1 – deszczowanie W_0 - without irrigation W_1 - irrigated

WNIOSKI

1. Plon nasion rzepaku ozimego uprawianego na glebie lekkiej w latach 2008-2011 w warunkach bez nawadniania wyniósł $3,51 \text{ t ha}^{-1}$, a po zastosowaniu uzupełniającego deszczowania wzrósł do $4,87 \text{ t ha}^{-1}$.

2. Przyrost plonu nasion rzepaku ozimego uzyskany pod wpływem deszczowania wyniósł średnio w latach badań $1,36 \text{ t ha}^{-1}$ (38,7 %) i wahał się od 0,94 (25,1 %) w roku 2010 do $2,00 \text{ t ha}^{-1}$ (100,5 %) w roku 2011.

3. Efektywność stosowania 1 mm wody wahała się od 9,4 do 19,6 kg nasion, była tym większa im mniejszą zastosowano dawkę nawodnieniową.

4. Największe i najczęściej powtarzające się potrzeby deszczowania rzepaku ozimego, uzupełniającego niedobory opadów, występowały w Polsce centralnej na przełomie kwietnia i maja oraz na przełomie maja i czerwca.

BIBLIOGRAFIA

- Bartkowiak-Broda I., Wiłkowski T., Ogrodowczyk M. *Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku*. Pamiętnik Puławski, 139, 2005, 7-25.
- Berbec S., Kołodziej B. *Rośliny przemysłowe, specjalne i zielarskie*. [W] Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań, 2006, 421-444.
- Budzyński W., Ojczyk T. *Rzepak – produkcja surowca olejarskiego*. Wyd. ART Olsztyn, 1996.
- Chylińska E. *Nawadnianie jako czynnik kształtujący wysokość i jakość plonu rzepaku ozimego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 438, 1996, 147-154.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J. *Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, 2(38), 2012, 45-60.
- Drupka S. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. PWR i L Warszawa, 1976, ss. 310.
- Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Żarski J., *Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie rzepaku ozimego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 2011, 193-202.
- Dziężyc J. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN Warszawa, 1988.
- Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S. *Sterowanie deszczowaniem według opadów atmosferycznych*. Roczniki AR w Poznaniu, 234, 1992, 83-90.
- Krzymański J. *Perspektywy badań nad rzepakiem i jego hodowlą*. Rosliny Oleiste – Oilseed Crops. 2000, XXXI, (1), 7-14.
- Kuchar L., Iwański S. *Symulacja opadów atmosferycznych dla oceny potrzeb nawodnień roślin w perspektywie oczekiwanych zmian klimatycznych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 2011, 7-18.
- Łabędzki L., Bąk B., Kanecka-Geszke E. *Wielkość i zmienność ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana-Monteitha w okresie wegetacyjnym w latach 1970-2004 w wybranych rejonach Polski*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, 2(38), 2012, 159-170.
- Muśnicki Cz. *Rośliny oleiste*. [W] Szczegółowa uprawa roślin pod red. Z. Jasińskiej i A. Kotecznego. Wyd. AR Wrocław, 2003, t. II.
- Schmuck A. *Meteorologia i klimatologia dla WSR*. PWN Warszawa, 1969, 184-188.
- Trybała M., Chylińska E. *Nawadnianie jako czynnik kształtowania produkcji roślinnej na glebie kompleksu żytniego dobrego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 438, 1996, 155-164.
- Żarski J. *Potrzeby i efekty nawadniania zbóż*. [W] Nawadnianie roślin pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań, 2006, 383-403.

Stanisław Dudek, Renata Kuśmerek-Tomaszewska, Jacek Żarski, Piotr Szterk

Żarski J., Dudek S. *Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w regionie Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 2009, 141-149.

Żmudzka E. *Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, 2(38), 2012, 377-389.

Dr inż. Stanisław Dudek
Dr inż. Renata Kuśmerek-Tomaszewska
Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
tel. 52 3749584, e-mail: dudek@utp.edu.pl

Dr inż. Piotr Szterk
Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej
85-084 Bydgoszcz, ul. Mazowiecka 28

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy