

## NAWADNIANIE JAKO SPOSÓB PRZECIWDZIAŁANIA OBNIŻKOM PLONÓW BURAKA CUKROWEGO UPRAWIANEGO NA GLEBACH LEKKICH W LATACH SUCHYCH

**Czesław RZEKANOWSKI, Jacek ŻARSKI, Stanisław DUDEK,  
Stanisław ROLBIECKI, Roman ROLBIECKI**

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Katedra Melioracji i Agrometeorologii

*Słowa kluczowe: deszczowanie buraka cukrowego, metody przeciwdziałania suszy*

### Streszczenie

W pracy przyjęto hipotezę, że nawadnianie może być jednym ze skutecznych sposobów przeciwdziałania obniżkom plonów buraka cukrowego uprawianego na glebach kompleksu żytniego słabego w latach suchych. W tym celu przedstawiono wyniki doświadczeń polowych z deszczowaniem tej rośliny przeprowadzonych w latach 1986–1998 w miejscowości Kruszyn Krajeński k. Bydgoszczy na czarnej ziemi zdegradowanej, zaliczanej do V–VI klasy bonitacyjnej. Na podstawie wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* (ang. „Standardized Precipitation Index”) w 13-letnim okresie badań wydzielono lata suche, przeciętne i mokre.

W warunkach braku nawodnień najmniejsze plony korzeni buraków cukrowych zanotowano w latach suchych, większe w przeciętnych i największe w wilgotnych, natomiast pod wpływem deszczowania największy plon korzeni zebrano również w latach zaliczanych do mokrych, a najmniejsze w suchych. Zdecydowanie silniej działało jako czynnik plonotwórczy deszczowanie, które zależnie od intensywności nawożenia spowodowało przyrost plonu w stosunku do wariantów nienawadnianych wynoszący przeciętnie od 15,1 do 18,4 t·ha<sup>-1</sup>. Nawadnianie oraz nawożenie azotem najsilniej różnicowało plon w latach suchych, powodując zwyzkę od 24,4 (N<sub>1</sub> – 90 kg N·ha<sup>-1</sup>) do 28,6 t·ha<sup>-1</sup> (N<sub>2</sub> – 150 kg N·ha<sup>-1</sup>). Nawożenie większą dawką azotu bez deszczowania nie przyniosło żadnego efektu, natomiast zastosowane łącznie z deszczowaniem spowodowało przyrost plonu o 2,5 t·ha<sup>-1</sup> w porównaniu ze stosowanym w dawce 90 kg N. Plon suchej masy korzeni na obiektach kontrolnych (nienawadnianych) zwiększał się od lat suchych ku wilgotnym, zaś na deszczowanych – w kierunku odwrotnym.

---

Adres do korespondencji: prof. dr hab. Cz. Rzekanowski, Akademia Techniczno-Rolnicza, Katedra Melioracji i Agrometeorologii, ul. Bernardyńska 6, 85–029 Bydgoszcz; tel. +48 (52) 374-95-80, e-mail: rzekan@atr.bydgoszcz.pl

Najlepsze warunki do uzyskania największych plonów cukru wystąpiły w latach wilgotnych na poletkach kontrolnych i w latach przeciętnych w przypadku stosowania nawodnień. Najmniejszą przeciętną masę miały korzenie z poletek nawadnianych w latach przeciętnych, a największą w suchych, niezależnie od dawki azotu. Na obiektach kontrolnych korzenie o największej masie wyrastały w latach wilgotnych, a o najmniejszej – w suchych. Występowaniu dużej ilości korzeni zniekształconych na glebach kompleksu żytniego słabego najbardziej sprzyjały lata suche. Czynnikiem wyraźnie poprawiającym zewnętrzne cechy jakościowe korzeni było zastosowanie deszczowanie, powodujące zmniejszenie udziału korzeni zniekształconych średnio od 4,4 (N<sub>1</sub>) do 7,0% (N<sub>2</sub>), oraz w mniejszym stopniu – nawożenie większą dawką azotu w warunkach kontrolnych (bez nawadniania) – zmniejszenie tego udziału o 1,6%.

## WSTĘP

W uprawie buraka cukrowego w Polsce na powierzchni ok. 300 tys. ha uzyskuje się rocznie ok. 11,3–15,0 mln t korzeni i stosunkowo mały, średni plon, wynoszący 35–39 t·ha<sup>-1</sup> [Rocznik ..., 2002]. Jedną z przyczyn słabego plonowania tej rośliny jest częste pojawianie się w okresie wegetacji niedoborów wilgoci w glebie, wywołanych niedostatkami bądź brakiem opadów. Według DEMIDOWICZA, DOROSZEWSKIEGO i GÓRSKIEGO [1997], na skutek niedoborów opadów w okresie od czerwca do września straty plonów korzeni buraków cukrowych wynoszą, w przeciętnych warunkach, średnio w wieloletnim rejonie Wielkopolski 7,0, a na Mazowszu 5,8 t·ha<sup>-1</sup> rocznie. W latach suchych lub w warunkach uprawy buraków na glebach słabszych plony zmniejszają się jeszcze bardziej.

DZIEŻYC, NOWAK i PANEK [1987] oceniają potrzeby wodne buraka cukrowego w okresie wegetacji w centralnej Polsce na glebach średnich na 404–409 mm, co oznacza niedobory opadów w latach średnich w granicach 49–65, a w suchych – 154–159 mm. Niedostatek wody w glebie mogłoby zniwelować nawadnianie deszczownicami, stanowiące podstawowy czynnik poprawiający efekty produkcyjne i ekonomiczne [BORÓWCZAK, GRZEŚ, 2002; BUNIAK, DMOWSKI, SZYSZKOWSKI, 1996; KOSZAŃSKI, KARZMARCZYK, NOWICKA, 1987; NOWAK, 2001; NOWAK, PODSTAWKA-CHMIELEWSKA, ROJEK, 1997; RZEKANOWSKI, DUDEK, ŻARSKI, 1996].

Praca miała na celu wykazanie, że nawadnianie deszczownicami może być jednym z najefektywniejszych sposobów przeciwdziałania obniżkom plonów buraka cukrowego w latach suchych, jak też przedstawienie tego zabiegu nie tylko jako niezbędnego do uzyskania stabilnych i dobrych jakościowo plonów, ale też dającego szansę na poprawę efektywności gospodarowania na glebach lekkich.

## METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano wyniki ścisłych doświadczeń polowych z deszczowaniem buraków cukrowych przeprowadzonych w latach 1986–1998 w miejscowości Kruszyn Krajeński k. Bydgoszczy na czarnej ziemi zdegradowanej, zaliczanej do

kompleksu żytniego słabego i bardzo słabego (V–VI klasa bonitacyjna). Założono je w dwuczynnikowym układzie zależnym losowych podbloków „split-plot”, w 4 powtórzeniach, porównując następujące obiekty:

- wodne: 0 – bez deszczowania i W – deszczowanie, gdy tensjometr wskazywał poniżej 0,03 MPa;
- nawozowe: N<sub>1</sub> – dawka azotu wynosząca 90 kg·ha<sup>-1</sup> i N<sub>2</sub> – 150 kg·ha<sup>-1</sup>.

W celu dokładnej analizy rezultatów nawadniania buraka cukrowego w 13-letnim okresie badań wydzielono lata suche, przeciętne i mokre (tab. 1). Za podstawę podziału lat według ich posuszności przyjęto opracowany przez MCKEE, DOESKENA i KLEISTA [1993] i zalecany przez ICID wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* (ang. „Standardized Precipitation Index”), umożliwiający jednolitą ocenę zjawiska suszy w różnych warunkach geograficznych i klimatycznych świata. Według ŁABĘDZKIEGO [2004] oraz ŁABĘDZKIEGO i BAŁKA [2002], wskaźnik *SPI* jest jednym z obiektywnych kryteriów suszy i miar jej intensywności i można obliczać jego wartość dla różnych okresów. Cytowani autorzy obliczają ten wskaźnik na podstawie zależności:

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\delta} \quad (1)$$

gdzie:

- SPI* – wskaźnik standaryzowanego opadu;
- f(P)* – przekształcona suma opadu, mm;
- $\mu$  – średnia wartość znormalizowanego ciągu historycznego opadu, mm;
- $\delta$  – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu historycznego opadu, mm.

**Tabela 1.** Klasyfikacja okresów ze względu na wartość wskaźnika *SPI*

**Table 1.** Classification of periods according to the *SPI* index

Wartość <i>SPI</i> <i>SPI</i> value	Klasyfikacja okresów wg MCKEE, DOESKENA i KLEISTA [1993] Classification of periods according to MCKEE, DOESKEN, KLEIST [1993]	Klasyfikacja okresów proponowana przez autorów Classification of periods according to authors' proposal
$SPI \leq -2,0$	ekstremalnie suchy extremely dry	suchy dry
$SPI \in \langle -1,99; -1,5 \rangle$	bardzo suchy severely dry	
$SPI \in \langle -1,49; -1,0 \rangle$	umiarkowanie suchy moderately dry	
$SPI \in \langle -0,99; 0,99 \rangle$	normalny normal	przeciętny average
$SPI \in \langle 1,0; 1,49 \rangle$	umiarkowanie wilgotny moderately wet	wilgotny wet
$SPI \in \langle 1,5; 1,99 \rangle$	bardzo wilgotny very wet	
$SPI \geq 2,0$	ekstremalnie wilgotny extremely wet	

**Tabela 2.** Charakterystyka warunków opadowych w okresie badań (lata 1986–1998)

**Table 2.** Characteristics of rainfall conditions in the study period (1986–1998)

Typ lat Type of year	SPI dla IV–IX SPI for Apr.–Sept.	Lata Years	Opady w okresie Precipitation of the period mm		Dawka wody Water dose mm	Suma średnich dobowych temperatur powietrza okresu IV–IX Total of daily mean air temperatures in the period Apr.–Sept. °C
			IV–IX Apr.–Sept.	VI–VIII June–Aug.		
Suche Dry	$\leq -1$	1989, 1992, 1994	135–238	71–120	180–268	2920–3040
Przeciętne Average	$-0,99-0,99$	1986, 1987, 1990, 1991, 1993, 1995, 1997	246–326	132–222	70–195	2561–2881
Wilgotne Wet	$\geq 1$	1988, 1996, 1998	317–393	217–264	51–105	2352–2758
Średnio w okresie badań Mean in the study period			283	170	157	2538
Średnio w latach 1891–1980 Mean in the years 1891–1980			335	201	–	–

Zmienność warunków wilgotnościowych w okresach wegetacji w poszczególnych latach była znaczna. Średnia suma opadów wynosiła 283 mm, najniższą sumę opadów, wynoszącą 135 mm, zanotowano w 1989 r., a najwyższą (393 mm) w 1996 r. (tab. 2). W związku z tą zmiennością stosowano znacznie różniące się sezonowe dawki wody, mieszczące się w zakresie od 51 (1998 r.) do 268 mm (1989 r.). Średnio w okresie 1986–1998 zastosowano 157 mm wody, w tym w latach wilgotnych – 80, w przeciętnych – 159 i w suchych – 232 mm.

W celu oceny skuteczności deszczowania jako sposobu przeciwdziałania obniżkom plonów buraka cukrowego analizowano w poszczególnych typach lat następujące wskaźniki:

- plon świeżej i suchej masy korzeni,  $t \cdot ha^{-1}$ ;
- plon świeżej i suchej masy liści,  $t \cdot ha^{-1}$ ;
- plon cukru,  $t \cdot ha^{-1}$ ;
- średnią masę pojedynczego korzenia, g;
- udział masy korzeni zniekształconych, %.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

### PLONY KORZENI

Plony korzeni buraka cukrowego kształtowały się w całym okresie badawczym na średnim poziomie –  $22 t \cdot ha^{-1}$  na poletkach nienawadnianych i  $39 t \cdot ha^{-1}$  na deszczowanych (tab. 3). Plony w poszczególnych typach lat były zgodne z oczekiwaniami. W wariantach bez nawadniania najslabsze zbiory zanotowano w latach suchych, lepsze w przeciętnych i najlepsze w wilgotnych, przy czym różnica między nimi w skrajnych warunkach wilgotnościowych dochodziła do 100%.

Zastosowanie deszczowania spowodowało tendencję odwrotną – największy plon korzeni zebrano w latach zaliczanych do suchych, a najmniejszy – w wilgotnych. Różnica wynosiła 15%, co pośrednio dowodzi poprawnego doboru dawek nawodnieniowych i właściwego ustalania terminów zabiegów. Uzyskane wyniki świadczą, że nawadnianie jest w stanie zapewnić warunki wilgotnościowe gleby, umożliwiające uzyskanie plonów korzeni buraka cukrowego ustabilizowanych na wysokim poziomie, nawet w warunkach skrajnie suchych. Podobne rezultaty otrzymał NOWAK [2001], który dokonał syntezy badań z 29 lat, wydzielając w tym okresie pięć typów warunków opadowych. Różnice między plonami w skrajnych typach lat wyniosły w badaniach tego autora odpowiednio  $10,0$  (kontrola) i  $11,4 t \cdot ha^{-1}$  (deszczowanie).

Zdecydowanie silniej działało jako czynnik plonotwórczy deszczowanie, które – zależnie od intensywności nawożenia – spowodowało przyrost plonu w stosunku do wariantu bez nawodnień przeciętnie od  $15,1$  ( $N_1$ ) i  $18,4 t \cdot ha^{-1}$  ( $N_2$ ), czyli o 84–106%. Nawadnianie najsilniej różnicowało plon w latach suchych, powodując

**Tabela 3.** Plony świeżej masy korzeni buraków cukrowych i produktywność 1 mm wody (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)  
**Table 3.** Fresh weight yields of sugar beet roots and productivity of 1 mm water (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Plon korzeni Yield of roots $t \cdot ha^{-1}$						Przyrost plonu (W – 0) Yield increment (W – 0)						Produktywność wody Productivity of water $kg \cdot mm^{-1}$	
		0			W			$t \cdot ha^{-1}$			%			$N_1$	$N_2$
		$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$		
Suche Dry	232	14,4	13,6	38,8	42,2	24,4	28,6	169,4	210,3	105,2	123,3				
Przeciętne Average	159	23,6	23,9	37,1	41,1	13,5	17,2	57,2	72,0	84,9	108,2				
Wilgotne Wet	80	28,7	27,1	36,2	36,5	7,5	9,4	26,1	34,7	93,7	117,5				
Średnio Mean	157	22,2	21,5	37,4	39,9	15,1	18,4	84,2	105,7	94,6	116,3				

Objaśnienia: 0 – bez nawadniania (kontrola); W – nawadnianie deszczowniane,  $N_1$  – nawożenie azotem w dawce  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ;  $N_2$  – nawożenie azotem w dawce  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .  
 Explanations: 0 – no irrigation (control); W – sprinkling irrigation,  $N_1$  – nitrogen fertilization with  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ;  $N_2$  – nitrogen fertilization with  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

**Tabela 4.** Plony suchej masy korzeni buraków cukrowych i produktywność 1 mm wody (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)  
**Table 4.** Dry weight yields of sugar beet roots and productivity of 1 mm water (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Plon suchej masy korzeni Yield of root (dry matter) $t \cdot ha^{-1}$						Przyrost plonu (W – 0) Yield increment (W – 0)						Produktywność wody Productivity of water $kg \cdot mm^{-1}$	
		0			W			$t \cdot ha^{-1}$			%			$N_1$	$N_2$
		$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$	$N_1$	$N_2$		
Suche Dry	232	2,75	2,56	8,90	10,21	6,15	7,65	223,6	298,8	26,5	33,0				
Przeciętne Average	159	5,46	5,54	8,79	9,35	3,33	3,81	61,0	68,8	20,9	24,0				
Wilgotne Wet	80	6,59	6,14	8,40	8,45	1,81	2,31	27,5	37,6	22,6	28,9				
Średnio Mean	157	4,93	4,75	8,70	9,34	3,77	4,59	104,0	129,0	23,3	29,2				

Objaśnienia, jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

zwyżkę od 24,4 ( $N_1$ ) do 28,6 t·ha<sup>-1</sup> ( $N_2$ ), czyli odpowiednio o 169,4 i 210,3%. Podobny rezultat zanotował cytowany wcześniej NOWAK [2001], uzyskując w latach suchych (na glebie klasy bonitacyjnej IVa) przyrost o 22,9 t·ha<sup>-1</sup> (o 83%), a średnio w ciągu 29 lat przyrost o 11,5 t·ha<sup>-1</sup> (o 32%). Zwyżki plonów korzeni buraka między obiektami kontrolnymi i deszczowanymi, przekraczające w badaniach własnych średnio w ciągu 13 lat 15 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 3), są wyjątkowo duże, niespotykane w badaniach innych autorów. Przykładowo KOSZAŃSKI, KARCZMARCZYK i NOWICKA [1987] uzyskali przyrost o 7,5 t·ha<sup>-1</sup>, BORÓWCZAK i GRZEŚ [2002] – o 8,65 t·ha<sup>-1</sup>, NOWAK, PODSTAWKA-CHMIELEWSKA i ROJEK [1997] – od 7,56 (gleba średnia) do 9,46 t·ha<sup>-1</sup> (gleba lekka), a BUNIAK, DMOWSKI i SZYSZKOWSKI [1996] – 8,86 t·ha<sup>-1</sup> (średnio dla pięciu miejscowości).

Na uwagę zasługuje wyjątkowo wysoka i niezależna od typu lat produktywność 1 mm zastosowanej wody, wynosząca średnio od 94,6 ( $N_1$ ) do 116,3 kg·mm<sup>-1</sup> ( $N_2$ ). Wykorzystywanie deficytowej w Polsce wody we właściwie zaplanowanych i przeprowadzonych nawodnieniach deszczownianych jest przyszłościowe i najbardziej efektywne. Cytowani wcześniej autorzy notowali efektywność 1 mm wynoszącą od 40 [KOSZAŃSKI, KARCZMARCZYK, NOWICKA, 1987] do 63 kg korzeni [BORÓWCZAK, GRZEŚ, 2002].

Nawożenie większą dawką azotu bez nawadniania nie przyniosło żadnego efektu, spowodowało wręcz zmniejszenie plonu korzeni średnio o 0,7 t·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z mniej intensywnym nawożeniem. Stosowanie deszczowania łącznie z nawożeniem azotem w ilości 150 kg przyczyniło się do przyrostu plonu o 2,5 t·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z wariantem deszczowanym i nawożonym 90 kg·ha<sup>-1</sup>. Wyniki te świadczą, że w uprawie buraka cukrowego na glebie kompleksu żytniego bardzo słabego większe dawki azotu powinny być stosowane z umiarem, bowiem w warunkach nawadniania ich efekt plonotwórczy nie jest duży, a w latach wilgotnych praktycznie żaden.

Odpowiednio do plonu świeżej masy korzeni kształtował się plon ich suchej masy (tab. 4). Na obiektach kontrolnych zwiększał się on od lat uznanych za suche ku wilgotnym, czyli zgodnie z ilością plonów korzeni w stanie świeżym.

Bardzo interesujące było stwierdzenie w latach suchych mniejszej procentowej zawartości suchej masy w korzeniach buraka. Ten pozorny paradoks można wyjaśnić hamowaniem vegetacji roślin w warunkach suszy glebowej przez zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej. Kiedy w drugiej połowie sierpnia i we wrześniu pojawiały się obfite opady, buraki wznawiały intensywną vegetację i odbudowywały rozety liściowe. W efekcie w chwili zbiorów buraki nie osiągały dojrzałości technologicznej i sucha masa korzeni była mniejsza. Na obiektach deszczowanych wystąpiła tendencja odwrotna niż na kontrolnych – mniejsze plony suchej masy zanotowano w latach wilgotnych, większe w suchszych. Szczególnie dużą suchą masę miały korzenie na poletkach deszczowanych w latach suchych, w związku z czym można sądzić, że na glebach lekkich w warunkach niedoboru opadów uzupełnianego deszczowaniem i jednocześnie wysokich temperatur powietrza istnieją

najlepsze warunki do niezakłóconej fotosyntezy oraz przyrastania masy biologicznej. Wpływ nawadniania na uzyskanie tak dużego plonu suchej masy korzeni ilustrują obliczone przyrosty, wskazujące na jego potrojenie (tab. 4). Na uwagę zasługuje stosunkowo wyrównana, duża produktywność 1 mm wody.

Nawożenie azotem większą dawką modyfikowało plon suchej masy korzeni tylko w warunkach nawadniania, powodując jego zwiększenie, szczególnie w latach suchych. Na poletkach niedeszczowanych dawka N<sub>2</sub> przyczyniła się do niewielkiego spadku suchej masy w stosunku do N<sub>1</sub>, głównie w latach wilgotnych.

#### PLONY LIŚCI

Plony świeżej i suchej masy liści buraków cukrowych w obu wariantach wilgotnościowych różniły się w zależności od warunków opadowych występujących w poszczególnych typach lat (tab. 5, 6). Najciekawsze zależności wystąpiły na obiektach kontrolnych, gdzie wbrew oczekiwaniom największe plony w obu wariantach nawozowych zebrano w latach suchych, mniejsze w przeciętnych i wilgotnych. Ten skłaniający do zastanowienia wynik można tłumaczyć (podobnie jak mniejszą suchą masę korzeni) ponownym, bardzo intensywnym odrostem masy liściowej po pojawieniu się obfitych opadów w drugiej połowie sierpnia i na początku września. W związku z tym w terminie zbiorów rośliny były w pełni wegetacji i nie osiągnęły jeszcze dojrzałości technologicznej. Największą produktywność 1 mm zastosowanej wody w odniesieniu do plonów świeżej masy liści stwierdzono w latach przeciętnych, niezależnie od ilości wysianego azotu. Zastosowanie większej dawki tego składnika umożliwiło w latach suchych i wilgotnych nawet potrojenie tej efektywności w stosunku do stwierdzonej pod wpływem mniejszej dawki.

Na poletkach deszczowanych plony świeżej masy liści wyraźnie różnicowała większa dawka azotu, powodująca największe przyrosty w stosunku do wariantu kontrolnego (nienawadnianego) w latach suchych (o 5,2 t·ha<sup>-1</sup>) i przeciętnych (o 5,1 t·ha<sup>-1</sup>). Podobnie kształtowały się plony suchej masy liści (tab. 6), bowiem w wariantcie N<sub>2</sub> stwierdzono ich więcej odpowiednio o 0,64 i o 0,69 t·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z N<sub>1</sub>. Największą efektywność 1 mm zastosowanej wody w kształtowaniu plonów suchej masy stwierdzono w latach wilgotnych, a najmniejszą w suchych. Otrzymane wartości są zbliżone do przedstawionych przez BORÓWCZAKA i GRZESIA [2002].

#### PLONY CUKRU

Najlepsze warunki do uzyskania największych plonów cukru wystąpiły w latach wilgotnych na poletkach kontrolnych i w latach przeciętnych na nawadnianych (tab. 7). Największe przyrosty plonu cukru w stosunku do obiektów niena-



**Tabela 5.** Plony świeżej masy liści buraków cukrowych i produktywność 1 mm wody (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)  
**Table 5.** Fresh weight yields of sugar beet leaves and productivity of 1 mm water (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Plon liści Yield of leaves t·ha <sup>-1</sup>						Przyrost plonu (W – 0) Yield increment (W – 0)						Produktywność wody Productivity of water kg·mm <sup>-1</sup>	
		0		W		t·ha <sup>-1</sup>		t·ha <sup>-1</sup>		%		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>				
Suche Dry	232	17,2	17,3	19,7	24,9	2,5	7,6	14,5	43,9	10,8	32,8				
Przeciętne Average	159	13,5	15,6	18,3	23,4	4,8	7,8	35,6	50,0	30,2	49,1				
Wilgotne Wet	80	15,3	15,0	16,5	18,6	1,2	3,6	7,8	24,0	15,0	45,0				
Średnio Mean	157	15,3	16,0	18,2	22,3	2,8	6,3	19,3	39,3	18,7	42,3				

Objaśnienia, jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

**Tabela 6.** Plony suchej masy liści buraków cukrowych i produktywność 1 mm wody (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)  
**Table 6.** Dry weight yields of sugar beet leaves and productivity of 1 mm water (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Plon suchej masy liści Yield of leaf (dry matter) t·ha <sup>-1</sup>						Przyrost plonu (W – 0) Yield increment (W – 0)						Produktywność wody Productivity of water kg·mm <sup>-1</sup>	
		0		W		t·ha <sup>-1</sup>		t·ha <sup>-1</sup>		%		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>				
Suche Dry	232	2,81	2,78	3,26	3,90	0,45	1,12	16,0	40,3	1,9	4,8				
Przeciętne Average	159	2,17	2,55	3,00	3,69	0,83	1,14	38,2	44,7	5,2	7,2				
Wilgotne Wet	80	2,67	2,61	3,13	3,47	0,46	0,86	17,2	32,9	5,7	10,7				
Średnio Mean	157	2,55	2,65	3,13	3,89	0,58	1,04	23,8	39,3	4,3	7,6				

Objaśnienia, jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

**Tabela 7.** Plony cukru i produktywność 1 mm wody (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)

**Table 7.** Sugar yields and productivity of 1 mm water (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Plon cukru Sugar yield t·ha <sup>-1</sup>				Przyrost plonu (W – 0) Yield increment (W – 0)				Produktywność wody Productivity of water kg·mm <sup>-1</sup>	
		0		W		t·ha <sup>-1</sup>		%		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
Suche Dry	232	2,00	2,00	6,72	7,33	4,72	5,33	236,0	266,5	20,5	23,0
Przeciętne Average	159	4,55	4,32	7,57	8,35	3,02	4,03	66,4	93,3	19,0	25,3
Wilgotne Wet	80	5,06	4,79	6,51	6,59	1,45	1,80	28,7	37,6	18,1	22,5
Średnio Mean	157	3,87	3,70	6,93	7,42	3,06	3,72	110,4	165,8	19,2	23,6

Objaśnienia, jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

**Tabela 8.** Średnia masa jednego korzenia buraków cukrowych i jego przyrost pod wpływem deszczowania (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)

**Table 8.** Mean weight of a single root of sugar beet and its increment due to sprinkling (mean in particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Masa 1 korzenia, g Single root weight, g				Przyrost masy 1 korzenia (W – 0) Increment of a single root weight (W – 0)			
		0		W		g		%	
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
Suche Dry	232	267	223	635	691	368	468	137,8	209,9
Przeciętne Average	159	330	321	518	549	188	228	57,0	71,0
Wilgotne Wet	80	395	381	563	610	168	229	42,5	60,1
Średnio Mean	157	330	308	572	617	241	308	79,1	113,7

Objaśnienia, jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

wadnianych, wynoszące  $4,72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (o 236%) na nawożonych mniejszą dawką azotu i  $5,33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (o 266,5%) na nawożonych większą dawką N, otrzymano pod wpływem deszczowania w latach suchych. Zgodnie z oczekiwaniami, najmniejsze efekty nawadnianie przyniosło w latach wilgotnych – przyrosty odpowiednio o 1,45 i  $1,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Produktywność 1 mm zastosowanej wody była w poszczególnych typach lat mocno wyrównana, z tym że gdy stosowano  $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , najlepsze efekty przynosiła ona w latach suchych, a gdy  $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  – w przeciętnych.

Korzystna rola czynnika nawozowego w kształtowaniu się plonów cukru ujawniła się wyłącznie we współdziałaniu z deszczowaniem, szczególnie w latach suchych i przeciętnych pod względem opadów. O dużej roli azotu w kształtowaniu plonów cukru świadczy obliczona produktywność 1 mm wody, która na skutek zwiększenia dawki N zwiększyła się o 12,2% w latach suchych, o 33,2% w przeciętnych i o 24,3% w wilgotnych. Na obiektach kontrolnych większa dawka azotu zmniejszała plon cukru, z wyjątkiem lat suchych.

### WYBRANE PARAMETRY BIOMETRYCZNE

Masa korzenia i jego kształt decydują o zewnętrznych cechach jakościowych, które odgrywają istotną rolę w trakcie zbioru mechanicznego oraz procesu przerozu w cukrowni. OSTROWSKA, KUCIŃSKA i ARTYSZAK [2002] podają, że ze względu na zmechanizowanie zbioru najlepiej byłoby, aby ta masa wynosiła od 250 do 1800 g. W przeprowadzonym doświadczeniu w kształtowaniu obu wspomnianych cech udział miało zarówno deszczowanie, jak i nawożenie. Największy przyrost masy spowodował pierwszy czynnik, który najbardziej wpływał na jego zwiększenie w latach suchych (tab. 8). Najmniejszą masę miały korzenie z poletek nawadnianych w latach przeciętnych, niezależnie od dawki azotu. Na obiektach kontrolnych (nienawadnianych) korzenie o największej masie wyrastały w latach wilgotnych, a o najmniejszej – w suchych.

Drugim badanym parametrem był udział w plonie korzeni zniekształconych (tab. 9). Na glebach kompleksu żytniego słabego występowaniu dużej ilości takich korzeni najbardziej sprzyjały lata suche. Czynnikiem wyraźnie zmniejszającym udział tych korzeni, czyli poprawiającym ich zewnętrzne cechy jakościowe, było zastosowane deszczowanie, zmniejszające średnio o 4,4 na wariancie nawożonym  $N_1$  i 7,0% na nawożonym  $N_2$ , a w mniejszym stopniu samo nawożenie  $N_2$  – o 1,6%. Bez nawodnień (poletka kontrolne) większa dawka azotu przyczyniała się w latach przeciętnych i wilgotnych do zwiększenia udziału korzeni zniekształconych średnio od 1,2 do 3,2%.

**Tabela 9.** Udział korzeni zniekształconych (średnio w poszczególnych typach lat okresu 1986–1998)**Table 9.** Percentage of deformed roots (mean in the particular types of years 1986–1998)

Typ lat według <i>SPI</i> Type of years according to <i>SPI</i>	Dawka wody Water dose mm	Udział korzeni zniekształconych, % Percentage of deformed roots				Zmiana udziału (W – 0), % Change of percentage (W – 0)	
		0		W		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
Suche Dry	232	19,9	18,5	13,4	11,9	6,5	6,6
Przeciętne Average	159	16,7	17,9	12,2	10,5	4,5	7,4
Wilgotne Wet	80	13,3	16,5	11,1	9,3	2,2	7,2
Średnio Mean	157	16,6	17,6	12,2	10,6	4,4	7,0

Objaśnienia jak w tabeli 3. Explanations as in Table 3.

## WNIOSKI

1. Na glebach zaliczanych do kompleksu żytniego słabego nawadnianie okazało się skutecznym środkiem zapobiegającym obniżce plonów buraka cukrowego i umożliwiającym w latach suchych uzyskanie średnich zbiorów na poziomie 40 t·ha<sup>-1</sup>.

2. W wariancie bez nawadniania najmniejsze plony korzeni buraka cukrowego uzyskano w latach suchych, lepsze w przeciętnych i największe w wilgotnych. W warunkach deszczowania najwięcej korzeni zebrano w latach zaliczanych do mokrych, a najmniej – w suchych.

3. Zdecydowanie silniej działało jako czynnik plonotwórczy deszczowanie, które zależnie od intensywności nawożenia spowodowało przyrost plonu w stosunku do wariantów nienawadnianych średnio od 15,1 do 18,4 t·ha<sup>-1</sup>, czyli od 84 do 106%. Nawadnianie najsilniej różnicowało plony w latach suchych, powodując ich zwiększenie od 24,4 (N<sub>1</sub>) do 28,6 t·ha<sup>-1</sup> (N<sub>2</sub>), co stanowiło przyrost odpowiednio o 169,4 i 210,3%.

4. Nawożenie większą dawką azotu bez deszczowania nie przyniosło żadnego efektu, powodując nawet zmniejszenie plonu korzeni średnio o 0,7 t·ha<sup>-1</sup>, natomiast zastosowane łącznie z deszczowaniem spowodowało w porównaniu ze stosowanym w dawce 90 kg przyrost plonu o 2,5 t·ha<sup>-1</sup>.

5. Plon suchej masy korzeni na obiektach kontrolnych zwiększał się od lat uznanych za suche ku wilgotnym, czyli tak samo jak plony korzeni w stanie świeżym, natomiast na deszczowanych mniejsze jej plony zanotowano w latach wilgotnych, a większe w suchszych.

6. Największe plony świeżej i suchej masy liści buraków cukrowych na obiektach kontrolnych zebrano z obu wariantów nawozowych w latach suchych, mniejsze w przeciętnych i wilgotnych. Na poletkach deszczowanych wyraźnie różnico-

wała je większa dawka azotu, powodująca największe przyrosty w latach suchych (zwyżka o  $5,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i przeciętnych (o  $5,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

7. Najlepsze warunki do uzyskania największych plonów cukru wystąpiły w latach wilgotnych w przypadku poletek kontrolnych i w latach przeciętnych w przypadku stosowania nawodnień.

8. Najmniejszą przeciętną masę jednego korzenia stwierdzono na poletkach nawadnianych w latach przeciętnych, a największą w suchych, niezależnie od dawki azotu. Na obiektach kontrolnych korzenie o największej masie wyrastały w latach wilgotnych, a o najmniejszej – w suchych.

9. Na glebach kompleksu żytniego słabego występowaniu dużej ilości korzeni zniekształconych najbardziej sprzyjały lata suche. Czynnikiem wyraźnie poprawiającym zewnętrzne cechy jakościowe korzeni było zastosowane deszczowanie. Dzięki niemu udział korzeni zniekształconych zmniejszył się średnio o 4,4 na wariancie nawożonym  $N_1$  i o 7,0% na nawożonym  $N_2$ . W mniejszym stopniu przyczyniło się do tego nawożenie  $N_2$  – o 1,6%.

## LITERATURA

- BORÓWCZAK F., GRZEŚ S., 2002. Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plon korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych. Biul. IHAR nr 222 s. 203–213.
- BUNIAK W., DMOWSKI Z., SZYSZKOWSKI P., 1996. Plonowanie i skład jakościowy korzeni buraków cukrowych w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 438 s. 267–272.
- DEMIDOWICZ G., DOROSZEWSKI A., GÓRSKI T., 1997. Wpływ niedoborów opadów na straty w produkcji ziemniaka i buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 438 s. 43–52.
- DZIEZYC J., NOWAK L., PANEK K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 314 s. 11–34.
- KOSZAŃSKI Z., KARCZMARCZYK S., NOWICKA S., 1987. Wpływ deszczowania i nawożenia potasem na plonowanie buraków cukrowych uprawianych na glebie lekkiej Niziny Szczecińskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 314 s. 193–206.
- ŁABĘDZKI L., 2004. Problematyka susz w Polsce. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 1 (10) s. 47–66.
- ŁABĘDZKI L., BAŁ B., 2002. Monitoring suszy za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI*. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 2 z. 2(5) s. 9–19.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. 8th Conf. on Appl. Clim., 17–22 Jan. 1993. Anaheim CA s. 179–184.
- NOWAK L., 2001. Efekty produkcyjne deszczowania buraków cukrowych uprawianych na glebie kompleksu żytniego dobrego w rejonie Wrocławia. Fragm. Agron. nr 1 (69) s. 62–75.
- NOWAK L., PODSTAWKA-CHMIELEWSKA E., ROJEK S., 1997. Water demand and sprinkling irrigation effects of potatoe and sugar beet in Poland. W: Water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates. Proc. Poland-Israel Conf., December 5–16 1997, Tel-Aviv (Israel) vol. 2 s. 71–75.
- OSTROWSKA D., KUCIŃSKA K., ARTYSZAK A., 2002. Wpływ wielkości masy korzenia buraka cukrowego na wartość technologiczną surowca. Biul. IHAR nr 222 s. 149–154.
- Rocznik statystyczny, 2002. Warszawa: GUS s. 355–357.

RZEKANOWSKI C., DUDEK S., ŻARSKI J., 1996. Potrzeby opadowe buraka cukrowego w świetle wieloletnich doświadczeń polowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 438 s. 61–68.

Czesław RZEKANOWSKI, Jacek ŻARSKI, Stanisław DUDEK,  
Stanisław ROLBIECKI, Roman ROLBIECKI

### IRRIGATION AS A COUNTERMEASURE FOR SUGAR BEET YIELD DECREASES DURING DRY YEARS ON LIGHT SOILS

*Key words: methods for drought mitigation, sprinkler irrigation of sugar beet*

#### S u m m a r y

It was hypothesized that irrigation could be one of effective methods for counteracting sugar beet yield decreases in dry years, when the crop was grown on soils of a weak rye complex. Therefore, results of field experiments on sprinkler irrigation of this crop carried out in 1986–1998 are presented in this paper. Trials were conducted in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz on degraded black earth classified as V–VI class. The period of 13 years was divided into dry, normal and wet years on the basis of Standardized Precipitation Index (*SPI*).

Without supplemental irrigation the lowest yields of sugar beet roots were noted in dry years, better in average years and the highest in wet years. Under irrigation the highest yields of sugar beet roots were harvested in wet years and the lowest in dry years. Between two yield-forming factors studied, irrigation had a stronger impact on crops. Irrigation increased the yield by 15.1 to 18.4 t·ha<sup>-1</sup> in comparison with the control, depending on the dose of fertilizers. The strongest differentiation of yields caused by irrigation was noted in dry years when the yield increment amounted from 24.4 (N<sub>1</sub> – 90 kg N·ha<sup>-1</sup>) to 28.6 t·ha<sup>-1</sup> (N<sub>2</sub> – 150 kg·ha<sup>-1</sup>). Higher nitrogen dose had no effect under control conditions but in the case of irrigation the dose of 150 kg N ha<sup>-1</sup> caused an increase of yield by 2.5 t·ha<sup>-1</sup> as compared with that of 90 kg N ha<sup>-1</sup>. Dry matter yield of roots increased from dry to wet years on control plots. Opposite tendency was found on irrigated plots.

The best conditions for the highest yield occurred in wet years on control plots and in average years on irrigated plots. Roots harvested from irrigated plots were characterized by the lowest mean weight in average years and by the highest one in dry years, irrespective of the nitrogen dose. In the case of control plots, roots of the highest weight developed in wet years and those of the lowest weight – in dry years. Dry years favored the occurrence of large amounts of deformed roots in soils of weak rye complex. Irrigation was the main factor improving the features of roots. It caused a decrease of the percentage of deformed roots from 4.4 (N<sub>1</sub>) to 7.0 % (N<sub>2</sub>) on average. Higher nitrogen dose (N<sub>2</sub>) had smaller effect (a decrease by 1.6 %).

---

#### Recenzenci:

*prof. dr hab. Stanisław Karczmarczyk*

*prof. dr hab. Lech Nowak*

Praca wpłynęła do Redakcji 14.03.2005 r.