

*Jacek Żarski, Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska*

**WPŁYW DESZCZOWANIA I NAWOŻENIA AZOTEM  
NA PLONOWANIE JĘCZMIENIA BROWARNEGO  
NA GLEBIE LEKKIEJ**

***INFLUENCE OF SPRINKLING IRRIGATION  
AND NITROGEN FERTILIZATION  
ON MALTING BARLEY YIELDING ON LIGHT SOIL***

**Streszczenie**

W doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 2006–2008 na glebie lekkiej w Mochelku koło Bydgoszczy, badano wpływ deszczowania i czterech wariantów nawożenia azotowego na wysokość i jakość plonu ziarna browarnej odmiany jęczmienia jarego 'Poldek'. W kolejnych sezonach wegetacji zastosowano odpowiednio sumaryczne dawki wody 90, 30 i 180 mm, stosownie do przebiegu warunków meteorologicznych. Deszczowanie browarnej odmiany jęczmienia jarego 'Poldek' istotnie wpłynęło na wysokość plonu ziarna, powodując jego przeciętnąwyżkę 2,24 t ha<sup>-1</sup> (71,3%). Efektywność produkcyjna deszczowania była wyższa od uzyskiwanej w innych doświadczeniach krajowych, prowadzonych w porównywalnych warunkach glebowych. Deszczowanie przyczyniło się także do polepszenia wskaźników przydatności browarnej ziarna. Ziarno roślin deszczowanych zawierało mniej białka, charakteryzowało się porównywalną energią kiełkowania oraz znacznie większą celnością, w porównaniu do roślin z obiektów kontrolnych. Nawożenie azotowe powodowało istotny wzrost plonu ziarna, ale wpływało na pogorszenie jego jakości pod względem przydatności słodowniczej. Na podstawie uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że w sezonach wegetacyjnych o niskich opadach atmosferycznych w okresie maja, czerwca i lipca, cechujących się występowaniem długotrwałych okresów posuchy rolniczej, deszczowanie jęczmienia jarego na glebie lekkiej stanowi jeden z podstawowych zabiegów plonotwórczych, umożliwiających pozyskanie wysokiego i dobrego jakościowo plonu ziarna.

**Słowa kluczowe:** deszczowanie, nawożenie azotowe, jęczmień browarny, gleba lekka

### Summary

*The influence of sprinkling irrigation and four nitrogen fertilization doses on the height and quality of grain yield of malting spring barley cultivar Poldek was determined in a field experiment carried out in the years 2006-2008 on light soil at Mochelek, near Bydgoszcz. Total water doses of 90, 30 and 180 mm were used in succeeded vegetation seasons respectively to weather conditions. The sprinkling irrigation of malting barley Poldek significantly increased the grain yield to the average amount of 2,24 t ha<sup>-1</sup> (71,3%). Productive efficiency of applied water was higher comparing to results obtained from domestic experiments carried on in the comparable soil conditions. Irrigation also improved the brewery utilization indexes. Grain harvested on irrigated plots have less protein in the contents, higher uniformity and germination capacity than grain harvested as a control. Nitrogen fertilization significantly increased the grain yield but worsened its quality for malting utility. Obtained results indicate that the irrigation is one of the main impacts that provide high and good quality grain yield of malting barley in vegetation seasons characterised by low precipitation which causes dry spells in May, June and July*

**Key words:** *sprinkling irrigation, nitrogen fertilization, malting barley, light soil*

### WSTĘP

Mimo postępu odmianowego i agrotechnicznego, głównym czynnikiem ograniczającym produkcję jęczmienia browarnego w Polsce pozostaje zmienność czasowa wysokości i jakości plonu ziarna. Wynika to w dużym stopniu ze zmienności czasowej warunków meteorologicznych, stanowiącej podstawową cechę przejściowego agroklimatu Polski [Błażewicz, Dawidowicz 2006; Pecio 2002].

Występowanie okresów posusznych wywiera zasadniczy wpływ na pobieranie azotu i jego przemieszczanie się w roślinie. Wyniki badań wskazują, że obniżenie w glebie zapasu wody łatwo dostępnej, zarówno w fazach przed kwitnieniem, jak i w okresie wypełniania ziarna prowadzi do obniżenia wysokości plonu i zwiększenia zawartości białka w ziarnie, a zatem pogorszenia jego wartości browarnej [de Ruiter 1999; Halvorson, Reule 2007; Pecio 2002; Pecio, Bichoński 2006; Qureshi, Neibling 2009; Thompson i in. 2004].

Zabiegiem skutecznie przeciwdziałającym ujemnym skutkom występowania posuch rolniczych jest nawadnianie roślin, z powodzeniem stosowane na powierzchniach uprawnych nie tylko w suchych i półsuchych strefach klimatycznych, ale także w regionach o porównywalnych z polskimi warunkach klimatycznych. W Polsce nawadnianie roślin nie rozwinęło się dotychczas na szerszą skalę w produkcji polowej, mimo wielu badań naukowych, wykazujących jego wysoką efektywność produkcyjną, zwłaszcza w warunkach stosowania na glebach lekkich i bardzo lekkich [Żarski, Dudek 2003; Żarski 2006].

Badania naukowe nad efektami nawadniania jęczmienia browarnego w Polsce były jednak nieliczne. Prowadzono je sporadycznie na glebach lekkich w warunkach Niziny Szczecińskiej, Wielkopolski, okolicach Wrocławia i Bydgoszczy. W eksperymentach tych uzyskiwano różne wyniki, zależne przede wszystkim od wysokości opadów atmosferycznych w okresach wzmożonego zapotrzebowania jęczmienia na wodę oraz od stopnia zwięzłości oraz właściwości wodnych gleby. Średnie wieloletnie przyrosty plonu ziarna pod wpływem deszczowania wynosiły od 0,33 do aż 2,38 t ha<sup>-1</sup> na glebie bardzo lekkiej pod Bydgoszczą. W większości doświadczeń, nawadnianie przyczyniało się do obniżenia zawartości białka ogólnego w ziarnie, zwiększało jego masę i celność oraz poprawiało energię kiełkowania [Koszański i in. 1995; Koziara i in. 2006; Nowak i in. 2005; Wojtasik 2004; Żarski 1992; Żarski, Dudek 2005].

Hipoteza badawcza zakładała, że wprowadzenie nawadniania deszczowanego do technologii uprawy jęczmienia spowoduje nie tylko wzrost i stabilizację wysokości plonu ziarna, ale przede wszystkim przyczyni się do pozyskania surowca spełniającego kryteria przydatności browarnej, niezależnie od występujących w sezonie wegetacyjnym niedoborów opadów atmosferycznych. Założono także, że w warunkach deszczowania możliwe będzie zastosowanie wyższej dawki nawożenia azotowego niż w uprawie tradycyjnej, a zwiększone nawożenie, przyczyniając się do wzrostu wielkości plonu, nie spowoduje pogorszenia jakości ziarna przeznaczonego do przemysłu browarniczego.

Celem planowanych badań była ocena wpływu deszczowania i nawożenia azotowego oraz interakcji tych czynników na wysokość plonu i wartość browarną ziarna odmiany jęczmienia jarego 'Poldek', uprawianej na glebie lekkiej w rejonie Bydgoszczy.

## MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2006–2008 na polu doświadczalnym Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego UTP Bydgoszcz, zlokalizowanej w Mochelku koło Bydgoszczy. Testowano odmianę browarną jęczmienia jarego 'Poldek', uprawianą po rzepaku ozimym.

Dwuczynnikowy eksperyment polowy przeprowadzono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym *split-plot*, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru jęczmienia wynosiła 10 m<sup>2</sup>.

Pierwszym czynnikiem było deszczowanie: W<sub>0</sub> – bez deszczowania (obiekty kontrolne), W<sub>1</sub> – deszczowanie optymalne, zapewniające w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu zapas wody łatwo dostępnej dla roślin w całym okresie wegetacji roślin. Deszczowanie wykonywano za pomocą przenośnego systemu deszczowanego, wykorzystującego niskociśnieniowe, sektorowe głowice nawadniające typu Nelson o jednostkowej wydajności 200 l h<sup>-1</sup>. Terminy nawodnień ustalano na podstawie metody Grabarczyka i in. [1992],

wykorzystując standardowy pomiar opadów atmosferycznych, prowadzony na polu doświadczalnym.

Liczba dawek nawodnieniowych i sumaryczna dawka sezonowa zależała od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacji (tab. 1). Największe potrzeby deszczowania jęczmienia browarnego wystąpiły w 2008 roku, cechującym się bardzo niskimi opadami atmosferycznymi w maju i w czerwcu. W 2006 roku jęczmień deszczowano przede wszystkim w lipcu w okresie głębokiej posuchy rolniczej, wywołanej niskimi opadami i bardzo wysoką temperaturą powietrza. Z kolei w 2007 roku potrzeby deszczowania roślin były minimalne. Ze względu na wysokie i równomiernie rozłożone opady zastosowano tylko jedną dawkę nawodnieniową w miesiącu czerwcu.

Drugim czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotowe w czterech wariantach: N<sub>0</sub> – bez nawożenia (obiekty kontrolne), N<sub>1</sub> – nawożenie przedsięwzięte 30 kg ha<sup>-1</sup>, N<sub>2</sub> – nawożenie przedsięwzięte 60 kg ha<sup>-1</sup>, N<sub>3</sub> – nawożenie 90 kg ha<sup>-1</sup> (przedsięwzięte 60 kg ha<sup>-1</sup> oraz pogłównie 30 kg ha<sup>-1</sup>, zastosowane w fazie strzelania w źdźbło).

**Tabela 1.** Warunki meteorologiczne w latach 2006–2008 oraz dawki nawodnieniowe  
**Table 1.** Meteorological conditions in the years 2006–2008 and irrigation doses

Rok	Miesiące okresu wegetacji jęczmienia jarego				
	IV	V	VI	VII	IV-VII
Średnia temperatura powietrza (°C)					
1949–2008	7,3	12,8	16,3	18,0	13,6
2006	7,1	12,5	16,8	22,4	14,7
2007	8,5	13,8	18,2	18,0	14,6
2008	7,6	13,2	17,6	19,2	14,4
Sumy opadów atmosferycznych (mm)					
1949–2008	28	42	54	71	195
2006	77	60	22	24	183
2007	18	73	105	105	301
2008	39	11	16	59	125
Dawki nawodnieniowe (mm)					
2006			30	60	90
2007			30		30
2008		30	120	30	180

Uprawa jęczmienia była prowadzona według zasad poprawnej agrotechniki, obejmującej chemiczną ochronę roślin. Plon zbierano kombajnem poletkowym i przeliczano na 1 ha, uwzględniając wilgotność ziarna 15%. Analizy technologiczne ziarna wykonano w próbach zbiorczych z kombinacji

doświadczalnych w laboratoriach UTP. Zawartość białka oznaczono aparatem Infraalyzer 450, wykorzystującym promieniowanie bliskiej podczerwieni. Jako celne określono ziarna, pozostające na sitach sortownika mechanicznego typu SKŻ, o średnicy 2,5 mm. Energię kiełkowania określono w % ziaren kiełkujących po trzech dobach. Do obliczeń statystycznych plonu ziarna zastosowano analizę wariancji z wykorzystaniem testu Studenta.

Glebę pola doświadczalnego stanowiła gleba płowa typowa wytworzona z piasków fluwioglacjalnych na płytce zalegającej glinie średniej, zaklasyfikowana do klasy bonitacyjnej IV a i kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego. Pod względem stopnia zwięzłości jest to gleba lekka na podłożu zwięzłym. Zawartość części splawianych w warstwie 0–50 cm wynosi 18%, a w warstwie 51–100 cm 46%. Zapas wody w 1 m warstwie gleby przy stanie polowej pojemności wodnej wynosi 215 mm.

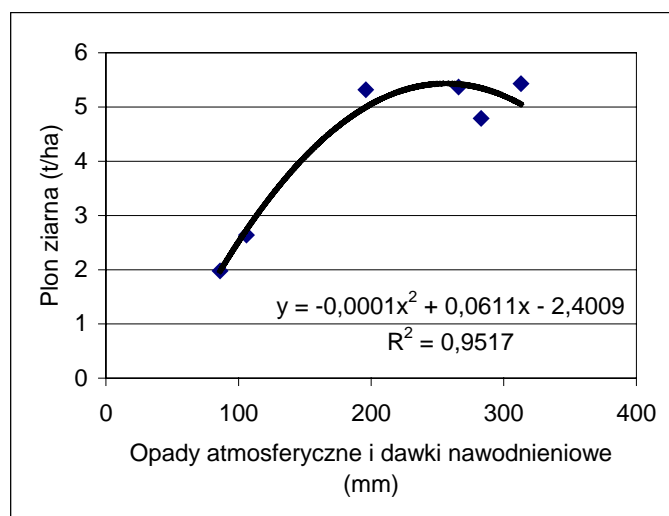
### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wysokość plonów ziarna browarnej odmiany 'Poldek' jęczmienia jarego wynosiła od 1,68 t ha<sup>-1</sup> do 5,77 t ha<sup>-1</sup>, w zależności od roku badań, deszczowania i wariantu nawożenia azotowego (tab. 2). Czynnikiem istotnie wpływającym na tak duże zróżnicowanie wysokości plonów ziarna był czynnik wodny, określony ilościowo przez opady atmosferyczne w okresie od 1 maja do 31 lipca oraz zastosowane dawki nawodnieniowe. Na poletkach bez deszczowania plony ziarna były niskie w posusznych latach 2006 i 2008 oraz wysokie w wilgotnym sezonie wegetacyjnym 2007. W warunkach deszczowania plonowanie było bardzo stabilne. Niezależnie od wysokości opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania jęczmienia na wodę, przeciętne plony ziarna na stanowiskach deszczowanych wynosiły 5,32–5,43 t ha<sup>-1</sup>. Zależność plonów od czynnika wodnego została opisana funkcją wielomianową II<sup>0</sup>, przy współczynniku determinacji R<sup>2</sup> = 0,9517 (rys. 1).

Przeciętna dla lat badań i wariantów nawożenia azotem efektywność produkcyjna deszczowania przedstawiała się następująco: bezwzględny przyrost plonu ziarna 2,24 t ha<sup>-1</sup>, względna zwyżka plonu 71,3%, efektywność 1 mm wody zużytej do deszczowania roślin 22,4 kg ha<sup>-1</sup>. W posusznych latach 2006 i 2008 zwyżka plonu ziarna pod wpływem deszczowania jęczmienia była większa (odpowiednio 3,39 t ha<sup>-1</sup>, 171%), a efektywność jednostkowa mniejsza od przeciętnej (18,8 kg ha<sup>-1</sup>). Z kolei w bardzo wilgotnym roku 2007, pod wpływem deszczowania zanotowano niewielki przyrost plonu ziarna 0,64 t ha<sup>-1</sup> (13,4%), ale wyższą niż w roku suchym efektywność jednostkową tego zabiegu, wynoszącą 21,3 kg mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Plony ziarna jęczmienia browarnego (t ha<sup>-1</sup>)  
**Table 2.** Yield of malting barley grain (t ha<sup>-1</sup>)

Deszczowanie	Nawożenie azotowe	Lata badań			Średnio
		2006	2007	2008	
W <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>	2,50	4,56	2,59	3,22
	N <sub>1</sub>	2,84	4,90	1,89	3,21
	N <sub>2</sub>	2,64	4,94	1,68	3,09
	N <sub>3</sub>	2,57	4,76	1,75	3,03
W <sub>1</sub>	N <sub>0</sub>	4,21	4,80	5,10	4,70
	N <sub>1</sub>	5,74	5,62	5,12	5,49
	N <sub>2</sub>	5,69	5,60	5,50	5,60
	N <sub>3</sub>	5,66	5,72	5,77	5,72
W <sub>0</sub>		2,64	4,79	1,98	3,14
W <sub>1</sub>		5,32	5,43	5,37	5,38
	N <sub>0</sub>	3,35	4,68	3,84	3,96
	N <sub>1</sub>	4,29	5,26	3,50	4,35
	N <sub>2</sub>	4,17	5,27	3,59	4,34
	N <sub>3</sub>	4,12	5,24	3,76	4,37
NIR <sub>0,05</sub>					
Deszczowanie (I)		0,25	0,43	0,22	0,14
Nawożenie azotowe (II)		0,16	0,35	nieistotne	0,10
Interakcja (II w I)		0,31	nieistotna	0,33	0,10



**Rysunek 1.** Zależność plonów ziarna jęczmienia browarnego od sumy opadów atmosferycznych i dawek nawodnieniowych w okresie maj–lipiec

**Figure 1.** Grain yields of malting barley as dependent on total rainfall and irrigation water in the period of May–June

W porównaniu do efektów deszczowania browarnych odmian jęczmienia jarego uzyskanych w dotychczasowych doświadczeniach krajowych, prowadzonych w porównywalnych warunkach glebowych, w badaniach własnych uzyskano największe przeciętne przyrosty plonów ziarna. Na Nizinie Szczecińskiej średnie wieloletnie zwyżki plonów pod wpływem deszczowania wynosiły  $0,68 \text{ t ha}^{-1}$  [Koszański i in. 1995] lub  $0,71 \text{ t ha}^{-1}$  [Wojtasik 2004], w warunkach Wielkopolski  $1,05 \text{ t ha}^{-1}$  [Koziała i in. 2006], a w okolicach Wrocławia zaledwie  $0,33 \text{ t ha}^{-1}$  [Nowak i in. 2005]. Dużo większą efektywność deszczowania w rejonie Bydgoszczy można tłumaczyć przede wszystkim mniejszą ilością opadów atmosferycznych w okresach wzmożonego zapotrzebowania na wodę jęczmienia, w latach 2006 i 2008.

Nawożenie azotowe, niezależnie od czynnika wodnego, spowodowało istotny wzrost plonu ziarna z  $3,96$  do  $4,34$ – $4,37 \text{ t ha}^{-1}$ . Plonowanie roślin nawożonych azotem  $30$ ,  $60$  i  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  nie różniło się istotnie. Działanie azotu zależało od deszczowania. W warunkach naturalnych, wyższe dawki nawożenia azotowego przyczyniały się do istotnego obniżenia plonów ziarna, w stosunku do poletek nienawożonych i nawożonych  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Z kolei na stanowiskach deszczowanych plon ziarna wzrastał systematycznie, wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotowego. Interakcja deszczowania z nawożeniem azotowym w kształtowaniu wysokości plonu ziarna jęczmienia browarnego była istotna w latach suchych, o zwiększonych potrzebach deszczowania roślin. W wilgotnym roku 2007 okazała się natomiast nieistotna.

W przypadku jęczmienia browarnego większe znaczenie niż wysokość plonu ma jego jakość. Ziarno przeznaczone do produkcji ekstraktu słodowego powinno cechować się możliwie niską zawartością białka w ziarnie w granicach  $9,5$ – $11,5\%$ , wysoką energią kiełkowania oraz wyrównaniem nie mniejszym niż  $95\%$ . Zawartość białka w ziarnie jęczmienia stanowi najważniejszy wskaźnik jakościowy, określający przydatność surowca na cele browarnicze. Wykazuje istotną korelację z technologicznymi cechami słodów i brzeczek, z których najważniejsze to ekstraktywność słodu, liczba Kolbacha, stopień ostatecznego odfermentowania i lepkość brzeczki oraz siła diastatyczna. Są to wyróżniki, które składają się na syntetyczną ocenę przydatności słodowniczej ziarna [Błazewicz, Dawidowicz 2006, Budzyński, Szempliński 2003, Pecio 2002]

Ziarno jęczmienia browarnego uprawianego w badaniach własnych charakteryzowało się zawartością białka  $11,95$ – $13,18\%$ , w zależności od czynników doświadczenia (tab. 2). Była to zawartość zbyt wysoka w stosunku do wymagań normatywnych. Ponadto pozyskane ziarno nie spełniało także norm dotyczących celności ziarna, która wynosiła mniej niż wymagane  $95\%$ . Tłumaczy się to właściwościami uprawianej w doświadczeniu odmiany jęczmienia. Odmiana 'Połdek' w świetle kompleksowej oceny przydatności browarnej, należy do odmian najmniej przydatnych do słodowania, spośród znajdujących się w doborze [Budzyński, Szempliński 2003].

**Tabela 3.** Wskaźniki przydatności browarnej ziarna jęczmienia jarego (średnio 2006–2008)

**Table 3.** Indexes of brewery utility of spring barley (mean 2006–2008)

Deszczowanie	Nawożenie azotowe	Masa 1000 ziaren (g)	Celność ziarna (%)	Energia kiełkowania (%)	Zawartość białka (% s.m.)
W <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>	42,9	78,7	96,1	11,95
	N <sub>1</sub>	40,6	74,0	94,5	12,10
	N <sub>2</sub>	41,1	73,0	94,0	13,18
	N <sub>3</sub>	41,2	73,4	95,5	13,16
W <sub>1</sub>	N <sub>0</sub>	49,6	91,9	94,7	11,67
	N <sub>1</sub>	46,9	90,8	94,0	12,08
	N <sub>2</sub>	46,4	91,4	93,0	12,12
	N <sub>3</sub>	46,7	91,6	93,3	12,59
W <sub>0</sub>		41,4	74,8	95,0	12,60
W <sub>1</sub>		47,4	91,4	93,7	12,11
	N <sub>0</sub>	46,2	85,3	95,4	11,81
	N <sub>1</sub>	43,8	82,4	94,2	12,09
	N <sub>2</sub>	43,7	82,2	93,5	12,65
	N <sub>3</sub>	43,9	82,5	94,4	12,87

Niezależnie od ogólnie niskiej oceny jakościowej pozyskanego surowca, deszczowanie przyczyniło się do poprawy wskaźników przydatności słodowniczej ziarna. Ziarno roślin deszczowanych zawierało mniej białka, charakteryzowało się porównywalną energią kiełkowania oraz znacznie większą celnością, w porównaniu do roślin z obiektów kontrolnych. Korzystny wpływ deszczowania na przydatność browarną ziarna jęczmienia wykazano też w innych doświadczeniach krajowych [Koszański i in. 1995; Koziara i in. 2006; Nowak i in. 2005; Wojtasik 2004; Żarski 1992; Żarski, Dudek 2005].

Nawożenie azotowe, zarówno na poletkach niedeszczowanych, jak i deszczowanych, wpływało na pogorszenie przydatności browarnej ziarna. Wraz ze wzrostem dawki azotu wzrastała systematycznie zawartość białka w ziarnie, obniżała się energia kiełkowania oraz wyrównanie ziarna. W odniesieniu do zawartości białka jest to rezultat zgodny z wieloma doświadczeniami krajowymi i zagranicznymi [de Ruiter 1999; Koszański i in. 1995; Koziara i in. 2006; Pecio 2002; Pecio, Bichoński 2006; Qureshi, Neibling 2009; Thompson i in. 2004; Wojtasik 2004].

Analizując jakość ziarna jęczmienia ze wszystkich kombinacji doświadczenia, stwierdzono, że najlepszą jakością pod względem przydatności browarnej cechowało się ziarno roślin deszczowanych i nienawożonych azotem. Zawierało ono najmniej białka (11,67%), cechowało się największą celnością (91,9%) i wysoką energią kiełkowania (94,7%). Z kolei najgorszą jakość ziarna uzyskano na poletkach niedeszczowanych i nawożonych dawkami azotu 60 i 90 kg ha<sup>-1</sup>.



## WNIOSKI

1. Deszczowanie browarnej odmiany jęczmienia jarego 'Poldek' istotnie wpłynęło na wysokość plonu ziarna, powodując jego przeciętną zwyżkę  $2,24 \text{ t ha}^{-1}$  (71,3%). Efektywność produkcyjna deszczowania była wyższa od uzyskiwanej w innych doświadczeniach krajowych, prowadzonych w porównywalnych warunkach glebowych.

2. Deszczowanie przyczyniło się do polepszenia wskaźników przydatności browarnej ziarna. Ziarno roślin deszczowanych zawierało mniej białka, charakteryzowało się porównywalną energią kiełkowania oraz znacznie większą celnością, w porównaniu do roślin z obiektów kontrolnych.

3. Nawożenie azotowe powodowało istotny wzrost plonu ziarna, ale wpływało na pogorszenie jego jakości pod względem przydatności słodowniczej.

4. Surowiec najlepszej jakości pozyskano z obiektów deszczowanych i nienawożonych azotem. Najgorszą przydatnością browarną cechowało się ziarno roślin niedeszczowanych i nawożonych najwyższymi dawkami azotu.

5. W sezonach wegetacyjnych o niskich opadach atmosferycznych, cechujących się występowaniem długotrwałych okresów posuchy rolniczej, deszczowanie jęczmienia jarego na glebie lekkiej stanowi jeden z podstawowych zabiegów plonotwórczych, umożliwiających pozyskanie wysokiego i dobrego jakościowo plonu ziarna.

## BIBLIOGRAFIA

- Błażewicz J., Dawidowicz A. *Postępy w słodownictwie*. Materiały: XI Szkoły Technologii Fermentacji, Łódź 2006, s. 48–68.
- Budzyński W., Szempliński W. *Jęczmień*. Rozdział w pracy zbiorowej *Szczegółowa uprawa roślin* pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego. Wyd. AR Wrocław, 2003, s. 195–238.
- de Ruiter J.M. *Yield and quality of malting barley (*Hordeum vulgare* L. 'Valetta') in response to irrigation and nitrogen fertilization*. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27, 1999, s. 307–317.
- Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S. *Sterowanie deszczowaniem według opadów atmosferycznych*. *Roczniki AR w Poznaniu*, 234, 1992, s. 83–90.
- Halvorson A.D., Reule C.A. *Irrigated, no-till corn and barley response to nitrogen in Northern Colorado*. *Agronomy J.*, 99, 2007, 1521–1529.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na jęczmień browarny i pastewny uprawiany na glebie kompleksu żytńskiego dobrego*. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*, 267, 1995, s. 161–177.
- Koziara W., Panasewicz K., Sulewska H. *Efekty nawożenia azotem jęczmienia jarego w warunkach pól niedeszczowanych i deszczowanych*. *Pam. Puł.*, 142, 2006, s. 215–224.
- Nowak L., Chylińska E., Dmowski Z. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem w zróżnicowanej dawce na skład chemiczny ziarna jęczmienia browarnego uprawianego na glebie lekkiej w rejonie Wrocławia*. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiecetus*, 4(2), 2005, s. 69–76.
- Pecio A. *Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego*. *Fragm. Agronom.*, 4(76), 2002, s. 4–112.

- Pecio A., Bichoński A. *Reakcja wybranych odmian jęczmienia browarnego na zróżnicowane nawożenie azotem*. Pam. Puł., 142, 2006, s. 333–348.
- Qureshi Z.A., Neibling H. *Response of two-row malting spring barley to water cutoff under sprinkler irrigation*. Agric. Water Manage., 96, 2009, s. 141–148.
- Thompson T.L., Ottman M.J., Riley-Saxton E. *Basal steam nitrate tests for irrigated malting barley*. Agronomy J., 96, 2004, 516–524.
- Wojtasik D. *Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej. Cz. II. Plon i jakość ziarna*. Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2), 2004, s. 131–142.
- Żarski J. *Efekty deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej*. Zeszyty Naukowe ATR Bydgoszcz, 180, Roln. 32, 1992, s. 101–108.
- Żarski J., Dudek S. *Rola deszczowania w kształtowaniu plonowania wybranych roślin uprawnych*. Pam. Puł., 132, 2003, s. 443–449.
- Żarski J., Dudek S. *Wpływ deszczowania na plonowanie jęczmienia browarnego*. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 506, 2005, s. 575–582.
- Żarski J. *Potrzeby i efekty nawadniania zbóż*. Rozdział w pracy zbiorowej *Nawadnianie roślin* pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań, 2006, 383–404.

Prof. dr hab. Jacek Żarski  
Dr inż. Stanisław Dudek  
Dr inż. Renata Kuśmierek-Tomaszewska  
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*