

*Jacek Żarski, Józef Błażewicz, Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska,
Agnieszka Zembold-Guła*

OCENA CELOWOŚCI STOSOWANIA DESZCZOWANIA W TECHNOLOGII UPRAWY JĘCZMIENIA BROWARNEGO – WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ

EVALUATION OF EFFICIENCY OF SPRINKLING IRRIGATION IN THE BREWING BARLEY CULTIVATION TECHNOLOGY – PRELIMINARY RESULTS

Streszczenie

W doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w sezonie wegetacyjnym 2010r. na glebie lekkiej w Mochelku koło Bydgoszczy, badano wpływ deszczowania i czterech wariantów nawożenia azotowego na wysokość i jakość plonu ziarna browarnych odmian jęczmienia jarego ‘Mauritia’ oraz ‘Marthe’. Okres wegetacji jęczmienia pod względem sumy opadów należał do wilgotnych, jednak cechował się wyjątkowo nierównomiernym rozkładem opadów w poszczególnych dekadach. W okresie obejmującym fazę kłoszenia i dojrzewania jęczmienia opady wyniosły zaledwie 16,3 mm, co spowodowało potrzebę deszczowania roślin. Łącznie w pięciu dawkach jednorazowych zastosowano 105 mm wody.

Stwierdzono, że wysokość plonów ziarna jęczmienia jarego wynosiła od 3,05 t ha⁻¹ do 6,34 t ha⁻¹, w zależności od odmiany, deszczowania i wariantu nawożenia azotowego. Niezależnie od zastosowanych czynników, większą średnio o 31% wysokością plonów charakteryzowała się odmiana ‘Marthe’. Średni przyrost plonu ziarna pod wpływem zastosowania deszczowania wyniósł 37,3%. Wskazuje to na dużą celowość wprowadzenia tego zabiegu do technologii produkcji jęczmienia browarnego jako czynnika podwyższającego wysokość plonów ziarna w sezonach wegetacji cechujących się występowaniem posuch atmosferycznych i rolniczych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę. Reakcja roślin na nawożenie i jego wzrastające dawki zależała od warunków wodnych, zróżnicowanych w wyniku deszczowania. W warunkach bez deszczowania stwierdzono brak istotnego zróżnicowania wysokości plonu odmiany ‘Mauritia’ oraz zmniejszenie wysokości plonu odmiany ‘Marthe’ pod wpływem zastosowania zwiększonych dawek azotu. Na stanowiskach deszczowanych wysokość plo-

nów jęczmienia nawożonego była istotnie wyższa niż uprawianego bez nawożenia. Jednak zwiększenie dawki azotu z 30 do 60-90 kg ha⁻¹, nie spowodowało istotnego podwyższenia wysokości plonów. Wstępna ocena przydatności słodowniczej ziarna wykazała, że jakość surowca polepszała się pod wpływem deszczowania i zdecydowanie pogarszała się w wyniku zastosowania nawożenia azotem, zwłaszcza w ilości 60-90 kg ha⁻¹. Najlepszą wartość browarną miało ziarno pochodzące ze stanowisk deszczowanych i nie nawożonych azotem.

Słowa kluczowe: deszczowanie, nawożenie azotowe, jęczmień browarny, jakość browarna

Summary

A field experiment was conducted during the growing season 2010 on sandy soil in Mochelek near Bydgoszcz. The effects of irrigation and the four variants of nitrogen fertilization on yield and quality of grain from brewing barley varieties 'Mauritia' and 'Martha' were investigated. Growing season of barley in terms of total rainfall belonged to the wet, however, was marked by an extremely uneven distribution of rainfall in different decades. During the period of tillering and ripening stage of barley rainfall amounted to only 16.3 mm, which resulted in the need for irrigation of plants. A total of five doses of 105 mm of water was used.

It was found that yields of barley grain ranged from 3.05 kg ha⁻¹ to 6.34 kg ha⁻¹, depending on the variety, irrigation and nitrogen fertilization variant. Regardless of the factors used, higher average yields of 31% was characterized by a variety of 'Martha'. The average increase in grain yield due to application of irrigation was 37.3%. This indicates the high desirability of introducing this treatment to the malting barley production technologies as a factor which increases the amount of grain yield in growing seasons characterized by the occurrence of atmospheric and agricultural dry spells in the period of increased demand for water plants. Plant response to fertilization and its increasing doses depend on water conditions, varying as a result of irrigation. In conditions without irrigation, there was no significant difference in the level of yield of 'Mauritia' and substantially reduce the amount of yield of 'Martha' under the influence of the application of increased doses of nitrogen. On irrigated plots yields of fertilized barley was significantly higher than those grown without fertilization. However, increasing the nitrogen dose from 30 to 60-90 kg ha⁻¹, did not result in significant increases in yields. Preliminary assessment of the suitability of grain for malting showed that the quality of raw material have been improved under the influence of irrigation and clearly deteriorated as a result of nitrogen fertilization, especially in an amount of 60-90 kg ha⁻¹. Grains derived from irrigated but not fertilized plots had the highest value for malting.

Key words: sprinkling irrigation, nitrogen fertilization, brewing barley, malting quality

WSTĘP

Plony ziarna zbóż w Polsce podlegają bardzo dużym wahaniom. W latach 1991-2007 wynosiły one w przypadku jęczmienia jarego średnio w skali kraju od 2,3 do 3,5 t ha⁻¹, przy czym aż w 6 latach były niższe od 2,8 t ha⁻¹, a tylko w 2 latach przekroczyły 3,4 t ha⁻¹ [Grabiński i Podolska 2009]. Wahania te wynikały przede wszystkim ze zmienności czasowej warunków meteorologicznych, stanowiącej główną cechę agroklimatu Polski. Zmienność czasowa dotyczy zwłaszcza opadów atmosferycznych, które spośród klimatycznych czynników siedliskowych, wywierają największy wpływ na plonowanie roślin uprawnych [Borówczak 2009]. W uprawie jęczmienia kluczową rolę odgrywa wysokość i rozkład opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania na wodę, obejmującym fazy od początku strzelania w źdźbło do końca dojrzałości młecznicy ziarna. Według analizy Żarskiego i Dudka [2009] niedobory opadów w okresie krytycznym dla jęczmienia jarego, w rejonie charakterystycznym dla środkowej Polski, występują w 88-95% lat, w zależności od rodzaju gleby. Na glebach typowych dla uprawy jęczmienia w 15% lat są to niedobory duże. Ich uzupełnienie w celu uzyskania wysokich i dobrych jakościowo plonów wymaga zastosowania co najmniej czterech dawek nawodnieniowych o wysokości 30 mm każda.

Nawadnianie deszczowniane roślin uprawy polowej, a w szczególności zbóż, w Polsce jest stosowane w bardzo małej skali, głównie z powodu niekorzystnych uwarunkowań infrastrukturalnych i ekonomicznych. Istnieją poglądy, że jest to zabieg mało celowy także z powodu przesłanek przyrodniczych, mało realny do praktycznego zastosowania z powodu trudności związanych z realizacją inwestycji i eksploatacji urządzeń nawadniających oraz braku wody dyspozycyjnej do nawodnień [Żarski 2006]. Poglądom tym przeczą wyniki doświadczeń krajowych i zagranicznych, dowodzące wysokiej efektywności produkcyjnej deszczowania zbóż, a wśród nich jęczmienia [Borówczak i Rębarz 2008; de Ruiter i in. 1999, Halvorson i Reule 2007, Koszański i in. 1995, Koziara i in. 2006, Mollah i Paul 2007, Moreno i in. 2003, Rossella i in. 2010, Żarski i in. 2009].

Spśród gatunków i odmian roślin zbożowych, na pola wyposażone w urządzenia nawadniające szczególnie przydatne wydają się być browarne odmiany jęczmienia. Ich technologia produkcji powinna uwzględniać przede wszystkim cechy jakościowe ziarna i słoju, składające się na indeks jakości browarnej. Według Noworolnika [2007] warunki sprzyjające uzyskiwaniu wysokiego plonu są na ogół korzystne dla otrzymania dobrej wartości browarnej ziarna ze względu na odwrotnie proporcjonalną zależność między plonem a zawartością białka w ziarnie. Zbyt duża zawartość białka wywołuje pogorszenie jakości słoju. Według wielu badań, cecha ta stanowi podstawowy wyróżnik jakościowy przydatności ziarna na cele browarnicze, wykazując istotną korelację

z technologicznymi wskaźnikami jakości słoðu [Bertholdsson 1998, Błażewicz i Dawidowicz 2006, Pecio 2002, Smith i Gyles 1988].

Hipoteza badawcza przedstawianych w opracowaniu badań zakłada, że zastosowanie deszczowania w technologii produkcji jęczmienia spowoduje wzrost i stabilizację wysokości plonów ziarna oraz przyczyni się do pozyskiwania surowca spełniającego kryteria przydatności browarniczej, niezależnie od występujących w sezonie wegetacji okresów suszy atmosferycznej i rolniczej. Założono także, że w warunkach deszczowania możliwe będzie zastosowanie wyższej dawki nawożenia niż w uprawie tradycyjnej, a zwiększone nawożenie azotowe przyczyni się do wzrostu wysokości plonów, nie pogarszając jakości ziarna przeznaczonego do przemysłu browarniczego.

Celem badań, zaplanowanych na trzy sezony wegetacyjne, jest ocena wpływu deszczowania i nawożenia azotowego oraz interakcji tych czynników na wysokość plonu i wartość browarną ziarna dwóch odmian jęczmienia jarego, uprawianego na glebie lekkiej w rejonie Bydgoszczy. Rejon ten należy do strefy o największych niedoborach opadów atmosferycznych i potrzebach stosowania uzupełniającego deszczowania w Polsce.

W niniejszym opracowaniu prezentowane są wstępne wyniki badań, dotyczące oceny potrzeb i efektów deszczowania jęczmienia browarnego w sezonie wegetacyjnym 2010 r.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w okresie wegetacji 2010 r. na polu doświadczalnym Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP Bydgoszcz, zlokalizowanej w Mochelku koło Bydgoszczy. Testowano dwie odmiany browarne jęczmienia jarego ‘Mauritia’ oraz ‘Marthe’, uprawiane na stanowisku po ziemniaku.

Dwuczynnikowy eksperyment polowy dla każdej z odmian przeprowadzono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym split-plot, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru jęczmienia wynosiła 10 m².

Pierwszym czynnikiem było deszczowanie: W₀ – bez deszczowania (obiekty kontrolne), W₁ – 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 deszczownianego, wykorzystującego niskociśnieniowe, sektorowe głowice nawadniające typu Nelson o jednostkowej wydajności 200 l h⁻¹. Terminy nawodnień ustalano na podstawie metody Grabarczyka i in. [1992], wykorzystując standardowy pomiar opadów atmosferycznych. Na polu doświadczalnym prowadzono stały monitoring wilgotności korzeniowej warstwy gleby za pomocą sondy Fieldscout TDR 300 Soil Moisture Meter.

Liczba dawek nawodnieniowych i sumaryczna dawka sezonowa zależała od przebiegu warunków pogodowych (tab.1). Łącznie w okresie od 15 czerwca (pełnia kłoszenia) do 16 lipca (dojrzałość woskowa) zastosowano 105 mm wody w 5 dawkach jednorazowych. Było to typowe deszczowanie interwencyjne, uzupełniające niedobory opadów w okresie posuchy atmosferycznej i rolniczej, która po wysokich opadach majowych, objęła II i III dekadę czerwca oraz dwie pierwsze, upalne i charakteryzujące się niewielkimi opadami, dekady lipca. W wymienionych czterech dekadach suma opadów wyniosła zaledwie 16,3 mm, spośród 251,9 mm, które wystąpiły w całym okresie uprawy jęczmienia od siewu do zbioru (2 kwietnia – 2 sierpnia).

Drugim czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotowe w czterech wariantach: N_0 – bez nawożenia (obiekty kontrolne), N_1 - nawożenie przedsięwzięte 30 kg ha^{-1} , N_2 - nawożenie przedsięwzięte 60 kg ha^{-1} , N_3 - nawożenie 90 kg ha^{-1} (przedsięwzięte 60 kg ha^{-1} oraz pogłównie 30 kg ha^{-1} , zastosowane 20 maja pod koniec fazy krzewienia).

Tabela 1. Warunki meteorologiczne w sezonie wegetacji 2010 oraz dawki nawodnieniowe

Table 1. Meteorological conditions in the growing season 2010 and irrigation doses used

Rok	Miesiące okresu wegetacji jęczmienia jarego				
	IV	V	VI	VII	IV-VII
Średnia temperatura powietrza (°C)					
1949-2009	7,4	12,8	16,2	18,0	13,6
2010	7,8	11,5	16,7	21,6	14,4
Sumy opadów atmosferycznych (mm)					
1949-2009	27,6	42,4	53,5	71,6	195,1
2010	33,8	92,6	18,1	107,4	251,9
2010	20,3 / 2,5 /	22,0 / 48,2 /	9,0 / 8,5 / 0,6	2,4 / 4,8 /	-
sumy dekadowe	11,0	22,4		100,2	
Dawki nawodnieniowe (mm)					
2010	0	0	65 [20, 15, 30]	40 [30, 10]	105

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 laboratoriach Katedry Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Na podstawie wyników tych analiz, obliczono ekstraktywność teoretyczną ziarna jęczmienia (E), według wzoru Bishopa $E = 84,5 - 0,75 B + 0,1 \text{ MTZ}$, w którym B oznacza zawartość białka w ziarnie w % suchej substancji, a MTZ masę 1000 ziaren w g s.s. [Dylkowski 1959].

Do obliczeń statystycznych zastosowano analizę wariancji z wykorzystaniem testu Studenta.

Glebę pola doświadczalnego stanowiła gleba płowa typowa wytworzona z piasków fluwioglacjalnych na płytko zalegającej glinie średniej, zaklasyfikowana do klasy bonitacyjnej IVa i kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego. 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 m warstwie gleby przy stanie polowej pojemności wodnej szacowany jest na 215 mm.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wysokość plonów ziarna jęczmienia jarego wynosiła od $3,05 \text{ t ha}^{-1}$ do $6,34 \text{ t ha}^{-1}$, w zależności od odmiany, deszczowania i wariantu nawożenia azotowego (tab. 2). Niezależnie od zastosowanych czynników, większą średnio o 31% wysokością plonów charakteryzowała się odmiana 'Marthe'. Duże zróżnicowanie wysokości plonu ziarna testowanych odmian potwierdza tezę o podstawowym znaczeniu doboru odpowiedniej odmiany jako elementu technologii produkcji jęczmienia browarnego [Błażewicz i Dawidowicz 2006; Noworolnik 2007; Pecio 2002].

W sezonie wegetacji charakteryzującym się ogólną sumą opadów atmosferycznych wyższą o 29% od średniej z wielolecia, ale bardzo nierównomiernym rozkładem w poszczególnych dekadach, deszczowanie spowodowało istotne przyrosty plonu ziarna. Zwyzka plonu pod wpływem deszczowania wyniosła $1,29 \text{ t ha}^{-1}$ (odmiana Mauritia) i $1,52 \text{ t ha}^{-1}$ (odmiana Marthe). Efektywność zastosowania 1 mm wody nawodnieniowej kształtowała się zatem na poziomie 12,3-14,5 kg ziarna z 1 ha, w zależności od odmiany. Niezależnie od uwarunkowań ekonomicznych, uzyskane efekty produkcyjne wskazują na dużą celowość wprowadzenia deszczowania do technologii produkcji jęczmienia browarnego jako zabiegu podwyższającego wysokość plonów ziarna w sezonach wegetacji cechujących się występowaniem posuch atmosferycznych i rolniczych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę. W sezonie wegetacji 2010 r. średni przyrost plonu ziarna pod wpływem zastosowania deszczowania interwencyjnego wyniósł 37,3%. Podobną efektywność produkcyjną deszczowania jęczmienia uprawianego w porównywalnych warunkach glebowych wykazywano we wcześniejszych badaniach krajowych [Borówczak i Rębarz 2008; Koszański i in. 1995; Koziara i in. 2006; Żarski i in. 2009]. W badaniach tych akcentowano jednocześnie ścisłą zależność zwyzek plonów ziarna uzyskanych w wyniku deszczowania od opadów atmosferycznych w okresie wzmożonych potrzeb wodnych jęczmienia jarego. W badaniach zagranicznych nie akcentuje się roli deszczowania jako czynnika zwiększającego plon, bowiem prowadzone są one w większości w strefach klimatycznych stale lub okresowo suchych bądź

półsuchych. W tych warunkach deszczowanie nie jest traktowane jako zabieg interwencyjny podwyższający i stabilizujący plonowanie, ale jako podstawowy, często nieodzowny czynnik plonotwórczy [Halvorson i Reule 2007; Mollah i Paul 2007; Moreno i in. 2003; Rossella i in. 2010; Smith i Gyles 1988].

Tabela 2. Plony ziarna jęczmienia browarnego (t ha^{-1})
Table 2. Yields of brewing barley grain (t ha^{-1})

Deszczowanie	Nawożenie azotowe	Odmiana 'Mauritia'	Odmiana 'Marthe'
W ₀	N ₀	3,22	4,57
	N ₁	3,42	4,92
	N ₂	3,05	4,04
	N ₃	3,21	3,66
W ₁	N ₀	3,44	4,53
	N ₁	4,86	6,34
	N ₂	4,72	6,19
	N ₃	5,06	6,22
W ₀		3,23	4,30
W ₁		4,52	5,82
	N ₀	3,33	4,55
	N ₁	4,14	5,63
	N ₂	3,88	5,12
	N ₃	4,14	4,94
Średni plon odmiany		3,87	5,06
NIR _{0,05}			
Deszczowanie (I)		0,16	0,68
Nawożenie azotowe (II)		0,56	0,63
Interakcja (II w I)		0,79	0,89
Interakcja (I w II)		0,70	1,01

Zastosowanie nawożenia azotowego, niezależnie od deszczowania, istotnie różnicowało wysokość plonu ziarna testowanych odmian browarnych jęczmienia jarego. Najbardziej efektywną była zastosowana przedsięwzięta dawka azotu 30 kg ha^{-1} . W porównaniu z wariantem kontrolnym (bez nawożenia), plony ziarna jęczmienia nawożonego tą dawką były wyższe o $0,81\text{-}1,08 \text{ t ha}^{-1}$, w zależności od odmiany. Reakcja roślin na nawożenie i jego wzrastające dawki zależała od warunków wodnych, zróżnicowanych w wyniku deszczowania. W warunkach bez deszczowania stwierdzono brak istotnego różnicowania wysokości plonu odmiany 'Mauritia' oraz istotne zmniejszenie wysokości plonu odmiany 'Marthe' pod wpływem zastosowania zwiększonych dawek azotu (60 i 90 kg ha^{-1}). Na stanowiskach deszczowanych wysokość plonów jęczmienia nawożonego była istotnie wyższa niż uprawianego bez nawożenia. Jednak zwiększenie dawki azotu z 30 do $60\text{-}90 \text{ kg ha}^{-1}$, nie przyniosło oczekiwanych efektów produkcyjnych. Wysokość plonu ziarna jęczmienia deszczowanego i nawożonego wzra-

stającymi dawkami azotu nie różniła się istotnie. Podobny wynik uzyskano we wcześniejszych badaniach własnych z odmianą ‘Poldek’ [Żarski i in. 2009], jednak w większości dotychczasowych badań [Borówczak i Rębarz 2008, Halvorson i Reule 2007, Koziara i in. 2006, Moreno i in. 2003, Pecio 2002] wysokość plonu ziarna deszczowanego jęczmienia zwiększała się wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem, nawet do poziomu 100-120 kg ha⁻¹.

Tabela 3. Ekstraktywność ziarna jęczmienia według Bishopa (%)
Table 3. Extractivity of barley grain by Bishop index (%)

Deszczowanie	Nawożenie azotowe	Odmiana ‘Mauritia’	Odmiana ‘Marthe’
W ₀	N ₀	79,6	80,3
	N ₁	77,9	78,4
	N ₂	77,2	77,0
	N ₃	76,9	76,1
W ₁	N ₀	80,6	81,1
	N ₁	79,2	79,7
	N ₂	77,7	77,4
	N ₃	77,3	76,5
W ₀		77,9	77,9
W ₁		78,7	78,6
	N ₀	80,1	80,7
	N ₁	78,5	79,0
	N ₂	77,4	77,2
	N ₃	77,1	76,3
Średnia dla odmiany		78,3	78,3
NIR _{0,05}			
Deszczowanie (I)		r.n.	0,2
Nawożenie azotowe (II)		0,4	0,5
Interakcja (II w I)		r.n.	r.n.
Interakcja (I w II)		r.n.	r.n.

Kompleksowy wskaźnik przy wstępnej ocenie słodowniczej ziarna jęczmienia stanowi ekstraktywność ziarna obliczona według wzoru Bishopa. Wskaźnik ten wykazuje bardzo dużą zależność z syntetycznym wskaźnikiem jakości browarnej Q, obliczanym na podstawie 5 wyróżników jakościowych słodu według Molina-Cano [Błażewicz i Liszewski 2004; Błażewicz i Dawidowicz 2006; Błażewicz i in. 2007].

Z rezultatów analiz zawartości białka i masy tysiąca ziaren oraz obliczeń na tej podstawie wskaźnika ekstraktywności Bishopa wynika, że jakość browarna surowca polepszała się pod wpływem zastosowania deszczowania (istotnie tylko u lepiej plonującej odmiany ‘Marthe’) oraz zdecydowanie pogarszała się pod wpływem nawożenia azotowego (tab. 3). Najlepszą jakością cechowało się ziarno deszczowane i nie nawożone azotem, nieco gorszą nie deszczowane i nie nawożone azotem oraz deszczowane i nawożone dawką 30 kg N ha⁻¹. Zwiększe-

nie nawożenia do 60-90 kg ha⁻¹ w warunkach bez i z deszczowaniem prowadziło do istotnego zmniejszenia wskaźnika ekstraktywności ziarna, często poniżej wartości umożliwiającej przeznaczenie go do produkcji słodu.

Uzyskane wstępne wyniki dotyczące wpływu czynników na wartość browarną jęczmienia są ogólnie zgodne z uzyskiwanymi w dotychczasowych doświadczeniach krajowych [Borówczak i Rębarz 2008; Koszański i in. 1995; Koziara i in. 2006; Źarski i in. 2009]. Wskazują one, że optymalny poziom nawożenia azotem, biorąc pod uwagę zarówno wysokość, jak i jakość plonu ziarna jęczmienia browarnego, w przypadku deszczowania nie powinien przekraczać 30 kg ha⁻¹.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr PB-0865/B/P01/2009/37, finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

WNIOSKI

1. Uzyskana w badaniach efektywność produkcyjna deszczowania jęczmienia browarnego, wyrażona wskaźnikami bezwzględnego, względnego i jednostkowego przyrostu plonu, wskazała na celowość wprowadzenia tego zabiegu do technologii produkcji jęczmienia browarnego jako czynnika zapobiegającego spadkom plonów ziarna w sezonie wegetacji, cechującym się występowaniem posuch atmosferycznych i rolniczych.

2. Reakcja roślin na nawożenie i jego wzrastające dawki zależała od warunków wodnych, zróżnicowanych w wyniku deszczowania. Na stanowiskach deszczowanych wysokość plonów jęczmienia nawożonego była istotnie wyższa niż uprawianego bez nawożenia, jednak zwiększenie dawki azotu z 30 do 60-90 kg ha⁻¹, nie przyniosło oczekiwanych efektów produkcyjnych.

3. Wstępna ocena przydatności słodowniczej ziarna jęczmienia wykazała, że jakość surowca polepszała się pod wpływem zastosowania deszczowania, zwłaszcza u lepiej plonującej odmiany 'Marthe' oraz zdecydowanie pogarszała się pod wpływem nawożenia azotowego. Najlepszą jakością cechowało się ziarno deszczowane i nie nawożone azotem.

BIBLIOGRAFIA

- Bertholdsson N. O. *Selection methods for malting barley consistently low in protein concentration*. European Journal of Agronomy, 9, 1998, 213-222.
- Błazewicz J., Liszewski M. Skuteczność wskaźnika Q i metody Bishopa w ocenie wartości browarnej jęczmienia. Pamiętnik Puławski, nr 135, 2004, s. 7-17.
- Błazewicz J., Dawidowicz A. *Postępy w słodownictwie*. Materiały XI Szkoły Technologii Fermentacji, Łódź, 2006, s. 48-68.

- Błażewicz J., Liszewski M., Zembold-Guła A. Usability of Bishop formula in evaluation of malting quality of barley grain. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, vol.57, nr 4(A), 2007, s. 37-40.
- Borówczak F. *Nawadnianie roślin uprawnych*. Materiały EFR na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich, Łosiów, 2009, s. 1-8.
- Borówczak F., Rębarz K. *Influence of irrigation and cultivation system on production and economic effects of spring barley cultivation*. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 53(3), 2008, s. 22-26.
- de Ruiter J.M., Armitage J.E., Cameron B.W. *Effects of irrigation and nitrogen fertiliser on yield and quality of malting barley grown in Canterbury, New Zealand*. 9th Australian Barley Technical Symposium, Melbourne VIC, 1999, s. 1-8.
- Dylkowski W. (red.). *Kontrola chemiczno-techniczna produkcji słodu i piwa*. WPLiS. Warszawa, 1959.
- Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S. *Sterowanie deszczowaniem według opadów atmosferycznych*. *Roczniki AR w Poznaniu*, 234, 1992, s. 83-90.
- Grabiński J., Podolska G. *Stan aktualny i perspektywy zmian w produkcji zbóż w Polsce*. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, z. 14, 2009, s. 55-70.
- 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 żytniego 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.
- Mollah M.S.I., Paul N.K. *Influence of irrigation, fertilizer and variety on grain growth of barley (*Hordeum vulgare L.*)*. *J.bio-sci.*, 15, 2007, s. 69-75.
- Moreno A., Moreno M.M., Ribas F., Cabello M.J. *Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley *Hordeum vulgare L.* under irrigated conditions*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1(1), 2003, s. 91-100.
- Noworolnik K. *Kształtowanie jakości ziarna jęczmienia jarego browarnego poprzez zabiegi agrotechniczne*. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, z. 9, 2007, s. 65-74.
- Pecio A. *Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego*. *Fragm. Agronom.*, 4(76), 2002, s. 4-112.
- Rossella A., Todorovic M., Matic T., Stellacci A.M. *Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment*. *Field Crops Research*, 115, 2010, s. 179-190.
- Smith C.J., Gyles O.A. *Fertilizer nitrogen balance on spring irrigated malting barley*. *Fertilizer Research*, 18, 1988, s. 3-12.
- 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.
- Żarski J., Dudek S. *Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w rejonie Bydgoszczy*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 2009, s. 141-149.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierek-Tomaszewska R. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia browarnego na glebie lekkiej*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 2009, s. 69-78.

Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski
Dr inż. Stanisław Dudek
Dr inż. Renata Kuśmierk-Tomaszewska
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
85-029 Bydgoszcz
ul. Bernardyńska 6
tel. 52 3749537
e-mail: zarski@utp.edu.pl

Dr hab. inż. Józef Błażewicz, prof. nadzw.
Mgr inż. Agnieszka Zembold-Guła
Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa
Uniwersytet Przyrodniczy
50-375 Wrocław
ul. Nowida 25/27
tel. 71 320 5221
e-mail: jozef.blazewicz@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Cezary Podsiadło*