

WPLYW SPOSOBU NAWOŻENIA AZOTEM NA EKSTRAKTYWNOŚĆ SŁODU JĘCZMIENNEGO*

MAREK LISZEWSKI¹, JÓZEF BŁĄŻEWICZ², AGNIESZKA ZEMBOLD-GUŁA²,
ŁUKASZ SZWED², KATARZYNA KOZŁOWSKA¹

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, ²Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

marek.liszewski@up.wroc.pl

Synopsis. Badania przeprowadzono na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Pawłowice koło Wrocławia w latach 2008–2010. Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków (split-block). W badaniach uwzględniono dwa czynniki: nawożenie azotem w dawkach ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$): 0, 20, 40, 60, 60 (40+20I), 60 (40+20II) oraz odmianę: Sebastian i Mauritia. Nawożenie azotem wykonano przedsięwzięcie i pogłównie (dawki dzielone) w dwóch fazach rozwojowych: I – pod koniec krzewienia (BBCH 29), II – w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32). W okresie pomiędzy fazami BBCH 29 i BBCH 83 jęczmienia wykonano pomiary stanu odżywienia roślin N chlorofilometrem SPAD 502 firmy Minolta. Na podstawie masy 1000 ziaren (MTZ) oraz zawartości białka w ziarnie o średnicy $> 2,5$ mm obliczono, za pomocą wzoru Bishopa, ekstraktywność teoretyczną słodu. W fazie kłoszenia odnotowano wysokie wskazania SPAD oraz wykazano jednocześnie silną korelację pomiędzy wartościami odczytów SPAD a plonem ziarna ogółem. Ustalono istotny przyrost plonu ziarna ogółem i celnego po zastosowaniu dawki $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w porównaniu do obiektu kontrolnego oraz dawki $20 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na dalszy wzrost plonowania jęczmienia miała wpływ dawka $60 (40+20II) \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, ponieważ stwierdzono istotny wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni. Wraz ze wzrostem dawek nawożenia N odnotowano zwiększenie zawartości białka w ziarnie i pogorszenie ekstraktywności teoretycznej.

Słowa kluczowe – *key words*: jęczmień browarny – *brewing barley*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, plon ziarna – *grain yield*, jakość ziarna – *grain quality*, test SPAD – *SPAD test*, wzór Bishopa – *Bishop's formula*

WSTĘP

Jednym z czynników wpływających na jakość ziarna jęczmienia, z którego wytwarzane są słody, jest nawożenie azotem. Nie może być ono tak wysokie jak w przypadku jęczmienia uprawianego na cele paszowe [Liszewski i Błażewicz 2001]. Stosując wysokie dawki azotu można uzyskać duży plon ziarna, ale wpływa to niekorzystnie na jego jakość. Wraz ze zwiększającą się dawką N wzrasta zawartość białka w ziarnie, przy jednoczesnym zmniejszeniu dorodności ziarniaków oraz ekstraktywności uzyskiwanego z nich słodu [Liszewski i in. 2011, Pecio 2002, Pecio i Bichoński 2003]. Ekstraktywność jest jednym z najważniejszych parametrów decydujących o wartości słodu, a tym samym jakości produktu końcowego, jakim jest piwo [Błażewicz i Liszewski 2004].

Zmienność plonu i jakość ziarna jęczmienia browarnego jest zależna od stanu odżywienia roślin azotem w okresie wegetacji. Do oceny tego parametru wykorzystywane są testy roślinne

* Badania objęte finansowaniem przez MNiSW – projekt Nr N N312 199035

bepośrednie i pośrednie. Spośród metod pośrednich największe znaczenie ma test SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), inaczej zwany indeksem zieloności liści lub zawartości chlorofilu [Kozłowska i in. 2010, Machul 2001]. Polega on na oznaczeniu zawartości chlorofilu w liściach, za pomocą przyrządu optycznego zwanego N-Testerem (chlorofilometr SPAD 502 firmy Minolta) [Machul 2001, Pecio i Fotyma 2001]. Za optymalny poziom odżywienia roślin jęczmienia browarnego N należy przyjąć stan, przy którym zawartość białka w ziarnie mieści się w granicach przyjętej normy (9,5 – 11,5%) [Pecio i Fotyma 2001]. Wykorzystanie testu roślinnego SPAD oraz wzoru Bishopa może być pomocne w pracach nad dalszą poprawą jakości surowca słodowniczego [Błażewicz i Liszewski 2004, Kozłowska i in. 2010, Zembold-Guła i in. 2010].

Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie, wybrane cechy technologiczne ziarna, w tym ekstraktywność teoretyczną słodu wg Bishopa.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego (RZD) Pawłowie (51°34' N, 17°12' E) koło Wrocławia, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w latach 2008–2010. Doświadczenie, założone metodą losowanych bloków (split-block), obejmowało dwa czynniki. Pierwszym czynnikiem było nawożenie azotem w dawkach ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$): 0, 20, 40, 60, 60 (40+20I), 60 (40+20II); a drugim – odmiana: Sebastian i Mauritia. Nawożenie azotem zostało wykonane przedsięwzięcie i pogłównie (dawki dzielone) w dwóch fazach rozwojowych: I – pod koniec krzewienia (BBCH 29), II – w fazie 2. kolanka (BBCH 32).

Doświadczenie założono na glebie brunatnej, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczonej do kompleksu przydatności rolniczej pszennego dobrego, klasy IIIb. Odczyn gleby (pH w 1 n KCl) był kwaśny (4,7 w 2008 r.) i lekko kwaśny (5,8 w 2009 r. i 5,7 w 2010 r.). Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością magnezu (9,6 w 2008 r., 8,4 w 2009 r. i 11,4 $\text{mg Mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby w 2010 r.) oraz niską (9,7 w 2008 r. i 10,2 $\text{mg P}_2\text{O}_5\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby w 2009 r.), bądź bardzo wysoką zawartością fosforu (21,3 $\text{mg P}_2\text{O}_5\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby w 2010 r.), a także średnią (odpowiednio w latach 2008, 2010: 15,4 i 19,2 $\text{mg K}_2\text{O}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby) i niską (10,3 $\text{mg K}_2\text{O}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby) zawartością potasu w roku 2009.

Wiosną każdego roku pobierano próbki glebowe, w celu oznaczenia zawartości mineralnych form N w warstwie gleby od 0 do 60 cm. W roku 2009 zawartość N mineralnego w warstwie gleby od 0 do 60 cm była najwyższa (55,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i przekraczała zasobności gleby w ten składnik pokarmowy w pozostałych latach, odpowiednio o 26,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2010 r.) i 25,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2008 r.).

Jęczmień uprawiano zgodnie z zasadami prawidłowej agrotechniki. Azot został podany w formie 34% saletry amonowej, według schematu doświadczenia. Nawożenie fosforem w dawce 40 $\text{kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ (w formie superfosfatu potrójnego) i potasem w dawce 60 $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ (w formie soli potasowej) zastosowano przed siewem jęczmienia. Jęczmień wysiano w stanowisku po pszenicy ozimej w następujących terminach: 01.04.2008 r., 06.04.2009 r. oraz 31.03.2010 r., w ilości 300 szt·m⁻², przy rozstawie rzędów 12,5 cm. Chwasty usuwano w fazie krzewienia się jęczmienia (BBCH 22) za pomocą preparatów: Aminopielik 450 D w ilości 1,0 l·ha⁻¹ (2008 r.) oraz Chwastox Turbo 340 SL w ilości 2,0 l·ha⁻¹ (lata 2009 i 2010). W fazie BBCH 32 wykonano zabieg chemicznej ochrony roślin przed chorobami grzybowymi. W latach 2008 i 2009 zastosowano fungicyd Corbel 750 EC w dawce 1 l·ha⁻¹, a w roku 2010 – Amistar 250 SC w dawce 1 l·ha⁻¹. Zabieg powtórzono w fazie początku kłoszenia jęczmienia (BBCH 51), stosując preparaty Amistar 250 SC w ilości 1 l·ha⁻¹ (2008 r.), Artea 330 EC w ilości 0,5 l·ha⁻¹ (2009 r.) oraz Corbel 750 EC w ilości 1 l·ha⁻¹ (2010 r.). W celu zwalczania skrzypionek i mszyc, w fazach

BBCH 29 i BBCH 51, zastosowano opryski insektycydami Nurelle D 550 EC w ilości $0,6 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz Bi 58 w dawce $0,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w 2008 r., Nurelle D 550 EC w fazie BBCH₅₁ w 2009 r. i Fastac 100 EC w fazie BBCH 39 w dawce $0,6 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w 2010 r. Zbiór jęczmienia przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej jęczmienia (BBCH 89) przy użyciu kombajnu poletkowego.

Podczas wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju jęczmienia. W okresie między fazami BBCH 29–BBCH 83 jęczmienia wykonano w odstępach 5-7 dniowych pomiary stanu odżywienia roślin N chlorofilometrem SPAD 502, który na podstawie 30 prawidłowo wykonanych pomiarów oblicza średnią zawartość chlorofilu [Pecio i Fotyma 2001]. Pomiary zostały wykonane bezpośrednio w łanie roślin, na liściach bez ich zrywania. Przed zbiorem na każdym poletku pobrano próbki roślin z powierzchni $0,25 \text{ m}^2$, w celu określenia liczby kłosów produktywnych, masy ziarna z kłosa i liczby ziarniaków w kłosie. Po zbiorze określono plon ziarna ogółem i plon ziarna celnego z poletka. W próbach ziarna oznaczono parametry jakościowe: celność przy użyciu sit Vöglä, masę 1000 ziaren (MTZ) oraz zawartości białka ogółem metodą Kjeldahla, zgodnie z zaleceniami analityki EBC [Analytica – EBC 1998]. Ekstraktywność teoretyczną określono z wykorzystaniem wzoru Bishopa [Błażewicz i Liszewski 2004, Dylkowski 1959]:

$$E = 84,5 - 0,75 B + 0,1 \text{ MTZ}$$

gdzie: E – ekstraktywność ziarna jęczmienia wg Bishopa [% s.s.], B – zawartość białka w ziarnie jęczmienia [% s.s.], MTZ – masa 1000 ziaren [g s.s.], 84,5 – wartość stała dla jęczmienia dwurzędowego.

Do opisu wpływu warunków atmosferycznych na rozwój jęczmienia posłużono się współczynnikiem Sielianinowa, obliczonym za pomocą wzoru [Radomski 1987]:

$$K = P / (0,1 \cdot T)$$

gdzie: K – współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa, P – suma opadów w poszczególnych fazach rozwojowych, T – suma średnich temperatur dziennych w poszczególnych fazach rozwojowych.

Obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu pakietu STATISTICA 9.0 firmy StatSoft. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Istotność różnic pomiędzy średnimi określono przy pomocy testu t-Studenta. Obliczono również współczynniki korelacji pomiędzy wartościami odczytów chlorofilometru SPAD 502 a plonami ziarna ogółem, a także współczynnik korelacji oraz współczynniki linii regresji pomiędzy liczbą kłosów produktywnych jęczmienia a plonem ziarna ogółem z jednostki powierzchni.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki atmosferyczne przed siewem sprzyjały uzyskaniu zadowalających wschodów jęczmienia, które wynosiły w kolejnych latach doświadczenia odpowiednio: 91,6, 90,3 oraz 91,0%. Pecio [2002] i Słaboński [1985] stwierdzają, że temperatura powietrza w fazie krzewienia jęczmienia jarego nie powinna przekraczać 18°C , a opady powinny być umiarkowane. We wszystkich latach badań warunki pogodowe sprzyjały dobremu rozkrzewieniu się roślin. Największą krzewistość produktywną jęczmienia stwierdzono w 2009 roku, na skutek obfitej ilości opadów w tym okresie. Liczba kłosów produktywnych na 1 m^2 w roku 2008 była istotnie niższa w porównaniu z latami 2009 i 2010 (odpowiednio: o 33,9 i 23,6%).

Wielu autorów [Liszewski i Błażewicz 2001, Liszewski i in. 2011, Słaboński 1985] uzasadnia, że warunki pogodowe są istotne ze względu na dużą wrażliwość jęczmienia na niedobór wody w fazach strzelania w źdźbło i kłoszenia. Optymalne warunki w tym okresie pozwalają

na wytworzenie maksymalnej powierzchni asymilacyjnej, która stwarza możliwość osiągnięcia wysokich plonów ziarna, o właściwych parametrach browarnych [Pecio 2002, Słaboński 1985]. Pecio [2002] podaje, że w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia korzystna jest wysoka temperatura, od 17 do 19°C i umiarkowane opady. W sezonie wegetacyjnym 2008 faza strzelania w źdźbło przebiegała w warunkach optymalnej temperatury powietrza (17,8°C), ale przy zbyt niskich opadach (13,9 mm) (tab. 1). Niekorzystny dla roślin przebieg pogody w tym okre-

Tabela 1. Okresy rozwojowe jęczmienia browarnego na tle warunków atmosferycznych oraz współczynniki hydrotermiczne Sielianinowa (K)

Table 1. Development stages of brewing barley depend on weather condition and values of Sielianinow's index

Stan rozwoju roślin Growth stage	Rok Year	Okres Period	Liczba dni Number of days	Temperatura Temperature (°C)		Opady Rainfall (mm)		Współczynnik Sielianinowa Sielianinow's index K
				suma sum	średnia mean	suma sum	liczba dni number of days	
A	2008	01.04–15.04	15	121,7	8,1	67,0	10	5,51
	2009	06.04–17.04	12	146,2	12,3	0,30	2	0,02
	2010	31.03–15.04	16	125,8	7,9	46,2	12	3,67
B	2008	16.04–07.05	22	232,3	10,6	26,3	10	1,13
	2009	18.04–03.05	16	204,2	12,8	30,6	4	1,50
	2010	16.04–08.05	23	261,9	11,4	39,3	11	1,50
C	2008	08.05–20.05	13	187,3	14,4	20,4	5	1,09
	2009	04.05–14.05	11	138,8	12,6	21,0	3	1,51
	2010	09.05–20.05	12	136,0	11,3	80,3	10	5,90
D	2008	21.05–11.06	22	390,8	17,8	13,9	5	0,36
	2009	15.05–02.06	19	290,3	15,3	49,4	14	1,70
	2010	21.05–15.06	26	438,3	16,9	65,2	15	1,49
E	2008	12.06–10.07	29	538,2	18,6	56,8	12	1,06
	2009	03.06–12.07	40	672,5	16,8	313,9	30	4,67
	2010	16.06–08.07	23	420,5	18,3	3,5	4	0,08
F	2008	11.07–16.07	6	118,9	19,8	25,3	5	2,13
	2009	13.07–28.07	16	317,4	19,8	75,6	10	2,38
	2010	09.07–17.07	9	225,4	25,0	11,9	3	0,53
G	2008	17.07–28.07	12	232,5	19,4	16,8	5	0,72
	2009	29.07–07.08	11	199,6	18,1	22,7	3	1,14
	2010	18.07–30.07	13	256,0	19,7	63,9	9	2,50
Okres wegetacji Growing season	2008	01.04–28.07	119	2711,3	15,3	325,4	52	1,20
	2009	06.04–07.08	125	1969,0	15,8	397,1	66	2,02
	2010	31.03–30.07	122	1863,9	15,3	310,4	64	1,66

Początek faz rozwojowych – *The beginning of growth stage*:

A: BBCH 00 – BBCH 11 (suchy ziarniak – faza 1. liścia) – (*dry seed – first-leaf stage*);

B: BBCH 11 – BBCH 21 (faza 1. liścia – początek fazy krzewienia: widoczne 1 rozkrzewienie) – (*first-leaf stage – beginning of tillering: 1st tiller appearing*);

C: BBCH 21 – BBCH 31 (początek fazy krzewienia – 1. kolanko) – (*tillering – first node stage*);

D: BBCH 31 – BBCH 51 (1. kolanko – początek kłoszenia) – (*first node stage – beginning earing*);

E: BBCH 51 – BBCH 73 (początek kłoszenia – początek dojrzałości mleczej) – (*beginning earing – beginning of milk stage*);

F: BBCH 73 – BBCH 83 (początek dojrzałości mleczej – początek dojrzałości woskowej) – (*beginning milk stage – beginning of dough stage*);

G: BBCH 83 – BBCH 89 (początek dojrzałości woskowej – dojrzałość pełna) – (*beginning dough stage – full maturity*)

sie został potwierdzony obliczonym współczynnikiem Sielianinowa ($K = 0,36$). Takie warunki przyczyniły się do zakłócenia rozwoju wegetatywnego, co przejawiało się małymi przyrostami dobowymi źdźbła. Wielu autorów [Bertholdson 1999, Przulj i Momcilovic 2001] stwierdza, że większa powierzchnia asymilacyjna wytworzona w okresie przed kwitnieniem jęczmienia determinuje jej późniejszą wielkość, biorąc udział w fotosyntezie po kwitnieniu. Jest to istotne dla dobrego wykształcenia ziarna i uzyskania pożądanej jakości, zwłaszcza w przypadku uprawy jęczmienia na cele browarne. Optymalne warunki podczas strzelania w źdźbło jęczmienia wystąpiły w sezonach 2009 ($K = 1,70$) i 2010 ($K = 1,49$), kiedy dostateczna suma opadów w tym okresie pozwoliła na uzyskanie wysokich plonów ziarna.

Pecio [2002] twierdzi, że w okresie po wykłoszeniu słoneczna i ciepła pogoda stwarza odpowiednie warunki dla intensywnego przebiegu fotosyntezy i dobrego wypełnienia ziarna. Natomiast niedobór opadów w tym okresie wpływa niekorzystnie na jakość ziarna, powodując wzrost zawartości białka [Liszewski i in. 2011, Pecio i Kubsik 2006, Rozbicki 1994]. W sezonach 2008 i 2010 opady atmosferyczne były niskie ($K = 1,06$, $K = 0,08$), co wpłynęło na podwyższenie zawartości białka w ziarnie. Natomiast w sezonie 2009, w czasie wypełniania ziarniaka i w okresie dojrzwania warunki pogodowe ($K = 4,67$) sprzyjały uzyskaniu ziarna o dobrych parametrach jakościowych.

Nawożenie azotem wpłynęło na wzrost liczby kłosów produktywnych, a w związku z tym na wzrost plonu ziarna jęczmienia, niezależnie od lat (tab. 2 i 3). Badania innych autorów [Koziała i in. 1998, Kozłowska i in. 2010, Liszewski 2008, Pecio 2002] potwierdzają, że decydujący

Tabela 2. Cechy struktury plonu jęczmienia jarego (średnie dla czynników i lat)

Table 2. Characteristics of the yield components of spring barley (means for variables and years)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>		Liczba kłosów produktywnych z 1 m ² <i>Number of productive ears per m²</i>	Liczba ziarniaków w kłosie <i>Number of grains per ear</i>	Masa ziarna z kłosa <i>Weight of grains per ear (g)</i>
Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization (kg N·ha⁻¹)</i>	0	715	19,0	0,95
	20	938	19,3	0,96
	40	988	19,0	0,92
	60	991	19,0	0,96
	60 (40+20I)	976	19,5	0,98
	60 (40+20II)	1048	19,0	0,93
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	55	r.n.	r.n.
Odmiana <i>Cultivar</i>	Sebastian	954	19,4	0,97
	Mauritia	931	18,8	0,94
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	0,5	r.n.
Lata <i>Years</i>	2008	740	20,6	1,11
	2009	1119	18,5	0,83
	2010	968	18,3	0,92
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	39	0,6	0,04

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

Tabela 3. Plony ziarna jęczmienia jarego w t·ha⁻¹ (średnie dla czynników i lat)
 Table 3. Yields of spring barley grain in t·ha⁻¹ (means for variables and years)

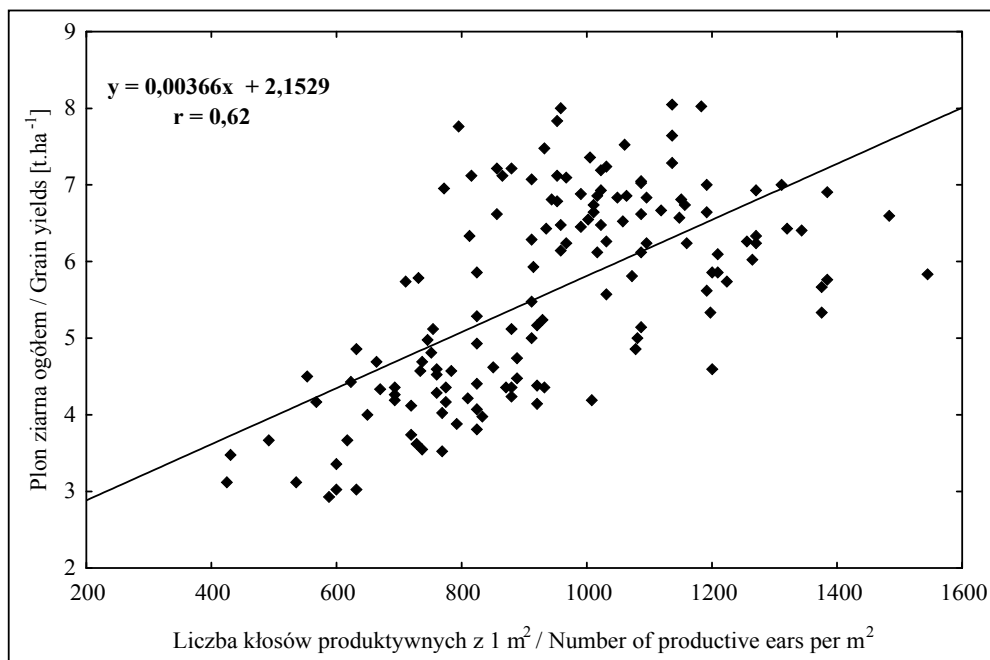
Wyszczególnienie <i>Specification</i>		Plon ziarna <i>Grain yields</i>	Plon ziarna celnego <i>Grain of choice quality yields</i>
Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization</i> (kg N·ha ⁻¹)	0	4,81	4,56
	20	5,20	4,94
	40	5,75	5,48
	60	5,93	5,64
	60 (40+20I)	5,89	5,58
	60 (40+20II)	6,04	5,72
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,27	0,26
Odmiana <i>Cultivar</i>	Sebastian	5,57	5,27
	Mauritia	5,63	5,37
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.
Lata <i>Years</i>	2008	4,09	4,00
	2009	5,88	5,52
	2010	6,84	6,45
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,19	0,18

r.n. – różnica nieistotna – *non significant difference*

wpływ na plon ziarna jęczmienia ma liczba kłosów na jednostce powierzchni. W przeprowadzonym doświadczeniu nawożenie azotem w dawce 20 kg·ha⁻¹ spowodowało istotny wzrost tej cechy (o 31,2%), w porównaniu z obiektem bez nawożenia N (715 szt.). Dalszy istotny wzrost liczby kłosów odnotowano dopiero przy nawożeniu dawką 60 (40+20II) kg N·ha⁻¹, niezależnie od odmiany (o 110 szt.). Odmiany nie różniły się istotnie krzewieniem produkcyjnym. Sezon wegetacyjny 2009 bardziej sprzyjał krzewieniu produkcyjnemu roślin, do czego przyczyniła się wysoka suma opadów (397,1 mm).

Nawożenie azotem nie różnicowało w sposób istotny liczby ziarniaków w kłosie oraz masy ziarna z kłosa, natomiast czynnik odmianowy różnicował w sposób istotny liczbę ziaren w kłosie. Mniejszą liczbą ziarniaków w kłosie charakteryzowała się odmiana Mauritia. Najwyższe wartości liczby i masy ziarna z kłosa stwierdzono u roślin z sezonu 2008 (odpowiednio 20,6 szt. i 1,11 g). W uprawie jęczmienia jarego nawożenie N wpływa na wzrost masy ziarna z kłosa, jeśli w sezonie wegetacyjnym występują zbyt niskie opady i pojawia się problem okresowych niedoborów wody. Gdy opady atmosferyczne są obfite i równomiernie rozłożone w okresie krzewienia, uzyskuje się większą liczbę kłosów na jednostce powierzchni i jednocześnie mniejszą masę ziarna z kłosa [Fatyga i in. 1995, Liszewski i in. 2011]. Takie warunki stwierdzono w latach 2009 i 2010, o czym świadczą wysokie wskaźniki Sielianinowa (K – 1,51 i K – 5,90).

Stwierdzono istotny wpływ nawożenia azotem na plon ziarna jęczmienia ogółem we wszystkich latach badań, spowodowany głównie wzrostem liczby kłosów na jednostce powierzchni (rys. 1). Wielu autorów [Błazewicz i Liszewski 2003, Fatyga i in. 1995, Liszewski 1998, Liszewski i in. 1995] potwierdza zależność występującą pomiędzy nawożeniem azotem a wartościami elementów struktury plonu oraz wielkością plonu ziarna. Istotny przyrost plonów ziarna ogółem i celnego w porównaniu do obiektu kontrolnego i dawki 20 kg N·ha⁻¹ odnotowano przy



Rys. 1. Zależność między liczbą kłosów produktywnych z 1m² a plonem ziarna ogółem
 Fig. 1. Dependence between number of productive ears per m² and grain yields

nawożeniu N dawką 40 kg·ha⁻¹. Na dalszy wzrost plonowania jęczmienia miała wpływ dawka 60 (40+20II) kg N·ha⁻¹. Sezon wegetacyjny 2010 sprzyjał osiągnięciu najwyższych plonów ziarna ogółem i plonów ziarna celnego (6,84 i 6,45 t·ha⁻¹), były one większe w porównaniu z sezonami 2008 i 2009 (odpowiednio: o 67,2 i 17%; 61,3 i 16,8%). Odmiany plonowały na tym samym poziomie. Nie stwierdzono interakcji pomiędzy badanymi czynnikami.

Celność ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele browarne powinna być wyższa niż 90% [Klockiewicz-Kamińska 2005, Rozbicki 1994]. W badaniach własnych, niezależnie od zastosowanej dawki azotu celność ziarna obu odmian była wysoka i wynosiła średnio 95,3% (tab. 4). Odmiana Mauritia charakteryzowała się większym wyrównaniem ziarna (% udział ziarna o grubości >2,5mm) niż odmiana Sebastian. W roku 2008 celność ziarna była istotnie większa niż w latach 2009 (o 4,2%) i 2010 (o 3,6%). Liszewski i Błazewicz [2001] podają, że pogorszenie celności ziarna spowodowane jest sytuacją, w której wzrost krzewienia produkcyjnego powoduje konieczność odżywienia przez rośliny większej ilości ziarniaków. Zmniejszeniu ulega wtedy udział frakcji ziaren dorodnych.

Nawożenie azotem różnicowało w sposób istotny masę 1000 ziaren. Masa 1000 ziaren dla dawki 60 (40+20I) N kg·ha⁻¹ (41,5 g) była istotnie niższa, niż dla dawek 40 i 60 kg kg·ha⁻¹. Odmiana Mauritia charakteryzowała się wyższą masą 1000 ziaren w porównaniu do odmiany Sebastian.

Aby ziarno stanowiło dobry materiał do produkcji słoju zawartość białka w ziarnie jęczmienia browarnego powinna się mieścić w granicach od 9,5 do 11,5% [Klockiewicz-Kamińska 2005, Kunze 1999]. Pecio [2002] uważa, że w uprawie jęczmienia na cele browarne szczególnie

Tabela 4. Wpływ nawożenia azotem na wybrane cechy ziarna jęczmienia jarego oraz słołu (średnie dla czynników i lat)

Table 4. The effect of nitrogen fertilization on selected brewing features of spring barley grain and malt (means for variables and years)

Wyszczególnienie Specification		Celność ziarna Grain filling (%)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)	Białko Protein (% s.m.– DM)	Ekstraktywność słołu wg Bishopa Malt extractivity by Bishop (% s.m. – DM)
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization (kg N·ha ⁻¹)	0	95,3	41,9	10,8	80,6
	20	95,3	41,9	10,9	80,5
	40	95,5	42,0	10,9	80,5
	60	95,4	42,3	11,0	80,5
	60 (40+20I)	95,1	41,5	11,3	80,2
	60 (40+20II)	95,1	41,9	11,4	80,2
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	0,5	0,31	0,2
Odmiana Cultivar	Sebastian	95,0	41,2	11,1	80,3
	Mauritia	95,5	42,6	11,0	80,5
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,33	0,27	r.n.	0,1
Lata Years	2008	97,7	43,5	11,0	80,6
	2009	93,8	39,9	10,8	80,4
	2010	94,3	42,3	11,3	80,3
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4	0,3	0,2	0,2

r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

ważne jest zaopatrzenie roślin w azot w fazie krzewienia i strzelania w źdźbło, aby rośliny mogły wytworzyć dużą powierzchnię asymilacyjną i zwiększyć plon ziarna. Na ogół sprzyja temu zastosowanie dawek dzielonych (z nawożeniem pogłównym). Jednak ten sposób nawożenia N niesie ryzyko podwyższenia zawartości białka w ziarnie, tak niepożądaną u jęczmienia browarnego [Liszewski i Błażewicz 2001]. Tylko w roku 2008 po zastosowaniu nawożenia pogłównego zawartość białka w ziarnie obu badanych odmian przekroczyła zalecaną wartość [Liszewski i in. 2011]. Średnie zawartości białka w ziarnie z trzech lat badań mieściły się w granicach wymaganych przez EBC i wyniosły od 10,8% (0 kg N·ha⁻¹) do 11,4% (60 (40+20II) kg N·ha⁻¹). Jak stwierdzają Błażewicz i Liszewski [2003] również inne czynniki, oprócz nawożenia mogą wpływać na wzrost zawartości białka w ziarnie. Jedną z przyczyn mogą być coraz częściej występujące w sezonie wegetacyjnym długotrwałe okresy suszy. Najczęściej niedobór opadów przed kłoszeniem (BBCH₅₁) oraz w fazie wypełniania ziarna i dojrzałości młecznej (BBCH 71 – BBCH 77) ziarna sprzyja wzrostowi zawartości białka w suchej masie [Kukuła i in. 1999, Pecio 2002]. Warunki takie wystąpiły w latach 2008 i 2010, gdy opady atmosferyczne w okresie przed kłoszeniem i w czasie kłoszenia były zbyt niskie, co sprzyjało gromadzeniu białka w ziarnie (tab. 1 i tab. 4). Za odpowiednią łączną, z gleby i nawozów, ilość azotu dostępną dla roślin jęczmienia uprawianego na cele browarne przyjmuje się maksymalnie 90 kg N·ha⁻¹ [Timmer i in. 1993]. W badaniach własnych, najwyższą zasobność gleby w N mineralny (warstwa 0–60 cm) stwierdzono w 2009 r. (55,8 kg·ha⁻¹). W pozostałych latach badań

zawartości azotu mineralnego w glebie wyniosły: 30,4 (2008 r.) i 29,5 kg·ha⁻¹ (2010). Pomimo przekroczenia normy przyjętej przez Timmera i in. [1993] średnia zawartość białka ogółem w ziarnie w roku 2009 była najniższa – 10,8%. W pozostałych latach zawartość białka w ziarnie była normatywna.

Przeprowadzone przez czeskich autorów [Babianek i in. 2010] badania z jęczmieniem browarnym w latach 2006–2008 potwierdzają decydujący wpływ warunków pogodowych na cechy jakościowe ziarna, w tym zawartość związków azotowych.

Wraz ze wzrostem zawartości białka w ziarnie zmniejszeniu ulegała ekstraktywność teoretyczna słodu (tab. 4). Dzielenie dawek azotu wpłynęło istotnie na zmniejszenie ekstraktywności teoretycznej. Jak wykazali Błazewicz i Liszewski [2004] ekstraktywność słodu jest parametrem decydującym w największym stopniu o końcowej ocenie wartości browarnej ziarna. Najwyższą ekstraktywnością teoretyczną charakteryzował się materiał z sezonu 2008 (80,6%). Istotnie większą wartością tego parametru cechowała się odmiana Mauritia, na co wpływ miała duża dorodność ziarniaków (wyższa wartość MTZ).

Błazewicz i in. [2003] uważają, że przy zwiększonej liczbie kłosów na 1 m² jednocześnie zmniejsza się liczba i masa ziarna z kłosa oraz masa 1000 ziaren, a tym samym pogarsza się udział ziaren celnych. W sezonie wegetacyjnym 2008 uzyskano istotnie wyższy udział frakcji ziarna o średnicy >2,5mm (97,7%), masy 1000 ziaren (43,5 g), a także liczby (20,6 szt.) i masy ziarna (1,11 g) z kłosa, w porównaniu do pozostałych lat badań. Prawdopodobnie przyczyną było stosunkowo słabe rozkrzewienie się jęczmienia.

W doświadczeniu ustalono dodatnie korelacje pomiędzy odczytami SPAD a plonem ziarna ogółem (tab. 5). Wysokie wartości SPAD odnotowano w fazie kłoszenia jęczmienia: 10.06.2008 r., 02.06.2009 r. oraz 17.06.2010 r. Stwierdzono wówczas wysokie współczynniki korelacji pomiędzy wartościami odczytów SPAD a plonem ziarna ogółem. W dalszym toku badań należy poszukiwać zależności pomiędzy odczytami SPAD a cechami browarnymi ziarna i słodu.

Tabela 5. Wartości odczytów SPAD oraz współczynniki korelacji pomiędzy odczytami SPAD a plonem ziarna ogółem

Table 5. SPAD values and correlation coefficients between SPAD readings and total grain yield

Data wykonania pomiaru <i>Date of measurement</i>	Odmiana – <i>Cultivar</i>			
	Sebastian		Mauritia	
	Odczyt SPAD <i>SPAD values</i>	R*	Odczyt SPAD <i>SPAD values</i>	R
	2008			
13.05	32,9	0,56	32,8	0,48
20.05	43,4	0,93	43,0	0,86
27.05	44,1	0,84	44,2	0,87
03.06	45,3	0,67	44,0	0,76
10.06	46,8	0,70	46,1	0,62
17.06	46,1	0,92	44,2	0,53
25.06	39,4	0,20	37,3	0,14
	2009			
19.05	45,8	0,79	44,1	0,88
26.05	48,7	0,93	47,5	0,88
02.06	51,4	0,86	49,4	0,82

Tabela 5. c.d.
Table 5. cont.

10.06	53,3	0,69	51,8	0,75
16.06	51,4	0,80	50,3	0,73
25.06	48,9	0,70	47,5	0,59
01.07	47,5	-0,07	45,0	0,54
	2010			
20.05	43,4	0,58	42,9	0,70
27.05	35,9	0,55	35,0	0,51
01.06	37,2	0,48	35,5	0,71
10.06	43,1	0,95	38,6	0,85
17.06	45,2	1,00	41,7	0,42
24.06	47,5	0,52	42,9	0,33
04.07	44,5	0,10	41,1	0,39

R* – współczynnik korelacji pomiędzy odczytem SPAD a plonem ziarna – *correlation coefficient between SPAD value and total grain yield*

WNIOSKI

1. Wyniki badań wskazują, że czynnikiem najsilniej decydującym o plonie i jakości ziarna jęczmienia browarnego był przebieg pogody.
2. Ustalono istotny przyrost plonu ziarna ogółem i celnego po zastosowaniu dawki 40 kg N·ha⁻¹, w porównaniu do obiektu kontrolnego oraz dawki 20 kg N·ha⁻¹. Na dalszy wzrost plonowania jęczmienia miała wpływ dawka 60 (40+20II) kg N·ha⁻¹, ponieważ stwierdzono istotny wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni.
3. Stwierdzono zależności pomiędzy wzrostem dawek nawożenia N i zwiększeniem zawartości białka w ziarnie oraz ekstraktywnością teoretyczną. Zastosowanie dawek dzielonych powodowało wzrost zawartości białka w ziarnie i skutkowało pogorszeniem ekstraktywności teoretycznej. Jednak średnie zawartości białka w ziarnie z trzech lat mieściły się w granicach wymaganych przez EBC.

PIŚMIENNICTWO

- Analytica – EBC. 1998. Verlag Hans Carl Getranke – Fachverlag. Nurnberg.
- Babianek R., Vavrousova P., Ryant P., Hrivna L., Cerkal R. 2010. The effect of selected factors of production on yields and contents of N-substances in malt barley grain. Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun., 58: 19–24.
- Bertholdsson N.O. 1999. Characterization of malting barley cultivars with more or less stable protein content under varying environmental conditions. Europ. J. Agron. 10: 1–8.
- Błażewicz J., Liszewski M. 2003. Ziarno jęczmienia nagiego odmiany Rastik jako surowiec do produkcji słodów typu pilzneńskiego. Acta Sci. Pol. Technol. Alimentaria 2(1): 63–74.

- Błażewicz J., Liszewski M. 2004. Skuteczność wskaźnika Q i metody Bishopa w ocenie wartości browarnej jęczmienia. *Pam. Puł.* 135: 7–17.
- Błażewicz J., Liszewski M., Płaskowska E. 2003. Wartość browarna ziarna jęczmienia odmian Rudzik i Brenda z sezonu wegetacyjnego 2000. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 1: 99–109.
- Błażewicz J., Liszewski M., Zembold-Guła A. 2007. Usability of Bishop formula in evaluation of malting quality of barley grain. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57(4A): 37–40.
- Dylkowski W. 1959. Kontrola chemiczno-techniczna produkcji słodu i piwa. WPLiS. Warszawa: 106–112.
- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 1995. Wysokość i jakość plonów jęczmienia jarego pod wpływem różnych dawek azotu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 278, Rol. 65: 29–36.
- Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU* 80: 3–15.
- Koziara W., Borówczak F., Grześ S. 1998. Elementy struktury plonu jęczmienia jarego w zależności od deszczowania, nawożenia azotem i technologii uprawy. *Pam. Puł.* 112: 115–120.
- Kozłowska K., Szwed Ł., Zembold-Guła A., Liszewski M., Błażewicz J. 2010. Próba prognozowania jakości ziarna jęczmienia browarnego metodami SPAD i Bishopa. *Monografia – Jakość i prozdrowotne cechy żywności*. Wyd. UP Wrocław: 47–56.
- Kukuła S., Pecio A., Górski T. 1999. Związek pomiędzy wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego a zawartością białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 16(4): 81–89.
- Kunze W. 1999. *Technologia piwa i słodu*. Piwochmiel Spółka z o.o. Warszawa.
- Liszewski M. 1998. Wpływ przedplonu na plonowanie jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 347, Rol.73: 235–242.
- Liszewski M. 2008. Reakcja dwóch form jęczmienia jarego pastewnego na zróżnicowane technologie uprawy. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 565, Rozpr. 254: ss. 96.
- Liszewski M., Błażewicz J. 2001. Część I: Wpływ nawożenia azotem na wartość browarną ziarna jęczmienia odmian Rudzik i Brenda. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 407, Technol. Żyw. 14: 91–100.
- Liszewski M., Błażewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł. 2011. Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 28(1): 40–49.
- Liszewski M., Chrzanowska-Drożdż B. 1995. Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od przedplonu i nawożenia mineralnego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 262, Rol. 63: 93–100.
- Machul M. 2001. Ocena stanu odżywienia roślin azotem z zastosowaniem testów roślinnych. *Post. Nauk Rol.* 3: 71–83.
- Pecio A. 2002. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 19(4): 7–97.
- Pecio A., Bichoński A. 2003. Stan odżywienia roślin azotem a plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego. *Biuletyn IHAR* 230: 285–294.
- Pecio A., Fotyma E. 2001. Kalibracja testów NNI i SPAD dla jarego jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 18(3): 161–172.
- Pecio A., Kubsik K. 2006. Wpływ warunków pogody w okresie wegetacji na plon i jakość jęczmienia browarnego. *Rocz. AR Poznań* 380, Rol. 66: 251–260.
- Przulj N., Momcilovic V. 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. I. Dry matter translocation. *Europ. J. Agron.* 15: 241–254.
- Radomski C. 1987. *Agrometeorologia*. PWN Warszawa: ss. 442–448.
- Rozbicki J. 1994. *Jęczmień – uprawa na cele browarne, konsumpcyjne i paszowe*. Wyd. SGGW Warszawa: ss. 85.
- Słaboński A. 1985. *Jęczmień jary i ozimy*. PWRiL Warszawa: ss. 92.
- Timmer R.D., Duijnhouwer I.D.C., van Laarhoven H.P.M., Angelino S.A.G.F., van Son C.G.M., van Gestel M.J.M.C. 1993. Prospects for growing malting barley outside the southwestern clay district of the Netherlands. *Jaarboekje Stichting Nederlands Instituut voor Brouwergerst, Mout en Bier.* 57: 39–43.
- Zembold-Guła A., Kozłowska K., Szwed Ł., Błażewicz J., Liszewski M. 2010. **Wartość słodownicza ziarna jęczmienia w zależności od stanu odżywienia roślin azotem**. W: *Jakość i prozdrowotne cechy żywności*. Wojtatowicz M., Kawa-Rygielska J. (red.). Wyd. UP Wrocław: 57–64.

M. LISZEWSKI, J. BŁAŻEWICZ, A. ZEMBOLD-GUŁA, Ł. SZWED, K. KOZŁOWSKA

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION METHOD ON BARLEY MALT EXTRACTIVITY**Summary**

The research was conducted in Agricultural Research Station in Pawłowice near Wrocław, in the years 2008–2010. The experiment was set up according to split-block design. The study covered two barley cultivars: Sebastian and Mauritia, and the following doses of nitrogen fertilization ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$): 0, 20, 40, 60, 60 (40+20I), 60 (40+20II). Nitrogen fertilization was applied preplant and top-dressing (divided doses) in two stages of growth: I – at the end of tillering (BBCH 29), II – in the stage of stem elongation (BBCH 32). Determinations of level of plants nitrogen nutrition were performed with the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter, in the period between stages BBCH 29 and BBCH 83 of barley growth. Theoretical extractivity of malt was calculated by Bishops formula, on the basis of weight of 1000 grains and the protein content in the grain of thickness $>2,5$ mm. In earing stage of barley high values of SPAD (chlorophyll meter values) were reported and also a strong correlation between the SPAD values and total grain yield were demonstrated. A significant increase in total grain yield and choice quality of grain, as a result of fertilization in dose of $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, compared to the variant control and the dose of $20 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ were found. Further rise in barley yield were effect of fertilization dose of $60 (40+20II) \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, owing to the significant increase in the number of ears per area unit. Along with growing doses of N fertilizer an increase in grain protein content was observed, and thus deterioration of the malt theoretical extractivity.