

ALICJA PECIO, KRZYSZTOF KUBSIK

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Stacja Doświadczalna Baborówko
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

ZRÓŻNICOWANIE PLONU I ZAWARTOŚCI BIAŁKA W ZIARNIE JĘCZMIENIA JAREGO W OBREBIE POŁA PRODUKCYJNEGO

Variation of the yield and protein content in grain of spring barley on the area of production field

ABSTRAKT: Celem pracy było określenie zróżnicowania plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie jęczmienia browarnego w obrębie pola produkcyjnego oraz poznanie przyczyn tej zmienności w kolejnych latach uprawy. Doświadczenie prowadzono w Stacji Doświadczalnej Baborówko (woj. wielkopolskie) w latach 2001–2003 na polach o powierzchni odpowiednio: 10,7 ha, 16 ha i 16,3 ha. Rośliny uprawiane w trójpolowym zmianowaniu: rzepak, pszenica i jęczmień jary podlegały jedynie zmienności warunków glebowych i pogody.

Przedstawiono zależności pomiędzy warunkami pogody a plonem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia. Ujawniły się one w wyniku szczegółowej analizy krótkotrwałych okresów nadmiaru i niedoboru opadów w okresie wegetacji jęczmienia. Największy plon ziarna i najmniejszą zawartość białka w ziarnie jęczmienia stwierdzono w roku o najkorzystniejszych warunkach wilgotnościowych w całym okresie wegetacji oraz na polu, gdzie większość punktów pomiarowych zlokalizowana była w najlepszych warunkach glebowych. W warunkach niedoboru opadów w okresie wegetacji, szczególnie w czasie kwitnienia i nalewania ziarna, oraz przewagi słabych gleb zmniejszał się średni plon ziarna i zwiększała się zawartość białka w ziarnie ponad normę dla jęczmienia przeznaczonego na cele browarne. Zakres zmienności zarówno plonu ziarna, jak i zawartości białka w ziarnie jęczmienia w obrębie pola produkcyjnego uzależniony był przede wszystkim od przebiegu pogody w latach badań. Właściwości gleby w większym stopniu decydowały o zakresie zmienności plonu ziarna w bardziej sprzyjających warunkach atmosferycznych, a o zakresie zmienności zawartości białka w ziarnie – w warunkach niekorzystnego rozkładu opadów w okresie wegetacji.

słowa kluczowe – key words:

jęczmień browarny – *malting barley*; plon ziarna – *grain yield*, zawartość białka w ziarnie – *grain protein content*, zmienność plonu i zawartości białka w ziarnie – *variation of grain yield and protein content*

WSTĘP

Pola, szczególnie duże, na których uprawia się jęczmień, są z reguły zróżnicowane pod względem żyzności, odczynu, wilgotności, poziomu wody gruntowej i innych właściwości. Uzyskiwane z takich pól ziarno nie jest jednolite pod względem cech

jakościowych, ponieważ każda roślina indywidualnie reaguje przebiegiem wzrostu, rozwoju i nagromadzenia plonu ziarna na warunki, w których jest uprawiana (13). W rezultacie wielkość plonu ziarna pochodzącego z różnych części pola i jego przydatność do produkcji słodu i piwa są zróżnicowane (3). Przemysł otrzymuje zatem partie ziarna niejednolite pod względem właściwości fizycznych (masa 1000 ziarn – MTZ, celność, grubość i barwa łuski), biologicznych (energia i zdolność kiełkowania) i chemicznych (głównie zawartość białka i skrobi). Sprawia to, że z takiego surowca uzyskuje się sład o mniejszej ekstraktywności niż sład wyprodukowany z jednolitego, dorodnego ziarna.

Dotychczas z powodu ograniczeń natury technicznej nie uwzględniano wpływu zmienności przestrzennej gleby w obrębie pola na plon i jakość ziarna. Dopiero rozwój technologii GPS (*Global Positioning System*) i pojawienie się w latach 1988–1993 w USA maszyn rolniczych wyposażonych w urządzenia do pozycjonowania stworzyło warunki dla tzw. rolnictwa precyzyjnego. Najogólniej ujmując system rolnictwa precyzyjnego polega na dostosowaniu zabiegów agrotechnicznych do przestrzennej zmienności pola w celu zwiększenia efektywności i opłacalności ich stosowania (8). System ten wymaga rozpoznania przestrzennej zmienności właściwości fizykochemicznych gleby, stanu łanu w trakcie sezonu wegetacyjnego i zmienności plonu ziarna oraz jego jakości. Zebrane informacje są gromadzone w bazie danych, a następnie odpowiednio przetwarzane i łączone w celu znalezienia zależności przyczynowo-skutkowych i uzyskania szczegółowych informacji o przestrzennej zmienności pola, z wydzieleniem powierzchni jednorodnych. Daje to podstawy do opracowania map właściwości gleby i map plonów, z uwzględnieniem zarówno ich wielkości, jak i jakości. Mapy te następnie wykorzystywane są przy podejmowaniu decyzji o wykonywaniu zabiegów agrotechnicznych. W przypadku jęczmienia browarnego mogą być przydatne przy wydzieleniu fragmentów pola, które zwykle zapewniają uzyskanie ziarna spełniającego wymagania jakościowe przemysłu. Większość danych przestrzennych pochodzi z obserwacji i pomiarów wykonywanych w dużej liczbie punktów rozlokowanych na powierzchni pola. Do nawigacji w obrębie wyznaczonej siatki punktów pomiarowo-obserwacyjnych wykorzystuje się przenośne odbiorniki GPS, które wykorzystują korekcję Egnos, umożliwiającą lokalizację z dokładnością 2–3 m. Sprzęt roślinny wykonywany jest kombajnem wyposażonym w odbiornik DGPS oraz w urządzenie do ciągłego pomiaru plonu (10). Metoda DGPS (*Differential Global Positioning System*) pozwala na korekcję danych w oparciu o stację bazową, która znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie pola.

Celem pracy było określenie zróżnicowania plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie jęczmienia browarnego w obrębie pola produkcyjnego oraz znalezienie przyczyn tej zmienności w kolejnych latach uprawy.

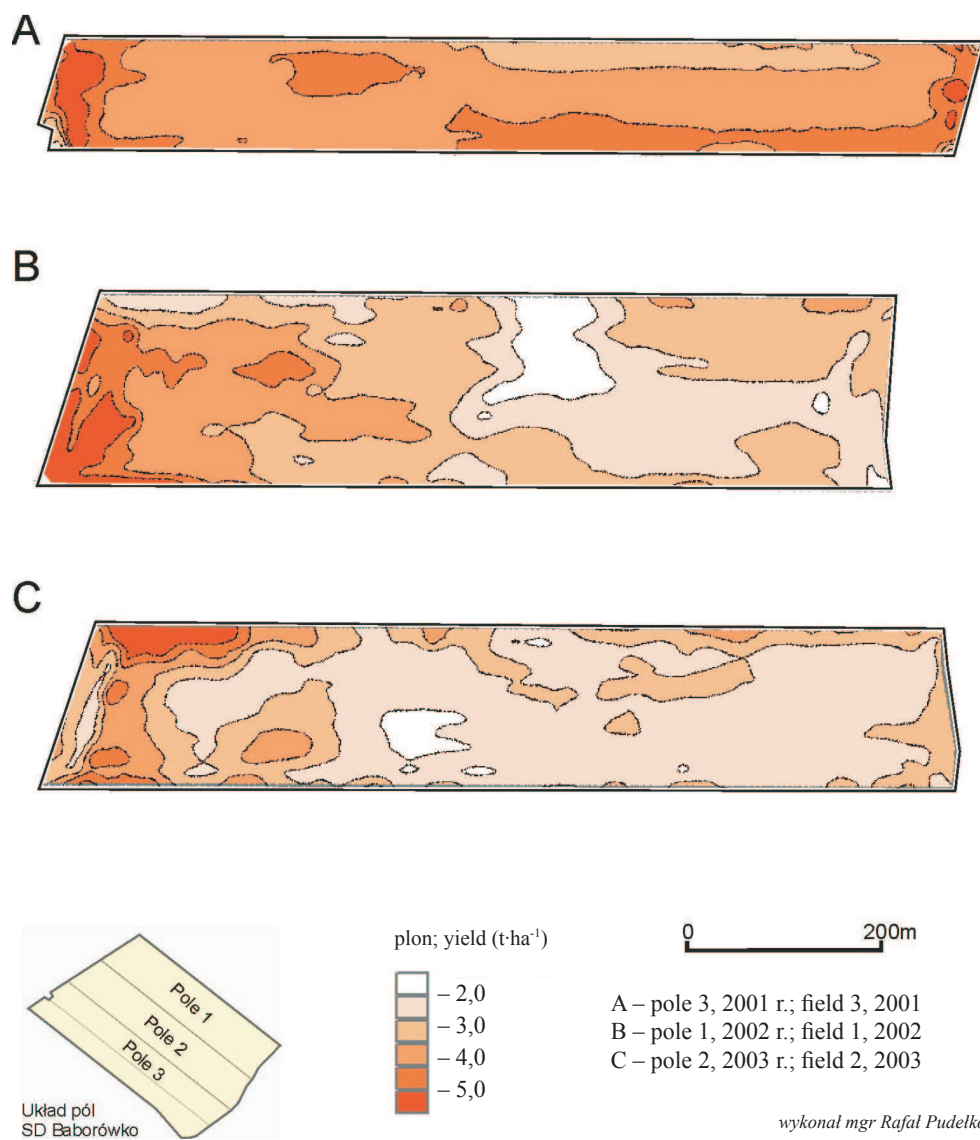
MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w Stacji Doświadczalnej Baborówko (woj. wielkopolskie) w latach 2001–2003 na polach o powierzchni odpowiednio: 10,7 ha, 16 ha i 16,3 ha. Na rośliny uprawiane w trójpolowym zmianowaniu: rzepak, pszenica i jęczmień jary oddziaływała jedynie zmienność warunków glebowych i pogody. W doświadczeniu uwzględniono metody rolnictwa precyzyjnego. Każde pole było opisane mapą glebowo-rolniczą w skali 1:5000. Na każdym z nich założono ponadto siatkę punktów pomiarowych umieszczonych w wierzchołkach kwadratów o boku 36 m. W punktach tych pobierane są co 3 lata próbki gleby do wykonania oznaczeń jej podstawowych właściwości. Z dokonanej dotychczas charakterystyki pól wynika, że wykazują one dużą zmienność pod względem zarówno fizycznych cech gleby, jak i jej właściwości agrochemicznych (9). W obrębie każdego z pól występują gleby należące do 4 kompleksów przydatności rolniczej: pszenny dobry, żytni bardzo dobry, żytni dobry i żytni słaby, pH gleby waha się od 4,2 do 7,9, zawartość P_2O_5 – od 59 do 29, K_2O – od 50 do 184, Mg – od 13 do 119 mg składnika na 1 kg gleby. Wczesną wiosną w latach uprawy jęczmienia pobierano próbki gleby do głębokości 60 cm (z podziałem na warstwy 0–30 i 30–60 cm), w których oznaczono zawartość azotu mineralnego (suma $N-NH_4$ i $N-NO_3$) metodą automatycznej kolorymetrii przepływowej. W kolejnych latach zawartość ta wahała się w granicach 38,3–153,7, 42,2–236,6 i 66,1–318,5 $kg \cdot ha^{-1}$.

Siew jęczmienia browarnego odmiany Prosa przeprowadzono 3.04.2001 r., 3.04.2002 r. i 25.03.2003 r. W okresie wegetacji notowano daty wystąpienia kolejnych faz rozwojowych roślin. Do określenia zmienności plonowania jęczmienia wykorzystano siatkę punktów pomiarowych, w których w okresie pełnej dojrzałości roślin określano plon ziarna z 1 m^2 , a następnie zawartość białka w ziarnie.

Zbiór przeprowadzono 30.07.2001 r., 27.07.2002 r. i 22.07.2003 r. za pomocą kombajnu zaopatrzonego w DGPS (system satelitarnego określania współrzędnych) oraz neutronowy miernik masy i wilgotności ziarna. Dzięki wykorzystaniu kombajnu każdemu punktowi w siatce 36 m \times 36 m przyporządkowano rzeczywisty plon uzyskany w danym roku. Pozwoliło to na sporządzenie map plonu dla każdego z pól doświadczalnych (rys. 1).

W celu określenia związków pomiędzy warunkami pogody a plonem i zawartością białka w ziarnie wykorzystano wskaźnik Sielianiowa, zwany również współczynnikiem zabezpieczenia w wodę lub umownym bilansem wilgoci (18). Wskaźnik ten określa stosunek sumy opadów atmosferycznych do sumy średnich dobowych temperatur powietrza w danym okresie: $K=10P/\sum t$, gdzie P jest sumą opadów atmosferycznych, a $\sum t$ stanowi sumę średnich dobowych temperatur z tego okresu. Hydrotermiczny wskaźnik Sielianiowa jest wykorzystywany do oceny czasu trwania i nasilenia posuchy w znaczeniu agroklimatologicznym. Jako okres posuchy przyjmuje się czas, w którym współczynnik K jest niższy od 1,0, co oznacza, że roślina zużywa na parowanie więcej wody niż otrzymuje z opadów. Przez suszę Sielianiowa rozumie



Rys. 1. Mapy plonu ziarna jęczmienia jarego według danych zarejestrowanych przez komputer zainstalowany na kombajnie w latach 2001–2003
Maps of spring barley grain yield according to data registered by harvester board computer in 2001–2003

okres charakteryzujący się współczynnikiem K mniejszym od 0,5, co oznacza, że ilość wyparowanej wody ponad dwukrotnie przewyższa jej dopływ.

Warunki wegetacji w latach badań

W tabeli 1 przedstawiono średnie miesięczne temperatury i sumy opadów, charakteryzujące przebieg warunków pogody w okresie wegetacji jęczmienia w latach badań. Średnie temperatury miesięczne na ogół nie odbiegały znacząco od średnich wieloletnich i sprzyjały prawidłowemu rozwojowi jęczmienia. Rozkład opadów natomiast był zróżnicowany w latach badań.

Tabela 1

Wybrane dane meteorologiczne w okresie wegetacji SD Baborówko
Selected meteorological data during vegetation periods in Experimental Station Baborówko

Miesiąc Month	Średnia temperatura dobową (°C) Mean daily temperature				Suma opadów (mm) Precipitation sum			
	2001	2002	2003	średnia wieloletnia multi-year mean	2001	2002	2003	średnia wieloletnia multi-year mean
Marzec; March	2,3	6,0	3,0	3,0	41,4	47,2	15,4	27
Kwiecień; April	7,9	9,0	8,1	8,8	41,8	40,6	28,2	32
Maj; May	14,2	16,1	15,6	14,1	12,0	43,8	45,0	47
Czerwiec; June	14,6	16,5	18,5	17,6	75,4	32,0	21,6	52
Lipiec; July	19,7	20,1	19,4	19,0	60,2	28,4	81,8	69

Rok 2001 był najkorzystniejszy z trzech lat badań dla rozwoju roślin. Średnie temperatury i miesięczne sumy opadów w tym roku nie odbiegały znacznie od średnich wartości wieloletnich. Rok 2002 charakteryzował się nieco wyższymi temperaturami i znacznie mniejszymi opadami od średnich wieloletnich w okresie od początku maja do zbioru jęczmienia na początku trzeciej dekady lipca. W roku 2003 rozpoczęcie wegetacji roślin nastąpiło w końcu marca i wtedy też, wcześniej niż w pozostałych latach, przeprowadzono siew jęczmienia jarego. Pierwsze dni kwietnia były bardzo zimne, temperatura w nocy spadała do -3°C i dodatkowo wystąpiły opady śniegu. Znaczne ocieplenie nastąpiło w połowie kwietnia. Jednocześnie ze wzrostem temperatury pojawił się problem braku opadów i suszy, która w znacznym stopniu przyczyniła się do wcześniejszego zasychania roślin i zmniejszenia plonu ziarna. Większe opady pojawiły się w I dekadzie lipca. Żniwa przebiegały jednak w warunkach suchej i słonecznej pogody.

WYNIKI

Wpływ pogody na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia

W rozdziale przedstawiono zależności pomiędzy warunkami pogodowymi a plonem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia. Warunki te scharakteryzowano za pomocą wskaźnika Sielianinowa, który wykorzystano do określenia wpływu warunków pogodowych w fazach rozwojowych jęczmienia na plon i jakość ziarna.

Uśrednione dla wyróżnionych okresów wegetacji wartości wskaźnika Sielianinowa przedstawiono w tabeli 2, a plon ziarna i przeciętną zawartość białka w ziarnie jęczmienia w tabeli 3.

Warunki wilgotnościowe w poszczególnych latach badań były zróżnicowane. Najkorzystniejszy był rok 2001, w którym stwierdzono największy plon ziarna oraz najmniejszą, chociaż w granicach normy dla jęczmienia browarnego, zawartość białka

Tabela 2

Wartości wskaźnika Sielianinowa w okresie wegetacji jęczmienia jarego
Sielianinov's index during vegetation period of spring barley

Faza rozwojowa Development stage	Kod dziesiętny Decimal code	Rok; Year		
		2001	2002	2003
Siew–krzewienie Sowing–tillering	00-30	0,9	1,2	0,9
Krzewienie–strzelanie w źdźbło Tillering–shooting	30-32	0,6	0,4	1,9
Strzelanie w źdźbło–kwitnienie Shooting–anthesis	32-57	1,3	0,9	0,1
Kwitnienie–dojrzałość mleczna Anthesis–milk maturity	57-75	1,7	0,8	0,3
Dojrzałość mleczna–dojrzałość pełna (zbiór) Milk maturity–full maturity (harvest)	75-91	1,0	0,5	1,3

Tabela 3

Charakterystyka statystyczna plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie z punktów pomiarowych
Statistical characteristics of grain yield and protein content in measurements points

Statystyka Statistics	Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Grain yield			Zawartość białka w ziarnie (%) Grain protein content		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Średnia; Mean	4,49	3,79	3,07	10,7	11,6	15,7
Wartość minimalna; Minimum	1,75	1,05	1,65	9,2	9,7	9,7
Wartość maksymalna; Maximum	6,25	5,85	4,36	12,2	14,0	19,1
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,11	1,08	0,54	0,71	0,80	2,17
Współczynnik zmienności Coefficient of variation (%)	24,3	28,5	17,6	6,6	6,9	13,8

w ziarnie. W roku 2002 niedobór opadów trwał nieprzerwanie od fazy krzewienia do końca wegetacji, przy czym na początku tego okresu ilość wyparowanej wody była aż ponad dwukrotnie większa niż jej dopływ. Warunki takie przyczyniły się do ograniczenia ilości pędów kłosośnych oraz zmniejszenia liczby zawiązanych ziarn i gorszego ich wypełnienia, a w rezultacie do zmniejszenia plonu i zwiększenia zawartości białka w ziarnie w porównaniu z rokiem poprzednim. W roku 2003 szczególnie niekorzystne warunki wilgotnościowe wystąpiły w okresie od fazy strzelania w źdźbło do fazy dojrzałości młecznej jęczmienia. Plon ziarna był najmniejszy z trzech lat, a zawartość białka w ziarnie bardzo wysoka.

Zróżnicowanie glebowe pól

W tabeli 4 przedstawiono liczbę punktów pomiarowych obrazujących zróżnicowanie właściwości gleby w obrębie pól, na których uprawiano jęczmień.

Tabela 4

Liczba punktów pomiarowych w grupach właściwości gleby
Number of measurement points in groups of soil characteristics

Właściwości gleby Soil characteristics	Liczba punktów pomiarowych Number of measurement points			
	2001	2002	2003	razem; total
Kompleks glebowy; Soil quality complex				
Pszenny dobry; Good wheat	42	16	13	71
Żytni bardzo dobry; Very good rye	28	30	50	108
Żytni dobry; Good rye	19	23	21	63
Żytni słaby; Weak rye	17	25	18	60
Razem; Total	106	94	102	302
Typ gleby; Soil type*				
Czarne ziemie właściwe; Black earth	17	3	8	28
Brunatne właściwe; Brown soils	27	13	5	45
Pseudobielicowe; Pseudopodsols	62	78	89	229
Razem; Total	106	94	102	302
pH _{KCl} gleby; pH _{KCl} of soil				
4,6–5,5	4	-	5	9
5,6–6,5	77	43	45	165
6,6–7,2	25	51	52	128
Razem; Total	106	94	102	302
Zawartość azotu w profilu gleby 0–60 cm; Nitrogen content in soil profile 0–60 cm (kg N·ha ⁻¹)				
<50	8	2	21	31
50–100	92	12	80	184
101–150	6	37	1	44
>150	-	43	-	43
Razem; Total	106	94	102	302

* zgodnie z nomenklaturą obowiązującą w 1995 r; according to terminology actual in 1995

W roku 2001 najwięcej punktów pomiarowych znajdowało się na glebie kompleksu pszenneego dobrego, nieco mniej na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego i najmniej na glebie kompleksów żytniego dobrego i żytniego słabego. Były to głównie gleby pseudobielicowe i brunatne właściwe o lekko kwaśnym odczynie (pH w granicach 5,6–6,5) i zawartości azotu mineralnego od 50 do 100 kg N·ha⁻¹ w profilu gleby 0–60 cm. W roku 2002 większość stanowiły gleby kompleksów żytnich: żytniego bardzo dobrego, żytniego dobrego i żytniego słabego. Znaczna część punktów pomiarowych znajdowała się na glebach pseudobielicowych o zawartości azotu mineralnego powyżej 100 kg N·ha⁻¹. Wszystkie punkty pomiarowe były zlokalizowane na glebach o pH w przedziale 5,6–7,2. W roku 2003 połowa punktów pomiarowych znajdowała się na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. Pozostałe punkty były zlokalizowane na glebach kompleksów żytniego dobrego i żytniego słabego, a także na glebie kompleksu pszenneego dobrego. Były to w większości gleby pseudobielicowe o odczynie obojętnym i lekko kwaśnym i o zawartości azotu mineralnego w granicach 50–100 kg N·ha⁻¹.

Zróżnicowanie plonów i jakości ziarna jęczmienia

Plony ziarna jęczmienia i zawartość białka w ziarnie były zróżnicowane w obrębie pól i lat badań (tab. 3, 5).

Największy średni plon ziarna oraz średnią zawartość białka w ziarnie w dolnych granicach normy przyjętej w browarnictwie stwierdzono w roku 2001 (tab. 3). Decydowały o tym prawdopodobnie warunki wilgotnościowe w całym okresie wegetacji, które były szczególnie korzystne w okresie poprzedzającym kwitnienie

Tabela 5

Liczba punktów pomiarowych w przedziałach wielkości plonu i zawartości białka w ziarnie
Number of measurements points in ranges of barley grain yield and protein content

Wyszczególnienie Specification	Liczba punktów pomiarowych; Number of measurement points			
	2001	2002	2003	razem total
Plon ziarna; Grain yield (t·ha ⁻¹)				
<3,00	9	21	38	68
3,00–4,00	32	31	55	118
4,01–5,00	21	28	9	58
>5,00	44	14	-	58
Razem; Total	106	94	102	302
Zawartość białka w ziarnie; Grain protein content (%)				
<10,5	40	7	2	49
10,5–11,5	57	37	5	99
>11,5	9	50	95	154
Razem; Total	106	94	102	302

i po kwitnieniu jęczmienia. Wskaźnik Sielianinowa wynosił odpowiednio 1,3 i 1,0 (tab. 2). W tym roku zmienność przestrzenna plonu ziarna była stosunkowo duża, o czym świadczy wartość współczynnika zmienności (tab. 3). W największej liczbie punktów pomiarowych plon ziarna wynosił ponad 5 t·ha⁻¹ oraz w granicach 3–4 t·ha⁻¹ (tab. 5). Stosunkowo dużej zmienności plonu ziarna w 2001 roku towarzyszyło niezbyt duże zróźnicowanie zawartości białka w ziarnie. Uwzględniając podwójną wartość odchylenia standardowego można przyjąć, że ponad 95% próbek ziarna wykazywało zawartość białka w granicach 9,3–12,1%, z czego 54% mieściło się w obrębie normy przyjętej w browarnictwie. Zawartość białka w ziarnie w ponad jednej trzeciej (38%) analizowanych próbek była natomiast poniżej normy.

W 2002 r. średni plon ziarna był mniejszy niż w roku poprzednim i wynosił 3,8 tony z 1 ha, a w ujęciu punktów pomiarowych pozostawał na ogół w granicach 3,0–5,0 t·ha⁻¹. Średnia zawartość białka w ziarnie była tylko nieznacznie większa od wymagań stawianych przez browarnictwo. W 53% próbek ziarna stwierdzono zawartość białka powyżej 11,5%, a tylko w 39% próbek była ona w granicach normy. Należy zaznaczyć, że w 2002 roku w okresie od fazy krzewienia do końca wegetacji jęczmienia panowała pogoda sucha i ciepła, o czym świadczą bardzo niskie wartości wskaźnika Sielianinowa od 0,4 do 0,9 (tab. 2).

W 2003 r. uzyskano bardzo małe plony ziarna jęczmienia, które niemal we wszystkich punktach pomiarowych (93%) zawierało ponadnormatywne ilości białka. Było to spowodowane przebiegiem pogody, charakteryzującym się małymi opadami i wysokimi temperaturami w czasie kwitnienia i nalewania ziarna. Wartości współczynnika Sielianinowa w tym okresie wynosiły 0,1 i 0,3 (tab. 2).

Zakres zmienności plonu ziarna w obrębie pól doświadczalnych był większy od zakresu zmienności zawartości białka (tab. 3). W tabeli 6 przedstawiono porównanie wariacji plonów i zawartości białka pomiędzy trzema polami, na których uprawiano jęczmień w kolejnych latach badań.

Tabela 6

Porównanie wariacji plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie
Comparison of grain yield and protein content variances

Porównywane lata Compared years	Statystyka; Statistics	
	iloraz wariacji ratio of variances	przedział ufności; confidence interval ($\alpha = 0,05$)
Plon ziarna; Grain yield		
2001 i 2002	1,00373	0,673218; 1,48928
2001 i 2003	3,04570	2,063760; 4,48820
2002 i 2003	3,03439	2,03599; 4,53757
Zawartość białka w ziarnie; Grain protein content		
2001 i 2002	0,506731	0,339874; 0,757863
2001 i 2003	0,0682107	0,0462193; 0,100517
2002 i 2003	0,1346090	0,0903189; 0,201292

Przyjmuje się, że jeśli wyznaczony przedział ufności obejmuje wartość 1, oznacza to brak istotnych różnic pomiędzy wariancjami prób. Podane w tabeli 6 zakresy przedziałów ufności wskazują na istotne zróżnicowanie zmienności plonów ziarna w obrębie pól pomiędzy latami 2001 i 2002 a rokiem 2003 oraz na istotne zróżnicowanie zmienności zawartości białka w ziarnie pomiędzy wszystkimi latami badań. Pośrednio można zatem sądzić, że zakres zmienności zarówno plonu ziarna, jak i zawartości białka w ziarnie uzależniony był przede wszystkim od przebiegu pogody w latach badań. Właściwości gleby w większym stopniu decydowały o zakresie zmienności plonu ziarna w bardziej sprzyjających warunkach atmosferycznych, a o zakresie zmienności zawartości białka w ziarnie – w warunkach niekorzystnego rozkładu opadów w okresie wegetacji.

DYSKUSJA

Zawartość białka w ziarnie jest w dużym stopniu modyfikowana przez warunki środowiska i nawet u najlepszych odmian browarnych trudno ją utrzymać w pożądanym zakresie (1, 2, 11, 17). Zmienność warunków pogody w latach modyfikuje rytm wzrostu i rozwoju roślin, w tym systemu korzeniowego, a przez to wpływa na zróżnicowanie wykorzystania wody (2), wielkość plonu ziarna (7) i zawartość białka w ziarnie (2, 6, 15).

B e r t h o l d s s o n (2) wykazał, że zmienność zawartości białka w ziarnie jęczmienia jest determinowana w niemal 90% przez układ warunków środowiskowych w roku uprawy, zaopatrzenie w azot i warunki wilgotnościowe gleby, a tylko w 7% przez genotyp rośliny. Pozostała zmienność wynika z interakcji tych czynników. S a v i n i N i c o l a s (19) stwierdzili, że susza powodowała zmniejszenie masy pojedynczego ziarna o 20%, natomiast wysoka temperatura tylko o 5%. Zmniejszenie masy pojedynczego ziarna było największe w warunkach, kiedy obydwa stresy wystąpiły jednocześnie (30%). W badaniach innych autorów plon ziarna był w większym stopniu zależny od temperatury niż od opadów (20), a największe plony uzyskiwano w latach chłodniejszych (4). Ujemny wpływ wysokiej temperatury na plon ziarna jęczmienia i jego jakość browarną podkreśla również W a l l w o r k (21, 22). C o n r y i K e a n e (5) wykazali, że mała liczba ziarn w kłosie jest skutkiem niesprzyjających warunków pogodowych w okresie początkowego rozwoju roślin i kwitnienia. Nie potrafili jednak określić, które z czynników klimatycznych były decydujące.

Przedstawione wyniki badań są zgodne z uzyskanymi przez innych autorów, którzy podają, że czynniki środowiska, zarówno przed, jak i po kwitnieniu jęczmienia, mają istotne znaczenie w tworzeniu plonu i kształtowaniu jakości ziarna poprzez wpływ na dostępność i pobieranie azotu przez rośliny (1, 6, 16, 23). B e r t h o l d s s o n (2) opisał dwa najczęściej spotykane scenariusze stresowych warunków pogody. W pierwszym z nich susza przed kwitnieniem jęczmienia ogranicza pobranie azotu w fazie rozwoju wegetatywnego i zmniejsza potencjalny plon ziarna. W fazie wypełniania ziarna rośliny dysponują większą ilością azotu glebowego w przeliczeniu na

pojedynczy ziarniak, co powoduje wzrost procentowej zawartości białka. W drugim scenariuszu susza w okresie wypełniania ziarna ogranicza syntezę węglowodanów i akumulację suchej masy w ziarnie. Wcześniejsze dojrzewanie ziarna wpływa na zmniejszenie jego plonu i zwiększenie koncentracji białka w ziarnie.

Wyniki badań własnych nie potwierdziły w pełni zależności, jakie stwierdzono we wcześniejszych badaniach autorki (14), pomiędzy wartością współczynnika Sielianinowa w okresie przed kwitnieniem jęczmienia i zawartością białka w ziarnie jęczmienia. Uzyskane dane wskazują raczej na zależność pomiędzy wartością współczynnika Sielianinowa w fazie strzelania w źdźbło, kwitnienia i nalewania ziarna a plonem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia. Optymalną, aczkolwiek bliską dolnej i górnej granicy zakresu normy dla browarnictwa, zawartość białka w ziarnie uzyskano w latach 2001 i 2002 (odpowiednio 10,7% i 11,6%). Warunki wilgotnościowe w okresie strzelania w źdźbło–dojrzałość mleczna w tych latach, chociaż odmienne, były na tyle dobre, że pozwalały na zawiązanie odpowiedniej liczby ziarn w kłosie i ich wypełnienie.

W roku 2001 wegetacja w tym okresie przebiegała w warunkach wystarczającej lub okresowo nadmiernej ilości wilgoci. Ilość opadów w okresie kwitnienia stwarzała dobre warunki do pobierania azotu z gleby i zawiązywania dużej liczby ziarn. Warunki takie sprzyjały uzyskaniu stosunkowo dużego plonu ziarna i jednocześnie spowodowały zjawisko tzw. „rozcieńczenia azotu”, co oznacza, że azot z części wegetatywnych został rozprowadzony do większej ilości dobrze wykształconych ziarn. W rezultacie uzyskano najmniejszą, ale w granicach przydatności do produkcji piwa zawartość białka w ziarnie.

W roku 2002 wartości wskaźnika Sielianinowa wskazują na ciągły niedobór opadów w porównywanym okresie. Niedobory wody w fazach strzelania w źdźbło i kwitnienia wpłynęły na zmniejszenie liczby zawiązanych ziarn, a w okresie nalewania ziarna – spowodowały ograniczenie transportu substancji zapasowych z części wegetatywnych do ziarna. Stąd zmniejszony plon ziarna w porównaniu z rokiem 2001 i podwyższona procentowa zawartość białka.

Bardzo dużą zawartość białka w ziarnie stwierdzono w roku 2003, w którym wartości wskaźnika Sielianinowa dla okresu od fazy strzelania w źdźbło ($K=0,1$) do pełni fazy dojrzałości mlecznej ($K=0,3$) oznaczają głęboką suszę. W rezultacie plon ziarna jęczmienia był najmniejszy, a zawartość białka największa z trzech lat badań.

Jak wykazano powyżej, procesy fizjologiczne związane z tworzeniem plonu ziarna jęczmienia i jego jakością są w dużym stopniu zależne od układu warunków pogody w okresie wegetacji. Istnieją jednak możliwości kompensowania ich negatywnego wpływu poprzez dobór odpowiedniej gleby. Rodzaj gleby wpływa na plon ziarna i zawartość białka w ziarnie jęczmienia przede wszystkim poprzez dostępność azotu. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Muller (12) na glebie lessowej wielkość i termin stosowania nawozów azotowych nie miały wpływu na wielkość plonu ziarna, natomiast zawartość białka w ziarnie była zawsze zbyt wysoka jak na cele browarne (12,1–15,2%). Na glebie brunatnej o składzie piasku

gliniastego i małej zawartości azotu zróżnicowane dawki nawozów azotowych (90 i 120 kg N·ha⁻¹) powodowały zarówno zróżnicowanie plonu ziarna (4,70 i 6,17 t·ha⁻¹), jak i zawartości białka w ziarnie (10,6 i 12,0%). Na glinie ciężkiej o większej zawartości azotu plony wahały się od 3,12 t·ha⁻¹ bez nawożenia azotem do 4,95 t·ha⁻¹ przy nawożeniu dawką 120 kg N·ha⁻¹. Zawartość białka w ziarnie wynosiła odpowiednio 10,0 i 12,8%.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istnienie zależności pomiędzy plonem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia a warunkami pogody w okresie wegetacji określonymi za pomocą syntetycznego wskaźnika bilansu wilgoci Sielianinowa.

2. Największy plon ziarna i najmniejszą zawartość białka w ziarnie jęczmienia stwierdzono w roku o najkorzystniejszych warunkach wilgotnościowych w całym okresie wegetacji oraz na polu, gdzie większość punktów pomiarowych zlokalizowana była w lepszych warunkach glebowych. W warunkach niedoboru opadów w okresie wegetacji, szczególnie w okresie kwitnienia i nalewania ziarna, oraz przewagi słabych gleb zmniejszał się średni plon ziarna i zwiększała się zawartość białka w ziarnie ponad normę dla jęczmienia przeznaczonego na cele browarne.

3. Zakres zmienności plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie jęczmienia w obrębie pola produkcyjnego uzależniony był przede wszystkim od przebiegu pogody w latach badań. Właściwości gleby w większym stopniu decydowały o zakresie zmienności plonu ziarna w bardziej sprzyjających warunkach atmosferycznych, a o zakresie zmienności zawartości białka w ziarnie – w warunkach niekorzystnego rozkładu opadów w okresie wegetacji.

LITERATURA

1. B e r t h o l d s s o n N.O.: Selection methods for malting barley consistently low in protein concentration. *Eur. J. Agron.*, 1998, **9**: 213-222.
2. B e r t h o l d s s o n N.O.: Characterization of malting barley cultivars with more or less stable protein content under varying environmental conditions. *Eur. J. Agron.*, 1999, **10**: 1-8.
3. B u r g e r W.C., W e s e n b e r g D.M., C a r d e n J.E., P a w l i s c h P.E.: Protein content and composition of Karl and related barleys. *Crop Sci.*, 1979, **19**: 235-238.
4. C h e n M.Y., N e w t o n S.D., W i t h e r s N.J.: Malting barley – an evaluation of the factors affecting yield and quality. *Proceedings Annual Conference Agronomy Society of New Zealand*, 1988, **18**: 29-31.
5. C o n r y M.J., K e a n e T.: Effect of adverse climatic factors on grain yield and protein content of malting barley sown in early spring in 1993. *Proceedings of the Third Congress of the European Society of Agronomy, Abano-Padova*, 1994, 18-22 September 1994, 592-593.
6. E a g l e s H.A., B e d g g o o d A.G., P a n o z z o J.F., M a r t i n P.J.: Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Aust. J. Agric. Res.*, 1995, **46**: 831-844.
7. G ó r s k i T., K r a s o w i c z S., K u ś J.: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114**: 127-142.

8. J a d c z y s z y n T.: System rolnictwa precyzyjnego. III. Nawożenie w rolnictwie precyzyjnym. Praca przeglądowa. *Fragm. Agron.*, 1998, **1**: 28-39.
9. J a d c z y s z y n T.: Monitoring wzrostu, rozwoju i plonowania zbóż oraz rzepaku na poziomie pola. Raport końcowy z realizacji projektu badawczego Nr 5 506B 066 12, 2000.
10. J a d c z y s z y n J., S t u c z y Ń s k i T.: Zastosowanie pomiarów GPS w rolnictwie. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 197-210.
11. J e d e l P.E., H e l m J.H.: Agronomic response to seeding rate of two- and six-rowed barley cultivars in Central Alberta. *Can. J. Plant Sci.*, 1995, **75(2)**: 315-320.
12. M u l l e r S.: N uptake, yield and quality of malting barley in relation to inorganic soil nitrogen and N fertilization. *Landwirtschaftliche Forschung*, 1998, **41(1-2)**: 99-108.
13. P e c i o A.: Studia nad modelem rośliny i łanu jęczmienia jarego. IUNG Puławy, 1995, **R(235)**.
14. P e c i o A.: Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.*, 2002, **4**: 4-112.
15. P r z u l j N., M o m c i l o v i c V., M l a d e n o v N.: Temperature and precipitation effect on barley yields. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 1999, **5(3)**: 403-410.
16. P r z u l j N., M o m c i l o v i c V.: Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. *Eur. J. Agron.*, 2001, **15**: 255-265.
17. R u i t e r J.M., H a s l e m o r e R.M.: Role of nitrogen and dry matter partitioning in determining the quality of malting barley. *New Zeland J. Crop and Hort. Sci.*, 1996, **24(1)**: 77-87.
18. R a d o m s k i C.: Agrometeorologia. PWN, Warszawa, 1977.
19. S a v i n R.S., N i c o l a s M.E.: Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Austr. J. Plant Physiol.*, 1996, **23**: 201-210.
20. S z w e j k o w s k i Z., W a n i c M.: Agrometeorological and agronomic factors and their response to spring barley productivity. *Fragm. Agron.*, 1995, **2**: 186-187.
21. W a l l w o r k M.A.B., L o g u e S.J., M a c L e o d L.C., J e n n e r C.F.: Effect of a period of high temperature during grain filling on starch synthesis in the developing barley grain. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1998, **25(2)**: 173-181.
22. W a l l w o r k M.A.B., L o g u e S.J., M a c L e o d L.C., J e n n e r C.F.: Effect of high temperature during grain filling on the grain growth characteristics and malting quality of three Australian malting barleys. *Aus. J. Agric. Res.*, 1998, **49(8)**: 1287-1296.
23. W e s t o n D.T., H o r s l e y R., S c h w a r z P.B., G o o s R.J.: Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. *Agron. J.*, 1993, **85**: 1170-1174.

VARIATION OF THE YIELD AND PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF SPRING BARLEY ON THE AREA OF PRODUCTION FIELD

Summary

The aim of the research was to determine the variability of the grain yield of malting spring barley and protein content in its grain on the area of production field and finding out the reasons of this variability. The experiment was conducted in the Experimental Station of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation (Western Poland) in 2001–2003 on the fields of 10,7 ha, 16 ha and 16,3 ha area. Crops cultivated in three fields' crop rotation were only influenced by two types of variability: soil and weather conditions.

The relationships between grain yield of barley, protein content in grain and weather conditions were presented. These relations revealed as a result of analysis of short periods of rainfall surplus and deficiency during vegetation. The largest grain yield of barley and the highest protein content was observed in the year with the most suitable moisture conditions in the vegetation period and on the field, where most

measurement points were located on the best soils. Under conditions of rainfall deficiency, especially during anthesis and grain maturity, and domination of poor soils grain yield decreased, whereas protein content in grain increased above the norm accepted for brewing purposes. The range of variability for both grain yield of barley and protein content in grain on the area of production field was effected mainly by weather conditions in particular years. Soil conditions more distinctly influenced on variability of grain yield on better soil, whereas grain protein content in grain was significantly influenced by rainfall distribution during vegetation period.

Praca wpłynęła do Redakcji 29 VI 2005 r.