

**ŚRODOWISKOWE I AGROTECHNICZNE UWARUNKOWANIA
WIELKOŚCI I JAKOŚCI PLONU ZIARNA JĘCZMIENIA
BROWARNEGO**

Alicja Pecio

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
w Puławach

Synopsis. W pracy o charakterze monograficznym przedstawiono wyniki wieloletnich badań nad wpływem czynników środowiska i agrotechniki na wielkość i jakość plonu browarnych odmian jęczmienia jarego. Głównym celem badań było określenie zakresu zmienności plonu i wskaźników jakościowych ziarna, kwantyfikacja czynników powodujących tą zmienność i ocena różnych zabiegów agrotechnicznych pod kątem możliwości jej zmniejszenia. Badania prowadzono w klasycznych, najczęściej dwuczynnikowych doświadczeniach polowych oraz na polach produkcyjnych z zastosowaniem technik rolnictwa precyzyjnego. Stwierdzono, że największy wpływ na wielkość i jakość plonu jęczmienia ma przebieg pogody w okresie przed kwitnieniem roślin. Niedobór opadów i wysokie temperatury w tym okresie powodują nadmierny wzrost zawartości białka i wpływają jednocześnie ograniczająco na wielkość plonu ziarna. Znaczne zróżnicowanie plonów i jakości ziarna w obrębie pola produkcyjnego może być w dużej mierze objaśnione zróżnicowaniem warunków glebowych. Wskaźniki łanowe charakteryzujące wzrost roślin (liczba i masa roślin, wartość LAI) mogą służyć do diagnozowania i prognozowania wielkości plonu ziarna. Wskaźniki łanowe (w późniejszych fazach rozwoju jęczmienia) charakteryzujące gospodarkę azotową roślin (zawartość N w suchej masie, wartość NNI i wartość SPAD) są natomiast przydatne do diagnozowania i prognozowania zawartości białka w ziarnie. Wyznaczono krytyczne wartości indeksu zieloności liścia SPAD dla jęczmienia browarnego odmiany Rudzik. Wykazano możliwość sterowania równocześnie plonem i jakością ziarna przez stosowanie gęstych siewów, właściwie dobranej, przedsiewnej dawki nawozów azotowych i kompleksowej ochrony roślin przed chorobami z użyciem określonych fungicydów. Zawartość białka w ziarnie jest podstawowym, łatwo mierzalnym parametrem jego jakości i przydatności na cele browarnicze. Wykazano ścisłą zależność korelacyjną pomiędzy zawartością białka i parametrami technologicznymi ziarna i słodu, takimi jak ekstraktywność słodu, liczba Kolbacha, stopień odfermentowania i lepkość brzezki oraz siła diastatyczna.

Słowa kluczowe – key words: jęczmień jary – *spring barley*, plon ziarna – *grain yield* jakość browarna – *malting quality*, zmienność plonu i jakości ziarna – *variation of yield and grain quality*, diagnozowanie i prognozowanie plonu – *yield diagnosis and prognosis*, diagnozowanie i prognozowanie jakości ziarna – *diagnosis and prognosis of grain quality*

SPIS TREŚCI

Pecio A.: Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego	4
Malicki L.: Glosa do artykułu pt. Odpowiednie dać rzeczy słowo	113
Jelinowska A.: Uwagi dyskusyjne do artykułu pt. Odpowiednie dać rzeczy słowo	117
Z życia ESA i PTNA	118

CONTENTS

Pecio A.: Environmental and agrotechnical limitations of the grain yield and quality of malting barley	4
Malicki. L. Supplement to the article; To call the thing by the right name	113

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	7
1.1. Znaczenie gospodarcze jęczmienia browarnego	7
1.2. Zmienność plonów i jakości browarnej jęczmienia	10
1.3. Cel badań	12
2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA	12
2.1 Biologia plonowania i jakości ziarna	12
2.2 Uwarunkowania odmianowe	15
2.3 Wpływ warunków środowiska na wielkość i jakość plonu ziarna	18
2.4 Dobór gleby i czynniki agrotechniczne	19
3. MATERIAŁ, WARUNKI I METODYKA BADAŃ	24
3.1. Lokalizacja i charakterystyka doświadczeń polowych	24
3.2. Ocena jakości ziarna	26
3.3. Warunki wegetacji w latach badań	27
3.4. Sposób opracowania wyników	29
4. WYNIKI BADAŃ I DYKUSJA	31
4.1. Wpływ przebiegu pogody na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia	31
4.2. Zróżnicowanie plonu i jakości ziarna jęczmienia w obrębie pola płodo- zmiennego	38
4.3. Wpływ ilości wysiewu na wielkość i jakość plonu ziarna	67
4.4. Badania nad nawożeniem jęczmienia browarnego azotem	77
4.5. Wpływ chemicznej ochrony przed chorobami na wielkość i jakość plonu ziarna	85
4.6. Związek pomiędzy parametrami ziarna i parametrami słodu	94
5. WNIOSKI	96
6. WYKAZ PIŚMIENNICTWA	97
7. SUMMARY	108

CONTENTS

1. INTRODUCTION	7
1.1. Economic importance of malting barley	7
1.2. Variation of barley grain yield and quality	10
1.4. Purpose of the study	12
2. REVIEW OF THE LITERATURE	12
2.1 Biology of barley grain yield and quality	12

2.2.	Effects of cultivars	15
2.3.	Effects of environmental conditions on barley grain yield and quality	18
2.4.	Soil selection and agronomic factors	19
3.	MATERIALS, CONDITIONS AND METHODS	24
3.1.	Locations and description of field experiments	24
3.2.	Evaluation of grain quality	26
3.3.	Vegetation conditions in the study years	27
3.4.	Methods of analysis of results	29
4.	RESULTS AND DISCUSSION	31
4.1.	Effects of weather conditions on barley grain yield and quality	31
4.2.	Variation of barley grain yield and quality within production field ...	38
4.3.	Effect of sowing density on barley grain yield and quality	67
4.4.	Studies on nitrogen fertilization of malting barley	77
4.5.	Effect of chemical plant protection against diseases on barley grain yield and quality	85
4.6.	Relationship between grain and malt parameters	94
5.	CONCLUSIONS	96
6.	LITERATURE	97
7.	SUMMARY	108

1. WPROWADZENIE

1.1. Znaczenie gospodarcze jęczmienia browarnego

Powierzchnia uprawy jęczmienia na świecie wynosi ok. 70 mln ha i stanowi ok. 8% światowej powierzchni uprawy zbóż. W Rosji i łącznie w krajach Unii Europejskiej jęczmień zajmuje co piąty hektar uprawianej powierzchni gruntów ornych [Klepacki i in., 2001]. Tym samym w krajach UE jęczmień jest po pszenicy drugą najważniejszą rośliną zbożową, jakkolwiek w latach 1990-2000 wystąpiła generalna tendencja zmniejszania jego udziału w strukturze zasiewów. Największy udział jęczmienia (ponad 20% gruntów ornych) wykazują Dania, Hiszpania, Finlandia i Wielka Brytania, a najmniejszy Portugalia, Grecja i Włochy. Ostatnio wymienione kraje mają korzystny klimat do uprawy innych, bardziej wymagających pod względem warunków cieplnych roślin (np. kukurydza, ryż).

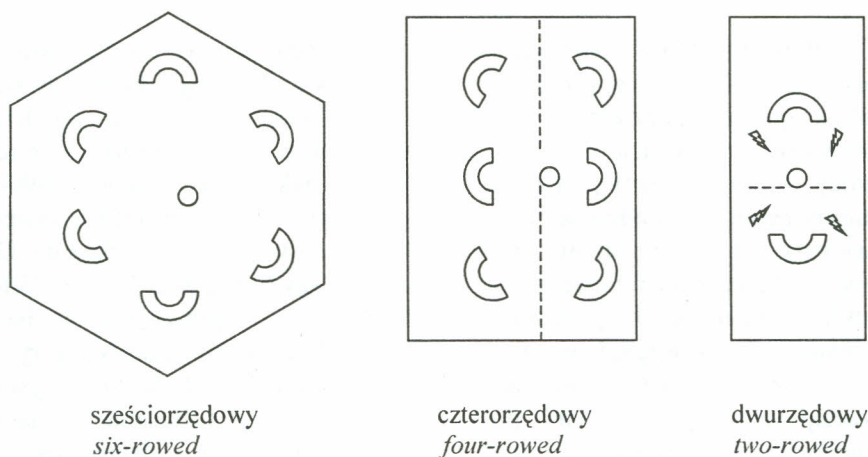
Jęczmień należy do najstarszych zbóż, które człowiek przed 15 tysiącami lat zaczął wykorzystywać jako pożywienie, a przed 10 tysiącami lat nastąpiło udomowienie jęczmienia i przez tysiąclecia odgrywał on podstawową rolę w żywieniu ludzi. Jeszcze w XIX wieku chleb jęczmienny był popularny na świecie, a zwłaszcza w Europie. Dzisiaj rola jęczmienia jako zboża konsumpcyjnego maleje i jest on wykorzystywany przede wszystkim jako surowiec do produkcji kasz. Większość (70–80%) zbiorów jęczmienia jest obecnie przeznaczana na paszę dla trzody, bydła, koni i owiec. Jęczmień pozostał natomiast niezastąpionym surowcem do produkcji słodu zużywanego przez przemysł gorzelniczy, cukierniczy, fermentacyjny, farmaceutyczny i inne.

Każdy z kierunków użytkowania jęczmienia ma specyficzne wymagania co do jakości ziarna, warunkującej jego przydatność do specjalnych celów. Parametry jakościowe ziarna wynikają przede wszystkim z budowy kłosa. U gatunku *Hordeum sativum*, do którego należą wszystkie formy uprawne jęczmienia, cechą charakterystyczną jest osadzenie na jednym piętunku osadki kłosowej trzech kłosek jednokwiatowych, z których płodne mogą być wszystkie lub tylko niektóre. Na podstawie liczby kłosek płodnych wyróżnia się dwa występujące w Polsce podgatunki, jęczmień wielorzędowy i 2-rzędowy (rys.1).

Podgatunek wielorzędowy ma wszystkie 3 kłoski płodne, ale sposób ich rozmieszczenia na osadce kłosowej, pozwala na wydzielenie dwóch form jęczmienia, 6-rzędowej i 4-rzędowej. Jęczmień 6-rzędowy ma krótki, zbity kłos, o krótkich (1,7-2,1 mm) członach osadki, wskutek czego ziarna sąsiednich pięterek naciskają na siebie i ustawiają się względem osadki w formie symetrycznej 6-ramiennej gwiazdy. Taki układ kłosa pozwala na jednolite wykształcenie ziaren, które są prawie jednakowe pod względem wielkości.

Jęczmień 4-rzędowy ma kłos luźny, człony osadki dłuższe (2,8-4,0 mm), a kłoski boczne przylegają do kłosa środkowego. W okresie nalewania, ziarna środkowe wyciskają na zewnątrz ziarna boczne, czego wynikiem jest ich częściowa deformacja. Są one szczuplejsze i drobniejsze, a przekrój kłosa jest prostokątny.

Podgatunek 2-rzędowy ma na każdym pięterku tylko po jednym środkowym kłosku płodnym, a dwa kłoski boczne są płonne.



Rys. 1. Schemat przekroju kłosa podgatunków i form jęczmienia

Fig. 1. Scheme of spike cross-section of cultivated barley subspecies

Jęczmień 2-rzędowy wykształca normalnie ziarniaki symetryczne, o regularnej budowie, charakteryzujące się stosunkowo niską zawartością białka, co warunkuje ich przydatność dla przemysłu browarniczego. U form wielorzędowych tylko ziarniaki środkowe są symetryczne, a pozostałe są bardziej lub mniej spłaszczone po bokach. Ziarniaki jęczmion wielorzędowych są na ogół smuklejsze i drobniejsze od ziarniaków jęczmion 2-rzędowych, i wykazują wyższą procentową zawartość białka. Cechy te decydują o przydatności ziarna tego podgatunku do celów paszowych i konsumpcyjnych.

Podgatunki jęczmienia występują jako formy ozime i jare. Jęczmień ozimy ma najczęściej kłos 6-rzędowy. Jego ziarno wykorzystywane jest przede wszystkim jako pasza dla zwierząt gospodarskich.

Jęczmień jary uprawiany w Polsce charakteryzuje się kłosem 2-rzędowym. Aktualnie w rejestrze znajduje się 37 odmian jęczmienia jarego, w tym 20 browarnych i 17 pastewnych [COBORU, 2002]. Na cele paszowe można uprawiać wszystkie odmiany, zarówno pastewne, jak i browarne, a głównym kryterium wyboru jest plon ziarna i białka. Na cele browarne należy uprawiać tylko odmiany browarne, przy czym im lepsza ich jakość, tym większa szansa uzyskania ziarna o pożądanym parametrach technologicznych. W ostatnich latach znacznie wzrosły wymagania przemysłu browarniczego. Słodownie kontraktują i skupują surowiec tylko wybranych, najlepszych odmian o wskaźniku syntetycznej oceny wartości browarnej powyżej 7,5 w skali 9-stopniowej (9 – ocena najwyższa). Stawiają również rygorystyczne wymagania odnośnie zewnętrznych parametrów ziarna, które musi być jednolite pod względem odmianowym oraz pozbawione zanieczyszczeń i pleśni. Ziarno o wilgotności nie większej niż 15% nie może być

porośnięte ani uszkodzone i powinno posiadać jednolitą jasną barwę z lekkim połyskiem, cienką i nie pomarszczoną łuskę oraz wykazywać swoisty zapach magazynowy. Wyrównanie ziarna w I klasie przydatności browarnej [Polska Norma, 1997] musi wynosić przynajmniej 95% co jest wskaźnikiem dobrego wypełnienia skrobią i łączy się z dużą masą 1000 nasion (40-45g). Wyrównane ziarna równomiernie chłoną wodę w trakcie moczenia i następnie jednolicie kiełkują.

Spośród parametrów wartości browarnej ziarna, ocenianych w trakcie skupu zasadnicze znaczenie ma zawartość białka [Garcia del Moral i in. 1998, Przulj i in. 1998, Przulj i Momcilovic 2001b], która powinna zawierać się w granicach 10,5-11,5% [Klockiewicz-Kamińska 1998, Polska Norma 1997]. Zawartości zarówno powyżej, jak i poniżej normatywnego przedziału są niekorzystne [Bathgate 1987]. W warunkach Polski częstym problemem jest zbyt duża zawartość białka w ziarnie, wynikająca z nadmiaru azotu w glebie oraz z okresowych niedoborów wody zarówno w fazie przed kwitnieniem, jak i w fazie wypełniania ziarna. Pomiedzy zawartością białka i zawartością skrobi w ziarnie jęczmienia występuje ujemna korelacja. Ziarno o nadmiernej zawartości białka i obniżonej zawartości skrobi daje słód o złej jakości. Zmniejsza się wówczas również ilość ekstraktu otrzymanego ze słodu [Edney i in. 1996]. Ilość uzyskanego ekstraktu jest bardzo ważnym wskaźnikiem wartości słodu. Słaba ekstraktywność słodu oznacza większą jego ilość, która jest potrzebna do wyprodukowania określonej ilości brzoeczki, co podnosi koszt produkcji piwa. Zbyt wysoka zawartość białka w ziarnie powoduje nie tylko zmniejszenie zawartości skrobi, ale może przedłużać czas namaczania i powodować nierównomierne pobieranie wody oraz nierównomierne kiełkowanie w czasie słodowania [Burger i in. 1979]. Prowadzi to do nadmiernej aktywności enzymów, niskiej ekstraktywności słodu, zbyt dużej ilości związków azotowych w brzoeczce, a w rezultacie do zmniejszenia wydajności warzelni, zmętnienia piwa, pojawiania się osadu i pogorszenia smaku [Baca 1998].

Jęczmień o zbyt małej zawartości białka (poniżej 9%) nie nadaje się również do produkcji piwa. Zawartość białka w ziarnie jest skorelowana z zawartością enzymów i ziarno jęczmienia ubogie w białko wykazuje niską siłę enzymatyczną [Edney i in. 1996]. Odpowiednia zawartość enzymów odgrywa szczególnie ważną rolę, jeżeli w technologii produkcji piwa stosowany jest dodatek innego surowca, bogatego w skrobię. Niezbędna jest ponadto określona zawartość nie białkowego azotu aminowego, przede wszystkim aminokwasów, stanowiących pożywkę dla drożdży.

O wartości browarnej ziarna jęczmienia decyduje też skład białka. Wartościowe są białka rozpuszczalne, biologicznie czynne albuminy, a zwłaszcza globuliny, które w całości przechodzą do roztworu wodnego w czasie sporządzania piwa i stanowią dobrą pożywkę dla drożdży fermentujących brzoeczkę. Duża ilość białek rozpuszczalnych ma wpływ na barwę piwa i właściwości piany [Edney i in. 1996, Kowalska i Ruśniak 1973].

Drugą istotną cechą ziarna jęczmienia browarnego, oznaczaną w skupie jest energia kiełkowania, która jest parametrem określającym stan fizjologiczny

ziarna i jest miernikiem jego żywotności. Energia kiełkowania powinna wynosić co najmniej 95%. Wysoka energia kiełkowania ogranicza straty ekstraktu w procesie słodowania oraz pozwala uzyskać wysokiej jakości jednorodny sód. Ziarna nie kiełkujące są nie tylko bezużyteczne, ale nawet szkodliwe ze względu na podatność na porażenie przez drobnoustroje.

Zawartość białka, energia kiełkowania ziarna i jego cechy organoleptyczne są oceniane na styku rolnictwo-przemysł i decydują o możliwości sprzedaży jęczmienia na cele browarne. W procesie technologicznym uwzględniane są podstawowe mierniki jakości siodu jak ekstraktywność, liczba Kolbacha, stopień ostatecznego odfermentowania brzezki, lepkość brzezki i siła diastatyczna. Są to jednak mierniki mniej interesujące rolnika i nie mające bezpośredniego wpływu na powodzenie uprawy jęczmienia browarnego.

Produkcja piwa w Polsce w latach 1960-1990 utrzymywała się na podobnym poziomie około 12 mln hl rocznie. W latach 90-tych produkcja piwa wzrosła do ponad 23 mln hl rocznie, a plany przemysłu browarnego zakładają dalszy jej wzrost do 36 mln hl w roku 2005 [Michalski, 2001]. W przeliczeniu na statystycznego mieszkańca spożycie piwa zwiększyło się z 40 l w roku 1995 do ponad 66 l w roku 2000 przy aktualnym potencjale produkcyjnym krajowych browarów wynoszącym 33 mln hl/rok. Zabezpiecza to podaż piwa na poziomie 85 l na 1 mieszkańca. Perspektywicznie produkcja piwa wymagać będzie zużycia ponad 300 tys. ton ziarna jęczmienia do produkcji siodu. Polskie siodownie wykorzystują jednak tylko w niewielkiej części rodzimy surowiec. Z aktualnych danych wynika, że pokrycie zapotrzebowania na surowiec jęczmienny z rynku krajowego wynosi 25% [Jurkowski i Kruk-Porowska, 1997] do 40% [Dubiel, 1996]. Duża ilość siodu jest importowana głównie z Czech, Słowacji i Niemiec. Na potrzeby browarnictwa zużywane jest w związku z tym jedynie ok. 5-6% zbieranego w kraju jęczmienia. Browarnictwu potrzebne są duże jednolite partie ziarna o pożądanym cechach jakościowych. Z uwagi na zmienność czynników środowiska i agrotechniki, a także rozproszenie produkcji, uzyskanie takich partii surowca z zasobów krajowych jest trudne, co w części uzasadnia konieczność jego importu.

1.2. Zmienność plonów i jakości browarnej jęczmienia

Potencjalne możliwości produkcji jęczmienia browarnego w Polsce są duże, a głównym czynnikiem ograniczającym jest zmienność czasowa i przestrzenna wielkości, a przede wszystkim jakości plonu ziarna.

Jęczmień jary ma najkrótszy ze zbóż okres wegetacji (około 100 dni) i dlatego jest wrażliwy nawet na krótkotrwałe niedobory jak również nadmiary wody [Gąsiorowski 1997]. Niesprzyjające warunki klimatyczne i siedliskowe ujemnie oddziałujące na plon, wpływają zwykle również na zwiększenie zawartości białka w ziarnie. Jest to korzystne przy uprawie jęczmienia na cele pastewne, ale niekorzystne dla jęczmienia browarnego. Dla uprawy jęczmienia browarnego w pierwszej fazie po siewie pożądana jest temperatura od 6°C do 8°C i niewielkie opady. Później w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia, korzystna jest wysoka

temperatura, od 17 °C do 19 °C i umiarkowane opady. W okresie po wykłoszeniu słoneczna i ciepła pogoda stwarza odpowiednie warunki dla intensywnego przebiegu fotosyntezy i dobrego wypełniania ziarna. Przy upalnej pogodzie w tym okresie następuje skrócenie wegetacji jęczmienia i zmniejszenie plonu ziarna.

Jęczmień jary ma dość duże wymagania glebowe, większe niż żyto i owies, ze względu na słabo rozwinięty system korzeniowy i krótki okres wegetacji [Słaboński 1976]. Roślina ta wymaga gleb o wysokiej kulturze, zasobnych w wapń i próchnicę. Największe plony ziarna o dobrej wartości browarnej uzyskuje się w stanowiskach po burakach lub ziemniakach uprawianych na oborniku. Dobry przedplon dla jęczmienia paszowego stanowią rośliny motylkowate, ale uprawa w tym stanowisku jęczmienia borowanego nie jest zalecana z uwagi na możliwy, nadmierny wzrost zawartości białka w ziarnie.

Ujemny wpływ niesprzyjających warunków siedliska na wielkość i jakość browarną plonu ziarna można w pewnym stopniu ograniczyć poprzez stosowanie właściwych zabiegów agrotechnicznych. Do najważniejszych zabiegów agrotechnicznych należą termin siewu i ilość wysiewu, nawożenie, zwłaszcza azotem i ochrona roślin. Zabiegi te decydują o liczbie kłosów i ich produktywności, a tym samym o wielkości plonu ziarna jęczmienia jarego [Lauer 1990]. Wcześniej siany jęczmień plonuje zwykle lepiej, charakteryzuje się mniejszą zawartością azotu w ziarnie i mniejszą ilością łuski [Conry 1995, Lauer 1990].

Obsada roślin na jednostce powierzchni jest czynnikiem bardzo silnie modyfikującym poziom plonowania i jakość ziarna jęczmienia [Jedel i in. 1995, Szmigiel i Oleksy 1998]. Zagęszczanie roślin na jednostce powierzchni zwiększa ich wzajemne zacienianie się i zmniejsza natężenie światła na jednostkę powierzchni liścia. Następuje wtedy ograniczenie fotosyntezy przypadającej na jednostkę powierzchni liścia, powodując zmniejszenie przyrostu suchej masy oraz wielkości pojedynczej rośliny. Gęsty siew powoduje ograniczenie rozkrzewienia roślin, które prowadzi do zmniejszenia plonu ziarna [Pecio 1995]. Pojedyncze ziarno jest jednak lepiej wykształcone i bardziej wyrównane, a także zawiera mniej białka (Szmigiel i Oleksy 1998).

Na wielkość i jakość plonu jęczmienia decydujący wpływ ma zrównoważone nawożenie azotem, fosforem i potasem [Słaboński 1976]. Duże dawki nawozów azotowych pod jęczmień browarny wpływają na podwyższenie zawartości białka w ziarnie. Umiarkowane zaopatrzenie w azot przy dobrym zaopatrzeniu w fosfor i potas, powoduje zwiększenie plonu ziarna, nie powodując nadmiernego przyrostu zawartości białka. Fosfor przeciwdziała wyleganiu roślin, przyspiesza ich rozwój, wpływając dodatnio na wartość browarną jęczmienia, a zwłaszcza na ekstraktywność słodu. Dobre zaopatrzenie w potas ogranicza podatność na choroby i sprzyja lepszemu wypełnieniu ziarna. Zmniejsza się wówczas zawartość białka, a zwiększa ilość węglowodanów w ziarnie jęczmienia.

Ochrona łanu przed chwastami, chorobami i szkodnikami jest ważnym elementem technologii uprawy jęczmienia browarnego, gdyż powodują one zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej roślin. Stosowanie chemicznej ochrony roślin wpływa na przedłużenie czasu trwania zielonej powierzchni liści [Ruiter i Brooking 1996]. Większa powierzchnia zielona wytworzona w okresie przed

kwitnieniem jęczmienia determinuje większą powierzchnię, która bierze udział w fotosyntezie po kwitnieniu [Bertholdsson 1999, Przulj i Momcilovic 2001a]. Jest to istotne dla dobrego wykształcenia ziarna i uzyskania pożądanej jakości browarnej.

1.3. Cel badań

Jak wynika z przedstawionych rozważań główną przeszkodę w samowystarczalności Polski w zakresie produkcji jęczmienia browarnego stanowi zmienność wielkości plonów, a przede wszystkim zmienność jakości ziarna produkowanego w kraju. Celem przedstawionej pracy o charakterze monograficznym była kwantyfikacja czynników, które powodują zmienność plonu i jakości ziarna oraz określenie możliwości ograniczenia tej zmienności poprzez optymalizację zabiegów agrotechnicznych. U podstaw badań leży hipoteza, że w warunkach Polski można wyprodukować odpowiednią ilość ziarna jęczmienia w pełni przydatnego na cele browarne.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

Specyfika uprawy jęczmienia browarnego polega na dążeniu do osiągnięcia dwóch pozornie sprzecznych celów [Bertholdsson 1998, Eagles i in. 1995, Zhao i in. 1988]. Pierwszym celem jest uzyskanie możliwie dużego plonu dobrze wykształconego ziarna. Celem drugim jest wyprodukowanie ziarna o właściwych parametrach jakościowych, zapewniających produkcję dużej ilości ekstraktu słodowego i wysoką siłę diastatyczną. Maksymalizacja plonowania związana jest przede wszystkim ze stosowaniem dużych dawek azotu, co powoduje wzrost zawartości białka w ziarnie. Realizacja celu drugiego jest natomiast możliwa pod warunkiem uzyskania ziarna o odpowiednio niskiej zawartości białka [Baca 1998].

2.1. Biologia plonowania i jakości ziarna

Plon ziarna jęczmienia zależy głównie od ilości wyprodukowanej biomasy w okresie wzrostu wegetatywnego i ilości asymilatów przemieszczonych do ziarna. Niektórzy autorzy [Ruiter i in. 1994] twierdzą, że największy wpływ na cechy rośliny w fazie dojrzałości mają procesy zachodzące przed kwitnieniem. Okres ten ma ogromne znaczenie, gdyż liczba ziaren na jednostce powierzchni, które są zawiązywane w czasie kwitnienia, jest proporcjonalna do całkowitej biomasy zakumulowanej do tego czasu [Dyson 1977, Russel i Ellis 1988]. Również plon dojrzałego ziarna jest w przybliżeniu równy biomasie roślin w fazie ukazywania się kłosów [Dyson 1977]. Russel i Ellis [1988] stwierdzili, że 71% zmienności w plonie jęczmienia jarego jest związana z długością okresu od wschodów do kwitnienia.

Asymilaty przemieszczane do ziarna jęczmienia mogą pochodzić z zapasów zgromadzonych w liściach, łodygach i innych wegetatywnych częściach

rośliny przed kwitnieniem lub z bieżącej asymilacji w czasie wypełniania ziarna [Przulj i Momcilovic 2001a,b]. Zapas węgla w wegetatywnych częściach roślin występuje w formie rozpuszczalnych w wodzie węglowodanów, a zapas azotu w formie aminokwasów i białek. Składniki te są potencjalnie dostępne w okresie nalewania ziarna [Austin in. 1977, Schnyder 1993]. Ilość suchej masy oraz nagromadzonego azotu w tkankach wegetatywnych roślin jest związana z układem warunków pogody [Przulj i Momcilovic 2001a]. W warunkach kiedy przebieg wegetacji nie był zakłócany przez stresy związane z wpływem czynników środowiska (temperatura, opady, choroby), rośliny gromadzą znacznie większe ilości suchej masy i azotu w okresie przed kwitnieniem niż w warunkach stresowych. Blum [1998] podaje, że w przy korzystnym układzie warunków środowiska rośliny gromadziły do fazy kwitnienia 58% suchej masy i 91% azotu, podczas gdy w warunkach niekorzystnych tylko 48% suchej masy i 65 % azotu.

Akumulacja biomasy w dużym stopniu jest determinowana przez wielkość powierzchni asymilacyjnej i zawartość azotu, które łącznie decydują o absorpcji światła i aktywności fotosyntetycznej roślin. Znaczenie azotu w fotosyntezie polega na tym, że znaczna jego część w liściu znajduje się w enzymie Rubisco, który umożliwia włączenie CO₂ do trójfosforanów w procesie fotosyntezy [Natr 1995]. Upraszczając można powiedzieć, że więcej azotu oznacza więcej enzymu Rubisco i większe pobranie CO₂, a zatem większe tempo produkcji suchej masy. Taka zależność pomiędzy zawartością azotu i fotosyntezą była potwierdzona w różnych warunkach doświadczalnych i w odniesieniu do większości gatunków roślin uprawnych. Hodowla jęczmienia prowadzona była jednak w kierunku zmniejszenia potencjalnego tempa fotosyntezy roślin, które kompensowano poprzez zwiększanie powierzchni liści [Evans i Dustone 1970, Rees i in. 1993]. W konsekwencji na akumulację biomasy jęczmienia w okresie wegetacji większy wpływ ma ilość zaabsorbowanego światła niż tempo fotosyntezy [Russel i in. 1989, Lawlor 1995, Triboi i Triboi-Blindel 2002]. Z tego względu produkcję suchej masy i jej rozdysponowanie próbuje się dosyć często opisywać za pomocą wskaźników decydujących o absorpcji światła w łanie, zwłaszcza indeksu powierzchni liściowej LAI (*Leaf Area Index*), a niekiedy także okresu trwania powierzchni asymilacyjnej liści LAD (*Leaf Area Duration*), czy elementów architektury łanu.

Przez okres około 7 dni licząc od daty kwitnienia biomasa roślin jęczmienia zwiększa się tylko o ok. 2% dziennie [Russel i Ellis 1988], przy czym asymilaty są gromadzone jako rezerwa dla wzrostu ziarna w osadkach kłosowych [Fisher i Stockman 1986, Kirby 1988, Kiniry 1993].

Okres wzrostu ziarna zaczyna się po około 7 dniach od daty kwitnienia [Bindraban 1997]. Jest to tzw. faza realizacji plonu, która fenologicznie rozciąga się od fazy pełni kwitnienia do dojrzałości fizjologicznej ziarna. Następuje wtedy gromadzenie substancji zapasowych w ziarnie, które w warunkach bezstresowych zasilane jest głównie z bieżącej fotosyntezy [Bonnett i Incoll 1992, Kühbauch i Thome 1989, Shatilov i in. 1994]. Główną rolę w dostarczaniu asymilatów do kłosa odgrywają liście pod- i podpodflagowy (ok. 60% ogólnej ilości asymilatów). Z reguły liście te są większe i wykazują dłuższą aktywność niż liść flagowy.

Udział w ogólnej puli asymilatów pochodzących z organów innych niż liście może jednak dochodzić do ponad 40%, przy czym udział kłosów nie przekracza 28%. Pozostała część przypada na ości, których udział w puli dostarczanych asymilatów rośnie w miarę dojrzewania ziarna. Asymilacja w okresie po kwitnieniu jako źródło materiałów do wypełniania ziarna zależy od wielkości powierzchni zdolnej do intercepcji światła. Powierzchnia ta ulega zmniejszeniu w wyniku naturalnego zamierania liści, na skutek różnych sytuacji stresowych [Bidinger 1977] oraz wykorzystania zapasów węgla i azotu w celu wypełniania ziarna [Austin i in. 1980, Gaunt i Wright 1992]. Straty te występują również na skutek respiracji części wegetatywnych w fazie po kwitnieniu [Austin i in. 1980, Rawson i Evans 1971].

Materiały zapasowe nagromadzone w łodygach mają mały (ok. 5-11%) udział w wypełnianiu ziarna [Austin i in. 1980, Wardlaw i Porter 1967]. W badaniach Bidingera i in. [1977] udział asymilatów zgromadzonych przed kwitnieniem stanowił 12-27% masy ziarna i nie stwierdzono zmniejszenia masy części wegetatywnych roślin w okresie po kwitnieniu. Wzrost masy ziarna nastąpił głównie w wyniku procesu fotosyntezy i przemieszczania rozpuszczalnych w wodzie węglowodanów. Triboi i Triboi-Blindel [2002] twierdzą nawet, że plon ziarna jest wyłącznie funkcją aktywności fotosyntetycznej roślin w okresie po kwitnieniu.

W warunkach oddziaływania na rośliny stresów, w tym zwłaszcza suszy i wysokiej temperatury, rośnie udział w plonie ziarna rezerwy węglowodanów nagromadzonej przez rośliny w źdźbłach [Austin i in. 1980, Bindra i in. 1997, Dyson 1977, Kühbauch i Thome 1989, Shatilov i in. 1994]. Całkowita ilość uruchamianych rezerw zależy od nasilenia stresu i czasu jego trwania. Wahać się ona może od 10 do 70% końcowego plonu ziarna [Austin i in. 1980, Bidinger i in. 1977, Blacklow i in. 1984, Gallagher i in. 1975, Gent 1994, Palta i in. 1994, Przylj i Momcilovic 2001a]. Gallagher i in. [1975] obserwowali straty masy jęczmienia do 3 t z ha w okresie pomiędzy kwitnieniem i dojrzewaniem, co odbywało się kosztem asymilatów zgromadzonych w ro linach przed kwitnieniem.

Azot nagromadzony w roślinach w czasie wzrostu wegetatywnego oraz pobrany z gleby w okresie po kwitnieniu stanowi źródło białka w ziarnie [Bulman i Smith 1993a]. W plonie końcowym ziarna jęczmienia może znajdować się 10-100% ilości azotu pobranego w okresie przed kwitnieniem [Carreck i Cristian 1991, Bulman i Smith 1994]. Rzeczywista ilość azotu nagromadzonego przed kwitnieniem, która jest wykorzystywana do wypełniania ziarna jest jednak trudna do określenia, z uwagi na straty azotu i nie znany na ogół udział korzeni w bilansie składnika [Roco i Mengel 2000]. W okresie po kwitnieniu rośliny kontynuują pobieranie azotu i pewna jego ilość może być nagromadzona w czasie nalewania ziarna [Austin i in. 1977, Cox i in. 1986]. Ruiter i Haslemore [1996] wykazali jednak, że zawartość azotu w ziarnie oraz parametry wartości browarnej ziarna są głównie determinowane przez całkowitą zawartość azotu w nadziemnej masie roślin, zwłaszcza w czasie kwitnienia. Również inni autorzy [Bulman i Smith 1994, Ruiter i in. 1994, Ruiter i Haslemore 1996] stwierdzili brak związku pomiędzy pobraniem azotu przez rośliny w okresie po kwitnieniu a jego zawartością w ziarnie. Według Cox i in. [1986] pobranie azotu w okresie po

kwitnieniu wpływało na plon białka, ale nie miało wpływu na jego zawartość w ziarnie.

Zmiany w zawartości białka w ziarnie występują wtedy, gdy w okresie jego wypełniania warunki stresowe powodują zmniejszenie aktywności fotosyntetycznej, a zatem i ilości dostępnych węglowodanów dla syntezy skrobi. Równocześnie następuje zwiększone przemieszczanie azotu z części wegetatywnych do ziarna. W konsekwencji obydwu procesów zmniejsza się plon ziarna, a zwiększa zawartość w nim azotu [Sanford i MacKown 1987, Bulman i Smith 1994]. Pomiedzy całkowitą akumulacją suchej masy po kwitnieniu i całkowitą ilością azotu w dojrzałej roślinie i ziarnie występuje silna dodatnia korelacja [Bulman i Smith 1994]. Według Ruiter i in. [1994] pobranie azotu w okresie po kwitnieniu nie jest na ogół związane z zawartością azotu w ziarnie jęczmienia. Na obszarach suchych istnieje dlatego możliwość zwiększenia plonów poprzez późne stosowanie azotu bez obawy pogorszenia browarnej jakości ziarna. W badaniach McNeal i in. [1972] odmiany o wysokiej zawartości białka w ziarnie nie akumulowały więcej azotu w okresie po kłoszeniu niż odmiany o niskiej zawartości białka.

Plon ziarna jęczmienia jarego zależy od struktury plonu pojedynczej rośliny i architektury łanu. Struktura przestrzenna łanu powinna stwarzać roślinom optymalne warunki do przebiegu fotosyntezy, gdyż wpływa to korzystnie na przebieg procesów rozwojowych, które decydują o plonie ziarna i jego jakości. Pojedyncze rośliny tego samego gatunku rosnące w łanie różnią się znacznie wzrostem, rozwojem i cechami morfologicznymi, co wynika stąd, że pod względem fizjologicznym stanowią one populacje osobników, które charakteryzują się niejednakowym wigorem oraz różną reakcją na zmiany warunków środowiska. Zróżnicowanie roślin w łanie powoduje nasilenie się wzajemnych oddziaływań konkurencyjnych, a w następstwie zwiększa się zmienność liczby roślin i kłosów oraz stopień ich rozwoju, co prowadzi do tzw. poziomego rozwarstwienia łanu. Pędy wcześniej pojawiające się na roślinie są z reguły wyższe od pędów później wykształconych. Wraz ze zwiększeniem intensywności krzewienia różnice się pogłębiają. W konsekwencji opisanych procesów wielkość i struktura plonu pędów wytworzonych w różnym czasie jest znacznie zróżnicowana [Pecio 1995].

2.2. Uwarunkowania odmianowe

Dla przemysłu browarnego szczególnie duże znaczenie ma jednorodność odmianowa dostarczonej partii ziarna. Jest ona jednym z najważniejszych czynników gwarantujących odpowiednią wartość technologiczną jęczmienia browarnego. Zależnie od odmiany różny jest potencjał enzymatyczny ziarna w procesie słodowania i w procesie zacierania słodu w warzelni. Powoduje to zróżnicowaną przydatność odmian dla celów browarnictwa [Delogu i Stanca 1998, Duijnhouwer 1991, Kowalska i Bichoński 2000, Kowalska i in. 2000, Klockiewicz-Kamińska 1998, Timmer i in. 1993, Tong i Yan 1989]. W praktyce tylko odmiany zakwalifikowane do grupy browarnych gwarantują uzyskanie wysokiej jakości słodu. Są to odmiany niskobiałkowe i na ogół wysokoplonujące

[Garstang i Giltrap 1990, Kopchuk i in. 1995, Weston i in. 1993]. W warunkach stresowych słabo reagują wzrostem zawartości białka w ziarnie.

Niektóre odmiany o wysokiej ocenie wartości browarnej charakteryzują się jednak małą stabilnością zawartości białka w ziarnie i po pewnym okresie muszą być usuwane z rejestru odmian [Horsley i in. 1995]. Różnice w stabilności zawartości białka w ziarnie mogą być wyjaśnione przez zróżnicowaną tolerancję na suszę i dostępność azotu [Bertholdsson 1999]. Odmiany niestabilne reagują na ograniczony dostęp azotu zmniejszonym krzewieniem roślin. Powoduje to, że na skutek zmniejszonej liczby kłosów większa jest ilość azotu przemieszczanego do pojedynczego ziarna. Stabilne odmiany są na ogół bardziej rozkrzewione i tym samym bardziej tolerancyjne na ograniczony dostęp azotu. Pędy boczne stanowią u tych odmian źródło węgla i azotu w okresie po kwitnieniu [Chafai El Alaoui i in. 1992], co zmniejsza ryzyko podwyższenia zawartości białka w ziarnie w wyniku przyspieszonej dojrzałości. Silnie rozkrzewione odmiany są jednak bardziej wrażliwe na stres po kwitnieniu, bowiem nadmierna produkcja pędów bocznych mających słabą szansę na przetrwanie, może powodować zmniejszenie plonu i zwiększenie zawartości białka w ziarnie [Birch i Long 1990, Fathi i in. 1997].

Bertholdsson [1999] zaproponował ideotyp odmiany o niskiej i stabilnej zawartości białka w ziarnie, który został potwierdzony w badaniach Kudła i Kudła [1996]. Odmiana taka powinna się charakteryzować opóźnionym kłoszeniem i dojrzewaniem, krótką łodygą, niskim indeksem powierzchni liściowej LAI i dużą krzewistością. Najważniejszym elementem struktury plonu w tym ideotypie jest liczba kłosów na m^2 , która zapewnia lepszą zdolność kompensacji plonu niż MTZ czy liczba ziaren w kłosie. W przypadku opóźnienia fazy kłoszenia możliwe jest wykształcenie większej liczby pędów kłosonośnych. Odmiany z mniejszą ilością, ale dłuższymi pędami i większymi kłosami mogą zmieniać te cechy zależnie od środowiska tylko w określonych granicach liczby wykształconych ziaren lub masy ziarna. Odmiany silniej krzewiące się wykazują natomiast wyższy potencjał plonowania z mniejszym ryzykiem wzrostu zawartości białka ponad normę. Krzewienie ma bezpośredni wpływ na biomasę i pobranie azotu w czasie kłoszenia i dojrzałości. Zawartość białka w ziarnie jest natomiast związana z wysokością roślin oraz indeksem powierzchni liściowej LAI i terminem kłoszenia.

Badania wielu autorów wykazały zróżnicowaną reakcję odmian na czynniki środowiska [Bertholdsson 1999, Cox i in. 1986, Garstang i Giltrap 1990, Weston i in. 1993]. Stwierdzono, że plony wczesnych odmian jęczmienia były dodatnio skorelowane z ilością opadów w fazie strzelania w źdźbło i ujemnie skorelowane z ilością opadów w czasie kwitnienia i wypełniania ziarna [Przulj i in. 1999]. Plony ziarna odmian późnych były natomiast ujemnie skorelowane z całkowitą ilością opadów w całym sezonie wegetacyjnym. Silną, ujemną korelację z ilością opadów stwierdzono szczególnie w drugiej połowie fazy wypełniania ziarna. Masa 1000 ziaren i masa hektolitra były dodatnio skorelowane z wyższymi temperaturami w fazie kłoszenia, kwitnienia i wypełniania ziarna oraz ujemnie skorelowane z wyższymi opadami w fazie strzelania w źdźbło, kwitnienia i wypełniania ziarna.

Bardzo ważną rolę w produkcji ziarna na cele browarne odgrywa uprawa odmian zaadaptowanych do warunków danego rejonu [Hoad i Cranstoun 1999]. W badaniach Mikes [1989] różne odmiany jęczmienia uprawiane na północy Węgier plonowały gorzej niż w pozostałych rejonach kraju i charakteryzowały się wyższą zawartością białka w ziarnie. Według Przulj i Momcilovic [2001a] odmiany, które są wyhodowane i zaadaptowane do lokalnych warunków lepiej tolerują występujące tam stresy biotyczne i abiotyczne. Stresy te, a zwłaszcza susza, powodują ograniczenie aktywności fotosyntetycznej roślin, które są zmuszone do wykorzystywania rezerw asymilatów nagromadzonych w częściach wegetatywnych. Większy udział nagromadzonej przed kwitnieniem suchej masy w plonie ziarna jest zwykle związany z mniejszymi plonami ziarna jęczmienia. [Bidinger i in 1977].

Bardziej stabilne odmiany jęczmienia wykorzystują w mniejszym stopniu zapasy z części wegetatywnych do wypełniania ziarna. Zalecana może być zatem selekcja genotypów jęczmienia pod kątem ich tolerancji na stresy w okresie wypełniania ziarna i efektywności wykorzystania bieżącej fotosyntezy, a w praktyce genotypów charakteryzujących się dłuższym okresem trwania powierzchni asymilacyjnej liści. Jednakże Blum i in. [1994] stwierdzili, że u odmian dobrze wykorzystujących rezerwy zgromadzone przed kwitnieniem szybciej zamierają liście, co wskazuje że cechy te wzajemnie się wykluczają. Sugerowałoby to konieczność selekcji obu rodzajów genotypów tzn. jednego z większą zdolnością wykorzystywania rezerw zgromadzonych przed kwitnieniem do wypełniania ziarna i drugiego, charakteryzującego się bardziej efektywną asymilacją po okresie kwitnienia. Genotypy z opóźnionym zamieraniem liści i efektywnie wykorzystujące suchą masę zgromadzoną po kwitnieniu byłyby odpowiednie do uprawy w warunkach bezstresowych. Genotypy o przyspieszonym zamieraniu liści i efektywnie wykorzystujące suchą masę nagromadzoną przed kwitnieniem byłyby natomiast odpowiednie dla rejonów, w których występują czynniki stresowe (zwłaszcza susze) w okresie po kwitnieniu jęczmienia.

Wyniki badań wskazują na istotne różnicowanie pomiędzy odmianami pod względem pobrania i wykorzystania azotu. Stwarza to możliwość dostosowania nawożenia azotem do potrzeb odmiany, a przez to zwiększenia plonu i poprawienia jakości jęczmienia browarnego [Przulj i Momcilovic 2000a,b]. Lekes i Ziniseva [1990] stwierdzili, że tradycyjne, długosłone odmiany wykazują reakcję negatywną na zwiększone dawki nawożenia azotem, podczas gdy nowe, krótkosłone odmiany umożliwiają stosowanie dawek nawet 60-80 kg N/ha i uzyskiwanie większego plonu, związanego głównie z większą liczbą produktywnych kłosów na jednostce powierzchni [Lekes i Ziniseva 1990].

Wybór zaadaptowanej do warunków lokalnych odmiany, unikanie odmian o dużej zdolności do pobierania azotu i dostosowanie wielkości dawki azotu do wymagań odmiany to podstawowe sposoby wykorzystania różnic międzyodmianowych do poprawy jakości ziarna jęczmienia browarnego. W badaniach własnych uwzględniono te czynniki przy doborze odmian, natomiast czynnik odmianowy nie stanowił właściwego przedmiotu badań.

2.3. Wpływ warunków środowiska na wielkość i jakość plonu ziarna

Zawartość białka w ziarnie jest w dużym stopniu modyfikowana przez warunki środowiska i nawet u najlepszych odmian browarnych trudno ją utrzymać w pożądanym zakresie [Bathgate 1987, Bertholdsson 1998, Bertholdsson 1999, Clancy i in. 1991, Duijnhouwer 1991, Jedel i Helm 1995, Klockiewicz-Kamińska 1998, Ruiter i Haslemore 1996, Smith 1990, Therrien i in. 1994]. Zmienność warunków pogody w latach modyfikuje rytm wzrostu i rozwoju roślin, w tym systemu korzeniowego, a przez to wpływa na zróżnicowanie wykorzystania wody [Bertholdsson 1999], wielkość plonu ziarna [Górski i in. 1999] i zawartość białka w ziarnie [Bathgate 1987, Bertholdsson 1999, Cizner 1995, Dudas 1994a, Eagles i in. 1995, Kukuła i in. 1999, Macuhova i Podobá 1988, Przulj i in. 1999, Smith 1990, Prochazka i Hudcova 1989] oraz skuteczność zabiegów agrotechnicznych [Kaniuczak 1997, Kaniuczak 2001, Kozłowska-Ptaszyńska i Pecio 1999, Pecio i in. 2000].

Bertholdsson [1998] wykazał, że zmienność zawartości białka w ziarnie jęczmienia jest determinowana w niemal 90% przez rok uprawy, zaopatrzenie w azot i warunki wilgotnościowe gleby, a tylko w 7% przez genotyp rośliny. Pozostała zmienność wynika z interakcji tych czynników. Savin i Nicolas [1996] 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 obydwie stresy wystąpiły jednocześnie (30%). W badaniach innych autorów plon ziarna był w większym stopniu zależny od temperatury niż od opadów [Szwejkowski i Wanic, 1995], a największe plony uzyskiwano w latach chłodniejszych [Chen i in. 1988]. Ujemny wpływ wysokiej temperatury na plon ziarna jęczmienia i jego jakość browarną podkreślają również Savin i in. [1996, 1997a,b] oraz Wallwork [1998a,b]. Conry i Keane [1994] wykazali, że mała liczba ziaren w kłosie jest skutkiem niesprzyjających warunków pogodowych w okresie początkowego rozwoju roślin i kwitnienia. Nie potrafili jednak określić, które z czynników klimatycznych były decydujące. Duży wpływ środowiska oraz stosunkowo mały wpływ genotypu na zawartość białka w ziarnie jęczmienia jest zgodny z badaniami innych autorów [Eagles i in. 1995, Przulj i in. 1999]. Zmienność zawartości białka w ziarnie, wynikająca ze zmienności warunków środowiska jest głównie objaśniana przez długość okresu od wschodów do kłoszenia i dojrzałości oraz przez liczbę ziaren w kłosie.

W produkcji jęczmienia browarnego głównym czynnikiem, decydującym o rozwoju roślin, elementach struktury plonu, zawartości białka w ziarnie i innych parametrach wartości browarnej jest dostępność azotu [Bertholdsson 1998, Eagles i in. 1995, Weston i in. 1993]. Na pobieranie azotu i jego przemieszczanie w roślinie istotny wpływ mają warunki środowiskowe w fazach zarówno przed jak i po kwitnieniu [Przulj i Momcilovic 2001b]. Bertholdsson [1999] opisuje dwa najczęściej spotykane scenariusze stresowych warunków pogody. W pierwszym scenariuszu susza przed kwitnieniem jęczmienia ogranicza pobranie azotu w fazie rozwoju wegetatywnego i zmniejsza potencjalny plon ziarna [Coles i in. 1991]. 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 stężenia białka w ziarnie.

Procentowa zawartość białka w ziarnie zależy nie tylko od bezwzględnej ilości azotu pobranego przez roślinę, ale również od ilości nagromadzonych węglowodanów, to znaczy od stosunku C:N w okresie nalewania ziarna [Cox i in. 1986]. Bhullar i Jenner [1986] opisali odmienny przebieg procesów akumulacji skrobi i azotu w ziarnie w warunkach wysokiej temperatury. Synteza węglowodanów, które stanowią główną część masy ziarna, jest kontrolowana przez procesy zachodzące wewnątrz ziarna w czasie jego wypełniania, podczas gdy białko pochodzi głównie z aminowych form azotu, przemieszczanych z liści i łodyg [Jenner i in. 1991]. Wysoka temperatura w okresie wypełniania ziarna jest główną przyczyną zwiększonej zawartości białka w ziarnie [Przulj i in. 1999, Szejtkowski i Wanic 1995], gdyż powoduje ograniczenie konwersji sacharozy do skrobi poprzez zmniejszenie aktywności katalitycznej odpowiednich enzymów i opóźnienie ich aktywacji po ustąpieniu stresu temperaturowego [Jenner i in. 1993]. Następuje wówczas zahamowanie budowy granul skrobi i zmniejszenie jej zawartości z równoczesnym zwiększeniem procentowej zawartości azotu w ziarnie [Savin i Nicolas 1996, Savin i in. 1997a, Wallwork 1998a]. Powoduje to jednoczesną redukcję plonu i pogorszenie jakości browarnej ziarna na skutek redukcji wielkości ziarna i zwiększenia udziału łuski oraz zmniejszenia ekstraktywności słodu. Stwierdzono także zwiększenie kruchości endospermu, co powoduje zaburzenia w procesie słodowania.

2.4. Dobór gleby i czynniki agrotechniczne

Jak wykazano powyżej procesy fizjologiczne związane z tworzeniem plonu ziarna jęczmienia i jego jakością są w dużym stopniu związane z układem warunków pogody w okresie wegetacji. Istnieją jednak możliwości zapobiegania i kompensowania ich negatywnego wpływu poprzez dobór gleby i stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych. Jęczmień, z uwagi na słabo rozwinięty system korzeniowy, jest szczególnie wrażliwy na właściwy dobór gleby do jego uprawy. Roślina ta wymaga gleb zasobnych w przyswajalne składniki pokarmowe i o uregulowanych stosunkach wodno-powietrznych. Warunki takie sprzyjają dobremu krzewieniu roślin i wytwarzaniu kolejnych korzeni przybyszowych. Dobrze rozkrzewione rośliny jęczmienia charakteryzują się większą produktywnością pędu głównego ponieważ pędy boczne są źródłem jego zasilania w składniki pokarmowe [Pecio 1995].

Rodzaj gleby wpływa na plon ziarna i zawartość białka w ziarnie jęczmienia przede wszystkim poprzez zróżnicowaną dostępność azotu. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Muller [1988] 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) 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. Zawartość białka w ziarnie wynosiła odpowiednio 10,0 i 12,8%.

Wielu autorów zwraca uwagę, że stosowanie dużych dawek azotu sprzyja uzyskaniu zadowalającego plonu ziarna, ale nie zawsze wpływa korzystnie na jego jakość [Bertholdsson 1998, Bulman i Smith 1993b, Conry 1995, Fathi i in. 1997, Garstang i Giltrap 1990, Grant i in. 1991, Hector i in. 1996, Lauer i Partridge 1990, Lekes i Zinceva 1990, Peyrelongue i Toro 1992, Withers i Dyer 1990]. Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększa się zawartość białka w ziarnie i białek rozpuszczalnych, wolnego azotu aminowego, aktywność α - i β -amylazy oraz wzrasta siła diastatyczna słodu. Zmniejsza się natomiast celność ziarna oraz ekstraktywność słodu [Dudas 1994a,b, Eagles i in. 1995, Weston i in. 1993, Zhao i in. 1988]. Niektórzy autorzy [Clancy i in. 1991, Villiers i in. 1988] nie stwierdzili wpływu dawki azotu na ekstraktywność słodu. W badaniach Villiers i in. [1988] parametry wartości browarnej ziarna, z wyjątkiem całkowitej zawartości azotu, nie zależały od fazy wzrostu, w której zastosowano pogłówne dawki azotu.

Dawka nawożenia azotem powinna być uzależniona od zawartości azotu mineralnego w glebie [Chen i in. 1988, Hector i in. 1996, Timmer i in. 1993]. Fecenko i Lozek [1998] podają, że przy zawartości 70 kg azotu mineralnego w glebie (w warstwie 0-60 cm) w okresie przed siewem roślin optymalna dawka nawozów dla jęczmienia browarnego wynosi 60 kg N/ha. W badaniach Timmera i in. [1993] pierwotnie przyjęta jako optymalna łączna ilość 110 kg N/ha z gleby i nawozów okazała się zbyt wysoka. Autor uważa, że zalecana łączna ilość azotu dla jęczmienia browarnego nie powinna przekraczać 90 kg N na ha. Garstang i Giltrap [1990] nie stwierdzili jednak istotnej korelacji pomiędzy zawartością azotu mineralnego w glebie i plonem ziarna jęczmienia, ani też pomiędzy zawartością azotu mineralnego w glebie i zawartością azotu w ziarnie z wyjątkiem gleb, w których zawartość N_{min} była szczególnie duża.

Warunki glebowe modyfikują również działanie innych czynników agrotechnicznych i ich wpływ na plon i jakość plonu jęczmienia jarego. Do głównych czynników agrotechnicznych, decydujących o liczbie kłosów i ich produktywności, a tym samym o wielkości plonu ziarna jęczmienia należą, obok nawożenia azotem, termin i gęstość siewu [Lauer i Partridge 1990]. Wcześniej siany jęczmień plonuje zwykle wyżej, charakteryzuje się mniejszą zawartością azotu w ziarnie i mniejszą zawartością łuski [Conry 1995]. W badaniach Lauera i Partridge [1990] opóźnienie siewu powodowało zmniejszenie plonu ziarna i ekstraktywności słodu, ale nie wpływało na zawartość białka w ziarnie. Conry [1995] tłumaczy redukcję plonu ziarna na skutek opóźniania siewu istotnym zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie. Autor wykazał też, że zawartość białka w ziarnie istotnie wzrasta w warunkach opóźnionego siewu.

Obsada roślin na jednostce powierzchni jest czynnikiem silnie modyfikującym wielkość plonu i jakość ziarna jęczmienia [Jedel i Helm 1995, Szmigiel i Oleksy 1998]. Zależność między plonem a zagęszczeniem roślin w łanie ma jednak charakter złożony ponieważ zróżnicowanie obsady roślin zmienia intensywność oddziaływań konkurencyjnych roślin o światło, wodę i składniki pokarmowe oraz wpływa na ich zdolność reprodukcyjną i odporność na czynniki stresowe.

Wcześniejsze badania autorki nad jęczmieniem jarym [Pecio 1995] wykazały, że plon ziarna zwiększa się wraz ze wzrostem obsady roślin do poziomu optymalnego zagęszczenia łanu. Dalsze zwiększanie obsady roślin wywołuje najpierw stabilizację plonu, a następnie jego spadek na skutek wypadania roślin i ograniczenia krzewistości produkcyjnej, co prowadzi do zmniejszenia się liczby kłosów na jednostce powierzchni. Niedobór światła może być też przyczyną powstawania płonnych kłosów w kłosie, a w konsekwencji wytworzenia mniejszej liczby ziaren w kłosie i mniejszego plonu ziarna z pojedynczej rośliny.

Zagęszczanie roślin na jednostce powierzchni zwiększa ich wzajemne zacienianie się i zmniejsza ilość światła docierającego do głębi łanu. W warunkach gęstych siewów na skutek wzajemnego zacieniania się roślin następuje ograniczenie fotosyntezy przypadającej na jednostkę powierzchni liścia, powodując zmniejszenie przyrostu suchej masy oraz wielkości pojedynczej rośliny. Jednocześnie jednak następuje zwiększanie się produkcji suchej masy oraz powierzchni asymilacyjnej roślin w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gleby. Szmigiel i Oleksy [1998] stwierdzili zmniejszenie zawartości białka w ziarnie w wyniku zagęszczenia siewu. Po przekroczeniu optymalnej dla plonu ziarna obsady roślin powierzchnia asymilacyjna łanu nadal powiększa się, ale intensywność fotosyntezy szybko maleje, powodując zmniejszanie przyrostów masy roślin. W rezultacie przy zbyt gęstych siewach następuje ograniczenie rozkrzewienia roślin, które powoduje zmniejszenie plonu ziarna.

Większa efektywność dużej ilości wysiewu na glebach słabszych jest spowodowana mniejszym rozkrzewieniem roślin rosnących w gorszych warunkach edaficznych [Noworolnik 1992]. Przyczyną słabej reakcji jęczmienia na gęstość siewu na glebach dobrych jest częstsze w tych warunkach wyleganie roślin i silniejsze porażenie przez choroby. Niezależnie od zasobności gleby, toksyczny wpływ jonów glinu, wodoru i manganu w warunkach zakwaszenia gleby, ograniczający wzrost systemu korzeniowego roślin przyczynia się do słabszego ich krzewienia i niedostatecznej zwartości łanu.

Istotnym elementem technologii uprawy jęczmienia browarnego jest ochrona łanu przed chwastami, chorobami i szkodnikami, gdyż oprócz mechanicznych uszkodzeń roślin, powodują one zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej. Ruiters i Haslemore [1996] podają, że stosowanie chemicznej ochrony roślin wpływa na utrzymanie zielonej powierzchni liści. Jak wspomniano już wcześniej, większa powierzchnia liści wytworzona w okresie przed kwitnieniem (rośliny bardziej rozkrzewione), determinuje większą ich powierzchnię, która bierze udział w fotosyntezie po kwitnieniu [Bertholdsson 1999, Przulj i

Momicilovic 2001a]. Jest to ważne w celu uzyskania pożądanej jakości ziarna jęczmienia browarnego.

Kontrola zachwaszczenia i zdrowotności roślin jęczmienia ma istotne znaczenie, gdyż rośliny zachwaszczone wydają mniejszy plon, a wymagają większych nakładów pracy i kosztów. Jęczmień ponadto charakteryzuje się słabą konkurencyjnością w stosunku do chwastów, które są jednym z najważniejszych czynników ograniczających jego potencjalne możliwości plonotwórcze [Urban 2000].

We współczesnej technologii uprawy jęczmienia zasadnicze znaczenie mają chemiczne zabiegi regulacji zachwaszczenia. Wyniki badań wskazują jednak, że nowe odmiany jęczmienia są szczególnie wrażliwe na herbicydy i różnie na nie reagują – od stymulacji, po znaczną obniżkę plonu ziarna. W badaniach Urbana [2000] jak również Adamczewskiego i in. [1995], Nowickiej i Roli [1992] oraz Urbana i Adamczewskiego [1999] testowane herbicydy wykazywały fitotoksyczne, chociaż zróżnicowane, oddziaływanie na rośliny jęczmienia jarego, które w większym stopniu zależało od rodzaju substancji biologicznie czynnej, niż od odmiany. Największe uszkodzenia roślin powodował preparat Logran Extra 62 WG (s.a. triasulfuron+terbutryna). Po jego zastosowaniu obserwowano zahamowanie wzrostu jęczmienia, bielenie liści, a u niektórych odmian (Orlik) zamieranie 5-17% roślin. Niektóre z zastosowanych herbicydów (Chwastox Trio 540 SL oraz Kompal 365 SE) wykazywały ujemny wpływ na plonowanie i strukturę plonu szeregu odmian jęczmienia. Największe plony ziarna uzyskano z obiektów odchwaszczanych ręcznie, a najmniejsze po zastosowaniu preparatu Logran Extra 62 WG.

W literaturze mało jest informacji dotyczących wpływu herbicydów na przydatność browarną ziarna jęczmienia. Sowiński [1974] oceniał wpływ herbicydów na wartość browarną ziarna jęczmienia na tle ich efektywności chwastobójczej. Stosowanie herbicydów zwiększało plon jęczmienia, nie obniżając masy 1000 ziaren, celności oraz zdolności i energii kiełkowania ziarna. Zwiększeniu uległa natomiast zawartość białka w słodzie. Stwierdzono, że preparaty zawierające substancje czynne 2,4 DB i MCPB nie wykazywały zasadniczego wpływu na jakość słodu jęczmienia, ale w najniższym stopniu ograniczały zachwaszczenie jęczmienia. Natomiast herbicydy zawierające MCPA lub 2,4 D, skuteczniej niszczyły chwasty, ale jednocześnie pogarszały jakość słodu. Autor twierdzi, że w uprawie jęczmienia browarnego nie powinno się generalnie stosować herbicydów.

Coroczne opanowanie roślin jęczmienia jarego przez agrofagi powoduje straty w plonach sięgające od kilkunastu procent w skali globalnej do rozmiarów niekiedy katastrofalnych w skali lokalnej, przy jednoczesnym pogorszeniu jakości ziarna [Jańczak i in. 1996, Kaniuczak 2000, Michalski 1997]. Wielkość strat plonu zależy w dużym stopniu od przebiegu pogody [Błażej i Błażej 2000, Jaczevska-Kalicka 2001, Michalski 1999] oraz od poziomu agrotechniki. Błażej i Błażej [2000] podają, że pogorszenie zdrowotności roślin było skutkiem niższego poziomu agrotechniki. W badaniach Michalskiego [1999] na stan zdrowotności roślin wpływał stopień zagęszczenia ładu, przy czym porażenie roślin chorobami

zmniejszało się wraz ze zmniejszającą się gęstością siewu. Gęstość siewu wpływa w decydującym stopniu na rozkrzewienie, wysokość i ulistnienie łanu, a tym samym na tempo namnażania i rozprzestrzeniania się patogenów oraz na wielkość strat plonu [Pecio 1995].

W ochronie roślin przed chorobami grzybowymi wykorzystuje się niemal wyłącznie metody chemiczne. Korzystny wpływ fungicydów na plonowanie jęczmienia jarego stwierdziło wielu autorów [Głazek 2000, Kaniuczak 1997, Kaniuczak 2001, Koziara i in. 1998, Maumene i Couleaud 1998, Smith i in. 1992, Szmigiel i Oleksy 1998]. W badaniach Kaniuczaka [2001] zastosowane zabiegi ochrony roślin pozwoliły na uzyskanie wzrostu plonów ziarna jęczmienia jarego średnio o $0,77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach Szemplińskiego i Rzepińskiego [1998] rezygnacja ze stosowania fungicydu Tilt 250 EC w fazie 3-go kolanka jęczmienia spowodowała zwiększenie porażenia roślin przez choroby i w efekcie istotną obniżkę masy 1000 ziaren oraz zmniejszenie plonu ziarna o 7%.

Oprysk fungicydem jest zabiegiem prostym i skutecznym, ale może mieć niekorzystny wpływ na parametry jakościowe ziarna jęczmienia. Nieodzownym czynnikiem pozostaje zatem odpowiedni dobór skutecznych fungicydów, które należy stosować we właściwym czasie, związanym z pojawianiem się pierwszych objawów chorobowych [Maumene i Couleaud 1998]. Opóźnione ich stosowanie, wywołane nadzieją uniknięcia oprysku jest ryzykowne, gdyż fungicyd może się okazać nie skuteczny. Porażone przez choroby grzybowe rośliny dają wówczas słabiej wykształcone ziarno, a tym samym zwiększa się w nim zawartość białka i pogarszają parametry wartości browarnej.

Istotnym elementem ochrony zbóż przed chorobami stało się zaprawianie ziarna, które jest najtańszą i podstawową metodą zwalczania chorób grzybowych przenoszonych przez ziarno. Zabieg ten pomaga ograniczać rozwój chorób aż do fazy strzelania w źdźbło. Koszty zaprawiania minimalnie obciążają koszty produkcji i zwracają się kilkakrotnie.

Podsumowanie

Z dokonanego przeglądu piśmiennictwa naukowego wynika, że plon i jakość ziarna jęczmienia są kształtowane w dwóch fazach. Pierwsza trwa od wschodów do fazy kwitnienia a druga od kwitnienia do pełnej dojrzałości ziarna. W fazie wegetatywnej rośliny gromadzą materiały zapasowe, które w niesprzyjających warunkach po kwitnieniu mogą być transportowane do rosnącego ziarna. W fazie generatywnej następuje rozwój ziarna, który, zwłaszcza w sprzyjających warunkach, odbywa się głównie kosztem bieżącej fotosyntezy. Dlatego też im większa powierzchnia asymilacyjna jest wytworzona w okresie przed kwitnieniem, tym większa jest szansa na wykształcenie dorodnego ziarna o właściwych parametrach browarnych. Procesy zachodzące w roślinach w dużym stopniu są modyfikowane przez warunki środowiska. Wpływ zabiegów agrotechnicznych sprowadza się do rekompensowania niekorzystnego wpływu czynników stresowych w celu stworzenia roślinom warunków sprzyjających rozwojowi

powierzchni asymilacyjnej przed kwitnieniem i umożliwiających niezakłócony przebieg fotosyntezy w fazie nalewania ziarna.

3. MATERIAŁ, WARUNKI I METODYKA BADAŃ

3.1. Lokalizacja i charakterystyka doświadczeń polowych

Podstawę niniejszego opracowania stanowią wyniki badań nad jęczmieniem jarym przeprowadzonych w latach 1987-1988 oraz 1996-2000. Były to ściśle doświadczenia polowe zlokalizowane w SD IUNG Osiny, ZD IUNG Grabów i Kępa oraz ZD IHAR Bąków, doświadczenia polowe w układzie czynnikowym typu 2ⁿ w 40 punktach w pięciu różnych rejonach Polski oraz doświadczenie wielkoobszarowe w SD IUNG Baborówko, prowadzone z zastosowaniem metod rolnictwa precyzyjnego.

Opracowanie ma charakter monograficzny. Wykorzystano w nim wyniki wieloletnich badań własnych, które w ogromnej większości nie były dotychczas publikowane. W tabeli 1 przedstawiono syntetyczne informacje o poszczególnych seriach doświadczeń. Informacje szczegółowe dotyczące doświadczeń, których metodyka została opublikowana znajdują się w pracach oryginalnych cytowanych w poniższej tabeli, natomiast charakterystykę doświadczeń nie publikowanych zawarto w wynikowej części pracy.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka doświadczeń

Table 1. General description of the experiments

Seria <i>Series</i>	Charakterystyka doświadczeń <i>Characteristics of experiments</i>		Pozycja piśmiennictwa <i>Literature item</i>
I	Wpływ przebiegu pogody na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia		
	Lata Miejsce	1987-1989 40 punktów doświadczalnych w 5 rejonach Polski	Kukuła i Pecio [1998] Kukuła i in. [1999]
	Kompleks glebowy	pszenny bardzo dobry, pszenny dobry, żytni bardzo dobry	
	Układ doświadczenia	doświadczenie czynnikowe typu 2 ⁿ	
	Czynnik I	odmiana: Apex, Grit	
	Czynnik II	termin siewu: ok. 10 kwietnia, opóźniony o ok. 2 tygodnie	
	Czynnik III Czynnik IV Czynnik V	ilość wysiewu: 160 kg/ha, 120 kg/ha nawożenie N: 40 kg N/ha, brak nawożenia zwalczanie chwastów: brak herbicydu. Chwastox płynny	
			c.d. tab. na str. 25

2	Wpływ wielkości wysiewu i ochrony roślin na wielkość i jakość plonu ziarna		
	Lata Miejsce Kompleks glebowy Układ doświadczenia Odmiana Czynnik I Czynnik II	1996-1998 ZD IUNG Kępa Pszenny wadliwy Losowane podbloki Orlik Chemiczna ochrona przed chorobami: bez ochrony, Alert 375 S.C. ilość wysiewu :200, 270, 340, 410 ziaren/m ²	Kozłowska- Ptaszyńska i Pecio [1999] Pecio i in. [2000]
3	Wpływ chemicznej ochrony przed chorobami na wielkość i jakość plonu ziarna		
	Lata Miejsce Kompleks glebowy Układ doświadczenia Odmiana Czynnik I Czynnik II	1997-1998 ZD IHAR Bąków pszenny dobry losowane podbloki Orlik zaprawianie ziarna: brak zaprawiania, Ferrax 440 FS ilość wysiewu:200, 270, 340, 410 ziaren/m ²	
4	Wpływ chemicznej ochrony przed chorobami na wielkość i jakość plonu ziarna		
	Lata Miejscowość Kompleks glebowy Układ doświadczenia Odmiana Czynnik I Czynnik II	1998-2000 SD IUNG Osiny pszenny dobry losowane podbloki Rudzik ungicyd: Kontrola, Capitan 250 EW, Alert 375 SC, Cerelux 510 SC, Amistar 250 SC, Charisma 207 EC termin stosowania: T1: 31-32 BBCH T2: 37-49 BBCH	Pecio i in. [2002]
5	Wpływ ilości wysiewu i nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu ziarna		
	Lata Miejsce Kompleks glebowy Układ doświadczenia Odmiana Czynnik I Czynnik II	1998-2000 ZD IUNG Grabów żytni bardzo dobry losowane podbloki Rudzik ilość wysiewu: 200, 300, 400, 500 ziaren/m ² nawożenie azotem: 0, 20, 40, 60, 80 kg N/ha	Fotyma i Pecio [1999] Pecio i Fotyma [2001]
6	Zróżnicowanie plonu i jakości ziarna jęczmienia w obrębie pola płodozmiennego		
	Lata Miejscowość Kompleks glebowy Układ doświadczenia Odmiana Metoda	1998-2000 SD IUNG Baborówko pszenny bardzo dobry, żytni bardzo dobry, żytni dobry, żytni słaby doświadczenie beczynnikowe 1998 – Maresi, 1999 i 2000 – Brenda monitorowanie łanu prowadzono w węzłach siatki kwadratów: 1998 – 24 x 24m: pow. 7.43 ha; 130 punktów pomiarowych 1999 – 24 x 24m: pow. 8.79 ha; 106 punktów pomiarowych 2000 – 36 x 36m: pow. 16.2 ha; 102 punkty pomiarowe	Pecio i Błaszczuk [2002]

3.2. Ocena jakości ziarna

Jakość browarną ziarna pochodzącego ze wszystkich doświadczeń oceniano w mikrosłodowni Zakładu Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie. Ocenę właściwości ziarna, słodu i brzezki wykonano metodami standardowymi, zgodnie z normą PN-A-79083 Słód browarny, z pewnymi modyfikacjami opracowanymi w IHAR, umożliwiającymi analizę mniejszych próbek słodu [Ruśniak i Kowalska 1974]. Oceniano istotne dla przemysłu parametry, które charakteryzowane są zwykle przy zgłaszaniu rodów do doświadczeń przedrejestrowych w Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej. Wykaz oznaczanych parametrów przedstawiono w tabeli 2.

Słodowanie 500 g prób prowadzono w temperaturze 12°C po doprowadzeniu ziarna do 45% wilgotności, w czasie 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno. Uzyskany słód suszono następnie przez 24 godziny w suszarni, w naprzemiennie następującym cyklu: od 25°C do 50°C – 16 godzin, wzrost temperatury od 50 do 80°C – 2 godziny oraz 80°C – 6 godzin. Wilgotność gotowego słodu mieściła się w granicach 3,5 – 5%.

Tabela 2. Parametry wartości browarnej ziarna i słodu

Table 2. Parameters of malting quality

Parametr <i>Parameter</i>	Norma <i>Norm</i>	Postępowanie i uwagi <i>Procedure and remarks</i>
Zawartość białka ogólnego w ziarnie <i>Grain protein content</i>	10,5-11,5%	Oznaczenia według PN-A-04018, z zastosowaniem zmodyfikowanej metody Kjeldahla, w aparacie firmy BÜCHI; procentową zawartość azotu w s.s., mnożono przez współczynnik przeliczeniowy ogólnej zawartości azotu na ogólną zawartość białka, wynoszący dla słodu z jęczmienia 6,25 (PN-A-79083-1 Słód browarny. Metody badań. Terminologia).
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weights</i>	Brak	
Celność ziarna <i>Grain filling</i>	> 95%	Oznaczenia w procentach, stosując sita Vogla. Ziarna celne to takie, które pozostają na sicie o średnicy 2,5 mm.
Energia kiełkowania <i>Energy of germination</i>	Brak	Parametr określający stan fizjologiczny i żywotność ziarna; oznaczenia w procentach po trzech dobach, według BN-69/9131-03 [Wyd. Norm 1966].
Ekstraktywność słodu <i>Extractivity</i>	≥ 79,5%	Określano jako stosunek masy suchej substancji pochodzącej ze słodu zmielonego na mąkę przy użyciu młynka DLF, zawartej w brzezce laboratoryjnej, do masy tego słodu (PN-A-79083-1 Słód browarny. Metody badań. Terminologia). Brzezke przygotowywano w zacierniku typu Bender&Hobein.

c.d. tab. 2

Liczba Kolbacha <i>Kolbach Index</i>	35-45%	Obliczano ze stosunku zawartości białka rozpuszczalnego, czyli zawartego w brzeczce laboratoryjnej, do ogólnej zawartości białka w słodzie, które podobnie jak w ziarnie, oznaczano zmodyfikowaną metodą Kjeldahla, stosując przelicznik N x 6,25 (PN-A-79083-1 Słód browarny. Metody badań. Terminologia).
Stopień Ostatecznego Odfermentowania Brzeczki <i>Fermentability</i>	≥ 80%	Jest to wyrażona w procentach zdolność brzeczki do fermentacji pod wpływem drożdży piwnych; Oznaczenia według metodyki opracowanej w Laboratorium Chemiczno-Technologicznym COBORU w Słupi Wielkiej [Klockiewicz-Kamińska 1998].
Siła diastatyczna <i>Diastatic power</i>	≥ 240°WK	Jest miarą aktywności enzymów diastatycznych, głównie β-amylazy w słodzie, biorących udział w przemianach substancji skrobiowych podczas gotowania brzeczki; oznaczenia zgodnie z metodą, która polega na rozłożeniu skrobi rozpuszczalnej do maltozy za pomocą diastazy zawartej w bezwodnym słodzie i jodometrycznym oznaczaniu wytworzonej maltozy (PN-A-79083-10 Słód browarny. Metody badań. Oznaczanie siły diastatycznej słodu). Zacieranie brzeczki wykonywano w aparatach zacierowych metodą brzeczki kongresowej.
Lepkość brzeczki <i>Wort viscosity</i>	≤ 1,67 mPa*s	Jest miernikiem rozluźnienia skrobiowego, wskazującego jak daleko zaszły procesy enzymatyczne, wywołane głównie przez enzymy cytologiczne podczas słodowania; Oznaczenia w lepkościomierzu Brückfelda zgodnie z instrukcją obsługi.

3.3. Warunki wegetacji w latach badań

W tabeli 3 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 zarówno w latach, jak i miejscach prowadzenia badań.

Lata 1987 i 1988 były na ogół suche i charakteryzowały się niedoborem opadów w całym okresie wegetacji. Bardziej szczegółowy przebieg warunków wegetacji w tych latach przedstawiono w rozdziale „Wyniki badań i dyskusja”.

ZD IUNG Kępa. W roku 1996 wystąpiły niekorzystne warunki dla wschodów jęczmienia ze względu na suchy kwiecień. Maj był mokry, a następnie w czerwcu wystąpiła susza. Rok 1997 odznaczał się niskimi temperaturami w kwietniu oraz ulewnymi opadami deszczu w czerwcu (92 mm) i lipcu (150 mm),

co spowodowało silne (1-2 w skali 9-stopniowej) wyleganie roślin. Rok 1998 był dla uprawy jęczmienia najkorzystniejszy, chociaż opady kwietnia, czerwca i lipca były większe od średniej z wielu lat.

ZD IHAR Bąków. Szczególnie niekorzystny dla rozwoju i plonowania jęczmienia okazał się rok 1997. Utrzymujące się przez dłuższy okres niskie temperatury wiosną spowodowały opóźnienie siewu, co wpłynęło na nierównomierny początkowy wzrost roślin. W roku 1998 warunki pogodowe umożliwiły przeprowadzenie siewu w terminie optymalnym dla jęczmienia i pomimo suszy na przełomie kwietnia i maja w roku tym uzyskano większy plon ziarna niż w roku poprzednim. Duże opady w lipcu były jednak przyczyną silnego wylegania roślin. W obu latach badań rozkład temperatury i wilgotności powietrza sprzyjał rozwojowi chorób grzybowych.

SD IUNG Osiny. W 1998 r po siewach jęczmienia wystąpiły bardzo obfite opady, powodujące nadmierne uwilgotnienie i zaskorupienie gleby. Wschody roślin były dlatego znacznie opóźnione. Duży zapas wody w glebie i kilkudniowe, ale obfite opady w początku maja, przy wysokich temperaturach sprzyjały szybkiemu i bujnemu wzrostowi jęczmienia. W końcu maja, kiedy rośliny były w fazie 2 kolanka nastąpiło ochłodzenie z wystąpieniem przygruntowych przymrozków, a następnie znaczne ocieplenie do upałów około 30°C, co bardzo przyspieszyło wzrost i rozwój roślin jęczmienia. Od połowy czerwca prawie do końca okresu wegetacji zbóż pogoda charakteryzowała się bardzo dużą ilością opadów oraz przewagą pochmurnych i chłodnych dni. Wpłynęło to wprawdzie na dobry wzrost i dobre wypełnienie ziarna, ale zwiększyło się też porażenie chorobami grzybowymi oraz wyleganie roślin. W 1999 r przed wschodami jęczmienia wystąpiły duże opady deszczu, a następnie opady śniegu, tworzącego kilkucentymetrową warstwę. Wschody jęczmienia były opóźnione, a gleba bardzo ubita i zaskorupiona. Chłody do połowy maja nie sprzyjały wzrostowi jęczmienia. W czerwcu występowały częste i obfite opady. W 2000 r zaraz po siewie jęczmienia notowano bardzo obfite opady najpierw deszczu, a potem śniegu. Spowodowało to nadmierną wilgotność gleby i konieczność opóźnienia siewu. Od połowy kwietnia wystąpiły wysokie temperatury do 30°C, co bardzo przyspieszyło wegetację i rozwój roślin. Po kilkudniowym ochłodzeniu w pierwszych dniach maja (z przymrozkami włącznie) wysokie temperatury powróciły, lecz przy całkowitym braku opadów wystąpiła dotkliwa susza. Dopiero opady w czerwcu poprawiły stan zasiewów, ale jęczmień pozostał rzadki i słabo rozkrzewiony.

ZD IUNG Grabów. W roku 1998 przebieg pogody był na ogół sprzyjający dla zbóż jarych. Po dość łagodnym, z opadami powyżej przeciętnych, okresie zimowym, wiosna była również ciepła i wilgotna. Wschody jęczmienia, na skutek okresowego ochłodzenia, były nieco opóźnione, lecz wyrównane. Układ warunków klimatycznych w dalszym okresie wegetacji sprzyjał rozwojowi jęczmienia. Opady i umiarkowane temperatury w lipcu korzystnie przedłużyły okres wegetacji, ale spowodowały opóźnienie zbioru jęczmienia. W 1999 r wschody były szybkie i wyrównane, ale w drugiej dekadzie kwietnia wystąpiły obfite opady deszczu, powodujące okresowe podtapianie roślin, które następnie żółkły i słabo się krzewiły. Miało to ujemny wpływ na zagęszczenie łanu i obsadę

roślin na jednostce powierzchni. Maj, zwłaszcza I i II dekada, był chłodny, natomiast czerwiec bardzo ciepły z opadami deszczu znacznie przekraczającymi średnią wieloletnią. W tym okresie obserwowano silny wzrost i rozwój roślin. W drugiej połowie lipca wystąpiły silne upały i ujawniła się ujemna reakcja roślin na niedobór wilgoci w glebie. W 2000 r warunki pogodowe nie były również sprzyjające dla zbóż jarych. Obfite opady w pierwszej dekadzie kwietnia (57 mm) spowodowały konieczność opóźnienia siewu. Wschody, jak i początkowy wzrost i rozwój roślin, były bardzo dobre aż do fazy początkowego strzelania w źdźbło (druga dekada maja). W tym okresie obserwowano pierwsze oznaki braku wilgoci w glebie. Susza w czerwcu (suma opadów 24 mm) pogorszyła jeszcze bardziej stan zasiewów. Nastąpiło całkowite zahamowanie wzrostu roślin oraz skrócenie faz rozwojowych jęczmienia. Stan roślin w tym czasie oceniono jako bardzo zły i nie rokujący nadziei na duży plon. Lipiec był miesiącem bardzo mokrym, z opadami znacznie przekraczającymi średnią wieloletnią (182 mm).

SD IUNG Baborówko. Rok 1998 był najkorzystniejszy z trzech lat badań dla rozwoju jęczmienia. Średnie temperatury i miesięczne sumy opadów w tym roku nie odbiegały znacznie od średnich wartości wieloletnich. W roku 1999 wystąpił nadmiar opadów w kwietniu i czerwcu, natomiast lipiec i sierpień były raczej suche. Rok 2000, zwłaszcza w kwietniu, maju i czerwcu charakteryzował się opadami mniejszymi od średnich wieloletnich.

3.4. Sposób opracowania wyników

Uzyskane wyniki badań zestawiono w rozdziałach obejmujących przyczyny powodujące zmienność plonu i jakości ziarna. Uwzględniono wpływ przebiegu pogody, zróżnicowania warunków glebowych w obrębie pola płodozmiennego, ilości wysiewu, nawożenia azotem i ochrony roślin przed chorobami. Rozdział końcowy dotyczy zależności korelacyjnych pomiędzy plonem ziarna i parametrami jego jakości browarnej. Analizę przeprowadzono z uwzględnieniem wszystkich danych uzyskanych w przytoczonych w opracowaniu badaniach.

Wyniki badań omawiano przekrojowo, wykorzystując dane pochodzące z różnych doświadczeń, czyli uzyskane w różnych warunkach klimatycznych, glebowych i agrotechnicznych. Analizy statystyczne uzyskanych wyników pomiarów i oznaczeń wykonywano z wykorzystaniem komputerowego programu Statgraphics plus, wersja 4.0 i 5.0. Zastosowano analizę wariancji, przy czym istotność różnic oceniano za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Wykorzystano również rachunek korelacji i regresji oraz analizy wielozmienne. Analiza dyskryminacji pozwoliła wyznaczyć funkcje dyskryminujące charakterystyki ładu w okresie wegetacji dla kompleksów glebowych oraz grup wielkości plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie. Analiza czynnikowa umożliwiła pogrupowanie tych parametrów w czynniki, które następnie wykorzystano w rachunku regresji wielokrotnej do określenia zależności z plonem ziarna i zawartością białka w ziarnie. Do oceny udziału i wkładu elementów struktury plonu w zmienności plonu ziarna wykorzystano metodę opisaną przez Rudnickiego [2000].

Tabela 3. Wybrane dane meteorologiczne w miejscach i latach badań

Table 3. Selected meteorological data for sites and years of studies

Seria Miejsce <i>Serie, Site</i>	Rok <i>Year</i>	Średnia temperatura dzienna (°C) – <i>Mean daily temperature</i>					Suma opadów (mm) – <i>Precipitation</i>				
		Kwiecień <i>April</i>	Maj <i>May</i>	Czerwiec <i>June</i>	Lipiec <i>July</i>	Sierpień <i>August</i>	Kwiecień <i>April</i>	Maj <i>May</i>	Czerwiec <i>June</i>	Lipiec <i>July</i>	Sierpień <i>August</i>
Seria 1 40 miejsc <i>Serie 1, 40 sites</i>	1987	7.6	11.4	15.6	17.8		11.7	20.3	30.5	24.7	
	1988	7.6	14.6	16.1	18.7		14.8	9.5	29.3	27.7	
Seria 2 Kępa	1996	8.4	16.1	17.4	17.1	18.3	12.4	108.3	29.6	68.9	121.3
	1997	5.3	14.7	17.3	18.4	18.7	37.1	58.6	91.7	150.1	57.7
	1998	10.4	15.2	18.3	19.0	17.2	77.4	65.8	101.0	156.8	88.6
Średnia wieloletnia <i>Multi-year mean</i>		8.9	14.4	17.7	19.1	18.0	39	55	71	87	75
Seria 3 Bąków	1997	5.8	14.3	17.4	17.7	19.1	19.7	91	48.5	259	34
	1998	11.1	14.8	18.1	18.2	17.8	28	34	91	193	46
Średnia wieloletnia <i>Multi-year mean</i>		8.7	13.9	17.1	18.6	17.7	46	66	78	97	80
Seria 4 Osiny	1998	10.2	14.4	18.0	18.3	16.6	70.4	57.0	70.4	99.1	87.1
	1999	9.8	12.2	18.6	20.4	17.8	96.6	38.4	147.7	51.2	45.1
	2000	11.9	15.6	17.4	17.6	18.5	4.8	5.9	3.0	110.1	6.4
Średnia wieloletnia <i>Multi-year mean</i>		8.6	14.2	17.5	18.9	17.8	38	54	71	85	75
Seria 5 Grabów	1998	10.0	14.0	17.9	18.3	16.4	58.1	83.0	83.5	81.9	117.8
	1999	9.8	12.4	18.3	20.0	17.4	108.8	54.4	142.5	61.5	39.2
	2000	11.8	15.5	17.3	17.6	18.7	62.3	63.9	24.0	181.9	59.0
Średnia wieloletnia <i>Multi-year mean</i>		8.6	14.1	17.4	18.8	17.7	43	58	76	92	79
Seria 6 Baborówko	1998	10.1	14.80	17.2	17.4	16.8	44.4	31.8	69.0	49.0	79.2
	1999	9.6	13.3	16.3	20.2	18.2	87.4	47.6	88.2	31.2	26.0
	2000	11.8	16.3	17.3	16.1	18.2	14.0	30.0	41.0	61.6	56.6
Średnia wieloletnia <i>Multi-year mean</i>		8.8	14.1	17.6	19.0	17.9	32	47	52	69	56

Przestrzenną zmienność w obrębie pola płodozmiennego opracowano z wykorzystaniem metod geostatystycznych programu *GS⁺ Geostatistics for the Environmental Sciences*, wersja 5.1 dla Windows [Robertson 2000].

4. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

4.1. Wpływ przebiegu pogody na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia

Wprowadzenie

Na siedlisko składa się cały kompleks czynników glebowych i klimatycznych i ograniczenie się w opisie warunków pogody do poszczególnych jej elementów jest niewystarczające. Metody klimatologii kompleksowej wymagają natomiast wielkiej ilości materiału obserwacyjnego i są bardzo pracochłonne. Dlatego dużą rolę w wielu opracowaniach agroklimatologicznych odgrywają obecnie wskaźniki rolniczo – klimatyczne. Jeden z prostszych wskaźników zaproponował Sielianinow [Radomski 1977]. Autor stwierdził, że w czasie miesięcy letnich, kiedy największe znaczenie dla rośliny ma zabezpieczenie roślin w wodę, sumy temperatur dzielone przez 10 dają w przybliżeniu liczbowe wartości sum parowania, otrzymywanych przy pomiarach ewaporometrem Wilda. Opierając się na tym założeniu Sielianinow opracował wskaźnik, który nazwał współczynnikiem zabezpieczenia w wodę lub umownym bilansem wilgoci: $K = 10P / \sum t$, gdzie Hydrotermiczny wskaźnik Sielianinowa 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 większą ilość wody niż otrzymuje z opadów. Przez suszę Sielianinow rozumie okres charakteryzujący się współczynnikiem K mniejszym od 0,5, co oznacza, że ilość wyparowanej wody ponad dwukrotnie przewyższa jej dopływ. W badaniach własnych wykorzystano wskaźnik Sielianinowa do określenia wpływu warunków pogodowych w okresie przed i po kwitnieniu jęczmienia na plon i jakość ziarna jęczmienia. Analizy wyników dokonano oddzielnie dla doświadczeń serii I i łącznie dla doświadczeń wszystkich pozostałych serii.

4.1.1. Doświadczenia serii I

Do analizy doświadczeń tej serii wykorzystano wyniki badań opublikowanych już wcześniej w pracy Kukula i Pecio [1998], które poddano ponownej analizie pod kątem zależności zawartości białka w ziarnie jęczmienia od warunków pogody. Uwzględniono doświadczenia prowadzone w latach 1987 i 1988 w 40 punktach doświadczalnych. Podstawowe dane meteorologiczne pochodziły z 15 stacji opadowych, najbliższych punktom doświadczalnym. Dane te obejmowały opady i temperaturę w okresach przed i po kwitnieniu jęczmienia. Na podstawie tych elementów pogody obliczono wartości wskaźników Sielianinowa, przedstawione w tabeli 4.

Za podstawę podziału okresu wegetacyjnego przyjęto termin kłoszenia ponieważ jest on okresem krytycznym w zapotrzebowaniu roślin na wodę [Dzieżyc 1998, Gąsiorowski 1997, Noworolnik i in. 1995, Uliński i in. 1970]. Z uśrednionych obserwacji fenologicznych wynika, że kłoszenie następowało w dniu 11 czerwca przy siewie w pierwszym terminie i 21 czerwca przy siewie opóźnionym o 2 tygodnie. Takie uogólnienie było niezbędne ze względu na dostępność materiałów meteorologicznych.

Zmienność wartości wskaźnika Sielianowa uwarunkowana była układem warunków pogodowych. Rok 1987 był umiarkowanie wilgotny, natomiast 1988 rok był suchy, zwłaszcza wczesną wiosną. W roku tym suma opadów kwietniowych w wielu miejscowościach była poniżej 10 mm, zaś majowych wynosiła często tylko kilkanaście mm, przy stosunkowo wysokiej temperaturze.

Z analizy wariancji zamieszczonej we wcześniejszej pracy [Kukuła i Pecio 1998] wynika brak istotnego różnicowania zawartości białka w ziarnie dla odmian jęczmienia i terminów siewu. W związku z tym analizę zależności pomiędzy zawartością białka i przebiegiem pogody przeprowadzono na danych uśrednionych dla obydwu odmian, łącznie dla obydwu terminów siewu jęczmienia (tab.5).

Tabela 4. Wartości wskaźnika Sielianinowa w latach 1987 i 1988

Table 4. *Sielianinow's index values in 1987 and 1988*

Miejsce <i>Experimental site</i>	Przed kłoszeniem <i>Before heading</i>				Po kłoszeniu <i>After heading</i>			
	termin siewu – <i>sowing time</i>							
	Wczesny - <i>early</i>		późny - <i>late</i>		wczesny - <i>early</i>		późny - <i>late</i>	
	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988
Kajetanówka	2,1	1,6	1,8	1,4	1,1	2,3	0,5	1,5
Natalin	1,8	1,3	1,4	0,6	1,2	1,2	0,6	0,5
Chartołomice	1,6	1,0	1,4	0,7	2,1	1,5	1,0	1,0
Nakło	1,6	1,1	1,5	0,8	2,5	1,5	1,3	1,1
Rycerzewo	1,2	1,0	1,7	0,7	3,2	2,0	1,7	1,0
Kamienica	2,6	1,1	2,0	0,8	2,9	1,4	2,0	1,1
Kietlice	2,8	1,9	2,5	1,0	1,9	2,7	1,0	1,8
Brzezinki	2,5	0,8	1,8	0,7	1,5	1,3	1,0	1,0
Nowa Wieś	1,9	0,9	1,6	1,0	1,9	1,7	1,2	1,0
Biestrzyków	1,8	0,7	1,4	0,9	1,7	2,6	1,0	1,7
Niedźwiednik	2,2	0,8	1,6	0,8	1,8	1,7	1,3	1,0
Janikowo	2,1	0,7	1,8	0,7	2,0	1,5	1,1	1,0
Błonie	2,3	0,6	1,9	0,6	1,7	1,7	0,9	1,2
Laskowice	2,5	1,0	1,5	0,8	1,6	1,2	1,2	0,8
Werbkowice	2,1	1,9	1,8	1,7	1,1	2,3	0,5	1,5

Tabela 5. Średnia zawartość białka (%) w ziarnie jęczmienia jarego w latach 1987 i 1988**Table 5.** Mean of protein content (%) in barley grain in 1987 and 1988

Miejsce <i>Experimental site</i>	Termin siewu – sowing time			
	wczesny - early		późny - late	
	1987	1988	1987	1988
Kajetanówka	– 7,5	10,6 ✓	– 8,0	11,2 ✓
Natalin	– 8,3	10,7 ✓	– 8,5	11,3 ✓
Chartołomice	– 9,2	10,8 ✓	– 9,4	10,5 ✓
Nakło	– 9,2	10,9 ✓	– 9,3	10,9 ✓
Rycerzewo	– 9,9	12,2 ✓	– 9,9	12,4 ✓
Kamienica	– 9,3	11,1 ✓	– 9,3	11,3 ✓
Kietlice	– 9,1	– 9,5	– 9,3	– 9,9
Brzezinki	– 8,8	10,2 ✓	– 8,8	– 9,9
Nowa Wieś	10,5 ✓	11,1 ✓	– 10,8 ✓	10,7 ✓
Biestryków	– 8,3	11,1 ✓	– 8,3	11,2 ✓
Niedźwiednik	11,1 ✓	11,8 –	10,9 ✓	11,7 –
Janikowo	– 9,6	– 10,0	– 9,5	– 10,1
Błonie	– 8,2	10,8 ✓	– 8,1	10,9 ✓
Laskowice	– 8,4	– 9,7	– 8,3	– 9,7
Werbkowice	– 7,8	– 10,3	– 7,8	– 10,2

Do analizy zależności pomiędzy pogodą, a zawartością białka w ziarnie wprowadzono uśrednione z obu odmian wartości zawartości białka w ziarnie i obydwu terminy siewu rozpatrywano łącznie (tab.6).

Analiza regresji z uwzględnieniem metody *step-wise* wykazała, że suma opadów miała istotny wpływ na zawartość białka w ziarnie tylko w okresie przed kłoszeniem jęczmienia. W miarę wzrostu sumy opadów w tym okresie następował spadek zawartości białka w ziarnie jęczmienia.

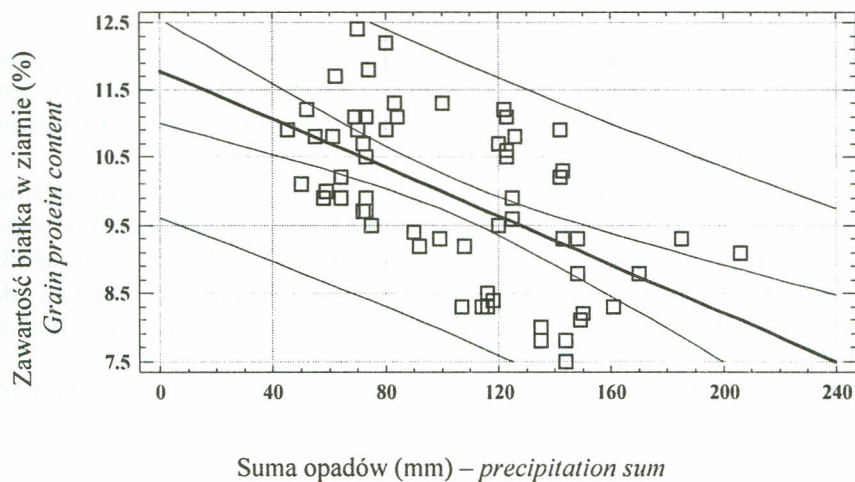
Na ściślejsze, o większym współczynniku determinacji określenie związków pomiędzy zawartością białka w ziarnie jęczmienia i przebiegiem pogody pozwoliło zastąpienie opadów wskaźnikiem Sielianinowa (tab. 6). Wskaźnik Sielianinowa wpływał na zawartość białka w ziarnie jęczmienia zarówno przed, jak i po kłoszeniu. Wraz ze wzrostem wskaźnika przed kłoszeniem zawartość białka zmniejszała się, a po okresie kłoszenia – ulegała zwiększeniu.

Wykresy równań, których współczynniki zamieszczono w tabeli 6 przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Tabela 6. Współczynniki regresji zawartości białka w ziarnie jęczmienia względem sumy opadów i wskaźnika Sielianinowa w okresie wegetacji 1987 i 1988 (n=60)

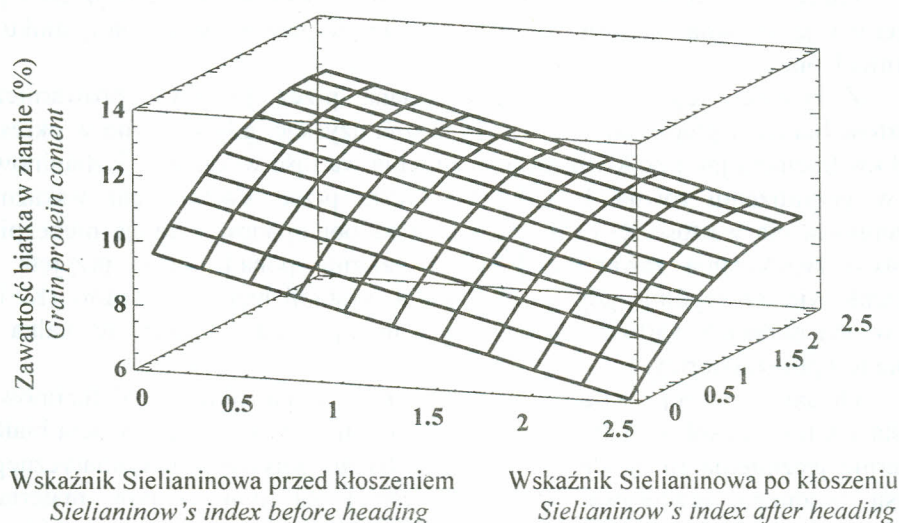
Table 6. Regression coefficients of protein content in barley grain with precipitation and Sielianinow's index during vegetation periods 1987 and 1988 (n=60)

Okres wegetacji <i>Vegetation period</i>	Współczynniki regresji względem <i>Regression coefficients with</i>			
	sumy opadów <i>precipitation sum</i>		Wskaźnika Sielianinowa <i>Sielianinow's index</i>	
	wartość <i>estimation</i>	Poziom istotności <i>P-value</i>	wartość <i>estimation</i>	Poziom istotności <i>P-value</i>
Stała równania – <i>Constant</i>	11,7740	0,0000	9,5464	0,0000
Przed kłoszeniem – <i>Before Heading</i>	-0,0178	0,0000	-1,4155	0,0000
Po kłoszeniu – <i>After heading</i>			2,6314	0,0026
Po kłoszeniu $\wedge^2$ – <i>After heading</i>			-0,5907	0,0161
Błąd standardowy estymacji <i>Standard error of estimation</i>	1,01		0,85	
Współczynnik determinacji R^2 <i>Coefficient of determination R^2</i>	30,9		53,2	



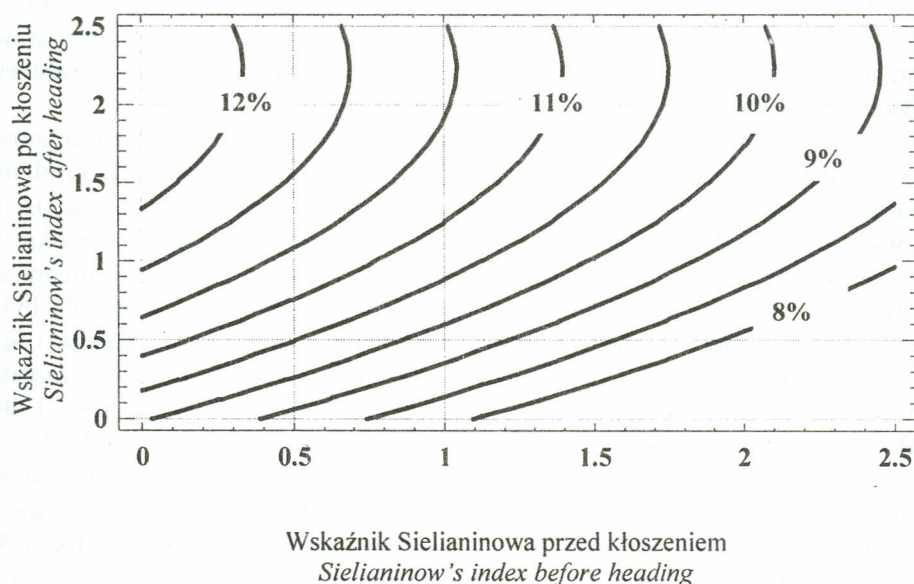
Rys. 2. Regresja prosta zawartości białka w ziarnie jęczmienia względem sumy opadów w okresie przed kłoszeniem

Fig. 2. Simple regression of protein content in barley grain and precipitation sum before heading



Rys. 3. Regresja wielokrotna zawartości białka w ziarnie jęczmienia względem wskaźnika Sielanianinowa przed i po kłoszeniu

Fig. 3. Multiply regression protein content in barley grain and Sielanianow's index before and after heading



Rys. 4. Zawartość białka w ziarnie jęczmienia zależnie od wskaźnika Sielanianinowa

Fig. 4. Protein content in barley grain depending on Sielanianow's index

Łączny wpływ wartości wskaźnika Sielanianowa w okresach przed i po kłoszeniu jęczmienia na zawartość białka w ziarnie przedstawiono na rysunku 4 w formie izoplei.

Z rysunku tego wynika, że pożądaną przez przemysł browarniczy zawartość białka w granicach 10,5-11,5% można uzyskać, gdy zarówno w okresie przed kwitnieniem jak i po kwitnieniu jęczmienia wartość wskaźnika Sielanianowa jest w przybliżeniu równa 1. Gdy w okresie przed kwitnieniem wskaźnik Sielanianowa ma wartość $K < 1$, co oznacza niedobór opadów, istnieje niebezpieczeństwo zwiększenia zawartości białka w ziarnie ponad normę przyjętą w browarnictwie, szczególnie gdy po kwitnieniu wystąpił nadmiar opadów ($K > 1$). Gdy w obu okresach wartość wskaźnika jest mniejsza od 1, zawartość białka w ziarnie jest poniżej normy.

Opisane wyżej zależności pomiędzy wskaźnikiem Sielanianowa, określającym w sposób syntetyczny warunki wilgotnościowe, a zawartością białka w ziarnie jęczmienia są zgodne z wynikami badań dotyczącymi klimatycznego bilansu wodnego przeprowadzonymi wcześniej na tym samym materiale doświadczalnym [Kukuła i in. 1999]. Klimatyczny bilans wodny stanowi różnicę pomiędzy sumą opadów a ewapotranspiracją potencjalną i podobnie jak wskaźnik Sielanianowa obejmuje zarówno opady jak i temperatury [Doroszewski i Górski 1995].

4.1.2. Doświadczenia serii 2, 3, 4, 5, 6

Uśrednione, dla wyróżnionych okresów wegetacji, wartości wskaźnika Sielanianowa oraz wielkość plonów roślin i przeciętną zawartość białka w ziarnie jęczmienia w poszczególnych miejscach i latach tych serii doświadczeń przedstawiono w tabeli 7.

W analizowanych seriach jednopunktowych doświadczeń nie stwierdzono jednoznacznego związku pomiędzy wskaźnikiem Sielanianowa i wielkością plonu ziarna jęczmienia. Stwierdzono natomiast ujemną zależność pomiędzy wartością tego wskaźnika w okresie przed kwitnieniem jęczmienia i zawartością białka w ziarnie ($r = -0,53$). Jeżeli w okresie przed kwitnieniem występował niedobór opadów przy wysokich temperaturach ($K \leq 1$) to zawartość białka w ziarnie była wysoka. Szczególnie silne relacje odnotowano w roku 2000 w ZD Grabów i SD Baborówko, gdzie przy wartości $K = 0,8$ zawartość białka w ziarnie wynosiła odpowiednio 14,5 i 13,6% oraz w SD Osiny ($K = 1,0$) - niemal 12%. W roku 1998 w ZD Bąków ($K = 0,9$) i SD Baborówko ($K = 1$), zawartość białka w ziarnie także przewyższała normę i wynosiła odpowiednio 11,6 i 11,8%. Pozorne odstępstwo od tej zależności stwierdzono w 1999 r w ZD Osiny, gdzie przy wysokiej wartości wskaźnika Sielanianowa w okresie przed kwitnieniem jęczmienia ($K = 1,8$) zanotowano jednocześnie wysoką zawartość białka w ziarnie. W roku tym w SD Osiny wystąpiły w okresie przed kwitnieniem jęczmienia duże opady deszczu i śniegu przy stosunkowo niskiej temperaturze co spowodowało zahamowanie rozwoju roślin i wpłynęło na gorsze wykształcenie ziarna. Podobnie w ZD Kępa w roku 1997 nadmiar opadów przy niskiej temperaturze przed kwitnieniem ($K = 1,8$)

spowodował słaby rozwój wegetatywny roślin. Silne wyleganie łanu roślin wskutek nadmiernych opadów w czerwcu i lipcu uniemożliwiło prawidłowe wykształcenie ziarna i w konsekwencji zawartość białka w ziarnie znacznie przekraczała normę (12,8%). Ujemny bilans wilgoci w okresie przed kwitnieniem jęczmienia, jakkolwiek istotny, nie jest zatem jedyną przyczyną zwiększonej zawartości białka w ziarnie.

Tabela 7. Plon ziarna i zawartość białka w ziarnie zależnie od wartości wskaźnika Sielianinowa w miejscach i latach badań

Table 7. Grain yield and protein content depending on Sielianinow's index in study site and years

Seria Miejsce Site	Rok Year	Wskaźnik Sielianinowa <i>Sielianinow's index</i>		Plon ziarna <i>Grain yield</i>		Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	
		Przed kwitnie- niem <i>Before anthesis</i>	Po kwitnie- niu <i>After anthesis</i>	Średnia <i>Mean</i> t*ha ⁻¹	Standard deviation	Średnia <i>Mean</i> %	Standard deviation
Seria 2 Kępa	1996	0,9	1,3	3,9	0,79	-	-
	1997	1,8	0,9	4,4	0,24	12,8	0,38
	1998	1,4	1,8	2,9	0,91	11,4	0,34
Seria 3 Bąków	1997	1,3	2,9	4,5	0,43	11,8	0,46
	1998	0,9	2,3	3,8	0,50	11,8	0,41
Seria 4 Osiny	1998	1,4	1,7	5,9	0,31	11,5	0,22
	1999	1,8	1,7	4,1	0,34	13,2	0,32
	2000	1,0	1,8	4,7	0,18	11,9	0,32
Seria 5 Grabów	1998	2,0	1,4	4,3	0,42	10,6	0,83
	1999	1,5	1,7	5,0	1,02	12,4	0,26
	2000	0,8	2,3	5,2	0,41	14,5	1,20
Seria 6 Baborówko	1998	1,0	1,3	4,7	0,83	11,8	1,47
	1999	2,1	1,0	3,8	0,96	9,9	0,47
	2000	0,8	1,1	3,6	1,00	13,6	0,58

Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono zależności pomiędzy warunkami pogodowymi, a plonem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia. Warunki te scharakteryzowano za pomocą wskaźnika Sielianinowa, który określa stosunek sumy opadów atmosferycznych do sumy średnich dobowych temperatur powietrza w danym okresie. Obejmują one szeroki zakres warunków klimatycznych, ponieważ pochodzą z różnych regionów i lat wyrażnie różniących się pogodą.

Przeprowadzone analizy wykazały silniejszy związek pomiędzy przebie-

giem pogody i zawartością białka w ziarnie jęczmienia niż związek z wielkością plonu ziarna. Stwierdzono istnienie zależności pomiędzy wartością współczynnika Sielianinowa w okresie przed kwitnieniem i zawartością białka w ziarnie jęczmienia, co znajduje potwierdzenie w uśrednionych danych dla poszczególnych lat badań, zawartych w tabeli 8. Wysokiej zawartości białka (powyżej 11,5%) towarzyszyły niskie wartości współczynnika Sielianinowa ($K \leq 1$), świadczące o większym lub równym zużyciu wody przez rośliny na parowanie w stosunku do ilości opadów. Jest to zgodne z badaniami Bertholdssona [1999], który zjawisko takie tłumaczy ograniczonym pobraniem azotu w warunkach suszy. Zmniejsza się wówczas liczba kwiatków i ziaren w kłosie i w fazie wypełniania ziarna rośliny dysponują większą ilością azotu glebowego w przeliczeniu na pojedynczy ziarniak w wyniku czego następuje wzrost procentowej zawartości białka. Przy wysokiej wartości współczynnika Sielianinowa ($K > 1,7$) plon ziarna był duży, ale zawartość białka limitowała przydatność ziarna na cele browarnicze (poniżej 10,5%). Przy wartości współczynnika Sielianinowa ok. 1,2 wskazującej na wystarczające, ale nie nadmierne zaopatrzenie roślin w wodę otrzymywano zadowalające plony ziarna jęczmienia o optymalnej dla browarnictwa zawartości białka (10,5-11,5%). Mniejszą zawartość białka w ziarnie w korzystniejszych warunkach wilgotnościowych Ruitera i Brookinga [1996] uzasadniają tym, że roślina dłużej utrzymuje zielone liście, co przedłuża okres gromadzenia suchej masy w czasie wypełniania ziarna.

Uzyskane w analizach wysokie współczynniki determinacji, przekraczające 50%, świadczą o tym, że przedstawione relacje ilościowe mogą mieć wartość prognostyczną. Ich ściśle empiryczny charakter każe jednak unikać prostych ekstrapolacji na warunki, które w ciągu dwóch lat nie zachodziły, zwłaszcza na przypadki nadmiernych opadów, kiedy wskaźnik Sielianinowa przekracza wartość 2,0.

4.2. Zróżnicowanie plonu i jakości ziarna w obrębie pola płodozmiennego

Wprowadzenie

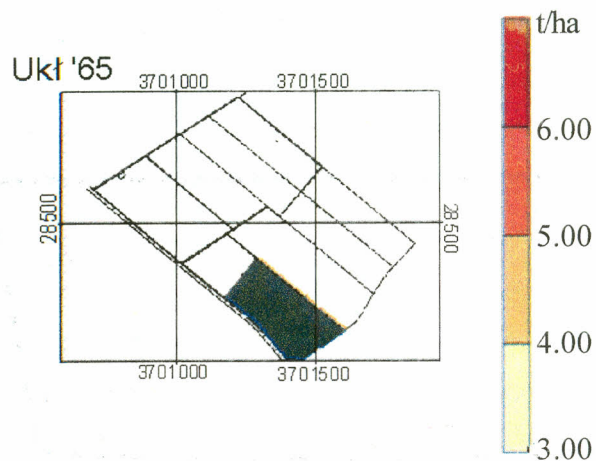
Pola, szczególnie duże, na których uprawia się jęczmień, są z reguły zróżnicowane pod względem żyzności, odczynu, wilgotności, poziomu wody gruntowej i innych właściwości. Uzyskiwane z takich pól ziarno nie jest jednolite pod względem cech jakościowych ponieważ każda roślina indywidualnie reaguje przebiegiem wzrostu, rozwoju i nagromadzania plonu ziarna na warunki, w których jest uprawiana. W rezultacie wielkość plonu ziarna pochodzącego z różnych części pola i jego przydatność do produkcji słodu i piwa są zróżnicowane. Przemysł otrzymuje zatem partie ziarna niejednolite pod względem właściwości fizycznych (masa 1000 nasion MTZ, celność, grubość i barwa łuski), biologicznych (energia i zdolność kiełkowania) i chemicznych (głównie zawartość białka i skrobi). Sprawia to, że w wyniku nierównomiernego kiełkowania zróżnicowanych ziaren uzyskuje się sód o mniejszej ekstraktywności niż sód wyprodukowany z jednolitego, dorodnego ziarna.

Tabela 8. Średnie wartości współczynnika Sielianinowa, plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie w latach badań
Table 8. Sielianow's index, grain yield and protein content in study years

		Liczba poletok Number of plots	Wskaźnik Sielianinowa Sielianinow's index				Plon ziarna Grain yield		Zawartość białka w ziarnie Grain protein content	
			Przed kwitnieniem Before anthesis		Po kwitnieniu After anthesis		Średnia Mean t*ha ⁻¹	Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia Mean %	Odchylenie standardowe Standard deviation
			Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation				
Rok – Year	1987	448	1,9	0,41	1,5	0,65	4,6	1,11	9,0	1,21
	1988	385	1,0	0,39	1,5	0,51	3,2	1,09	10,6	1,06
	1996	32	0,9	-	1,3	-	3,9	0,79	-	-
	1997	32	1,6	0,25	1,9	1,02	4,4	0,34	12,3	0,62
	1998	197	1,2	0,32	1,5	0,30	4,5	0,99	11,6	1,28
	1999	141	2,0	0,22	1,2	0,30	4,0	1,01	10,6	1,31
	2000	137	0,8	0,06	1,4	0,44	3,9	1,09	13,5	1,03
Zawartość białka w ziarnie Protein content (%)	>11,5	344	1,0	0,46	1,4	0,37	3,2	1,13	12,3	0,99
	10,5-11,5	325	1,2	0,48	1,6	0,53	3,7	1,25	11,0	0,32
	<10,5	671	1,7	0,54	1,4	0,62	4,4	1,22	8,7	0,85

Dotychczas nie uwzględniano wpływu zmienności przestrzennej gleby w obrębie pola na plon i jakość ziarna, wobec ograniczeń natury technicznej. 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 [Jadczyszyn 1998]. System ten wymaga rozpoznania przestrzennej zmienności właściwości fizyko-chemicznych 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 poszukiwania 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, które są następnie wykorzystywane przy podejmowaniu decyzji o wykonywaniu zabiegów agrotechnicznych. 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, a sprzęt roślin wykonywany jest kombajnem wyposażonym w odbiornik GPS oraz w urządzenie do ciągłego pomiaru plonu [Jadczyszyn i Stuczyński 2001].

W Stacji Doświadczalnej IUNG w Baborówku koło Poznania od roku 1994 pracuje pierwszy w Polsce kombajn *Massey-Ferguson 32* wyposażony w odbiornik sygnałów satelitarnych (system DGPS - *Differential Global Positioning System*) i neutronowy miernik plonów. Urządzenia te umożliwiają przestrzenną rejestrację plonu z częstotliwością co 1 sek. [Faber 1998b]. Każdy rekord bazy danych zawiera informacje dotyczące czasu pomiaru, współrzędnych geograficznych punktu, w którym w danym czasie znajdował się kombajn oraz mierzonego w tym punkcie plonu. Oprogramowanie komputera kombajnu umożliwia wykonanie interpolacji i wykreślenie map plonu, a także eksport informacji do dowolnych programów GIS (*Geographic Information System*) w celu ich dalszej analizy i przetwarzania. Mapy takie sporządzono również dla plonu ziarna jęczmienia jarego uprawianego w SD Baborówko w latach 1998-2000 (rys.5, 6, 7).



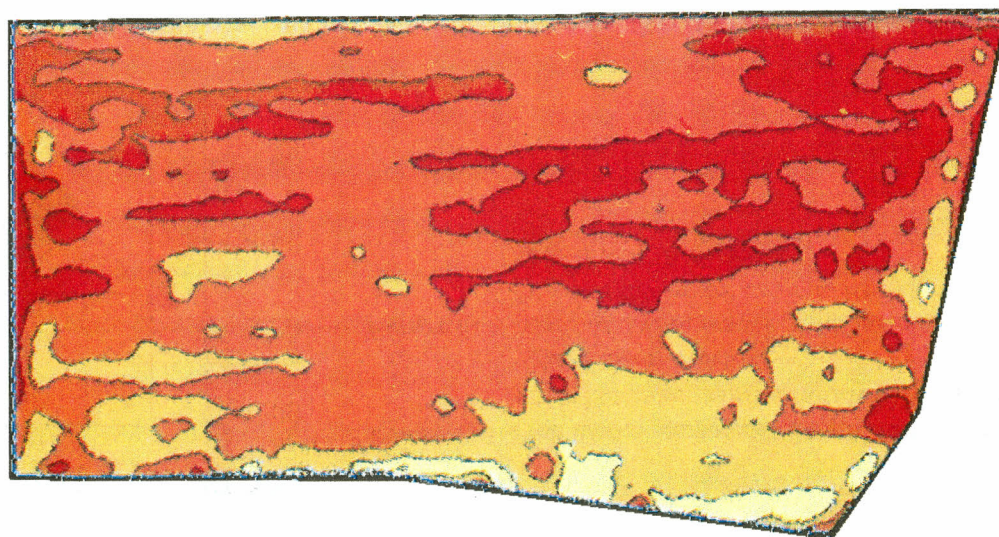
Rysunek 5. Plon ziarna jęczmienia jarego według danych zarejestrowanych przez komputer zainstalowany na kombajnie w 1998 r.

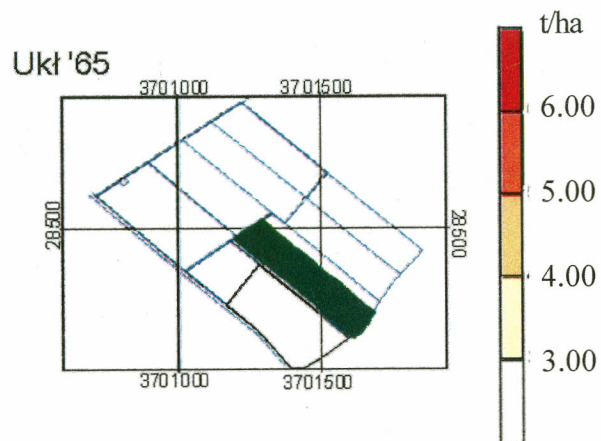
Wykonał mgr R. Pudelko.

Figure 5. Maps of spring barley grain yield according to data registered by harvester board computer in 1998.

Made by M.Sc. R. Pudelko.

0 200 m





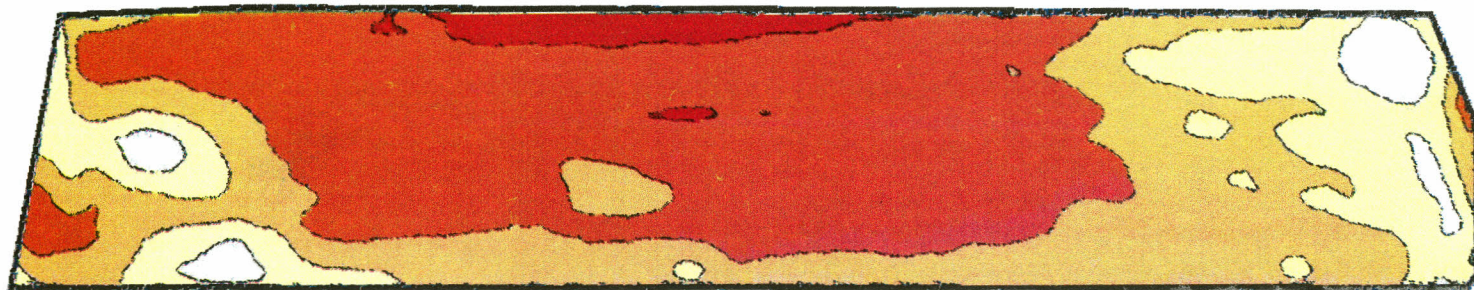
Rysunek 6. Plon ziarna jęczmienia jarego według danych zarejestrowanych przez komputer zainstalowany na kombajnie w 1999 r.

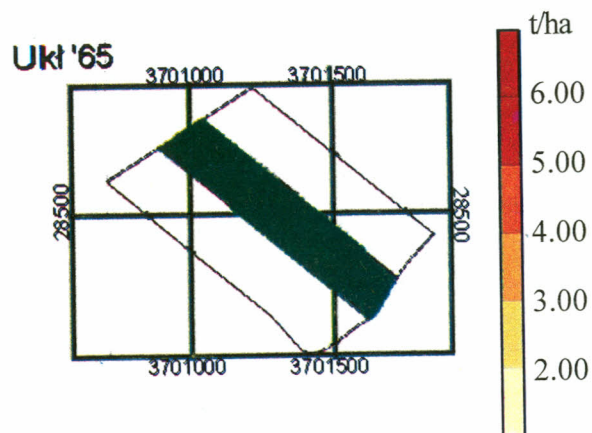
Wykonał mgr R. Pudelko.

Figure 6. Maps of spring barley grain yield according to data registered by harvester board computer in 1999.

Made by M.Sc. R. Pudelko.

0 200m



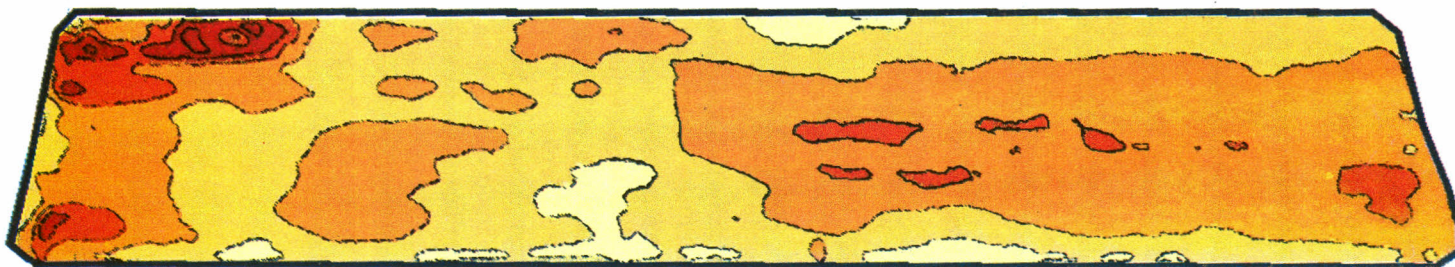


Rysunek 7. Plon ziarna jęczmienia jarego według danych zarejestrowanych przez komputer zainstalowany na kombajnie w 2000 r.

Wykonał mgr R. Pudółko.

Figure 7. Maps of spring barley grain yield according to data registered by harvester board computer in 2000.
Made by M.Sc. R. Pudółko.

0 200 m



4.2.1. Różnicowanie glebowe pól w Stacji Doświadczalnej Baborówko

W SD Baborówko wydzielono 3 pola, o powierzchni około 7,4, 8,8 i 16,2 ha, na których uprawia się w trójpolewym zmianowaniu rzepak, pszenicę ozimą i jęczmień jary. Dla każdego z pól wykonano mapę glebowo – rolniczą w skali 1:5000 oraz założono siatkę punktów pomiarowych o boku 24 m (lata 1998 i 1999) i 36 m (rok 2000). W punktach przecięcia linii siatki pobierane są w odstępach 3-letnich próbki gleby do wykonania oznaczeń jej podstawowych właściwości chemicznych (odczyn, zasobność w przyswajalne składniki pokarmowe).

Z dokonanej dotychczas charakterystyki pól wynika, że wykazują one dużą zmienność pod względem zarówno fizycznych cech gleby, jak i ich właściwości agrochemicznych [Jadczyszyn 2000]. W obrębie każdego z pól występują gleby należące do 4 kompleksów przydatności rolniczej: pszenney bardzo dobry, żytni bardzo dobry, żytni dobry i żytni słaby, odczyn 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* kg^{-1} gleby. Wczesną wiosną, w latach uprawy jęczmienia pobierano próbki gleby do głębokości 60 cm (z podziałem na warstwy 0-30 i 30-60 cm) i oznaczono w nich zawartość azotu mineralnego. Oznaczenia zawartości azotu mineralnego (suma $N-NH_4$ i $N-NO_3$) wykonywano z zamrożonych prób gleby metodą automatycznej kolorymetrii przepływowej.

W tabeli 9 przedstawiono liczbę punktów pomiarowych obrazującą różnicowanie właściwości gleby w obrębie pól, na których uprawiano jęczmień.

Na polu w roku 1998 najwięcej punktów pomiarowych znajdowało się na glebie kompleksu pszennego dobrego, nieco mniej na glebie kompleksu żytniego dobrego oraz żytniego bardzo dobrego i najmniej na glebie kompleksu żytniego słabego. Były to głównie gleby brunatne właściwe i pseudobielicowe o lekko kwaśnym odczynie, pH w granicach 5,5 – 6,5 i zawartości azotu mineralnego 50-100 kg N/ha. W roku 1999 większość stanowiły gleby kompleksu żytniego bardzo dobrego oraz żytniego dobrego i żytniego słabego. Niemal wszystkie punkty pomiarowe znajdowały się na glebach pseudobielicowych, z czego znaczna część była zlokalizowana, podobnie jak na poprzednim polu, na glebach o pH 5,5-6,5 i zawartości azotu mineralnego w granicach 50-100 kg N/ha. Na polu w roku 2000 punkty pomiarowe znajdowały się głównie na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego, a także na glebie kompleksu pszennego dobrego i żytniego słabego. Były to w większości gleby pseudobielicowe o lekko kwaśnym odczynie.

Tabela 9. Liczba punktów pomiarowych w grupach właściwości gleby charakteryzujących zmienność pól doświadczalnych
Table 9. Number of measurement points depending on field variability parameters

Właściwości gleby <i>Soil characteristics</i>	Liczba punktów pomiarowych <i>Number of measurement points</i>			
	1998	1999	2000	Razem - <i>Total</i>
Kompleks glebowy - <i>soil quality complex</i>				
Pszenny dobry – <i>good wheat</i>	55	6	16	77
Żytni bardzo dobry – <i>very good rye</i>	33	44	45	122
Żytni dobry – <i>good rye</i>	34	26	24	84
Żytni słaby – <i>weak rye</i>	8	30	17	55
Razem - <i>Total</i>	130	106	102	338
Typ gleby - <i>Soil type</i>				
Czarne ziemie właściwe - <i>black earth</i>	25	3	10	38
Brunatne właściwe – <i>brown soils</i>	55	6	6	67
Pseudobielicowe - <i>pseudopodsols</i>	50	97	86	233
Razem - <i>Total</i>	130	106	102	338
pH_{KCl} gleby - <i>pH_{KCl} of soil</i>				
4,5-5,5	18	19	21	58
5,5-6,5	75	75	52	202
6,5-7,2	37	12	29	78
Razem - <i>Total</i>	130	106	102	338
Zawartość azotu w profilu gleby 0-60 cm – <i>Nitrogen content in soil profile 0-60 cm</i>				
<50 kg*ha ⁻¹	2	9	-	11
50-100 kg*ha ⁻¹	73	64	-	137
100-150 kg* ha ⁻¹	51	30	-	81
>150 kg*ha ⁻¹	4	3	-	7
Razem – <i>Total</i>	130	106	-	236

4.2.2. Zróżnicowanie plonów i jakości ziarna jęczmienia

W latach uprawy jęczmienia siatkę punktów pomiarowych wykorzystano do określenia zmienności wskaźników wzrostu, rozwoju i plonowania tej rośliny. Po wschodach jęczmienia policzono ilość roślin na 1 m², następnie 3-krotnie w fazach EC 30 (pełnia krzewienia), EC 50-51 (początek kłoszenia) i EC 73 (dojrzałość młeczna) dokonywano pomiarów indeksu powierzchni liści (LAI) i indeksu zieloności liścia (SPAD) oraz pobierano próbki nadziemnych części roślin z powierzchni 1 m². W próbkach roślin oznaczano procent i plon suchej masy oraz procent i ilość pobranego azotu. W okresie pełnej dojrzałości roślin określono plon

ziarna z 1m^2 oraz cechy wartości browarnej ziarna, MTZ, celność i zawartość białka.

Do oznaczenia faz rozwojowych, w których wykonywano pomiary w łanie jęczmienia, w tabelach obok nazwy zmiennej zastosowano numerację: 1-faza krzewienia, 2-faza kłoszenia, 3-faza dojrzałości mleczej. Zmienne NNlplon oraz NNlbiałko (*Nitrogen Nutrition Index*) oznaczają odpowiednio wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem w stosunku do maksymalnego plonu ziarna i optymalnej dla browarnictwa zawartości białka w ziarnie. Wyjaśnienie odnośnie do kalibracji tych wskaźników podano w rozdziale 4.4.3.

Plony ziarna jęczmienia jak i zawartość białka w ziarnie były zróżnicowane w obrębie pól i lat badań (tab.10, 11).

Największy średni plon ziarna oraz średnią zawartość białka w ziarnie, najbliższą normie przyjętej w browarnictwie, stwierdzono w roku 1998 (tab.11). Decydowały o tym prawdopodobnie warunki wilgotnościowe gleby w okresie przed kwitnieniem, które, jak wynika z tabeli 3, były zbliżone do optymalnych (wskaźnik Sielianinowa $K=1$). W tym roku zmienność przestrzenna plonu ziarna była najmniejsza, o czym świadczy wartość współczynnika zmienności. Najwięcej punktów pomiarowych charakteryzowało się plonem ziarna w granicach 4,01-5,00 t z ha. Stosunkowo małej zmienności plonu ziarna w 1998 roku towarzyszyło największe zróżnicowanie zawartości białka w ziarnie. Uwzględniając podwójną wartość odchylenia standardowego można przyjąć, że ponad 95% próbek ziarna wykazywało zawartość białka w granicach 8,8-14,3%, z czego tylko 39% mieściło się w obrębie normy przyjętej w browarnictwie. Zawartość białka w ziarnie w połowie analizowanych próbek była natomiast powyżej normy.

Tabela 10. Charakterystyka statystyczna plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie z punktów pomiarowych

Table 10. Statistical characteristics of grain yield and protein content in measurement points

Statystyka <i>Statistics</i>	Plon ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) <i>Grain yield</i>			Zawartość białka w ziarnie (%) <i>Grain protein content</i>		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Wartość minimalna <i>Minimum</i>	2,15	1,82	1,62	8,5	8,6	11,7
Wartość maksymalna <i>Maximum</i>	7,50	6,21	6,05	15,2	11,0	15,0
Średnia <i>Mean</i>	4,68	3,78	3,58	11,8	9,9	13,6
Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>	0,82	0,95	1,00	1,5	0,5	0,6
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>	17,6	25,3	28,2	12,5	4,7	4,3

W 1999 r. średni plon ziarna wynosił 3,8 tony z ha, a w ujęciu punktów pomiarowych pozostawał na ogół w granicach 3,0-5,0 t z ha (tab.11). Średnia zawartość białka w ziarnie była zbyt niska dla browarnictwa. W 86% próbkach ziarna stwierdzono zawartość białka poniżej 10,5%, a w tylko 14% próbek była ona w granicach normy. Należy zaznaczyć, że w 1999 roku w okresie przed kwitnieniem panowała pogoda przekropna i zimna, o czym świadczy wysoka wartość wskaźnika Sielianinowa $K=2,1$ (tab.7).

W 2000 r. uzyskano podobne jak w 1999 r. plony ziarna jęczmienia, natomiast ziarno ze wszystkich punktów pomiarowych zawierało ponadnormatywne ilości białka (tab.13). Było to spowodowane przebiegiem pogody, charakteryzującym się małymi opadami i wysokimi temperaturami w okresie przed kwitnieniem jęczmienia. Wartość współczynnika Sielianinowa dla tego okresu wynosiła $K=0,8$ (tab.7).

Tabela 11. Liczba punktów pomiarowych w przedziałach wielkości plonu i zawartości białka w ziarnie

Table 11. Number of measurement points inside the ranges of grain yield and protein content

	Liczba punktów pomiarowych - Number of measurement points			
	1998	1999	2000	Razem - Total
Plon ziarna - Grain yield				
<3,00 t z ha	2	25	26	53
3,00-4,00 t z ha	16	33	50	99
4,01-5,00 t z ha	77	37	16	130
>5,00 t z ha	35	11	10	56
Razem - Total	130	106	102	338
Zawartość białka w ziarnie - Grain protein content				
<10,5 %	25	91	-	116
10-5-11,5 %	38	15	-	53
>11,5 %	67	-	102	169
Razem - Total	130	106	102	338

Zakres zmienności plonu ziarna w obrębie pól doświadczalnych był większy od zakresu zmienności zawartości białka (tab.10). W tabeli 12 przedstawiono porównanie wariancji plonów i zawartości białka pomiędzy 3 polami, na których uprawiano jęczmień w kolejnych latach badań.

Przyjmuje się, że jeśli wyznaczony przedział ufności obejmuje wartość =1, oznacza to brak istotnych różnic pomiędzy wariancjami prób. Podane w tabeli 13 zakresy przedziałów ufności wskazują na istotne różnicowanie zmienności plonów ziarna w obrębie pól, tylko pomiędzy latami 1998 i 2000 oraz na istotne różnicowanie zmienności zawartości białka w ziarnie pomiędzy wszystkimi

latami badań. Pośrednio można zatem sądzić, że o zakresie zmienności plonów decydują w większym stopniu właściwości gleby, natomiast zakres zmienności zawartości białka uzależniony jest przede wszystkim od przebiegu pogody.

Tabela 12. Porównanie wariancji plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie

Table 12. Comparison of variances of grain yield and grain protein content

Porównywane lata <i>Compared years</i>	Statystyka - <i>Statistics</i>	
	Iloraz wariancji <i>Ratio of variances</i>	Przedział ufności ($\alpha=0,05$) <i>Confidence interval</i>
plon ziarna – <i>grain yield</i>		
1998 i 1999	0,745	0,514 ; 1,073
1998 i 2000	0,669	0,459 ; 0,968
1999 i 2000	0,897	0,607 ; 1,325
Zawartość białka w ziarnie – <i>grain protein content</i>		
1998 i 1999	9,709	6,709 ; 13,953
1998 i 2000	6,375	4,384 ; 9,192
1999 i 2000	0,657	0,445 ; 0,968

4.2.3. Geostatystyczna charakterystyka zmienności plonu i jakości ziarna

Klasyczne metody statystycznego opracowania danych (np. analiza wariancji i regresji) zapewniają wiarygodne porównania międzyobiektywne, gdy zmienność glebowa w obrębie pola doświadczalnego ma charakter losowy, a sąsiednie obserwacje nie wykazują przestrzennego skorelowania. Metoda analizy wariancji zakłada, że błędy doświadczalne są niezależne. Jednak w przypadku występowania korelacji przestrzennej błędy są skorelowane, a obserwacje zależne. Należy wówczas zastosować metody, które uwzględniają korelacje przestrzenne w analizie. Założenie takie spełniają metody geostatystyczne. Umożliwiają one m.in. określenie przestrzennej zależności obserwacji w różnych kierunkach na polu, zakresu skorelowania obserwacji i predykcji wyników na podstawie parametrów zmienności przestrzennej metodą interpolacyjną (kriging) [Namysłowska-Wilczyńska 1993] oraz wykreślenie odpowiednich map [Faber 1998a].

Miarą zmienności przestrzennej analizowanej cechy przy dwukierunkowym rozłożeniu informacji jest semiwariancja, wyznaczana dla różnych odległości (*lag h*), dzielących punkty pobierania prób. Dla przestrzennie rejestrowanych obserwacji *h* jest wektorem zarówno odległości, jak i kierunku, który je rozdziela i przyjmuje wartości liczb całkowitych.

Graficzny rozkład semiwariancji w zależności od odległości *h* może mieć różny kształt, zależnie od charakteru zmienności przestrzennej. Model takiego wariogramu opisany jest funkcją, dla której odchylenia wartości teoretycznych semiwariancji od uzyskanych empirycznie są najmniejsze. Model umożliwia jednoznaczne określenie parametrów wariogramu. Może on być liniowy, loga-

rytmiczny, wykładniczy, sferyczny itp. Jednakże wybór odpowiedniego modelu jest dość trudny i jak dotychczas nie wypracowano standardowego podejścia. Problem polega na tym, że model jest jedynie przybliżeniem prawdziwego wariogramu i niewłaściwie zdefiniowany może stać się głównym źródłem zniekształcenia interpolowanych krigingiem wyników.

Typowy semiwariogram określają następujące parametry: zakres (A_0), wariancja samorodka (efekt samorodka) (C_0), wariancja strukturalna (C), próg (C_0+C). Zakres (A_0) określa granice przestrzennej zależności obserwacji, przy czym zakłada się, że semiwariancje poza zakresem a są równe s^2 i tłumaczy je zmienność losowa. Wyznacza też maksymalny promień, w zasięgu którego pobiera się sąsiednie obserwacje do krigingu. Wariancja samorodka (C_0) określa nieciągłość wariogramu względem środka układu współrzędnych, wynika z błędów pomiarowych oraz mikrozmienności w zakresach odległości mniejszych niż dokonywano pomiary. Wariancja strukturalna (C) określa prawdziwy przestrzenny komponent wariancji próby, odpowiadający tej części wariancji, która wynika z przestrzennego skorelowania obserwacji. Próg (C_0+C) określa wartość, przy której następuje stabilizacja wariancji i równa się w przybliżeniu wariancji danych. Gdy wartość progu jest równa C_0 , czyli określa tzw. czysty efekt samorodka, wówczas brak jest skorelowania przestrzennego obserwacji, a fakt ten może być interpretowany jako niezależność obserwacji w analizowanej przestrzeni, z najlepszym estymatorem – średnią wartością zmiennej dla całego pola. W przypadku, gdy próg jest określony wielkością C , w warunkach obecności przestrzennej zależności nie występuje efekt mikrozmienności.

Znajomość przestrzennej zmienności plonu ziarna, a szczególnie zawartości białka w ziarnie, jest szczególnie ważna w produkcji jęczmienia browarnego na dużych obszarach, gdyż słodownie i browary są zainteresowane w skupie dużych, jednolitych jakościowo partii. Mapy zawartości białka w ziarnie umożliwiają wyznaczenie fragmentów pola, czy też całych obszarów zapewniających uzyskanie ziarna o właściwych parametrach.

Semiwariancje plonu ziarna w latach 1998, 1999 i 2000 obliczono dla maksymalnych odległości lag h odpowiednio 270 m, 410 m i 550 m, a zawartości białka w ziarnie dla 240 m, 300 m i 300 m. Graficzny przebieg semiwariancji przedstawiono w postaci semiwariogramów. Jako miarę dobroci dopasowania modelu semiwariogramu opisanego parametrami takimi jak: efekt samorodka, próg i zakres przyjęto wartość współczynnika determinacji (R^2). Siłę przestrzennej zależności pomiędzy obserwacjami plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie obliczono na podstawie udziału wariancji przypadkowej w całkowitej wariancji danych, według wzoru [Cambardella 1997]:

$$Nugget = C_0 / (C_0 + C) * 100,$$

gdzie: C_0 – wariancja samorodka – *nugget variance*

C – wariancja strukturalna – *structural variance*

C_0+C – próg - *sill*

Analiza semiwariancji wykazała liniową zależność pomiędzy plonem ziarna jęczmienia jarego a odległością lag w latach 1998 i 1999 oraz wykładniczą

w roku 2000 (tab.13, rys. 8). Zależności te opisane są równaniami o ogólnej postaci [Robertson 2000]:

dla zależności liniowej: $\gamma(h) = C_0 + [h(C/A_0)]$,

dla zależności wykładniczej: $\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-h/A_0)]$,

gdzie: h - odległość (*lag*)

C_0 - wariancja samorodka (*nugget variance*)

C - wariancja strukturalna (*structural variance*)

A_0 - zakres (*range*)

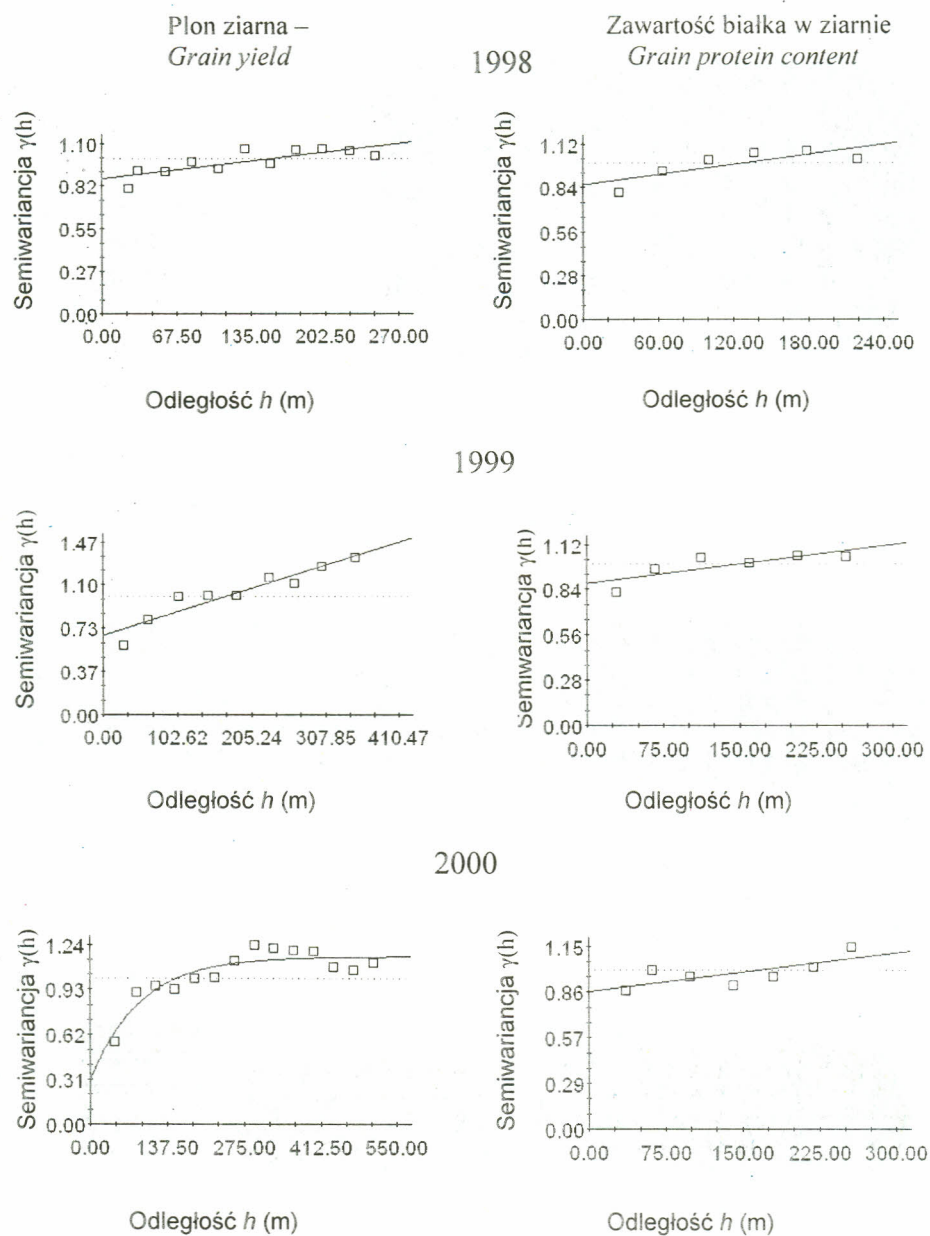
Tabela 13. Parametry semiwariogramów plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie na polach jęczmienia w latach 1998, 1999 i 2000

Table 13. Semivariogram parameters of barley grain yield and grain protein content in the fields of 1998, 1999 and 2000

Parametr <i>Parameter</i>	Rok <i>Year</i>	Parametry semiwariogramu – <i>Semivariogram parameters</i>				
		Wariancja samorodka <i>Nugget variance</i> C_0	Próg <i>Sill</i> C_0+C	Zakres <i>Range</i> A_0	$C/(C_0+C)$	R^2
Plon ziarna <i>Grain yield</i>	1998	0,87	1,08	249	0,19	0,64
	1999	0,67	1,35	350	0,50	0,89
	2000	0,31	1,15	89,0	0,73	0,84
Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	1998	0,86	1,10	219	0,22	0,62
	1999	0,88	1,09	254	0,19	0,64
	2000	0,86	1,07	256	0,19	0,54

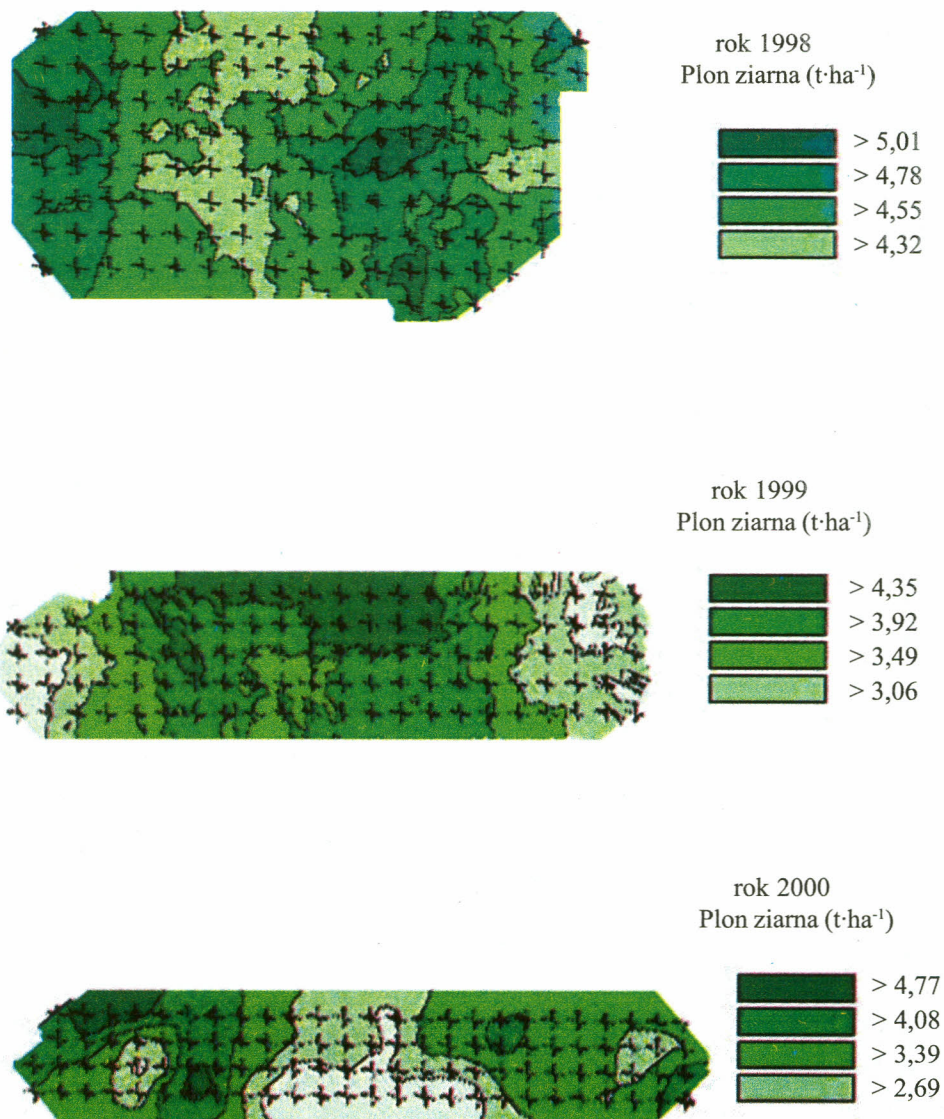
Zależność pomiędzy zawartością białka w ziarnie, a odległością *lag* na wszystkich trzech polach opisano funkcją liniową. Przestrzenna zmienność plonu ziarna w roku 1998 była w dużym stopniu związana z efektem samorodka $C_0=0,87$ i $C_0/(C_0+C)=0,81$. W pozostałych latach udział zmienności w zakresach mniejszych niż dokonywano pomiary (24 m w roku 1999 i 36 m w roku 2000) był mniejszy. Wartość $C_0/(C_0+C)$ w roku 1999 wynosiła 0,50, a w roku 2000 – 0,27. Zmienność zawartości białka w ziarnie we wszystkich latach badań była wyjaśniona głównie przez zmienność przypadkową. Udział wariancji samorodka w całkowitej zmienności tej cechy wynosił w kolejnych latach 0,78, 0,81 i 0,81. Tak duża zmienność plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie może być związana ze zmiennością właściwości fizycznych i chemicznych gleby w obrębie badanych pól.

Opisane powyżej parametry semiwariogramów wykorzystano w predykcji metodą krigingu plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie w punktach, gdzie nie pobierano prób ziarna. Zastosowana metoda *cross-validation* wykazała dużą zgodność wartości interpolowanych z rzeczywistymi, co umożliwiło przedstawienie przestrzennej zmienności analizowanych cech w postaci map (rys.9, 10).



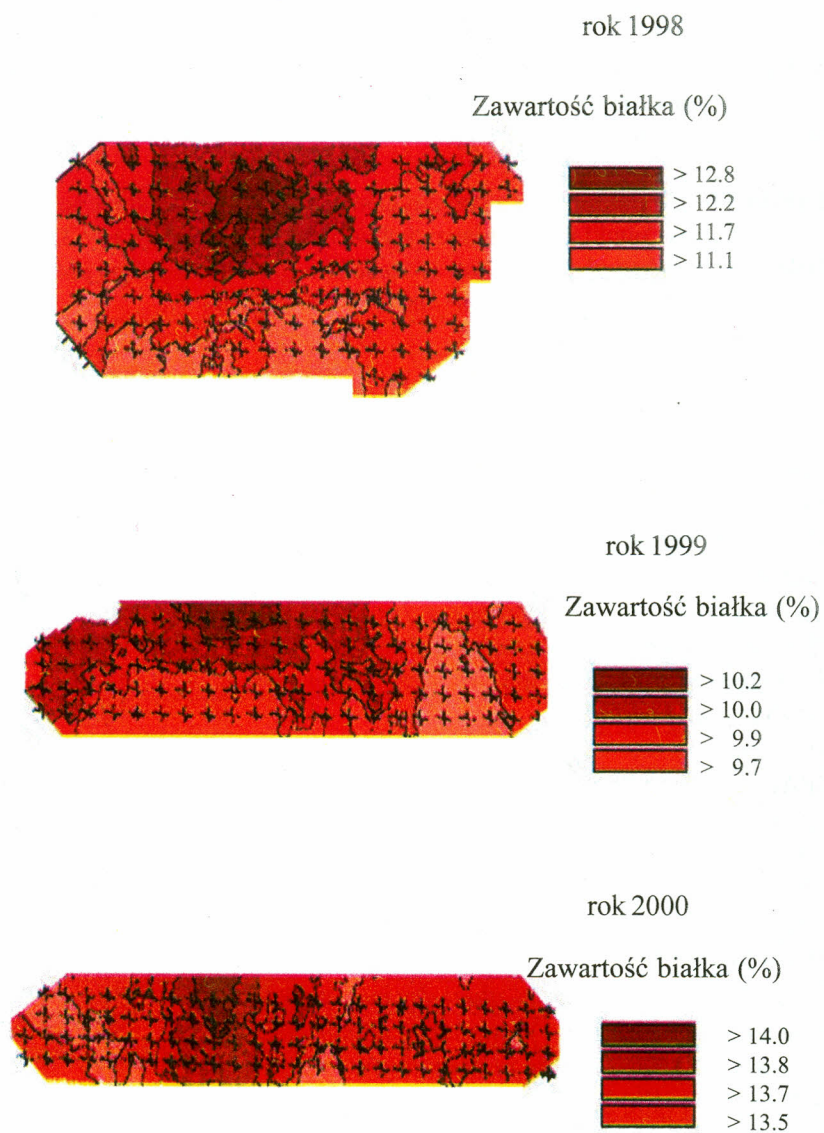
Rys. 8. Izotropowe semiwariogramy plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego w latach 1998, 1999 i 2000

Fig. 8. Isotropic semiwariograms of spring barley grain yield and protein content in the fields of 1998, 1999 and 2000



Rysunek 9. Mapy przestrzennego zróżnicowania plonu ziarna jęczmienia jarego na polach w latach 1998, 1999 i 2000.

Figure 9. Maps of spatial variability of spring barley grain yield in the fields of 1998, 1999 and 2000.



Rysunek 10. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego na polach w latach 1998, 1999 i 2000.

Figure 10. Spatial variation of spring barley grain protein content in the fields of 1998, 1999 and 2000.

4.2.4. Przyczyny zmienności plonu i zawartości białka w ziarnie jęczmienia

Dysponując dużą liczbą wskaźników wzrostu i rozwoju łanu jęczmienia, wykazujących dużą zmienność w obrębie pól (tab.14) podjęto próbę wyjaśnienia przyczyn zmienności plonu i zawartości białka w ziarnie, traktując wskaźniki łanowe jako zmienne objaśniające.

Tabela 14. Charakterystyka statystyczna wskaźników opisujących łan jęczmienia w punktach pomiarowych w latach 1998-2000, n = 338.

Table 14. Statistical description of variables of barley canopy parameters in control points in the fields of 1998-2000

Zmienna Variable	Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation
Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) – grain yield	4,07	1,05
Zawartość białka w ziarnie (%) - grain protein content	11,8	1,76
Masa 1000 ziaren – 1000-grain weight	40,3	2,32
Liczba roślin na $1m^2$ - plants per $1m^2$	267	28,3
Liczba kłosów na $1m^2$ - spikes per $1m^2$ *	494	106
Plon ziarna z kłosa (g) – grain yield per 1 spike*	0,75	0,15
Rozkrzewienie produkcyjne-productive tillering*	1,97	0,41
Liczba ziaren w kłosie*	19,3	4,11
SPAD 1	399	47,6
SPAD 2	529	61,5
SPAD 3	492	117
LAI 1	1,44	0,67
LAI 2	2,09	0,58
LAI 3	2,46	0,67
Plon s.m. roślin 1 ($g \cdot m^{-2}$) - plant dry matter yield 1	102	40,7
Plon s.m. roślin 2 ($g \cdot m^{-2}$) - plant dry matter yield 2	351	89,9
Plon s.m. roślin 3 ($g \cdot m^{-2}$) - plant dry matter yield 3	557	189
% N w s.m. roślin 1 - N % in plant dry matter 1	2,91	0,50
% N w s.m. roślin 2 - N % in plant dry matter 2	2,21	0,57
% N w s.m. roślin 3 - N % in plant dry matter 3	1,62	0,29
NNI 1 plon – NNI 1 yield	0,89	0,13
NNI 2 plon – NNI 2 yield	1,02	0,22
NNI 3 plon – NNI 3 yield	0,86	0,13
NNI 1 białko – NNI 1 protein	0,94	0,14
NNI 2 białko – NNI 2 protein	1,11	0,24
NNI 3 białko – NNI 3 protein	0,95	0,15

*liczba obserwacji n=208, number of observations n=208

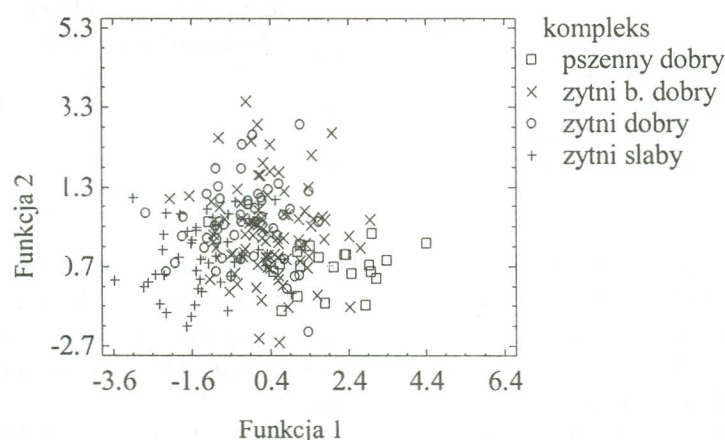
Do wskaźników łanowych włączono również elementy struktury plonu. Obliczenia wykonano dla trzech lat (z trzech pól) badań łącznie, co umożliwiło korzystne poszerzenie zakresu zmienności. Podjęta próba ma zatem charakter diagnostyczny.

W celu określenia wpływu warunków glebowych na zróżnicowanie wartości wskaźników łanowych przeprowadzono analizę dyskryminacji ($n=208$), w której jako funkcje klasyfikujące zbiór danych wejściowych przyjęto 4 kompleksy glebowe: pszenny dobry, żytni bardzo dobry, żytni dobry i żytni słaby. Analiza pozwoliła określić dwie statystycznie istotnie ($\alpha=0,05$) funkcje dyskryminujące (rys.11), których współczynniki przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Współczynniki funkcji dyskryminacji pomiędzy kompleksy glebowe

Table 15. Discriminant function coefficients for soil complexes

Zmienna - Variable	Funkcja dyskryminacji Discriminant function		
	1	2	3
Liczba kłosów/m ² – spikes per m ²	-0,8286	-1,0704	1,7263
Krzewienie produkcyjne – productive tillering	1,3429	-0,3699	-1,3724
Plon s.m. roślin 1 (g*m ⁻²) – plant DM yield 1	0,4569	0,2541	0,5327
Plon s.m. roślin 3 (g*m ⁻²) – plant DM yield 3	0,4194	1,4779	-0,5977
SPAD 3	1,2171	0,0196	-0,1717
Poziom istotności - P-value	0,0000	0,0001	0,4116



Rys. 11. Wykres funkcji dyskryminujących obserwacje do kompleksów glebowych

Fig. 11. Plot of discriminating functions of observations among the soil complexes

Spółród 26 wskaźników (tab.14) za pomocą analizy krokowej postępującej (step-wise) wydzielono 5 wskaźników, które powodowały zmienność łanu

jęczmienia (tab.15, 16). Były to obsada kłosów na jednostce powierzchni, ilość pędów produkcyjnych na roślinie, plon suchej masy w fazie krzewienia i dojrzałości mleczonej oraz stan odżywienia roślin azotem w fazie dojrzałości mleczonej określony wskaźnikiem zieloności liścia SPAD. Oznacza to, że warunki glebowe oddziaływały na zmienność łanu poprzez zróżnicowanie wzrostu roślin i stanu ich odżywienia azotem. W miarę pogarszania warunków glebowych od kompleksu pszenego bardzo dobrego do kompleksu żytniego słabego pogarszały się wskaźniki wzrostu i malała wartość SPAD (tab.16).

Tabela 16. Charakterystyka zmiennych niezależnych dla kompleksów glebowych
Table 16. Characteristics of independent variables affecting soil complex

Kompleks glebowy <i>Soil complex</i>	Żytni słaby <i>Rye poor</i>	Żytni dobry <i>Rye good</i>	Żytni bardzo dobry <i>Rye very good</i>	Pszenno bardzo dobry <i>Wheat very good</i>
Liczba punktów pomiarowych <i>Number of measurement points</i>	47	50	89	22
Zmienna – variable	Średnia – Mean			
Liczba kłosów* m^{-2} – spikes per m^2	480	478	504	523
Krzewienie produkcyjne –productive tillering	1,87	1,90	2,00	2,24
Plon s.m. roślin 1 ($g*m^{-2}$) – plant DM yield 1	64,4	70,8	75,5	79,9
Plon s.m. roślin 3 ($g*m^{-2}$) – plant DM yield 3	402	473	474	420
SPAD 3	382	416	440	498
	Odchylenie standardowe – Standard deviation			
Liczba kłosów* m^{-2} – spikes per m^2	125	117	91,9	77,0
Krzewienie produkcyjne –productive tillering	0,38	0,41	0,38	0,47
Plon s.m. roślin 1 ($g*m^{-2}$) – plant DM yield 1	12,3	9,80	11,4	10,0
Plon s.m. roślin 3 ($g*m^{-2}$) – plant DM yield 3	133	159	157	74,4
SPAD 3	37,4	84,8	93,4	114

W celu określenia zależności pomiędzy plonem ziarna i jego jakością, a wskaźnikami łanowymi przeprowadzono analizę korelacji, osobno dla elementów struktury plonu i osobno dla cech charakteryzujących stan łanu w okresie wegetacji lat 1998-2000. Analiza korelacji umożliwiła określenie parametrów, mających największy wpływ na plon ziarna i zawartość białka (tab.17).

Analiza korelacji wykazała, że z plonem ziarna i zawartością białka w ziarnie skorelowane były wszystkie elementy struktury plonu. Stwierdzono przy tym brak korelacji między wielkością plonu i zawartością białka w ziarnie. Najsilniejsze korelacje odnosiły się do zależności pomiędzy elementami struktury plonu, w tym między liczbą ziaren w kłosie a plonem ziarna z kłosa ($r=0,98$), krzewieniem produkcyjnym a liczbą kłosów ($r=0,82$) oraz krzewieniem produkcyjnym a masą 1000 ziaren.

Tabela 17. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna i zawartością białka w ziarnie a elementami struktury plonu**Table 17.** Coefficients of simple correlation between grain yield and protein content and yield components

	Plon ziarna <i>Grain yield</i>	Zawar- tość białka <i>Protein content</i>	Liczba kłosów <i>Spikes per m²</i>	Krze- wienie produk- cyjne <i>Producti- ve tillering</i>	Plon z kłosa <i>Spike yield</i>	Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	Masa 1000 ziaren <i>1000- grain weight</i>
Plon ziarna <i>Grain yield</i>	X						
Zawartość białka <i>Protein content</i>	-0,08	X					
Liczba kłosów <i>Spikes per m²</i>	0,66*	-0,72*	X				
Krzewienie produkcyjne <i>Productive Tillering</i>	0,40*	-0,71*	0,82*	X			
Plon z kłosa <i>Spike yield</i>	0,60*	0,63*	-0,19*	-0,34*	X		
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	0,49*	0,72*	-0,31*	-0,44*	0,98*	X	
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	0,58*	0,31*	0,63*	0,63*	-0,24*	-0,43*	X

* istotny przy $\alpha=0,05$ – statistically significant coefficient

Uwzględniając powyższe zależności dokonano analizy liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie oraz masy 1000 ziaren w przedziałach klasowych plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie (tab.18).

Optymalna dla przemysłu browarniczego zawartość białka w ziarnie związana była z dużą obsadą kłosów na jednostce powierzchni i dużą masą 1000 ziaren oraz umiarkowaną liczbą ziaren w kłosie. Duża obsada kłosów i duża masa 1000 ziaren determinowały również wysoki poziom plonowania jęczmienia. Dla uzyskania dużych plonów ziarna konieczna była jednak duża liczba ziaren w kłosie. W celu ustalenia udziału poszczególnych elementów struktury plonu w plonie ziarna posłużono się metodą Rudnickiego [2000] (tab.19). Przy interpretacji wyników należy uwzględnić fakt, że uwzględniona w analizie liczba ziaren w kłosie została wyliczona na podstawie pozostałych elementów struktury plonu. Spowodowało to, że błąd analizy w metodzie Rudnickiego został zredukowany do zera. Z tym zastrzeżeniem stwierdzono, że największy udział (ponad 90%) w zmienności plonu ziarna w obrębie badanych pól miała obsada kłosów na jednostce powierzchni.

Tabela 18. Charakterystyka elementów struktury plonu decydujących o wielkości plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie

Table 18. Characteristics of yield components effecting grain yield and grain protein content

	Plon ziarna (t z ha) <i>Grain yield</i>				Zawartość białka (%) <i>Grain protein content</i>		
	<3,00	3,00-4,00	4,01-5,00	>5,00	<10,5	10,5-11,5	>11,5
Liczebność	51	83	53	21	91	15	102
Zmienna - variable	Średnia – Mean						
Liczba kłosów na 1 m ² <i>Spikes per 1 m²</i>	414	472	559	615	568	588	415
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	15,9	20,2	20,0	22,6	16,3	17,1	22,4
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	38,4	38,6	39,9	39,6	40,0	40,2	37,9
	Odchylenie standardowe – <i>Standard deviation</i>						
Liczba kłosów na 1 m ² <i>Spikes per 1 m²</i>	111	77,2	70,1	24,8	57,6	48,8	83,5
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	4,05	3,91	2,79	2,36	30,5	3,06	2,48
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	1,81	1,55	1,09	1,48	0,89	0,74	1,52

Tabela 19. Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu w latach 1999-2000.

Table 19. The influence of individual yield components on barley grain yield increase in the fields of Experimental Station Baborówko in 1999-2000

Plon i elementy struktury <i>Yield and its components</i>	Minimum	Maximum	Wkład - <i>Contribution</i>		Udział- <i>Share</i> %
			t*ha ⁻¹	%	
Plon ziarna (t*ha ⁻¹) <i>Grain yield</i>	1,6	6,2	-	-	-
Obsada kłosów na 1 m ² <i>Spikes per 1 m²</i>	247	668	4,18	258	91,1
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	19,5	22,9	0,18	11,7	4,0
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	33,7	40,6	0,22	13,6	4,9
Suma-sum			4,58	283,3	100,0

Analiza korelacji, w której uwzględniono wskaźniki stanu ładu w okresie wegetacji, wykazała, że plon ziarna jęczmienia był najsilniej związany z liczbą roślin na jednostce powierzchni, plonem suchej masy i wartościami LAI we

wszystkich fazach rozwojowych jęczmienia (tab.20). Zawartość białka w ziarnie była natomiast skorelowana głównie ze wskaźnikami stanu odżywienia roślin azotem, to znaczy procentową zawartością azotu w s.m. roślin i wartościami NNI, w fazach kłoszenia i dojrzałości młecznej jęczmienia. Słabsze korelacje stwierdzono dla wskaźników masy i LAI.

Tabela 20. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna i zawartością białka a wskaźnikami stanu łanu jęczmienia (n=338)

Table 20. Coefficients of simple correlation between grain yield and protein content and canopy indices of barley (n=338)

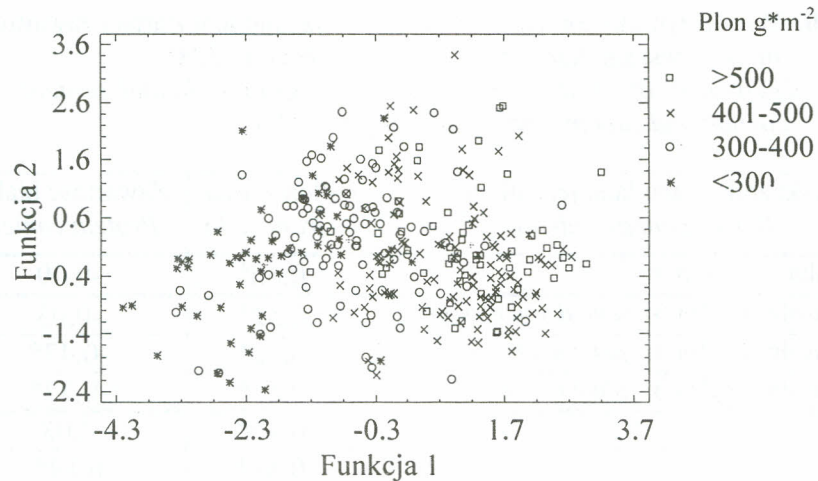
Wskaźniki stanu łanu jęczmienia <i>Barley canopy indices</i>	Plon ziarna <i>Grain yield</i>	Zawartość białka <i>Protein content</i>
Liczba roślin – <i>plants per m²</i>	0,60*	-0,09
Plon s.m. roślin 1 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) – <i>plant dry matter yield 1</i>	0,52*	-0,03
Plon s.m. roślin 2 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) – <i>plant dry matter yield 2</i>	0,52*	-0,47*
Plon s.m. roślin 3 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) – <i>plant dry matter yield 3</i>	0,59*	-0,37*
LAI 1	0,47*	0,03
LAI 2	0,41*	0,19*
LAI 3	0,54*	0,08
% N w s.m. roślin 1 – <i>N % in plant dry matter 1</i>	-0,15*	-0,01
% N w s.m. roślin 2 – <i>N % in plant dry matter 2</i>	-0,09	0,79*
% N w s.m. roślin 3 – <i>N % in plant dry matter 3</i>	-0,05	0,82*
SPAD 1	-0,05	0,09
SPAD 2	0,38*	0,35*
SPAD 3	0,42*	0,56*
NNI 1 plon – <i>NNI 1 yield</i>	0,29*	-0,04
NNI 2 plon – <i>NNI 2 yield</i>	0,14*	0,72*
NNI 3 plon – <i>NNI 3 yield</i>	0,39*	0,57*
NNI 1 białko – <i>NNI 1 protein</i>	0,31*	-0,04
NNI 2 białko – <i>NNI 2 protein</i>	0,15*	0,71*
NNI 3 białko – <i>NNI 3 protein</i>	0,41*	0,55*

* istotny przy $\alpha=0,05$ – *statistically significant coefficient*

W celu dyskryminacji między grupami plonu ziarna i zawartości białka przyjęto 18 zmiennych objaśniających. Na zmienne te składały się wskaźniki stanu łanu (tab.20) i dodatkowo wskaźnik waloryzacji gleby, wyrażony w punktach odpowiadających kompleksom glebowym. Poszczególnym kompleksom odpowiadają następujące wartości wskaźników waloryzacyjnych: kompleks 2 = 80 punktów, kompleks 4 = 70 punktów, kompleks 5 = 52 punkty, kompleks 6 = 30

punktów. Jako funkcje klasyfikujące zbiór zmiennych objaśniających przyjęto 4 grupy plonu ziarna oraz 3 grupy zawartości białka w ziarnie (tab. 21 i 22).

Dla plonu ziarna statystycznie istotne ($\alpha=0,05$) okazały się dwie funkcje dyskryminujące (rys.12).



Rys. 12. Wykres funkcji dyskryminujących obserwacje do grup plonu ziarna

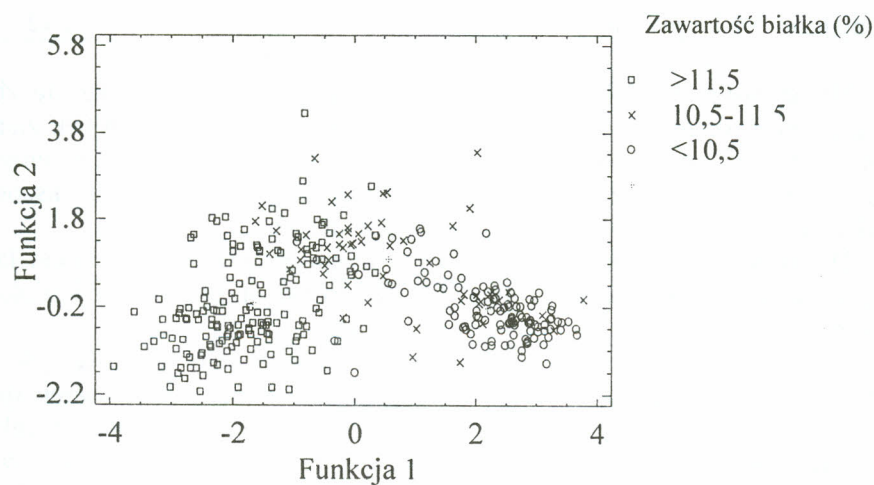
Fig. 12. Plot of discriminating functions of observations among the levels of grain yield

Stosując selekcję metodą krokową postępującą (*stepwise*) wykazano, że spośród 18 zmiennych objaśniających tylko 4 zmienne (wskaźniki) miały istotny wpływ na wielkość plonu ziarna. Były to kompleksy glebowe opisane punktami waloryzacyjnymi, obsada roślin na jednostce powierzchni oraz plon suchej masy i wartość LAI w fazie dojrzałości młecznej (tab.21).

Również dla zawartości białka w ziarnie istotne statystycznie okazały się dwie funkcje dyskryminujące (rys.13).

Tabela 21. Charakterystyka zmiennych niezależnych decydujących o wielkości plonu ziarna**Table 21.** Characteristics of independent variables effecting grain yield level

Plon ziarna t*ha ⁻¹ <i>Grain yield</i>	<3,0 0	3,00- 4,00	4,01- 5,00	>5,00
Liczebność - count	53	99	130	56
Zmienna – variable	Średnia – Mean			
Kompleks glebowy - soil complex	48,5	56,9	67,3	67,7
Liczba roślin*m ⁻² – plants per m ²	233	257	281	283
Plon s.m. roślin 3 (g*m ⁻²) - plant DM yield 3	367	459	655	683
LAI 3	1,83	2,29	2,63	2,93
	Odchylenie standardowe – Standard deviation			
Kompleks glebowy	18,4	16,2	13,7	14,4
Liczba roślin*m ⁻² – plants per m ²	30,1	25,3	17,2	14,9
Plon s.m. roślin 3 (g*m ⁻²) - plant DM yield 3	116	143	153	154
LAI 3	0,59	0,64	0,47	0,67

**Rys. 13.** Wykres funkcji dyskryminujących obserwacje do grup zawartości białka w ziarnie**Fig. 13.** Plot of discriminating functions of observations among the levels of grain protein content

Spośród 18 zmiennych objaśniających 6 zmiennych (wskaźników) miało istotny wpływ na zawartość białka w ziarnie (tab.22). Są to, z wyjątkiem LAI, wyłącznie wskaźniki stanu odżywienia jęczmienia azotem.

Tabela 22. Charakterystyka zmiennych niezależnych w grupach o zróżnicowanej zawartości białka w ziarnie

Table 22. Characteristics of independent variables in groups of different grain protein content

Zawartość białka (%) Grain protein content	<10,5	10,5-11,5	>11,5
Liczebność - count	116	53	169
Zmienna - variable	Średnia - Mean		
LAI 1	1,18	1,90	1,47
%N w s.m roślin 2 – N% in plant DM 2	1,70	1,99	2,63
%N w s.m roślin 3 – N% in plant DM 3	1,35	1,52	1,84
SPAD 2	491	551	548
SPAD 3	386	513	557
NNI 3 białko - NNI 3 protein	0,82	0,97	1,03
	Odchylenie standardowe – Standard deviation		
LAI 1	0,50	0,62	0,70
%N w s.m roślin 2 – N% in plant DM 2	0,25	0,34	0,43
%N w s.m roślin 3 – N% in plant DM 3	0,15	0,16	0,21
SPAD 2	40,2	67,1	60,0
SPAD 3	86,7	119	76,0
NNI 3 białko – NNI 3 protein	0,12	0,14	0,12

Stwierdzono, że połowa (169) próbek ziarna charakteryzowała się zbyt wysoką dla browarnictwa zawartością białka w ziarnie. Najmniej próbek ziarna (53) mieściło się w przedziale zawartości białka wymaganej w przemyśle browarniczym. Jak wspomniano już wcześniej próbki te, w znacznej większości, pochodziły z pierwszego (1998) roku uprawy jęczmienia.

Dla powiązania wskaźników struktury plonu ze wskaźnikami stanu łanu określono zależności korelacyjne pomiędzy tymi dwoma grupami wskaźników łanowych (tab.23).

Elementy struktury plonu decydujące zarówno o jego wielkości jak i o zawartości białka w ziarnie, to znaczy liczba kłosów i masa 1000 ziaren (por. tabele 17 i 18) były istotnie i dodatnio skorelowane z plonem masy roślin w całym okresie wegetacji. Interesujące jest natomiast, że elementy te wykazywały znacznie słabszą i z reguły ujemną korelację ze wskaźnikami zaopatrzenia roślin w azot (% N, SPAD i NNI). Liczba ziaren w kłosie była natomiast w silniejszym stopniu związana ze wskaźnikami zaopatrzenia roślin w azot niż ze wskaźnikami nagromadzania plonu suchej masy. Można na tej podstawie sądzić, że azot nie był czynnikiem limitującym wzrost roślin we wczesnych fazach wzrostu. Stawał się natomiast czynnikiem ograniczającym w późniejszych fazach rozwoju roślin, w których następuje rozwój ziarna.

Tabela 23. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy elementami struktury plonu ziaren i wskaźnikami stanu łanu w okresie wegetacji**Table 23.** Coefficients of simple correlation between grain yield components and canopy status indices during vegetation period

Wskaźniki stanu łanu jęczmienia <i>Barley canopy indices</i>	Liczba kłosów* m^{-2} <i>Spikes Per m^2</i>	Krzewienie produkcyj- ne <i>Productive tillering</i>	Plon ziarna z kłosa <i>Grain yield per spike</i>	Ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>
Liczba roślin – <i>plants per m^2</i>	0,46*	-0,12	0,19	0,14	0,53
Plon s.m. roślin 1 ($g \cdot m^{-2}$) <i>Plant dry matter yield 1</i>	0,51*	0,46*	0,16*	0,08	0,69*
Plon s.m. roślin 2 ($g \cdot m^{-2}$) <i>Plant dry matter yield 2</i>	0,77*	0,58*	-0,15*	-0,25*	0,56*
Plon s.m. roślin 3 ($g \cdot m^{-2}$) <i>Plant dry matter yield 3</i>	0,77*	0,58*	-0,19*	-0,29*	0,71*
LAI 1	0,15*	0,10	0,17*	0,14*	0,62*
LAI 2	0,02	-0,19	0,53*	0,50*	0,18*
LAI 3	0,23*	0,05	0,43*	0,37*	0,36*
% N w s.m. roślin 1 <i>N % in plant dry matter 1</i>	0,19	-0,09	0,04	0,02	-0,39*
% N w s.m. roślin 2 <i>N % in plant dry matter 2</i>	-0,69*	-0,69*	0,59*	0,66*	-0,35*
% N w s.m. roślin 3 <i>N % in plant dry matter 3</i>	-0,60*	-0,64*	0,65*	0,73*	-0,37*
SPAD 1	0,20*	-0,08	0,22*	0,19*	-0,35*
SPAD 2	-0,19*	-0,32*	0,56*	0,58*	0,23*
SPAD 3	-0,48*	-0,53*	0,73*	0,78*	0,33*
NNI 1 plon – <i>NNI 1 yield</i>	0,35*	0,06	0,09	0,05	0,14*
NNI 2 plon – <i>NNI 2 yield</i>	-0,55*	-0,61*	0,66*	0,71*	-0,15*
NNI 3 plon – <i>NNI 3 yield</i>	-0,22*	-0,38*	0,67*	0,69*	0,15*
NNI 1 białko – <i>NNI 1 protein</i>	0,36*	0,08	0,09	0,05	0,17*
NNI 2 białko – <i>NNI 2 protein</i>	-0,54*	-0,61*	0,66*	0,71*	-0,14*
NNI 3 białko – <i>NNI 3 protein</i>	-0,19*	-0,36*	0,67*	0,69*	0,18*

* istotny przy $\alpha=0,05$ – statistically significant coefficient**4.2.5. Model prognostyczny plonu i jakości ziarna jęczmienia**

Za pomocą analizy czynnikowej pogrupowano wskaźniki łanowe zamieszczone w tabeli 15 i wydzielono 3 czynniki, które łącznie wyjaśniają 76,4% zmienności zbioru danych rzeczywistych (tab.24). W skład czynnika 1 wchodziły wskaźniki charakteryzujące stan odżywienia roślin azotem w późniejszych fazach rozwoju (fazy kłoszenia i dojrzałości mleczonej), to znaczy procentowa zawartość azotu w suchej masie roślin, wskaźnik SPAD oraz indeksy NNI dla maksymalnego

plonu i dla zawartości białka w ziarnie. Na czynnik 2 składały się wskaźniki wzrostu roślin, to znaczy liczba roślin na jednostce powierzchni, plon suchej masy oraz wartość LAI. Czynnik 3, wyjaśniający najmniejszą część zmienności ogólnej danych wejściowych stanowiły wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem we wczesnej fazie rozwoju (faza krzewienia).

Tabela 24. Macierz ładunków czynnikowych

Table 24. Factor loading matrix

Zmienna <i>Variable</i>	Czynnik 1 <i>Factor 1</i>	Czynnik 2 <i>Factor 2</i>	Czynnik 3 <i>Factor 3</i>
Procent wyjaśnionej zmienności <i>Percentage of explained variability</i>	35,6	24,1	16,5
Liczba roślin na 1m ² - <i>plants per 1 m²</i>	0,11	0,80	0,09
Plon s.m. roślin 1 (g*m ⁻²) - <i>DM yield 1</i>	0,13	0,89	-0,22
Plon s.m. roślin 2 (g*m ⁻²) - <i>DM yield 2</i>	-0,30	0,71	0,31
Plon s.m. roślin 3 (g*m ⁻²) - <i>DM yield 3</i>	-0,16	0,90	0,01
LAI 1	0,19	0,83	-0,21
LAI 2	0,45	0,41	0,36
LAI 3	0,28	0,59	0,24
% N w s.m. roślin 1 - <i>%N in plant DM 1</i>	-0,03	-0,31	0,91
% N w s.m. roślin 2 - <i>%N in plant DM 2</i>	0,90	-0,32	-0,01
% N w s.m. roślin 3 - <i>%N in plant DM 3</i>	0,87	-0,27	0,07
SPAD 1*	0,07	-0,32	0,65
SPAD 2	0,61	0,35	-0,06
SPAD 3	0,73	0,52	-0,25
NNI 1 plon - <i>NNI 1 yield</i>	0,06	0,40	0,86
NNI 2 plon - <i>NNI 2 yield</i>	0,93	-0,05	0,07
NNI 3 plon - <i>NNI 3 yield</i>	0,79	0,39	0,08
NNI 1 białko - <i>NNI 1 protein</i>	0,06	0,44	0,84
NNI 2 białko - <i>NNI 1 protein</i>	0,92	-0,03	0,08
NNI 3 białko - <i>NNI 1 protein</i>	0,77	0,43	0,08

Wyznaczone czynniki wprowadzono jako zmienne niezależne do analizy regresji. Zastosowanie rachunku regresji wielokrotnej metodą *stepwise* pozwoliło opisać zależność plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie od tych czynników za pomocą funkcji o ogólnej postaci: $Y=a+bX_1+cX_2+dX_3$. Wartości parametrów równania regresji podano w tabeli 25. Błąd estymacji dla plonu ziarna wynosił 76,7, a dla zawartości białka 0,95, liczebność próby wynosiła n=338.

Dla plonu ziarna istotny związek regresyjny stwierdzono jedynie z czynnikiem 2. Oznacza to, że plon ziarna może być prognozowany na podstawie liczby i masy roślin oraz wielkości ich powierzchni asymilacyjnej (wskaźnik LAI) w okresie wegetacji. Wskaźniki te łącznie wyjaśniały 46,7% zmienności plonu końcowego ziarna jęczmienia. Jest to zgodne z wynikami analizy korelacji i

analizy dyskryminacyjnej, przedstawionymi w tabelach 20 i 21. Zawartość białka w ziarnie była w istotny sposób skorelowana ze wszystkimi wydzielonymi czynnikami. Największą część zmienności procentu białka objaśniał jednak czynnik 1, na który składały się wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem w późniejszych fazach wzrostu. Współczynnik regresji dla tego czynnika miał wartość dodatnią, co świadczy o tym, że zawartość białka w ziarnie wzrasta w miarę poprawy stanu odżywienia roślin azotem w fazach kłoszenia i dojrzałości młecznej roślin. Wartość współczynnika regresji dla czynnika 3, na który składały się wskaźniki stanu odżywienia roślin we wczesnej fazie rozwoju (faza krzewienia) była bliska zeru. Świadczy to o małym wpływie zaopatrzenia roślin w azot w tej fazie na zawartość białka w ziarnie i może sugerować określoną strategię nawożenia azotem w jednej dawce przedsiewnej.

Tabela 25. Współczynniki funkcji regresji wielokrotnej dla plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie

Table 25. Coefficients of multiple regression for grain yield and protein content

Parametr <i>Parameter</i>	Wartości współczynników regresji – <i>Regression coefficient values</i>					
	plonu ziarna <i>of grain yield</i>			zawartości białka w ziarnie <i>of grain protein content</i>		
	wartość <i>estima- tion</i>	błąd standar- dowy <i>standard error</i>	poziom istotnoś- ci <i>P-value</i>	wartość <i>estima- tion</i>	błąd standar- dowy <i>standard error</i>	poziom istotności <i>P-value</i>
STAŁA-constant	407	4,171	0,00	11,8	0,052	0,00
Czynnik 1 – <i>factor 1</i>	0,59	0,752	0,44	0,27	0,009	0,00
Czynnik 2 – <i>factor 2</i>	12,5	0,819	0,00	-0,12	0,010	0,00
Czynnik 3 – <i>factor 3</i>	1,84	1,324	0,17	-0,04	0,016	0,00
Współczynnik determinacji R^2 <i>Determination coefficient R^2</i>	46,7%			71,2%		

Podsumowanie

Badania prowadzone w latach 1998-2000 w SD Baborówko miały na celu ocenę stopnia zróżnicowania plonu i zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego w obrębie pola płodozmiennego oraz określenie przyczyn tej zmienności. Uzyskane wyniki odnoszą się do dużych pól o zróżnicowanych pod względem typologicznym i agrochemicznym glebach, obejmujących w obrębie każdego pola cztery kompleksy przydatności rolniczej. Pola te były natomiast jednolite pod względem agrotechnicznym, gdyż stosowano na nich od lat poprawną agrotechnikę, ze szczególną dbałością o równomierność wszystkich zabiegów uprawowych, nawozowych i ochrony roślin. W przekroju 3 lat badań (338

punktów pomiarowych) współczynnik zmienności dla plonu wynosił 25,7%, a dla procentowej zawartości białka w ziarnie 15,0%. Na zmienność tą składały się oczywiście zarówno odmienne w latach badań warunki pogody jak i zróżnicowanie glebowe pól doświadczalnych. Istotnie największe średnie plony ziarna uzyskano w 1998 r, a znacznie mniejsze i podobne w latach 1999 i 2000. Znacznie zróżnicowana była również średnia zawartość białka w ziarnie - najmniejsza w 1998 r charakteryzującym się zimną i przekropną pogodą w okresie przed kwitnieniem roślin (wskaźnik Sielianinowa $K=2,1$) i największa (ponadnormalna) w 2000 r charakteryzującym się małymi opadami i wysokimi temperaturami tego okresu ($K = 0,8$). Tylko w 1998 r o sprzyjających warunkach wilgotnościowych w okresie przed kwitnieniem ($K = 1,0$) średnia zawartość białka w ziarnie mieściła się w granicach wymaganych przez przemysł browarniczy. Współczynnik zmienności plonów w latach badań zawierał się w granicach 17,6-28,2% i był wyraźnie większy od współczynnika zmienności zawartości białka w ziarnie (4,3-12,5%). Wariancje plonów w latach badań nie różniły się jednak istotnie (z wyjątkiem lat 1888 i 2000), natomiast wariancje zawartości białka były istotnie zróżnicowane. Świadczy to pośrednio o tym, że przebieg pogody wpływa przede wszystkim na wielkość średniego plonu jęczmienia. Natomiast zmienność tego plonu wynika ze zmienności gleby w obrębie pola. Zmienność zawartości białka jest natomiast wynikiem interakcji przebiegu pogody z warunkami glebowymi pól, na których uprawia się jęczmień.

Zmienność plonu i zawartości białka w ziarnie jęczmienia w obrębie badanych pól zinterpretowano również za pomocą metod geostatystycznych. Analiza semiwariancji wykazała liniową zależność pomiędzy plonem ziarna, a odległością *lag* w latach 1998 i 1999 oraz wykładniczą w roku 2000. Zależność pomiędzy zawartością białka w ziarnie, a odległością *lag* na wszystkich trzech polach opisano funkcją liniową. Przestrzenna zmienność plonu ziarna w roku 1998 była w dużym stopniu związana z efektem samorodka $C_0=0,87$ i $C_0/(C_0+C)=0,81$. W latach 1999 i 2000 udział samorodka był mniejszy i wynosił odpowiednio 0,50 i 0,27. Zmienność zawartości białka w ziarnie była wyjaśniona głównie przez zmienność przypadkową. Udział zmienności samorodka w całkowitej zmienności tej cechy w kolejnych latach badań wynosił 0,78, 0,81 i 0,81.

Dysponując dużą liczbą charakterystyk łanu (do których zaliczono również elementy struktury plonu), wykazujących dużą zmienność w obrębie badanych pól, podjęto próbę wyjaśnienia przyczyn zmienności plonu i zawartości białka w ziarnie jęczmienia oraz stworzenia odpowiednich modeli prognostycznych.

Przeprowadzone analizy statystyczne (korelacji, dyskryminacji i metoda Rudnickiego [2000]) wykazały istotną zależność plonu ziarna od liczby kłosów na jednostce powierzchni, masy 1000 ziaren i liczby ziaren w kłosie. Spośród parametrów charakteryzujących łan jęczmienia w okresie wegetacji na plon ziarna istotny dodatni wpływ miała liczba roślin na jednostce powierzchni oraz wskaźniki wzrostu roślin (plon suchej masy i wartość LAI) oznaczane w trzech fazach rozwojowych jęczmienia.

Zawartość białka w ziarnie była ujemnie skorelowana z liczbą kłosów na jednostce powierzchni i rozkrzewieniem produkcyjnym roślin, a dodatnio z liczbą

ziaren w kłosie. Spośród charakterystyk łanu w okresie wegetacji dodatnio skorelowane z zawartością białka w ziarnie były wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem w fazie kłoszenia i dojrzałości mleczej. Wskaźniki te wykazywały jednocześnie istotny związek korelacyjny z obsadą kłosów na jednostce powierzchni oraz produktywnością pojedynczego kłosa (plon i liczba ziaren w kłosie).

Dużą przydatność diagnostyczną wykazywała również charakterystyka gleby oparta o kompleks przydatności rolniczej wyrażony we wskaźnikach waloryzacyjnych. Metodą analizy dyskryminacyjnej stwierdzono istotny wpływ kompleksów na niektóre wskaźniki łanowe i w konsekwencji na wielkość plonu ziarna jęczmienia. Stwierdzono, że w miarę pogarszania się warunków glebowych rośliny były słabiej rozwinięte. Charakteryzowały się mniejszym plonem suchej masy w okresie wegetacji, wynikającym ze słabszego rozkrzewienia, co skutkowało później mniejszą obsadą kłosów na jednostce powierzchni. Rośliny wykazywały też słabszy stan odżywienia azotem w fazie dojrzałości mleczej.

Próbę prognozowania plonów i zawartości białka w ziarnie jęczmienia podjęto na podstawie przeprowadzonej analizy czynnikowej. Analiza czynnikowa pozwoliła na pogrupowanie cech łanu w okresie wegetacji i wyznaczenie 3 czynników, które łącznie wyjaśniały 76,4% zmienności zbioru danych rzeczywistych. W modelu prognostycznym (regresyjnym) plonu ziarna istotny okazał się czynnik 2, na który składały się wskaźniki wzrostu roślin (liczba i masa roślin na jednostce powierzchni oraz wartość LAI). W modelu prognostycznym zawartości białka w ziarnie największy udział miał czynnik 1, na który składały się wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem w późnych fazach rozwojowych.

4.3. Wpływ ilości wysiewu na wielkość i jakość plonu ziarna

4.3.1. Gleby pseudobielicowe

Badania nad jęczmieniem jarym odm. Rudzik prowadzono w Zakładzie Doświadczalnym IUNG Grabów, woj. mazowieckie, w latach 1998-2000. Podstawą były dwuczynnikowe ściśle doświadczalne polowe w układzie split-plot, w których pierwszym czynnikiem była ilość wysiewu: 200, 300, 400 i 500 ziaren na m², a drugim – dawka azotu stosowana w całości przedsięwzięcia: 0; 20; 40; 60 i 80 kg N*ha⁻¹ (tab.1).

Plon ziarna i elementy struktury plonu oraz parametry jakości ziarna były zróżnicowane w latach badań. Zależność plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie od warunków pogody poszczególnych lat badań przedstawiono w rozdziale 4.1. Ze względu na to, że efekty główne zastosowanych zabiegów agrotechnicznych w odniesieniu do wszystkich badanych cech były istotne i większe niż interakcje z latami, wpływ badanych czynników przedstawiono w układzie średnich z lat badań. W tym rozdziale przedstawiono syntetyczne dane dotyczące wpływu gęstości siewu na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia. Interakcja pomiędzy ilością wysiewu i nawożeniem azotem ujawniła się tylko w przypadku rozkrzewienia produkcyjnego i polegała na istotnym zwiększeniu ilości pędów

produkcyjnych w miarę zwiększania dawek nawozów azotowych przy siewie najrzadszym.

Plon ziarna zwiększał się istotnie wraz ze wzrostem zagęszczenia siewu do 400 ziaren* m^{-2} (tab.26). W tym samym kierunku zwiększała się również liczba kłosów na jednostce powierzchni, natomiast zmniejszały się masa tysiąca ziaren MTZ oraz plon ziarna z rośliny i z kłosa. Dalsze zwiększanie ilości wysiewu do 500 ziaren* m^{-2} powodowało nieznaczny spadek plonu ziarna. Krzewienie produkcyjne ulegało redukcji wraz z zagęszczaniem siewu od 200 do 500 ziaren* m^{-2} .

Tabela 26. Plon ziarna i struktura plonu jęczmienia odm. Rudzik zależnie od ilości wysiewu

Table 26. Grain yield and yield components of barley cv. Rudzik as influenced by sowing rate

Parametr <i>Parameter</i>	Ilość wysiewu (ziaren* m^{-2}) – Sowing rate (grains per m^2)				
	200	300	400	500	NIR-LSD
Plon ziarna (g* m^{-2}) <i>Grain yield</i>	382 b	380 b	416 a	406 a	16,3
Liczba roślin na 1 m^2 <i>Plants per m^2</i>	182 d	277 c	372 b	466 a	26,2
Liczba kłosów na 1 m^2 <i>Spikes per m^2</i>	509 b	542 ab	595 a	595 a	36,6
Krzewienie produkcyjne <i>Productive tillering</i>	2,81 a	1,98 b	1,61 c	1,28 d	0,323
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	47,4 a	46,1 ab	45,4 b	45,1 b	1,65
Plon ziarna z rośliny (g) <i>Grain weight per plant</i>	2,11 a	1,39 b	1,12 bc	0,87c	0,286
Plon ziarna z kłosa (g) <i>Grain weight per spike</i>	0,75 a	0,70 ab	0,70 ab	0,68 b	0,059

* istotne różnicowanie obiektów oznaczono literowo
values marked with different letters are significantly different

Wykorzystując metodę Rudnickiego [2000] obliczono wkład elementów struktury plonu w przyrost plonu oraz ich udział w zmienności plonu spowodowanej oddziaływaniem ilości wysiewu (tab.27). Zarówno wkład, jak i udział elementów struktury plonu w zmianie jego wielkości był odmienny w przedziale ilości wysiewu 200 do 400 i w przedziale 400 do 500 ziaren na 1 m^2 . W pierwszym z wyróżnionych przedziałów przyrost plonu ziarna następował w wyniku zwiększonej obsady kłosów na jednostce powierzchni. Liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren wносиły natomiast wkład ujemny. W drugim z wyróżnionych przedziałów obniżka plonu (nieistotna) następowała na skutek bardzo znacznego zmniejszenia masy 1000 ziaren i mniejszego niż w poprzednim

przedziale zmniejszenia obsady kłosów. Dodatni wkład liczby kłosów w wielkość plonu ziarna nie był natomiast w stanie zrekompensować ujemnego wpływu pozostałych elementów struktury plonu.

Tabela 27. Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu zróżnicowanych w wyniku zwiększania ilości wysiewu

Table 27. The influence of individual yield components on grain yield increase as a result of sowing rate increase

Elementy struktury plonu <i>Yield components</i>	Ilość wysiewu (ziaren/m ²)- <i>Sowing rate (grains per 1m²)</i>					
	200-400			400-500		
	wkład <i>contribution</i>		Udział <i>Share</i>	wkład <i>contribution</i>		udział <i>share</i>
	t*ha ⁻¹	%	%	t*ha ⁻¹	%	%
Obsada kłosów na 1m ² <i>Spikes per 1m²</i>	0,48	12,7	143,1	0,003	0,06	2,5
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	-0,056	-1,2	-13,6	-0,002	-0,06	-2,8
Masa 1000 ziaren (g) <i>1000-grain weight</i>	-0,10	-2,6	-29,5	-0,100	-2,40	-99,7
Suma-sum	0,33	8,9	100,0	-0,099	-2,40	-100,0
Błąd oceny - <i>estimation error</i>	0,43 %			0,44 %		

Zwiększanie zagęszczenia roślin w łanie powoduje nasilenie wzajemnych oddziaływań konkurencyjnych, które prowadzą do zróżnicowania warunków wzrostu i rozwoju poszczególnych roślin i w konsekwencji do poziomego rozwarstwienia łanu, czyli zmian w jego architekturze. W wyniku konkurencji zróżnicowaniu ulega w szczególności wielkość i struktura plonu z pędów o różnej wysokości [Pecio 1995]. Ma to dalszy związek z wielkością ziarna i jednolitością jego partii, co decyduje o parametrach wartości browarnej takich cech jak: masa 1000 ziaren i celność ziarna oraz zawartość białka w ziarnie i cechy słodu.

W badaniach własnych zwiększenie liczby roślin na jednostce powierzchni powodowało zmniejszenie krzewistości roślin, a tym samym lepsze wyrównanie wysokości poszczególnych pędów. Obserwowano jednocześnie zmniejszenie zawartości białka w ziarnie. Ilość wysiewu różnicowała też ilość białek rozpuszczalnych, które wpływają na wartość liczby Kolbacha (tab.28). Istotne zróżnicowanie tych parametrów stwierdzono jednak tylko pomiędzy najmniejszym i największym zagęszczeniem siewu.

Tabela 28. Parametry wartości browarnej ziarna jęczmienia odm. Rudzik zależnie od ilości wysiewu

Table 28. Malting quality of barley grain cv. Rudzik as influenced by sowing rate

Parametry wartości browarnej	Ilość wysiewu (ziaren*m ⁻²) – Sowing rate				
	200	300	400	500	NIR - LSD
Zawartość białka w ziarnie (%) <i>Grain protein content</i>	12,7	12,5	12,4	12,3	r.n.
Zawartość białka rozpuszczalnego (%) <i>Soluble proteins</i>	6,3	6,1	6,0	5,9	0,23
Liczba Kolbacha (%) <i>Kolbach Index</i>	49,9	49,4	48,9	48,8	0,76

*r.n. – różnica nieistotna – insignificant difference

4.3.2. Mady średnie

W doświadczeniu prowadzonym w ZD Kępa w latach 1996-1998 badanymi czynnikami były chemiczna ochrona roślin przed chorobami (bez ochrony lub fungicyd Alert 375 SC) oraz ilość wysiewu (200, 270, 340, 410 ziaren*m⁻²) (tab.1).

Plon i struktura plonu ziarna

Zróznicowane warunki pogody w latach prowadzenia badań spowodowały odmienny wpływ zagęszczania siewu na plonowanie jęczmienia (tab.29). Współdziałanie ochrony roślin i ilości wysiewu było nieistotne i z uwagi na syntetyczny charakter pracy wpływ obydwu czynników analizowano oddzielnie. W 1996 r uzyskano istotnie większy plon ziarna przy wysiewie w ilości 410 ziaren na 1 m², od uzyskanego dla pozostałych ilości wysiewu. W roku 1997 gęstość siewu nie oddziaływała na plon ziarna z powodu silnego wylegania roślin już na początku fazy dojrzałości młecznej. W roku 1998 stwierdzono istotną wyżkę plonu przy zagęszczaniu siewu z 270 do 410 ziaren na 1 m². Średnio w trzyleciu plon ziarna był istotnie większy przy wysiewie w ilości 410 w porównaniu do 200 ziaren na 1 m². Zwyżka plonu była związana wyłącznie z istotnym wzrostem liczby kłosów na jednostce powierzchni. Wzrost liczby kłosów następował pomimo zmniejszania krzewistości roślin. Kłosa na pędzie głównym miały zatem coraz większy udział w tworzeniu plonu ziarna z jednostki powierzchni. Liczba i masa ziaren z kłosa malały w miarę zagęszczania siewu, przy czym istotne zmniejszenie wartości tych cech, jak również krzewienia produkcyjnego, stwierdzono pomiędzy skrajnymi ilościami wysiewu.

Tabela 29. Wpływ gęstości siewu na plon i komponenty plonu ziarna jęczmienia odm. Orlik**Table 29.** The influence of sowing rate on grain yield and components of barley cv. Orlik

Parametr Parameter	Rok Year	Gęstość siewu (ziaren* m^{-2}) sowing rate (grains* m^{-2})				NIR - LSD ($\alpha=0,05$)
		200	270	340	410	
Plon ziarna (t* ha^{-2}) Grain yield	1996	3,68	4,08	4,19	4,99	0,554
	1997	4,42	4,28	4,44	4,29	r.n.
	1998	3,38	3,60	3,71	4,05	0,439
	średnio	3,83	3,99	4,11	4,44	0,489
Liczba kłosów na 1 m^2 Spikes per $1m^2$	1996	423	487	570	652	39,2
	1998	470	545	646	696	60,8
Krzewienie produkcyjne Productive tillering	1996	3,6	2,9	2,5	2,2	0,89
	1998	3,7	3,2	2,7	2,1	0,91
Liczba ziaren z kłosa Grains per spike	1996	18,7	17,2	16,7	15,5	1,94
	1998	17,9	17,4	16,5	16,3	1,23
Masa ziarna z kłosa (g) Grain weight per spike	1996	0,72	0,70	0,66	0,62	0,089
	1998	0,67	0,64	0,63	0,58	0,088

r.n. - różnica nieistotna – insignificant difference

Uzyskane wyniki potwierdziła analiza wkładu w plon i udziału w jego zmienności elementów struktury plonu (tab.30). Wzrost plonu ziarna spowodowany zwiększoną ilością wysiewu z 200 do 410 ziaren* m^{-2} następował głównie na skutek zwiększonej liczby kłosów na jednostce powierzchni. Liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren miały ujemny wkład w plon ziarna.

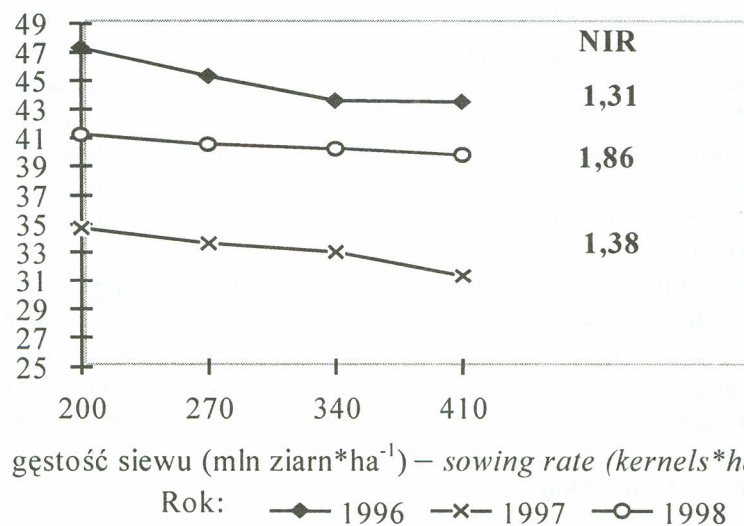
Z wielu badań [Fotyma i Pietrasz-Kęsik 1993, Kozłowska-Ptaszyńska 1993, Maciejewski 1998] wynika, że zmiany w plonowaniu jęczmienia jarego zależą głównie od zmian w obsadzie kłosów i masie 1000 ziaren. Wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni jest często ujemnie skorelowany z masą tysiąca ziaren [Noworolnik 1993, Owera i in. 1981].

Istnienie takiej relacji potwierdzono w badaniach własnych (rys.14). W roku 1996 istotne zmniejszenie masy 1000 ziaren wystąpiło już przy wysiewie 340 ziaren* m^{-2} , a w roku 1998 dopiero przy największej gęstości (410 ziaren* m^{-2}) w porównaniu do wartości uzyskanych przy najrzadszym siewie – 200 ziaren* m^{-2} . Szczególnie niekorzystny wpływ na wielkość tej cechy miało silne wyleganie roślin (1-2 w skali 9⁰), które wystąpiło w roku 1997 po ulewnych opadach deszczu (czerwiec – 92 mm, lipiec – 150 mm).

Tabela 30. Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu zróżnicowanych w wyniku zwiększenia ilości wysiewu w latach 1996 i 1998

Table 30. The influence of individual yield components on grain yield increase as a result of sowing rate increase in 1996 and 1998

Plon i elementy struktury Yield and its components	Ilość wysiewu (ziaren* m^{-2}) Sowing rate (grains* m^{-2})		Wkład-Contribution		Udział Share
	200	410	t* ha^{-1}	%	%
Plon ziarna (t* ha^{-1}) Grain yield	3,53	4,52	-	-	-
Obsada kłosów na $1m^2$ Spikes per $1m^2$	447	674	1,19	33,7	120,3
Liczba ziaren w kłosie Grains per spike	18,3	15,9	-0,18	-5,01	-17,9
Masa 1000 ziaren (g) 1000-grain weight	38,3	37,7	-0,02	-0,68	-2,4
Suma – Sum	-	-	0,99	28,0	100
Błąd oceny - Estimation error			10,8 %		

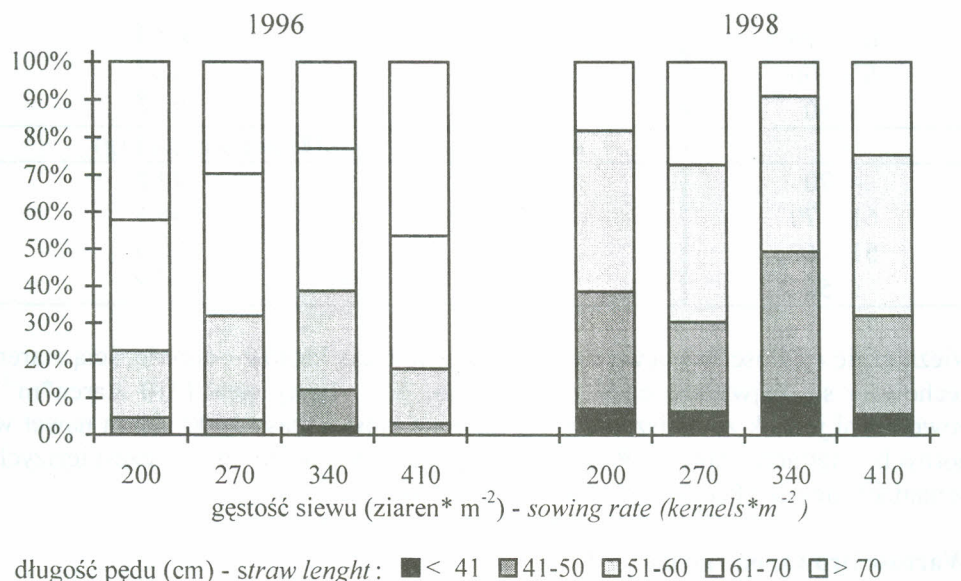


Rys. 14. Wpływ gęstości siewu na masę 1000 ziaren (g) jęczmienia jarego odm. Orlik
Fig. 14. The influence of sowing rate on 1000-grain weight of spring barley cv. Orlik

Architektura ładu

Budowa przestrzenna ładu, czyli jego architektura odgrywa zasadniczą rolę w regulacji procesów zachodzących w łanie i jest ważnym źródłem informacji dla opisu zależności pomiędzy łaniem roślin, a ich środowiskiem. Łan można najogólniej scharakteryzować pod względem właściwości funkcjonalnych lub strukturalnych. Opis funkcjonalny obejmuje takie cechy jak: ilość pochłanianego światła, ilość wyparowanej wody, produktywność roślin i stan ich odżywienia makro- i mikroelementami. Opis strukturalny dotyczy natomiast rozmieszczenia i ustawienia względem światła oraz wielkości poszczególnych organów roślin to znaczy pędu, liści, kłosa. We wcześniejszych badaniach własnych [Pecio 1995] oraz innych badaniach IUNG [Podolska 1995, 1999] stosowano opis strukturalny nakierowany głównie na przestrzenny rozkład kłosów, który był uzależniony od krzewistości roślin w łanie i wysokości pędów. Opis taki określano jako charakterystykę architektury ładu.

Na rysunku 15 przedstawiono architekturę ładu jęczmienia jarego odmiany Orlik zależnie od ilości wysiewu w latach 1996 i 1998, charakteryzujących się zróżnicowanym przebiegiem warunków pogodowych w okresie wegetacji. W roku 1997 z powodu silnego (1-2 w skali 9-stopniowej) wylegania roślin po ulewnych opadach deszczu określenie cech architektury ładu nie było możliwe.



Rys. 15. Procentowy udział pędów o różnej długości w łanie jęczmienia browarnego w zależności od gęstości siewu

Fig.15. Percentage of various height stems in spring barley canopy depending on sowing rate

Obserwowano znaczne zróżnicowanie architektury łanu jęczmienia zależnie od warunków pogody w okresie wegetacji oraz od ilości wysiewu. W roku 1996 niezależnie od gęstości siewu, przewagę w łanie miały najwyższe pędy z zakresów długości 61-70 i powyżej 70 cm. W roku 1998 intensywne opady tuż po siewie jęczmienia spowodowały silne zaskorupienie gleby, co niekorzystnie wpłynęło na wschody i dalszy wzrost roślin, w efekcie pędów wyższych niż 70 cm w łanie w ogóle nie notowano. W roku tym największy udział miały pędy o długości 51-60 i 41-50 cm. Budowa przestrzenna łanu odmiany Orlik była podobna przy wysiewie 200 jak i 410 ziaren* m^{-2} . Zwiększoną liczebność niskich pędów (poniżej 60 cm w roku 1996 i poniżej 50 cm w roku 1998) obserwowano w łanie z wysiewu 340 ziaren* m^{-2} . Pędy o różnej długości wykazywały zdecydowanie różną produktywność (tab.31).

Tabela 31. Plenność pędów o różnej długości w łanie jęczmienia jarego odmiany Orlik w zależności od gęstości siewu (1996)

Table 31. Fertility of various length stems in canopies of spring barley var. Orlik depending on sowing rate (1996)

Długość pędu Stem lenght (cm)	Ilość wysiewu (ziaren* m^{-2}) – sowing rate (grains* m^{-2})	
	200	410
	masa ziarna z kłosa – grain yield per spike (g)	
> 70	0,93	0,89
61 – 70	0,67	0,64
51 – 60	0,34	0,37
≤ 50	0,31	0,15
	masa 1000 ziaren – 1000-grain weight (g)	
> 70	44,7	44,0
61 – 70	41,5	38,6
51 – 60	35,4	33,6
≤ 50	29,3	14,9

Niezależnie od ilości wysiewu największą plennością kłosów i dorodnością ziaren cechowały się najwyższe pędy w łanie (tab. 31). Gęsty siew (410 ziaren* m^{-2}) powodował jednak zmniejszenie masy ziarna z kłosa i masy 1000 ziaren nawet w górnych piętrach łanu. Podobne zależności uzyskano we wcześniejszych badaniach autorki [Pecio 1995].

Wartość browarna ziarna

Parametry jakości ziarna i słoju jęczmienia były również związane z warunkami pogody w latach prowadzenia badań (tab.32). Dla większości cech rok 1998 był korzystniejszy. Niekorzystne warunki atmosferyczne w roku 1997 spowodowały wyleganie roślin, a przez to przyczyniły się do gorszego wykształcenia ziarna i znacznego zwiększenia zawartości białka w ziarnie, które

przekroczyło graniczną wartość 11,5%. Ruiter i Haslemore [1996] mniejszą zawartość białka w ziarnie w korzystniejszych warunkach wilgotnościowych uzasadniają tym, że roślina dłużej utrzymuje zielone liście, co przedłuża okres gromadzenia suchej masy w ziarnie. Parametry słodu w obu analizowanych latach charakteryzowały się nadmiernym stopniem rozluźnienia białkowego w słodzie, o czym świadczy zbyt wysoka liczba Kolbacha i co jest związane z dostępnością enzymów proteolitycznych w procesie gotowania brzezki. Zbyt duża ilość białek rozpuszczalnych jest przyczyną tworzenia się niekorzystnych osadów w piwie. Cechy takie jak masa tysiąca ziaren i celność ziarna oraz ekstraktywność słodu i stopień ostatecznego odfermentowania brzezki wskazywały na mniejszą przydatność ziarna ze zbiorów roku 1997. Jedynie lepkość brzezki, która jest wskaźnikiem rozluźnienia skrobiowego słodu, była nieco większa w pierwszym niż w drugim roku badań (różnica nie udowodniona statystycznie). Siła diastatyczna słodu, jako jedyny parametr jego jakości nie była związana z przebiegiem pogody w latach badań.

Tabela 32. Parametry jakości ziarna i słodu jęczmienia jarego odm. Orlik w latach badań

Table 32. Parameters of grain and malt of spring barley cv. Orlik in study years

Parametr <i>Parameter</i>	Norma <i>Norm</i>	1997	1998
Masa 1000 ziaren (g) <i>1000-grain weight</i>	<i>brak</i>	35,5 a *	38,4 a
Celność ziarna <i>Grain filling</i>	> 95%	59,5 b	90,7 a
Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	10,5-11,5 %	12,6 a	11,4 b
Ekstraktywność słodu <i>Malt extractivity</i>	≥ 79,5 %	81,2 b	82,4 a
Lepkość brzezki <i>Wort viscosity</i>	≤ 1,67 mPa.s	1,58 a	1,61 a
Liczba Kolbacha <i>Kolbach Index</i>	35-45 %	51,3 b	58,9 a
Siła diastatyczna <i>Diastatic power</i>	≥ 240 °WK	323 a	323,4 a *
Stopień Ostatecznego Od-Fermentowanie Brzezki <i>Fermentability</i>	> 80 %	80,6 b	82,8 a

* istotne różnicowanie obiektów oznaczono literowo

values marked with different letters are significantly different

Warunki pogody w latach badań modyfikowały również wpływ ilości wysiewu na wartość browarną ziarna jęczmienia (tab.33).

Tabela 33. Współczynniki równań regresji liniowej dla parametrów jakości ziarna i słoju jęczmienia zależnie od ilości wysiewu w latach badań

Table 33. Comparison of regression lines for the relation between grain and malt parameters and sowing rate in years of study

Parametr Parameter	R ²	Błąd standardow Standard Error of estimation	Rok Year	Stała równania Intercept	Współczyn- nik regresji slope
Masa 1000 ziaren 1000-grain weight	78,4	0,93	1997	36,80 b*	-0,044 a
			1998	39,32 a	-0,003 a
Celność ziarna (%) Grain filling	87,7	6,82	1997	48,17 b	0,037 a
			1998	91,14 a	-0,001 a
Zawartość białka w ziarnie Grain protein content	84,3	0,31	1997	13,07 a	-0,002 a
			1998	11,85 b	-0,002 b
Ekstraktywność słoju Malt extractivity	88,4	0,25	1997	81,51 b	-0,001 a
			1998	82,01 a	0,001 a
Lepkość brzezki Wort viscosity	43,2	0,02	1997	1,54 b	0,0001 a
			1998	1,60 a	0,00003 a
Liczba Kolbacha Kolbach Index	74,6	2,60	1997	47,09 b	1,014 a
			1998	59,36 a	-0,002 a
Siła diastatyczna Diastatic power	7,4	30,67	1997	325,6 a	-0,009 a
			1998	282,6 a	0,134 a
Stopień Ostatecznego Odfermentowania Brzezki –Fermentability	65,3	0,93	1997	80,05 b	0,002 a
			1998	81,97 a	0,003 a

* istotne zróżnicowanie obiektów oznaczono literowo

*values marked with the same letter are not significantly different

Analiza regresji pozwoliła z wysokim prawdopodobieństwem opisać zmienność większości parametrów za pomocą równań regresji liniowej $Y=a+bX$, gdzie „Y” oznacza zmienną zależną w przyjętych jednostkach, a „X” – ilość wysiewu wyrażoną w liczbie ziaren na 1 m² (tab.33). Porównanie wartości wyrazu wolnego „a” wykazało istotną różnicę pomiędzy latami badań w wartości uwzględnionych parametrów. Kierunek zmian badanych cech zależnie od ilości wysiewu był jednak podobny w obu latach. Świadczy o tym brak istotnych różnic pomiędzy współczynnikami kierunkowymi regresji „b”. Na skutek zagęszczania siewu zmniejszała się masa 1000 ziaren i zawartość białka w ziarnie, a zwiększała się lepkość brzezki i stopień ostatecznego odfermentowania brzezki.

Zależność wpływu ilości wysiewu na cechy jakościowe ziarna od przebiegu pogody w latach stwierdzili także Jedel i Helm [1995]. Szmigiel i Oleksy [1998] podkreślają korzystny wpływ zagęszczenia siewu na zawartość białka w ziarnie.

Podsumowanie

Niezależnie od warunków glebowych uprawy jęczmienia stwierdzono istotną zależność plonu i jakości ziarna jęczmienia od ilości wysiewu. Zwiększanie ilości wysiewu do 400 ziaren na 1m^2 powodowało wzrost plonu ziarna, głównie na skutek zwiększonej liczby kłosów na jednostce powierzchni, przy czym liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren wносиły wkład ujemny. Przy dalszym zagęszczeniu siewu stwierdzono nieznaczne zmniejszenie plonu ziarna, spowodowane obniżką masy 1000 ziaren oraz liczby ziaren w kłosie. Zagęszczanie siewu powodowało zmniejszenie krzewistości roślin i zmiany w budowie przestrzennej łanu, polegające na ograniczeniu liczby pędów niskich, wykształcających ziarno drobne i o wysokiej zawartości białka. Obserwowano jednocześnie zmniejszenie zawartości białka w ziarnie.

Wpływ ilości wysiewu na parametry wartości browarnej ziarna był modyfikowany przez warunki pogodowe w latach badań. Zmianom ulegały wartości parametrów, aczkolwiek kierunek zmian był podobny. Zagęszczanie siewu powodowało zmniejszenie masy 1000 ziaren i zawartości białka w ziarnie, a zwiększenie lepkości brzeczki i stopnia ostatecznego odfermentowania brzeczki.

4.4. Badania nad nawożeniem jęczmienia browarnego azotem

Wprowadzenie

W badaniach nad nawożeniem azotem wykorzystano wyniki 2-czynnikowego doświadczenia prowadzonego w latach 1998-2000 w ZD Grabów (tab.1). Pierwszym czynnikiem w doświadczeniu była ilość wysiewu: 200, 300, 400 i 500 ziaren na m^2 , a drugim – dawki azotu stosowane w całości przedsięwzięcia: 0; 20; 40; 60 i 80 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Jęczmień był uprawiany w zmianowaniu 4 polowym: owies, pszenżyto ozime, ziemniaki, jęczmień jary, zawsze w stanowisku po ziemniaku.

Wieloletnie doświadczenie z ustalonym czynnikiem, dawek azotu, jest prowadzone na tym samym polu od 1990 roku. Oznacza to, że dawki azotu, różne pod rośliny w zmianowaniu, nakładały się w kolejnych latach, a w obiekcie kontrolnym od momentu założenia doświadczenia nie stosowano nawożenia azotem mineralnym. Jedynym źródłem azotu w tym obiekcie był azot z obornika, stosowanego pod ziemniaki. Doświadczenie zlokalizowano na glebie zaliczonej do kompleksu żytanego bardzo dobrego, typu gleby płowe – opadowo glejowe wykształcone z gliny średniej i klasy bonitacyjnej IIIa lub IIIb, o odczynie $\text{pH}_{\text{KCl}}=5,7$ oraz zawartości $\text{P}_2\text{O}_5=12,4$, $\text{K}_2\text{O}=8,4$ i $\text{Mg}=9,8$ mg w 100 g gleby [Kern

1994].

Stan odżywienia roślin azotem określano za pomocą indeksu NNI (*Nitrogen Nutrition Index*) oraz testu SPAD. Test NNI, czyli indeks stanu odżywienia roślin azotem jest to liczba nie mianowana, wyrażająca stosunek aktualnej zawartości azotu w danej roślinie do zawartości krytycznej, wyznaczonej z tzw. krzywej rozcieńczenia azotu, zwanej też krzywą krytyczną [Kaczyński i in. 1998, Lemaire i in. 1993]. Krzywa ta opisuje zależność pomiędzy procentową zawartością azotu w roślinach optymalnie odżywionych tym składnikiem, a plonem suchej masy całych nadziemnych części roślin w ich rozwoju ontogenetycznym [Greenwood i in. 1990, Justes i in. 1994]. W praktyce krzywą krytyczną wyznacza się dla roślin, które wydają maksymalny możliwy w danych warunkach do uzyskania plon. W doświadczeniach nawozowych jest to zawsze plon dla optymalnej dawki azotu [Bezduśniak 1997, Bezduśniak 1995, Fotyma i Bezduśniak 2000b]. Kalibracja testu NNI polega w zasadzie na wyznaczeniu krzywej krytycznej. Zgodnie z koncepcją Greenwooda [Greenwood i in. 1990] dla różnych gatunków roślin uprawianych w warunkach optymalnego zaopatrzenia w azot, wartości współczynników równania regresji opisującego krzywą krytyczną są stałe, co świadczy o uniwersalności równania.

Test SPAD polega na oznaczaniu indeksu zieloności liścia albo zawartości chlorofilu za pomocą przyrządu optycznego zwanego N – Testerem. Test wymaga kalibracji tzn. wyznaczenia krytycznej wartości SPAD, odpowiadającej optymalnemu stanowi odżywienia roślin azotem. Uznaje się, że przy takiej wartości testu rośliny nie wymagają stosowania uzupełniających dawek azotu. Kalibracji tej można dokonać w odniesieniu do plonu końcowego, należy wówczas dysponować wynikami dużej liczby doświadczeń z sześcioma – ośmioma dawkami azotu lub w oparciu o indeksy NNI [Bezduśniak 1997, Fotyma i Bezduśniak 2000a, Fotyma i Bezduśniak 2000b, Justes 1992].

4.4.1. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu ziarna

Stwierdzono istotny związek plonu ziarna jęczmienia z dawką nawozów azotowych. Plon ziarna był istotnie większy przy nawożeniu dawką $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do obiektów nie nawożonych i stanowił ponad 98% plonu uzyskanego przy dawce $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab.34). W miarę zwiększania dawek nawozów azotowych zwiększało się również krzewienie produkcyjne, liczba kłosów na jednostce powierzchni i plon ziarna z rośliny. Plon słomy był istotnie większy na dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do obiektu kontrolnego i dawki $20 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stopień wylegania roślin (9 - brak wylegania) wzrastał w miarę zwiększania dawek nawozów z tym, że istotną różnicę w wyleganiu stwierdzono tylko pomiędzy obiektem kontrolnym i obiektem z największą dawką azotu.

Przyrost plonu ziarna przy zwiększaniu dawki nawożenia azotem od 0 do 80 kg/ha wynosił $1,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. niemal 40% (tab.35). Spośród trzech elementów struktury plonu ziarna, wymienianych w literaturze jako podstawowe [Rudnicki 2000] największy, bo ponad 85%, udział we wzroście plonu ziarna miała liczba kłosów na jednostce powierzchni. Jej zwiększenie powodowało przyrost plonu

ziarna o $1,31 \text{ t*ha}^{-1}$, tj. o 33,7%. Zwiększenie plonu ziarna z pojedynczego kłosa, uwarunkowanego liczbą ziaren w kłosie i MTZ przyczyniło się do wzrostu plonu ziarna o $0,23 \text{ t*ha}^{-1}$, czyli o 6%. Wkład masy 1000 ziaren w przyrost plonu był ujemny.

Tabela 34. Plon i struktura plonu ziarna jęczmienia zależnie od nawożenia azotem
Table 34. Spring barley grain yield and yield components depending on nitrogen dose

Parametr <i>Parameter</i>	Dawka N kg*ha^{-1} – <i>Nitrogen dose kg*ha^{-1}</i>					
	0	20	40	60	80	NIR - LSD
Plon ziarna (t*ha^{-1}) <i>Grain yield</i>	3,89	4,62	4,99	5,33	5,43	1,182
Liczba kłosów na 1 m^2 <i>Number of spikes per 1 m^2</i>	484	529	569	601	616	72,8
Krzewienie produkcyjne <i>Productive tillering</i>	1,63	1,80	1,95	2,06	2,15	0,298
Plon ziarna z rośliny (g) <i>Grain yield per one plant</i>	1,14	1,24	1,42	1,51	1,56	0,310
Plon słomy (t*ha^{-1}) <i>Straw yield</i>	4,44	5,00	5,58	6,02	6,37	0,881
Wyleganie (skala 1-9) <i>Lodging (1-9 scale)</i>	8,9	8,7	8,1	7,3	6,9	1,06

Tabela 35. Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu zróżnicowanych w wyniku zwiększenia dawki azotu z 0 do 80 kg N*ha^{-1}

*Table 35. Contribution and share of yield components in grain yield increase resulted from increased nitrogen rate from 0 to 80 kg N*ha^{-1}*

Plon i elementy struktury <i>Yield and its components</i>	Wkład – <i>Contribution</i>		Udział – <i>Share</i>
	t*ha^{-1}	%	%
Obsada kłosów na 1 m^2 <i>Spikes per 1 m^2</i>	1,31	33,7	85,2
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	0,30	7,8	19,6
Masa 1000 ziaren (g) <i>1000-grain weight</i>	-0,07	-1,8	-4,8
Suma – <i>Sum</i>	1,54	39,7	100
Błąd oceny – <i>Estimation error</i>	15,5%		

Podobnie jak w innych badaniach [Kukuła i in. 1999] zawartość białka w ziarnie oraz inne parametry wartości browarnej ziarna jęczmienia były zróżnicowane w latach, co miało związek z przebiegiem warunków pogodowych w okresie wegetacji. Średnia z trzech lat zawartość białka w ziarnie zwiększała się

istotnie przy zwiększaniu dawki nawozów z 20 do 60 kg N*ha⁻¹ (tab.36). Pogorszeniu ulegały celność ziarna i ekstraktywność słoju. Obserwowano natomiast korzystne zmniejszenie liczby Kolbacha na skutek zwiększonej ilości białek rozpuszczalnych.

Tabela 36. Parametry wartości browarnej jęczmienia zależnie od nawożenia azotem

Table 36. Malting quality of spring barley in dependence on nitrogen dose

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Dawka N kg*ha ⁻¹ – Nitrogen dose kg*ha ⁻¹					
	0	20	40	60	80	NIR
Zawartość białka w ziarnie (%) <i>Protein content in grain</i>	11,8	11,9	12,3	12,9	13,4	0,74
Celność ziarna (%) <i>Grain filling</i>	95,1	95,2	94,4	93,4	92,6	1,37
Ekstraktywność słoju (%) <i>Fine grain extract</i>	82,3	82,2	82,0	81,9	81,3	0,61
Zawartość białka rozpuszczalnego <i>Soluble protein content (%)</i>	6,0	5,8	5,9	6,1	6,4	0,32
Liczba Kolbacha (%) <i>Kolbach Index</i>	51,1	49,5	48,9	48,3	48,3	1,52
Siła diastatyczna (°WK) <i>Diastatic power</i>	327	299	340	348	368	65,6

4.4.2. Ocena stanu odżywienia roślin azotem w okresie wegetacji

W celu określenia stanu odżywienia roślin jęczmienia azotem, począwszy od fazy krzewienia (EC 25-30) do początku fazy dojrzałości woskowej (tab.37) w odstępach około 7-dniowych pobierano próby roślin z 1 m² w dwóch miejscach na każdym poletku. W próbach roślin określano plon suchej masy w tonach z ha oraz zawartość azotu ogólnego metodą Kiejdahla. W tych samych terminach wykonywano pomiary indeksu zieloności liścia (odczyty SPAD) za pomocą N-Testera HYDRO, model SPAD-502 (skala 0-800). Indeksy stanu odżywienia roślin azotem NNI obliczono według koncepcji Lemaira [za Justes i in. 1994].

Stwierdzono, że terminy kalendarzowe występowania faz rozwojowych w kolejnych latach badań różniły się tylko o 3 do 5 dni.

Proces wzrostu jęczmienia scharakteryzowano nagromadzeniem suchej masy roślin w okresie wegetacji. Jako podstawowy wskaźnik stanu odżywienia roślin azotem przyjęto procentową zawartość składnika w nadziemnych częściach rośliny, a jako wskaźniki pochodne wartości NNI i wartość SPAD. Odpowiednie dane źródłowe zamieszczono w tabeli 38.

Tabela 37. Dаты pojawiania się faz rozwojowych jęczmienia jarego wg skali Zadoksa

Table 37. Dates of spring barley development stages by Zadoks scale

Faza rozwojowa <i>Development stage</i>	Data pełni fazy <i>Date of full stage</i>			Dni po siewie <i>Days after sowing</i>		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Krzewienie <i>Tillering</i> EC 25-30	22 V	26 V	27 V	46	49	46
Strzelanie w źdźbło <i>Shooting</i> EC 31-33	29 V	1 VI	2 VI	53	55	52
Widoczny liść flagowy <i>Flag leaf visible</i> EC 37-41	5 VI	8 VI	10 VI	60	62	60
Pierwsze ości do ½ kłosa <i>First awns to ½ of head</i> EC 49-56	16 VI	15 VI	17 VI	71	69	67
Pełnia kłoszenia <i>Full heading</i> EC 58-59	23 VI	22 VI	25 VI	78	76	75
Dojrzałość mleczna <i>Milky maturity</i> EC 73-75	30 VI	29 VI	2 VII	85	83	82
Początek dojrzałości woskowej <i>Dough maturity beginning</i> EC 83	7 VII	6 VII	7 VII	92	90	87

Zależności pomiędzy plonem suchej masy, procentową zawartością azotu, indeksem stanu odżywienia roślin NNI i indeksem zieloności liścia SPAD, a upływem czasu wyrażonym w ilości dni od daty siewu i wielkością dawek nawozów azotowych opisano modelem regresji dwuczynnikowej wielomianowej. Rachunek regresji przeprowadzono metodą *step wise* dla całego trzyletniego okresu badawczego. Wspólny model dla wszystkich analizowanych zmiennych zależnych miał następującą postać:

$$Z = a + b t + c N + d t^2 + e N^2 + f t \cdot N$$

gdzie: Z – zmienna zależna w przyjętych jednostkach

dependent variable in specified units

t – upływ czasu w ilości dni od daty siewu

time duration from sowing date

N – dawka nawozów azotowych w kg*ha⁻¹

Nitrogen rate in kg per ha

Tabela 38. Wskaźniki stanu roślin w okresie wegetacji
Table 38. Indices of barley plant status during vegetation period

Faza rozwojowa <i>Development stage</i>	Dawka N <i>N dose</i> kg N/ha	Sucha masa <i>Dry matter</i> t*ha ⁻¹	% N w sm <i>% N in DM</i>	NNI plon <i>NNI yield</i>	NNI białko <i>NNI protein</i>	SPAD <i>SPAD</i>
Krzewienie <i>Tillering</i> EC 25-30	0 20 40 60 80	0,82 1,05 1,08 1,22 1,29	3,17 3,28 3,45 3,66 3,67	0,85 0,95 1,02 1,12 1,15	0,89 1,01 1,08 1,19 1,23	438 465 480 503 509
Strzelanie w żdźbło <i>Shooting</i> EC 31-33	0 20 40 60 80	1,78 2,13 2,40 2,55 2,70	2,09 2,50 2,32 2,57 2,66	0,76 0,86 0,94 1,06 1,11	0,82 0,93 1,01 1,14 1,20	415 431 455 470 487
Widoczny liść flagowy <i>Flag leaf</i> <i>Visible</i> 37-41	0 20 40 60 80	2,46 3,16 3,76 4,69 4,75	1,75 1,89 1,89 2,10 2,18	0,71 0,82 0,87 1,03 1,08	0,77 0,89 0,95 1,12 1,18	424 451 477 498 513
Pierwsze ości do ½ kłosa <i>First awns to ½ of head</i> EC 49-56	0 20 40 60 80	4,36 4,99 5,45 5,82 6,16	1,53 1,69 1,82 2,07 2,22	0,75 0,86 0,97 1,12 1,25	0,82 0,94 1,06 1,23 1,37	515 545 574 588 602
Pełnia kłoszenia <i>Full heading</i> EC 58-59	0 20 40 60 80	6,45 7,70 8,82 9,44 10,02	1,32 1,35 1,44 1,62 1,71	0,75 0,83 0,92 1,06 1,13	0,82 0,92 1,02 1,18 1,25	589 594 617 627 648
Dojrzałość mleczna <i>Milky maturity</i> EC 73-75	0 20 40 60 80	9,03 10,74 11,18 12,09 12,19	1,26 1,23 1,28 1,46 1,50	0,80 0,83 0,87 1,02 1,05	0,89 0,92 0,97 1,13 1,17	544 550 577 597 621
Początek dojrzałości woskowej <i>Dough maturity beginning</i> EC 83	0 20 40 60 80	10,78 10,56 12,00 13,09 13,19	1,18 1,13 1,19 1,30 1,40	0,79 0,75 0,83 0,93 1,01	0,88 0,84 0,92 1,04 1,12	494 516 525 544 570

W tabeli 39 przedstawiono wartości istotnych współczynników regresji w modelach statystycznych opisujących nagromadzenie suchej masy i wskaźniki stanu odżywienia roślin azotem. Przedstawione modele objaśniały od niemal 50% do ponad 80% zmienności poszczególnych zmiennych.

Tabela 39. Charakterystyka statystyczna modeli zmian wartości wskaźników stanu odżywienia jęczmienia jarego azotem

Table 39. Statistical parameters of the models of nitrogen nutritional status indices development for spring barley

Współczynnik <i>Coefficient</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	% N w sm <i>% N in DM</i>	NNI plon <i>NNI yield</i>	NNI białko <i>NNI protein</i>	SPAD
a	n.i.*	4,8947	0,4542	0,4791	547,249
b	n.i.	-0,07177	0,01539	0,01613	-7,20479
c	n.i.	0,00640	0,00380	0,00413	2,45129
d	0,00177	0,00030	-0,00015	-0,00016	0,08466
e	n.i.	n.i.*	n.i.	n.i.	n.i.
f	0,00078	n.i.	n.i.	n.i.	-0,02110
R ²	81,9	81,0	49,7	48,9	55,4

*nieistotny przy $\alpha=0.05$ – insignificant

Plon suchej masy roślin wzrastał w kolejnych fazach rozwojowych, jak również pod wpływem zwiększających się dawek azotu. Procentowa zawartość azotu w suchej masie ulegała natomiast zmniejszaniu w miarę nagromadzania plonu suchej masy roślin. Rośliny nawożone większymi dawkami azotu charakteryzowały się wyższą zawartością azotu ogólnego.

Z badań [Justes i in. 1994, Lemaire i Salette 1984] wynika, że zawartość azotu w roślinach zmniejsza się w okresie wegetacji. Dzieje się tak na skutek wzajemnego zacieniania się liści oraz zmian w stosunku liście/pędy w okresie rozwoju roślin. Zacienione dolne liście zawierają mniej azotu niż górne, które są bogatsze w białka enzymatyczne. Ponadto stosunek składników ścian komórkowych (celuloza i ligniny) w tkankach łodyg zwiększa się w czasie, co powoduje, że zawartość białka systematycznie zmniejsza się w porównaniu do białek zawartych w blaszkach liściowych. W konsekwencji zamieranie starszych liści na skutek współzawodnictwa w obrębie rośliny, jak również pomiędzy roślinami, o światło i składniki pokarmowe odbywa się przy jednoczesnej remobilizacji azotu do organów rozwijających się. A zatem, w czasie aktywnego wzrostu, roślina potrzebuje coraz mniej azotu do tworzenia kolejnej jednostki suchej masy.

Nawożenie azotem było zatem istotnym czynnikiem różnicującym ilość nagromadzonej suchej masy oraz stan odżywienia roślin jęczmienia w okresie wegetacji, określony procentową zawartością azotu w suchej masie oraz za pomocą wskaźników NNI i SPAD (tab.40). Średnio w całym okresie wegetacji rośliny

nawożone wyższymi dawkami azotu charakteryzowały się większym plonem suchej masy z jednostki powierzchni oraz większymi wartościami wskaźników stanu odżywienia roślin azotem.

Tabela 40. Plon suchej masy i wskaźniki stanu odżywienia roślin jęczmienia zależnie od dawki nawozów azotowych

Table 40. Indices of spring barley nutritional status dependent on nitrogen fertilization dose

Dawka N <i>Nitrogen dose</i> kg*ha ⁻¹	Plon sm <i>Dry matter</i> <i>yield</i> t*ha ⁻¹	Zawartość N w s.m. <i>N content</i> <i>in dry matter</i> %	NNI plon <i>NNI yield</i>	NNI białko <i>NNI protein</i>	SPAD <i>SPAD</i>
0	4,97	1,78	0,78	0,84	491
20	5,63	1,87	0,85	0,92	511
40	6,17	1,97	0,92	1,00	533
60	6,79	2,17	1,05	1,15	550
80	6,91	2,27	1,12	1,23	567
NIR – LSD	1,712	0,329	0,065	0,072	28,3

Podsumowanie

Stwierdzono istotny związek pomiędzy dawką nawożenia azotem i plonem ziarna jęczmienia oraz jego jakością browarną. Nawożenie w dawce 60 kg N*ha⁻¹ powodowało istotny wzrost plonu ziarna w stosunku do obiektów nie nawożonych o 1,4 t*ha⁻¹ (o 37%), głównie na skutek zwiększenia liczby kłosów na jednostce powierzchni i liczby ziaren w kłosie. Wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem zwiększała się zawartość białka w ziarnie jęczmienia. Pogorszeniu ulegały celność ziarna i ekstraktywność słodu. Obserwowano natomiast korzystne zmniejszenie liczby Kolbacha na skutek zwiększonej ilości białek rozpuszczalnych.

W miarę wzrostu jęczmienia, jak również pod wpływem zwiększających się dawek nawożenia azotem zwiększał się plon suchej masy roślin. Przyrostowi plonu suchej masy towarzyszyło zmniejszanie się procentowej zawartości azotu. Rośliny nawożone większymi dawkami azotu charakteryzowały się większą zawartością azotu oraz wartościami wskaźników stanu odżywienia azotem NNI i SPAD.

We wcześniejszych badaniach własnych opartych o wyniki tego samego doświadczenia [Pecio i Fotyma 2001] dokonano kalibracji testu SPAD z uwzględnieniem maksymalizacji plonu jęczmienia i optymalizacji zawartości białka w ziarnie. W tym drugim przypadku stan optymalnego odżywienia jęczmienia browarnego azotem zdefiniowano jako stan, przy którym zawartość białka w ziarnie jest w granicach normy przyjętej w browarnictwie tj. 10,5-11,5%

[Polska Norma, 1997]. Ponieważ odczyty SPAD w latach prowadzenia doświadczeń z jęczmieniem jarym (1998-2000) miały względnie stałe wartości od 25 dnia po siewie tj. od fazy pełni krzewienia (EC 25) do 62 dnia po siewie, czyli do fazy wydłużania pochwy liściowej (EC 41) tuż przed kłoszeniem, kalibracji testu SPAD, czyli określenia zależności pomiędzy odczytami SPAD, a wartościami indeksów NNI dokonano dla tego właśnie okresu. Stwierdzono, że dla jęczmienia browarnego odmiany Rudzik krytyczna zawartość chlorofilu w liściach, oceniana przy pomocy N – Testera HYDRO (ze skalą 0 – 800) w okresie od pełni krzewienia do fazy wydłużania pochwy liściowej wynosi ok. 465 jednostek SPAD. Przy takich odczytach SPAD jęczmień jest optymalnie odżywiony azotem, ze względu na przyjętą w browarnictwie normę zawartości białka w ziarnie. Krytyczna wartość SPAD dla uzyskania maksymalnego plonu ziarna jest nieznacznie większa i wynosi 474 jednostek.

4.5. Wpływ ochrony przed chorobami na wielkość i jakość plonu ziarna

Wprowadzenie

Chemiczna ochrona roślin przed chorobami jest ważnym elementem w uprawie jęczmienia browarnego. Silne porażenie roślin przez patogeny powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej i obniża fotosyntezę, co prowadzi do spadku zawartości węglowodanów w ziarniakach [Owera i in. 1981, Szempliński i Rzepiński 1998]. Stosowanie fungicydów, poprzez poprawę zdrowotności roślin, wpływa na zwiększenie plonu ziarna, jego celności oraz masy 1000 ziaren, może jednak powodować wzrost zawartości białka w ziarnie. Stosowane w ochronie roślin środki chemiczne do zwalczania chorób grzybowych różnią się sposobem działania, co wynika z ich składu chemicznego [Jańczak 1999; Joshi i Stenberg 1997]. Różne działanie środków chemicznych odnosi się również do metabolizmu rośliny, a w konsekwencji do ich wpływu na jakość ziarna jęczmienia.

4.5.1. Zwalczanie chorób w łanie jęczmienia

W doświadczeniu prowadzonym w ZD Kępa w latach 1996-1998 badanymi czynnikami były chemiczna ochrona roślin przed chorobami (bez ochrony, fungicyd Alert 375 SC) oraz ilość wysiewu (200, 270, 340, 410 ziaren*m⁻²) (tab.1). Wpływ ilości wysiewu przedstawiono w rozdziale 4.3.2, natomiast w tym rozdziale skoncentrowano się na wpływie ochrony roślin preparatem Alert 375 SC na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia. Zastosowany w doświadczeniu fungicyd Alert 375 SC zawiera dwa składniki biologicznie aktywne: fluzilazol i karbendazym [Jańczak 1999]. Fluzilazol z grupy triazoli ogranicza powstawanie ergosterolu, a karbendazym, z grupy benzimidazoli, jest inhibitorem podziałów mitotycznych komórek grzyba [Jańczak 1999, Smith i in. 1992]. Mechanizm działania związków benzimidazolowych wiąże się z zakłóceniem mitotycznego podziału jądra w wyniku reakcji benzimidazoli z białkiem mikrotubuli (tubulina).

Preparat ten stosowano w doświadczeniu w dawce $1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie oprysku roślin w fazie początku kłoszenia jęczmienia.

Stosowanie fungicydu powodowało istotny wzrost plonu ziarna we wszystkich latach badań (tab.41). Średnio w trzyleciu plon zwiększył się o $0,80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. o 21,7%. Zwiększeniu uległy również wartości wszystkich elementów struktury plonu jęczmienia. Korzystny wpływ fungicydów na plonowanie jęczmienia jarego stwierdzili także inni autorzy [Kaniuczak 1997, Koziara i in. 1998, Szmigiel i Oleksy 1998]. Podają oni, że wzrost plonu w obiektach chronionych wynikał na ogół ze zwiększonej masy 1000 ziaren.

Tabela 41. Wpływ stosowania ochrony roślin przed chorobami na plon i elementy struktury plonu ziarna jęczmienia odmiany Orlik (średnio z lat 1996 i 1998)

Table 41. The influence of plant protection against diseases on barley grain yield and its components (cultivar Orlik, mean of 1996 and 1998)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Ochrona roślin – <i>Plant protection</i>		NIR - <i>LSD</i> ($\alpha=0,05$)
	bez ochrony <i>no protection</i>	Alert 375 SC	
Plon ziarna ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) średnio z lat 1996-1998 <i>Grain yield</i> <i>Mean of 1996-1998</i>	3,69	4,49	0,237
Liczba ziaren w kłosie <i>Kernel number per spike</i>	16,3	17,2	0,85
Masa ziarna z kłosa (g) <i>Grain yield per spike</i>	0,62	0,70	0,072
Masa 1000 ziaren (g) <i>1000-grain weight</i>	41,5	44,0	1,60
Indeks zbioru (%) <i>Harvest Index</i>	42,9	46,6	-

Największy wkład w plon i udział we wzroście plonu ziarna na skutek zastosowania chemicznej ochrony roślin przed chorobami miała liczba ziaren w kłosie. Znacznie mniejszy był natomiast wkład i udział liczby kłosów na jednostce powierzchni (ok. 14%) oraz masy 1000 ziaren (ok. 5 %) (tab. 42).

Korzystny wpływ ochrony roślin na podstawowe elementy struktury plonu uwidaczniał się niezależnie od przestrzennego rozmieszczenia kłosów w łanie, to znaczy od architektury łanu. Wynika to z dokonanej w 1996 r analizy plonowania pędów o różnej wysokości (tab.43).

Tabela 42. Wkład w plon i udział w zmienności plonu elementów struktury plonu zróżnicowanych w wyniku zastosowania chemicznej ochrony roślin przed chorobami w latach 1996 i 1998

Table 42. Contribution and share of yield components on grain yield increase as a result of chemical plant protection in 1996 and 1998

Plon i elementy struktury <i>Yield and its components</i>	Ochrona roślin <i>Plant protection</i>		Wkład – <i>Contribution</i>		Udział <i>Share</i>
	0	Alert 375 SC	t*ha ⁻¹	%	%
Plon ziarna (t*ha ⁻¹) <i>Grain yield</i>	3,46	4,47	-	-	-
Obsada kłosów na 1m ² <i>Spikes per 1m²</i>	558	639	0,14	4,12	14,1
Liczba ziaren w kłosie <i>Grains per spike</i>	16,3	17,2	0,81	23,5	80,5
Masa 1000 ziaren (g) <i>1000-grain weight</i>	41,5	44,0	0,05	1,57	5,4
Suma – <i>Sum</i>	-	-	1,00	29,2	100
Błąd oceny – <i>Estimation error</i>	8,65%				

Tabela 43. Plenność pędów o różnej wysokości w łanie jęczmienia w zależności od ochrony roślin w 1996 r

Table 43. Fertility of various height stems in canopy of spring barley depending on plant protection in 1996

Wysokość pędu <i>Stem height</i> (cm)	Ochrona roślin – <i>Plant protection</i>	
	bez ochrony – <i>no protection</i>	Alert 375 SC
	masa ziarna z kłosa (g) – <i>grain yield per spike (g)</i>	
> 70	0,79	1,03
61 – 70	0,63	0,68
51 – 60	0,34	0,41
≤ 50	0,17	0,22
	masa 1000 ziaren – <i>1000-grain weight (g)</i>	
> 70	41,0	47,7
61 – 70	37,6	42,6
51 – 60	31,7	37,1
≤ 50	12,7	31,4

Stosowanie preparatu Alert miało korzystny, jakkolwiek nie udowodniony statystycznie wpływ na jakość ziarna i słoju jęczmienia (tab. 44).

Tabela 44. Parametry jakości ziarna i słołu jęczmienia jarego zależnie od stosowania fungicydu

Table 44. Spring barley grain and malt parameters depending on fungicide application

Parametr <i>Parameter</i>	Norma <i>Norm</i>	Ochrona roślin <i>Plant protection</i>	1997	1998
Masa 1000 ziarn (g) <i>1000-grain weight</i>		0	35,1	37,3
		Alert 375 SC	35,2	39,4
Celność ziarna <i>Grain filling</i>	> 95%	0	56,1	87,8
		Alert 375 SC	58,7	92,3
Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	10,5 11,5 %	0	12,7	11,4
		Alert 375 SC	12,9	11,5
Ekstraktywność słołu <i>Malt extractivity</i>	≥ 79,5 %	0	81,4	82,6
		Alert 375 SC	81,0	82,5
Lepkość brzeczki <i>Wort viscosity</i>	≤ 1,67 mPa.s	0	1,58	1,60
		Alert 375 SC	1,57	1,60
Liczba Kolbacha <i>Kolbach Index</i>	35-45 %	0	50,6	59,1
		Alert 375 SC	45,9	55,8
Siła diastatyczna <i>Diastatic power</i>	≥ 240 °WK	0	309	301
		Alert 375 SC	316	325
Stopień Ostatecznego Od-Fermentowania Brzeczki <i>Fermentability</i>	> 80 %	0	80,7	82,8
		Alert 375 SC	80,5	82,7

W obiektach chronionych stwierdzono wzrost masy 1000 ziaren, celności ziarna i siły diastatycznej słołu oraz zmniejszenie zbyt wysokiej liczby Kolbacha. Zawartość białka w ziarnie była, niezależnie od ochrony roślin, zbyt wysoka w 1997 r. i zawierała się w granicach wymaganych przez przemysł w 1998 r. W badaniach Szemplińskiego i Rzepińskiego [1998] rezygnacja ze stosowania fungicydu Tilt 250 EC w fazie 3-go kolanka jęczmienia spowodowała zwiększenie porażenia roślin przez choroby i w efekcie istotną obniżkę masy 1000 ziaren oraz spadek plonu ziarna o 7%.

W dwu-czynnikowym doświadczeniu prowadzonym w SD Osiny w latach 1998-2000 uwzględniono 5 fungicydów różniących się substancjami aktywnymi (tab. 45). Opryski w dawkach zalecanych przez producenta prowadzono w jednym z dwóch terminów: T1 – od fazy pierwszego do fazy drugiego kolanka (31-32 BBCH) lub T2 - okres pomiędzy fazą zwiniętego liścia flagowego, a fazą ukazywania się pierwszych ości (37-49 BBCH). Spośród chorób roślin jęczmienia istotne znaczenie miała jedynie plamistość siatkowa jęczmienia (*Helminthosporium teres*), której pierwsze objawy obserwowano w początkowych fazach rozwojowych jęczmienia. Skuteczność zabiegów fungicydowych oceniano

3-4 tygodnie po zabiegu w drugim terminie na 3 górnych liściach 10 losowo wybranych pędów.

Tabela 45. Charakterystyka preparatów zastosowanych w doświadczeniu

Table 45. Description of fungicides used in experiment

Fungicyd <i>Fungicide</i>	Dawka <i>Dose</i>	Substancja aktywna i sposób działania na patogena <i>Active ingredient and mode of action</i>
Capitan 250 EW	0,65 l*ha ⁻¹	Flusilazol - ogranicza powstawanie ergosterolu
Alert 375 SC	1 l*ha ⁻¹	Flusilazol – ogranicza powstawanie ergosterolu Karbendazym – ogranicza podziały mitotyczne komórek
Cerelux 510 SC	0,8 l*ha ⁻¹	Flusilazol – ogranicza powstawanie ergosterolu Tridemorf – ogranicza powstawanie ergosterolu
Amistar 250 SC	1 l*ha ⁻¹	Azoksystrobina - ogranicza wytwarzanie energii
Charisma 207 EC	1,5 l*ha ⁻¹	Flusilazol – ogranicza powstawanie ergosterolu Famoxate – ogranicza wytwarzanie energii

Porównanie fungicydów o różnym mechanizmie działania wykazało, że wszystkie ograniczały porażenie roślin plamistością siatkową w stosunku do obiektu, gdzie nie stosowano żadnych środków chemicznych (tab.46). Najmniejsze porażenie plamistością siatkową (*Helminthosporium teres*) stwierdzono w obiektach, w których stosowano fungicyd Charisma 207 EC i Amistar 250 SC. Działanie pierwszego z wymienionych preparatów polega na zapobieganiu wytwarzania energii w komórkach patogena oraz ograniczaniu powstawania ergosterolu, składnika niezbędnego do budowy ścian komórkowych patogena [Jańczak 1999]. Działanie drugiego preparatu polega na ograniczaniu wytwarzania energii w komórkach patogena. Opóźnienie stosowania wszystkich fungicydów powodowało zwiększenie porażenia roślin chorobami. Termin stosowania fungicydów związany jest z pojawianiem się pierwszych objawów chorobowych. Opóźnienie ich stosowania, związane z możliwością uniknięcia oprysku jest jednak ryzykowne, gdyż zbyt późno zastosowany fungicyd może się okazać nie skuteczny w zwalczaniu choroby [Maumene i Couleaud 1998].

Stwierdzono, że wszystkie badane preparaty przyczyniły się do zwiększenia plonu ziarna jęczmienia w stosunku do kontroli (tab. 47). Opóźnienie oprysku do fazy liścia flagowego powodowało zmniejszenie plonu ziarna. Największy plon ziarna uzyskano w obiektach z opryskiem fungicydami Amistar 250 SC (s.a. azoksystrobina) oraz Charisma 207 EC, reprezentującym nową grupę chemiczną oksazolidyn (tab. 48). Obydwa preparaty zawierają substancje aktywne ograniczające wytwarzanie energii w komórkach patogena.

Tabela 46. Porażenie plamistością siatkową (*Helminthosporium teres*) zależnie od rodzaju i terminu stosowania fungicydu (skala 1-9; 9-brak objawów)

Table 46. Net blotch infestation on barley depending on fungicide and application time (1-9 scale; 9 - no symptoms)

Obiekt <i>Treatment</i>	Porażenie plamistością siatkową – <i>Net blotch infestation</i>		
	Termin aplikacji fungicydu <i>Fungicide application time</i>		Średnio z terminów <i>Mean</i>
	T1 (31-32)	T2 (37-49)	
Kontrola – <i>Control</i>	-		5,0 a*
Capitan 250 EW	3,0 a	2,0 b	2,5 b
Alert 375 SC	2,9 a	2,2 b	2,6 b
Cerelux 510 SC	2,9 a	2,0 b	2,5 b
Amistar 250 SC	2,9 a	1,5 b	2,2 c
Charisma 207 EC	2,5 a	1,6 b	2,1 c
Średnio dla fungicydów <i>Mean for fungicides</i>	2,8 a	1,9 b	2,4

* istotne zróżnicowanie obiektów oznaczono literowo
values marked with different letters are significantly different

Tabela 47. Plon ziarna jęczmienia zależnie od rodzaju i terminu stosowania fungicydu

Table 47. Grain yield of barley depending on fungicide and application time

Obiekt <i>Treatment</i>	Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) – <i>Grain yield ($t \cdot ha^{-1}$)</i>		
	Termin aplikacji fungicydu <i>Fungicide application time</i>		Średnio z terminów <i>Mean</i>
	T1 (31-32)	T2 (37-49)	
Kontrola – <i>Control</i>	-		4,51 c*
Capitan 250 EW	4,91 a	4,75 b	4,83 b
Alert 375 SC	4,93 a	4,83 b	4,89 b
Cerelux 510 SC	4,95 a	4,75 b	4,85 b
Amistar 250 SC	5,07 a	4,83 b	4,95 a
Charisma 207 EC	5,10 a	4,97 b	5,04 a
średnio dla fungicydów <i>Mean for fungicides</i>	4,99 a	4,82 b	4,91

* istotne zróżnicowanie obiektów oznaczono literowo
values marked with different letters are significantly different

Badane fungicydy poprawiały wartość browarną ziarna poprzez jego lepsze wykształcenie oraz zmniejszenie zawartości białka w stosunku do obiektów kontrolnych (tab. 48). Najkorzystniejszy wpływ na wykształcenie ziarna jęczmienia, podobnie jak na wielkość plonu, miał preparat Amistar 250 SC oraz Charisma 207 EC. Zawartość białka w ziarnie była podobna na wszystkich obiektach.

Tabela 48. Cechy ziarna i słołu jęczmienia jarego zależnie od rodzaju i terminu stosowania fungicydu**Table 48.** Parameters of grain and malt of barley depending on fungicide and time its application

Obiekt <i>Treatment</i>	Termin aplikacji <i>Application time</i>	Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	Celność ziarna <i>Grain filling</i>	Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>
Norma – norm		g	≥95,0 %	10,5-11,5 %
Kontrola – Control	-	40,3 c	85,8 d	12,3 b
Capitan 250 EW	T1	46,0 a	96,3 a	11,4 a
	T2	45,2 b	94,8 b	11,7 a
	Średnio	45,6 ab	95,6 c	11,6 a
Alert 375 SC	T1	45,1 a	96,6 a	11,3 a
	T2	44,9 a	96,1 b	11,6 a
	Średnio	45,0 b	96,4 b	11,5 a
Cerelux 510 SC	T1	45,3 a	96,5 a	11,3 a
	T2	44,9 a	96,1 a	11,4 a
	średnio	45,1 b	96,3 b	11,4 a
Amistar 250 SC	T1	46,5 a	98,5 a	11,1 b
	T2	45,9 b	97,3 b	11,7 a
	średnio	46,2 a	97,9 a	11,4 a
Charisma 207 EC	T1	47,1 a	98,1 a	11,1 a
	T2	46,7 a	97,5 a	11,4 a
	średnio	46,9 a	97,8 a	11,2 a
Średnio <i>Mean</i>	T1	46,0 a	97,2 a	11,3 a
	T2	45,5 b	96,4 b	11,6 a

* istotne różnicowanie obiektów oznaczono literowo

values marked with different letters are significantly different

Opóźnienie stosowania fungicydów do fazy liścia flagowego powodowało gorsze wykształcenie ziarna. Jedynie na obiekcie z preparatem Amistar 250 SC spowodowało istotny wzrost zawartości białka w ziarnie.

Nieznaczny wzrost zawartości białka w ziarnie związany z opóźnionym terminem zastosowania fungicydu Alert 375 SC obserwowano również w doświadczeniu, którego wyniki przedstawiono w tabeli 44. Zjawisko to może się wiązać ze zwiększonym pobieraniem azotu przez rośliny chronione, ze względu na ich lepszą kondycję i zdrowotność. Z drugiej strony zabiegi te wykonuje się najczęściej na rośliny już zainfekowane, co biorąc pod uwagę bardzo krótki okres inkubacji chorób jęczmienia uniemożliwia pełne wykorzystanie potencjału plonotwórczego roślin, a w konsekwencji prowadzi do większego „nasylenia” ziarna jęczmienia przez azot.

4.5.2. Zaprawianie nasion jęczmienia

Zaprawianie materiału siewnego jest jednym ze sposobów ochrony roślin przed chorobami dzięki, któremu można zwalczyć szereg grzybów powodujących niekiedy bardzo poważne straty. Jednym z nich jest mączniak prawdziwy (*Erisiphe graminis*), który powoduje ogromne szkody w zasiewach jęczmienia. Jest to grzyb, który rozwija się w warunkach ciepłej i słonecznej pogody, szczególnie w zbyt gęstych łanach, gdzie występuje słaba cyrkulacja powietrza i wysoka jego wilgotność. Atakując liście powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej. Grzyb może również przechodzić na kłosa, powodując gorsze wykształcenie ziarna o zbyt dużej zawartości białka. Prowadzi to do zmniejszenia plonu z jednostki powierzchni i pogorszenia jakości.

Chorobie tej można zapobiegać stosując zaprawy nasienne, m.in. Ferrax 440 FS. Preparat zawiera 3 składniki biologicznie czynne należące do różnych grup chemicznych: flutriafol z grupy triazoli, tiabendazol z grupy benzimidazoli oraz etyrymol z grupy pirimidyn. Skuteczność tego preparatu badano w doświadczeniu przeprowadzonym w latach 1997-1998 w ZD Bąków.

Wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia oraz skuteczność działania preparatu Ferrax 440 FS były uzależnione od przebiegu pogody w latach badań. Jak podano wcześniej, szczególnie niekorzystny dla rozwoju i plonowania jęczmienia był rok 1997. Utrzymująca się długo wiosną niska temperatura spowodowała opóźnienie siewu, co wpłynęło na nierównomierny początkowy wzrost i osłabienie roślin. Następnie duże opady w lipcu były przyczyną silnego wylegania roślin. W roku 1998 siew przeprowadzono dużo wcześniej i pomimo suszy na przełomie kwietnia i maja w roku tym uzyskano większy plon ziarna niż w roku poprzednim. Na skutek nie sprzyjającego przebiegu pogody w pierwszym roku badań stwierdzono większe porażenie roślin mączniakiem oraz silniejsze wyleganie łanu roślin. W roku tym zaprawianie nasion okazało się skuteczne w oddziaływaniu na obydwie wymienione cechy łanu jęczmienia (tab. 49).

Zaprawianie nasion spowodowało również wzrost plonu ziarna oraz poprawę jego jakości browarnej (tab. 50). Wpływ zaprawiania na większość badanych cech plonu jęczmienia miał jednak charakter tendencji nie udowodnionej statystycznie.

Tabela 49. Ocena łanu odmian jęczmienia jarego zależnie od stosowania zaprawy nasiennej**Table 49.** Spring barley canopy estimation depending on grain dressing treatment

Parametr Parameter	Zaprawianie nasion Grain dressing	1997	1998
Porażenie mączniakiem* Powdery mildew infestation	0	6,2 b**	7,4 a
	Ferrax 440 FS	6,7 a	7,4 a
Wyleganie roślin* Lodging	0	6,3 b	8,9 a
	Ferrax 440 FS	8,2 a	9,0 a

* w skali 1-9 (9 - brak porażenia, brak wylegania) – 1-9 scale (9 - no infestation, no lodging)

** istotne różnicowanie obiektów oznaczono literowo
values marked with different letters are significantly different

Tabela 50. Plon ziarna oraz wartość browarna ziarna odmian jęczmienia jarego zależnie od stosowania zaprawy nasiennej**Table 50.** Grain yield and malting quality of spring barley varieties depending on seed dressing

Parametr Parameter	Norma Norm	Zaprawianie nasion Seed dressing	1997	1998
Plon ziarna (t*ha ⁻¹) Grain yield		0	3,48 b	4,30
		Ferrax 440 FS	3,80 a	4,49
Masa 1000 ziaren (g) 1000-grain weight		0	35,3	42,8
		Ferrax 440 FS	35,7	43,7
Celność ziarna Grain filling	> 95%	0	77,6	96,5
		Ferrax 440 FS	83,6	97,0
Zawartość białka w ziarnie Grain protein content	10,5 11,5 %	0	12,3	11,7 b*
		Ferrax 440 FS	12,0	11,3 a
Ekstraktywność słoðu Malt extractivity	≥ 79,5 %	0	82,2	82,9
		Ferrax 440 FS	82,0	83,6
Lepkość brzezki Wort viscosity	≤ 1,67 mPa.s	0	1,66	1,58
		Ferrax 440 FS	1,63	1,56
Liczba Kolbacha Kolbach Index	35-45 %	0	51,0	51,5
		Ferrax 440 FS	51,5	53,1
Siła diastatyczna Diastatic power	≥ 240 °WK	0	305	372
		Ferrax 440 FS	324	424
Stopień Ostatecznego Odfermentowania Brzezki - Fermentabilit	> 80 %	0	79,8	81,7
		Ferrax 440 FS	80,3	82,8

* istotne różnicowanie obiektów oznaczono literowo
values marked with different letters are significantly different

Podsumowanie

Stwierdzono pozytywny wpływ chemicznej ochrony roślin przed chorobami na plon i jakość ziarna jęczmienia. Stosowanie fungicydu Alert 375 SC w fazie początku kłoszenia jęczmienia powodowało zwiększenie plonu ziarna o ok. $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ tj. o 29%, głównie na skutek wzrostu liczby ziaren w kłosie. Preparat Alert 375 SC miał również korzystny wpływ na parametry jakości ziarna takie jak masa 1000 ziaren, celność ziarna, siła diastatyczna i liczba Kolbacha, przy czym nie powodował zmian zawartości białka w ziarnie. Porównanie fungicydów o różnym mechanizmie działania, wynikającym ze zróżnicowanego składu chemicznego wykazało, że wszystkie były skuteczne w ograniczaniu porażenia roślin plamistością siatkową i wszystkie przyczyniły się do zwiększenia plonu ziarna i poprawy jego jakości w stosunku do obiektu, gdzie nie stosowano żadnych środków chemicznej ochrony roślin przed chorobami. Opóźnienie stosowania fungicydów do fazy liścia flagowego zmniejszało ich skuteczność w zwalczaniu plamistości siatkowej, powodując jednocześnie redukcję plonu ziarna i pogorszenie parametrów wartości browarnej. Najmniejsze porażenie plamistością siatkową, jak również największy plon ziarna stwierdzono w wyniku stosowania preparatu Charisma 207 EC, zawierającego dwie substancje aktywne: famoxate oraz flusilazol. Skuteczność zaprawiania nasion jęczmienia preparatem Ferrax 440 FS była związana z przebiegiem warunków pogody w latach badań. W wyniku zaprawiania nasion następowało zwiększenie plonu ziarna oraz poprawa jego jakości browarnej.

4.6. Związek pomiędzy parametrami ziarna i parametrami słodu

Z przedstawionych badań jak i z danych piśmiennictwa wynika, że zabiegi agrotechniczne stosowane w uprawie jęczmienia są istotnym czynnikiem decydującym o wielkości plonu ziarna, jak również o jego przydatności do produkcji piwa i słodu. Plon ziarna jest wypadkową ilości i wielkości pojedynczych ziaren. Ziarna zdrowe, dobrze wykształcone i jednolite pod względem wielkości zapewniają równomierne kiełkowanie i uzyskanie wysokiej jakości słodu, od którego właściwości fizycznych i chemicznych zależy przebieg dalszych etapów produkcji piwa. Podstawowym parametrem jakości ziarna jest zawartość białka, która ma decydujący wpływ na pozostałe jego właściwości istotne w procesie produkcji piwa.

Do określenia ilościowych zależności pomiędzy cechami ziarna i parametrami uzyskiwanego z tego ziarna słodu posłużono się rachunkiem korelacji. Jako dane wejściowe potraktowano wszystkie wyniki uzyskane w doświadczeniach przeprowadzonych w latach 1987-1988 i 1997-2000, prezentowane już w poprzednich rozdziałach pracy. Pozwoliło to na zgromadzenie dużego zbioru danych, uzyskanych w różnych warunkach pogody i agrotechniki.

Analiza korelacji (tab.51) potwierdziła ujemny związek cech ziarna tj. plonu, masy 1000 ziaren i celności z zawartością białka w ziarnie.

Tabela 51. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem i parametrami wartości browarnej ziarna jęczmienia jarego
Table 51 . Simple correlation coefficients between grain yield and parameters of malting quality of spring barley

	Plon ziarna <i>Grain yield</i>	Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	Celność ziarna <i>Grain filling</i>	Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	Ekstraktyw- ność sło- du <i>Malt extractivity</i>	Lepkość Brzeczki <i>Wort viscosity</i>	Stopień Ostatecz- nego Odfermen- towania Brzeczki <i>Fermentability</i>	Liczba Kolbacha <i>Kolbach Index</i>	Siła diasta- tyczna <i>Diastatic power</i>
Plon ziarna <i>Grain yield</i>	X								
Masa 1000 ziaren <i>1000-grain weight</i>	0,058* (1754)	X							
Celność ziarna <i>Grain filling</i>	0,318* (1594)	0,366* (1562)	X						
Zawartość białka w ziarnie <i>Grain protein content</i>	-0,174* (1594)	-0,481* (1562)	-0,106* (1594)	X					
Ekstraktywność sło- du <i>Extractivity</i>	0,103* (538)	0,212* (538)	0,125* (538)	-0,808* (538)	X				
Lepkość brzeczki <i>Wort viscosity</i>	0,152* (538)	-0,028 (538)	-0,063 (538)	0,186* (538)	-0,051 (538)	X			
Stopień Ostatecznego Odfermentowania Brzeczki <i>Fermentability</i>	-0,146* (200)	0,083 (200)	0,270* (200)	-0,338* (200)	0,521* (200)	-0,120 (200)	X		
Liczba Kolbacha <i>Kolbach Index</i>	-0,368* (200)	-0,327* (200)	0,116 (200)	-0,493* (200)	0,775* (200)	0,464* (200)	0,528* (200)	X	
Siła diastatyczna <i>Diastatic power</i>	0,042 (200)	0,088 (200)	0,261* (200)	0,297* (200)	0,003 (99)	-0,125 (200)	0,225* (200)	0,119 (200)	X

* - współczynnik statystycznie istotny ($\alpha=0,05$) - statistically significant coefficient ($\alpha=0,05$)
 (liczebność próby) – (sample size)

Wcześniej zależność taką stwierdził również Arends i in. [1995]. Zawartość białka w ziarnie miała istotnie ujemny wpływ na ekstraktywność słodu, co oznacza, że duża zawartość białka w ziarnie powodowała zmniejszenie ilości uzyskiwanego ekstraktu, a tym samym ograniczała wydajność całego procesu produkcji piwa. Wysoce ujemne korelacje pomiędzy zawartością białka w ziarnie i ekstraktywnością słodu wykazali również Eagles i in. [1995]. Autorzy ci znaleźli ponadto ujemną korelację pomiędzy ekstraktywnością słodu i siłą diastatyczną. Oznacza to, że większej ilości ekstraktu uzyskiwanego z danej partii słodu towarzyszy mniejsza aktywność enzymów diastatycznych. Enzymy te, głównie β -amylazy, decydują o procesie tworzenia cukrów redukujących ze skrobi podczas gotowania brzezki. W badaniach własnych zależność ta nie została jednak potwierdzona. Arends i in. [1995] stwierdzili genotypową zmienność siły diastatycznej i sugerują konieczność wyhodowania odmian jęczmienia charakteryzujących się zarówno wysoką ekstraktywnością słodu, jak i dużą siłą diastatyczną, przy niskiej zawartości białka.

Zawartość białka w ziarnie była też ujemnie skorelowana z liczbą Kolbacha. Oznacza to, że wraz ze wzrostem całkowitej zawartości białka w ziarnie (azot ogólny $\times 6,25$) zmniejszała się ilość białek rozpuszczalnych. Białka te w fazie tworzenia brzezki przechodzą do roztworu i stanowią dobrą pożywkę dla drożdży fermentujących brzezkę. Prawidłowości te znajdują potwierdzenie w ujemnej korelacji pomiędzy zawartością białka w ziarnie i stopniem ostatecznego odfermentowania brzezki piwnej. Liczba Kolbacha, podobnie jak w badaniach Swansona i in. [1995] była wysoce dodatnio skorelowana z ekstraktywnością słodu oraz z lepkością brzezki i ze stopniem ostatecznego jej odfermentowania.

Stwierdzono również bezpośrednią, dodatnią zależność korelacyjną pomiędzy zawartością białka a lepkością brzezki i siłą diastatyczną słodu. Oznacza to, że zwiększona zawartość białka powoduje słabsze rozluźnienie słodu na skutek zmniejszonej aktywności enzymów cytologicznych, natomiast zwiększa aktywność enzymów diastatycznych słodu w czasie gotowania brzezki. Dodatnią korelację pomiędzy zawartością azotu w ziarnie i siłą diastatyczną słodu wykazał również Arends i in. [1995]. Autor tłumaczy to zależnością pomiędzy zawartością azotu i aktywnością β -amylazy, która pełni wspomagającą funkcję katalityczną przy hydrolizie skrobi.

5. WNIOSKI

1. Plon ziarna oraz jego jakość są w decydującym stopniu uzależnione od warunków pogody w okresie przed kwitnieniem jęczmienia. Niedobór opadów w tym okresie (wartość współczynnika Sielianałowa $K \leq 1$) sprzyja wzrostowi zawartości białka w ziarnie ponad normę przyjętą w browarnictwie ograniczając jednocześnie wielkość plonu ziarna.
2. Plon i jakość ziarna jęczmienia wykazują dużą zmienność w obrębie pól produkcyjnych, co wynika ze zróżnicowania warunków glebowych. Pogarszające się warunki glebowe oddziałują ujemnie na nagromadzanie masy

- i wielkość powierzchni asymilacyjnej oraz na pobieranie i przetwarzanie azotu, a w konsekwencji na wielkość plonu i jakość ziarna
3. Łanowe wskaźniki wzrostu roślin (liczba i masa roślin z jednostki powierzchni oraz wartość LAI) mogą służyć do diagnozowania przyczyn zmienności i prognozowania wielkości plonu ziarna, natomiast wskaźniki stanu zaopatrzenia roślin w azot w późnych fazach wzrostu do diagnozowania i prognozowania zawartości białka w ziarnie.
 4. Zwiększanie ilości wysiewu do ok. 400 ziaren na 1 m² powoduje zmiany w budowie przestrzennej łanu (ograniczenie udziału pędów niskich) i w strukturze plonu (wzrost liczby kłosów, zmniejszenie masy 1000 ziaren) jęczmienia. Zmiany te sprzyjają równocześnie wzrostowi plonu ziarna i polepszeniu jego właściwości browarniczych.
 5. Zwiększanie przedsięwnej dawki azotu do 60 kg N*ha⁻¹ powoduje wzrost liczby kłosów i liczby ziaren w kłosie, a tym samym zwiększenie plonu ziarna jęczmienia. Jednocześnie zwiększa się jednak zawartość białka w ziarnie, pogarsza jego celność i ekstraktywność słodu.
 6. Trzy badane wskaźniki: procentowa zawartość azotu w nadziemnej masie roślin, indeks NNI i indeks zieloności liścia SPAD wykazują podobną przydatność do określenia stanu odżywienia jęczmienia azotem w okresie od strzelania w źdźbło do kłoszenia.
 7. Dla uzyskania dużych plonów ziarna jęczmienia o pożądanej jakości browarniczej konieczne jest zaprawianie nasion i w razie potrzeby odpowiednio wczesne zastosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Istotne znaczenie ma właściwy dobór preparatu nie pogarszającego jakości ziarna.
 8. Zawartość białka w ziarnie stanowi podstawową charakterystykę jego przydatności na cele browarnicze. Zawartość białka wykazuje istotną korelację z technologicznymi cechami ziarna i słodu (ekstraktywność słodu, liczba Kolbacha, stopień odfermentowania i lepkość brzezki oraz siła diastatyczna).

6. WYKAZ PIŚMIENICTWA

- Adamczewski K., Augiewicz U., Urban M., 1995: Reakcja odmian jęczmienia jarego na herbicydy. *Mat. XXX Sesji Nauk. IOR cz.II*, 321-323.
- Arends A.M., Fox G.P., Henry R.J., Marschke R.J., Symons M.H., 1995: Genetic and environmental variation in diastatic power of Australian barley. *J. Cereal Sci.*, 21(1), 63-70.
- Austin R. B., Morgan C. L., Ford M. A., Blackwell R. D., 1980: Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Ann. Bot.*, 45, 309-319.
- Austin R.B., Ford M.A., Edrich J.A., Blackwell R.D., 1977: The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, 88, 159-167.
- Baca E., 1998: Jakość słodu w produkcji brzezki i piwa. *Mat. z seminarium „Problemy surowcowe i technologiczne w produkcji piwa”*. Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Warszawa. 8-11.

- Bathgate G.N., 1987: Quality requirements for malting. *Aspects Appl. Biol.*, 15, 18-32.
- Bell C.J., Incoll N.D., 1990: The redistribution of assimilate in field grown winter wheat. *J. Exp. Bot.*, 41, 949-960.
- Bertholdsson N.O., 1998: Selection methods for malting barley consistently low in protein concentration. *Eur. J. Agron.*, 9, 213-222.
- Bertholdsson N.O., 1999: Characterization of malting barley cultivars with more or less stable protein content under varying environmental conditions. *Eur. J. Agron.*, 10, 1-8.
- Bezduśzniak D., 1995: Possibility of chlorophyll meter calibration to predict nitrogen status of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Fragm. Agron.*, 2, 150-151.
- Bezduśzniak D., 1997: Ocena stanu odżywienia pszenicy ozimej azotem na podstawie pomiaru zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska. Odsiał CBR w Puławach.
- Bhullar S.S., Jenner C.F., 1986: Effect of temperature on the conversion of the sucrose to starch in the developing wheat endosperm. *Aust. J. Plant Phys.*, 13, 605-615.
- Bidinger F., Musgrave R.B., Fisher R.A., 1977: Contribution of stored preanthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. *Nature*, 270, 731-733.
- Bindraban P.S., 1997: Bridging the gap between plant physiology and breeding. Identifying traits to increase wheat yield potential using systems approaches. Ph.D. Thesis, Wageningen, The Netherlands, 145 pp.
- Birch C.J., Long K.E., 1990: Effects of nitrogen on the growth, yield and grain protein content of barley (*Hordeum vulgare*). *Aust. J. Exp. Agric.*, 30, 237-242.
- Blacklow W.M., Darbyshire B., Pheloung P., 1984: Fructans polymerised and depolymerised in the internodes of winter wheat as grain-filling progressed. *Plant Sci. Letters*, 46, 213- 218.
- Blum A., Sinmena B., Mayer J., Golan G., Shpiler L., 1994: Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress. *Aus. J. Plant Phys.*, 21, 771-781.
- Blum A., 1998: Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*, 100, 77-83.
- Błazej J., Błazej J., 2000: Wpływ technologii produkcji na zdrowotność jęczmienia jarego i owsa. *Pam. Puł.*, 120, 23-30.
- Bonnet G.D., Incoll L.D., 1992: Effects on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain filling: changes in accumulation and loss of mass from internodes. *J. Exp. Bot.*, 44, 75-82.
- Bulman P., Smith D.L., 1993a: Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. *Agron. J.*, 85(6), 1114-1121.
- Bulman P., Smith D.L., 1993b: Grain protein response of spring barley to high rates and postanthesis application of fertilizer nitrogen. *Agron. J.*, 85(6), 1109-1113.

- Bulman P., Smith D.L., 1994: Post heading uptake, retranslocation and partitioning in spring barley. *Crop Sci.*, 34, 977-984.
- Burger W.C., Wesenberg D.M., Carden J.E., Pawlisch P.E., 1979: Protein content and composition of Karl and related barleys. *Crop Sci.*, 19, 235-238.
- Cambardella A., Karen J., 1997: *Spatial Analysis of Soil Fertility Parameters Precision Agriculture* Kluwer Academic Publisher Precision Agriculture
- Chafai El Alaoni, Simmons S.R., Crookston R.K., 1992: Allocation of photo assimilate by main shoots and non surviving tillers in barley. *Crop Sci.*, 32, 1233-1237.
- Carreck N.L., Christian D.G., 1991: Studies on the patterns of nitrogen uptake and translocation to grain of winter barley intended for malting. *Ann. Appl. Biol.*, 119, 549-559.
- Chen M.Y., Newton S.D., Withers N.J., 1988: Malting barley – an evaluation of the factors affecting yield and quality. *Proceedings Annual Conference Agronomy Society of New Zealand*. 18, 29-31.
- Cizner P., 1995: The effect of soil preparation on the quality of malting spring barley. *Rostlinna Vyroba*, 41(8), 357-361.
- Clancy J.A., Tillman B.A., Pan W.L., Ullrich S.E., 1991: Nitrogen effects on yield and malting quality of barley genotypes under no-till. *Agron. J.*, 83(2), 341-346.
- COBORU, 2002: Lista opisowa odmian. Rośliny Rolnicze. Słupia Wielka.
- Coles G.D., Jamieson P.D., Haslemore R.M., 1991: Effects of moisture stress on malting quality in Triumph barley. *J.Cereal Sci.*, 14, 161-177.
- Conry M.J., Keane T., 1994: 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*, 18-22 September 1994, 592-593.
- Conry M.J., 1995: Comparison of early, normal and late sowing at three rates of nitrogen on the yield, grain nitrogen and screenings content of Blenheim spring malting barley in Ireland. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 125, 183-188.
- Cox M.C., Qualset C.O., Rains D.W., 1985: Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop. Sci.*, 25, 435-440.
- Cox M.C., Qualset C.O., Rains D.W., 1986: Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III. Nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.*, 26, 737-740.
- Delogu G., Stanca A.M., 1998: Yield response of malting barley varieties. *Informatore Agrario*. 54:33, 41-44.
- Doroszewski A., Górski T., 1995: Prosty wskaźnik ewapotranspiracji potencjalnej. *Rocz. AR Poznań, CCLXXI, Melior. Inż. Środ.*, 16, 3-8.
- Dubiel Ł., 1996: Aktualna sytuacja w piwowarstwie. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 5, 9-11.
- Dudas F., 1994a: Effect of cultivation on the quality of malting barley and malt. *Acta Universitatis Agriculturae Facultas Agronomica*. 42(1-2), 137-147.

- Duda F., 1994b: Malting quality of barley cv. Perun under different cultivation practices. *Acta Universitatis Agriculturae, Facultas Agronomica*, 42(1-2), 161-169.
- Duijnhouwer I.D.C., 1991: Variety differences in protein content and proportion of filled barley grains. *Jaarboekje stichting. Nederlands Instituut voor Brouwerst, Mout en Bier*. 55, 45-55.
- Dyson P.W., 1977: An investigation into the relations between some growth parameters and yield of barley. *Ann. Appl. Biol.*, 87, 471-483.
- Dzięzyk J., 1998: *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN, Warszawa.
- Eagles H.A., Bedgood A.G., Panozzo J.F., Martin P.J., 1995: Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Aust. J. Agric. Res.*, 46, 831-844.
- Edney M.J., Barley W., Henry N.J., Kettlewell P.S., 1996: *Cereal Grain Quality*. Chapman and Hall, London.
- Evans L.T., Dunstone R.L., 1970: Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.*, 23, 725-741.
- Faber A., 1998a: System rolnictwa precyzyjnego. II. Analiza i interpretacja map plonów. *Fragm. Agron.*, 1, 16-27.
- Faber A., 1998b: System rolnictwa precyzyjnego. I. Mapy plonów. *Praca przeglądowa. Fragn. Agron.*, 1, 4-15.
- Fathi G., McDonald G.K., Lance R.C.M., 1997: Responsiveness of barley cultivars to nitrogen fertilizer. *Aust. J. Exp. Agric.*, 37(2), 199-211.
- Fecenko J., Lozek O., 1998: Optimization of spring barley fertilization with nitrogen based on soil inorganic nitrogen content. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura*. 72, 63-67.
- Fisher R.A., Stockman Y.M., 1986: Increased kernel number in Norin 10-derived dwarf wheat: evaluation of the cause. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13, 767-784.
- Fotyma E., Bezduzniak D., 2000a: Wykorzystanie testu NNI i testu SPAD do oceny stanu odżywienia zbóż azotem. *Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization*, 4, 78-90.
- Fotyma E., Bezduzniak D., 2000b: Ocena stanu odżywienia zbóż ozimych azotem na podstawie pomiaru indeksu zieloności liścia, *Fragm. Agron.*, 4, 29-45.
- Fotyma E., Pecio A., 1999: Zależność pomiędzy zawartością azotu a nagromadzeniem suchej masy przez zboża. *Pam. Puł.*, 14, 93-100.
- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G., 1993: Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 4, 103-104.
- Gallagher J.N., Biscoe P.V., Scott R.K., 1975: Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *J. Appl. Ecol.*, 12, 319-336.
- García del Moral L.F., Opena A.J.P., Montoya J.L., Polo P., Voltas J., Codesal P., Ramos J.M., Molina Cano J.L., 1998: Image analysis of grain and chemical composition of barley plant as predictors of malting quality in Mediterranean environments. *Cereal Chem.*, 75;5, 755-761.
- Garstang J.R., Giltrap N.J., 1990: The effect of applied and soil mineral nitrogen on yield and quality of malting barley varieties. *Asp. App. Biol.*, 25, 315-327.

- Gaunt R.E., Wright A.C., 1992: Disease yield relationship in barley. II. Contribution of stored stem reserves to grain filling. *Plant Pathol.*, 41, 688-701.
- Gąsiorowski H., 1997: Praca zbiorowa. Jęczmień – chemia i technologia. PWRiL, ss. 282.
- Gent M.P.N., 1994: Phosynthate reserves during grain filling in winter wheat. *Agron. J.*, 86, 159-167.
- Głazek M., 2000: Rozwój badań nad chorobami roślin ze szczególnym uwzględnieniem chorób grzybowych zbóż w południowej Polsce. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2000, 40(1), 125-131.
- Górski T., Krasowicz S., Kuś J., 1999: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 114, 127-142.
- Grant C.A., Gauer L.E., Gehl D.T., Bailey L.D., 1991: Protein production and nitrogen utilization by barley cultivars in response of nitrogen fertilization under varying moisture conditions. *Can. J. Plant Sci.*, 71, 997-1009.
- Greenwood D.J., Lemaire G., Gosse G., Crus P., Drycott A., Neeteson J., 1990: Decline in percentage N of C₃ i C₄ crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.*, 66, 425-436.
- Hector D.J., Fukai S., Goynes P.J., 1996: Adapting of barley growth model to predict grain protein concentration for different water and nitrogen availabilities. *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference*, Toowoomba, Queensland, Australia, 30 January – 2 February, 1996. 297-300.
- Hoad S.P., Cranston D.A.S., 1999: A variety approach to improving grain yield and quality in spring barley. *HGCA Project Report*.
- Horsley R.D., Schwartz P.B., Hammond J.J., 1995: Genetic diversity in malt quality of North America six-rowed spring barley. *Crop Sci.*, 35, 113-118.
- Jaczewska-Kalicka A., 2001: Występowanie chorób i straty plonu pszenicy ozimej ze szczególnym uwzględnieniem wpływu warunków klimatycznych. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 41(2), 607-610.
- Jadczyzyn T., 1998: System rolnictwa precyzyjnego. III. Nawożenie w rolnictwie precyzyjnym. Praca przeglądowa. *Fragm. Agron.*, 1, 28-39.
- Jadczyzyn T., 2000: Monitoring wzrostu, rozwoju i plonowania zbóż oraz rzepaku na poziomie pola. Raport końcowy z realizacji projektu badawczego Nr 5 506B 066 12.
- Jadczyzyn J., Stuczyński T., 2001: Zastosowanie pomiarów GPS w rolnictwie. *Pam. Puł.*, 124, 197-210.
- Jańczak C., 1999: Zwalczanie infekcyjnych chorób zbóż w świetle postępu w rozwoju asortymentu fungicydów do opryskiwania. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 39(2), 805-808.
- Jańczak C., Lawecki T., Pawlak A., Ratajczyk G., 1996: Występowanie i szkodliwość chorób grzybowych na różnych odmianach pszenicy. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 36(2), 209-211.
- Jedel P.E., Helm J.H., 1995: Agronomic response to seeding rate of two- and six-rowed barley cultivars in Central Alberta. *Can. J. Plant Sci.*, 75(2), 315-320.

- Jenner C.F., Ugalde T.D., Aspinall D., 1991: The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Austr. J. Plant Physiol.*, 18, 211-226.
- Jenner C.F., Siwek K., Hawker J.S., 1993: The synthesis of [^{14}C] starch from [^{14}C] sucrose in isolated wheat grains is dependent upon the activity of soluble starch synthase. *Austr. J. Plant Physiol.*, 20, 329-335.
- Joshi M., Stenberg J. A., 1997: A broad – spectrum fungicide with a new mode of action. *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. – Pest and Dis.* 1, 21 - 26. DPX - JE874
- Jurkowski A., Kruk-Porowska M., 1997: Aktualny stan surowca dla browarnictwa oraz wymagania dla potrzeb krajowych i na eksport – “LECH” Browary Wielkopolskie. Materiały z Seminarium Grupy Problemowej ds. Hodowli Jęczmienia, 4 luty, IHAR Radzików.
- Justes E., 1992: Diagnosis of nitrogen nutrition status of winter wheat crop by „nitrate test” with nitrogen dilution curve during the growth. *ESA Congress, Warwick Univ.*, 262-263.
- Justes E., Mary B. Meynard J.M., Machet J.M., Thelier-Huche L., 1994: Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.*, 74, 397-407.
- Kaczyński L., Zych J., Behnke M., Lewandowska B., Szymczyk R., 1998: Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. Słupia Wielka.
- Kaniuczak Z., 1997: Badania nad opłacalnością chemicznego zwalczania chorób i szkodników zbóż jarych. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 37(2), 110-113.
- Kaniuczak Z., 2000: Ocena ekonomicznej efektywności stosowania fungicydów w zbożach. *Rocz. AR Poznań. CCCXXI, Ogrodn.*, 30, 49-54.
- Kaniuczak Z., 2001: Efektywność chemicznego zwalczania chorób grzybowych i szkodników w uprawie jęczmienia jarego. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 41(2), 707-710.
- Kern H., 1994: Charakterystyka gleb pól doświadczalnych ZD IUNG Grabów. Puławy.
- Kiniry J.R., 1993: Nonstructural carbohydrate utilization by wheat shaded during grain growth. *Agron. J.*, 85: 844-849.
- Kirby E.J.M., 1988: Analysis of leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crop. Res.* 18, 127-140.
- Klepacki B., Praca zbiorowa, 2001: Procesy dostosowawcze produkcji roślinnej w Polsce w kontekście integracji z Unią Europejską. SGGW Warszawa..
- Klockiewicz-Kamińska E., 1998: Klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia browarnego w polskiej ocenie odmian. *Pam. Puł.*, 112, 93-103.
- Kopchik Z., Maruhnnyak A., Vronskaya O., Kosilovich G., 1995: Results of the work and perspectives on breeding spring barley for malting under conditions in Western Ukraine. *Fragm. Agron.*, 2, 72-73.
- Kowalska M., Bichoński A., 2000: Wartość browarna i plonowanie rodów jęczmienia jarego w ciągu 24 lat hodowli w Polsce. *Biul. IHAR*, 214, 129-142.

- Kowalska M., Bichoński A., Burek J., 2000: Wartość zagranicznych odmian jęczmienia browarnego w warunkach Polski w porównaniu z odmianami i rodami hodowli krajowej. Biul. IHAR, 214, 115-127.
- Kowalska M., Ruśniak L., 1973: Jęczmień dla przemysłu browarnego. w: Ruśniak L: Jęczmień. PWRiL, Warszawa, 1973.
- 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-Ptaszyńska Z., 1993: Zmiany w strukturze i architekturze łanu dwurzędowych i sześciurzędowych form jęczmienia jarego pod wpływem gęstości siewu. Pam. Puł., 102, 65-76.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pecio A., 1999: Wpływ ochrony roślin przed chorobami oraz gęstości siewu na plon i architekturę łanu odmian jęczmienia browarnego. Fragm. Agron., 3, 77-88.
- Kudła M.M., Kudła M., 1996: Wartość wybranych odmian jęczmienia jarego z kolekcji form browarnych. Biul. IHAR, 197, 113-119.
- Kühbauch W., Thome U., 1989: Nonstructural carbohydrates of wheat stems as influenced by sink-source manipulations. J. Plant Physiol., 134, 243-250.
- Kukuła S., Pecio A., 1998: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plon i jakość ziarna browarnych odmian jęczmienia jarego. Pam. Puł., 113, 53-60.
- Kukuła S., Pecio A., Górski T., 1999: Związek pomiędzy wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego a zawartością białka w ziarnie jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 4, 81-89.
- Lauer J.G., Partridge J.R., 1990: Planting date and nitrogen rate effect on spring malting barley. Agron. J., 82(6), 1083-1088.
- Lawlor D.W., 1995: Photosynthesis, productivity and environment. J. Exp. Bot., 46 (Special Issue), 1449-1461.
- Lekes J., Ziniseva L., 1990: Selection of spring barley with a view of more efficient nitrogen utilization. Bericht uber die arbeitstagung 1990 der "Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler" im Rahmen der „Vereinigung osterreichischer Pflanzenzuchter“, Gumpenstein, Osterreich, 20-22 November 1990. 107-114.
- Lemaire G., Gastal F., Salette J., 1993: Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In: proceedings of the 16th International Grassland Congress, Nice, France, 179-180.
- Lemaire G., Salette J., 1984: Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. Etude de l'effet du milieu. Agronomi 4, 423-430.
- Maciejewski T., 1988: Wpływ deszczowania i gęstości siewu na plonowanie trzech odmian jęczmienia jarego. Rocz. AR Poznań., Rol., 32, 27-39.
- Macuhova K., Podoba J., 1988: Effect of preceding crops upon malting quality of spring barley. Vedecke Prace Vyskumneho Ustavu Rastlinnej Vyroby v Piestanoch Obilniny a Strukoviny. 22, 71-80.

- Maumene C., Couleaud G., 1998: New fungicides and their introduction in wheat and barley spray programs in France. Abstracts 7th Inter. Congress of Plant Pathology, Vol 1: 5.6.5S.
- McNeal F.H., Berg M.A., McGuire C.F., Stewart V.R., Baldrige D.E., 1972: Grain and plant nitrogen relationships in eight spring wheat crosses, *Triticum aestivum* L. Crop Sci., 12, 599-602.
- Michalski T., 1997: Zdrowotność i plonowanie pszenżyta jarego i pszenicy w zależności od sposobów ochrony roślin. Zesz. Nauk. AR Szczecin 175, Rol., 65, 283-287.
- Michalski T., 1999: Zdrowotność zbóż jarych w zależności od gęstości siewu. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 39(2), 759-762.
- Michalski B., 2001: Wybrane dane o polskim przemyśle piwowarskim w porównaniu z browarnictwem światowym. Sympozjum Piwowarów – konferencja prasowa, Poznań, 11 września 2001. Materiały niepublikowane.
- Mikes G., 1989: Results of spring barley variety trials: effect of environmental conditions on grading and protein content. Soripar (Hungary), 36(3), 97-101.
- Muller S., 1988: N uptake, yield and quality of malting barley in relation to inorganic soil nitrogen and N fertilization. Landwirtschaftliche Forschung. 41(1-2), 99-108.
- Namysłowska-Wilczyńska B., 1993: Zmienność złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej w świetle badań geostatystycznych. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, 64, 1-197.
- Natr L., 1995: Grain yield formation. Fragm. Agron., 2, 84-93.
- Nowicka B., Rola H., 1992: Reakcja odmian zbóż jarych na herbicydy. Mat. 32 Sesji Nauk. IOR, cz.2, 172-176.
- Noworolnik K., 1992: Plonowanie odmian jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. Biul. IHAR, 183, 157-163.
- Noworolnik K., 1993: Reakcja odmian jęczmienia jarego na gęstość siewu. Biul. IHAR., 185, 49-53.
- Noworolnik K., Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pecio A., 1995: Wpływ warunków pogodowych na plonowanie jęczmienia jarego i jego reakcje na nawożenie azotem i gęstość siewu. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 195-198.
- Owera S. A. P., Farrar J. F., Whitbread R., 1981: Growth and photosynthesis in barley infected with brown rust. Physiol. Plant Pathol., 18, 79-90.
- Palta J.A., Kobalta T., Turner N.C., Fillery I.L., 1994: Remobilisation of carbon and nitrogen in wheat as influenced by post-anthesis water deficits. Crop Sci., 34, 118-124.
- Pecio A., 1995: Studia nad modelem rośliny i łanu jęczmienia jarego. IUNG Puławy, R(235).
- Pecio A., Bichoński A., Ptasińska Z., 2000: Wpływ chemicznej ochrony roślin przed chorobami oraz gęstości siewu na wartość browarną ziarna jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 3, 42-52.

- Pecio A., Błaszczyk L., 2002: Geostatystyczna analiza przestrzennej zmienności azotu mineralnego w glebie w warunkach pola produkcyjnego. Nawozy i Nawożenie –Fertilizers and Fertilization, 1, 66-75.
- Pecio A., Fotyma E., 2001: Kalibracja testów NNI i SPAD dla jarego jęczmienia browarnego. Fragm. Agron., 3, 171-172.
- Pecio A., Matysiak R., Bichoński A., 2002: Wpływ fungicydów o różnym mechanizmie działania na wartość browarną ziarna jęczmienia jarego. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 42(2), w druku.
- Peyrelongue C.A., Toro Q.C., 1992: Effect of sodium nitrate and urea on yield and quality of malting barley soils of the IX region (Chile). Agricultura Tecnica Santiago, 52, 4, 435-445.
- Podolska G., 1995: Struktura plonu i architektura łanu odmian pszenżyta ozimego w zależności od warunków glebowych. IUNG Puławy, R(323).
- Podolska G., 1999: Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. Rozprawa habilitacyjna. Pam. Puł., 116.
- Polska Norma, 1997: PN-A-79082. Pr PN-R-74110.
- Polska Norma, 1967: PN 67-A-79083. Słód browarny.
- Prochazka F., Hudcova M., 1989: Effect of some tillage practices on the yield and quality of spring barley grain. Rostlinna Vyroba, 35(8), 795-806.
- Przulj N., Dragovic S., Malesevic M., Momcilovic V., Mladenov N., 1998: Comparative performance of winter and spring malting barleys in semiarid growing conditions. Euphytica, 101, 377-382.
- Przulj N., Momcilovic V., 2001a: Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. I. Dry matter translocation. Eur. J. Agron., 15, 241-254.
- Przulj N., Momcilovic V., 2001b: Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. Eur. J. Agron., 15, 255-265.
- Przulj N., Momcilovic V., Mladenov N., 1999: Temperature and precipitation effect on barley yields. Bulg. J. Agric. Sci., 5(3), 403-410.
- Radomski C., 1977: Agrometeorologia. PWN, Warszawa.
- Rawson H.M., Evans L.T., 1971: The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. Aust. J. Agric. Res., 22, 851-863.
- Rees D., Sayre K., Acevedo E., Nava Sanchez T., Lu Z, Zeiger E., Limon A., 1993: Canopy temperatures of wheat: relationship with yield and potential as a technique for early generation selection. Wheat spatial report No.10. Mexico, D.F.: CIMMYT. ss.32.
- Robertson G.P., 2000: GS⁺: Geostatistics for the environmental Sciences. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.
- Rroco E., Mengel K., 2000: Nitrogen losses from entire plants of spring wheat (*Triticum aestivum*) from tillering to maturation. Eur. J. Agron., 13, 101-110.

- Rudnicki F., 2000: Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agronom.*, 3, 53-65.
- Ruiter J.M. de, Brooking I.R., De Ruiter J.M., 1994: Nitrogen and dry matter partitioning of barley grown in a dryland environment. *New Zealand J. Crop and Hortic. Sci.*, 22:1, 45-55.
- Ruiter J.M., Brooking I.R., 1996: Effect of sowing date and nitrogen on dry matter and nitrogen partitioning in malting barley. *New Zealand J. Crop and Hortic. Sci.*, 24(1), 65-76.
- Ruiter J.M., Haslemore R.M., 1996: Role of nitrogen and dry matter partitioning in determining the quality of malting barley. *New Zealand J. Crop and Hortic. Sci.*, 24(1), 77-87.
- Russel G., Ellis R.P., 1988: The relationship between leaf canopy development and yield of barley. *Ann. Appl. Biol.*, 113, 357-374.
- Russel G., Jarvis P.G., Monteith J.L., 1989: Absorption of radiation by canopies and stand growth. In G. Russel, B. Marshall, P.G. Jarvis (Eds): *Plant canopies: their growth, form and function*. 21-39. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ruśniak L, Kowalska M., 1974: Możliwość zmniejszenia próbki jęczmienia w ocenie wartości browarnej. *Biul. IHAR*, 1-2, 115-118
- Sanford D.A.van, MacKown C.T., 1987: Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Sci.*, 27, 295-300.
- Savin R.S., Stone P.J., Nicolas M.E., 1996: Responses of grain growth and malting quality of barley to short periods of high temperature in field studies using portable chambers. *Austr. J. Agric. Res.*, 47(3), 465-477.
- Savin R.S., Stone P.J., Nicolas M.E., Wardlaw I.F., 1997a: Grain growth and malting quality of barley. 1. Effects of heat stress and moderately high temperature. *Austr. J. Agric. Res.*, 48(5), 615-624.
- Savin R.S., Stone P.J., Nicolas M.E., Wardlaw I.F., 1997b: Grain growth and malting quality of barley. 2. Effects of temperature regime before heat stress. *Austr. J. Agric. Res.*, 48(5), 625-634.
- Savin R.S., Nicolas M.E., 1996: Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Austr. J. Plant Physiol.*, 23, 201-210.
- Schnyder H., 1993: The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling—a review. *Net Phytologist*, 123, 233-245.
- Shatilov I.S., Zamaraev A.G., Sharov A.F., Kornienko A.V., 1994: Carbon dioxide gas exchange of barley during ontogenesis. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii*, 3, 3-13.
- Słaboński A. 1976. Jęczmień jary i ozimy. PWRiL, Warszawa.
- Smith C.M., Klapproth M.C., Saunders D.W., Johnson L.E.B., Trivella A.E., 1992: Biological properties of fluzilazole contributing to its field performance. *Pests and Diseases*, 639-644.

- Smith D.B., 1990: Barley and seed protein and its effects on malting and brewing quality. *Pl. Varieties Seeds*, 3, 63-80.
- Sowiński J., 1974: Wpływ herbicydów na plon oraz jakość browarną ziarna jęczmienia i słodu. *Rocz. AR. Poznań, Prace habilitacyjne*, 48, 1-76.
- Swanson J.S., Allis R.P., Rubio A., Perez Vendrell A., Molina Cano J.L., 1995: Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *Journal of the Institute of Brewing*. 101:4, 261-265.
- Szempliński W., Rzepiński W., 1998: Rolnicza efektywność różnych wariantów technologii produkcji jęczmienia jarego pastewnego. *Pam. Puł.*, 112, 245-251.
- Szmigiel A., Oleksy A., 1998: Wpływ technologii uprawy na plonowanie jęczmienia jarego. *Pam. Puł.*, 112, 253-259.
- Szwejkowski Z., Wanic M., 1995: Agrometeorological and agronomic factors and their response to spring barley productivity. *Fragm. Agron.*, 2, 186-187.
- Therrien M.C., Carmichael C.A., Noll J.S., Grant C.A., 1994: Effect of fertilizer management, genotype and environmental factors on some malting quality characteristics in barley. *Can. J. Plant Sci.*, 74(3), 545-547.
- Timmer R.D., 1993: Possibilities of growing malting barley in different regions of the Netherlands. *Verslag Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond*. 156, 119 ss.
- Timmer R.D., Duijnhouwer I.D.C., Laarhoven H.P.M. van, Angelino S.A.G.F., Son C.G.M.van, Gestel M.J.M.C.van, Van Laarhoven H.P.M., 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 Brouwerij, Mout en Bier*. 57, 39-43.
- Tong Y., Yan B.X., 1989: A preliminary report on the yield and quality of malting barley and their stability. *Ningxia J. Agro Forestry Sci. and Techn.*, 3, 4-7.
- Triboi E., Triboi-Blondel A.M., 2002: Productivity of grain or seed composition: a new approach to an old problem – invited paper. *Eur. J. Agron.*, 16, 163-186.
- Uliński G., Czajkowski K., Górski T., Jakubczak Z., Ulińska M., Wróblewska Z., 1970: Wyniki Doświadczeń Odmianowych, Seria B, Tom LX, PWRiL Warszawa.
- Urban M., 2000: Ocena wrażliwości odmian jęczmienia jarego i pszenicy jarej na herbicydy. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 40(1), 388-394.
- Urban M., Adamczewski K., 1999: Reakcja odmian jęczmienia jarego na herbicydy. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 39(2), 672-675.
- Villiers O.T.de, Maree P.C.J., Laubscher E.W., De Villiers O.T., 1988: Effect of time and rate of nitrogen application on the malting quality of barley. *South African J. Plant and Soil*. 5:3, 134-136.
- Wallwork M.A.B., Logue S.J., MacLeod L.C., Jenner C.F., 1998a: Effect of a period of high temperature during grain filling on starch synthesis in the developing barley grain. *Aust. J. Plant Physiol.*, 25(2), 173-181.
- Wallwork M.A.B., Logue S.J., MacLeod L.C., Jenner C.F., 1998b: Effect of high temperature during grain filling on the grain growth characteristics and malting quality of three Australian malting barleys. *Aus. J. Agric. Res.*, 49(8), 1287-1296.

- Weston D.T., Horsley R., Schwarz P.B., Goos R.J., 1993: Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. *Agron. J.*, 85, 1170-1174.
- Withers P.J.A., Dyer C., 1990: The effect of applied nitrogen on the acceptability of spring barley for malting. *Aspects of Appl. Biol.*, 25, 329-337.
- Wyd. Norm. 1966. Ziarno zbóż, roślin strączkowych i oleistych. Warszawa.
- Zhao D.C., Tang Z.K., Zhu F.T., Shi C., 1988: Effects of multiple cultural factors on the yield and grain quality of malting barley. *Scientia Agricultura Sinica*, 21(6), 67-73.

ENVIRONMENTAL AND AGROCHEMICAL LIMITATIONS OF THE GRAIN YIELD AND QUALITY OF MALTING BARLEY

7. SUMMARY

The results of research on spring barley conducted in 1987-1988 and 1996-2000 were the basis of this study. There was a series of field experiments in IUNG Osiny, Grabów, Kępa and IHAR Bąków Experimental Stations, field experiments with a 2ⁿ factorial design, located at 40 points in five regions of Poland and an experiment based on precision agriculture methods at IUNG ES Baborówko. Variation in the grain yield and quality of barley were studied in terms of the following factors: weather and soil conditions, sowing rate, nitrogen fertilization and chemical plant protection against diseases.

Effect of weather conditions on barley grain yield and quality

For the purpose of the analysis of the relation between weather conditions and grain yield and protein content, weather conditions were characterized with Sielianinow's index. This is the ratio between precipitation sum and sum of mean daily temperatures during a period. The data cover a broad range of climatic conditions because they include many regions and years having differences in the weather. The results showed a stronger relationship between weather conditions and grain protein content than grain yield. Grain protein content was modified mainly by precipitation before heading. A deficiency of precipitation, as shown by a value of the Sielianinow index $K \leq 1$ produced an increase of grain protein content to a level higher than the brewery norm. Under conditions of high values of Sielianinow's index ($K > 1,7$) grain yield was high but grain protein content was less than 10,5%. When Sielianinow's index was about 1,2, both grain yield and protein content were satisfactory for brewing. The high determination coefficients (R^2) mean that the quantitative relationships may have prognostic value. The strictly empirical character of the presented relationships doesn't permit simple extrapolation to extremal conditions, especially in the case of precipitation surplus.

Variation of barley grain yield and quality within production field

The purpose of the study was the estimation of the amount of variation of grain yield and protein content of spring barley on the area of production field and determination of the reasons for the variation. The results were obtained on fields with great soil typological and agrochemical variability and four complexes of agricultural usefulness. The fields were however uniform agronomically due to good farming practices, with special attention to regularity of all agronomical, fertilization and plant protection measures. During the 3-year study period (336 control points) the coefficient of variation of grain yield equalled 25,7% and of grain protein content 15%. The variation was caused by differences in weather conditions between years and also by variation of soil properties of experimental fields. Significantly highest mean grain yield were obtained in 1998 and much smaller but similar to each other in both 1999 and 2000. Mean grain protein content also varied significantly – the smallest one was when the weather was cold and wet before plant anthesis (Sielianinow index $K=2,1$) year 1998 and the highest (above norm) when the weather was dry and hot before anthesis ($K=0,8$) year 2000. Only in 1998 when there were adequate moisture conditions before anthesis ($K=1,0$) did the mean grain protein content meet the brewery norm. The coefficient of variation of grain yield in the years of the study ranged from 17,6 to 28,2 % and was higher than the coefficient of variation of grain protein content (4,3-12,5%). The variations of barley yield were not however statistically different but variations of grain protein content were significantly different. This shows indirectly that weather conditions affect mainly the average of grain yield. The variation of the yield results from soil variation within the field whereas the variation of the grain protein content results from an interaction between weather and soil conditions.

The variation of grain yield and protein content within the fields studied was also investigated using geostatistical methods. Analysis of semivariance showed a linear dependence between grain yield and the lag distance in 1998 and 1999 and an exponential dependence in 2000. The relation between the grain protein content and the lag distance on each field was described by a linear function. The spatial variability of grain yield in 1998 was related to nugget effect $C_0=0,87$ and $C_0/(C_0+C)=0,81$. In the other years the nugget effect was smaller. The value of $C_0/(C_0+C)$ in 1999 equalled 0,50 and in 2000 only 0,27. The variation of grain protein content on each field was described by accidental variability. The share of nugget effect in total variation in the following years equalled 0,78, 0,80 and 0,81.

A great number of canopy characteristics (including yield components), which showed variation within the fields studied enabled predictive models to be developed for the variation of barley grain yield and protein content.

The statistical analyses of correlation, discrimination and the analysis done using the Rudnicki method showed statistically significant relationships between grain yield and number of spikes per area unit, 1000-grain weight and number of grains per spike. Among parameters describing the barley canopy during the

vegetation period, grain yield was significantly positively affected by plant number per area unit and plant growth indices (dry matter yield and LAI) determined in three development stages of barley.

Grain protein content was negatively correlated with number of spikes per area unit and plant productive tillering and positively correlated with the number of grains per one spike. Among canopy characteristics during vegetation period, plant nitrogen nutrition status indices during both heading and milky maturity stages were positively correlated with grain protein content. The indices simultaneously showed significant correlational relationship with the number of spikes per area unit and single spike productivity (grain yield and number of grains).

For diagnostic purposes the soil characteristics based on soil agricultural usefulness complexes expressed by valorization points was very useful. The discrimination method showed a significant influence of soil complexes on some canopy indices and consequently on barley grain yield. In poor soil conditions the plants were smaller. They were characterized by smaller dry matter yield during vegetation period as a result of smaller productive tillering, which caused smaller spike number per area unit. The plants showed also worse nitrogen nutrition status during the milky maturity stage.

The attempt to predict grain yield and protein content was undertaken using factorial analysis. The analysis allowed the grouping of canopy characteristics during the vegetation period and the calculation of 3 factors which together explain 76,4% of the variation in the real data set. In the prognostic model (regression) of grain yield factor 2 appeared to be significant. This included plant growth indices (number and dry matter yield per area unit and LAI values). In the prognostic model for grain protein content, factor 1 had the greatest effect. This included indices of nitrogen nutrition status in the later stages of plant development.

Effect of sowing density on barley grain yield and quality

A significant relationship between grain yield and protein content and sowing rate was found. Sowing rate increase up to about 400 seeds per 1 m² increased grain yield mainly due to increased number of spikes. Increased sowing rate decreased grain yield due to decrease of the 1000-grain weight and grains number per spike. The increase of canopy density decreased plant productive tillering and caused changes in canopy architecture, depending on reduction of short tillers, which produce small grain with high protein content. The effect of sowing rate on malting quality parameters was modified by weather conditions in the study years. The parameters values were changed but the trend of the changes was similar. Under conditions of increased canopy density sowings the 1000-grain weight and the grain protein content were smaller and values of wort viscosity and fermentability were higher.

Studies on nitrogen fertilization of malting barley

The studies showed significant influences of nitrogen fertilization on grain yield and its quality. Under soil conditions of ES Grabów fertilization with 60 kg N/ha significantly increased barley grain yield by $1,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (37%), compared with the treatment with no nitrogen fertilization, mainly due to spike number per area unit and an increase in the number of grains per spike. Simultaneously grain protein content increased and grain filling and extractivity decreased. The plants fertilized with higher nitrogen doses were characterized by better nitrogen nutrition status, described by both laboratory determined percentage of nitrogen in plant dry matter, NNI (Nitrogen Nutrition Index) and SPAD readings.

In an earlier study [Pecio i Fotyma 2001] based on the results of the same experiment the calibration of SPAD test was evaluated, regarding maximalization of grain yield and optimalization of grain protein content. Optimal nitrogen content was defined as a state when the nitrogen content of the grain was in the range of the brewery norm (10,5-11,5 %). The SPAD readings in the years of the experiment (1998-2000) were stable from 25th day after sowing (tillering stage EC 25) until the 62nd day (leaf sheath extension stage EC 41) just before heading. Therefore, the calibration of the test, which means the determination of the relationship between SPAD readings and NNI index values, was evaluated just for this period. It was found that for malting barley cultivar Rudzik the critical value of chlorophyll content estimated with N-tester HYDRO (0-800 scale) in the period between full tillering stage EC 25 and extension of leaf sheath EC 41 equals 474 SPAD units. For this value of SPAD, barley is optimally nourished for the brewery norm. The critical SPAD value for maximal grain yield is about 474 units.

Effect of chemical plant protection against diseases on barley grain yield and quality

Chemical methods for protecting plants against fungal diseases increased barley grain yield and improved its quality. The application of Alert 375 SC fungicide at the beginning of the heading stage increased grain yield by about 0,8 t/ha (21,7 %) mainly due to increases in the number of spikes per area unit, 1000-grain weight and the number of grains per spike. The fungicide positively influenced also grain quality parameters, like the 1000-grain weight, grain filling, diastatic power and Kolbach Index but it didn't changed grain protein content. The other fungicides decreased grain yield protein content. Among other fungicides characterized with different mode of action, resulting from different chemical composition, the most effective in net blotch control was Charisma 207 EC fungicide of two active ingredients: famoxate, which reduces energy production in pathogen cells; and flusilazol, which reduces production of ergosterol – a compound necessary for building pathogen cell walls. The fungicide was also superior both in terms of increasing the grain yield and most of the grain quality parameters. The effectiveness of disease control is related to the time of appearance of the first symptoms. Delay of fungicide application until the barley

flag leaf stage decreased fungicide effectiveness in disease control and decreased barley grain yield and its malting quality. The effectiveness of seed dressing was related to weather conditions in the study years. Generally it increased barley grain yield and improved its quality parameters (grain protein content, 1000-grain weight, grain filling, wort viscosity, diastatic power, fermentability).

Relationship between grain and malt parameters

Grain protein content was negatively correlated with spike number per area unit and plant productive tillering. The characteristics were correlated with the 1000-grain weight. The correlation analysis confirmed a negative relation between some grain characteristics (grain yield, 1000-grain weight and grain filling) with grain protein content. It significantly influenced malt extractivity, Kolbach Index and fermentability and positively effected wort viscosity and diastatic power.

Dr Alicja Pecio

Z-d Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG

ul. Czartoryskich 8

24-100 Puławy

Praca wpłynęła do Redakcji w listopadzie 2002 r.