

ALICJA PECIO¹**ANDRZEJ BICHOŃSKI**²¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach² Małopolska Hodowla Roślin — HBP sp. z o.o. Kraków

Nawożenie azotem i chemiczna ochrona roślin przed chorobami jako czynniki plonowania jęczmienia jarego

Nitrogen fertilization and fungicide application as the elements of spring barley production

Celem pracy była ocena wpływu interakcji nawożenia azotem i ochrony roślin na wielkość plonu ziarna i białka jęczmienia jarego. Badania prowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB Grabów w latach 2005–2007. Jęczmień jary uprawiano w stanowisku po pszenicy ozimej na 5 poziomach nawożenia azotem: 0, 30, 60, 90 i 120 kg N·ha⁻¹. Jako czynnik chemicznej ochrony roślin przed chorobami grzybowymi zastosowano środki chemiczne zgodnie z programami trzech firm: Syngenta, DuPont i BASF. Po zbiorach określano plon ziarna i elementy struktury oraz zawartość i plon białka. Stwierdzono, że warunkiem uzyskania wysokich plonów ziarna i białka jęczmienia paszowego były sprzyjające warunki pogody, charakteryzujące się ciepłą i wilgotną pogodą w fazach krzewienia i wypełniania ziarna oraz intensywne nawożenie azotem. O wysokim plonie ziarna w takich warunkach decydowała liczba ziaren w kłosie i masa tysiąca ziaren. Jednoczesny wpływ nawożenia azotem i chemicznej ochrony roślin przed chorobami na plon ziarna i białka jęczmienia jarego miał charakter addytywny.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, nawożenie azotem, program ochrony roślin

The purpose of the study was the estimation of interaction between N fertilization and plant protection in spring barley production. The studies were conducted in Grabow Experimental Station of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation in 2005–2007. Spring barley was cultivated after winter wheat on 5 levels of nitrogen fertilizers 0, 30, 60, 90 and 120 kg N·ha⁻¹ and under 3 plant protection programs: Syngenta, DuPont and BASF. Grain yield, its components, protein content and yield were examined. Warm and moist weather conditions during tillering and grain filling and intensive nitrogen fertilization were the requirements for high grain and protein yield. In such conditions number of grains per spike and weight of 1000 grains were the parameters decisive upon grain yield. Simultaneous effects of N fertilization and plant protection on grain and protein yields were of the additive type.

Key words: nitrogen fertilization, plant protection program, spring barley

WSTĘP

Warunkiem uzyskania dużego plonu jęczmienia jest właściwy dobór czynników wpływających z jednej strony na formowanie składowych plonu ziarna, a z drugiej strony na ich ochronę. Azot jest jednym z najważniejszych czynników kontrolujących wzrost i rozwój, a zatem i końcowy plon ziarna jęczmienia (Noworolnik, 2003). Roślina ta jest jednak atakowana przez wiele patogenów powodujących choroby grzybowe (Fiedorow i in., 2008), powinna być zatem skutecznie chroniona przed stratami potencjalnego plonu (Kaniuczak, 2001). Środki ochrony roślin działają najczęściej zapobiegawczo i proponowane są przez producentów w formie tzw. programów (Dąbrowski, 2001). Zgodnie z panującą powszechnie opinią nawożenie azotem zwiększa podatność roślin na choroby grzybowe (Noworolnik, 2003). Można się zatem spodziewać interakcji pomiędzy dawką nawożenia azotem i sposobem chemicznej ochrony roślin. Plon ziarna jęczmienia powinien także spełniać wymagania jakościowe, aby zapewnić wysoki plon białka. Jakość ziarna, co prawda uwarunkowana genetycznie (Przulj i Momcilovic, 2001 b), nawet w większym stopniu niż wielkość plonu ziarna zależy od wielu czynników zewnętrznych, szczególnie od przebiegu warunków pogody (Bertholdsson, 1998, 1999) i nawożenia azotem (Pettersen i Eckersten, 2007). Celem badań była ocena wpływu interakcji nawożenia azotem i ochrony przed chorobami grzybowymi na wielkość plonu ziarna i białka jęczmienia jarego.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań prowadzonych w latach 2005–2007 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB Grabów. Przedmiotem badań był jęczmień jary odm. Antek (2005 i 2006) oraz Justina (2007) uprawiany w stanowisku po pszenicy ozimej. Pierwszy czynnik doświadczalny stanowiła dawka nawożenia azotem: 0, 30, 60, 90 i 120 kg N·ha⁻¹ (tab. 1).

Tabela 1

Dawki i terminy nawożenia azotem
Nitrogen fertilization doses and times

Całkowita dawka azotu Total N dose (kg N·ha ⁻¹)	Rok i liczba dni po siewie Year and days after sowing					
	2005		2006		2007	
	35	10	25	50	38	51
0		0			0	
30		30			0	
60		30			30	
90		60			30	
120		60			60	

Nawożenie w dawkach 30 i 60 kg N·ha⁻¹ stosowano w fazie krzewienia, a w dawkach większych: 60 kg N·ha⁻¹ w fazie krzewienia i 30 lub 60 kg N·ha⁻¹ w fazie strzelania w źdźbło. Jako czynnik chemicznej ochrony roślin przed chorobami zastosowano środki chemiczne zgodnie z programami trzech firm: Syngenta, DuPont i BASF (tab. 2). Na obiekcie kontrolnym nie stosowano środków chemicznej ochrony roślin przed chorobami.

Doświadczenie założono w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Zlokalizowano je na glebie kompleksu żytniego b. dobrego o odczynie $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,7$. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła $28,8 \text{ m}^2$. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej ziarna. Oznaczono plon ziarna i liczbę kłosów na powierzchni 1 m^2 oraz masę 1000 ziaren i liczbę ziaren w kłosie. Po zbiorze określono procentową zawartość białka ogółem w pełnym ziarnie metodą NIR w aparacie Inframatic 9100 firmy Perten oraz plon białka z jednostki powierzchni.

Tabela 2

Badane programy fungicydowej ochrony jęczmienia jarego
The programs of fungicide protection of spring barley

Program ochrony Program	Stosowane fungicydy Fungicide	Substancja biol. czynna Biologically active substance g l^{-1}	Grupa aktywna Active agent group	Dawka Dose l ha^{-1}	Faza rozwojowa Development phase DC	Dni po siewie Days after sowing
Rok 2005						
Syngenta	Acanto 250 SC	pikoksystrobina 250	strobiluriny	0,6	49	67
	Tilt Plus 400 EC	propikonazol 125 fenpropidyna 275	triazole morfoliny	0,6	49	67
DuPont	Cerelux Plus 535 EC	fluzilasol 160 fenpropimorf 375	triazole morfoliny	0,4	49	67
	Charisma 207 EC	fluzilasol 160,7 famokstae 100	triazole oksazolidyny	1	49	67
BASF	Rex 500 SC	karbendazym 250	benzimidazole	0,6	32	56
	Juvel TT 483 SE	epoksyzazol 83 krezoksym metyloowy 83 fenpropimorf 317	triazole strobiluriny morfoliny	1,2	49	67
Rok 2006						
Syngenta	Tilt Plus 400 EC	propikonazol 125 fenpropidyna 275	triazole morfoliny	1,0	49	55
DuPont	Cerelux Plus 535 EC	fluzilasol 160 fenpropimorf 375	triazole morfoliny	0,3	49	55
	Talius 200 EC	proquinazid - 200	quinozoliny	0,15	49	55
	Charisma 207 EC	fluzilasol 160,7 famokstae 100	triazole oksazolidyny	0,8	49	55
BASF	Juvel TT 483 SE	epoksyzazol 83 krezoksym metyloowy 83 fenpropimorf 317	triazole strobiluriny morfoliny	0,8	49	55
	Duett Ultra 497 SC	tiofanat metyloowy 310 epoksykonazol 187	benzimidazole triazole	0,4	49	55
Rok 2007						
Syngenta	Tilt Plus 400 EC	propikonazol 125 fenpropidyna 275	triazole morfoliny	1,0	52-53	64
DuPont	Talius 200 EC	proquinazid 200	quinozoliny	0,15	52-53	64
	Alert 375 SC	karbendazym 250 flusilazol 125	benzimidazole triazole	1,0	52-53	64
BASF	Duett Ultra 497 SC	tiofanat metyloowy 310 epoksykonazol 187	benzimidazole triazole	0,6	52-53	64

Różnice pomiędzy średnimi oceniano za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Warunki pogodowe w latach badań były niejednakowe (tab. 3). Najbardziej korzystny dla plonowania jęczmienia był rok 2005. Charakteryzował się na ogół ciepłą pogodą z temperaturami lekko powyżej średniej wieloletniej i umiarkowaną ilością opadów. Większe opady deszczu i ochłodzenie wystąpiły w I i II dekadzie maja, a w lipcu przeciągające się obfite opady deszczu wystąpiły w warunkach wysokiej temperatury powietrza. Przebieg warunków pogody w roku 2006 był niesprzyjający dla jęczmienia jarego. Małą ilość opadów i wysokie temperatury notowano w okresie od kwietnia do lipca. W roku 2007 warunki pogody były na ogół sprzyjające dla zbóż jarych, aczkolwiek susza w okresie wypełniania ziarna spowodowała słabsze plonowanie jęczmienia.

Tabela 3

Rozkład warunków pogody w latach 2005–2007
Weather conditions in the years 2005–2007

Miesiąc Month	Średnia temperatura dobową (°C) Mean daily temperature				Suma opadu (mm) Precipitation sum			
	2005	2006	2007	średnia wieloletnia multi-year mean	2005	2006	2007	średnia wieloletnia multi-year mean
Kwiecień April	8,6	9,0	8,7	7,5	10,2	30,1	13,3	42
Maj May	13,5	13,6	15,2	12,4	84,0	53,4	74,6	53
Czerwiec June	16,1	17,4	18,7	16,7	46,3	38,3	99,9	110
Lipiec July	20,0	22,4	19,2	17,8	132,8	10,0	75,5	105
Sierpień August	17,5	17,9	19,1	17,1	36,8	219,5	151,7	72

WYNIKI

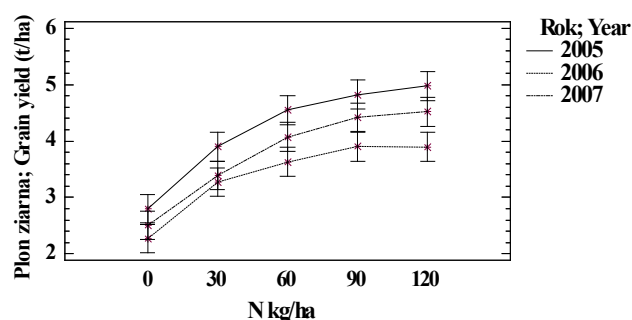
Wszystkie badane czynniki wpływały na istotne zwiększenie plonu ziarna i składowych plonu jęczmienia (tab. 4). Największy plon ziarna uzyskano w roku 2005, a duży plon uzyskano również w roku 2007, podczas gdy rok 2006 był najmniej sprzyjający produkcji ziarna. Średnio z lat plon ziarna zwiększał się wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem do 90 kg N·ha⁻¹, a badane programy ochrony roślin nie różnicowały plonu ziarna, zwiększając go jednak istotnie w stosunku do obiektu kontrolnego.

Najbardziej interesujące są jednak istotne interakcje: rok × nawożenie azotem (rys. 1), rok × program ochrony roślin (rys. 2) oraz nawożenie azotem × program ochrony roślin (rys. 3).

Plon ziarna i jego składowe oraz zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego
Grain yield, yield components and grain protein content of spring barley

Rok Year			Dawka nawożenia azotem (kg ha ⁻¹) Nitrogen dose (kg ha ⁻¹)					Program ochrony roślin Plant protection program			
2005	2006	2007	0	30	60	90	120	kontrola control	Syngenta	DuPont	BASF
Plon ziarna — Grain yield (kg ha ⁻¹)											
4208	3393	3780	2527	3519	4080	4379	4464	3495	3828	3898	3954
NIR — LSD: 157			228	190							
Liczba kłosów na 1 m ² — Number of spikes per 1 m ²											
560	581	871	516	637	696	727	777	656	681	662	684
NIR — LSD: 20,8			31,3	26,3							
Liczba ziaren w kłosie — Number of grains per 1 spike											
15,2	14,4	10,1	10,9	12,6	13,9	14,5	14,3	13,1	13,2	13,4	13,3
NIR — LSD: 0,73			1,10	r.n.*							
Masa 1000 ziaren — Weight of 1000 grains											
49,5	40,9	43,0	46,3	45,8	44,2	43,4	42,8	42,8	44,5	45,2	45,5
NIR — LSD: 1,11			1,67	1,40							
Zawartość białka w ziarnie — Grain protein content											
12,4	12,1	12,2	10,4	10,9	12,1	13,2	14,4	12,3	12,2	122	12,2
NIR — LSD: r.n.			0,46	r.n.							
Plon białka — Protein yield (kg ha ⁻¹)											
529	419	470	264	386	494	577	642	437	477	487	490
NIR — LSD: 20,3			19,7	17,6							

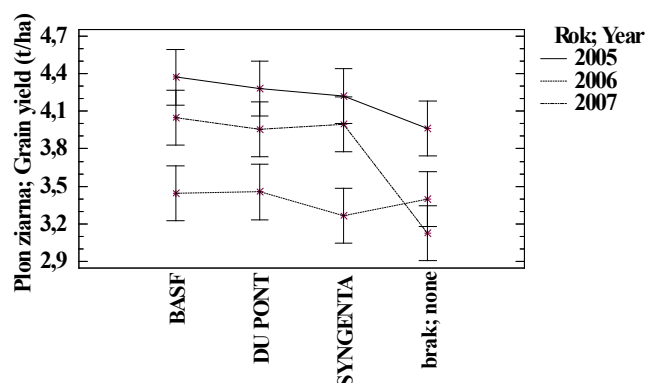
*r.n. Różnica nieistotna; Not significant difference



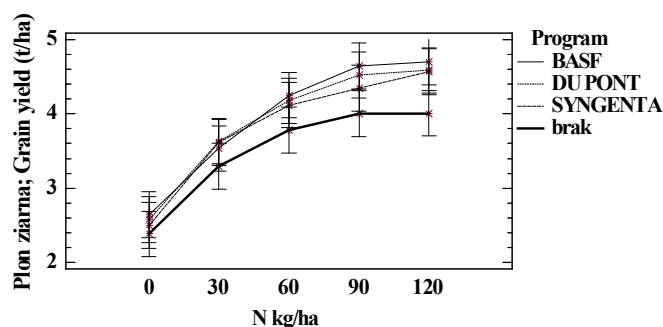
Rys. 1. Współdziałanie lat badań z dawką nawożenia azotem
Fig. 1. Interaction between years and nitrogen rates

Największą efektywność nawożenia (w stosunku do obiektu kontrolnego) stwierdzono w latach 2005 i 2007, a najmniejszą w roku 2006 (rys. 1). W latach 2005 i 2007 plon ziarna zwiększał się istotnie przy nawożeniu w dawkach do 90 kg N·ha⁻¹, a w roku 2006 tylko do 60 kg N·ha⁻¹. Regularna aplikacja fungicydów zabezpieczyła średni wzrost plonu ziarna jęczmienia o ok. 400 kg ziarna·ha⁻¹ w ciągu trzech lat badań (tab. 3). Stosunkowo największą efektywność ochrony roślin (w stosunku do obiektu kontrolnego) stwierdzono

w roku 2007 (rys. 2). Istotna interakcja nawożenia azotem i ochrony roślin wyrażała się większą efektywnością badanych programów ochrony roślin w obiektach z wyższymi dawkami azotu (rys. 3). W roku 2007, charakteryzującym się dużą aktywnością patogenów chorób grzybowych, średnie przyrosty plonu ziarna na skutek stosowania fungicydów wynosiły ok. 660 kg ziarna·ha⁻¹ przy niższych dawkach nawożenia azotem (do 60 kg N·ha⁻¹) i około 1200 kg ziarna·ha⁻¹ przy dawkach 90 i 120 kg N·ha⁻¹. We wszystkich latach badane programy ochrony roślin zapewniały podobną ochronę roślin przed chorobami.



Rys. 2. Współdziałanie lat badań z programami ochrony roślin
Fig. 2. Interaction between years and plant protection programs



Rys. 3. Współdziałanie nawożenia azotem z programami ochrony roślin
Fig. 3. Interaction between nitrogen rates and plant protection programs

Największą liczbę kłosów na jednostce powierzchni stwierdzono w roku 2007, a najmniejszą w roku 2005. Zwiększała się ona wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem do 120 kg N·ha⁻¹ i była praktycznie niezależna od programu ochrony roślin przed

chorobami (tab. 3). Jedyne program firmy BASF średnio z trzech lata badań istotnie zwiększał liczbę kłosów w stosunku do kontroli.

Największą liczbę ziaren w kłosie stwierdzono w roku 2005, a najmniejszą w roku 2007. Zwiększała się wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem do 60 kg N·ha⁻¹ i była niezależna od sposobu ochrony roślin przed chorobami.

Masa 1000 ziaren była największa w roku 2005, a najmniejsza w roku 2006. Istotnie zmniejszała się przy wzroście dawki nawożenia azotem do 60 N·ha⁻¹ i nie różniła się przy różnych programach ochrony roślin, aczkolwiek stosowanie fungicydów wpływało na istotne zwiększenie MTZ w stosunku do kontroli.

A zatem wysoki plon ziarna jęczmienia w latach 2005 i 2007 uwarunkowany był różnymi składowymi plonu. W roku 2007 o wysokim plonie ziarna zdecydowała duża liczba kłosów na jednostce powierzchni, a w roku 2005 — duża liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren. Obydwie te składowe łącznie zatem zdecydowały o największej produktywności pojedynczego kłosa w roku 2005. W przypadku programu firmy BASF plon ziarna z pojedynczego kłosa w tym roku był niemal dwukrotnie większy niż w roku 2007.

Dla liczby kłosów na jednostce powierzchni stwierdzono istotne interakcje pomiędzy rokiem badań a dawką nawożenia azotem i programem ochrony roślin oraz pomiędzy dawką nawożenia azotem i programem ochrony roślin.

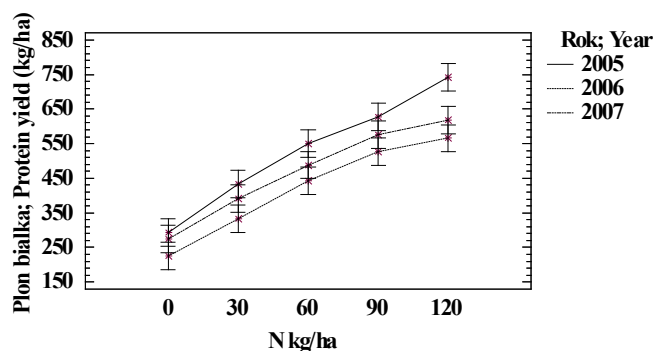
W roku 2005 każda dawka azotu istotnie zwiększała liczbę kłosów w stosunku do kontroli, przy czym różnice pod wpływem kolejnych dawek nie były istotne, w roku 2006 liczba kłosów zwiększała się istotnie wraz ze wzrostem nawożenia azotem do dawki 60 kg N·ha⁻¹, a w roku 2007 aż do dawki 120 kg N·ha⁻¹. W latach 2005 i 2006 badane programy ochrony roślin nie różnicowały liczby kłosów. Jedyne w roku 2007 zwiększały liczbę kłosów w następującej kolejności: DuPont, kontrola, Syngenta, BASF. Na obiekcie kontrolnym i obiekcie z programem ochrony firmy BASF liczba kłosów zwiększała się wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem do 120 kg N·ha⁻¹, a na obiektach firm Syngenta i Du Pont – do 90 kg N·ha⁻¹. Na wszystkich obiektach nawożenia azotem liczba kłosów nie była zróżnicowana pomiędzy obiektami ochrony roślin.

W przypadku liczby ziaren w kłosie, masy 1000 ziaren i plonu ziarna z pojedynczego kłosa stwierdzono istotne interakcje badanych czynników doświadczalnych z latami badań. Liczba ziaren w kłosie w latach 2005 i 2007 zwiększała się istotnie przy zwiększaniu dawki nawożenia do 60 kg N·ha⁻¹, a w roku 2006 tylko do 30 kg N·ha⁻¹. Dalsze zwiększanie dawki N nie powodowało wzrostu liczby ziaren w kłosie. Masa 1000 ziaren w roku 2005 nie była istotnie zależna od poziomu nawożenia N, w latach 2006 i 2007 największa była na obiekcie nie nawożonym i nawożonym najmniejszą dawką azotu (30 kg N·ha⁻¹).

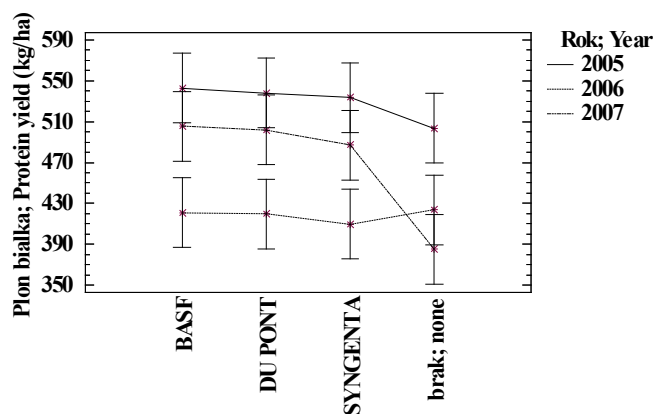
Zawartość białka w ziarnie jęczmienia była podobna w latach badań i zwiększała się istotnie wraz ze wzrostem dawki N do 120 kg·ha⁻¹ (tab. 4). Nie zależała od sposobu ochrony roślin.

Plon białka z jednostki powierzchni był zróżnicowany w latach badań i zmieniał się zależnie od dawki nawożenia azotem oraz programu ochrony roślin (tab. 4). Istotnie największy plon białka stwierdzono w roku 2005, tj. roku największego plonowania i największej reakcji jęczmienia na nawożenie azotem. Średnio z lat badań zwiększające się

nawożenie azotem do dawki 120 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost plonu białka. Wszystkie badane programy ochrony roślin wpływały na zwiększenie plonu białka w stosunku do obiektu kontrolnego, aczkolwiek sposób ochrony nie różnicował plonu białka. Stwierdzono istotne interakcje pomiędzy rokiem uprawy a dawką nawożenia N (rys. 4) i programem ochrony roślin (rys. 5). W latach 2005 i 2007 plon białka zwiększał się istotnie do dawki 120 kg N·ha⁻¹, a w roku 2006 tylko do dawki 90 kg N·ha⁻¹. Badane programy ochrony roślin wpływały na zwiększenie plonu białka w stosunku do kontroli tylko w roku 2007, a w pozostałych latach ochrona roślin nie powodowała zwiększenia plonu białka.



Rys. 4. Współdziałanie lat badań z dawką nawożenia azotem w kształtowaniu plonu białka
Fig. 4. Interaction between years and nitrogen rates for protein yield



Rys. 5. Współdziałanie lat badań z programami ochrony roślin w kształtowaniu plonu białka
Fig. 5. Interaction between years and plant protection programs for protein yield

Tabela 5

Udział i wkład składowych plonu w różnicę pomiędzy plonem ziarna jęczmienia jarego w latach 2006 i 2005
Contribution and share of yield components in the difference between spring barley grain yields in 2006 and 2005

Składowe plonu Yield components	Rok Year		Efekty składowych plonu Effects of yield components		
	2006	2005	wkład — contribution		udział (%) share (%)
			t·ha ⁻¹	%	
Plon — Yield (t·ha ⁻¹)	3,39	4,21	—	—	—
Obsada kłosów na 1m ² Spikes per m ²	581	560	-0,10	-3,03	-12,52
Liczba ziaren w kłosie Grains per spike	14,4	15,2	0,17	5,10	21,07
MTZ	40,9	49,5	0,75	22,12	91,45
Suma — Total			0,82	24,19	100,00
Błąd oceny — Estimation error			14,43		

Tabela 6

Udział i wkład składowych plonu w różnicę pomiędzy plonem ziarna jęczmienia jarego w latach 2007 i 2005
Contribution and share of yield components in the difference between spring barley grain yields in 2007 and 2005

Składowe plonu Yield components	Rok Year		Efekty składowych plonu Effects of yield components		
	2007	2005	wkład — contribution		udział (%) share (%)
			t·ha ⁻¹	%	
Plon — Yield (t·ha ⁻¹)	3,78	4,21	—	—	—
Obsada kłosów na 1m ² Spikes per m ²	871	560	-0,14	-3,71	-32,59
Liczba ziaren w kłosie Grains per spike	10,1	15,2	0,46	12,27	107,89
MTZ	43	49,5	0,11	2,81	24,70
Suma — Total			0,43	11,37	100,00
Błąd oceny — Estimation error			8,95		

Tabela 7

Maksymalny wpływ nawożenia azotem i ochrony roślin (program BASF)
Maximal effect of nitrogen fertilization and plant protection (BASF program)

Rok Year	Zwyżka plonu ziarna (t·ha ⁻¹) i białka w (kg·ha ⁻¹) pod wpływem Grain (t·ha ⁻¹) and protein (kg·ha ⁻¹) yield increase as a result of							
	nawożenia azotem nitrogen fertilization		ochrony roślin plant protection (program BASF)		addytywny additive		interakcyjny combined	
	ziarno grain	białko protein	ziarno grain	białko protein	ziarno grain	białko protein	ziarno grain	białko protein
2005	2,18	488	0,41	39	2,59	527	2,49	489
2006	1,63	286	0,05	-3	1,68	283	1,71	319
2007	2,01	392	0,92	121	2,93	513	2,73	417
Średnio Mean	1,94	389	0,46	52	2,40	441	2,31	408

DYSKUSJA

Plon ziarna i białka jęczmienia były silnie związane z warunkami pogody w latach badań. Wielkość plonu ziarna oraz jego zmienność w poszczególnych latach jest wypadkową wzajemnych relacji wielu czynników, które współdziałają ze sobą w ciągu całego okresu wegetacji roślin (Jaczevska-Kalicka, 2008). Przebieg pogody w czasie wegetacji ma jednak decydujący wpływ na plonowanie i porażenie przez patogeny. Mazurek (1999) wyjaśnił, że zróżnicowane w latach warunki pogody wpływają na rozwój roślin, zdolność pobierania składników pokarmowych i efektywność fotosyntezy. Powodują one zmiany powierzchni asymilacyjnej roślin i tempa fotosyntezy, która decyduje o ilości materiałów zapasowych w ziarnie, tj. o ich masie i w rezultacie o wielkości plonu z jednostki powierzchni. W korzystnych warunkach wilgotnościowych przed kwitnieniem rośliny gromadzą dużą ilość materiałów zapasowych, które mogą być wykorzystane do zasilania ziarna. Po kwitnieniu rośliny dłużej utrzymują zielone liście, co przedłuża okres gromadzenia suchej masy w czasie wypełniania ziarna i wpływa na zwiększenie plonu ziarna i białka z jednostki powierzchni (Pecio i Bichoński, 2004).

Najniższy plon ziarna jęczmienia jarego stwierdzono w roku 2006, charakteryzującym się niekorzystnym rozkładem warunków pogody, w tym głównie małą ilością opadów i wysoką temperaturą w okresie wegetacji. Niski poziom plonowania jęczmienia w latach o zbyt małych opadach i wyższej temperaturze powietrza stwierdził również Michalski i in. (2006). Jaczevska-Kalicka (2008) oraz Korbas (2008) wyjaśniają, że każda roślina uprawna daje najwyższe plony w optymalnych warunkach klimatycznych i wszelkie anomalie pogodowe mogą znacząco wpływać na wielkość plonu. Czynniki pogodowe może zaznaczyć się wyraźnie wpływając bezpośrednio na ograniczenie plonu (np. susza) lub stymulując rozwój patogenów wpływających destrukcyjnie na plon. W wyniku braku opadów rośliny słabiej rozwijają się, zmienia się architektura łanu i mikroklimat.

Chociaż warunki pogody w latach 2005 i 2007 nie różniły się znacząco i choć częściowo wyjaśniają różnice w plonie ziarna, to należy zwrócić uwagę, że w latach 2005 i 2006 uprawiano odmianę Antek, a w roku 2007 odmianę Justina. W badaniach Noworolnika (2003) odmiana Justina wyróżniała się spośród badanych odmian najwyższym plonem ziarna. Charakteryzowała się istotnie wyższą od pozostałych odmian masą ziarna z kłosa, dzięki dużej liczbie ziaren z kłosa i ich większej dorodności (MTZ).

Najwyższy plon ziarna uzyskany w roku 2005 wynikał również z dużej liczby ziaren w kłosie i wysokiej masy 1000 ziaren, podczas gdy liczba kłosów na jednostce powierzchni była w tym roku najmniejsza. Potwierdza to dane z literatury, że wysoki plon ziarna jęczmienia jarego, można osiągnąć przy umiarkowanej liczbie kłosów (Gozdowski i in., 2007; Listowski, 1979). Badania (Mazurek, 1999) wykazały, że na plon ziarna składają trzy jego składowe: liczba kłosów na jednostce powierzchni, liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren, które są ujemnie skorelowane. Uzasadnia to skomplikowane zależności pomiędzy roślinami w łanie i pomiędzy organami roślinnymi. Liczba kłosów jest modyfikowana głównie przez zabiegi agrotechniczne, takie jak nawożenie azotem, termin i ilość wysiewu, a liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren są uwarunkowane genetycznie i przez czynniki środowiskowe. Liczba ziaren w kłosie jest związana z długością kłosa,

czyli liczbą wykształconych zdolnych do zapłodnienia kwiatków. Organy generatywne kłosa, tj. kłoski i kwiatki rozwijają się we wczesnych stadiach rozwojowych, tzn. w okresie krzewienia. Niewystarczająca ilość składników pokarmowych w tym czasie lub słaba efektywność fotosyntezy może zmniejszyć liczbę płodnych kwiatków, w rezultacie liczbę ziaren w kłosie (Ferrante i in., 2007). Masa ziarna jest związana z aktywnością i długością procesu asymilacji (Bertholdsson, 1999; Przulj i Momcilovic, 2001 a).

Udział składowych plonu w zróżnicowaniu jego wielkości zależy od dwóch poziomów danego czynnika najlepiej jest ocenić za pomocą metody Rudnickiego (2000). Jak wynika z danych w tabelach 5 i 6 różnica w plonie ziarna pomiędzy rokiem 2005 a 2006 uwarunkowana była głównie masą 1000 ziaren, a różnica pomiędzy latami 2005 i 2007 wynikała z liczby ziaren w kłosie.

Nawożenie azotem jest kolejnym ważnym czynnikiem decydującym o wielkości plonu ziarna i jego składowych. Wpływa ono istotnie na zwiększenie liczby ziaren w kłosie i liczby kłosów, a przez to i plonu z jednostki powierzchni. Zależności te są dobrze znane z literatury (Fotyma i Kęsik, 1993; Gozdowski i in., 2007; Noworolnik, 2003; Wyszyński, 2007). We wczesnych stadiach rozwojowych azot stymuluje krzewienie roślin i decyduje o liczbie kłosków w kłosie, w fazie strzelania w źdźbło azot chroni przed nadmierną redukcją pędów i kłosków oraz umożliwia uzyskanie dużej liczby ziaren w kłosie. W okresie pomiędzy rozwojem liścia flagowego i początkiem kwitnienia azot stymuluje efektywność organów asymilacyjnych i tworzenie masy ziarna.

Największą efektywność azotu stwierdzono w latach 2005 i 2007, a najmniejszą w roku 2006, kiedy to stwierdzono również najmniejszy plon ziarna. Optymalne dawki azotu, tzn. zapewniające 95% maksymalnego plonu ziarna wynosiły w kolejnych latach odpowiednio 109 kg N·ha⁻¹, 99 kg N·ha⁻¹ i 116 kg N·ha⁻¹. Efektywność strukturalna azotu obliczona dla 1 kg N·ha⁻¹ wynosiła 1,39 kłosa na 1 m² i 0,04 ziarna w kłosie w roku 2005, 1,53 kłosa i 0,06 ziarna w kłosie w roku 2006 oraz 3,61 kłosów i 0,02 ziarna w kłosie w roku 2007. Ochrona roślin była bardzo efektywna w roku 2007 i praktycznie nieefektywna w suchym roku 2006. Chociaż stwierdzono dodatnią interakcję pomiędzy nawożeniem azotem i ochroną roślin to wpływ obydwu czynników na plon ziarna jęczmienia był praktycznie addytywny (tab. 7).

Jest to zgodne z literaturą (Bertholdsson, 1999; Przulj i Momcilovic, 2001 a), z której wynika, że nawożenie azotem w okresie przed kwitnieniem jęczmienia determinuje wytworzenie większej powierzchni zielonej, która później bierze udział w fotosyntezie w czasie wypełniania ziarna. Stosowanie chemicznej ochrony roślin wpływa tylko na przedłużenie czasu jej trwania (Ruiter i Brooking, 1996) i raczej stabilizuje niż tworzy plon ziarna (Prószyński, 2002).

Zawartość i plon białka w ziarnie są modyfikowane w dużym stopniu przez warunki środowiska i zabiegi agrotechniczne. 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. W badaniach własnych zarówno zawartość białka, jak i plon białka były związane z warunkami pogody w latach badań. Tendencję do większej zawartości białka w ziarnie i istotnie największy plon białka

stwierdzono w roku największego plonowania jęczmienia, w którym w okresie nalewania ziarna wysokie opady występowały w połączeniu z wysoką temperaturą (średnia dzienna temperatura lipca wynosiła 20°C). Petterson i Eckersten (2007) podali, że wysokie temperatury na ogół skracają czas trwania wypełniania ziarna i przyspieszają jego tempo. Te dwa procesy są przeciwstawne w sensie ilości asymilatów gromadzonych w ziarnie i dlatego pożądana jest temperatura optymalna. Ponieważ gromadzenie azotu w ziarnie nie jest tak wrażliwe na wysokie temperatury jak gromadzenie węgla, wysokie temperatury w czasie wypełniania ziarna powodują wzrost zawartości białka w ziarnie. Plon białka z jednostki powierzchni jest wypadkową plonu ziarna i zawartości białka.

Podobnie jak w badaniach innych autorów (Noworolnik, 2003), nawożenie azotem istotnie zwiększało zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia. Zgodnie z równaniem regresji liniowej zwiększenie dawki o 1 kg N·ha⁻¹ powodowało wzrost zawartości białka w ziarnie o 0,038% i plonu białka o 3,15 kg·ha⁻¹. Petterson i Eckersten (2007) również wykazali liniową zależność pomiędzy zawartością białka i dawką N, a wzrost zawartości białka w ziarnie jęczmienia wynosił 0,028%.

Plon białka z hektara zwiększał się na skutek stosowania chemicznej ochrony roślin przed chorobami grzybowymi. Badane programy nie różnicowały istotnie plonu białka, aczkolwiek program firmy BASF był nieco bardziej efektywny. Podobnie jak w przypadku plonu ziarna pomimo dodatniej interakcji ochrony i nawożenia N (rys. 4), efekt oddziaływania obu czynników na plon białka miał charakter addytywny (tab. 7).

WNIOSKI

1. Plon ziarna i białka jęczmienia paszowego są skorelowane dodatnio. Uzyskanie dużych plonów jest możliwe w sprzyjających warunkach pogody, charakteryzujących się ciepłą i wilgotną pogodą w fazach krzewienia i wypełniania ziarna oraz intensywnego nawożenia azotem.
2. O wysokim plonie ziarna decyduje duża liczba ziaren w kłosie i masa tysiąca ziaren. Uzyskanie takiego plonu jest możliwe przy średniej obsadzie kłosów na jednostce powierzchni (ok. 560 kłosów na 1 m²).
3. Nawożenie azotem oraz chemiczna ochrona roślin mają addytywny wpływ na plon ziarna i białka jęczmienia.

LITERATURA

- 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.
- Dąbrowski Z. T. 2001. Wskaźniki i kryteria oceny programów integrowanej ochrony roślin. *Prog. Plant. Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 41 (1) :77 — 87.
- Ferrante A., Savin A., Slafer G. A. 2008. Wheat and barley floret development in response to nitrogen and water availability. *Ital. J. Agron./ Riv. Agron.* 3 suppl.: 205 — 206.
- Fiedorow Z., Gołębiak B., Weber Z. 2008. Choroby roślin rolniczych. AR Poznań: 200 ss.

- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G. 1993. Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 4: 103 — 104.
- Gozdowski D., Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M. 2007. Plon i składowe plonu jęczmienia jarego oplewionego i nagoziarnistego. *Fragm. Agron.* 2: 110 — 118,
- Jaczewska-Kalicka A. 2008. Wpływ zmian klimatycznych na plonowanie i ochronę zbóż w Polsce. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 48 (2): 415 — 425.
- Kaniuczak Z. 2001. Efektywność chemicznego zwalczania chorób grzybowych i szkodników w uprawie jęczmienia jarego. *Prog. Plant. Protect./Post. Ochr. Rośl.* 41 (2): 707 — 710.
- Korbas M. 2008. Sprawcy chorób a zmiany klimatyczne. *Progress In Plant Protection/Postępy w Ochronie Rośl.* 48 (3): 771 — 776.
- Listowski A. 1979. Agrofizjologiczne podstawy produktywności roślin. PWN.
- Mazurek J. 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 261 — 273.
- Michalski T., Idziak R., Horoszkiewicz-Janka J. 2006. Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od warunków wilgotnościowych i temperatury w okresie wegetacji. *Rocz. AR w Poznaniu, CCCLXXX*: 243 — 249.
- Noworolnik K. 2003. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. *Pam. Puł. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 8.*
- Pecio A. Bichoński A. 2004. Możliwości kształtowania cech jakościowych jęczmienia słodowego poprzez zabiegi agrotechniczne. VIII Konf. Nauk. IUNG: „Jakość towarowych surowców roślinnych wyzwaniem dla nauki i praktyki rolniczej. Puławy 31.05–1.06.2004: 93 — 100.
- Petterson C. G., Eckersten H. 2007. Prediction of grain protein in spring malting barley grown in Northern Europe. *Eur. J. Agron.* 27: 205 — 214.
- Pruszyński, S. 2002. Produkcyjne i ekologiczne uwarunkowania ochrony roślin przed chorobami i szkodnikami. *Pam. Puł.* 130: 607 — 618.
- Przulj N., Momcilovic V. 2001 a. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-row spring barley. I. Dry matter translocation. *Eur. J. Agron.* 15: 241 — 254.
- Przulj N., Momcilovic V. 2001 b. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-row spring barley. II. Nitrogen translocation. *Eur. J. Agron.* 15: 255 — 265.
- Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.* 3: 53 — 65.
- 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 Hort. Sci.* 24 (1): 65 — 76.
- Wyszyński Z., Gozdowski D., Pietkiewicz S., Łoboda T. 2007. Plon ziarna jęczmienia jarego i jego składowe w zależności od rodzaju i dawki nawozów azotowych. *Fragm. Agron.* 2: 418 — 426.