

WPLYW SPOSOBU UPRAWY ROLI I NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE PSZENICY JAREJ

BOGDAN KULIG, ANDRZEJ OLEKSY, TADEUSZ ZAJĄC

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

bkulig@ar.krakow.pl

Synopsis. W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem sposobów uprawy roli na plonowanie pszenicy jarej odmiany Zebra w warunkach zróżnicowanych dawek nawożenia azotem. Badania przeprowadzono w latach 2005–2007 w Stacji Doświadczalnej w Prusach, należącej do Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, zaliczanym do I klasy bonitacyjnej i do pszennego bardzo dobrego kompleksu przydatności rolniczej gleb. Nawożenie azotem różnicowało plon ziarna w zakresie 5,36–7,55 t·ha⁻¹. Sposób uprawy roli nie wpływał na wysokość uzyskiwanych plonów ziarna i słomy natomiast modyfikował zawartość i plon białka. Inkorporacja międzyplonu wiosną za pomocą glebogryzarki zmniejszała zawartość białka w ziarnie średnio o 6,1 g·kg⁻¹, a plon białka o 7,8%. Stosowane dawki i sposoby nawożenia azotem różnicowały zawartość białka w granicach 123–145 g·kg⁻¹.

Słowa kluczowe – *key words*: sposób uprawy roli – *tillage system*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, pszenica jara – *spring wheat*

WSTĘP

Uprawa roli jest jednym z podstawowych czynników wpływających na poziom i stabilność uzyskiwanych plonów ziarna. W Polsce od wielu dziesięcioleci dominuje tradycyjna płuzna uprawa roli, charakteryzująca się dużą pracochłonnością i energochłonnością [Kordas 1997, Orzech i in. 2004, Starczewski i in. 2004]. Stąd obecnie w wielu doświadczeniach bada się warianty uprawy roli z daleko idącymi uproszczeniami w zakresie głębokości i intensywności spulchnienia aż do siewu bezpośredniego. Uzasadnione jest to zarówno względami ekonomicznymi, jak też organizacyjnymi [Canell i Hawes 1994]. Uproszczone systemy uprawy wpływają także na plonowanie roślin następczych, a reakcja gatunków na sposób uprawy jest niejednakowa [Lepiarczyk i in. 2005]. Odmiany pszenicy odznaczające się wysokim plonem w uprawie konwencjonalnej plonują lepiej także w wariantach bezpłużnych [Weisz i Bowman 1999]. Istotną rolę odgrywa również współdziałanie odmian ze sposobami uprawy roli [Cox 1991]. Według Dao i Nguyen [1989] wczesne odmiany pszenicy odznaczają się wyższą stabilnością plonowania w uproszczonych wariantach uprawy.

Bobik pozostawia bardzo dobre stanowisko dla pszenicy jarej, a dodatni wpływ na chemiczne i biologiczne właściwości gleby uwidacznia się zwiększaniem plonów ziarna [Liszewski 1997]. Resztki poźniwe bobiku ulegają bardzo szybko rozkładowi a część tych składników w okresie jesień – wczesna wiosna może być wymyta w głębsze warstwy gleby [Haunz i in. 1988]. Aby zapobiec stratom proponuje się wsiewanie w bobik gorzycy białej lub rzodkwi oleistej [Justus i Kopke 1990, Martinez i Guiraud 1990, Richards i in. 1996]. Uprawa międzyplonów ścierniskowych na zaoranie jesienią jest często praktykowana [Campbell i in. 1993, Gil i in. 2008,

Muñoz-Romero i in. 2010, Narkiewicz-Jodko i in. 2008, Szafranski i Kulig 2005, Wilczewski i in. 2007, Wojciechowski 2009]. Znacznie mniej badań przeprowadzono nad wpływem biomasy roślin poplonowych uprawianych po bobiku pozostawionych jako mulcz pod pszenicę jarą.

Azot ma największy wpływ na plon, a jego efektywność zależy od określenia optymalnych dawek i sposobu ich aplikacji. Osiągnięcie wysokich plonów ziarna odpowiedniej jakości oraz zadowalających efektów ekonomicznych i bezpieczeństwa ekologicznego wymaga dokładnego ustalenia zapotrzebowania roślin na azot w poszczególnych fazach wzrostu i rozwoju [Samborski i Rozbicki 2004]. Określenie zapotrzebowania roślin na azot wykonuje się na podstawie ilościowych lub jakościowych metod oceny odżywienia roślin azotem nazywanych również testami roślinnymi. Testy te wykorzystują informacje zawarte w roślinach, więc stosowane są przeważnie do określenia zapotrzebowania roślin na azot po aplikacji pierwszej dawki. Jednym z pośrednich testów roślinnych jest metoda wykorzystująca chlorofilometr SPAD 502, urządzenie do nie destrukcyjnej, optycznej oceny względnej zawartości chlorofilu w liściach, przy którym wyniki są w jednostkach niemianowanych, nazywanych odczytami SPAD [Samborski i Rozbicki 2004].

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych sposobów uprawy oraz poziomu i sposobu podziału dawki azotu na plon ziarna i słomy oraz zawartość i plon białka pszenicy jarej odmiany Zebra.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 w Stacji Doświadczalnej w Prusach (50°07' N, 20°05' E), należącej do Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Glebę pola doświadczalnego stanowił czarnoziem zdegradowany, wytworzony z lessu, zaliczany do kompleksu pszennego bardzo dobrego o składzie granulometrycznym pyłu ilastego. Gleba charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,3$) oraz średnią zawartością fosforu, niską potasu i bardzo wysoką magnezu. Badaniami objęto pszenicę jarą odmiany Zebra. Eksperyment założono metodą split-plot w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 11,4 m². Przedplonem dla pszenicy był bobik 'Sonet' uprawiany na nasiona. Nasiona bobiku zbierano w 2 lub 3 dekadzie sierpnia. Zaraz po zbiorze rozdrobnione resztki pozniwne bobiku inkorporowano do gleby za pomocą glebogryzarki, a następnie wysiano siewnikiem poletkowym z redlicami talerzowymi gorczycę białą 'Barka'. Plon suchej masy międzyplonu gorczycy oszacowany w pierwszej dekadzie listopada w zależności od lat prowadzenia badań kształtował się w zakresie 1,99–3,08 t·ha⁻¹.

Obiektami I czynnika były dwa sposoby uprawy roli: A1 – orka przedzimowa, którą przyorano międzyplon ścierniskowy (gorczycę białą), a wiosną rolę do siewu przygotowano agregatem złożonym z kultywatora i wału strunowego; A2 – międzyplon ścierniskowy gorczycy białej pozostawiono w formie mulczu, a wiosną inkorporowano międzyplon z jednoczesnym przygotowaniem roli do siewu za pomocą glebogryzarki. Obiekty II czynnika stanowiły poziomy nawożenia azotem: B1 – 0 kg N·ha⁻¹ (kontrola), B2 – przedsiewnie 30 kg N·ha⁻¹, B3 – przedsiewnie 30 kg N·ha⁻¹ + pogłówna dawka (test SPAD w fazie strzelania źdźbło), B4 – przedsiewnie 60 kg N·ha⁻¹, B5 – przedsiewnie 60 kg N·ha⁻¹ + pogłówna dawka (test SPAD w fazie strzelania źdźbło) oraz B6 – przedsiewnie 60 kg N·ha⁻¹ + pogłówna dawka (test SPAD w fazie strzelania źdźbło) + dawka jakościowa 30 kg N·ha⁻¹ (po kwitnieniu).

Ustalenie pogłównej dawki azotu wykonano na podstawie testu SPAD, czyli pomiaru względnej zawartości chlorofilu w liściach, przeprowadzonego przy pomocy urządzenia SPAD 502DL firmy Spectrum Technologies Inc. Wielkość dawki azotu określono na podstawie ilorazu

wartości SPAD, uzyskanych z obiektów na których założono zastosowanie drugiej dawki N i obiektach kontrolnych – bez nawożenia azotem (tab. 1). Pomiary wartości SPAD wykonywano na 20 liściach w odległości 4 mm od brzegu liścia.

Tabela 1. Ilorazy odczytów SPAD oraz wielkość zastosowanej drugiej dawki azotu
Table 1. Quotients of SPAD records and applied second nitrogen dose

Lata Years	Obiekty Treatments	Mulcz–Mulch		Orka–Plough	
		iloraz SPAD quotient of SPAD	dawka N dose N kg·ha ⁻¹	iloraz SPAD quotient of SPAD	dawka N dose N kg·ha ⁻¹
2005	B4–N=30+SPAD	1,12	30	1,10	40
	B5–N=60+SPAD	1,18	30	1,10	40
	B6–N=60+SPAD+30	1,17	30	1,09	40
2006	B4–N=30+SPAD	1,15	30	1,19	30
	B5–N=60+SPAD	1,17	30	1,22	30
	B6–N=60+SPAD+30	1,18	30	1,22	30
2007	B4–N=30+SPAD	1,03	40	1,02	40
	B5–N=60+SPAD	1,04	40	1,02	40
	B6–N=60+SPAD+30	1,10	40	1,04	40

Siew pszenicy jarej odmiany Zebra wykonywano w ilości 500 kielkujących ziaren·m⁻², siewnikiem poletkowym z redlicami talerzowymi w rozstawie rzędów 14 cm. Ziarno przed siewem zaprawiono zaprawą Oxafun T 75 DS/WS w dawce 200 g·100 kg⁻¹ ziarna. W okresie wegetacji zastosowano ochronę chemiczną przeciwko agrofagom, stosując preparaty zalecane przez Instytut Ochrony Roślin: Lintur 70 WG – 150 g·ha⁻¹, Karate Zeon 050 CS – 0,1 l·ha⁻¹, Tilt Plus 400 EC – 1 l·ha⁻¹ w fazie strzelania w źdźbło oraz Artea 330 EC – 0,5 l·ha⁻¹ w fazie kłoszenia. Przed wykonaniem wiosennej uprawy wysiano nawozy fosforowe i potasowe w dawce 26 kg P·ha⁻¹ w postaci superfosfatu potrójnego, 75 kg K·ha⁻¹ w postaci soli potasowej oraz nawożenie azotem w postaci saletry amonowej. Przed zbiorem pszenicy jarej z każdego poletka pobrano próby z powierzchni 1 m² w celu oznaczenia plonu biomasy części nadziemnych. Zbiór wykonano kombajnem poletkowym w fazie dojrzałości pełnej, a plon ziarna podano przy wilgotności 14%. Zawartość białka oznaczono metodą Kiejdahla stosując przelicznik 5,7. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przy porównywaniu średnich istotność różnic oceniano testem Tukeya.

Charakterystykę przebiegu pogody określono przy pomocy miesięcznej sumy opadów oraz średniej miesięcznej temperatury powietrza. Dane te uzyskano z polowej automatycznej stacji meteorologicznej Haraldi Metpole umieszczonej na terenie pól doświadczalnych. Warunki meteorologiczne w czasie prowadzenia badań były zróżnicowane (tab. 2). W 2005 roku suma

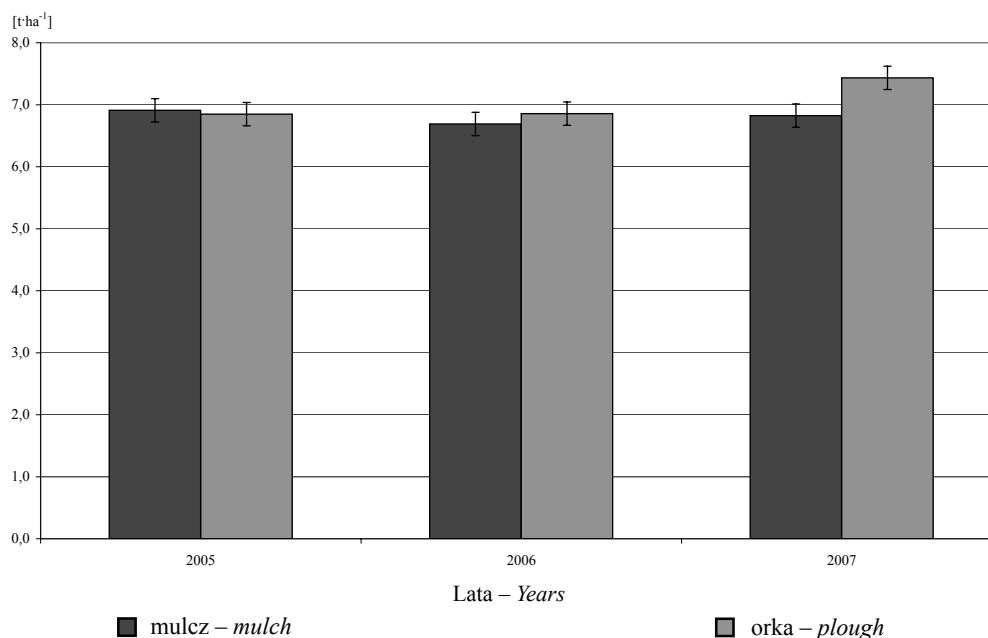
Tabela 2. Warunki pogodowe w okresie od kwietnia do sierpnia
Table 2. Weather conditions from April to August

Miesiąc <i>Month</i>	Rok – Year			Średnio – Mean 1977 – 2007
	2005	2006	2007	
Temperatura – Temperature (°C)				
IV	9,3	9,2	10,4	8,1
V	13,5	13,2	15,8	13,7
VI	16,0	17,7	18,1	16,5
VII	19,0	22,2	19,6	18,2
VIII	16,8	17,7	19,4	17,9
Średnio – Mean	14,9	16,0	16,7	14,9
Opady – Precipitation (mm)				
IV	22,5	36,3	15,2	50,2
V	80,7	59,6	56,5	65,3
VI	67,2	62,0	58,8	80,0
VII	99,3	28,0	71,7	74,9
VIII	101,5	92,6	124,9	78,5
Suma – Sum	371,2	278,5	327,1	348,9

opadów za okres wegetacji była większa przy mniejszej średniej temperaturze powietrza, niż w latach 2006 i 2007. Rok 2006 charakteryzował się najmniejszą sumą opadów od kwietnia do sierpnia i wyższą od przeciętnej, średnią temperaturą powietrza. Notowane opady w poszczególnych miesiącach, za wyjątkiem sierpnia, były mniejsze od normy, a najmniejsza ich ilość wystąpiła w lipcu przy jednocześnie najwyższej w trzyleciu średniej temperaturze powietrza. Najcieplejszy był sezon wegetacyjny 2007 roku, w którym średnia temperatura powietrza była wyższa od normy o 1,8°C, a opady nieznacznie niższe od przeciętnych, lecz o nierównomiernym rozkładzie. Kwiecień tego roku charakteryzował się bardzo małą ilością opadów oraz najwyższą w okresie badawczym średnią temperaturą powietrza. Pozostałe miesiące sezonu wegetacyjnego charakteryzowały się wyższą temperaturą w porównaniu do wielolecia. W omawianym trzyleciu opady większe od przeciętnych notowane były w sierpniu oraz w maju i lipcu 2005 roku.

WYNIKI BADAŃ

Średni plon ziarna pszenicy jarej w zależności od badanych czynników i lat prowadzenia badań kształtował się w zakresie od 4,3 do 8,2 t·ha⁻¹. Lata prowadzenia badań nie wywarły istotnego wpływu na wielkość uzyskanych plonów. Stwierdzono jednak współdziałający wpływ warunków środowiskowych w poszczególnych latach badań oraz sposobu uprawy (rys. 1). W latach 2005 i 2006 inkorporacja międzyplonu wiosną oraz uprawa płuzna nie wpłynęły na wielkość plonów, które kształtowały się na zbliżonym poziomie. Natomiast w roku 2007, zdecydowanie większe plony uzyskano po zastosowaniu uprawy płuznej. Na niższy poziom plonowania pszenicy jarej uprawianej w systemie uproszczonym wpłynął przebieg pogody, szczególnie bardzo małe opady i wysoka temperatura w kwietniu, które w połączeniu z zabiegami uprawowymi oraz wniesioną masą resztek poźniwnych i międzyplonu znacznie przesuszyły glebę wpływając tym samym na wschody i początkowy wzrost i rozwój roślin pszenicy. Uproszczona uprawa roli (inkorporacja międzyplonu wiosną za pomocą glebogryzarki – A2) w porównaniu do uprawy konwencjonalnej (orka przedzimowa + wiosenna uprawa agregatem uprawowym – A1) spowodowała nieznaczny statystycznie niepotwierdzony spadek plonu ziarna (tab. 3). Pszenica jara niezależnie od sposobu uprawy i lat prowadzenia badań plonowała w zakresie od 5,36 t·ha⁻¹ do 7,55 t·ha⁻¹. Najniższy poziom plonowania uzyskano na obiektach kontrolnych – bez nawożenia azotem, a najwyższy z obiektów na których zastosowano trzy dawki azotu o łącznej wysokości (średnio dla lat i sposobów uprawy) około 125 kg·ha⁻¹. Przedsięwzięcie zastosowanie 30 kg N·ha⁻¹ zwiększyło poziom plonowania w porównaniu do kontroli średnio o 1,36 t·ha⁻¹, a dawka większa (60 kg N·ha⁻¹) o 1,94 t·ha⁻¹, jednak różnica pomiędzy dawkami



Rys. 1. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od sposobu uprawy roli w latach prowadzenia badań
Fig. 1. Grain yield of spring wheat depending on tillage method in years of research

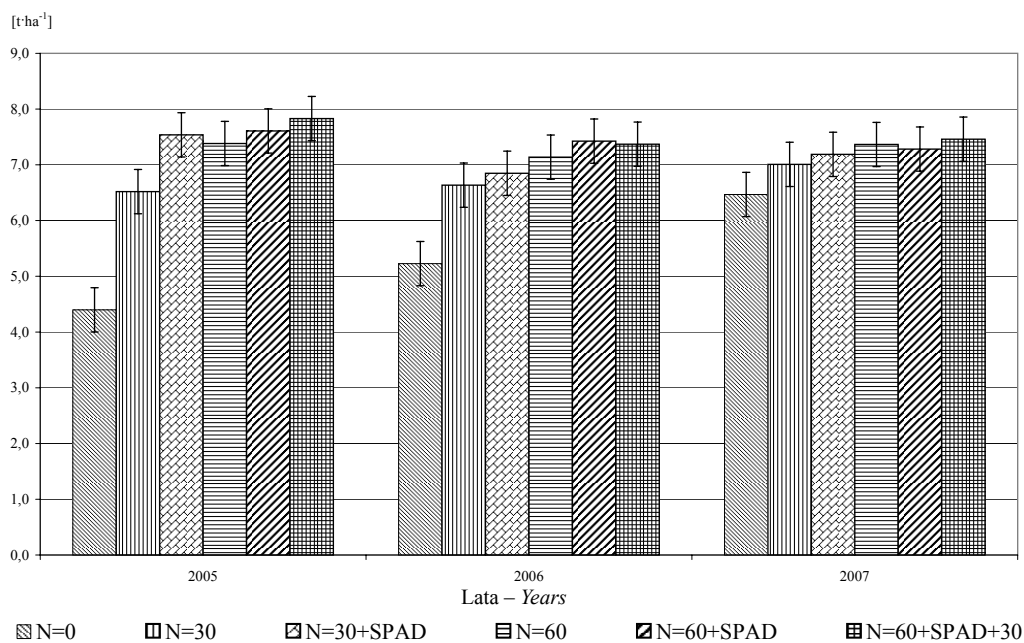
Tabela 3. Plon ziarna i słomy ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od sposobu uprawy oraz dawki azotu
 Table 3. Yield of grain and straw ($t \cdot ha^{-1}$) depending on tillage method and nitrogen dose

Nawożenie N <i>Fertilization N</i>	Ziarno – Grain			Słoma – Straw		
	sposób uprawy <i>tillage system</i>		średnio <i>mean</i>	sposób uprawy <i>tillage system</i>		średnio <i>mean</i>
	mulcz <i>mulch</i>	orka <i>plough</i>		mulcz <i>mulch</i>	orka <i>plough</i>	
B1 – N=0	5,22	5,51	5,36	6,34	6,03	6,19
B2 – N=30	6,60	6,85	6,72	7,81	8,67	8,24
B3 – N=30 + SPAD	7,01	7,37	7,19	7,84	8,16	8,00
B4 – N=60	7,13	7,47	7,30	8,50	8,00	8,26
B5 – N=60 + SPAD	7,28	7,59	7,44	8,23	8,35	8,29
B6 – N=60 + SPAD + 30	7,61	7,49	7,55	8,61	8,60	8,60
Średnio dla sposobu uprawy <i>Mean for tillage system</i>	6,81	7,05	–	7,89	7,97	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} uprawa – <i>tillage</i> nawożenie – <i>fertilization</i> interakcja – <i>interaction</i>		r.n. 0,46 r.n.			r.n. 1,16 r.n.	

mi 30 i 60 kg N·ha⁻¹ nie została potwierdzona statystycznie. Nawożenie pogłówne stosowane w oparciu o test SPAD zwiększało poziom plonowania w niewielkim stopniu. Zwyżki plonów dla dawek 30 i 60 kg N·ha⁻¹ wynosiły odpowiednio 0,47 i 0,14 t·ha⁻¹. Również trzecia dawka tzw. jakościowa nie spowodowała znaczącego przyrostu plonu ziarna w porównaniu z przedsięwzięciem 60 kg N·ha⁻¹, jak i w porównaniu do dawki 60+SPAD, a przyrost plonu wynosił odpowiednio 0,25 i 0,11 t·ha⁻¹ (tab. 3).

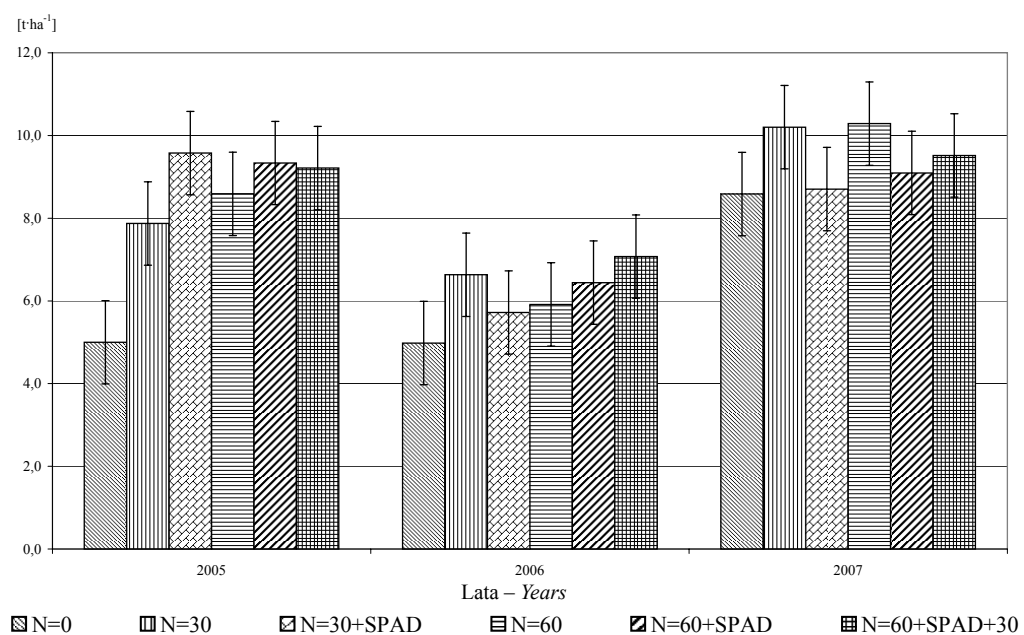
Przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach badań wpływał na reakcję badanej odmiany na dawki i sposoby stosowania azotu. W pierwszym i drugim roku badań dawki i sposoby stosowania azotu istotnie zwiększały poziom plonowania w porównaniu do obiektu kontrolnego natomiast w 2007 roku nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy kontrolą a obiektami nawożonymi. W 2005 roku przedsięwzięcie zastosowanie 60 kg N·ha⁻¹ zwiększyło poziom plonowania pszenicy w porównaniu do dawki niższej 30 kg N·ha⁻¹, a w latach następnych nie udowodniono różnic pomiędzy tymi obiektami (rys. 2).

Plon słomy w poszczególnych latach badań był znacznie zróżnicowany. Największe plony uzyskano w 2007 roku (9,40 t·ha⁻¹); były one istotnie większe w porównaniu do lat 2005 i 2006, w których wynosiły odpowiednio 8,26 i 6,13 t·ha⁻¹. Sposób uprawy roli nie miał znaczącego wpływu na wielkość tej cechy. Natomiast nawożenie azotem istotnie zwiększyło wydajność jednostkową słomy w porównaniu do kontroli. Dawki i sposoby aplikacji azotu (terminy stosowania) nie wpływały na ilość uzyskiwanej słomy z pszenicy jarej, która na obiektach nawożonych kształtowała się na zbliżonym poziomie. W znacznym stopniu plon słomy uzależniony był od współdziałającego wpływu przebiegu warunków pogodowych i dawki oraz sposobu nawożenia azotem (rys. 3).



Rys. 2. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od wielkości dawki i sposobu nawożenia azotem w latach 2005–2007

Fig.2. Spring wheat grain yield depending on dose and method of nitrogen fertilization in years 2005–2007

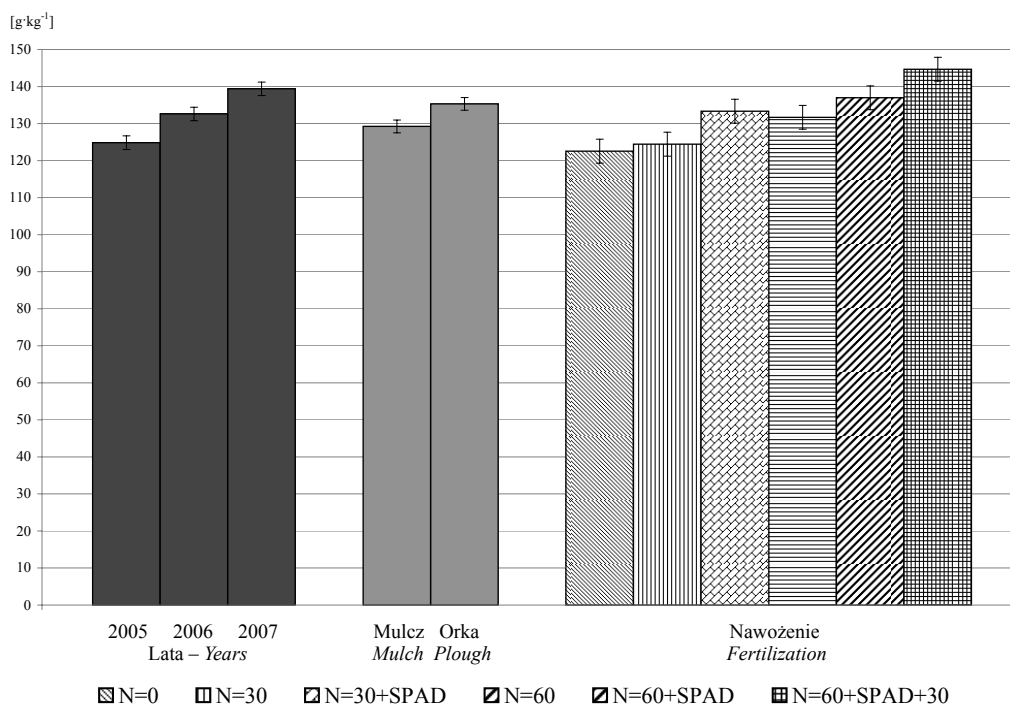


Rys. 3. Plon słomy pszenicy jarej w zależności od wielkości dawki i sposobu nawożenia azotem w latach 2005–2007

Fig.3. Spring wheat straw yield depending on dose and method of nitrogen fertilization in years 2005–2007

W 2005 roku nawożenie $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ istotnie zwiększało plon słomy w porównaniu do kontroli, a dalsze zwiększanie dawki nie powodowało istotnych wzrostów. Natomiast w 2006 roku istotną różnicę stwierdzono tylko pomiędzy kontrolą a obiektami nawożonymi trzema dawkami azotu; pozostałe obiekty nie różniły się pomiędzy sobą. W roku 2007 zastosowane nawożenie azotem nie wpłynęło na wielkość uzyskiwanych plonów słomy, które kształtowały się na zbliżonym poziomie.

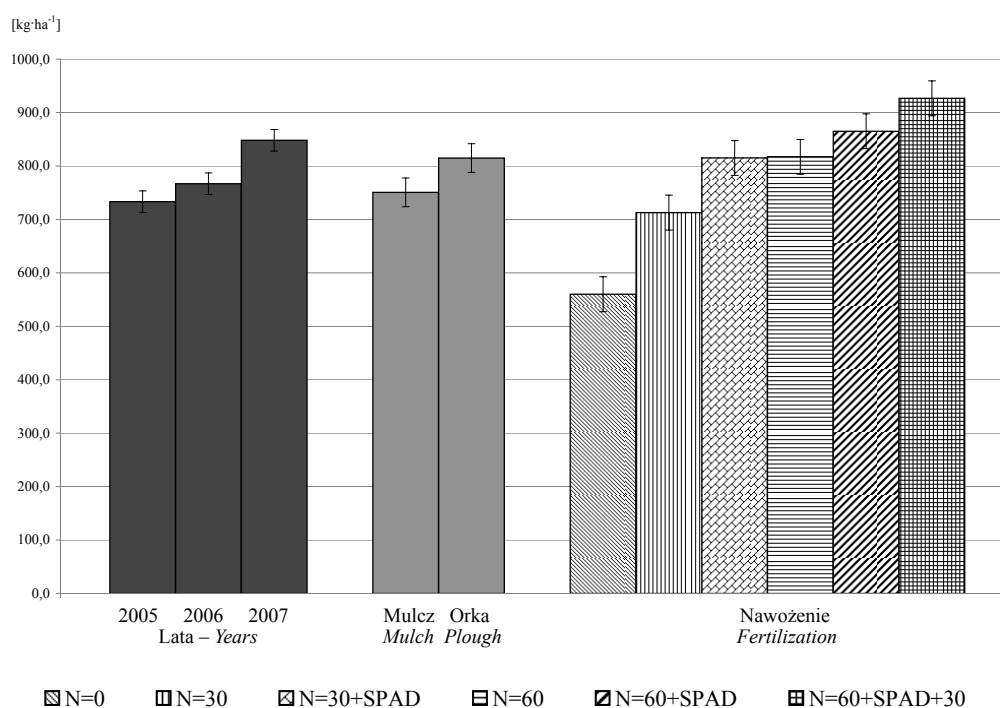
W poszczególnych latach badań (2005–2007) średnia zawartość białka w suchej masie ziarna była istotnie zróżnicowana i wynosiła, odpowiednio: 125, 133 i $139 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rys. 4). Spośród badanych czynników istotnie na wielkość tej cechy wpłynął zarówno sposób uprawy roli, jak i wielkość i sposób nawożenia azotem. Na obiektach z uproszczoną uprawą roli (A2) uzyskano mniejszą o $6,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawartość białka w ziarnie. Największą ilością białka charakteryzowało się ziarno zebrane z obiektów nawożonych najwyższą dawką azotu zastosowaną w 3 terminach (średnio $145 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Istotny przyrost zawartości białka w porównaniu do kontroli (bez nawożenia) następował dopiero po przedsięwzięciu zastosowaniu $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dawka mniejsza ($30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie powodowała istotnych zmian w zawartości białka w ziarnie w porównaniu do kontroli. Druga dawka wyliczona w oparciu o test SPAD powodowała przyrost zawartości białka w ziarnie z obiektów nawożonych przedsięwzięciem dawką w wysokości $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o $10,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a nawożonych przedsięwzięciem dawką $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o $14,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Trzecia tzw. jakościowa dawka zastosowana w fazie kłoszenia zwiększyła ilość białka w ziarnie pszenicy jarej o $7,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość białka w zależności od lat prowadzenia badań, sposobu uprawy roli oraz wielkości dawki i sposobu nawożenia azotem

Fig. 4. Protein content depending on years of research, tillage method, dose and method of nitrogen fertilization

Plon białka w zależności od badanych czynników i lat prowadzenia badań kształtował się w przedziale 443–1004 kg·ha⁻¹ i był uzależniony od przebiegu warunków pogodowych (lat prowadzenia badań). W poszczególnych latach (2005–2007) średni plon białka wynosił, odpowiednio: 733, 767 i 848 kg·ha⁻¹ (rys. 5). Do znacznie wyższego plonu białka uzyskanego w ostatnim roku badań przyczyniła się jego duża zawartość w ziarnie oraz wysokie plony ziarna. Uproszczona uprawa roli (A2) spowodowała zmniejszenie wydajności białka o 64 kg w stosunku do uprawy konwencjonalnej (A1). Zastosowane w doświadczeniu zróżnicowane dawki azotu i sposoby ich stosowania w istotny sposób modyfikowały plon białka z jednostki powierzchni. Największą jego wydajność uzyskano z obiektów nawożonych 3 dawkami; była ona większa w porównaniu do obiektu kontrolnego o 367 kg·ha⁻¹ co w ujęciu względnym daje plon wyższy o 65,4%. Istotny przyrost plonu białka następował już po przedsięwzięciu zastosowaniu najmniejszej dawki azotu. Kolejna w porównaniu do poprzedniej przedsięwzięcia dawka zwiększyła wydajność białka o 14,6% (104,3 kg·ha⁻¹). Zastosowanie nawożenia pogłównego w porównaniu do obiektów nawożonych przedsięwzięciem dawką w wysokości 30 kg N·ha⁻¹ zwiększyło plon białka o 102 kg·ha⁻¹ (o 14%), a w przypadku dawki przedsięwzięcia wynoszącej 60 kg N·ha⁻¹ o 48 kg·ha⁻¹ (o 6%).



Rys. 5. Plon białka w zależności od lat prowadzenia badań, sposobu uprawy roli oraz wielkości dawki i sposobu nawożenia azotem

Fig. 5. Protein yield depending on years of research, tillage method, dose and method of nitrogen fertilization

DYSKUSJA

Bardzo dobry przedplon jakim był bobik pozwolił na uzyskanie stosunkowo wysokiego plonu ziarna pszenicy jarej, który w trzyletnim cyklu badań wynosił średnio $6,93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Sposób uprawy nie wpłynął istotnie na poziom plonowania, który w obydwu przypadkach kształtował się na zbliżonym poziomie. Z badań krajowych nad wpływem biomasy roślin poplonowych pozostawionych jako mulcz pod zboża jare wynika, że przyoranie przed zimą biomasy z roślin krzyżowych i strączkowych wpływa korzystniej na plon zbóż jarych, niż inkorporacja mulczu z glebą bezpośrednio przed siewem [Duer 1996, Kuś i Jończyk 1999, Szafranski i Kulig 2001a]. W badaniach własnych inkorporacja mulczu do gleby bezpośrednio przed siewem spowodowała nieznaczny, rzędu 3,4% spadek poziomu plonowania pszenicy jarej, a reakcja badanej odmiany w dużym stopniu zależała od współdziałającego wpływu warunków środowiskowych w poszczególnych latach badań oraz sposobu uprawy. Do niższego o 8,2% poziomu plonowania w roku 2007 pszenicy uprawianej w systemie uproszczonym w porównaniu do uprawy płuźnej przyczyniły się bardzo małe opady i wysoka temperatura w kwietniu, które w połączeniu z zabiegami uprawowymi oraz wniesioną masą resztek poźniwnych i międzyplonu znacznie przesuszyły glebę wpływając tym samym na wschody i początkowy wzrost i rozwój roślin pszenicy. Również Francis i in. [1998] zanotowali redukcję plonu ziarna na skutek inkorporacji dużej ilości biomasy nadziemnej poplonów z roślin niemotylikowych, przed siewem pszenicy jarej, a Głab i Kulig [2008] dowiedli, że uprawa międzyplonu po bobiku pozwalała zmniejszyć redukcję plonu ziarna pszenicy jarej po stosowaniu uproszczeń w uprawie roli. Plon ziarna pszenicy jarej w uprawie konwencjonalnej (orka jesienią) kształtował się w przedziale $6,53\text{--}7,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a bezorkowej (glebogryzarka wiosną) $5,54\text{--}6,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie azotem jest jednym z ważniejszych czynników wpływających zarówno na poziom plonowania, jak i na parametry wartości technologicznej ziarna pszenicy. Dla wielkości uzyskanego plonu ziarna ważna jest zarówno dawka, jak i sposób aplikacji azotu [Podolska i Mazurek 1999, Podolska i in. 2007, Podolska 2008]. W badaniach Budzyńskiego i Szemplińskiego [1996], Fatygi i Chrzanowskiej-Drożdż [1988], Koszańskiego i in. [1995], Suwary i Gawrońskiej-Kuleszy [1994], Wojnowskiej i in. [1995] największy plon ziarna pszenicy jarej uzyskano w obiektach z wysokimi dawkami azotu, tj. $140\text{--}150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wyniki badań Gašiorowskiej i in. [2006] wskazują na podobną zależność, istotnego zwiększania plonu ziarna pod wpływem wzrastających dawek azotu. W przeprowadzonych badaniach przedsięwzięte nawożenie dawkami 30 i $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowało istotny przyrost plonu ziarna, średnio o $1,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $1,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie pogłównie stosowane w oparciu o test SPAD zwiększało poziom plonowania w niewielkim stopniu. Zwyżki plonów dla dawek 30 i $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ były nieistotne i wynosiły odpowiednio $0,47$ i $0,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Trzecia tzw. jakościowa dawka nie spowodowała znaczącego przyrostu plonu ziarna w porównaniu z przedsięwziętą dawką $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ jak i w porównaniu do dawki 60+SPAD a przyrost plonu wynosił odpowiednio $0,25$ i $0,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uzyskane wyniki z racji prowadzenia badań na bardzo dobrej glebie i po bardzo dobrym przedplonie świadczą o słabym wpływie stosowanych dawek oraz nawożenia pogłównego azotem na plon ziarna. Tylko w roku 2005 zastosowanie drugiej dawki ustalonej w oparciu o test SPAD istotnie zwiększyło poziom plonowania pszenicy w porównaniu do przedsięwziętej jednorazowej dawki $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Również w badaniach Borkowskiej i in. [2002] nie udowodniono wpływu wysokości nawożenia azotem na plon ziarna, a istotny przyrost plonu odnotowano tylko w jednym roku spośród trzech lat badań pomiędzy dawką 50 a $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Autorzy wskazują jednak na tendencję wzrostową po zastosowaniu $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu z dawkami 50 i $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Zawartość białka w ziarnie uwarunkowana jest przede wszystkim cechami genetycznymi, ale w znacznym stopniu zależy również od warunków glebowych i przebiegu pogody oraz

stosowanych zabiegów agrotechnicznych, w tym przede wszystkim od nawożenia azotem. W prezentowanych badaniach najwyższą ilość białka uzyskano stosując nawożenie w trzech terminach (60 kg – przed siewem + ustalona dawka w oparciu o test SPAD w fazie strzelania w źdźbło i 30 kg·ha⁻¹ – w fazie kłoszenia). Uzyskane wyniki są zatem zgodne z wynikami badań Bly i Woodarda [2003], Borkowskiej i in. [2002], Fatygi i in. [1994] oraz Podolskiej [2008], w których wykazano, że zawartość białka modyfikowana jest nie tylko dawką ale także sposobem aplikacji azotu. W wielu badaniach wykazano, że nawożenie azotem według techniki tzw. dawek podzielonych zwiększa zawartość białka w porównaniu z taką samą dawką azotu zaaplikowaną jednorazowo. Prezentowane wyniki wskazują na zróżnicowanie zawartości białka w latach badań, co świadczy o wpływie pogody i warunków siedliska na kształtowanie się ilości białka w ziarnie. Najwyższą jego ilość stwierdzono w roku 2007, który charakteryzował się największą średnią temperaturą powietrza w trzyleciu i umiarkowanymi opadami. Potwierdzają to również wyniki innych autorów [Borkowska i in. 2002, Daniel i in. 1998 a, 1998 b, Goodling i Smith 1998, Podolska i in. 2005, Podolska 2008, Stankowski i Rutkowska 2006], według których dla tworzenia się dużej ilości białek glutenowych najkorzystniejsza jest słoneczna pogoda z umiarkowanymi opadami i wysoką temperaturą. W omawianych badaniach sposób uprawy decydował o nagromadzeniu białka w ziarnie. Na obiektach z konwencjonalną uprawą roli uzyskano większą o 6,1 g·kg⁻¹ zawartość białka. Natomiast Szafranski i in. [2004] odnotowali niewielki wzrost zawartości białka w ziarnie pod wpływem międzyplonu ścierniskowego (rzodkiew oleista).

WNIOSKI

1. Zastosowanie glebogryzarki w porównaniu z uprawą płuźną nie wpłynęło istotnie na plon ziarna i słomy, zmniejszyło natomiast zawartość białka o 6,1 g·kg⁻¹, a plon białka o 7,8%.
2. Reakcja pszenicy jarej na uproszenia uprawowe zależała od przebiegu warunków pogodowych. Najgorszy efekt stosowania uprawy uproszczonej wystąpił w roku 2007, o szczególnie niesprzyjających warunkach w kwietniu.
3. Stosowane dawki i sposoby nawożenia azotem modyfikowały plon ziarna oraz zawartość i plon białka, a siła reakcji zależała od przebiegu pogody.
4. Nawożenie pogłównie w oparciu o test SPAD zwiększało zawartość białka w ziarnie tylko przy stosowaniu niskiej dawki przedsiewnej, a plon ziarna ulegał zwiększeniu w niewielkim stopniu.

PIŚMIENNICTWO

- Bly A.G., Woodard H.J. 2003. Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter wheat. *Agron. J.* 95: 335–338.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Annales UMCS, Sec. E* 57: 99–103.
- Budzyński W., Szempliński W. 1996. Rolnicza, jakościowa i energetyczna ocena różnych sposobów odchwaszczania i nawożenia azotem jarej pszenicy chlebowej. *Cz. II. Energochłonność uprawy. Roczn. Nauk Rol., Ser. A* 112(1–2): 93–101.
- Campbell C.A., Zentner R.P., Selles F., McConkey B.G., Dyck F.B. 1993. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: Yields and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 85: 107–114.

- Canell R.Q., Hawes J.D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Till. Res.* 30: 245–282.
- Cox D.J. 1991. Breeding for hard red winter wheat cultivars adapted to conventional-till and no-till systems in northern latitudes. *Euphytica* 58: 57–63.
- Daniel C., Triboi E., Le Blevenec L., Ollier J.L. 1998a. Effects of temperature and nitrogen nutrition on protein composition of winter wheat: effects of gliadin composition. *Proceed. 5th Congress ESA, Nitra, Slovak, 28 June–2 July 1998*, 1: 247–248.
- Daniel C., Triboi E., Le Blevenec L., Ollier J.L. 1998b. Effects of temperature and nitrogen nutrition on protein composition of winter wheat: effects of glutenin composition. *Proceed. 5th Congress ESA, Nitra, Slovak, 28 June–2 July 1998*, 1: 249–250.
- Dao T.H., Nguyen H.T. 1989. Growth response of cultivars to conservation tillage in a continuous wheat cropping system. *Agron. J.* 81: 923–929.
- Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. *Fragm. Agron.* 13(1): 29–43.
- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B. 1988. Doskonalenie uprawy pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 171, Rol. 48: 103–110.
- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 1994. Wysokość i jakość plonu pszenicy jarej pod wpływem różnych dawek azotu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 254, Rol. 62: 113–119.
- Francis G.S., Bartley K.M., Tabley F.T. 1998. The effect of winter cover crop management on nitrate leaching losses and crop growth. *J. Agric. Sci.* 131: 299–308.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., Nowosielska A., Rymuza K. 2006. Efektywność produkcyjna nawożenia azotem różnych odmian pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 142: 117–125.
- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Wojciechowski W., Spychaj R. 2008. Wpływ międzyplonu i nawożenia na wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 25(1): 134–144.
- Głąb T., Kulig B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil Till. Res.* 99: 169–178.
- Goodling M.J., Smith G.P. 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality. *Proceed. 5th Congress ESA, Nitra, Slovak, 28 June–2 July 1998*, 1: 229–230.
- Hauzn F.X., Mairl F.X., Fischbeck G. 1988. Stickstoff-Fixierung von Körnerleguminosen und deren Bedeutung für den N-Umsatz einer Fruchtfolge. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 1: 22–24.
- Justus M., Köpke U., 1990. Drei Strategien zur Reduzierung von Nitratverlusten beim Anbau von Ackerbohnen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 3: 187–190.
- Kordas L. 1997. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zachwaszczenie buraków cukrowych i pszenicy ozimej. *Bibl. Fragm. Agron.* 3: 85–89.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenicę i pszenżyto uprawiane na glebie kompleksu żytniego dobrego. Cz. I. Plonowanie roślin. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 165, Rol. 59: 35–41.
- Kuś J., Jończyk K. 1999. Wpływ międzyplonów i sposobu uprawy roli na plonowanie roślin i zawartość azotu mineralnego w glebie. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 114(3–4): 83–95.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron.* 22(2): 98–105.
- Liszewski M. 1997. Wpływ następczy dwóch form morfologicznych bobiku na plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 14(3): 55–62.
- Martinez J., Guiraud G. 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *J. Soil Sci.* 41: 5–16.
- Muñoz-Romero V., Benítez-Vega J., López-Bellido R.J., Fontán J.M., López-Bellido L. 2010. Effect of tillage system on the root growth of spring wheat. *Plant Soil* 326: 97–107.
- Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Wojciechowski W., Żmijewski M. 2008. Zdrowotność i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od międzyplonu i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 25(1): 251–260.
- Orzech K., Marks M., Nowicki J. 2004. Energetyczna ocena trzech sposobów uprawy roli na glebie średniej. *Annales UMCS, Sec. E* 59: 1275–1281.
- Podolska G. 2008. Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(1): 57–65.

- Podolska G., Krasowicz S., Sułek A. 2005. Ocena ekonomiczna i jakościowa technologii uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139: 175–188.
- Podolska G., Mazurek J. 1999. Budowa rośliny i łanu pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego terminu siewu i sposobu nawożenia azotem. Cz. II. Plonowanie, struktura plonu i budowa łanu. *Pam. Puł.* 118: 491–505.
- Podolska G., Stankowski S., Dworakowski T. 2007. Wpływ dawki nawożenia azotem na wielkość plonu i wartość technologiczną ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 24(2): 274–282.
- Richards I.R., Wallace P.A., Turner I.D.S. 1996. A comparison of six cover crop types in terms of nitrogen uptake and effect on response to nitrogen by a subsequent spring barley crop. *J. Agric. Sci.* 127: 441–449.
- Samborski S., Rozbicki J. 2004. Kalibracja chlorofilometru do oceny odżywienia zbóż azotem. *Post. Nauk Rol.* 5: 27–37.
- Stankowski S., Rutkowska A. 2006. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu nawożenia azotem. *Acta. Sci. Pol., Agricultura* 5(1): 53–61.
- Starzewski J., Czarnocki S., Turska E. 2004. Alternatywne sposoby uprawy roli i ich ekonomiczna ocena. *Annales UMCS, Sec. E* 59: 277–284.
- Suwara I., Gawrońska-Kulesza A. 1994. Wpływ przedplonów i nawożenia azotem na plony pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk ART Bydgoszcz* 187, Rol. 35: 113–119.
- Szafrąński W., Kulig B. 2001a. Plonowanie pszenicy jarej i zawartość azotu mineralnego w glebie w zależności od terminu zaorania biomasy międzyplonów oraz nawożenia azotem. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 373, Sesja Nauk. 76: 267–272.
- Szafrąński W., Kulig B. 2005. Plonowanie pszenicy jarej uprawianej po międzyplonie w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 22(1): 574–584.
- Szafrąński W., Kulig B., Zając T. 2004. Wpływ zawartości N-min. w profilu glebowym na plon i zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E* 59: 1203–1211.
- Weisz R., Bowman D.T. 1999. Influence of tillage system on soft red winter wheat cultivar selection. *J. Prod. Agric.* 12: 415–418.
- Wilczewski E., Skinder Z., Lemańczyk G. 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. III. Wpływ następczy dla pszenicy jarej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(1): 45–56.
- Wojciechowski W. 2009. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. *Wyd. UP Wrocław, Monogr.* 76: ss. 122.
- Wojnowska T., Panak H., Sienkiewicz S. 1995. Plonowanie roślin w zależności od poziomu nawożenia azotem w plodozmianie. *Acta Acad. Agric. Techn. Olst.* 496, *Agricultura* 61: 147–155.

B. KULIG, A. OLEKSY, T. ZAJĄC

THE IMPACT OF TILLAGE METHOD AND NITROGEN FERTILIZATION ON SPRING WHEAT YIELDING

Summary

Investigations to determine the impact of diversified methods of tillage, the level and the method of dividing nitrogen dose on the yield of grains and straw, as well as on the contents and yield of protein in Zebra cv. spring wheat, were conducted in 2005–2007 at the Experimental Station of the Crop Production Department in Prusy, on degraded chernozem formed from loess and classified to the first class quality soil and very good wheat complex. The experiment was set up using split-plot method in four replications. The plants were harvested from 11.4 m² plots. The objects of factor I were two tillage methods: A1- pre-winter ploughing which ploughed up the stubble crop (white mustard), whereas in spring the soil was prepared for sowing with the use of cultivator +string roller aggregate; A2 – stubble crop was left as mulch and in spring the harvest residue was incorporated with simultaneous preparing the soil for sowing using rototill-

er. The object of factor II were nitrogen fertilization levels: B1 – 0 kg N·ha⁻¹ (control), B2 – pre-sowing 30 kg N·ha⁻¹, B3 – pre-sowing 30 kg N·ha⁻¹ + top dressing with a nitrogen dose based on SPAD quotient (at shooting stage), B4 – pre-sowing 60 kg N·ha⁻¹, B5 – pre-sowing 60 kg N·ha⁻¹ + top dressing with nitrogen dose based on SPAD quotient (at shooting stage) and B6 – pre-sowing 60 kg N·ha⁻¹ + top dressing with nitrogen dose based on SPAD quotient (at shooting stage) + quality dose of 30 kg N·ha⁻¹ after flowering.

Nitrogen treatment modified grain yield within the range from 5.35 to 7.55 t·ha⁻¹. Pre-sowing fertilization with 30 and 60 kg N·ha⁻¹ doses increased the yielding level on average by 1.35 t·ha⁻¹ and 1.94 t·ha⁻¹. Top dressing applied on the basis of SPAD test increased yielding level only slightly. Rises of yields for 30 and 60 kg N·ha⁻¹ doses were respectively 0.47 and 0.14 t·ha⁻¹. The third, so called quality dose did not cause any significant increase in grain yields in comparison with the pre-sowing dose of 60 kg N·ha⁻¹ or in comparison with 60+SPAD dose, whereas the increases in yield were respectively 0.25 and 0.11 t·ha⁻¹. The method of tillage did not affect obtained yields of grain and straw but modified the content and yield of protein. Incorporation of the harvest residue and stubble crop in spring using the rototiller diminished protein concentrations in grain on average by 6.1 g·kg⁻¹ and protein yield by 7.8%. The applied doses and methods of nitrogen fertilization diversified protein content from 123 to 145 g·kg⁻¹.