

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza w Krakowie  
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland

Wiesław Szafrąński, Bogdan Kulig, Tadeusz Zajac

Wpływ zawartości N-min. w profilu glebowym na plon i zawartość  
białka w ziarnie pszenicy jarej

---

The effect of N-min. content in the soil profile on the yield and protein content in spring wheat grain

ABSTRACT. The field experiments were carried out in 2001–2003 on degraded chernozem developed from loess. These experiments studied the effects of stubble catch crop management on the accumulation of soil mineral N and N-NO<sub>3</sub> leaching during winter, and the content of N-min. on the yield and grain quality of cv. Torka or Histra. The soil for mineral nitrogen form determination was sampled from three layers at the following dates: 1<sup>st</sup> 10 days' period of November and March, 2<sup>nd</sup> 10 days' period of May and 3<sup>rd</sup> 10 days' period of June in the 0-90 cm soil profile depth. N-NO<sub>3</sub> and N-NH<sub>4</sub> content in the soil filtrate were determined using ionometric method on fresh or frozen samples. The grain yield of spring wheat and total protein content were higher after stubble catch crop (oleiferous radish). Catch crop residue management did not differ the grain yield and total protein of spring wheat. Nitrogen fertilization applied before sowing proved to have more favourable effects on the yield and total protein content of spring wheat. The content of nitrate-N depended on the sampling date and the depth of soil layer. The lowest content of N-NO<sub>3</sub> was noticed in the 60-90 cm layer in comparison with the arable layer soil. In early spring the soil collected from the deepest layer revealed high nitrate-N content. Oleiferous radish cultivated caused a significant decrease of nitrogen in the first half of November as compared to the site without catch crop. However, at the beginning of May and June, due to mineralisation of ploughed radish biomass, N-min. content was higher on the site after catch crop compared to bare fallow. Nitrogen release from catch crop plant residues incorporated with soil before winter was higher only at the beginning of spring than from residues left on the surface. The efficiency of spring nitrogen fertilization of wheat depended very much on the N-min. content in the soil to 0–60 cm depth. The optimum nitrogen quantity from soil and fertilizers was 207 kg N-min. (turning point of function) + 40 kg ha<sup>-1</sup> dose.

KEY WORDS: spring wheat, yield, total protein, soil mineral nitrogen

Podstawową metodą określenia dawki nawozów azotowych pod pszenicę jară jest funkcja produkcji [Fotyma 1999]. W ostatnich latach zwraca się również uwagę na dużą przydatność testu glebowego N-min. dla określenia potrzeb nawożenia uzupełniającego tym składnikiem. Wyniki oceny ilościowej N-min. w glebie znajdują zastosowanie w wiosennym nawożeniu zbóż jak również w kontroli stanu środowiska glebowego [Fotyma 1990; Francis i in. 1998]. Z różnicy między zawartością azotu mineralnego w jesieni i wczesną wiosną można wnioskować o przemieszczaniu się pewnej części N-NO<sub>3</sub> do głębszych warstw gleby [Guillard i in. 1995; Shepherd, Lord 1996].

Nadmierna ilość azotu mineralnego, w tym azotanowego, w glebie jesienią stwarza niebezpieczeństwo wymywania azotanów poza strefę korzeniową roślin. Można temu zapobiec poprzez siew międzyplonów ścierniskowych [Kuś, Jończyk 1999; Logsdon i in. 2002]. Zawartość azotanów w glebie po zakończeniu wegetacji roślin poplonowych może być mniejsza o około 30% niż w glebie bez poplonów [Duer 1996]. Rośliny te, zatrzymując azot w swoich organach, udostępniają go po mineralizacji dopiero w następnym sezonie wegetacji, w okresie największego pobierania przez rośliny zbożowe [Jensen 1992]. Z niektórych badań wynika, że przyoranie przed zimą biomasy poplonowej z roślin krzyżowych i strączkowych wpływa korzystniej na plon zbóż jarych niż inkorporacja mulczu z glebą bezpośrednio przed siewem [Hansen i in 2000; Szafrąński, Kulig 2001]. Zanotowano również redukcję plonu ziarna na skutek inkorporacji dużej ilości biomasy nadziemnej poplonów przed siewem pszenicy jarej. Z kolei uwalnianie azotanów z biomasy było wyraźnie mniejsze, kiedy inkorporacja masy roślinnej do gleby odbywała się wiosną [Soon i in. 2001].

Celem pracy było określenie plonowania pszenicy jarej uprawianej po międzyplonie ścierniskowym, zaoranym jesienią lub pozostawionym jako mulcz oraz wpływu przedsewnej dawki azotu i zawartości N-min. w glebie na plon i zawartość białka ogólnego.

#### METODY

Doświadczenie polowe wykonano w Prusach koło Krakowa w latach 2001–2003 na glebie kompleksu I. Zakres zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie w badanym okresie przedstawiono w tabeli 1. Pszenicę jară uprawiano w stanowisku po bobiku bez poplonu i z międzyplonem ścierniskowym, którym były rośliny rzodkwi oleistej. Nasiona odmiany Pegletta wysiewano 25–30 sierpnia w ilości 25 kg ha<sup>-1</sup>. Biomase poplonów zaorano jesienią (połowa doświadczenia), a resztki roślinne na pozostałych poletkach wymieszano z glebą za pomocą glebogryzarki przed siewem pszenicy.

W I dekadzie listopada pobrano próbki roślin poplonowych z powierzchni  $0,25 \text{ m}^2$  do oznaczenia zawartości suchej masy i azotu. Na wiosnę zastosowano przewidziane nawożenie fosforowo-potasowe w dawce  $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  i  $80 \text{ kg K}_2\text{O}$  oraz nawożenie azotowe  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ , które porównywano z kontrolą. Siew pszenicy jarej odmiany Torka lub Histra wykonano w I dekadzie kwietnia w ilości  $500 \text{ ziaren m}^{-2}$ . Plon podano przy wilgotności 14 %. Procentową zawartość azotu ogólnego w częściach nadziemnych roślin rzodkwi oleistej oraz zawartość białka ogólnego w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla.

Tabela 1. Niektóre chemiczne i fizyczne właściwości gleby (w latach 2001–2003)  
Table 1. Some chemical and physical properties of the soil (in the years 2001–2003)

Warstwa Layer cm	C $\text{g kg}^{-1}$	N $\text{g kg}^{-1}$	pH w KCl pH in KCl	P $\text{mg kg}^{-1}$	K $\text{mg kg}^{-1}$	Gęstość Bulk den- sity $\text{Mg m}^{-3}$
0-30	12,2-14,4	1,92-2,16	5,75-6,15	69,1-158,4	106-166	1,41-1,48
30-60	10,0-11,0	1,65-1,83	5,40-5,65	27,3 – 44,0	37,4-49,8	1,47-1,56
60-90	4,56-5,42	1,08-1,33	5,15-5,45	11,6 – 22,0	45,6-78,9	1,36-1,40

Próbki gleby do oznaczenia zawartości N-min. pobrano z trzech warstw w terminach: I dekada listopada i marca, II dekada maja i III dekada czerwca, za pomocą lasek o zmniejszającej się średnicy. Zawartość  $\text{N-NO}_3$  i  $\text{N-NH}_4$  w przesączu glebowym oznaczono metodą jonometryczną na próbkach świeżych lub po rozmrożeniu. Zawartość N-min. w glebie oznaczono jako sumę  $\text{N-NO}_3$  i  $\text{N-NH}_4$  w warstwie 0–90 cm. Doświadczenie polowe zakładano corocznie metodą split-plot-split-blok. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu analizy wariancji i regresji, przyjmując poziom istotności  $\alpha=0,05$ .

#### WYNIKI

Trzyletni okres badań cechował się przede wszystkim dużą zmiennością sumy opadów w miesiącach czerwiec–lipiec (tab. 2), a plon biomasy nadziemnej międzyplonu wahał się w zależności od warunków wilgotnościowych w okresie od trzeciej dekady sierpnia do trzeciej dekady września. Obecny stan wiedzy z zakresu uprawy międzyplonów na nawozy zielone preferuje wykorzystanie do tego celu gatunki roślin o szybkim tempie wzrostu i rozwoju, do których zaliczamy rzodkiew oleistą. Plony biomasy zmierzone w I dekadzie listopada kształtowały się na średnim poziomie w pierwszych dwóch latach badań, natomiast w roku 2002 duże opady w październiku skutkowały plonem na poziomie

4,5 t ha<sup>-1</sup> suchej masy (tab. 3). Zaoraną biomasę roślin rzodkwi oleistej charakteryzowała wyższą zawartość azotu ogólnego w drugim roku badań.

Tabela 2. Rozkład opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji badanych roślin

Table 2. The range of rainfall and air temperature during the vegetation season of plants

Rok Year	Miesiąc Months									
	I-II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IX-XII
Opady Rainfall, mm										
2000							41,3	35,0	8,8	80,7
2001	58,5	55,8	145,7	72,9	86,1	141,6	77,2	125,2	19,2	56,9
2002	43,2	15,4	85,2	49,3	102,1	42,9	62,7	50,7	95,8	43,0
2003	50,8	26,7	40,9	92,3	40,0	44,8	16,0			
Temperatura Temperature, °C										
2000							18,9	12,5	12,3	4,5
2001	-0,1	1,8	9,3	15,9	16,0	21,2	20,7	13,8	12,3	2,7
2002	1,7	6,9	10,4	18,4	18,7	21,3	21,6	14,5	9,1	2,9
2003	-2,6	3,9	9,0	16,8	19,9	21,0	21,4			

Tabela 3. Plon suchej masy i zawartość azotu w biomacie nadziemnej rzodkwi oleistej

Table 3. Yield dry matter and nitrogen content in aboveground biomass of oilseed radish

Plon (kg ha <sup>-1</sup> ) Yield (kg ha <sup>-1</sup> )				Zawartość N (% s.m.) N Content (% d.m.)			
rok year			średnio	rok year			średnio
2000	2001	2002	mean	2000	2001	2002	mean
3278	3788	4480	3849	2,48	3,08	2,35	2,64

Uprawa pszenicy jarej po międzyplonie ścierniskowym powodowała niewielki wzrost zebranego plonu (tab. 4). Wykorzystanie bowiem efektu nawozowego zaoranej biomasy międzyplonu jest uzależnione od warunków wilgotnościowych w okresie jesienno-zimowym. Wyższa temperatura i duże opady sprzyjają mineralizacji azotu i mogą być przyczyną wymywania azotanów z górnych warstw gleby [Soon i in. 2001]. Podobnie w badaniach Kusia i Jończyka [1999] oddziaływanie poplonu było skorelowane z jego masą, chociaż przyrost ziarna potwierdzony statystycznie wynosił tylko 3–5%. Pozostawienie międzyplonu na okres zimy jako substancji mulczującej i wykonanie uprawy za pomocą glebogryzarki pod pszenicę jarą tylko wiosną nie powodowało wzrostu plonu ziarna. W tym przypadku decydowały głównie warunki wilgotnościowe, które ulegały pogorszeniu na skutek intensywnej uprawy przedsewnej gleby. W badaniach z mulczowaniem powierzchni roli międzyplonem, przeprowadzonych przez Duer [1996], za przyczynę obniżki plonu ziarna podaje się fakt, że nierozłożona substancja organiczna utrudniała podsiąkanie wody, a tym samym

nierówne wschody, w porównaniu z przyoraną biomasa przed zimą. Nawożenie azotowe zastosowane przed siewem pszenicy spowodowało wzrost plonu ziarna o 19% i zawartości białka ogólnego o 2% w porównaniu z kontrolą. Zanotowano współdziałanie zastosowanej dawki azotu ze sposobem wprowadzenia biomasy, tj. jej mulczownie i wymieszanie z glebą na wiosnę. Międzyplon pozostawiał lepsze stanowisko dla nagromadzenia białka w ziarnie pszenicy niż uprawa bez poplonu, przy czym sposób postępowania z biomasa nie wpływał na wzrost zawartości tego składnika.

Tabela 4. Plon ziarna pszenicy i zawartość białka w zależności od badanych czynników

Table 4. Spring wheat yields and protein content depending on the studied factors

Międzyplon ścierniskowy Stubble catch crop	Obiekt Treatment	Postępowanie z biomasa* Residue management*		Średnio Mean
		B1	B2	
Plon ziarna Grain yield, t ha <sup>-1</sup>				
Rzodkiew oleista Oleiferous radish	N1	4,98	4,40	5,24
	N2	5,48	5,78	
Bez międzyplonu Without catch crop	N1	4,70	4,46	5,08
	N2	5,52	5,66	
Średnio Mean	N1	4,83	4,60	4,71
	N2	5,50	5,72	5,61
NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>		0,219		0,144
Zawartość białka ogólnego Content of total protein, %				
Rzodkiew oleista Oleiferous radish	N1	12,91	12,75	13,86
	N2	14,98	14,81	
Bez międzyplonu Without catch crop	N1	12,81	12,70	13,67
	N2	14,34	14,85	
Średnio Mean	N1	12,86	12,72	12,78
	N2	14,66	14,83	14,75
NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>		ni ns		0,254

B1 biomasa zaorana jesienią Biomass ploughed-in before winter

B2 biomasa inkorporowana na wiosnę Biomass incorporated in spring

N1 bez nawożenia azotem Without nitrogen fertilization

N2 nawożenie przedsiewne 40 kgN ha<sup>-1</sup> Fertilization before sowing 40 kgN ha<sup>-1</sup>

Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym do głębokości 90 cm była bardzo zróżnicowana w okresie późna jesień–wczesna wiosna. Większe różnice dotyczyły formy azotanowej, której zawartość ze względu na niebezpieczeństwo wmywania jest szczególnie istotna (tab. 5). Zaniechanie uprawy międzyplonu powodowało zwiększoną zasobność gleby w tę formę azotu w listopadzie aż o 69% w porównaniu ze stanowiskiem po rzodkwi oleistej, z kolei na początku marca wyższą zawartością N-NO<sub>3</sub> cechowała się gleba pobrana z poletek po

międzyplonie. Interesujący jest także rozkład zawartości azotu azotanowego w trzech warstwach w zależności od terminu pobierania prób, który świadczy o możliwości przemieszczania się tego składnika w głąb profilu glebowego. Podobnie w badaniach przeprowadzonych w północno-wschodnich rejonach USA stwierdza się duże wahania w zawartości azotu azotanowego w okresie jesień–wiosna w zależności od lat oraz zmianowania (systemu uprawy) [Guillard i in. 1995]. Problematyka ograniczenia strat azotu mineralnego z gleby, w tym również poprzez uprawę międzyplonów ścierniskowych, znajduje swój praktyczny wyraz w kodeksie dobrych praktyk rolniczych [Tebrugge 1993].

Ze względów praktycznych duże znaczenie ma zależność pomiędzy zawartością N-min. w warstwie gleby 0–90 cm a okresem intensywnego pobierania tego składnika przez rośliny pszenicy jarej. W drugiej dekadzie maja i trzeciej dekadzie czerwca zawartość azotu mineralnego w glebie była istotnie niższa niż

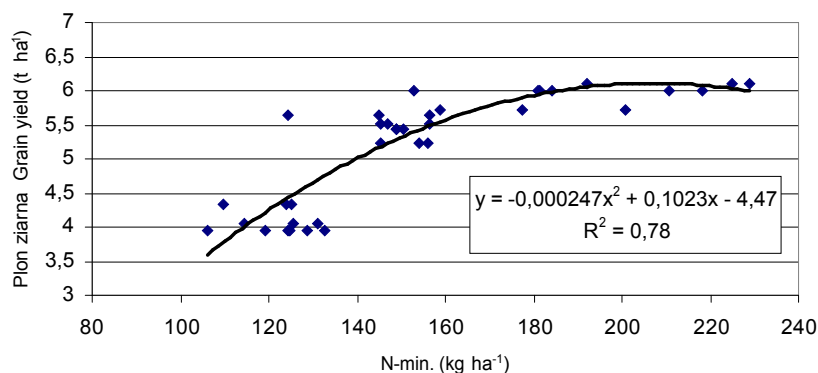
Tabela 5. Zawartość N-NO<sub>3</sub> (mg kg<sup>-1</sup> s.m.) w trzech warstwach gleby  
Table 5. Content of nitrate-N (mg kg<sup>-1</sup> d.m.) in three soil layers

Termin pobrania Sampling date (decade – month)	Warstwa Layer cm	Międzyplon Catch crop	Bez międzyplonu Without catch crop	Średnio Mean
I. Listopad I. November	0–30 30–60 60–90	4,02 3,81 4,12	6,58 7,73 5,89	5,30 5,77 5,00
Średnio Mean		3,98	6,74	5,36
I. Marzec I. March	0–30 30–60 60–90	9,66 8,40 7,69	7,59 8,13 7,75	8,63 8,27 7,72
Średnio Mean		8,58	7,83	8,20
Średnio Mean		6,28	7,28	

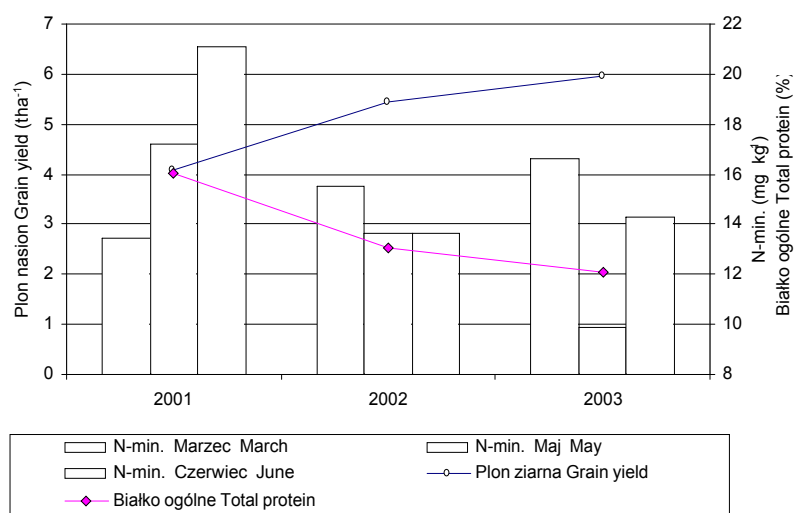
NIR <sub>(0,05)</sub>	termin date	0,813
LSD <sub>(0,05)</sub>	poplon catch crop	0,811
	termin × poplon date × catch crop	1,145

Tabela 6. Zawartość N-min. (mg kg<sup>-1</sup> s.m.) w profilu glebowym do głębokości 90 cm  
Table 6. Content of N-min. (mg kg<sup>-1</sup> d.m.) in the soil profile 0–90 cm

Postępowanie z biomasa Residue management	Termin pobrania (dekada – miesiąc) Sampling date (10 days' period – month)			Średnio Mean
	I.03	II.05	III.06	
Zaorana jesienią Ploughed-in before winter	17,45	13,67	12,60	14,83
Inkorporowana na wiosnę Incorporated in spring	17,06	14,50	13,13	15,26
Średnio Mean	17,25	14,08	12,86	ni ns
NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>	0,818			



Rycina 1. Zależność plonu ziarna od ilości N-min. w warstwie gleby 0–60 cm na początku marca  
Figure 1. Relationship between grain yield and the N-min. amount in 0–60 cm soil layer at the beginning of March



Rycina 2. Wpływ zawartości N-min. w latach 2001–2003 na plon i zawartość białka w ziarnie  
Figure 2. The influence of N-min. content in the years 2001–2003 on the yield and total protein content

wczesną wiosną (tab. 6). Zakładano, że inkorporacja resztek roślinnych z glebą na wiosnę i stopniowe uwalnianie azotu w czasie ich mineralizacji będzie pokrywać się z okresem wzrastającego zapotrzebowania roślin na ten składnik pokarmowy. Na podstawie zebranych danych stwierdzono niewielki wzrost zawartości N-min. w glebie do głębokości 90 cm w stanowisku po międzyplonie mulczowanym w porównaniu z zaorany jesienią.

Wielkość zebranego plonu ziarna pszenicy jarej w zależności od zawartości N-min. w profilu glebowym w pierwszej dekadzie marca przedstawiono na rycinie 1. Zasobność gleby w granicach 105–207 kg ha<sup>-1</sup> powodowała krzywoliniowy przyrost plonu ziarna do poziomu 6,11 t ha<sup>-1</sup>. Przedstawione równanie funkcji wyjaśniło 78% zmienności plonu ( $r = 0,88$ ). Zawartość N-min. powyżej 207 kg ha<sup>-1</sup> w warstwie 0–60 cm nie powodowała dalszego przyrostu plonu ziarna. Fotyma [1990] maksymalne plony jęczmienia jarego uzyskała wówczas, gdy ilość azotu warstwie 0–60 cm wczesną wiosną wynosiła 250 kg ha<sup>-1</sup> (170 kg azotu glebowego + 80 kg azotu z nawozów). W naszych badaniach zawartość ta wynosiła 247 kg ha<sup>-1</sup> – 207 + 40 kg azotu z nawozów zastosowanych przed siewem. Zawartość N-min. w glebie na początku marca należy wiązać z ilością opadów i średnią temperaturą w okresie jesienno-zimowym w latach badań (ryc. 2). Natomiast wyższą zawartość białka ogólnego w ziarnie zanotowano wtedy, gdy azotu mineralnego w glebie było najwięcej w okresie maj–czerwiec.

#### WNIOSKI

1. Uprawa pszenicy jarej w stanowisku po międzyplonie, którym była rzodkiew oleista, powodowała niewielki wzrost zebranego plonu ziarna i zawartości białka ogólnego. Z kolei sposób postępowania z biomasą (orka przedzimowa lub mulcz) nie różnicował plonu ziarna i zawartości białka, natomiast nawożenie azotowe zastosowane przed siewem powodowało wzrost wartości tych parametrów.

2. Zawartość azotu mineralnego w glebie wahała się znacznie w czlonie zmianowania bobik–pszenica jara z uwzględnieniem międzyplonu, a wpływ uprawy rzodkwi oleistej na poziom tego składnika był szczególnie widoczny w okresie późna jesień–wczesna wiosna.

3. Na początku marca zawartość N-min. do 207 kg ha<sup>-1</sup> w warstwie gleby do głębokości 60 cm powodowała wzrost plonu ziarna pszenicy. W kolejnych miesiącach (okres intensywnego wzrostu i rozwoju roślin) poziom zasobności gleby w N-min. miał również wpływ na zawartość białka ogólnego w ziarnie.

#### PIŚMIENNICTWO

- Duer I. 1996. Mulching effect of catch crop on barley yield, soil water and nitrogen storage. *Fragm. Agron.* 1, 29–43. (in Polish)
- Fotyma E. 1990. The usability of N-min.-method in Poland. *Fragm. Agron.* 1, 5–22. (in Polish)
- Fotyma E. 1999. Nitrogen uptake and utilisation by winter and spring wheat. *Pam. Puł.* 118, 143–152. (in Polish)



- Francis G.S., Bartley K.M., Tabley F.T. 1998. The effect of winter covers crop management on nitrate leaching losses and crop growth. *J. Agric. Sci.* 131, 299–308.
- Guillard K., Griffin G.F., Allinson D.W., Yamartino W.R., Rafey M.M., Pietrzyk S.W. 1995. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U.S. northeast: II. Soil profile nitrate distribution and accumulation. *Agron. J.* 87, 199–207.
- Hansen E.M., Kristensen K., Djurhuus J. 2000. Yield parameters as affected by introduction or discontinuation of catch crop use. *Agron. J.* 92, 909–914.
- Jensen E.S. 1992. The release and fate of nitrogen from catch-crop materials decomposing under field conditions. *J. Soil Sci.* 43, 335–345.
- Kuś J., Jończyk K. 1999. The effect of intercrops and the method of its cultivation on crop yielding and content of mineral nitrogen in soil. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 114, 3/4, 83–95. (in Polish)
- Logsdon S. D., Kaspar T.C, Meek D.W., Prueger J.H. 2002. Nitrate leaching as influenced by cover crops in large soil monoliths. *Agron. J.* 94, 807–814.
- Shepherd M.A., Lord E.I. 1996. Nitrate leaching from a sandy soil: the effect of previous crop and post-harvest soil management in an arable rotation. *J. Agric. Sci.* 127, 215–229.
- Soon Y.K., Clayton G.W., Rice W.A. 2001. Tillage and previous crop effects on dynamics of nitrogen in a wheat-soil system. *Agron. J.* 93, 842–849.
- Szafranski W., Kulig B. 2001. Spring wheat yielding and content of soil mineral N depending on the timing of ploughing-in catch crop biomass, and nitrogen fertilization. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Nauk.* 76, 267–272. (in Polish)
- Tebrugge F. 1993. Soil management – the environmental implication of tillage systems. Report of scientific basis for codes of good agricultural practice. Commission of the European Communities, Bruksela, 101–114.

