

*Krzysztof Jończyk, Jan Kuś, Jarosław Stalenga
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
- Państwowy Instytut Badawczy w Puławach*

PRODUKCYJNE I ŚRODOWISKOWE SKUTKI RÓŻNYCH SYSTEMÓW GOSPODAROWANIA

Streszczenie

Omówiono wyniki badań uzyskanych w latach 1997-2006 w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach. Badania prowadzono w obiekcie doświadczalnym umożliwiającym w jednakowych warunkach siedliskowych porównywanie różnych systemów gospodarowania. Poddano analizie produktywność roślin oraz całych zmianowań w systemach: ekologicznym, konwencjonalnym intensywnym, integrowanym i monokulturze. Ocenę oddziaływań środowiskowych wykonano na podstawie analizy: zasobności gleby w składniki pokarmowe, bilansu azotu, zawartości azotu mineralnego w glebie i przesączach glebowych. Celem pracy była ocena skutków produkcyjnych i środowiskowych systemów gospodarowania różniących się poziomem intensywności organizacji i stosowanych technologii. Największą wydajność zmianowania stwierdzono w systemie integrowanym 61 j.zb., odpowiednio mniejszą w systemach: ekologicznym 60 j.zb., konwencjonalnym 57 j.zb. i monokulturze 47 j.zb. System ekologiczny, w porównaniu z pozostałymi sposobami gospodarowania, charakteryzował się najkorzystniejszymi wskaźnikami oceny środowiskowej: saldem bilansu N, koncentracją azotu mineralnego w glebie i przesączach glebowych, wymywaniem azotu.

Słowa kluczowe: systemy gospodarowania, produktywność, ochrona środowiska

Wstęp

W ostatnim okresie w rolnictwie europejskim następują szybkie zmiany ekonomiczno-organizacyjne, na które wpływ mają nadprodukcja artykułów żywnościowych oraz coraz powszechniej dostrzegane ujemne oddziaływania rolnictwa na środowisko przyrodnicze, których skutki mogą mieć charakter długotrwały i dotyczących większych obszarów. W konsekwencji w ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się zagadnieniom oddziaływań środowiskowych różnych systemów rolniczych [Jończyk 2005; Jończyk, Stalenga 2006].

Powszechnie uważa się, że rolnictwo konwencjonalne, preferujące specjalistyczne gospodarstwa stosujące intensywne technologie produkcji, w któ-

rych zużywa się duże ilości przemysłowych środków produkcji, powoduje degradację środowiska przyrodniczego. Jako inne, przyjazne dla środowiska sposoby gospodarowania, proponuje się systemy integrowany i ekologiczny [Helander 1997].

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się gospodarce azotem w kontekście zagrożeń związanych z jego rozproszeniem w środowisku.

Celem pracy była ocena skutków produkcyjnych i środowiskowych 3 systemów gospodarowania - konwencjonalnego, integrowanego i ekologicznego.

Metodyka badań

Badania prowadzono w latach 1997-2006, wykorzystując obiekt doświadczalny założony w 1994 r. w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (woj. lubelskie). Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego przechodzącego w lekką glinę, należącej do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Na powierzchni około 16 ha porównuje się w jednakowych warunkach wszystkie trzy systemy gospodarowania. Doświadczenie prowadzone jest w jednym powtórzeniu, polami wszystkich roślin równocześnie, a powierzchnia każdego pola wynosi ok. 1 ha.

System ekologiczny – 5-polowy płodozmian (ziemniak nawożony kompostem - jęczmień jary + wsiewka - koniczyna czerwona z trawą użytkowana 2 lata - pszenica ozima + poplon) oraz środki produkcji dopuszczone przy ekologicznym gospodarowaniu.

System integrowany – 4-polowe zmianowanie: ziemniak nawożony kompostem – jęczmień j.+ poplon – bobik – pszenica oz.+ poplon. W systemie tym stosuje się zrównoważone nawożenie – fosfor i potas na podstawie pobrania z plonem, a azot na podstawie testów glebowych i roślinnych, natomiast środki ochrony roślin z wykorzystaniem progów szkodliwości agrofagów.

System konwencjonalny I - 3-polowe zmianowanie (rzepak - pszenica ozima - jęczmień jary). Intensywne technologie produkcji, nawożenie organiczne ograniczone do przyorywania słomy rzepaku i pszenicy.

System konwencjonalny II - monokultura pszenicy ozimej – intensywna technologia produkcji, nawożenie słomą co trzeci rok.

Pełniejszą charakterystykę obiektu doświadczalnego podano we wcześniejszych opracowaniach [Kuś 1999; Martyniuk, Gajda, Kuś 2001; Kuś 2005]. Produkcyjność systemów oceniono na podstawie plonów pszenicy ozimej i wydajności całych zmianowań w jednostkach zbożowych. Ocenę oddziaływań środowiskowych oparto na: zasobności gleby, bilansie azotu, zawarto-

ści azotu mineralnego w glebie i przesączach glebowych oraz symulacji wymycia azotu na podstawie modelu NDICEA [Burgt 2003].

Azot mineralny w glebie oznaczano w wyciągu 1% K₂SO₄ metodą kolorymetrii przepływowej. Próby pobierano z warstw gleby: 0-30 cm, 30-60 cm i 60-90 cm z każdego pola 2.krotnie w roku: późną jesienią po zakończeniu wegetacji i wczesną wiosną przed jej ruszeniem. Na podstawie różnicy pomiędzy oznaczeniami wykonanymi jesienią i wiosną szacowano straty azotu z gleby w okresie jesienno-zimowym. Zawartość azotu mineralnego w przesączach glebowych (N-NO₃ i N-NH₄) oznaczano metodą spektrofotometrii przepływowej w próbach pobieranych w odstępach 2.tygodniowych z sączków ceramicznych umieszczonych w glebie na głębokości 1 m.

Bilans azotu sporządzono metodą OECD na poziomie pola, uściślając jego elementy o rzeczywiste dane dotyczące ilości azotu w nawozach mineralnych i organicznych (kompost) oraz związanego biologicznie. Dodatkowo wykorzystując model NDICEA [Burgt 2003] oszacowano wymywanie azotu w porównywanych systemach.

Wyniki

Największy plon pszenicy ozimej, średnio za 10 lat, uzyskano w systemie integrowanym – 6,5 t/ha (tab. 1). W systemie konwencjonalnym plon był mniejszy, średnio o 6%, przy czym w dwóch latach obiekt ten był istotnie lepszy od integrowanego, zaś w czterech latach gorszy. W monokulturze średni plon pszenicy za okres 10 lat był aż o 30% mniejszy niż w systemie integrowanym i tylko w latach 1997 i 2003 różnice pomiędzy tymi obiektami mieściły się w granicach błędu eksperymentalnego. W liczbach względnych obniżki te wahały się od około 10% w roku bardzo korzystnym dla dobrego plonowania zbóż (2004) do ponad 50% w roku bardzo niekorzystnym dla zbóż (2006). W systemie ekologicznym plon pszenicy był średnio o 34% mniejszy niż w integrowanym. W większości lat obniżka ta oscylowała pomiędzy 20-30%, a jedynie w 2004 r. o rekordowych plonach dochodziła do 50%.

Monokultura wyróżniała się nie tylko małymi plonami, ale także największą ich zmiennością (36%) w latach, podczas gdy na pozostałych obiektach wartości tego wskaźnika mieściły się w przedziale 20-24% (tab.1).

Niższe plony pszenicy w systemie ekologicznym i monokulturze były spowodowane mniejszą obsadą kłosów o 100-130 szt./m² oraz niższą o 3,5-4,0 g masą 1000 ziaren (tab.1). W uprawie ekologicznej gorsza wartość łanu wynikała z niedoboru azotu i w następstwie tego słabego rozkrzewienia pszenicy, zaś słabe wypełnienie ziarna było spowodowane większym nasileniem chorób grzybowych na liściach i kłosie - rdzy i septoriozy. W monokulturze natomiast istotnym czynnikiem limitującym plonowanie pszenicy było duże nasilenie chorób podstawy źdźbła [Jończyk, Solarska 2004].

Tabela 1. Plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji
 Table 1. Yielding of winter wheat in different crop production systems

Lata	Systemy produkcji				Średnio
	Ekologiczny	Konwencjonalny	Integrowany	Monokultura	
1997	3,51 a	5,70 c	5,27 b	5,00 b	4,87
1998	4,88 a	6,73 b	7,01 b	5,37 a	6,00
1999	3,78 a	5,78 b	5,25 b	3,86 a	4,67
2000	3,82 a	5,75 c	7,27 d	5,02 b	5,47
2001	5,68 a	6,46 b	6,37 b	5,15 a	5,92
2002	5,57 a	7,14 c	7,36 c	3,79 b	5,97
2003	3,55 a	4,97 b	3,99 a	3,49 a	4,00
2004	4,45 a	7,65 b	8,68 c	7,53 b	7,08
2005	3,51 a	7,04 c	7,98 d	5,23 b	5,94
2006	3,09 b	3,18 b	4,51 c	2,14 a	3,23
Średnio					
Plon (t/ha)	4,26	6,08	6,49	4,56	5,35
Obsada kłosów (szt/m ²)	435	543	565	478	
MTZ (g)	41,0	44,9	44,6	40,8	
Wsp. zmienności (%)	24	22	20	36	

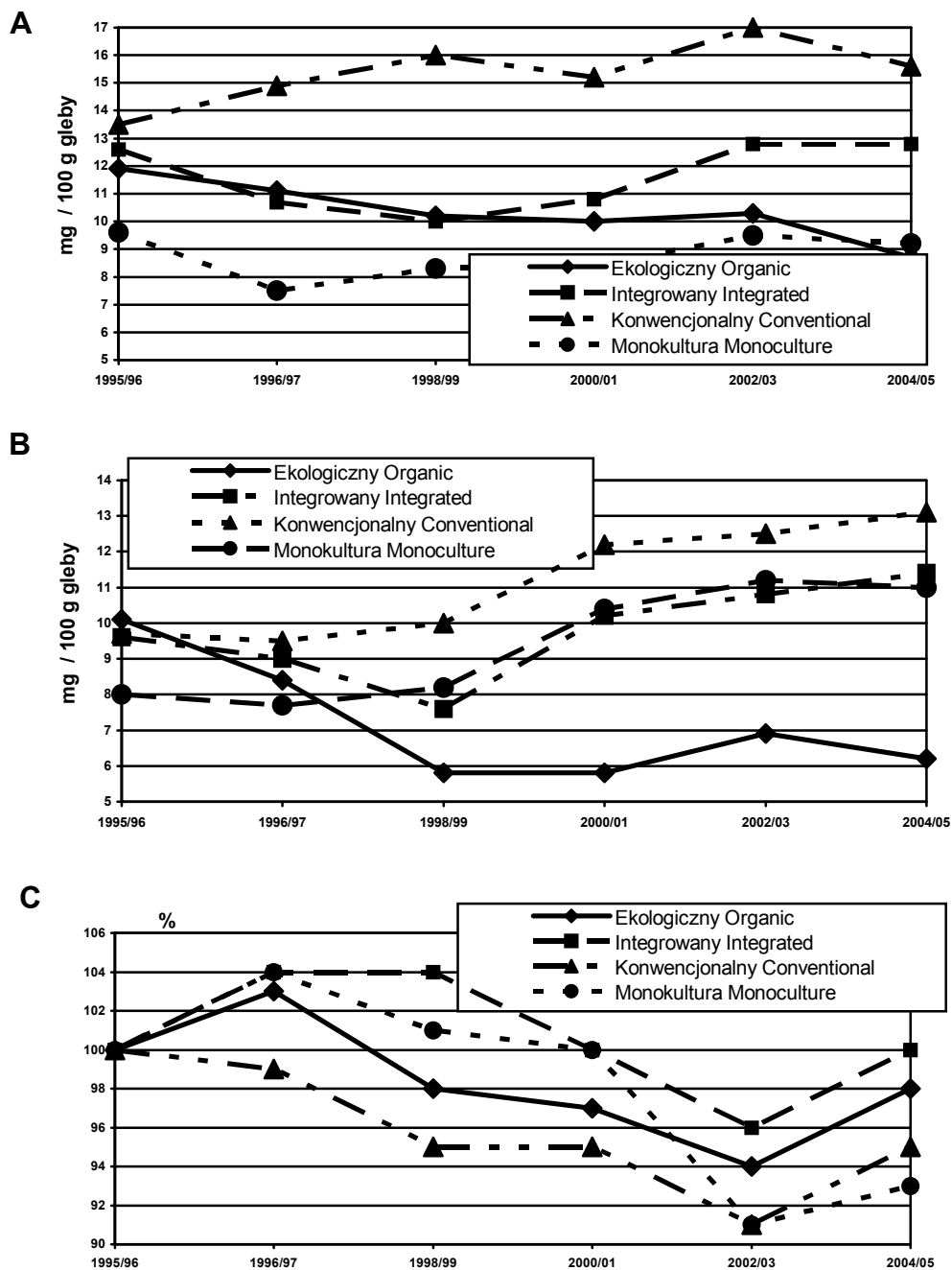
* pszenica j.

Zbliżoną wydajność około sześćdziesięciu jednostek zbożowych na ha, średnio za 10 lat, uzyskano w wielostronnym 5-polowym zmianowaniu w systemie ekologicznym oraz w zmianowaniu typu norfolskiego w systemie integrowanym (tab. 2). W systemie konwencjonalnym, pomimo dużych plonów roślin towarowych, średnio za 10 lat, wydajność była o ok. 5% mniejsza niż w systemie ekologicznym.

W I rotacji (1997–2001) w warunkach sprzyjających dobremu plonowaniu roślin pastewnych wyraźną przewagę miał system ekologiczny, natomiast w II rotacji (2002–2006) wystąpiło kilka lat z niedoborami opadów, co obniżyło plony roślin pastewnych i wówczas nieco większą wydajność uzyskano w systemie konwencjonalnym. Zdecydowanie najmniejszą wydajność ocenianą tym wskaźnikiem charakteryzowała się monokultura pszenicy ozimej.

W dotychczasowym okresie badań nie odnotowano wyraźnego wpływu porównywanych sposobów gospodarowania na chemiczne właściwości ornej warstwy gleby (rys. 1). Wyjątkiem stanowi wyraźny spadek zasobność gleby w potas w systemie ekologicznym w następstwie wynoszenia dużych ilości tego składnika z wysokimi plonami mieszanki koniczyny z trawami (tab. 2). Od 1999 r. rozpoczęto nawozić glebę tym składnikiem w dawce 50–60 kg/ha K₂O w nawozami odpuszczonymi do stosowania w rolnictwie ekologicznym, a dodatkowo wskutek niedoboru opadów plony roślin pastewnych były mniejsze (tab. 2), co w sumie zahamowało proces ubożenia gleby w potas. Zasobność gleby w fosfor wzrosła w systemie konwencjonalnym, natomiast

na pozostałych obiektach utrzymuje się na stabilnym poziomie. W przypadku węgla organicznego odnotowuje się tendencję spadku jego zawartości w glebie systemu konwencjonalnego i w monokulturze.



Rys. 1. Zmiany zasobności gleb w fosfor (A), potas (B) i próchnicę (C)
 Fig. 1. Dynamics of soil abundance in phosphorus (A), potassium (B) and humus (C)

Tabela 2. Wydajność poszczególnych upraw i zmianowań w jednostkach zbożowych
Table 2. Productivity of particular crops and crop rotations expressed in cereal units

System produkcji	Zmianowanie	1997-2001	2002-2006	Średnia ogólna
Ekologiczny	ziemniak	64	60	62
	jęczmień j.	38	42	40
	koniczyna z tr. – I rok	126	72	99
	koniczyna z tr. – II rok	71	42	57
	pszenica oz.	43	41	42
	średnio	68	51	60
Integrowany	ziemniak	102	80	91
	jęczmień j.	48	44	46
	bobik	56	33	45
	pszenica oz.	63	65	64
	średnio	67	56	61
Konwencjonalny	rzepak oz.	69	66	68
	pszenica oz.	61	60	61
	jęczmień j.	47	37	42
	średnio	59	54	57
Monokultura	pszenica oz.	49	44	47

Jesienią najmniejszą zawartość azotu mineralnego (N-NO₃ + N-NH₄) w warstwie gleby 0-90 cm stwierdzono w systemie ekologicznym, gdzie średnia wartość za 3 lata dla 5-polowego płodozmianu wynosiła 85 kg/ha (tab. 3). Na obiektach systemu konwencjonalnego i integrowanego w tym okresie stwierdzono o 20-30 kg/ha więcej azotu mineralnego, natomiast bardzo dużo azotu mineralnego (203 kg/ha) stwierdzono w glebie pod monokulturą pszenicy ozimej.

Tabela 3. Bilans azotu w różnych systemach produkcji
Table 3. Nitrogen balance in different crop production systems

System produkcji	Lata	Przychód	Wyniesienie	Saldo bilansu
Ekologiczny	2003	89	75	14
	2004	105	103	2
	2005	92	76	16
	średnio	95	85	11
Konwencjonalny	2003	161	90	71
	2004	170	150	20
	2005	171	116	55
	średnio	167	119	49
Integrowany	2003	142	94	48
	2004	158	139	19
	2005	142	102	41
	średnio	147	112	36
Monokultura	2003	204	94	110
	2004	183	156	27
	2005	189	114	75
	średnio	192	121	71

Porównanie ilości azotu mineralnego w glebie jesienią i wiosną pozwala ocenić zagrożenie jego wymywaniem. Uzyskane wyniki wskazują, że zagrożenie to było szczególnie duże w monokulturze, gdzie straty w okresie jesienno-zimowym sięgały 83 kg N_{min} /ha (tab. 3). W pozostałych obiektach różnica ta wahała się do 12 w systemie ekologicznym do 31 kg N_{min} /ha w systemie konwencjonalnym.

Saldo bilansu azotu w systemie ekologicznym kształtowało się na poziomie 2-16 kg N/ha (tab. 4), co wskazuje na brak potencjalnych zagrożeń związanych z jego stratami i rozproszeniem w środowisku. W systemie integrowanym zagrożenie to było również małe, gdyż dodatnie saldo bilansu wynosiło tylko 19-48 kg N/ha. Największe nadwyżki salda bilansu azotu, wahające się w latach od 27 do 110 kg/ha, stwierdzono w monokulturze pszenicy ozimej. Również system konwencjonalny, w którym w 2 latach nadwyżka azotu przekraczała 50 kg/ha, stwarza zagrożenie nadmiernym jego wymywaniem.

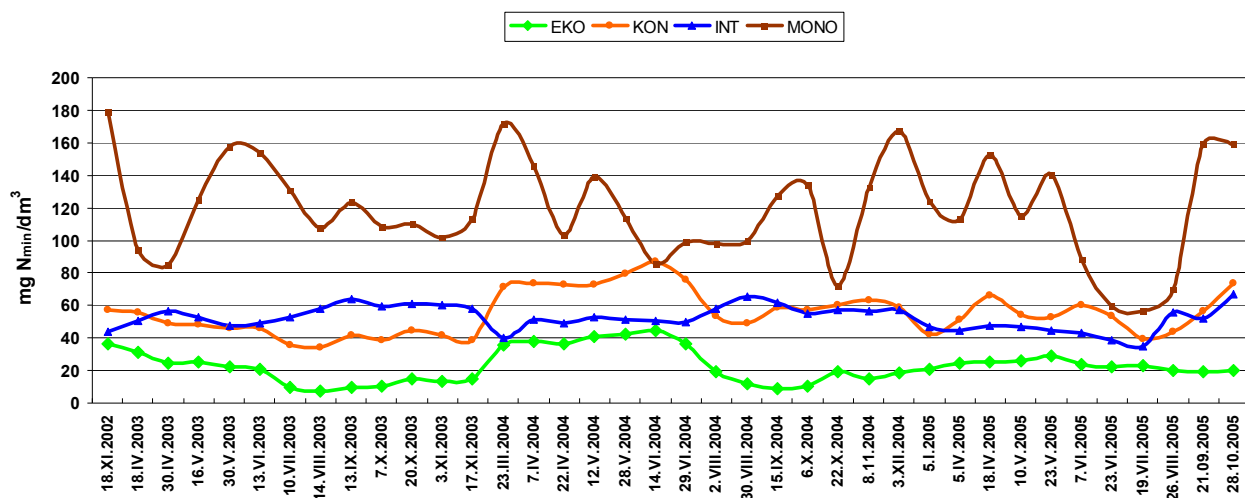
Tabela 4. Zawartość N_{min} ($N-NO_3$ i $N-NH_4$) kg/ha (2002/03 – 2004/05)

Table 4. N_{min} concentration ($N-NO_3$ and $N-NH_4$) kg/ha (2002/03 – 2004/05)

Profil cm	System produkcji							
	ekologiczny		konwencjonalny		integrowany		monokultura	
	jesień	wiosna	jesień	wiosna	jesień	wiosna	jesień	wiosna
0-30	41	30	33	27	49	30	53	30
30-60	28	24	39	19	38	30	60	30
60-90	16	19	32	27	26	32	69	60
0-90	85	73	104	73	113	92	203	120

Analiza zawartości N_{min} w przesączach glebowych w porównywanych systemach wykazała, że systemie ekologicznym migracja azotu w profilu glebowym jest najmniejsza (rys. 2). Natomiast pod pszenicą uprawianą w monokulturze koncentracja N_{min} w przesączach glebowych w latach 2003 i 2004 kształtowała się na poziomie powyżej 80 mg N_{min} /dm³, a w niektórych terminach analiz przekraczała nawet 160 mg N_{min} /dm³.

Uzyskane wyniki wskazują, że wielkość nadwyżki bilansowej w latach zależała przede wszystkim od ilości azotu odprowadzanego z plonem, czyli od wielkości uzyskiwanych plonów (tab. 1, tab. 4). Nawet w monokulturze w roku o dużych plonach (2004) bilans azotu był zrównoważony, natomiast w roku o małych plonach (2003) nadwyżka ta wynosiła aż 110 kg N/ha. Uzyskane wyniki potwierdziła również symulacja wymywania azotu oszacowana przy wykorzystaniu modelu NDICEA [Burgt 2003]. Średni poziom wymycia azotu, oszacowany dla ocenianych systemów, wynosił: system ekologiczny 3 kg N/ha, integrowany 17 kg N/ha, konwencjonalny 25 kg N/ha i monokultura pszenicy ozimej 31 kg N/ha.



Rys. 2. Zawartość N_{min} w przesączach glebowych
 Fig. 2. N_{min} concentration in soil filtrates

Podsumowanie

1. Najwyższą produktywnością, ocenianą plonem pszenicy ozimej oraz całych zmianowań w jednostkach zbożowych, charakteryzował się system integrowany. W systemie ekologicznym, dzięki dużym plonom roślin pastewnych, uzyskano zbliżoną wydajność w jednostkach zbożowych, ale plon pszenicy był o ponad 30% mniejszy niż w systemie integrowanym. Zdecydowanie negatywnie należy ocenić monokulturę pszenicy ozimej, w której plon ziarna i wydajność w jednostkach zbożowych były o około 30% mniejsze niż w systemie integrowanym, a dodatkowo wystąpiły największe wahania wielkości plonów w latach.
2. W 10-letnim okresie prowadzenia badań nie stwierdzono znaczących zmian w kształtowaniu się podstawowych elementów żyzności gleby. Stwierdzono, że ekologiczne gospodarowanie spowodowało spadek zasobności gleby w potas, jednak zastosowanie odpowiednich nawozów mineralnych zahamowało niekorzystną tendencję. Z kolei w systemie konwencjonalnym i monokulturze uwidoczniła się w ostatnich latach tendencja spadku zawartości węgla organicznego w glebie.
3. Ocenione różnymi sposobami (zawartość azotu mineralnego N_{min} , bilans azotu, zawartość azotu w przesączach glebowych oraz jego wymywanie z gleby, oszacowane za pomocą modelu NDICEA) wskazują, że systemach ekologicznym i integrowanym zagrożenie wymywaniem azotu z gleby jest małe, natomiast zdecydowanie największe w monokulturze pszenicy ozimej. System konwencjonalny, w którym uprawiano zboża i rzepak, zajmował pod tym względem miejsce pośrednie.

Bibliografia

Burgt G.J. 2003. Use of the NDICEA model in analysing nitrogen efficiency. In: Hatch D.J. et al. (Ed.). Controlling nitrogen flows and losses. Proceedings of 12th nitrogen workshop, 21th-24th September 2003, IGER, University of Exeter, UK. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 242-243

Helander C.A. 1997. The Logarden Project: development of an ecological and an integrated arable farming systems. Perspectives for Agronomy, Developments in Crop Scienc, 25: 309-317, Elsevier, Amsterdam

Jończyk K. 2005. Ocena wykorzystania i strat azotu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 2, PIMR, Poznań, ss. 77-83

Jończyk K., Solarska E. 2004. Zdrowotność pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Progress in Plant Protection /Postępy w Ochronie Roślin/, vol. 44, 2: 772-775

Jończyk K., Stalenga J. 2006. Wykorzystanie różnych metod do oceny bilansu azotu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Vol. 51 (2): 68-73

Kuś J. 1999. Efektywność różnych systemów produkcji roślinnej (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). Zeszyty Naukowe SGGW Warszawa, Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 37: 159-169

Kuś J. 2005. Plonowanie roślin w systemie ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia t. 2, Wyd. PIMR Poznań, ss. 37-46

Martyniuk S., Gajda A., Kuś J. 2001. Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. Acta Agrophysica, 52:185-192

Recenzent: Jan Pawlak