

NITROGEN BALANCE IN ORGANIC AND CONVENTIONAL SYSTEMS AS ASSESSED BY DIFFERENT METHODS

Summary

The analysis of nitrogen balance in organic and conventional systems was presented in the paper. In this analysis 3 different methods were used: NDICEA model, MACROBIL program and modified OECD method. Nitrogen balance in the organic system in 2003-2005 calculated by OECD method amounted from 2 to 16 kgN*ha⁻¹, whereas in the conventional system from 20 to 71 kgN*ha⁻¹. The results for the organic system obtained from MACROBIL program significantly differed from those obtained by NDICEA model and OECD method, whereas for the conventional system no differences between methods were noted.

A detailed analysis of nitrogen balance obtained from Macrobil program revealed high underestimation of the amount of symbiotically fixed nitrogen, especially coming from the crop residues of a clover-grass mixture.

BILANS AZOTU W EKOLOGICZNYM I KONWENCJONALNYM SYSTEMIE PRODUKCJI OCENIANY Z WYKORZYSTANIEM RÓŻNYCH METOD/*

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono analizę bilansu azotu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej, wykorzystując do tego celu trzy metody: symulację modelem NDICEA, program MACROBIL oraz zmodyfikowaną metodę OECD. Saldo bilansu azotu w latach 2003-2005 wyliczone metodą OECD dla systemu ekologicznego kształtowało się na poziomie od 2 do 16 kgN*ha⁻¹, a dla konwencjonalnego od 20 do 71 kgN*ha⁻¹. Wyniki uzyskane przy pomocy programu MACROBIL dla systemu ekologicznego istotnie różnią się od uzyskanych zmodyfikowaną metodą OECD i NDICEA. Porównywane metody oceny bilansu N zastosowane w systemie konwencjonalnym nie wykazały istotnych różnic.

Szczegółowa analiza elementów bilansu N uzyskanych z programu MACROBIL wskazuje na niedoszacowanie mikrobiologicznego wiązania N przez rośliny motylkowate. Stwierdzone różnice wynikają z innego określenia ilości azotu pozostającego w resztkach poźniowych w stanowisku po uprawie roślin motylkowatych.

Wprowadzenie

Problematyka zarządzania azotem w rolnictwie obejmuje szereg różnorodnych zagadnień dotyczących np.: intensyfikacji produkcji roślinnej, kształtowania jej jakości czy oddziaływania na środowisko przyrodnicze. W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się gospodarce azotem w kontekście zagrożeń związanych z jego rozproszeniem w środowisku. Oszacowanie ilości azotu niewykorzystanego przez rośliny umożliwia określenie potencjalnych zagrożeń oraz ocenę efektywności produkcji roślinnej [3, 4, 6]. Podstawową metodą określającą kierunki transformacji azotu w produkcji rolniczej jest bilans tego składnika, wyliczany w zależności od potrzeb np. na poziomie pola czy gospodarstwa. Pomimo wielu metod oceny bilansu azotu nadal istnieje problem w oszacowaniu elementów związanych z symbiotycznym wiązaniem azotu, zwłaszcza w stanowiskach po uprawie roślin motylkowatych wysiewanych w mieszankach z trawami i zazwyczaj użytkowanych przez kilka lat [1, 7, 8]. Zagadnienia te mają istotne znaczenie w ocenie różnych systemów produkcji rolniczej.

Cel badań

Podstawowym celem pracy było wyliczenie za pomocą różnych metod salda bilansu azotu. Celem uzupełniającym było określenie przydatności zastosowanych metod do oceny bilansu azotu w systemie produkcji ekologicznym i konwencjonalnym oraz wskazanie podstawowych różnic powodujących zmienność wyników.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w latach 2003-2005 w Stacji Doświadczalnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Osinach woj. lubelskie na obiekcie doświadczalnym, w którym od roku 1994 porównywane są różne systemy produkcji rolniczej [6]. Badania prowadzono na glebie plovej o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego, charakteryzującej się lekko kwaśnym odczynem (pH w KCl - 5,6), zawartością próchnicy 1,6%, średnią zawartością fosforu (43,6 mg P kg⁻¹ gleby) oraz niską zawartością potasu (63,1 mg K kg⁻¹ gleby). Doświadczenie prowadzono w jednym powtórzeniu, polami wszystkich roślin równocześnie (pow. każdego pola - 1 ha). Taki układ doświadczenia umożliwił uzyskanie w każdym roku pełnej informacji z poszczególnych pól i całego zmianowania.

/* Praca wykonana w ramach projektu 3 P06R 007 23

W opracowaniu uwzględniono wyniki pochodzące z systemu ekologicznego i konwencjonalnego. W systemie ekologicznym, opartym na 5-polowym płodozmianie (ziemniak - jęczmień jary + wsiewka - koniczyna czerwona z trawą (I rok) - koniczyna czerwona z trawą (II rok) - pszenica ozima + poplon) nie stosuje się syntetycznych nawozów mineralnych oraz środków ochrony roślin. Potrzeby pokarmowe roślin w stosunku do azotu zaspokajane są przede wszystkim poprzez biologiczne wiązanie tego składnika, a także stosowany raz w rotacji obornik (tab. 1). System konwencjonalny reprezentuje 3 polowy płodozmiar (rzepak - pszenica ozima - jęczmień jary). W systemie tym realizowane są intensywne technologie produkcji. Nawożenie azotem stosowane jest w oparciu o dawki ustalane pod kątem maksymalizacji plonów (tab. 1).

Zastosowane w pracy metody różniły się sposobem obliczania puli azotu wiązanej przez rośliny motylkowate (przyjętym współczynnikiem mikrobiologicznego wiązania N oraz sposobem oszacowania ilości N pozostającego w resztkach pożywnych po uprawie tej grupy roślin). Wyliczenia wykonane metodą OECD potraktowano jako punkt odniesienia dla pozostałych sposobów liczenia bilansu azotu tj. programu MACROBIL i modelu NDICEA. Dane wykorzystywane w metodzie OECD, dotyczące wyniesienia N oraz wniesienia z nawozami naturalnymi, uściślono o rzeczywiste zawartości N w plonach podstawowych i ubocznych oraz zastosowanym oborniku. Po stronie przychodów uwzględniono wnoszenie N z opadem atmosferycznym w ilości 20 kg/ha oraz wiązanie biologiczne tego składnika przez bakterie wolnożyjące w glebie, które w systemie ekologicznym przyjęto na poziomie 10 kg/ha, natomiast w systemie konwencjonalnym na poziomie 4 kg/ha [5, 9]. Przy wyliczaniu ilości azotu symbiotycznie związanego (tab. 1) wykorzystano współczynnik symbiotycznego wiązania azotu wynoszący dla mieszanki koniczyny z trawą - 0,7. Uwzględniając zawartość N w plonie mieszanki (około

2,6% w suchej masie) oraz przyjęty współczynnik określono w bilansie wzbogacenie gleby w azot biologiczny pozostający w resztkach pożywnych. Przyjęto, że ilość ta odpowiada połowie zawartości N znajdującego się w częściach nadziemnych [10].

Omówienie i dyskusja wyników

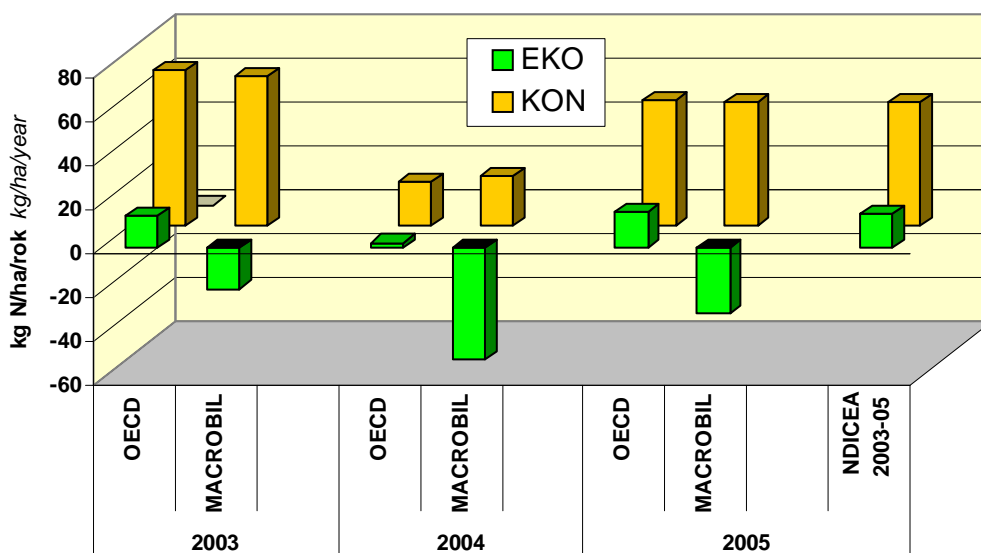
Saldo bilansu azotu w latach 2003-2005 wyliczone metodą OECD dla systemu ekologicznego kształtowało się na poziomie od 2 do 16 kgN*ha⁻¹ (tab. 2). O dodatnim wyniku salda N w całym zmianowaniu zadecydowała uprawa okopowych nawożonych kompostem i dwuletnia uprawa mieszanki koniczyny z trawami. Pomimo stosunkowo małych plonów roślin pastewnych spowodowanych niedostatkami opadów w latach 2003 i 2005 wzbogacenie gleby w azot w efekcie symbiotycznego jego wiązania zabezpieczyło potrzeby pokarmowe roślin następczych.

Uzyskane wyniki wskazują na brak potencjalnych zagrożeń związanych ze stratami azotu i jego rozproszeniem w środowisku. Na uwagę zasługuje stosunkowo mała zmienność wartości bilansu N w analizowanym okresie, świadczy to o stanie zrównowżenia gospodarki azotem w tym obiekcie doświadczalnym. Należy zaznaczyć, że we wcześniejszych latach zmienność salda N uzyskiwana w systemie ekologicznym była większa (uzyskiwano ujemne, na poziomie kilkunastu kg N/ha, wartości salda N) [12].

Wyniki te wskazują na możliwe trudności w zbilansowaniu gospodarki azotem w gospodarstwach ekologicznych. Szczególnie narażone na problemy w zbilansowaniu azotu są gospodarstwa z zachwianą równowagą paszowo-nawozową wynikającą z niedostatecznej obsady zwierząt lub wadliwą konstrukcją zmianowań pozbawionych dostatecznego udziału w strukturze zasiewów roślin motylkowatych.

Tab. 1. Nawożenie azotem w porównywanych systemach produkcji
Table 1 Nitrogen fertilization in different crop production systems

Zmianowanie <i>Crop rotation</i>	Źródła/dawki N <i>Sources and doses of N</i>	
System ekologiczny; Organic system		
Ziemniak; <i>Potato</i>	obornik ; <i>manure</i> 35 t – 111-142 kg N/ha	
Jęczmień jary + wsiewka; <i>Spring barley + undersown</i>		
Koniczyna czerwona + trawy I rok <i>Red clover with grass I year</i>	wiązanie biologiczne; <i>N symbiotic fixation</i> 132 - 204 kg N/ha	
Koniczyna czerwona + trawy II rok <i>Red clover with grass II year</i>		
Pszenica ozima + poplon (bobik + rzepak) <i>Winter wheat + catch-crop</i> (<i>faba bean + agrimony</i>)	wiązanie biologiczne; <i>N symbiotic fixation</i> 12 –18 kg N/ha	
System konwencjonalny; Conventional system		
Rzepak ozimy; <i>Winter rape</i>	nawozy mineralne; <i>synthetic fertilizers</i>	140-166 kg N/ha
Pszenica ozima; <i>Winter wheat</i>		164-170 kg N/ha
Jęczmień jary; <i>Spring barley</i>		94-104 kg N/ha



Rys. 1. Salda bilansu azotu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji wyliczone przy pomocy różnych metod (średnio w zmianowaniu)

Fig 1. Nitrogen balance in the organic and conventional systems calculated by 3 different methods (average in the crop rotation)

W systemie konwencjonalnym w każdym analizowanym roku odnotowano dodatnie salda bilansu azotu, które kształtowały się w granicach 20 - 71 kgN*ha⁻¹ (tab. 3). W latach 2003 i 2005 uzyskane nadwyżki azotu przekraczały o 27 - 41 kg N*ha⁻¹ wartość salda N podawaną jako bezpieczną dla środowiska [3]. Roślinami, których uprawa w największym stopniu decydowała o takim saldzie były: rzepak ozimy oraz pszenica ozima. Uzyskane wyniki wskazują, że stosowane w systemie konwencjonalnym intensywne technologie produkcji realizowane w uproszczonym zmianowaniu trójpolowym stwarzają warunki do strat azotu [5, 6].

Ocena bilansu azotu przeprowadzona w analizowanych systemach produkcji przy pomocy różnych metod wykazała istotne różnice. Wyniki uzyskane przy pomocy programu MACROBIL dla systemu ekologicznego istotnie różnią się od uzyskanych zmodyfikowaną metodą OECD i z modelu NDICEA. W odniesieniu do systemu konwencjonalnego nie stwierdzono znaczących różnic (rys. 1).

Szczegółowa analiza poszczególnych elementów bilansu N uzyskanych z programu MACROBIL wskazuje na przeszacowanie wyniesienia azotu z plonami - głównie roślin motylkowatych. Istotną różnicę stwierdzono ponadto w określeniu puli azotu pozostającego w stanowisku po uprawie roślin motylkowatych. W metodzie OECD ilość azotu wynoszona z plonami tych roślin odpowiada tylko tej części, która pochodziła z zasobów glebowych (nie uwzględnia się azotu związanego symbiotycznie). Pulę azotu wzbogacającą stanowisko po uprawie motylkowatych określono jako część N symbiotycznego zawartego w resztkach poźniwnych. Źródłem różnic w ocenie bilansu N przy pomocy porównywanych metod były ponadto: przyjęcie odmiennych wskaźników mikrobiologicznego wiązania N uwzględniających udział motylkowatych w strukturze plonu, procentowa zawartość N w plonach, zawartość N w

nawozach naturalnych, aktywność mikrobiologiczna wpływająca na wiązanie N z atmosfery. W modelu NDICEA, za pomocą którego uzyskano podobnie wyniki salda bilansu N jak w metodzie OECD, szacunki dotyczące elementów bilansu są wyższe (tab. 4). Różnica ta wynika z uwzględnienia przez model NDICEA zarówno po stronie wnoszenia jak i wyniesienia (pobrania) całej puli azotu zawartej w masie roślin, łącznie w części nadziemnej i korzeniach [2].

Analiza bilansu azotu wykazała, że gospodarowanie zgodne z zasadami rolnictwa ekologicznego oparte na poprawnie skonstruowanym zmianowaniu umożliwia zrównoważenie bilansu N oraz ograniczenia zagrożenia dla środowiska. Badania dotyczące problematyki oceny wykorzystania i strat azotu w porównywanych systemach wskazują na lepsze wykorzystanie puli dostępnego azotu w systemie ekologicznym niż w konwencjonalnym. O mniejszych stratach na skutek wymywania w systemie ekologicznym świadczy także mniejsza koncentracja azotanów w profilu oraz w przesączach glebowych [5, 6].

Wnioski

1. Porównywane metody oceny bilansu azotu wykazały dużą zbieżność wyników w przypadku konwencjonalnego systemu produkcji. W odniesieniu do systemu ekologicznego podobne wyniki uzyskano wykonując obliczenia metodą OECD oraz przy pomocy modelu NDICEA.
2. Wyniki dotyczące bilansu azotu oraz jego elementów uzyskane przy pomocy różnych metod wskazują na jego niedoszacowanie przez program MACROBIL w systemie ekologicznym. Stwierdzone różnice wynikają głównie z innego określenia wyniesienia azotu z plonem mieszanki motylkowatych z trawami oraz ilości azotu pozostającego w resztkach poźniwnych po ich uprawie.

Tab. 2. Bilans azotu i jego elementy w ekologicznym systemie produkcji – obliczenia wykonane metodą OECD (kg N* ha⁻¹)
 Table 2. Nitrogen balance and its elements in the organic crop production system (kg N* ha⁻¹) by modified OECD method

Lata Years	Roślina Crop	Plon główny t s.m./ha Main crop yield t of DM/ha	Plon uboczny t s.m./ha By- products yield t of DM/ha	%N w plonie głównym % of N in the main crop yield	%N w plonie ubocznym % of N in the by- products yield	Opad at- mosfe- ryczny Atmos- pheric deposit	Mikro- org. wol- nożyjące Soil microbes	Materiał siewny Seeds	Nawozy mineralne Synthetic fertilizers	Nawozy organiczne Organic fertilizers	Wiąz. symb. Symbiotic fix.	Razem Inputs kgN * ha ⁻¹	Razem Outputs kgN * ha ⁻¹	Różnica bilansowa Balance difference	Średnio Mean
2003 2004 2005	P.O. + poplon	3,70 4,11 4,21	4,10 4,52 4,63	1,85	0,5	20	10	5	0	0	6 6 10	41 41 45	89 99 101	-48 -58 -56	-54
2003 2004 2005	J.J. J.J. J.J.	4,93 5,81 3,65	4,93 5,81 4,56	1,8 1,8 2,0	0,65 0,65 0,60	20	10	5	0	0	8 6 8	43 41 43	121 142 100	-78 -101 -57	-79
2003 2004 2005	ZIEM.	17,70 33,90 16,53	0	1,41	0	20	10	8	0	133 142 111	0	171 180 159	52 100 49	119 80 110	103
2003 2004 2005	KON 1	10,21 14,72 9,05	0	2,68	0	20	10	0	0	0	96 138 85	126 168 115	82 118 73	44 50 42	45
2003 2004 2005	KON 2	4,17 7,70 8,05	0	2,45	0	20	10	0	0	0	36 66 69	66 180 99	31 57 57	35 39 42	39
2003 2004 2005	Średnio w zmianowaniu / Average in the crop rotation													14 2 16	11

*P.O. + poplon – pszenica ozima + poplon / winter wheat + catch-crop; J.J. - jęczmień jary / spring barley; P.J. – pszenica jara / spring wheat; ZIEM. – ziemniak / potato;
 KON. 1 – koniczyna z trawą I rok użytkowania / red clover with grass I year; KON. 2 - koniczyna z trawą II rok użytkowania / red clover with grass II year

Tab. 3. Bilans azotu i jego elementy w ekologicznym systemie produkcji – obliczenia wykonane metodą OECD (kg N* ha⁻¹)
 Table 3. Nitrogen balance and its elements in the organic crop production system (kg N* ha⁻¹) by modified OECD method

Lata Years	Roślina Crop	Plon główny t s.m./ha Main crop yield t of DM/ha	Plon uboczny t s.m./ha By- products yield t of DM/ha	%N w plonie głównym % of N in the main crop yield	%N w plonie ubocznym % of N in the by- products yield	Opad at- mosfe- ryczny Atmos- pheric deposit	Mikro- org. wol- nożyjące Soil microbes	Materiał siewny Seeds	Nawozy mineralne Synthetic fertilizers	Nawozy organiczne Organic fertilizers	Wiąz. symb. Symbiotic fix.	Razem Inputs kgN * ha ⁻¹	Razem Outputs kgN * ha ⁻¹	Różnica bilansowa Balance difference	Średnio Mean
2003 2004 2005	RZEP.	2,50 4,34 3,00	0	3,4	-	20	4	0	139 161 166	0	0	163 185 190	84 146 105	79 39 85	68
2003 2004 2005	P.O.	4,20 7,37 6,00	0	2,1	-	20	4	5	168 164 170	0	0	197 193 199	87 155 126	110 38 73	74
2003 2004 2005	J.J. P.J. P.J.	3,70 5,57 3,88	3,70 5,57 4,85	2,0 2,0 2,1	0,7	20	4	5	94 104 104	0	0	123 133 124	100 150 116	23 -17 13	10
2003 2004 2005	Średnio w zmianowaniu / Average in the crop rotation													71 20 57	49

*/ oznaczenia jak w tabeli 2; explanations as given in table 2
 RZEP. – rzepak ozimy / winter rape

Tab. 4. Bilans azotu i jego elementy w ekologicznym systemie produkcji w świetle porównywanych metod (średnio w zmianowaniu)

Table 4. Nitrogen balance and its elements in the organic crop production system as compared by different methods (average in the crop rotation)

Metoda Method	Lata Years	Wniesienie; Inputs ($kg \cdot ha^{-1}$)		Wyniesienie Outputs ($kg \cdot ha^{-1}$)	Różnica bilansowa Balance difference ($kg \cdot ha^{-1}$)
		Ogółem Total	w tym wiązanie symbiotyczne of which symbiotic fixation		
OECD	2003	90	29	75	14
	2004	105	43	103	2
	2005	92	34	76	16
	średnio	96	35	85	11
MACROBIL	2003	85	25	104	-19
	2004	105	45	156	-51
	2005	101	44	131	-30
	średnio	97	38	130	-33
NDICEA	2003-2005 średnio	174	122	159	15

3. Wyniki uzyskane przy pomocy metody OECD i modelu MDICEA wskazują, że system ekologiczny charakteryzował się zrównoważonym i bezpiecznym dla środowiska saldem bilansu azotu. Średnio za 3 lata w systemie ekologicznym saldo bilansu azotu kształtowało się na poziomie 11 - 15 $kgN \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. W systemie konwencjonalnym odnotowano nadwyżkę bilansową tego składnika na poziomie 49 -56 $kgN \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$.

Literatura

- Asdal A., Bakken A. K.: Nutrient balances and yields during conversion to organic farming in two crop rotation systems. Designing and testing crop rotations for organic farming. Danish Research Center for Organic Farming. 125-132, 1999.
- Burgt G.J. van der: 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, 2003.
- Duer I., Fotyma M. (red.): Polski Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Wyd. IUNG, Puławy 2001.
- Fotyma M., Jadczyzyn T., Pietruch Cz.: System wspierania decyzji w zakresie zrównoważonej gospodarki składnikami mineralnymi – MACROBIL. Pam. Puł.124: 81-89, 2001.
- Jończyk K.: Ocena wykorzystania i strat azotu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, tom 2, PIMR, s. 77-83, Poznań 2005.
- Jończyk K. i in: Ocena wykorzystania i strat azotu w różnych systemach produkcji roślinnej. Raport z realizacji projektu badawczego. Puławy, IUNG – PIB, 2006.
- Jung R., Schmidtke K., Rauber R.: N_2 – Fixierleistung und N – Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Luzerne, Rotklee und Persischen Klee. Beitrage zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1-4 März 2005, s. 261-264, 2005.
- Köpke U.: Nutrient Management in Organic Farming Systems: the Case of Nitrogen. Intern. Workshop on Nitrate Leaching, 11-15.10.1993, Copenhagen, Denmark. In Biological Agriculture and Horticulture (BAH), Vol 11/1995, s.15-29, 1995.
- Martyniuk S., Gajda A., Kuś J.: Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. Acta Agrophysica, 52:185-192, 2001.
- Mazur T., i in. 1993: Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wyd. ART Olsztyn.
- OECD National Soil Surface Nutrient Balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat Paris, February 1999.
- Stalenga J., Jończyk K., Kuś J.: Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Annales UMCS, Sec. E, 59,1, 383-389, 2004.