

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania praktyki rolniczej ekologicznym systemem produkcji. Pojawił się on jako alternatywa wobec konwencjonalnego, intensywnego rolnictwa, które doprowadziło do wielu negatywnych zjawisk [Fotyła, Kuś 1997]. Podstawowym celem rolnictwa ekologicznego jest realizacja zasad zrównoważonego rozwoju, których istotnym elementem jest racjonalne gospodarowanie składnikami pokarmowymi [Köpke 1995; Fragstein 1996; Oenema 1998]. Oznacza to przede wszystkim dążenie do ich możliwie zamkniętego obiegu w ramach gospodarstwa. Można tego dokonać, maksymalizując ich biologiczną retencję w glebie oraz minimalizując straty powodowane nadmierną mineralizacją i wymywaniem. Te ostatnie procesy, zwłaszcza w przypadku azotu i fosforu, stanowią realne niebezpieczeństwo skażenia środowiska przyrodniczego. Jednym z podstawowych narzędzi służących rozpoznaniu potencjalnych zagrożeń dla środowiska ze strony praktyki rolniczej jest określenie salda bilansu składników nawozowych.

W pracy zaprezentowano bilans azotu, fosforu i potasu w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej.

METODY

Badania realizowano w doświadczeniu założonym w 1994 roku w Stacji Doświadczalnej IUNG w Osinach (woj. lubelskie), którego celem było porównywanie różnych systemów produkcji roślinnej (ekologiczny, integrowany, konwencjonalny). Badania prowadzono w dwóch systemach: ekologicznym i konwencjonalnym. Systemy te charakteryzuje odmienne zmianowanie oraz różne technologie produkcji roślinnej.

W systemie ekologicznym, w pięciopolowym 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. Głównym źródłem azotu w tym systemie jest jego biologiczne wiązanie przez rośliny motylkowate. Dodatkowym źródłem wszystkich trzech składników jest także kompost, stosowany raz w rotacji w ilości około 30 t ha⁻¹. Od 2002 r. na wszystkie pola w systemie ekologicznym stosuje się również dopuszczalne w tym systemie nawozy potasowe (patent kali, siarczan potasu).

System konwencjonalny reprezentuje trójpolowe zmianowanie: rzepak - pszenica ozima - jęczmień jary. W systemie tym nawożenie mineralne NPK stosowane jest w dawkach ustalonych dla intensywnych technologii produkcji, a nawożenie organiczne ogranicza się do przyorywania słomy rzepaku i pszenicy.

Tabela 1. Elementy bilansu NPK w ekologicznym systemie produkcji
Table 1. Elements of NPK balance in the organic system

Roślina Crop	Plon Yield t ha ⁻¹	Wprowadzone ilości składników Inputs kg ha ⁻¹			Wyniesione ilości składników Outputs kg ha ⁻¹			Różnica bilansowa Balance difference kg ha ⁻¹		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Ziemniak Potato	4,9*	145	44	128	-36	-12	-112	109	32	16
Jęczmień jary Spring barley	3,6	0	0		-63	-17	-54	-63	-17	-54
Koniczyna czerwona+ trawy I rok Red clover with grass I year	14,2*	0	0	66	-96	-48	-430	-96	-48	-364
Koniczyna czerwona+ trawy II rok Red clover with grass II year	9,0*	96	0	66	-47	-28	-266	49	-28	-200
Pszenica ozima Winter wheat	4,3	13	0	66	-67	-18	-118	-54	-18	-52
Saldo bilansu Balance								-11	-16	-131

*Plon suchej masy Dry matter yield

Tabela 2. Elementy bilansu NPK w konwencjonalnym systemie produkcji
Table 2. Elements of NPK balance in the conventional system

Roślina Crop	Plon Yield t ha ⁻¹	Wprowadzone ilości składników Inputs kg ha ⁻¹			Wyniesione ilości składników Outputs kg ha ⁻¹			Różnica bilansowa Balance difference kg ha ⁻¹		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Rzepak ozimy Winter rape	3,0	166	46	105	-79	-21	-27	87	25	78
Pszenica ozima Winter wheat	5,5	146	33	75	-75	-21	-18	71	12	57
Jęczmień jary Spring barley	4,4	108	27	60	-51	-21	-72	57	6	-12
Saldo bilansu Balance								72	14	41

Wyniki zamieszczone w pracy obejmują lata 1996–2002. Bilans NPK sporządzono metodą OECD [OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Towards sustainable development, Paris, France, Environmental Indicators, 1998, 129.] na poziomie pola, uściślając jego elementy o rzeczywiste dane, dotyczące wielkości nawożenia mineralnego oraz zawartości NPK kompoście. Po stronie wnoszenia uwzględniono także pewne ilości składników pokarmowych w nasionach i sadzeniakach.

W przypadku salda bilansu azotu po stronie przychodów uwzględniono ponadto jego wnoszenie z opadem atmosferycznym w ilości 20 kg ha^{-1} oraz wiązanie biologiczne tego składnika przez bakterie symbiotyczne i wolnożyjące w glebie. Ze względu na korzystniejsze wskaźniki mikrobiologicznej aktywności gleby, stwierdzone w systemie ekologicznym, ilość azotu związanego przez organizmy wolnożyjące przyjęto w tym systemie na poziomie 10 kg ha^{-1} , natomiast w systemie konwencjonalnym na poziomie 4 kg ha^{-1} [Runowski 1999]. Przy wyliczaniu ilości azotu symbiotycznie związanego (tab. 1) uwzględniono współczynnik symbiotycznego wiązania azotu, wynoszący: dla mieszanki koniczyny z trawą 0,66, natomiast dla bobiku 0,5 [Mazur i in. 1993; Köpke 1995].

Biorąc pod uwagę wspomniany współczynnik, założono, że przy uzyskanym plonie mieszanki w granicach $10\text{--}13 \text{ t s.m ha}^{-1}$ w jej resztkach poźniwnych pozostawało od 98 do 146 kg N ha^{-1} związanego symbiotycznie [Köpke 1995; Mazur i in. 1993].

Podstawą obliczeń wynoszenia poszczególnych składników z pola w obu porównywanych systemach były rzeczywiste plony poszczególnych roślin oraz rzeczywiste zawartości tego składnika, oznaczone w plonie, z wyjątkiem rzepaku i bobiku (tab. 1 i 2). W przypadku jęczmienia w obu systemach oraz pszenicy w systemie ekologicznym po stronie wynoszenia uwzględniono także wyliczony szacunkowo zbierany z pola plon słomy.

WYNIKI

Saldo bilansu azotu w systemie ekologicznym było nieznacznie ujemne i kształtowało się na poziomie -11 kg N ha^{-1} w całym zmianowaniu (tab. 1). O ujemnym wyniku bilansu w systemie ekologicznym decydował brak produkcji zwierzęcej. Oparcie się wyłącznie na produkcji roślinnej utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu mieszanki koniczyny z trawami i w konsekwencji zaburzało obieg azotu w ramach tego systemu.

W systemie konwencjonalnym odnotowano dodatnie saldo bilansu azotu (tab. 2). W analizowanym okresie wyniosło ono 72 kg N ha^{-1} . Była to nadwyżka ponaddwukrotnie większa od $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, podawanej jako bezpieczna dla środowiska. Rośliną, która w największym stopniu decydowała o takim saldzie, był rzepak ozimy. Średnio każdego roku nadwyżka azotu w przypadku tej rośliny wynosiła 81 kg ha^{-1} , co było głównie spowodowane dużym wniesieniem tego składnika z nawozami mineralnymi.

Saldo bilansu fosforu w systemie ekologicznym było ujemne i wynosiło $-16 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (tab. 1), natomiast w porównywanym systemie konwencjonalnym było ono nieznacznie dodatnie i kształtowało się na poziomie $14 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (tab. 2).

Ujemne saldo bilansu fosforu w systemie ekologicznym nie znalazło odzwierciedlenia w oznaczonej zasobności gleby w przyswajalny fosfor, która w tym systemie była stosunkowo duża i wynosiła w analizowanym okresie średnio około 44 mg P kg⁻¹ gleby (tab. 3). Ponadto oceniony w innych badaniach stan zaopatrzenia wybranych roślin w fosfor także nie wskazał deficytowych wartości [Stalenga 2001]. Czynnikiem decydującym o tej rozbieżności mogła być wysoka aktywność biologiczna gleby, a zwłaszcza najistotniejsza w przypadku fosforu wysoka aktywność mikroorganizmów wytwarzających fosfatazy: kwaśną i zasadową. W innych badaniach, prowadzonych na tym samym obiekcie przez Martyniuka i in. [2000], została potwierdzona wysoka aktywność tych mikroorganizmów. Na dużą aktywność fosfatazy kwaśnej i zasadowej oraz jej korzystny wpływ na uczynnianie fosforu w ekologicznym systemie gospodarowania wskazują także w swoich badaniach Oberson [1996] oraz Mader i Pfiffner [1996].

W systemie ekologicznym odnotowano bardzo znaczące ujemne saldo bilansu potasu, wynoszące -131 kg K ha⁻¹ rok⁻¹ (tab. 1). Głównym czynnikiem decydującym o tak niekorzystnym wyniku było odprowadzanie bardzo dużych ilości potasu z plonem mieszanki koniczyny z trawami. Łącznie za okres jej dwuletniego użytkowania odprowadzono ponad 600 kg ha⁻¹ potasu (za ten okres plon jej suchej masy wynosił ponad 26 t ha⁻¹, a stwierdzona koncentracja potasu w mieszance 2,3–2,4%). Dodatkowo spore ilości potasu odprowadzano z plonem słomy pszenicy i jęczmienia oraz bulwami ziemniaka. Średnio w ciągu roku wyniesienie tego składnika z gleby w systemie ekologicznym osiągało wielkość aż 170 kg ha⁻¹. Natomiast jedynym do 2001 roku (poza nasionami i sadzeniami) źródłem dopływu potasu do gleby był kompost, w którym wprowadzano go w ilości około 110 kg ha⁻¹ w rotacji zmianowania, czyli 22 kg ha⁻¹ w ciągu roku. Jednakże stosowanie kompostu w tym systemie tylko w niewielkim stopniu łagodziło niedobór potasu (tab. 3). Dopiero zastosowanie w 2002 roku dopuszczonych w tym systemie nawozów potasowych (patent kali, siarczan potasu), w dawce około 70 kg K ha⁻¹, poprawiło bilans tego składnika.

Tabela 3. Wybrane chemiczne właściwości gleb w systemach ekologicznym i konwencjonalnym
Table 3. Selected chemical characteristics of soil in the organic and conventional systems

System produkcji Crop production system	Rok Year	Zawartość próchnicy (w %) Humus content (in %)	Zawartość w mg na kg ⁻¹ gleby Concentration in mg in 1 kg ⁻¹ of soil	
			P	K
Ekologiczny Organic	1996	1,7	49,7	70,5
	2001	1,5	41,4	40,7
Konwencjonalny Conventional	1996	1,4	64,5	78,0
	2001	1,3	65,8	102,1

Dużym mankamentem systemu ekologicznego – o czym już wcześniej wspomniano – na którym prowadzono badania własne, jest brak produkcji zwierzęcej. Oparcie się wyłącznie na produkcji roślinnej utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu mieszanki koniczyny z trawami i w konsekwencji zakłócało obieg składników pokarmowych w ramach tego systemu, co w pierwszej kolejności uwidoczniło się w przypadku potasu. Z dokonanych analiz wynika, że racjonalne zagospodarowanie produktów roślinnych w badanym obiekcie umożliwiało utrzymanie około 0,8 SD bydła na 1 ha [Kuś i in. 2000]. Poprawne zagospodarowanie odchodów od takiego pogłowia zwierząt umożliwiłoby utrzymanie zrównoważonego bilansu potasu w glebie.

Natomiast w systemie konwencjonalnym stwierdzono dodatnie saldo tego składnika na poziomie $41 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Na taki wynik zasadniczy wpływ miało systematyczne nawożenie potasem w ilości około 80 kg K ha^{-1} na rok (tab. 2).

WNIOSKI

1. System ekologiczny charakteryzowało nieznacznie ujemne saldo bilansu azotu, wynoszące $-11 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, natomiast w systemie konwencjonalnym odnotowano nadwyżkę bilansową tego składnika na poziomie $72 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

2. Saldo bilansu fosforu w systemie ekologicznym było ujemne i wynosiło $-16 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, w porównywanym systemie konwencjonalnym było ono nieznacznie dodatnie i wynosiło $14 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

3. W systemie ekologicznym odnotowano bardzo znaczące ujemne saldo bilansu potasu, wynoszące $-131 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, natomiast w systemie konwencjonalnym, podobnie jak w przypadku azotu i fosforu, stwierdzono dodatnie saldo tego składnika na poziomie $41 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

PIŚMIENNICTWO

- Fotyma M., Kuś J. 1997. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko glebowe. Materiały konferencji naukowej pt. „Ochrona i wykorzystanie przestrzeni produkcyjnej Polski” Puławy 3–4 czerwiec, Wyd. IUNG Puławy, K, 12, 1, 155–171.
- Fragstein P. 1996. Nutrient management in organic farming. Fundamentals of Organic Agriculture. Proc. of the 11 IFOAM Int. Scien. Conf., Copenhagen, 11–15 August, 1, 62–72.
- Köpke U. 1995. Nutrient management in organic farming systems – the case of nitrogen. Biol. Agric. Hort. 11, 15–29.
- Kuś J., Ufnowska J., Madej A. 2000. Efektywność gospodarowania w systemie ekologicznym i konwencjonalnym w zależności od kierunku produkcji. Pam. Puł. 120, 1, 247–255.

- Mader P., Pfiffner L. 1996. Soil ecology – The impact of organic and conventional agriculture on soil biota and its significance for soil fertility. *Fundamentals of Organic Agriculture. Proc. of the 11th IFOAM Int. Scien. Conf.*, Copenhagen, 11–15 August, 1, 24–46.
- Martyniuk S., Gajda A., Kuś J. 2000. Microbiological and biochemical properties of soil under cereals grown in conventional, integrated and ecological systems. In: *The role of soil in function of ecosystems*. UMCS-IA PAN, Lublin, 254–260.
- Mazur T., Mineev M.V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydawnictwo ART Olsztyn.
- Oberson A., Fardeau J.C., Maire N., Sticher H. 1996. Microbiological processes in soil organic phosphorus transformations in conventional and biological cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 21, 138–148.
- Oenema O. 1998. Nitrogen cycling and losses in agricultural systems; identification of sustainability indicators. In: *Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture*. Wyd. IMUZ, 7–25.
- Runowski H. (red.) 1999. *Przyrodnicze aspekty rolnictwa ekologicznego i jakość jego produktów*. Wyd. SGGW, Warszawa, 7–30.
- Stalenga J. 2001. Ocena stanu odżywienia wybranymi makroelementami pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w różnych systemach produkcji roślinnej. Rozprawa doktorska, Puławy.

