

BILANS AZOTU, FOSFORU I POTASU DRUGIEJ ROTACJI PŁODOZMIANU W SYSTEMIE PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ NA GLEBIE LEKKIEJ

CEZARY TRAWCZYŃSKI¹

*Zakład Agronomii Ziemiaka, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Oddział Jadwisin,
ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock*

Synopsis. Celem badań przeprowadzonych w latach 2010–2014 było określenie bilansu azotu, fosforu i potasu w płodozmianie ekologicznym zlokalizowanym na glebie lekkiej. Zmianowanie obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, owies, grykę, łubin żółty + owies, żyto ozime. Oprócz gatunków głównych uprawiano 2 gatunki roślin międzyplonowych na przyoranie: peluszkę i seradelę. Przed uprawą ziemniaka w terminie jesiennym zastosowano obornik w dawce 25 t·ha⁻¹. Połowę dawki obornika, tj. 12,5 t·ha⁻¹ zastosowano również pod owies. Po zbiorze wszystkich roślin zmianowania przyorano słomę. Oprócz obornika po stronie przychodu uwzględniono ilość azotu wiązanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne współżyjące z roślinami bobowymi oraz ilości składników NPK wprowadzonych do gleby w formie opadu atmosferycznego. Pobranie składników obliczono w oparciu o wielkość uzyskanych plonów i ich podstawowy skład chemiczny. Bilans NPK dla płodozmianu sporządzono metodą „na powierzchni pola”. W bilansie tym wykazano dodatnie saldo azotu (+35,71 kg N·ha⁻¹·rok⁻¹) i potasu (+24,88 kg K·ha⁻¹·rok⁻¹) oraz nieznacznie ujemne saldo fosforu (-1,81 kg P·ha⁻¹·rok⁻¹).

Słowa kluczowe: bilans składników, gleba lekka, system ekologiczny, zmianowanie

WSTĘP

Głównym czynnikiem służącym uzyskiwaniu odpowiednio wysokich i stabilnych plonów w ekologicznym systemie uprawy roślin jest stosowanie prawidłowo rozbudowanego płodozmianu uwzględniającego siew międzyplonów i przyoranie słomy, obornika, kompostu, czy innych dostępnych nawozów naturalnych i organicznych, jako źródła składników pokarmowych i substancji organicznej [Tyburski 2005, Tyburski i Żakowska-Biemans 2007]. Właściwie skonstruowany płodozmian oraz stosowanie nawozów naturalnych lub organicznych w warunkach zaprzestania stosowania nawozów syntetycznych oraz chemicznych środków ochrony roślin powinny aktywizować naturalne mechanizmy utrzymujące wysoką żyzność i urodzajność gleby oraz zapobiegać lub ograniczać występowanie chorób, szkodników i chwastów [Duer 2001, Gruczek i in. 2005, Kęsik 2008, Tyburski i in. 2008]. Prowadzenie kontroli obiegu podstawowych składników pokarmowych pomiędzy glebą i uprawianymi na niej gatunkami roślin umożliwia ich bilansowanie. Działanie takie w długookresowej perspektywie pozwala na racjonalne gospodarowanie, a przez to kształtowanie właściwej żyzności gleby, co szczególnie, w warunkach gospodarstw ekologicznych, gwarantuje uzyskiwanie stabilnych plonów [Blecharczyk i in. 2005, Krysztoforski i Stachowicz 2008, Wanic i in. 2013].

Celem badań było określenie bilansu podstawowych składników pokarmowych, azotu, fosforu i potasu w pięcioczonowym płodozmianie prowadzonym w systemie uprawy ekologicznej na glebie lekkiej.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* c.trawczynski@ihar.edu.pl

MATERIAŁ I METODY

Prezentowane w pracy doświadczenie przeprowadzono na polu doświadczalnym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB Oddział Jadwisin (52°28' N, 21°02' E). Eksperyment założono na glebie płowej wytworzonej z piasków gliniastych (pg) o składzie granulometrycznym: 75% piasku, 14% pyłu i 11% łu [PTG 2009]. W klasyfikacji gleb użytkowanych rolniczo glebę tą zaliczono do kompleksu żyniego dobrego. Po zakończeniu drugiej pięcioletniej rotacji zmianowania określono bilans podstawowych składników pokarmowych: azotu (N), fosforu (P) i potasu (K) płodozmianu prowadzonego w systemie uprawy ekologicznej. Zawartości składników: azotu ogólnego oraz przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie w analizowanym przedziale czasowym badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zmiany zawartości azotu ogólnego (%) oraz przyswajalnych form fosforu i potasu (mg·kg⁻¹) w glebie

Table 1. Changes of total nitrogen content (%) and available form of phosphorus and potassium (mg·kg⁻¹) in the soil

Składnik – Nutrient	Lata – Years	
	2010	2014
N	0,05	0,05
P	76,2 (wysoka* – high)	76,0 (wysoka – high)
K	58,5 (niska – low)	62,0 (niska – low)

* – klasa zasobności gleby wg IUNG [1990] – class of soil fertility according to IUNG [1990]

Zmianowanie 5-polowe obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: 1) ziemniak, 2) owies, 3) gryka, 4) mieszanka strączkowo-zbożowa (łubin żółty + owies) i 5) żyto ozime. Powierzchnia eksperymentu polowego wynosiła ogółem 2 ha, a jeden gatunek zajmował powierzchnię 0,4 ha. Doświadczenie prowadzono w trzech powtórzeniach. Technologia uprawy wszystkich gatunków roślin prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym [Tyburski i Żakowska-Biemans 2007]. Agrotechnika ziemniaka oparta była o dozwolone do stosowania w tym systemie środki ochrony przeciwko zarazie ziemniaka (trzy zabiegi Miedzianem 50 WP w dawce 1 kg·ha⁻¹) i stonco ziemniaczanej (trzy zabiegi Nowodorem 75 WG w dawce 1 l·ha⁻¹) oraz kilkakrotnie wykonywane w okresie wegetacji mechaniczne zabiegi zwalczające chwasty przy wykorzystaniu obsypnika. W odniesieniu do pozostałych uprawianych w płodozmianie gatunków roślin nie stosowano zabiegów ochronnych zwalczających choroby, szkodniki czy chwasty. Oprócz gatunków zbioru głównego, stosowano w zmianowaniu 2 gatunki roślin międzyplonowych: peluszka i seradela. Po owsie stosowany był wysiew peluszki jako międzyplonu na przyoranie poprzedzające uprawę gryki, a w żyto zastosowano również na przyoranie wsiewkę seradeli. W tak skonstruowanym płodozmianie był następujący udział zasiewów: rośliny zbożowe – 40 %, okopowe – 20 %, mieszanka strączkowych i zbożowych – 20 %, inne (gryka) – 20 %, a międzyplony stanowiły 40 % łącznej powierzchni wszystkich zasiewów w płodozmianie.

Obliczenia bilansowe wykonano w oparciu o zastosowane nawożenie jak i wielkości użytych plonów suchej masy i zawartości oznaczonych w suchej masie składników: azotu, fos-

foru i potasu. W ten sposób określono wielkość pobrania NPK z plonem uprawianych gatunków roślin. Uwzględniono tu zarówno plon główny (bulwy, ziarno, nasiona) jak i uboczny (słoma, łąty i biomasa międzyplonów). Bilans NPK sporządzono metodą „na powierzchni pola” [Merik 2002], wyliczając saldo bilansu składników (S_{pp}) w następujący sposób:

$$S_{pp} = S_{org} + S_{min} + S_{bio} + S_{atm} - S_{wyn}$$

gdzie:

S_{pp} – bilans składników na powierzchni pola

S_{org} – ilość składników wprowadzonych do gleby w nawozach naturalnych i organicznych

S_{min} – ilość składników wprowadzonych do gleby w nawozach mineralnych

S_{bio} – ilość azotu wiązane biologicznie przez bakterie brodawkowe

S_{atm} – ilość azotu, fosforu i potasu wprowadzone do gleby z opadem atmosferycznym

S_{wyn} – ilość składników zbieranych z pola z plonami głównymi i ubocznymi roślin.

Ilość składników wniesionych z nawozami naturalnymi i organicznymi (S_{org}) określono na podstawie masy stosowanego jesienią pod ziemniaki i owies obornika – odpowiednio w dawkach 25 i 12,5 t·ha⁻¹ świeżej masy, co w przeliczeniu na suchą masę stanowiło 6,07 i 3,03 t·ha⁻¹. Zawartość podstawowych składników w oborniku, w przeliczeniu na suchą masę wynosiła średnio 15,32 g N·kg⁻¹, 3,89 g P·kg⁻¹ i 29,37 g K·kg⁻¹. W przedstawionym modelu bilansu występującą pozycję S_{min} pominięto, gdyż nawożenia mineralnego nie stosowano. W odniesieniu do salda azotu po stronie przychodu uwzględniono ilość azotu wiązane biologicznie przez bakterie symbiotyczne współżyjące z roślinami bobowymi (S_{bio}). W tym celu określono wielkość plonu głównego (nasiona) i ubocznego (słoma) uprawianego gatunku rośliny bobowatej. W zależności od wielkości uzyskanej masy plonu oszacowano ilość azotu symbiotycznie wiązane w glebie (tab. 2) Górlach, Mazur [2001]. W odniesieniu do mieszanki łąbinu z owsem przyjęto o połowę mniejszą niż wykazana w tabeli 2, ilość azotu symbiotycznie wiązane przez łąbin.

Tabela 2. Ilość N symbiotycznie związanego przez bakterie brodawkowe roślin bobowatych (na podstawie różnych źródeł)

Table 2. Quantity of N symbiotic fixation by nodule bacteria of fabaceae plants (on the base of different authorities)

Roślina – Plant	Rodzaj plonu Kind of crop	W 1 t s.m. części nadziemnych lub nasion In 1 t d.m. shoots or seeds (kg)	W resztkach pożniwnych In crop residue (kg·ha ⁻¹)
Lucerna – Lucerne	siano – hay	21	112
Koniczyna – Clover	siano – hay	18	65
Wyka, peluszka, seradela Vetch, field pea, serradella	międzyplon intercrop	14	18
Bobik, wyka, groch Faba bean, vetch, pea	nasiona seeds	31*	12
Łubiny – Lupines	nasiona – seeds	43*	17
Soja – Soybean	nasiona – seeds	36*	13

* – wraz z odpowiednim plonem ubocznym – with by-product yield

Ilość azotu z opadów atmosferycznych (S_{atm}) przyjęto na poziomie $17 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ [Mer-cik 2002], natomiast ilości fosforu i potasu ustalono odpowiednio na $0,4 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ oraz $4 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ [Barszczewski i Burs 2003].

Ilość składników wyniesionych z pola (S_{wyn}) obliczono w oparciu o rzeczywiste wielkości i skład chemiczny plonów głównych (ziarna, nasion, bulw). Składników pobranych z plonem ubocznym (słoma, łęty) roślin głównych oraz roślin międzyplonowych nie uwzględniono jako pozycji wnoszenia składników, gdyż pozostawały one na polu i były przyorywane.

Analizy chemiczne gleby i materiału roślinnego wykonano w laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie. Zawartość NPK w glebie wyrażono w mg składników w kg^{-1} suchej masy. W wysuszonych próbach oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą destylacyjno-miareczkową Kjeldahla [według procedury badawczej PB 37 ed. 3 z dn. 15.10.09], fosfor i potas przyswajalny metodą Egnera-Riehma [PN-R-04023:1996; PN-R-04022:1996+Az 1:2002]. W odniesieniu do roślin zawartość suchej masy oznaczono zgodnie z normą PN-88/R-04013, a zawartość składników NPK w roślinach odpowiednio zgodnie z procedurami [PB 24 ed. 4 z dn. 15.10.2009; PB 20 ed. 6 z dn. 14.02.2011; PB 21 ed. 6 z dn. 14.02.2011]. Bilans sporządzono na podstawie średnich wartości pobrania składników uzyskanych w latach 2010–2014. Wyniki dotyczące wielkości plonu, zawartości i pobrania składników zweryfikowano statystycznie metodą analizy wariancji jednoczynnikowej. Porównanie średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya na poziomie $p=0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Spośród uprawianych w rozpatrywanym płodozmianie roślin istotnie największym plonem głównym w przeliczeniu na suchą masę charakteryzował się ziemniak (tab. 3). Plon główny owsa i żyta ozimego był istotnie mniejszy od plonu ziemniaka. Natomiast istotnie najmniejszym plonem głównym spośród uprawianych w tym płodozmianie roślin charakteryzowały się gryka i łubin żółty z owsem. Z kolei istotnie największy plon uboczny uzyskano w uprawie żyta ozimego. Plony uboczne pozostałych roślin głównych: owsa, gryki i łubinu z owsem nie

Tabela 3. Wielkość suchej masy plonu głównego (bulwy, ziarno, nasiona) i ubocznego (międzyplony, słoma, łęty) ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$); średnio za lata 2010–2014

Table 3. The quantity of dry matter main (tubers, grain, seeds) and by-product yield (intercrops, straw, haulm) ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$); mean of years 2010–2014

Roślina – Plant	Plon główny Main yield	Plon uboczny By-product yield
Ziemniak – Potato	5,20 a	0,52 d
Owies – Oat	2,70 b	2,49 b
Peluszka – Field pea	–	3,30 b
Gryka – Buckwheat	1,96 c	3,64 b
Łubin żółty z owsem – Yellow lupine with oat	2,03 c	3,78 b
Żyto ozime – Winter rye	3,69 b	5,40 a
Seradela – Serradella	–	1,99 c

Średnie w kolumnach z tą samą literą nie różnią się istotnie – Mean with the same letter in columns are not significantly different

różniły się istotnie i stanowiły od 30 do 53% plonu ubocznego żyta. Istotnie najniższym plonem ubocznym charakteryzował się ziemniak, którego sucha masa łętów stanowiła nieco ponad 9% plonu słomy uzyskanego w uprawie żyta ozimego.

Zawartości składników w plonach zależały od gatunku rośliny. Istotnie najwięcej azotu ogólnego stwierdzono w plonie głównym mieszanki łubinu z owsem, natomiast w plonie ubocznym w międzyplonie peluszki. Z kolei istotnie najwięcej fosforu, podobnie jak azotu zawierały nasiona mieszanki łubinu z owsem oraz nasiona i słoma gryki. Natomiast istotnie największym poziomem potasu odznaczały się bulwy i łęty ziemniaka (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość składników pokarmowych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy) w biomasie roślin głównych i międzyplonów; średnio za lata 2010–2014

Table 4. The content of nutrients ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ of dry matter) in biomass main yield and intercrop plants; mean for years 2010–2014

Roślina – Plant	Plon główny – Main yield			Plon uboczny – By-product yield		
	N	P	K	N	P	K
Ziemniak – Potato	11,0 c	3,0 b	19,9 a	18,5 c	1,7 c	2,66 a
Owies – Oat	12,4 c	3,2 b	4,3 c	7,5 e	3,3 b	2,29 b
Peluszka – Field pea	–	–	–	36,3 a	3,6 ab	2,33 b
Gryka – Buckwheat	19,0 b	4,0 a	6,5 b	9,0 e	4,1 a	1,99 c
Łubin żółty z owsem Yellow lupine with oat	24,2 a	4,1 a	7,6 b	13,1 d	3,4 b	1,78 c
Żyto ozime – Winter rye	11,1 c	3,2 b	4,0 c	8,0 e	1,5 c	1,06 d
Seradela – Serradella	–	–	–	30,0 b	3,4 b	1,17 d

Średnie w kolumnach z tą samą literą nie różnią się istotnie – Mean with the same letter in columns are not significantly different

Z uwagi jednak na wielkość uzyskanego plonu głównego istotnie najwięcej azotu z plonem pobrały bulwy ziemniaka, a istotnie najmniejszą ilością pobrania tego składnika charakteryzowało się ziarno owsa (tab. 5). Z plonem ubocznym istotnie największe pobranie azotu wykazano w odniesieniu do uprawy międzyplonów, z czego peluszka pobrała istotnie większą ilość azotu z jednego hektara, niż seradela. W przypadku uprawy ziemniaka stwierdzono również istotnie największe pobranie fosforu i potasu z plonem głównym (bulwy). Z kolei najmniej fosforu pobrały nasiona gryki, natomiast potasu ziarno owsa. Podobnie jak w przypadku azotu istotnie więcej fosforu i potasu z gleby pobrała peluszka niż seradela.

Głównym źródłem azotu w rozpatrywanym plodozmianie okazały się uprawiane międzyplony tj. peluszka i seradela, a także mieszanka strączkowo – zbożowa (łącznie w trzech członach zmianowania uprawa tych roślin przyczyniła się do wzbogacenia gleby w $161,7 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$). Znaczącym źródłem tego składnika był również obornik stosowany pod ziemniaki i owies. Wraz z tym nawozem, łącznie w dwóch członach zmianowania wniesiono $144,8 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 6). Zastosowany w uprawie ziemniaków i owsa obornik zwiększył nie tylko saldo bilansowe azotu, ale również przyczynił się do poważnego zwiększenia dopływu do gleby fosforu i potasu. Spośród uprawianych roślin ujemne salda bilansowe wszystkich składników wykazano

Tabela 5. Pobranie składników pokarmowych ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w biomase roślin głównych i międzyplonów; średnio za lata 2010–2014Table 5. The uptake of nutrients ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in biomass main yield and intercrop plants; mean for years 2010–2014

Roślina – Plant	Plon główny – Main yield			Plon uboczny – By-product yield		
	N	P	K	N	P	K
Ziemniak – Potato	57,2 a	15,6 a	103,5 a	9,3 d	0,9 d	13,3 b
Owies – Oat	33,5 b	8,6 b	11,6 b	18,8 d	8,3 bc	57,3 a
Peluszka – Field pea	–	–	–	119,8 a	11,9 ab	76,9 a
Gryka – Buckwheat	38,0 ab	8,0 b	13,0 b	32,4 c	14,8 a	71,6 a
Łubin żółty z owsem Yellow lupine with oat	48,4 ab	8,2 b	15,2 b	49,8 c	12,9 ab	67,6 a
Żyto ozime – Winter rye	41,1 ab	11,8 ab	14,8 b	43,2 c	8,1 bc	57,2 a
Seradela – Serradella	–	–	–	60,0 b	6,8 c	23,4 b

Średnie w kolumnach z tą samą literą nie różnią się istotnie – Mean with the same letter in columns are not significantly different

w odniesieniu do gryki, natomiast w uprawie mieszanki strączkowo-zbożowej oraz żyta wykazano deficyt fosforu i potasu.

W całym płodozmianie uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu – średnio $+35,7 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$. Wykazana nadwyżka nieco przekraczała wartość $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$ określoną w rozporządzeniu Ministra Środowiska, jako bezpieczną dla środowiska naturalnego [Rozporządzenie MŚ 2002]. Wynoszenie azotu z pól zmianowania ograniczało się jedynie do zbioru plonów głównych, czyli ziarna żyta i owsa, nasion łubinu i gryki oraz bulw ziemniaka, co dodatkowo przyczyniło się do uzyskanej nadwyżki. Azot organiczny z roślin międzyplonowych uwalniany jest stopniowo przez 2–3 lata, a z obornika do 3 lat po zastosowaniu i z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić można, że wykazana nadwyżka bilansowa tego składnika po uprawie owsa i ziemniaków w znacznej części wykorzystana zostanie przez rośliny następcze [Blombäck i in. 2003, Cherr i in. 2006, Siuta 1998, Vos i Van der Putten 1997]. Największą dodatnią wartość bilansową azotu stwierdzono w czlonie zmianowania z owsem i ziemniakami, co jak podkreślono wcześniej wynikało głównie ze stosowania obornika pod ziemniaki i owies oraz uprawy międzyplonu z gatunku bobowatych po zbiorze owsa. Podobne wyniki w odniesieniu do wartości bilansowej azotu w płodozmianie z udziałem ziemniaka uzyskali Borówczak i in. [2007].

Saldo bilansu potasu w analizowanym płodozmianie, podobnie jak azotu było dodatnie ($+24,9 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$), ale nie przekraczało poziomu zagrażającego środowisku [Rozporządzenie MŚ 2002]. Saldo bilansu fosforu z kolei było nieznacznie ujemne ($-1,8 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$), co wynikało głównie z faktu, że jedynym źródłem wnoszenia do gleby tego składnika był obornik zawierający z reguły znacznie mniej fosforu niż potasu (tab. 6). W pierwszej rotacji tego płodozmianu wykazano mniejsze od obecnie stwierdzonego dodatnie saldo azotu ($+20,4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$) oraz ujemne salda dla fosforu ($-3,1 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$) i potasu ($-4,5 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$) Trawczyński [2010]. Wynikało to głównie z jednokrotnie stosowanego w rotacji płodozmianu obornika, tylko pod ziemniaki. Z uwagi na ujemne salda bilansowe fosforu i potasu wykazane w poprzedniej rotacji, w obecnie analizowanej rotacji płodozmianu, zwiększono częstotliwość

Tabela 6. Bilans NPK (kg·ha⁻¹) ekologicznego plodozmianu na glebie lekkiej
Table 6. Balance of NPK (kg·ha⁻¹) of organic crop rotation on light soil

Wyszczególnienie Specification	Składniki wniesione Inputs			Składniki wymiesione Outputs			Różnica bilansowa Balance difference		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Ziemniak – Potato + Obornik – Manure (25 t·ha ⁻¹)	+96,5	+24,5	+185,0	-57,2	-15,6	-103,5	+39,3	+8,9	+81,5
Owies – Oat + Obornik – Manure (12,5 t·ha ⁻¹) + Peluszką – Field pea	+48,3 +64,2	+12,3	+92,5	-33,5	-8,6	-11,6	+79,0	+3,7	+80,9
Gryka – Buckwheat	-	-	-	-38,0	-8,0	-13,0	-38,0	-8,0	-13,0
Łubin żółty + Owies – Yellow lupine + Oat	+51,5	-	-	-48,4	-8,2	-15,2	+3,1	-8,2	-15,2
Żyto ozime – Winter rye + Seradela – Serradella	+46,0	-	-	-41,1	-11,8	-14,8	+4,9	-11,8	-14,8
Opad (kg·ha ⁻¹ ·5 lat ⁻¹) Precipitation (kg·ha ⁻¹ ·5 years ⁻¹)	+85,0	+2,0	+20,0	-	-	-	+85,0	+2,0	+20,0
Suma bilansowa – Sum of balance							+178,6	-9,0	+124,4
Saldo bilansu (kg składnika·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹) – Balance (kg of nutrient·ha ⁻¹ ·year ⁻¹)							+35,7	-1,8	+24,9

nawożenia obornikiem, co sprowadzało się do dwukrotnego jego zastosowania 25 t świeżej masy \cdot ha⁻¹ pod ziemniaki i 12,5 t \cdot ha⁻¹ pod owies. W ten sposób w analizowanym bilansie nastąpiła poprawa salda wszystkich składników, szczególnie z ujemnego na dodatnie saldo potasu. Wyniki sald bilansowych w obecnej rotacji, szczególnie dotyczące azotu wskazują, że w kolejnej rotacji płodozmianu konieczna będzie ponowna korekta nawożenia w poszczególnych członach zmianowania. Aby nie doprowadzić do deficytu potasu dla uprawianych roślin, który jak wynika z tabeli 1, w glebie jest na poziomie niskim wydaje się bardziej zasadne zmniejszenie nawożenia obornikiem i zastosowanie uzupełniającego nawożenia potasem w formie dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym nawozów pochodzących z naturalnych kopalin. Działanie takie jednocześnie obniżyłoby ilość azotu wnoszonego z nawozami naturalnymi.

Wykazane w badaniach saldo bilansu fosforu i potasu zbieżne na ogół było z oceną zasobności gleby w te składniki. W analizowanym okresie zawartość fosforu w glebie nieznacznie obniżyła się, natomiast potasu wzrosła. Borówczak i in. [2008] stwierdzili ujemne saldo bilansowe potasu w znacznej liczbie gospodarstw, szczególnie uprawiających ziemniaki. Z kolei badania Stalengi i in. [2004] wykazały, że salda wszystkich ocenianych w systemie ekologicznym składników, a zwłaszcza potasu, były ujemne, co w głównej mierze według autorów, wynikało z oparcia się wyłącznie na produkcji roślinnej. Takie działanie utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu koniczyny z trawami i najbardziej zaburzało obieg potasu i azotu w ramach tego systemu. Mankamentem płodozmianu ekologicznego, na którym prowadzono niniejsze badania był również brak produkcji zwierzęcej. Oparcie się wyłącznie na produkcji roślinnej utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu słomy i zielonej masy roślin motylkowatych, a w konsekwencji zakłócało nieco obieg składników pokarmowych w ramach tego systemu. Barszczewski i in. [2007] na podstawie badań monitoringowych zróżnicowanych obszarowo gospodarstw wykazali, że salda bilansowe azotu, fosforu i potasu zależały głównie od obsady zwierząt oraz struktury zasiewów. Struktura użytkowania gruntów nie miała wpływu na wielkość sald bilansowych analizowanych składników. Wzrost sald bilansowych badanych składników wiązał się z większą obsadą zwierząt w gospodarstwie. W gospodarstwach obszarowo większych (od 20,1 do 50,0 ha oraz powyżej 50,0 ha) ujemne salda składników wynikały z niższej w porównaniu do obszarowo mniejszych gospodarstw obsady zwierząt. Barszczewski i in. [2007] zwrócili również uwagę, że ujemne salda bilansowe w odniesieniu do fosforu i potasu poprawić można poprzez stosowanie naturalnych kopalin stanowiących źródła tych składników. Stalenga i in. [2004] wykazali, że zastosowanie patentkami i siarczanu potasu poprawiło bilans potasu w zmianowaniu, ale w ekologicznym systemie produkcji należy zdecydowanie dążyć do zamkniętego obiegu składników pokarmowych.

WNIOSKI

1. Największy dodatni bilans azotu uzyskano w członie zmianowania z uprawą owsa. Był to efekt zastosowanego w uprawie tej rośliny obornika (12,5 t \cdot ha⁻¹) oraz międzyplonu peluszek na przyoranie poważnie wzbogacających glebę w azot, a także stosunkowo niewielkiego wynoszenia tego składnika wynikającego z niskiego plonu suchej masy ziarna i zawartego w nim azotu.
2. W odniesieniu do fosforu i potasu największy dodatni bilans tych składników wykazano w członie z ziemniakami nawożonymi obornikiem w dawce 25 t \cdot ha⁻¹. Poza tym w członie zmianowania z ziemniakami uzyskano największe wynoszenie sumy wszystkich składników z plonem bulw ziemniaka.

3. Ujemny bilans azotu w glebie stwierdzono jedynie po uprawie gryki, należy jednak dodać, że doskonałym źródłem tego pierwiastka dla gryki była uprawiana w roku poprzedzającym peluska. Największy ujemny bilans fosforu wykazano w uprawie żyta, a potasu w przypadku uprawy łubinu żółtego z owsem.
4. W 5-polowym zmianowaniu (ziemniak, owies, gryka, łubin żółty + owies, żyto ozime) na glebie lekkiej w systemie uprawy ekologicznej uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu (+35,7 kg N·ha⁻¹·rok⁻¹) i potasu (+24,9 kg K·ha⁻¹·rok⁻¹) oraz nieznacznie ujemne saldo bilansu fosforu (-1,8 kg P·ha⁻¹·rok⁻¹).

PIŚMIENNICTWO

- Barszczewski J., Burs W. 2003. Polowe bilanse azotu, fosforu i potasu w gospodarstwie na przykładzie Zakładu Doświadczalnego w Falentach. Woda Środ. Obsz. Wiejskie 3(1): 25–37.
- Barszczewski J., Jankowska-Huflejt H., Wolicka M. 2007. Bilans azotu, fosforu i potasu w zróżnicowanych obszarowo gospodarstwach ekologicznych. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(3): 5–9.
- Blecharczyk A., Piechota T., Małecka I. 2005. Zmiany chemicznych właściwości gleby w wyniku wieloletniego oddziaływania systemów następstwa roślin i nawożenia. Fragm. Agron. 22(2): 30–38.
- Blombäck K., Eckersten H., Lewan E., Aronsson H. 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. Agric. Syst. 76: 95–114.
- Borówczak F., Alaszkiewicz M., Miłkowska A. 2007. Bilans azotu w wybranych gospodarstwach rolnych gmin Święciechowa i Wschowa. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(3): 15–18.
- Borówczak F., Alaszkiewicz M., Miłkowska A., Szamańska K. 2008. Bilans fosforu i potasu w wybranych gospodarstwach rolnych trzech gmin regionu leszczyńskiego. J. Res. Appl. Agric. Eng. 53(3): 18–21.
- Cherr C.M., Scholberg J. M. S., McSorley R. 2006. Green manure approaches to crop production. Agron. J. 98: 302–319.
- Duer I. 2001. Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy: ss. 52.
- Gorlach E., Mazur T. 2001. Chemia rolna – Podstawy żywienia i zasady nawożenia roślin. PWN Warszawa: 92–99.
- Gruczek T., Nowacki W., Zarzyńska K. 2005. Ekologiczny system produkcji ziemniaków. Instrukcja, IHAR Oddział Jadwisin: ss. 34.
- IUNG 1990. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy 2: ss. 26.
- Kęsik T. 2008. Struktura zasiewów i jej oddziaływanie na agroekosystem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 527: 39–50.
- Krysztoforski M., Stachowicz T. 2008. Plodozmian w gospodarstwie ekologicznym. Instrukcja, Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: ss. 44.
- Mercik S. (red.) 2002. Chemia rolna – Podstawy teoretyczne i praktyczne. SGGW Warszawa: 256–263.
- PB 20 ed. 6 z dn. 14.02.2011
- PB 21 ed. 6 z dn. 14.02.2011
- PB 24 ed. 4 z dn. 15.10.2009
- PB 37 ed. 3 z dn. 15.10.2009
- PN-88/R-04013
- PN-R-04022:1996 + Az 1:2002
- PN-R-04023:1996
- PTG 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. Roczn. Glebozn./Soil Sci. Annual 60(2): 5–16.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. Dz. U. z 2003 r. Nr 4, poz.44.

- Siuta A. 1998. Porównanie różnych sposobów nawożenia organicznego w płodozmianie zbożowym. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.* 561, *Agricultura* 66: 143–147.
- Stalenga J., Jończyk K., Kuś J. 2004. Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59(1): 383–389.
- Trawczyński C. 2010. Bilans składników w ekologicznym systemie produkcji roślinnej na glebie lekkiej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 55(4): 166–168.
- Tyburski J. 2005. Struktura zasiewów w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych w Polsce. *Fragm. Agron.* 22(2): 229–237.
- Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforowski M. 2008. Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. Instrukcja, Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: ss. 24.
- Tyburski J., Żakowska-Biemans S. 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. In: *Zasady uprawy roślin w gospodarstwie ekologicznym*. Wyd. SGGW Warszawa: 29–102.
- Vos J., Van der Putten P.E.L. 1997. Field observations on nitrogen catch crops. I. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. *Plant Soil* 195: 299–309.
- Wanic M., Kostrzewska M.K., Myśliwiec M., Brzezina G.M. 2013. Wpływ wsiewek międzyplonowych i płodozmianu na niektóre fizyczne i chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.* 30(1): 121–132.

C. TRAWCZYŃSKI

BALANCE OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN THE SECOND CYCLE OF CROP ROTATION IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM ON THE LIGHT SOIL

Summary

The aim of the research conducted in the years 2010–2014 was to determine the balance of nitrogen, phosphorus and potassium in organic crop rotation system located on light soil. The crop rotation comprised following agricultural plant species: potato, oat, buckwheat, yellow lupine + oat, winter rye. Apart from these main species 2 plants were cultivated as intercrop on ploughing in: field pea and serradella. Before potato cultivation is used in the autumn manure in dose of 25 t·ha⁻¹ and under of oat half of dose of manure, that is 12.5 t·ha⁻¹ was applied. After harvest all plants straw ploughed. Except manure, on the input considerable amount nitrogen fixation by nodule bacteria of fabaceae plants and amount of NPK components into the soil in the form of precipitation introduced. The calculations were based on real data of obtained yields and nutrients content in the yields. The balance of NPK by „on the surface of the field” method was used. In the crop rotation positive balance of nitrogen (+35.7 kg N·ha⁻¹·year⁻¹) and potassium (+24.9 kg K·ha⁻¹·year⁻¹) and slightly negative for phosphorus (-1.8 kg P·ha⁻¹·year⁻¹) were noted.

Key words: nutrient balance, light soil, organic system, crop rotation

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 27.02.2015

Do cytowania – *For citation*:

Trawczyński C. 2015. Bilans azotu, fosforu i potasu drugiej rotacji płodozmianu w systemie produkcji ekologicznej na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.* 32(2): 87–96.