

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Bilans azotu, fosforu i potasu w systemie produkcji ekologicznej na glebie lekkiej

Balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the organic crop production system on the light soil

Celem badań było określenie bilansu azotu, fosforu i potasu w poszczególnych członach płodozmianu ekologicznego na glebie lekkiej. Zmianowanie obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, gryka, łubin żółty + owies, żyto, owies. Oprócz gatunków głównych uprawiano 2 gatunki roślin międzyplonowych na przyoranie: peluszkę i seradellę. Dodatkowo przed uprawą ziemniaka stosowano obornik w dawce $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i pod owies 0,5 dawki obornika, czyli $12,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obliczenia oparto o rzeczywiste dane uzyskanych plonów i zawartości składników w plonach. Bilans NPK sporządzono metodą „na powierzchni pola”. W płodozmianie uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu ($+39,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i potasu ($+19,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz nieznacznie ujemne saldo fosforu ($-1,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

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

The aim of this investigation was to determine balance of nitrogen, phosphorus and potassium in organic crop rotation system on light soil. The crop rotation comprised following agricultural plant species: potato, buckwheat, yellow lupine + oat, rye, oat. Apart from these main species 2 plants were cultivated as an intercrop that was ploughed in: field pea and serradella. Before potato cultivation the manure in dose of $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ was applied and before the cultivation of oat 0.5 dose of manure, that is $12.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ was applied. The calculations were based on real data of obtained yields and nutrients content in the yields. The „on surface of field” method was used in this investigation. In the crop rotation positive balances of nitrogen ($+39.5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ per year⁻¹) and potassium ($+19.6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ per year⁻¹) and slightly negative one for phosphorus ($-1.5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ per year⁻¹) were noted.

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

WSTĘP

Nadrzędnym czynnikiem w uzyskiwaniu odpowiednio wysokich i stabilnych plonów w ekologicznym systemie uprawy roślin jest stosowanie rozbudowanego zmianowania z uwzględnieniem międzyplonów i stosowaniem słomy, obornika, kompostu, czy innych

Redaktor prowadzący: *Stanisława Roztropowicz-Szkubel*

rodzajów dostępnych nawozów naturalnych i organicznych, nie tylko jako źródeł substancji organicznej, ale przede wszystkim składników pokarmowych (Tyburski, Zakowska-Biemans, 2007). Właściwie skonstruowany płodozmian oraz stosowanie nawozów naturalnych czy organicznych w warunkach zaprzestania stosowania syntetycznych nawozów czy chemicznych środków ochrony roślin spełniać powinny podstawową funkcję aktywizowania naturalnych mechanizmów sprzyjających uprawianym gatunkom roślin oraz ochronną zapobiegającą lub ograniczającą występowanie chorób, szkodników czy chwastów (Duer, 2001; Gruczek i in., 2005; Tyburski i in., 2008). Prowadzenie monitoringu obiegu podstawowych składników pokarmowych w układzie gleba — roślina oraz ich bilansowanie umożliwi racjonalne gospodarowanie i pozwala kształtować właściwą żyzność gleby, co jest szczególnie potrzebne w tym systemie produkcji (Kryzstoforski, Stachowicz, 2008).

Celem badań było określenie bilansu podstawowych składników pokarmowych, azotu, fosforu i potasu w poszczególnych członach płodozmianu prowadzonego w systemie ekologicznym na glebie lekkiej.

MATERIAŁ I METODY

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB Oddział Jadwisin w 5-letniej rotacji płodozmianu ekologicznego zlokalizowanego na glebie lekkiej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego określono bilans podstawowych składników pokarmowych (N, P, K) za lata 2008–2012. Zawartość składników N, P, K w glebie w analizowanym okresie badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zmiany zawartości azotu ogólnego (%) oraz przyswajalnych form fosforu i potasu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w glebie
Changes of total nitrogen content (%) and available form of phosphorus and potassium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in the soil

Składnik Nutrient	Lata Years	
	2008	2012
N	0,04	0,04
P	82,8 — wysoka*/high	75,2 — wysoka*/high
K	58,1 — niska*/low	64,3 — niska*/low

* Klasa zasobności gleby — Class of soil fertility

Zmianowanie 5-polowe obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, gryka, mieszanka strączkowo-zbożowa (łubin żółty + owies), żyto i owies. Technologia uprawy wszystkich gatunków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. 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 mieszanki strączkowo-zbożowej, 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.

Wyliczenia bilansowe oparto o rzeczywiste dane dotyczące uzyskanych plonów i zawartości w nich składników pokarmowych na podstawie średnich za lata 2010–2012. Na podstawie wielkości uzyskanych plonów suchej masy i zawartości oznaczonych w suchej masie składników N, P, K określono pobranie ich z plonem uprawianych roślin. Bilans NPK sporządzono metodą „na powierzchni pola” (Mercik, 2002) wyliczając saldo bilansu składników (S_{pp}) ze wzoru:

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

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 wprowadzonego 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 25 i 12,5 t·ha⁻¹ oraz rzeczywistej zawartości w nim azotu, fosforu i potasu. Składników wnoszonych do gleby w formie nawozów mineralnych (S_{min}) nie uwzględniono, gdyż nawożenia mineralnego nie stosowano. Ponadto w przypadku salda azotu po stronie przychodu uwzględniono ilość azotu wiązane biologicznie przez bakterie symbiotyczne współżyjące z roślinami motylkowatymi (S_{bio}). W tym celu określono wielkość plonu głównego (nasiona) i ubocznego (słoma) uprawianego gatunku rośliny motylkowatej.

Tabela 2

Azot wiązany przez bakterie brodawkowe roślin motylkowatych (na podstawie różnych źródeł)
The nitrogen fixation by nodule bacteria of legume plants (based on different sources)

Roślina Plant	Rodzaj plonu Kind of crop	Ilość N symbiotycznie związanego Quantity of N symbiotic fixation	
		w 1 t s. m. części nadziemnych lub nasion (kg) in 1 t d. m. shoot or seeds (kg)	w resztkach poźniwnych (kg·ha ⁻¹) in crop residue (kg·ha ⁻¹)
Lucerna — Lucerne	siano — hay	21	112
Koniczyna — Clover	siano — hay	18	65
Wyka, Peluszką, Seradela Vetch, Field pea, Serradella	poplon — aftercrop	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

W zależności od wielkości uzyskanej masy plonu określono ilość azotu symbiotycznie związanego w glebie, uwzględniając również ilość azotu pozostającą w resztkach

poźniowych i korzeniowych roślin motylkowatych (tab. 2) — Gorlach i Mazur (2001). W odniesieniu do mieszanki łubinu z owsem przyjęto o połowę mniejszą niż wykazana w tabeli nr 2, ilość azotu symbiotycznie wiązanej przez ten gatunek rośliny.

Ilość azotu z opadów atmosferycznych (S_{atm}) przyjęto, że wynosi $17 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na rok (Mercik, 2002), natomiast ilości fosforu i potasu ustalono odpowiednio na $0,4 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ na rok oraz $4 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ na rok (Barszczewski, Burs, 2003). W celu obliczenia ilości składników wyniesionych z pola (S_{wyn}) uwzględniono rzeczywiste wielkości uzyskanych plonów głównych (ziarno, nasiona, bulwy) oraz zawartości w nich NPK. Plonu ubocznego (słoma, łąty) roślin głównych oraz masy roślin międzyplonowych nie uwzględniono jako pozycji wynoszenia składników, gdyż pozostawały na polu i były przyorywane.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach wykazano, że spośród roślin podstawowych, najwięcej azotu z plonem głównym pobrały ziemniaki a najmniejszą ilością pobrania tego składnika charakteryzował się łubin z owsem. Z kolei w odniesieniu do uprawy łubinu z owsem stwierdzono największe pobranie azotu z plonem ubocznym (słoma). Mniejsze pobranie azotu z plonem głównym łubinu z owsem w porównaniu do pozostałych gatunków roślin wynikało ze stosunkowo niskiego plonu uprawianej mieszanki w tym płodozmianie. Znacznie większe w porównaniu do podstawowych uprawianych gatunków roślin pobranie azotu stwierdzono w przypadku stosowanych międzyplonów. Peluszką charakteryzowała się nieznacznie mniejszą ilością pobranego azotu, niż seradela (tab. 3).

Tabela 3

Pobranie składników pokarmowych ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w biomase roślin głównych i międzyplonów. Średnie z lat 2010–2012

The uptake of nutrients ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in biomass of main yield plants and intercrops. Mean of years 2010–2012

Składnik Nutrient	Element Element	Ziemniak Potato	Gryka Buckwheat	Łubin+Owies Lupine+Oat	Żyto Rye	Owies Oat	Peluszką Field pea	Seradela Serradella
N	Plon główny* Main yield*	63,0	36,2	24,4	37,0	38,4	—	—
N	Plon uboczny** By-product yield**	10,4	47,1	52,3	43,6	25,2	123,4	125,2
P	Plon główny* Main yield*	16,7	8,0	5,7	11,2	9,4	—	—
P	Plon uboczny** By-product yield**	9,5	17,8	12,1	15,3	8,8	12,2	16,2
K	Plon główny* Main yield*	114,8	11,8	31,7	14,6	11,7	—	—
K	Plon uboczny** By-product yield**	14,9	74,0	68,4	20,0	11,0	79,2	84,6

* Bulwy, ziarno, nasiona — Potato, grain, seeds

** Międzyplony, słoma, łąty — Intercrops, straw, haulm

W przypadku uprawy ziemniaka stwierdzono również największe pobranie fosforu i potasu z plonem głównym. Z kolei najmniejszym fosforu pobrały nasiona i ziarno łubinu z owsem, natomiast potasu ziarno owsa i nasiona gryki. Podobnie jak w przypadku azotu

więcej fosforu i potasu z gleby pobrała seradela niż peluszką. Generalnie oprócz ziemniaków i owsa większe pobranie azotu, fosforu i potasu zanotowano z plonem ubocznym, niż z plonem głównym roślin zmianowania (tab. 3), co wynikało z wielkości uzyskanych plonów głównych i ubocznych w odniesieniu do uprawianych gatunków (tab. 4).

Tabela 4

Bilans NPK (kg·ha⁻¹) ekologicznego płodozmianu na glebie lekkiej
Balance of NPK (kg·ha⁻¹) in organic crop rotation on light soil

Roślina Plant	Plon t·ha ⁻¹ Yield t·ha ⁻¹	Składniki wniesione Inputs			Składniki wyniesione Outputs			Różnica bilansowa Balance difference		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Ziemniak — Potato + Obornik — Manure (25 t·ha ⁻¹)	5,6*/0,56**	+97,5	+27,5	+175,0	-63,0	-16,7	-114,8	+34,5	+10,8	+60,2
Gryka — Buckwheat	1,9*/4,4**				-36,2	-8,0	-11,8	-36,2	-8,0	-11,8
Łubin+Owies — Lupine+Oat	1,7*/3,9**	+45,0			-24,4	-5,7	-31,7	+20,6	-5,7	-31,7
Żyto — Rye + Seradela — Serradella	3,6*/4,9** 2,2***	+48,8			-37,0	-11,2	-14,6	+11,8	-11,2	-14,6
Owies — Oat +Obornik — Manure (12,5 t·ha ⁻¹) + Peluszką — Field pea	2,7*/2,6** 3,8***	+48,8 +71,2	+13,8	+87,5	-38,4	-9,4	-11,7	+81,6	+4,4	+75,8
Opad atmosferyczny (kg·ha ⁻¹ × lata) Precipitation (kg·ha ⁻¹ × years ⁻¹)		+85,0	+2,0	+20,0				+85,0	+2,0	+20,0
		Saldo bilansu Balance						+39,5	-1,5	+19,6

* Sucha masa plonu głównego (bulwy, ziarno, nasiona) — Dry matter of main yield (potato, grain, seeds)

** Sucha masa plonu ubocznego (słoma, łęty) — Dry matter of by-product yield (straw, haulm)

*** Sucha masa międzyplonów (część nadziemna) — Dry matter of intercrops (shoot)

Głównym źródłem azotu w płodozmianie były uprawiane międzyplony: peluszką i seradela, a także mieszanka strączkowo-zbożowa (łącznie w trzech członach zmianowania 165,0 kg·ha⁻¹) oraz obornik stosowany pod ziemniaki i owies (łącznie w dwóch członach zmianowania 146,3 kg·ha⁻¹) — tabela 4. Z uwagi na zastosowany obornik w uprawie owsa i ziemniaków stwierdzono nie tylko dodatnie saldo bilansowe azotu, ale również fosforu i potasu. Z kolei ujemne salda bilansowe wszystkich składników wykazano w uprawie gryki, natomiast w odniesieniu do fosforu i potasu uprawiając mieszankę strączkowo-zbożową oraz żyto.

W całym płodozmianie uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu (+39,5 kg N·ha⁻¹·rok⁻¹) i wykazana nadwyżka przekraczała 30 kg N·ha⁻¹ określonej jako wartość bezpieczna dla środowiska naturalnego (Rozporządzenie MŚ, 2002). Dodatkowo wynoszenie azotu z pól badanego zmianowania ograniczało się jedynie do zbioru plonów głównych, czyli ziarna żyta i owsa, nasion łąbinu i gryki oraz bulw ziemniaka. Dostarczony azot pochodzący z uprawy międzyplonów uwalniany może być przez 2–3 lata, a z zastosowanego obornika stopniowo do 3 lat 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. Największą dodatnią wartość bilansową azotu stwierdzono w członie zmianowania z owsem i ziemniakami (tab. 4), co jak podkreślono wcześniej wynikało głównie z zastosowania obornika pod ziemniaki i owies

oraz uprawy międzyplonu z gatunku motylkowatych 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 ($+19,6 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), ale nie stanowiło zagrożenia dla środowiska, a saldo bilansu fosforu nieznacznie ujemne ($-1,5 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), co wynikało głównie ze stosowania obornika, który stanowił jedyne i znacznie większe źródło wnoszonego do gleby potasu niż fosforu (tab. 4). W poprzedniej rotacji tego płodozmiaru (lata 2007–2009) wykazano mniejsze od obecnie stwierdzonego dodatnie saldo azotu ($+20,4 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) oraz ujemne saldo fosforu ($-3,1 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) i potasu ($-4,5 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) — Trawczyński (2010). Wynikało to głównie ze stosowania obornika tylko raz w rotacji płodozmiaru, pod ziemniaki. W obecnie analizowanej rotacji płodozmiaru zwiększono dawkę obornika, co spowodowało się do 2-krotnego jego zastosowania, pod ziemniaki i owies, a tym samym poprawy salda bilansu wszystkich składników, a szczególnie korzystne, z ujemnego na dodatnie potasu. Z kolei wyniki uzyskane w obecnej rotacji odnośnie wartości bilansowej, szczególnie azotu wskazują, że w kolejnej rotacji płodozmiaru należy jeszcze raz skorygować ilość wnoszonych nawozów pod określone gatunki roślin. Aby nie doprowadzić do deficytu potasu dla uprawianych roślin, który jak wynika z tabeli nr 1, w glebie jest na poziomie niskim wydaje się, że bardziej zasadne będzie zastąpienie części dawki obornika, a tym samym obniżenie ilości wnoszonego azotu, zastosowaniem potasu w formie dopuszczanych do stosowania w rolnictwie ekologicznym nawozów z naturalnych kopalin zawierających ten składnik.

Wykazane w badaniach saldo bilansu fosforu i potasu zbieżne było z oceną zasobności gleby w te składniki. W analizowanym okresie zawartość fosforu w glebie nieznacznie obniżyła się, natomiast potasu wzrosła (tab. 1). 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 składników ocenianych w systemie ekologicznym były ujemne, a zwłaszcza potasu, co w głównej mierze, jak tłumaczyli badacze wynikało z oparcia się wyłącznie na produkcji roślinnej, a to utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu koniczyny z trawami i najbardziej zaburzało obieg potasu i azotu w ramach tego systemu. Mankamentem płodozmiaru 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 stanowiące 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. Największe wniesienie azotu do gleby uzyskano w członie zmianowania z uprawą owsa, stosując przed uprawą tego gatunku obornik oraz wysiewając po zbiorze międzyplon peluszek na przyoranie.
2. Największe wniesienie fosforu i potasu stwierdzono w członie z ziemniakami stosując pełną dawkę obornika — $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale jednocześnie na tym członie zmianowania uzyskano największy plon suchej masy i wynoszenie wszystkich składników (NPK) z plonem bulw ziemniaka.
3. Największy ujemny bilans fosforu uzyskano w uprawie żyta, a potasu uprawiając łubin z owsem, natomiast w odniesieniu do azotu ujemny bilans stwierdzono w członie zmianowania z uprawą gryki.
4. W pięciopolowym zmianowaniu (ziemniak + obornik, gryka, łubin żółty + owies, żyto + wsiewka seradeli, owies + obornik + międzyplon peluszek) na glebie lekkiej prowadzonym w systemie ekologicznym uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu ($+39,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i potasu ($+19,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz nieznacznie ujemne saldo bilansu fosforu ($-1,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

LITERATURA

- Barszczewski J., Burs W. 2003. Polowe bilanse azotu, fosforu i potasu w gospodarstwie na przykładzie Zakładu Doświadczalnego w Falentach. Woda — Środowisko — Obszary Wiejskie. T. 3, z. 1 (7): 25 — 37.
- Barszczewski J., Jankowska-Huflejt H., Wolicka M. 2007. Bilans azotu, fosforu i potasu w zróżnicowanych obszarowo gospodarstwach ekologicznych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 52 (3): 5 — 9.
- Borówczak F., Alaszkiwicz M., Miłkowska A. 2007. Bilans azotu w wybranych gospodarstwach rolnych gmin Święciechowa i Wschowa. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 52 (3): 15 — 18.
- Borówczak F., Alaszkiwicz M., Miłkowska A., Szamańska K. 2008. Bilans fosforu i potasu w wybranych gospodarstwach rolnych trzech gmin regionu leszczyńskiego. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 53 (3): 18 — 21.
- Duer I. 2001. Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy: 52 ss.
- 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, wyd. IHAR Oddział Jadwisin 34: ss.
- Krysztoforski M., Stachowicz T. 2008. Płodozmian w gospodarstwie ekologicznym. Instrukcja, wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: 44 ss.
- Mercik S. (red.). 2002. Chemia rolna — Podstawy teoretyczne i praktyczne. Wyd. SGGW Warszawa: 256 — 263.

- 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.
- Stalenga J., Jończyk K., Kuś J. 2004. Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1: 383 — 389.
- Trawczyński C. 2010. Bilans składników w ekologicznym systemie produkcji roślinnej na glebie lekkiej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań*, vol. 55 (4): 166 — 168.
- Tyburski J., Żakowska-Biemans S. 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. W: *Zasady uprawy roślin w gospodarstwie ekologicznym*. Wyd. SGGW Warszawa: 29 — 102.
- Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforowski M. 2008. Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. Instrukcja, wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: 24 ss.