

**CEZARY TRAWCZYŃSKI**

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

## Właściwości chemiczne gleby lekkiej w ekologicznym systemie produkcji

### **The chemical properties of light soil in organic system of agricultural production**

Celem badań przeprowadzonych w latach 2007–2014 była ocena zmian właściwości chemicznych gleby lekkiej (odczynu, zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego, przyswajalnych form fosforu, potasu, magnezu oraz manganu, cynku, miedzi, boru i żelaza) w płodozmianie ekologicznym. Zmianowanie obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, owies, gryka, mieszanka strączkowo-zbożowa (łubin żółty z owsem), żyto. Źródłem składników pokarmowych był obornik stosowany pod ziemniaki ( $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i pod owies ( $12,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), przyorywana słoma i biomasa roślin międzyplonowych (peluszką, gorczyca biała, seradela), wapno węglanowe. Próbkę glebowe z warstwy 0–20 cm pobierano jesienią każdego roku. Analizy chemiczne gleby wykonywano w laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej. Stwierdzono poprawę odczynu gleby, stabilizację poziomu azotu ogólnego oraz węgla organicznego w glebie. Zawartość magnezu oraz fosforu w ciągu ośmiu lat wzrosła i jest wysoka, a potasu zmalała i jest na poziomie niskim. Zawartości przyswajalnych form mikroelementów: manganu, miedzi, boru i żelaza w kolejnych ośmiu latach badań wzrosły, a cynku zmalała. Poziom manganu i miedzi jest średni, a boru i żelaza niski.

**Słowa kluczowe:** makroelementy, mikroelementy, odczyn, węgiel organiczny

The aim of investigation conducted in the years 2007–2014 was to estimate the chemical properties of a light soil (soil pH, content of organic carbon, total nitrogen, available forms of phosphorus, potassium, magnesium and manganese, zinc, copper, boron and iron) in organic crop rotation. The crop rotation included following agricultural plant species: potato, oat, buckwheat, legume-cereal mixture (yellow lupine with oat), rye. The source of nutrient components were: manure in dose of  $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  applied before the potato cultivation and manure in dose of  $12.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  applied before the oat cultivation, straw, biomass of intercrop plants (field pea, white mustard, serradella) and carbonate lime. The samples were taken from soil layer 0–20 cm in autumn every year. The analysis of soil chemical properties in laboratory of Agricultural Chemical Station was used. The improvement of soil reaction, stable levels of total nitrogen and organic carbon in the soil were stated. The content of magnesium and phosphorus increased in the course of eight years and is high, but potassium decreased and is low. The content of available forms of microelements: manganese, copper, boron and iron in the course of eight tested years increased while zinc decreased. The level of manganese and copper is medium but boron and iron is low.

**Key words:** carbon organic, macroelements, microelements, reaction

## WSTĘP

Utrzymanie odpowiednio wysokiej produktywności uprawianych w płodozmianie roślin zależy w znacznej mierze od zasobu składników pokarmowych w glebie. Żyzność i produktywność gleby kształtowana poziomem składników pokarmowych ma szczególne znaczenie w warunkach rolnictwa ekologicznego, w którym nie dopuszcza się stosowania syntetycznych nawozów mineralnych, będących podstawowym źródłem składników w rolnictwie konwencjonalnym (Duer, 2001). Dlatego w systemie produkcji ekologicznej właściwie skonstruowany płodozmián, a także stosowanie nawozów naturalnych i organicznych stanowiąc podstawę zapobiegania spadkowi zawartości próchnicy oraz składników pokarmowych (makro- i mikroelementów) w glebie (Krysztoforski, Stachowicz, 2008; Tyburski i in., 2008). Ujemną cechą rolnictwa ekologicznego z punktu widzenia rolnika są uzyskiwane niższe plony w stosunku do plonów z innych systemów uprawy roślin (Nowacki i in., 2010, 2011, 2014). Do czynników limitujących poziom plonowania roślin w systemie ekologicznym, poza deficytem składników pokarmowych w glebie wywołanym ograniczeniem w stosowaniu nawozów mineralnych, należą choroby i szkodniki ze względu na zakaz stosowania chemicznych środków (Gruczek i in., 2005). Nieprawidłowy sposób nawożenia, szczególnie w systemie produkcji ekologicznej, w krótkim czasie prowadzić może do obniżenia zawartości próchnicy, zakwaszenia i wyczerpywania gleby z przyswajalnych form składników pokarmowych, czyli generalnie zubożenia gleby (Blecharczyk i in., 2005; Tyburski i in., 2008). W warunkach produkcyjnych, czyli pobierania i wynoszenia składników makro- i mikroelementowych wraz z plonami, może dochodzić do ich deficytu w glebie, stąd wynika konieczność okresowej kontroli zasobności gleby.

Celem badań była ocena właściwości chemicznych gleby lekkiej na przestrzeni 8 lat uprawy roślin w systemie ekologicznym.

## MATERIAŁ I METODY

Ocena zmian właściwości chemicznych gleby na polu doświadczalnym prowadzonym w systemie ekologicznym, należącym do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Jadwisin obejmowała lata 2007–2014. Była to gleba lekka, wytworzona z piasków gliniastych (pg) o składzie granulometrycznym: 75% piasku, 14% pyłu i 11% iłu (PTG, 2009). W klasyfikacji gleb użytkowanych rolniczo glebę tę zaliczono do kompleksu żytniego dobrego. W zmianowaniu 5-polowym uprawiano następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, owies, grykę, mieszanekę strączkowo-zbożową (łubin żółty z owsem), żyto. Powierzchnia eksperymentalnego pola doświadczalnego wynosiła ogółem 2 ha, a jeden gatunek zajmował powierzchnię 0,4 ha. Technologia uprawy wszystkich gatunków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie w zmianowaniu stanowił obornik stosowany pod ziemniaki w dawce 25 t·ha<sup>-1</sup> świeżej masy (6,07 t·ha<sup>-1</sup> suchej masy) i pod owies w dawce 12,5 t·ha<sup>-1</sup> świeżej masy (3,03 t·ha<sup>-1</sup> suchej masy), przyorywana słoma:

żytnia w dawce 5,40 t·ha<sup>-1</sup>, łubinu żółtego z owsem 3,78 t·ha<sup>-1</sup>, gryczana 3,64 t·ha<sup>-1</sup>, owsiana 2,49 t·ha<sup>-1</sup>, łąty ziemniaka 0,52 t·ha<sup>-1</sup> suchej masy, biomasa roślin międzyplonowych (seradela wsiewana w żyto 2,00 t·ha<sup>-1</sup>, gorczyca biała uprawiana po gryce 2,40 t·ha<sup>-1</sup>, peluszką uprawianą po owsie 3,30 t·ha<sup>-1</sup> suchej masy) oraz stosowane jesienią po uprawie ziemniaków wapno węglanowe (45% CaO) w dawce 3,00 t·ha<sup>-1</sup>. Warunki meteorologiczne w poszczególnych latach oceniono na podstawie sumy opadów i średnich temperatur powietrza okresów wegetacji (od kwietnia do września włącznie) w porównaniu do średniej z wielolecia (tab. 1). Wynika z nich, że poszczególne okresy wegetacji w latach badań różniły się zarówno pod względem sumy opadów, jak i średnich temperatur powietrza. W latach 2007, 2010, 2011, 2012 i 2013 zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia, natomiast w latach 2008, 2009 i 2014 poniżej średniej z wielolecia. Z kolei tylko w okresie wegetacji lat 2009 i 2014 zanotowano temperatury powietrza powyżej średniej z wielolecia, natomiast w pozostałych okresach wegetacji temperatury były niższe lub zbliżone do średniej z wielolecia. Uogólniając można stwierdzić, że przeważały lata wilgotne i chłodne.

Tabela 1

**Sumy miesięcznych opadów (mm) oraz średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) w latach badań w porównaniu do średnich wieloletnich z lat 1967–2014**  
**Sums of monthly precipitation (mm) and mean monthly air temperature (°C) in the years of research in comparison to long-term averages for 1967–2014**

Rok Year	Miesiące Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Opady Precipitation							
<b>1967–2014</b>	<b>36,0</b>	<b>55,0</b>	<b>76,0</b>	<b>79,0</b>	<b>60,0</b>	<b>48,0</b>	<b>354,0</b>
2007	16,3	78,4	109,6	54,1	74,3	103,7	436,4
2008	29,3	62,9	43,5	68,8	80,9	48,8	334,2
2009	0,0	80,8	72,4	85,6	83,1	18,8	340,7
2010	9,7	166,8	64,0	96,7	105,3	71,3	513,8
2011	26,8	33,1	44,8	278,1	57,1	18,5	458,4
2012	54,3	52,4	96,6	92,2	87,2	26,9	409,6
2013	51,1	130,0	105,4	17,1	97,7	94,0	495,3
2014	61,1	41,3	69,8	23,5	79,2	11,9	286,8
Temperatura powietrza Air temperature							
<b>1967–2014</b>	<b>7,8</b>	<b>13,6</b>	<b>16,5</b>	<b>18,4</b>	<b>17,7</b>	<b>13,1</b>	<b>14,5</b>
2007	7,8	13,1	15,7	17,6	17,8	10,8	13,8
2008	7,4	13,6	17,1	18,1	17,6	11,6	14,2
2009	9,7	12,3	17,3	21,3	17,3	14,2	15,4
2010	8,1	12,4	16,5	20,0	18,2	11,1	14,4
2011	9,7	13,2	17,5	17,0	15,3	13,7	14,4
2012	7,9	13,9	15,6	15,2	17,4	12,8	13,8
2013	6,3	15,7	17,2	18,7	18,2	10,3	14,4
2014	10,3	14,1	15,8	21,5	18,2	14,8	15,8

Jesienią każdego roku z warstwy 0–20 cm przy pomocy laski Egnera z każdego pola zmianowania pobierano próbki glebowe, w których określono: odczyn gleby w 1n KCl, zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, przyswajalnych form fosforu, potasu,

magnezu oraz manganu, cynku, miedzi, boru i żelaza. Próbkę zbiorczą o masie około 0,5 kg z każdego pola stanowiła mieszanina gleby składająca się z 25–30 pobrań. Analizy chemiczne gleby wykonano w laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie. W wysuszonych próbach oznaczono zawartość węgla organicznego metodą Tiurina, azotu ogólnego metodą destylacyjno-miareczkową Kjeldahla, fosfor i potas przyswajalny metodą Egnera-Riehma, magnez metodą Schachtschabella oraz mangan, miedź, cynk, boru i żelazo metodą Rinkisa. Uzyskane w poszczególnych latach zawartości przyswajalnych form makro- i mikroelementów odniesiono do ustalonych klas zasobności, przedziałów wartości granicznych w glebie (Zalecenia nawozowe, 1985). Wyniki doświadczeń opracowano posługując się analizą wariancji. Porównanie średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza gleby w kolejnych latach prowadzenia badań wykazała zróżnicowanie właściwości chemicznych gleby (tab. 2). Dość korzystnie na przestrzeni analizowanych lat kształtowały się zmiany odczynu (pH w KCl) gleby. Pomiedzy pierwszym (2007) i ostatnim (2014) rokiem badań zanotowano obniżenie kwasowości gleby o jedną jednostkę, a odczyn zmienił się z kwaśnego na lekko kwaśny, co prawdopodobnie związane było z systematycznym wapnowaniem gleby i stosowaniem obornika (Strączyńska, 1998; Rabikowska, Piszcz, 2000; Mazur, 2011). Spośród analizowanych makroelementów największe zmiany dotyczyły zawartości fosforu w glebie. Na przestrzeni ośmiu lat udowodniono istotne zmniejszenie poziomu fosforu przyswajalnego w glebie, co przejawiało się zmianą z bardzo wysokiej do wysokiej klasy zasobności tego składnika w glebie. Niekorzystnie kształtowała się zawartość potasu w glebie. W prawdzie spadek pomiędzy pierwszym i ostatnim rokiem badań był nieistotny, to jednak poziom początkowy (2007 rok) tego składnika w glebie był niski i prawdopodobnie w najbliższym czasie konieczne będzie zastosowanie uzupełniającego nawożenia tym składnikiem w formie jednego z nawozów dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Spadek zawartości potasu oraz fosforu w glebie wynikał prawdopodobnie, poza zaprzestaniem wnoszenia tych składników w nawozach mineralnych, z tego, że jedynym źródłem zewnętrznym wnoszenia ich do gleby był obornik zawierający znacznie mniej fosforu ( $3,89 \text{ g P}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) niż potasu ( $29,37 \text{ g K}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Ponadto uprawa w zmianowaniu ziemniaka, charakteryzującego się znacznym pobieraniem i wynoszeniem z plonem bulw fosforu, a szczególnie potasu, przyczynić się mogła do obniżania przyswajalnych form tych składników w glebie. Zdecydowanie korzystniej w porównaniu do fosforu i potasu kształtowały się zmiany magnezu w glebie. W 2014 roku stwierdzono wzrost zawartości magnezu w glebie o około 8% w stosunku do pierwszego (2007) roku badań, a na przestrzeni analizowanych lat zasobność tego składnika w glebie utrzymywała się na poziomie wysokim i bardzo wysokim. Korzystny wpływ stosowania obornika, szczególnie w połączeniu z wapnowaniem, na odczyn i zasobność gleby między innymi w magnez znalazło potwierdzenie we wcześniejszych badaniach własnych i innych badaczy (Rutkowska i in., 2002; Kalembasa i in., 2005; Trawczyński, 2006; 2013 a).

**Zmiany właściwości chemicznych gleby w latach badań**  
**Changes of soil chemical properties in the years**

Składnik Element	Lata Years							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
pH (1n KCl)	5,1	5,3	5,6	5,5	5,6	5,7	5,9	6,1
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,4							
P (mg·kg <sup>-1</sup> )	98,1	95,4	89,8	76,2	79,1	75,3	77,8	81,4
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	16,4							
K (mg·kg <sup>-1</sup> )	67,6	78,4	78,4	58,5	52,7	64,3	62,0	50,2
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	19,9							
Mg (mg·kg <sup>-1</sup> )	62,9	75,5	79,1	76,0	72,7	75,1	76,3	68,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	10,5							
Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	2,1	2,3	2,8	2,5	3,2	3,6	4,7	4,4
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,7							
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	5,4	5,8	5,8	5,8	5,0	5,1	5,1	5,0
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n. — n.s.							
Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )	100,7	104,1	124,9	108,4	109,9	129,3	112,1	138,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	23,6							
Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )	546,0	629,0	579,0	541,0	568,0	637,0	608,0	695,0
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	120,0							
B (mg·kg <sup>-1</sup> )	0,28	0,29	0,28	0,26	0,38	0,33	0,38	0,56
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,15							
N ogólny — N total (%)	0,03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,01							
C orgniczny — C organic (%)	0,44	0,53	0,59	0,56	0,54	0,51	0,55	0,59
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n. — n.s.							
C — N	15:1	11:1	12:1	11:1	9:1	10:1	11:1	12:1
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	3:1							

Na przestrzeni ośmiu lat prowadzenia doświadczenia w różnym stopniu zmieniała się również zasobność gleby w przyswajalne formy mikroelementów (tab. 2). Zawartość miedzi, manganu, boru i żelaza wzrosła, a cynku nie zmieniała się istotnie, pomiędzy pierwszym i ostatnim rokiem badań, jednak nie spowodowało to zmiany klas zasobności gleby w te składniki. Zawartość miedzi, manganu i cynku kształtowała się na poziomie średnim, natomiast zawartość boru i żelaza była niska. Rutkowska i in. (2002) na przestrzeni 20 lat prowadzenia oceny zasobności gleby w mikroelementy stwierdzili, że zrównoważone nawożenie organiczne uzupełnione wapnowaniem nie spowodowało istotnych zmian zawartości tych składników w glebie. W przeprowadzonych badaniach pod wpływem wnoszonego obornika i wapnowania najkorzystniej kształtowały się zmiany boru i żelaza, co prawdopodobnie było spowodowane ich ogólnie niskim poziomem w glebie, manganu ze względu na znaczny udział tego mikroelementu w oborniku oraz miedzi, co wynikać mogło z poprawy odczynu gleby.

Jednym z głównych mierników żyzności gleby jest zawartość węgla organicznego, który jednocześnie stanowi podstawowy wyznacznik zdolności produkcyjnej gleby (Maćkowiak, Żebrowski, 1999; Mercik i in., 1999; Janowiak, Spychaj-Fabisiak, 2006). Zawartość węgla organicznego w glebie w 2014 roku, w porównaniu do pierwszego (wyjściowego) roku badań wzrosła o 25%. Pomędzy analizowanymi latami zawartość węgla organicznego utrzymywała się na względnie stałym poziomie, nieodróżnionym

istotnie. Taki kierunek zmian może wynikać z faktu, że w analizowanym systemie produkcji dość znaczna masa organiczna wnoszona w formie obornika, słomy i resztek poźniowych czy biomasy roślin międzyplonowych początkowo w różnym stopniu jest unieruchamiana, a następnie poddawana wydłużonemu procesowi humifikacji z uwagi na brak azotu mineralnego w glebie (Janowiak, Murawska, 1999; Sosulski i in., 2005). W literaturze szeroko udokumentowany jest fakt, że zmiany właściwości chemicznych gleby, szczególnie próchnicy pod wpływem stosowania różnego rodzaju nawozów organicznych, zwłaszcza nie uzupełnionych nawożeniem mineralnym są procesem długofalowym, ale i bardzo trwałym (Urbanowski i in., 1999; Łabętowicz i in., 2000; Mercik i in., 2000; Rutkowska i in., 2002; Koper, Lemanowicz, 2006). Jak wykazały badania ustabilizowany poziom węgla organicznego w dłuższym przedziale czasowym zapewnił odpowiednio wysoki poziom plonowania uprawianych gatunków roślin (Mazur 1995; Łabętowicz, 1999; Trawczyński, 2010, 2013 b). Po 5-letnim okresie badań przy różnych sposobach nawożenia płodozmianu: mineralnym, organiczno-mineralnym i organicznym Stępień (2000) wykazał wzrost odczynu gleby, zawartości próchnicy, azotu, fosforu, potasu oraz magnezu, ale najkorzystniejsze zmiany dotyczące odczynu, poziomu azotu, fosforu i magnezu stwierdził w glebie nawożonej według zasad rolnictwa ekologicznego.

Zawartość węgla organicznego w znacznym stopniu zbieżna jest z zawartością azotu ogólnego w glebie, co znalazło potwierdzenie w literaturze (Janowiak, Murawska, 1999; Blombäck i in., 2003; Kołodziejczyk, 2005) i uzyskanych wynikach badań. W odniesieniu do analizowanych lat badań (2007–2014) nie stwierdzono istotnego zróżnicowania poziomu azotu ogólnego w glebie. Z uwagi na dość niski poziom węgla organicznego w glebie stosunek C : N był nieco rozszerzony, ale w przedziale od 15 : 1 do 9 : 1 należy za prawidłowy (Siebielec i in., 2012). Występujące zróżnicowanie zawartości węgla organicznego i innych składników w glebie zależy nie tylko od uprawianych gatunków roślin i rodzaju stosowanego nawożenia, ale również układu warunków pogodowych (Mercik i in., 1999; Kulig i in., 2005; Murphy i in., 2007; Takata i in., 2008). W przeprowadzonych badaniach wykazano, w odniesieniu do niektórych składników, zbieżność ich zmian w glebie w zależności od układu warunków pogodowych w okresie wegetacji. W latach z niedoborem opadów w okresie wegetacji (2008–2009, 2014) oraz temperaturą powietrza powyżej średniej z wielolecia (2009–2014), z reguły stwierdzano większy poziom składników w glebie, niż w lata z opadami powyżej średniej z wielolecia i chłodniejsze, co wynikać mogło z mniejszego pobierania i wynoszenia składników pokarmowych z plonami uprawianych gatunków roślin w warunkach niedoboru wody.

#### WNIOSKI

1. W warunkach ekologicznego systemu produkcji odczyn gleby na przestrzeni ośmiu lat badań uległ poprawie i stwierdzony w 2014 roku (pH w 1 n KCl 6,1 — lekko kwaśny) należy uznać za właściwy dla gleby lekkiej.

2. Zawartości przyswajalnych form fosforu i magnezu, zgodnie z kryteriami ich wyceny w glebie lekkiej, utrzymywały się na poziomie wysokim, natomiast zawartość potasu była niska.
3. W odniesieniu do kryteriów wyceny zawartości mikroelementów w glebie, analiza wykazała, że poziom manganu, miedzi i cynku był średni, natomiast boru i żelaza niski.
4. Ze względu na niski poziom potasu, żelaza i boru, pomimo obecnie stosowanego nawożenia w tym płodozmianie należy rozważyć możliwość wprowadzenia systematycznego nawożenia w formie odpowiednich nawozów wieloskładnikowych spośród zakwalifikowanych do stosowania w rolnictwie ekologicznym.
5. Stwierdzono, że zawartość azotu ogólnego w glebie była stabilna, zawartość węgla organicznego generalnie niska, ale średni dla wielolecia stosunek C : N utrzymujący się w zakresie 11 : 1 określić można jako poprawny.

#### LITERATURA

- 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.
- Duer I. 2001. Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. *Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy*, ss. 52.
- Gruczek T., Nowacki W., Zarzyńska K. 2005. Ekologiczny system produkcji ziemniaków. *IHAR Oddział Jadwisin*, ss. 34.
- Janowiak J., Murawska B. 1999. Kształtowanie się ogólnej zawartości C i N w glebie pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego w wieloletnim doświadczeniu statycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 465: 331 — 339.
- Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E. 2006. Próchnicotwórcza rola słomy przyorywanej bez obornika i razem z obornikiem na tle zróżnicowanego nawożenia azotem na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 512: 201 — 207.
- Kalembasa S., Tkaczuk Cz., Felczyński K. 2005. Wpływ wieloletniego stosowania obornika i nawożenia mineralnego na zawartość wybranych makroelementów w glebie. *Fragm. Agro.* XXII, 1 (85): 111 — 116.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Sobol Z., Baran D. 2005. Wpływ zróżnicowanego nawożenia na właściwości gleby lekkiej i ciężkiej. *Fragm. Agronom.* (XXII) Nr 1 (85): 446 — 455.
- Koper J., Lemanowicz J. 2006. Kształtowanie się wybranych właściwości biochemiczno-chemicznych gleby pól pod wpływem wieloletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 512: 357 — 362.
- Krysztoforski M., Stachowicz T. 2008. *Płodozmian w gospodarstwie ekologicznym*. Wyd. CDR Radom: 44 ss.
- Kulig B., Szafranski W., Zajac T. 2005. Plonowanie międzyplonu w stanowisku po bobiku oraz zawartość węgla organicznego w glebie w zależności od przebiegu pogody. *Acta Agrophys.* 3 (2): 307 — 315.
- Łabętowicz J., Kuszelewski L., Korc M., Szulc W. 1999. Znaczenie nawożenia organicznego dla trwałości plonów i równowagi jonowej gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 465: 123 — 134.
- Łabętowicz J., Korc M., Szulc W., Rutkowska B. 2000. Zmiany zasobności gleby lekkiej w przyswajalne formy mikroelementów w warunkach wieloletniego stosowania obornika. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211 *Agricultura* (84): 241 — 244.
- Maćkowiak Cz., Żebrowski J. 1999. Wpływ nawożenia obornikiem i doboru roślin w zmianowaniu na zawartość w glebie węgla organicznego i azotu ogólnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 465: 341 — 351.
- Mazur T. 1995. Stan i perspektywa bilansu substancji organicznej w glebach uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 421 a: 267 — 276.

- Mazur Z. 2011. Wpływ długotrwałego stosowania obornika i słomy łącznie z nawozami mineralnymi na niektóre właściwości gleby płowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 565: 201 — 206.
- Mercik S., Stępień W., Gębski M. 1999. Yield of plants and some chemical properties of soil in 75-years field experiments in Skierniewice. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 465: 39 — 49.
- Mercik S., Stępień W., Łabętowicz J. 2000. Żyzność gleby w trzech systemach nawożenia: mineralnym, organicznym i organiczno-mineralnym w doświadczeniach wieloletnich. Cz. II. Właściwości chemiczne gleb. *Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura* (84): 317 — 322.
- Murphy D. V., Stockdale E. A., Poulton P. R., Willson T. W., Goulding K. W. T. 2007. Seasonal dynamic of carbon and nitrogen pools and fluxes under continuous arable and ley-arable rotations in a temperate environment. *Europ. J. Soil Sci.* 58: 1410 — 1424.
- Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Szutkowska M., Wierzbicka A., Barbaś P. 2010. Streszczenia wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2009 roku. [W]: Poprawa efektywności produkcji roślinnej w systemie ekologicznym poprzez stosowanie nawadniania ze szczególnym uwzględnieniem uprawy ziemniaka. MR i RW, Wyd. Rolnictwa Ekologicznego: 65 — 76.
- Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Barbaś P., Szutkowska M., Wierzbicka A. 2011. Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego w 2010 roku. W: Nawadnianie oraz ochrona roślin w systemie ekologicznym czynnikami utrzymującymi wysoką żyzność gleby oraz stabilizującymi i poprawiającymi jakość plonów (ze szczególnym uwzględnieniem ziemniaka). MR i RW, Wyd. Rolnictwa Ekologicznego: 63 — 74.
- Nowacki W., Goliszewski W., Czerko Z., Zarzyńska K., Lutomińska B., Trawczyński C., Wierzbicka A., Barbaś P., Jankowska J., Pietraszko M. 2014. Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2013 roku. W: Uprawa ziemniaka metodami ekologicznymi. Wyd. MRiRW, Wyd. Rolnictwa Ekologicznego: 244 — 259.
- PTG 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych — PTG 2008. *Roczn. Glebozn. — Soil Sci. Ann.* 60 (2): 5 — 16.
- Rabikowska B., Piszcz U. 2000. Zakres i zasięg zmian odczynu i właściwości sorpcyjnych w glebie płowej pod wpływem długoletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura* (84): 423 — 428.
- Rutkowska B., Szulc W., Łabętowicz J., Korc M., Sałajczyk M. 2002. System nawożenia jako czynnik determinujący zasobność gleby w przyswajalne formy składników pokarmowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 484: 537 — 547.
- Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Terelak H., Koza P., Hryńczuk B., Łysiak M., Miturski T., Gałązka R., Suszek B. 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w latach 2010–2012. Raport końcowy. Puławy 2012: 202 ss.
- Sosulski T., Stępień M., Szara E., Mercik S. 2005. Akumulacja azotu w glebie oraz bilans tego składnika w doświadczeniach wieloletnich. *Fragm. Agron.* XXII 1 (85): 265 — 273.
- Stępień A. 2000. Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura* (84): 459 — 464.
- Strączyńska S. 1998. Zmiany odczynu i właściwości sorpcyjnych gleb piaszczystych pod wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego, organicznego i organiczno-mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456: 165 — 168.
- Takata Y., Funakowa S., Yanai J., Mishima A., Ashalov K., Ishida N., Kosaki T. 2008. Influence of crop rotation system on the spatial and temporal variation of the soil organic carbon budget in northern Kazakhstan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 54: 159 — 171.
- Trawczyński C. 2006. Wpływ alternatywnych form nawożenia organicznego na właściwości gleby i plonowanie ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 512: 593 — 601.
- Trawczyński C. 2010. Bilans składników w ekologicznym systemie produkcji roślinnej na glebie lekkiej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering.* Vol. 55 (4): 166 — 168.
- Trawczyński C. 2013a. Wpływ 6-letniej uprawy roślin w systemie ekologicznym z nawadnianiem na właściwości chemiczne gleby. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering.* Vol. 58 (4): 199 — 203.



- Trawczyński C. 2013b. Bilans azotu, fosforu i potasu w systemie produkcji ekologicznej na glebie lekkiej. Biul. IHAR 269: 115 — 122.
- Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforowski M. 2008. Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. Wyd. CDR Radom: 24 ss.
- Urbanowski S., Jaskulska I., Urbanowska T. 1999. Zmiany zawartości węgla organicznego oraz makroelementów w glebie pod wpływem wieloletniego nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 465: 353 — 361.
- Zalecenia nawozowe. 1985. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy, Ser. P (20): 34 ss.