

## THE EFFECT OF A 6-YEAR PLANT CULTIVATION IN ORGANIC SYSTEM WITH IRRIGATION ON THE SOIL CHEMICAL PROPERTIES

### Summary

The aim of investigation conducted in the years 2007-2012 was to estimate chemical properties in the light soil (reaction, 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 covered following agricultural plant species: potato, rye, oat, buckwheat and leguminous-cereal mixture (yellow lupine with oat). The source of nutrient components was: manure in dose of  $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  applied before potato cultivation and manure in dose of  $12,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  applied before oat cultivation, straw, biomass of intercrop plants (field pea, white mustard, serradella) and carbonate lime. The irrigation was used on a half of the area of experiment field in the highest sensitive period of water deficiency for plants. For irrigation of cereals, yellow lupine with oat and buckwheat by spraying water was applied and for potatoes by using drip lines. The samples were taken from soil layer 0 – 20 cm in autumn every year. The analysis of soil chemical properties was performed in laboratory of Chemical Station. The improvement of soil reaction, stable level of total nitrogen and tendency to decrease organic carbon content were stated. The content of magnesium in following years increased but phosphorus and potassium decreased. The content of available forms of microelements in soil were stable, but level of copper increased. The higher soil reaction and content of magnesium, manganese, zinc and copper on non irrigated object were stated. The content of phosphorus, potassium, iron, boron, total nitrogen and organic carbon in the soil on the object non irrigated in comparison to irrigated one was not significantly different.

**Key words:** light soil, chemical properties, ecological crop rotation, potatoes, rye, oat, buckwheat, yellow lupin, sinapis, bird's-foot, manure, irrigation, nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, manganese, zinc, copper, field experimentations

## WPLYW 6-LETNIEJ UPRAWY ROŚLIN W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM Z NAWADNIANIEM NA WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEBY

### Streszczenie

Celem badań przeprowadzonych w latach 2007-2012 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: ziemniaki, żyto, owies, gryka i mieszanka strączkowo-zbożowa (tubin żółty z owsem). Źródłem składników pokarmowych dla roślin 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. Na połowie powierzchni doświadczenia prowadzone było nawadnianie roślin w okresach największej wrażliwości roślin na niedobór wody. Nawadnianie zbóż, tubinu z owsem i gryki wykonywano za pomocą zraszaczy, a ziemniaki przy wykorzystaniu linii kroplujących. Próbkę glebową z warstwy 0-20 cm pobierano jesienią każdego roku. Analizy chemiczne gleby wykonywano w laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej. Stwierdzono poprawę odczynu gleby, ustabilizowany poziom azotu ogólnego oraz tendencję malejącą zawartości węgla organicznego. Zawartość magnezu w kolejnych latach wzrastała, a fosforu i potasu malała. Zawartości przyswajalnych form mikroelementów w glebie były ustabilizowane, natomiast poziom miedzi wzrastał. Stwierdzono wyższy odczyn oraz zawartości magnezu, manganu, cynku i miedzi na obiekcie nienawadnianym. Zawartości fosforu, potasu, żelaza, boru, azotu ogólnego i węgla organicznego w glebie nie różniły się istotnie pomiędzy obiektami nawadnianym i nienawadnianym.

**Słowa kluczowe:** gleba lekka, właściwości chemiczne, płodozmian ekologiczny, ziemniaki, żyto, owies, gryka, tubin żółty, gorczyca biała, seradela, obornik, nawadnianie, azot, fosfor, potas, magnez, mangan, cynk, miedź, badania polowe

### 1. Wstęp

Utrzymanie odpowiednio wysokiej produktywności uprawianych w płodozmianie roślin zależy w znacznej mierze od zasobu składników pokarmowych w glebie. Żyzność i produktywności gleby kształtowana poziomem składników pokarmowych, szczególne znaczenie ma w warunkach rolnictwa ekologicznego, które nie dopuszcza stosowania syntetycznych nawozów mineralnych [1]. Dlatego w systemie produkcji ekologicznej właściwie skonstruowany płodozmian, a także stosowanie nawozów naturalnych i organicznych stanowiąc powinny podstawę zapobiegania spadkowi zawartości próchnicy oraz składników pokarmowych makro- i mikroelementowych w glebie [6, 24]. Ujemną cechą rolnictwa ekologicznego

z punktu widzenia rolnika są uzyskiwane niższe plony w stosunku do plonów z innych systemów uprawy roślin. Do czynników limitujących poziom plonowania roślin w systemie ekologicznym, poza deficytem składników pokarmowych w glebie wywołanym ograniczeniem w stosowaniu nawozów mineralnych należą duże ograniczenia w stosowaniu środków ochrony roślin zwalczających choroby i szkodniki [2]. Zabiegiem agrotechnicznym stabilizującym dostępność wody w glebie dla roślin w okresie wegetacji, a przez to decydującym o ich poziomie plonowania oraz kształtowaniu poziomu stanu żyzności gleby może być nawadnianie [17, 18].

Celem badań była ocena właściwości chemicznych gleby lekkiej po 6-letnim okresie uprawy roślin w systemie ekologicznym z zastosowaniem zabiegu nawadniania.

## 2. Metodyka badań

Ocena zmian właściwości chemicznych gleby lekkiej pola doświadczalnego prowadzonego w systemie ekologicznym, należącym do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Jadwisin obejmowała lata 2007-2012. W zmianowaniu 5-polowym uprawiano następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, żyto, owies, grykę i mieszankę strączkowo-zbożową (łubin żółty z owsem). Powierzchnia eksperymentalnego pola doświadczalnego wynosiła ogółem 2 ha, a jeden gatunek zajmował powierzchnię 0,4 ha. Wszystkie gatunki uprawiane były według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Nawożenie w zmianowaniu stanowił obornik stosowany pod ziemniaki w dawce 25 t·ha<sup>-1</sup> i pod owies w dawce 12,5 t·ha<sup>-1</sup>, przyorywana słoma i biomasa roślin międzyplonowych (seradela wsiewana w żyto, gorczyca biała lub groch polny uprawiane po owsie) oraz wapno węglanowe (53 % CaO), stosowane w dawce 2,8 t·ha<sup>-1</sup> masy towarowej na polu po zbiorze ziemniaków. Na połowie powierzchni każdego pola prowadzone było nawadnianie dla wszystkich gatunków roślin w okresach największych potrzeb wodnych. Dla ziemniaków od początku kwitnienia do początku zasychania łęcin, dla zbóż od zakończenia kwitnienia do końca dojrzałości młocnej ziarniaków, dla łubinu z owsem i gryki od wschodów do początku dojrze-

wania roślin. Każde nawadnianie prowadzone było w taki sposób, aby uzyskać równomierność uwilgotnienia gleby wynoszącą 80 % polowej pojemności wodnej. Nawadnianie zbóż, łubinu z owsem i gryki wykonywano metodą deszczującą, przy wykorzystaniu zraszaczy, natomiast w przypadku ziemniaków nawadnianie prowadzone było metodą kroplującą przy użyciu linii kroplujących z emiterami wody rozłożonymi na grzbiecie każdego rzędu. Zabiegi nawodnieniowe wykonywano w oparciu o umieszczone na każdym polu zmianowania na głębokości 30 cm tensjometry. Decyzja o prowadzeniu nawadniania podjęto, kiedy potencjał wody glebowej wzrastał powyżej 40 kPa. Jednorazowa dawka nawodnieniowa wykonywana metodą deszczującą stanowiła 10-20 mm, a metodą kroplującą - 3-10 mm. Ilości wody zastosowanej z nawadnianiem pod uprawiane gatunki roślin w poszczególnych latach prowadzenia eksperymentu przedstawia tab. 1. Z danych wynika, że największą ilość wody w formie nawadniania pod uprawiane gatunki roślin zastosowano w 2008 roku. W pozostałych latach nawadnianie prowadzone było w ograniczonym zakresie. Decydujący wpływ na to miała dostateczna ilość naturalnych opadów w analizowanych okresach wegetacji. Warunki meteorologiczne okresu wegetacji oceniono na podstawie sumy opadów i średnich temperatur powietrza w porównaniu do średnich z wielolecia (tab. 2).

Tab. 1. Nawadnianie ekologicznego pola eksperymentalnego w latach 2007-2012

Table 1. The irrigation of organic field experiment in the years 2007-2012

Lata Years	Ziemniaki Potatoes	Żyto Rye	Owies Oat	Gryka Buckwheat	Łubin+owies Lupine+Oat	Suma Sum
2007	20 mm	20 mm	10 mm	20 mm	10 mm	80 mm
2008	100 mm	21 mm	61 mm	47 mm	65 mm	294 mm
2009	-	16 mm	16 mm	16 mm	-	48 mm
2010	9 mm	-	-	5 mm	8 mm	22 mm
2011	21 mm	36 mm	11 mm	11 mm	-	79 mm
2012	-	-	18 mm	-	-	18 mm
Suma / Sum	150 mm	93 mm	116 mm	99 mm	83 mm	541 mm

Tab. 2. Sumy miesięcznych opadów (mm) oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza (°C) w latach badań w porównaniu do średnich wieloletnich z lat 1967-2012

Table 2. Sums of monthly precipitation (mm) and of mean monthly air temperature (°C) in the years testing in compare to long-term averages for 1967-2012

Rok / Year	Miesiące / Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Opady / Precipitation							
1967-2012	36,0	55,0	76,0	79,0	60,0	48,0	354,0
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
Temperatura powietrza / Air temperature							
1967-2011	7,8	13,6	16,5	18,4	17,7	13,1	14,5
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	

Tab. 3. Wpływ lat i obiektów na właściwości chemiczne gleby. IHAR-PIB Oddział Jadwisin  
 Table 3. Influence of years and objects on soil chemical properties. IHAR-PIB Division Jadwisin

Składnik Element	Lata / Years						Obiekt / Object	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	N*	NN**
pH(1nKCl)	5,0	5,3	5,5	5,4	5,5	5,6	5,3	5,5
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,2						0,1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	224,7	218,5	205,7	174,6	181,1	172,5	196,5	195,9
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	24,7						r.n./n.s.	
K <sub>2</sub> O(mg.kg <sup>-1</sup> )	81,5	94,5	94,5	70,5	63,5	77,5	78,0	82,6
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	20,5						r.n./n.s.	
Mg(mg.kg <sup>-1</sup> )	62,9	75,5	79,1	76,0	72,7	75,1	64,8	82,2
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	15,0						5,8	
Cu(mg.kg <sup>-1</sup> )	2,1	2,3	2,8	2,5	3,2	3,5	2,4	3,0
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,6						0,2	
Zn(mg.kg <sup>-1</sup> )	5,3	5,8	5,7	5,8	4,9	5,1	4,9	6,0
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	r.n./n.s.						0,4	
Mn(mg.kg <sup>-1</sup> )	100,7	104,1	124,8	108,4	109,9	129,3	108,5	117,2
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	17,5						6,8	
Fe(mg.kg <sup>-1</sup> )	546,0	629,0	579,0	541,0	568,0	637,0	582,3	584,3
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	88,6						r.n./n.s.	
B(mg.kg <sup>-1</sup> )	0,28	0,29	0,27	0,26	0,35	0,33	0,30	0,33
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	r.n./n.s.						r.n./n.s.	
N ogólny / N total(g.kg <sup>-1</sup> )	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	0,1						r.n./n.s.	
C organiczny / C organic(g.kg <sup>-1</sup> )	4,4	6,2	5,8	5,6	5,3	5,0	5,2	5,6
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	1,0						r.n./n.s.	
C:N	14,6:1	12,4:1	14,5:1	14,0:1	13,2:1	12,5:1	13,0:1	14,0:1
NIR <sub>0,05</sub> / LSD <sub>0,05</sub>	2,0:1						r.n./n.s.	

N\* - nawadniany / irrigation; NN\*\* - nienawadniany / non irrigation

Jesienią każdego roku z każdego pola płodozmianu z warstwy 0-20 cm za pomocą laski Egnera pobierano wg schematu doświadczenia próbki glebowe, w których określono: odczyn gleby w 1 M KCl, zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, przyswajalnych form fosforu, potasu, magnezu oraz manganu, cynku, miedzi, boru i żelaza. Analizy chemiczne gleby wykonano w laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej według obowiązującej metodyki. Uzyskane w poszczególnych latach zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych odniesiono do ustalonych klas zasobności, przedziałów wartości granicznych w glebie [26]. Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich i ocenę różnic przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya.

### 3. Wyniki i dyskusja

Analiza gleby w kolejnych latach prowadzenia badań wykazała zróżnicowanie właściwości chemicznych gleby. Dość korzystnie na przestrzeni analizowanych lat kształtowały się zmiany odczynu (pH w KCl) gleby. Pomiędzy początkowym (2007 rok) i końcowym (2012 rok) okresem badań zanotowano obniżenie kwasowości gleby o 0,6 jednostki, a odczyn zmienił się z kwaśnego na lekko kwaśny, co prawdopodobnie związane było z systematycznym wapnowaniem gleby i stosowaniem obornikiem [19, 22]. Spośród analizowanych makroelementów największe zmiany dotyczyły zawartości fosforu w glebie. Na przestrzeni lat zanotowano spadek o 24% i przejawiało się to zmianą z bardzo wysokiej do wysokiej klasy zasobności tego składnika w glebie. Niekorzystnie kształtowały się też zmiany zawartości potasu w glebie i pomimo, że spadek wyniósł tylko 5%, to jednak poziom początkowy (2007 rok) tego składnika w glebie był niski i prawdopodobnie w najbliższym okresie konieczne będzie zastosowanie uzupełniają-

cego nawożenia tym składnikiem jednym z nawozów dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Zdecydowanie korzystniej w porównaniu do fosforu i potasu kształtowały się zmiany magnezu w glebie. W końcowym okresie badań (2012 rok) stwierdzono wzrost zawartości magnezu w glebie o 19% w stosunku do pierwszego roku badań (2007), a na przestrzeni analizowanych lat zasobność tego składnika w glebie utrzymywała się na poziomie wysokim, co jak należy przypuszczać spowodowane było systematycznym stosowaniem wapna. Zasobność gleby w przyswajalne formy mikroelementów: mangan, miedź i cynk kształtowała się na poziomie średnim, natomiast zawartość boru i żelaza była niska. Należy jednak podkreślić, że zanotowano wzrost zawartości miedzi o 67%, manganu o 28%, boru o 18% i żelaza o 17% oraz niewielkie obniżenie cynku w glebie pomiędzy pierwszym i ostatnim rokiem badań.

Jednym z głównych mierników żyzności gleby jest zawartość węgla organicznego, który jednocześnie stanowi podstawowy wyznacznik zdolności produkcyjnej gleby [9, 11]. Stwierdzono, że zawartość węgla organicznego wzrosła w ostatnim roku badań, w porównaniu do stanu początkowego (wyjściowego) o 14%, ale w kolejnych czterech latach utrzymywała się nieistotna malejąca tendencja zawartości tego składnika w glebie. Taki kierunek zmian może wynikać z faktu, że w analizowanym systemie produkcji dość znaczna masa organiczna wnoszona w formie obornika, słomy i resztek poźniwnych czy biomasy roślin międzyplonowych początkowo jest unieruchamiana, a następnie poddawana wydłużonemu procesowi humifikacji z uwagi na brak azotu mineralnego w glebie [3]. 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 [5,

8, 12, 20, 25]. Jak wykazały badania taki kierunek zmian zawartości węgla organicznego w dłuższym przedziale czasowym zapewnił stabilizację plonowania uprawianych gatunków roślin [7, 10, 23]. Po 5-letnim okresie badań przy różnych sposobach nawożenia roślin w płodozmianie: mineralnym, organiczno-mineralnym i organicznym wzrósł odczyn gleby, zawartość próchnicy, azotu, fosforu, potasu oraz magnezu, ale najkorzystniejsze zmiany dotyczące odczynu, poziomu azotu, fosforu i magnezu były w glebie nawożonej według zasad rolnictwa ekologicznego [21].

Zawartość węgla organicznego w znacznym stopniu zbieżna jest z zawartością azotu ogólnego w glebie, co znalazło potwierdzenie w literaturze [3, 4] i uzyskanych wynikach badań. W odniesieniu do czterech kolejnych lat badań nie stwierdzono 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 około 14 : 1 do 12 : 1 uznać należy za prawidłowy.

Pod wpływem lat stwierdzono generalnie większe oddziaływanie na właściwości chemiczne gleby niż badanych obiektów: nawadnianego i nienawadnianego. Wynikało to prawdopodobnie z dostatecznej ilości opadów w analizowanych latach, przez co nawadnianie prowadzone było w ograniczonym zakresie. Z uzyskanych danych wynika, że tylko odczyn gleby oraz poziom magnezu, miedzi, cynku i manganu istotnie wyższe były na obiekcie nienawadnianym w porównaniu do nawadnianego, natomiast zawartości pozostałych składników nie różniły się istotnie pomiędzy tymi obiektami. Niższa zasobność gleby w niektóre składniki na obiekcie nawadnianym wynikać mogła z wielkości uzyskiwanych plonów uprawianych gatunków roślin na tym obiekcie w porównaniu do obiektu nienawadnianego. W kolejnych latach prowadzenia eksperymentu uzyskiwano z reguły wyższe plony roślin na obiekcie nawadnianym, co związane mogło być z większym wynoszeniem określonych składników z gleby [13, 14, 15, 16, 23].

#### 4. Wnioski

1. Odczyn gleby pól płodozmiaru na przestrzeni lat stopniowo poprawiał się i stwierdzony w 2012 roku (pH w 1 n KCl około 5,6 - lekko kwaśny) dla warunków gleby lekkiej należy uznać za zbliżony do właściwego.
2. Zawartości przyswajalnych form makroelementów w glebie, fosforu i potasu w kolejnych latach ulegała obniżaniu, natomiast zawartość magnezu wzrastała.
3. W odniesieniu do zawartości mikroelementów w glebie, analiza wykazała, że poziom miedzi wzrastał, natomiast pozostałych składników był dość stabilny.
4. Stwierdzono, że zawartość azotu ogólnego w glebie była ustabilizowana, zawartość węgla organicznego generalnie niska i zaznaczyła się tendencja spadkowa, ale średnio stosunek C:N utrzymujący się na poziomie 13 : 1 określić można jako poprawny.
5. Stwierdzono wyższy odczyn oraz zawartości Mg, Mn, Zn i Cu na obiekcie nienawadnianym, natomiast zawartości pozostałych składników nie różniły się istotnie pomiędzy obiektami: nawadnianym i nienawadnianym.

#### 5. Bibliografia

- [1] Duer I. Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy, 2001, 52 ss.
- [2] Gruczek T., Nowacki W., Zarzyńska K.: Ekologiczny system produkcji ziemniaków. IHAR Oddział Jadwisin, 2005, 34 ss.
- [3] Janowiak J., Murawska B.: Kształtowanie się ogólnej zawartości C i N w glebie pod wpływem nawożenia organicznego i

mineralnego w wieloletnim doświadczeniu statycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1999, 465: 331-339.

- [4] Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Sobol Z., Baran D.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia na właściwości gleby lekkiej i ciężkiej. *Fragm. Agronom.*, 2005, (XXII) Nr 1 (85): 446-455.
- [5] Koper J., Lemanowicz J.: Kształtowanie się wybranych właściwości biochemiczno-chemicznych gleby płowej pod wpływem wieloletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2006, 512: 357-362.
- [6] Krysztoforski M., Stachowicz T.: Płodozmian w gospodarstwie ekologicznym. Wyd. CDR Radom, 2008. 44 ss.
- [7] Łąbetowicz J., Kuszelewski L., Korc M., Szulc W.: Znaczenie nawożenia organicznego dla trwałości plonów i równowagi jonowej gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1999, 465: 123-134.
- [8] Łąbetowicz J., Korc M., Szulc W., Rutkowska B.: Zmiany zasobności gleby lekkiej w przyswajalne formy mikroelementów w warunkach wieloletniego stosowania obornika. *Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura*, 2000, (84): 241-244.
- [9] Maćkowiak C., Żebrowski J.: Wpływ nawożenia obornikiem i doboru roślin w zmianowaniu na zawartość w glebie węgla organicznego i azotu ogólnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1999, 465: 341-351.
- [10] Mazur T.: Stan i perspektywa bilansu substancji organicznej w glebach uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1995, 421a: 267-276.
- [11] Mercik S., Stępień W., Gębski M.: Yield of plants and some chemical properties of soil in 75-years field experiments in Skierniewice. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1999, 465: 39-49.
- [12] Mercik S., Stępień W., Łąbetowicz J.: 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*, 2000, (84): 317-322.
- [13] Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Szutkowska M., Wierzbicka A., Barbaś P.: Streszczenia wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2007 roku. [W]: *Poprawa efektywności produkcji roślinnej w systemie ekologicznym poprzez stosowanie nawadniania ze szczególnym uwzględnieniem uprawy ziemniaka. MR i RW, Wyd. Rolnictwa Ekologicznego*, 2008, 63-72.
- [14] Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Szutkowska M., Wierzbicka A., Barbaś P.: Streszczenia wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2008 roku. [W]: *Poprawa efektywności produkcji roślinnej w systemie ekologicznym poprzez stosowanie nawadniania ze szczególnym uwzględnieniem uprawy ziemniaka. MR i RW, Wyd. Rolnictwa Ekologicznego*, 2009, 50-61.
- [15] Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Szutkowska M., Wierzbicka A., Barbaś P.: 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*, 2010, 65-76.
- [16] Nowacki W., Goliszewski W., Zarzyńska K., Trawczyński C., Barbaś P., Szutkowska M., Wierzbicka A.: 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*, 2011, 63-74.
- [17] Nowacki W.: Nawadnianie czynnikiem modyfikującym opłacalność uprawy ziemniaka w systemie ekologicznym. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2009, 54 (4): 32-35.
- [18] Nowacki W.: Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. Wyd. IHAR-PIB Radzików, O/Jadwisin, 2010, 56 ss.
- [19] Rabikowska B., Piszcz U.: Zakres i zasięg zmian odczynu i właściwości sorpcyjnych w glebie płowej pod wpływem

- długoletniego nawożenia obornikiem i azotem. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211 *Agricultura*, 2000 (84): 423-428.
- [20] Rutkowska B., Szulc W., Łabętowicz J., Korc M., Sałajczyk M.: System nawożenia jako czynnik determinujący zasobność gleby w przyswajalne formy składników pokarmowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2002, 484: 537-547.
- [21] Stępień A.: Zmiany chemicznych właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211 *Agricultura*, 2000, (84): 459-464.
- [22] Strączyńska S.: Zmiany odczynu i właściwości sorpcyjnych gleb piaszczystych pod wpływem wieloletniego nawożenia mineralnego, organicznego i organiczno-mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1998, 456: 165-168.
- [23] Trawczyński C.: Plonowanie roślin w ekologicznym systemie uprawy roślin z nawadnianiem. *Por. Gosp.*, 2010, 6: 26-28.
- [24] Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforski M.: Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. *Wyd. CDR Radom*, 2008, 24 ss.
- [25] Urbanowski S., Jaskulska I., Urbanowska T.: Zmiany zawartości węgla organicznego oraz makroelementów w glebie pod wpływem wieloletniego nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 1999, 465: 353-361.
- [26] Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. *Wyd. IUNG Puławy*, 1985, Ser. P (20), 34 ss.