

## THE ASSESSMENT OF CHANGES IN LIGHT SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN ORGANIC SYSTEM OF PLANT CULTIVATION WITH IRRIGATION

### Summary

The aim of investigation conducted in 2007-2010 was an analysis of changes in chemical properties of the light soil (reaction, content of carbon organic, total nitrogen, available form of phosphorus, potassium, magnesium and manganese, zinc, copper, boron, iron) in organic crop rotation. The crop rotation contained following agriculture plant species: potato, oat, yellow lupine, rye, phacelia (from year 2010 buckwheat). Except main species, 3 plant species were cultivated as intercrop: field pea, white mustard, serradella. Manure in dose of  $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  applied before of potato cultivation and manure in dose of  $12,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  applied before of oat cultivation, straw, biomass of intercrop plants, carbonate lime, biological fixation of nitrogen and precipitation were the source of nutrient components. The samples were taken from soil layer 0-20 cm in autumn every year. The changes in the soil were assessed using linear regression analysis. The increase of soil reaction, content of carbon organic, total nitrogen, magnesium, copper, manganese and zinc were stated. The content of phosphorus, potassium, iron and boron in the soil were decreased. The higher content of nutrients in the soil of the object non irrigated was stated than in irrigated one.

## OCENA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNYCH GLEBY LEKKIEJ W EKOLOGICZNYM SYSTEMIE UPRAWY ROŚLIN Z NAWADNIANIEM

### Streszczenie

Celem badań przeprowadzonych w latach 2007-2010 była analiza 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, łubin żółty, żyto, facelia (od 2010 roku gryka). Oprócz gatunków głównych uprawiano 3 gatunki roślin międzyplonowych: peluszką, gorczyca białą, seradela. 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, wapno węglanowe, biologiczne wiązanie azotu oraz opad z atmosfery. Próbkę glebowe z warstwy 0-20 cm pobierano jesienią każdego roku. Zmiany w glebie oceniono przy wykorzystaniu analizy regresji liniowej. Stwierdzono poprawę odczynu gleby oraz tendencję wzrostu zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego i magnezu, a spośród mikroelementów miedzi, manganu i cynku. W przypadku fosforu i potasu oraz żelaza i boru wykazano niewielkie tendencje spadku ich zawartości w glebie. Generalnie większe zawartości składników w glebie stwierdzono na obiekcie nienawadnianym w porównaniu do nawadnianego.

### 1. Wstęp

Podstawę uzyskania stabilnych plonów uprawianych roślin w dłuższym okresie stanowi utrzymanie możliwie wysokiej żyzności i produktywności gleby, co jest szczególnie trudne w warunkach rolnictwa ekologicznego, które nie dopuszcza stosowania syntetycznych nawozów mineralnych [1]. Stąd właściwie skonstruowany płodozmian z udziałem roślin motylkowych w plonie głównym oraz uwzględniający stosowanie wsiewek czy międzyplonów, a także stosowanie nawozów naturalnych i organicznych stanowić powinny podstawę przeciwdziałania spadkowi próchnicy oraz zawartości makro- i mikroelementów w glebie, decydujących o odżywianiu roślin, a wynoszonych z plonami [6, 24]. Ujemną cechą rolnictwa ekologicznego, z punktu widzenia rolnika – producenta żywności ekologicznej, są uzyskiwane niższe plony w stosunku do plonów z innych systemów uprawy roślin. Czynniki limitującymi poziom plonowania różnych gatunków roślin rolniczych w systemie ekologicznym są duże ograniczenia w stosowaniu środków ochrony roślin zwalczających choroby i szkodniki na plantacjach oraz deficyt składników pokarmowych występujący w glebie, wywołany ograniczeniem w stosowaniu nawozów mineralnych [2]. Zabiegiem agrotechnicznym, który może być stosowany w systemie ekologicznym, ale obecnie jeszcze nie jest powszechny w praktyce, jest nawadnianie stabilizujące

dostępność wody w glebie dla roślin w okresie ich wegetacji. Poprzez nawadnianie można sterować poziomem plonowania roślin, a równolegle także kształtować poziom stanu żyzności gleby [17, 18].

Celem badań była ocena zmian właściwości chemicznych gleby lekkiej na przestrzeni lat w płodozmianie ekologicznym z zastosowaniem zabiegu nawadniania.

### 2. Metodyka badań

W latach 2007-2010 przeprowadzono analizę zmian właściwości chemicznych gleby na ekologicznym polu doświadczalnym, zlokalizowanym na glebie lekkiej, kompleksu żytniego dobrego należącego do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Jadwisin. Zmianowanie 5-polowe obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, owies, łubin żółty, żyto i facelia. Od 2010 roku uprawę facelii zastąpiono gryką. Oprócz gatunków zbioru głównego, stosowano w zmienianiu 3 gatunki roślin międzyplonowych: peluszką, gorczyca białą, seradela. Po facelii stosowano wysiew peluszkę, jako międzyplonu na przyoranie, poprzedzającego uprawę ziemniaka. Po owsie wysiewano gorczycę białą na przyoranie, a w żyto stosowano – również na przyoranie – wsiewkę seradeli. Powierzchnia eksperymentalnego pola doświadczalnego wynosiła ogółem 2 ha, a jeden gatunek zajmował

powierzchnię 0,4 ha. Technologia uprawy wszystkich gatunków prowadzono według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Obornik stosowano 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, wapno węglanowe, biologiczne wiązanie azotu oraz opad z atmosfery stanowiły źródło składników pokarmowych dla uprawianych roślin.

Na połowie powierzchni eksperymentu prowadzono nawadnianie dla wszystkich gatunków roślin w suszowych okresach krytycznych sezonu wegetacji. Dla ziemniaków od początku kwitnienia do początku zasychania łęcin, dla zbóż od zakończenia kwitnienia do końca dojrzałości młecznej ziarniaków, dla łubinu i facelii od wschodów do początku dojrzenia roślin.

Uprawy międzyplonów: peluszki, gorczyca, wsiewka seradeli nawadniano w miarę potrzeby w ciągu całego okresu wzrostu roślin w celu uzyskania maksymalnego plonu biomasy z jednostki powierzchni. Każde nawadnianie prowadzono w taki sposób, aby uzyskać równomierność uwilgotnienia gleby wynoszącą 80% połowej pojemności wodnej. Nawadnianie zbóż, łubinu i facelii wykonywano metodą deszczującą, przy wykorzystaniu zraszaczy, natomiast w przypadku ziemniaków nawadnianie prowadzono metodą kroplującą przy użyciu linii kroplujących z emiterami wody rozłożonymi na grzbiecie każdego rzędu. Zabiegi nawodnienia wykonywano w oparciu o tensjometry, umieszczone na każdym członie zmianowania na głębokości 30 cm. Decyzję o prowadzeniu nawadniania podejmowano, kiedy potencjał wody glebowej wzrastał powyżej 40 kPa. Jednorazowa (dzienna) 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 której wynika, że największą ilość wody w formie nawadniania pod wszystkie uprawiane rośliny zbioru głównego zastosowano w 2008 roku. Ilości wody zastosowanej w miesiącach sierpień i wrzesień dotyczyły nawadniania międzyplonów, z czego wynika, że potrzeba nawadniania tych upraw wystąpiła w 2007 i 2009 roku.

Jesienią każdego roku z warstwy 0-20 cm pobierano 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. Oceny zmian składu chemicznego gleby na przestrzeni lat dokonano przy wykorzystaniu regresji liniowej.

### 3. Wyniki i dyskusja

Na podstawie analizy chemicznej gleby w 4-letnim okresie badań stwierdzono jedynie tendencje w zmianach jej właściwości zarówno dodatnie, jak i ujemne (największa wartość współczynnika regresji wyniosła  $r = 0,42$ ). Potwierdza to szeroko udokumentowany w literaturze przedmiotu pogląd, 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 [3, 5, 8, 12, 20, 25].

Analiza przyswajalnych form makroelementów na przestrzeni lat wykazała, że poziom fosforu i potasu malał, natomiast w przypadku magnezu stwierdzono tendencję dodatnią (rys. 1, 2, 3). W stosunku do fosforu stwierdzono większą tendencję ujemną niż w przypadku potasu, średnio dla obiektu nawadnianego i nienawadnianego około 6,6 mg·kg<sup>-1</sup> gleby w ciągu roku. Pomimo znacznej tendencji spadkowej poziomu fosforu w glebie należy podkreślić, że poziom tego składnika utrzymywał się w wysokiej klasie zasobności. Korzystniej w porównaniu do fosforu i potasu kształtowały się zmiany zawartości magnezu w glebie. Tendencja wzrostu stanowiła średnio dla obiektu nawadnianego i nienawadnianego około 4,0 mg·ka<sup>-1</sup> gleby w stosunku rocznym. Po 5-letnim okresie badań przy różnych sposobach nawożenia płodozmianu: mineralnym, organiczno-mineralnym i organicznym wykazano wzrost zarówno odczynu gleby, jak i zawartości próchnicy, azotu, fosforu, potasu oraz magnezu, ale najkorzystniejsze zmiany pH, azotu, fosforu i magnezu stwierdzono w glebie nawożonej według zasad rolnictwa ekologicznego [21].

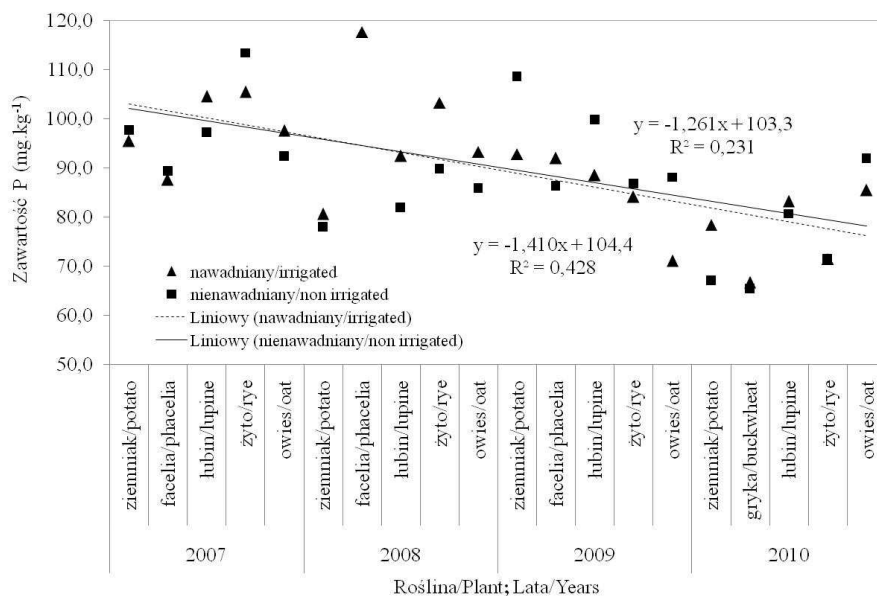
W odniesieniu do przyswajalnych form mikroelementów, tendencje zmian zawartości manganu, miedzi i cynku na obiekcie nawadnianym i bez nawadniania były dodatnie (rys. 4, 5, 6), co wyrażało się wzrostem – odpowiednio: ok. 4,0; 0,2; 0,1 mg·kg<sup>-1</sup> gleby, natomiast boru i żelaza były ujemne i stanowiły odpowiednio ok. 0,005 i 8,7 mg·kg<sup>-1</sup> gleby w ciągu roku (rys. 7, 8).

Tab. 1. Terminy i dawki nawadniania ekologicznego pola eksperymentalnego. Lata 2007-2010

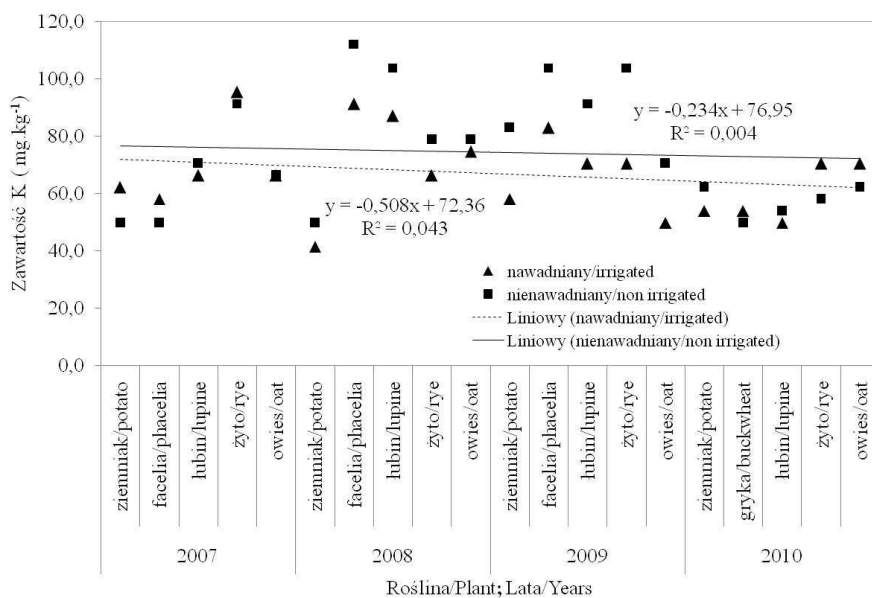
Table 1. Terms and doses of irrigation of the organic experimental field. Years 2007-2010

Terminy nawadniania /Terms of irrigation Rok i miesiąc /Year and month		Ziemniaki /Potatoes	Łubin żółty /Yellow lupine	Owies (gorczyca) /Oat (mustard)	Facelia* (peluszka) /Phacelia* (Field pea)	Żyto (seradela) /Rye (serradella)
2007	VI	10,0 mm	10,0 mm	-	10,0 mm	-
	VII	10,0 mm	-	-	-	-
	VIII	-	-	10,0 mm	10,0 mm	20,0 mm
Razem /Sum		20,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	20,0 mm	20,0 mm
2008	VI	60,0 mm	64,8 mm	59,5 mm	34,0 mm	-
	VII	24,0 mm	-	18,0 mm	14,0 mm	7,0 mm
	VIII	16,0 mm	-	-	-	14,0 mm
Razem /Sum		100,0 mm	64,8 mm	77,5 mm	48,0 mm	21,0 mm
2009	IX	-	-	16,0 mm	16,0 mm	16,0 mm
	Razem /Sum		0,0 mm	0,0 mm	16,0 mm	16,0 mm
2010	VII	9,0 mm	8,0 mm	-	5,0 mm	-
	Razem /Sum		9,0 mm	8,0 mm	-	5,0 mm

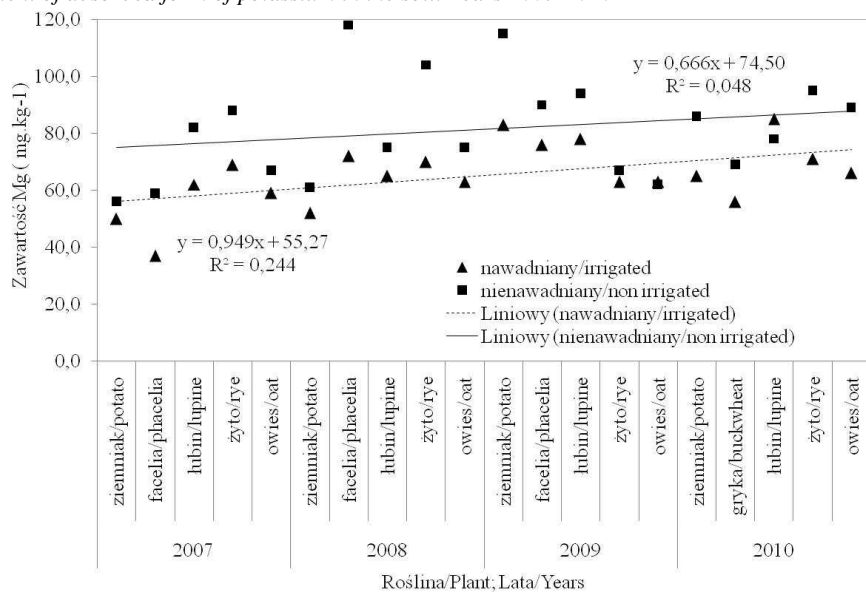
\* w 2010 roku gryka /in year 2010 buckwheat



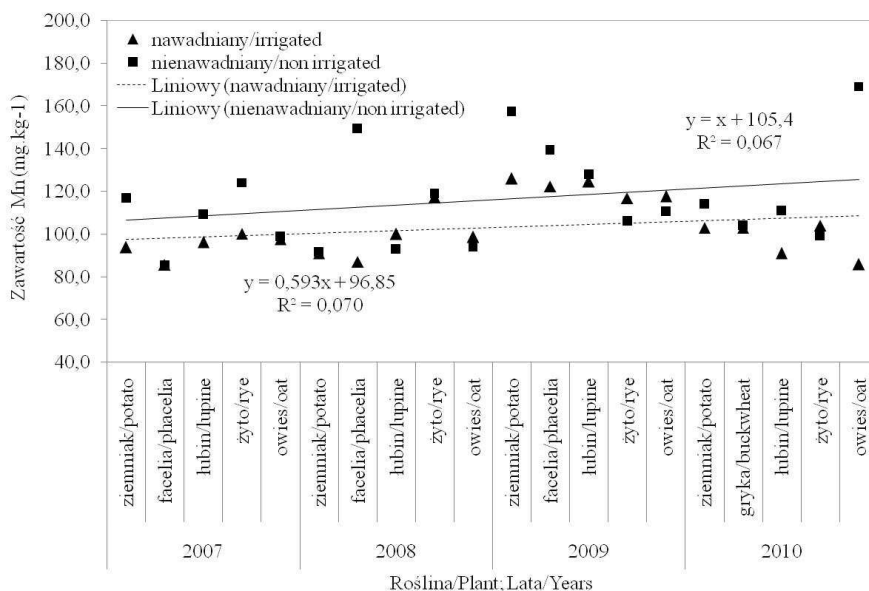
Rys. 1. Zmiany zawartości fosforu przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
Fig. 1. Changes in content of absorbed form of phosphorus in the soil. Years 2007-2010



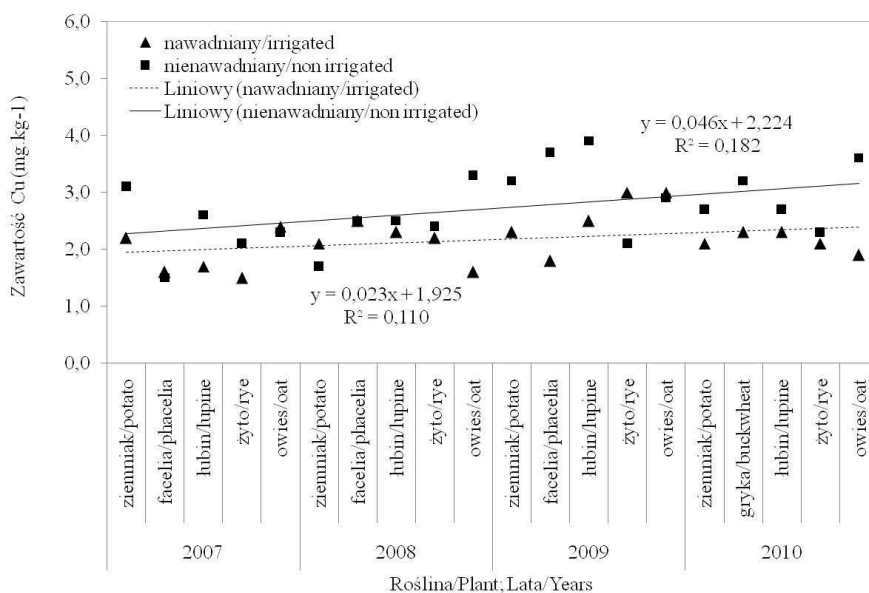
Rys. 2. Zmiany zawartości potasu przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
Fig. 2. Changes in content of absorbed form of potassium in the soil. Years 2007-2010



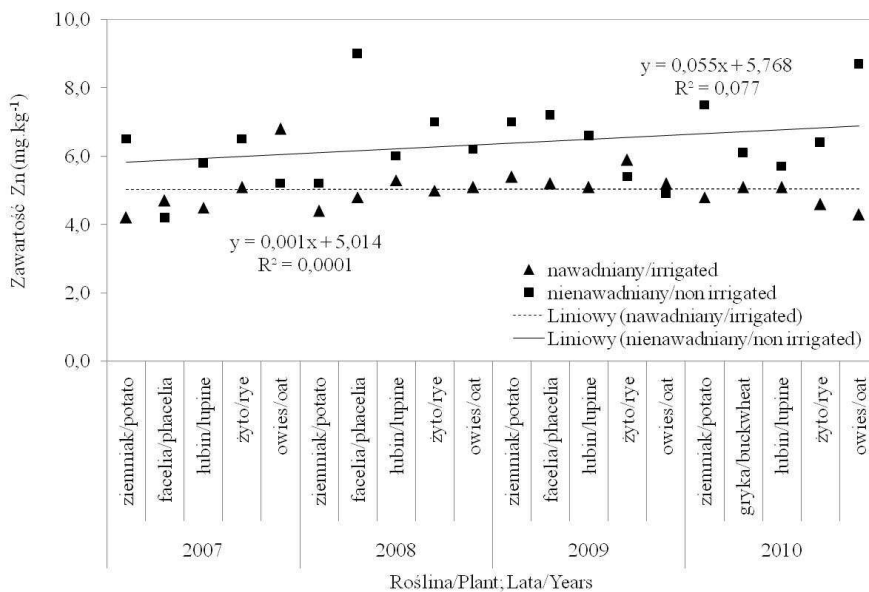
Rys. 3. Zmiany zawartości magnezu przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
Fig. 3. Changes in content of absorbed form of magnesium in the soil. Years 2007-2010



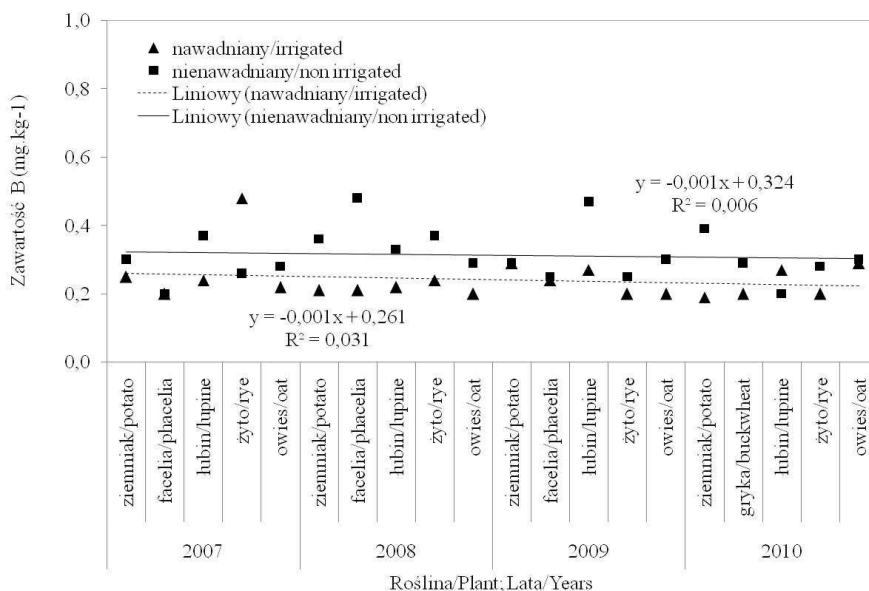
Rys. 4. Zmiany zawartości manganu przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 4. Changes in content of absorbed form of manganese in the soil. Years 2007-2010



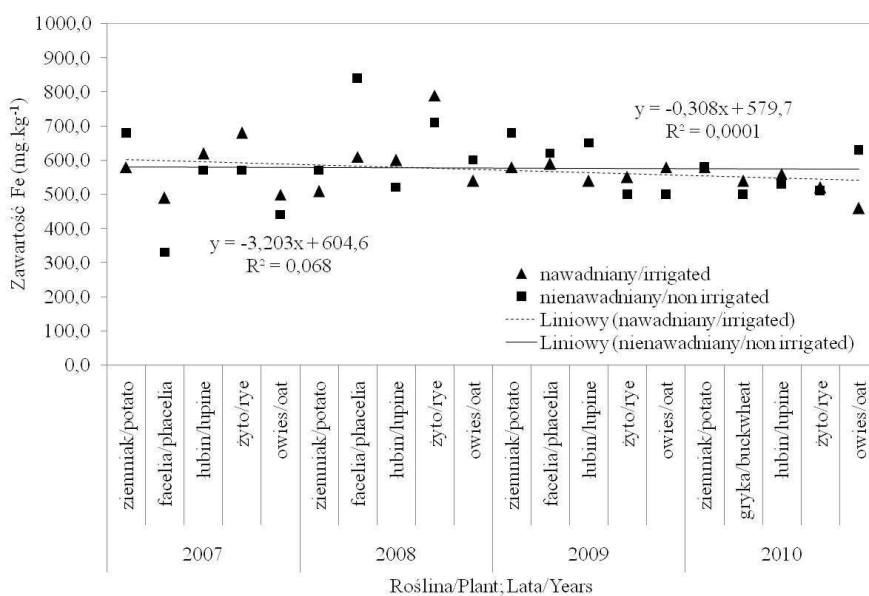
Rys. 5. Zmiany zawartości miedzi przyswajalnej w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 5. Changes in content of absorbed form of copper in the soil. Years 2007-2010



Rys. 6. Zmiany zawartości cynku przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 6. Changes in content of absorbed form of zinc in the soil. Years 2007-2010



Rys. 7. Zmiany zawartości boru przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 7. Changes in content of absorbed form of boron in the soil. Years 2007-2010



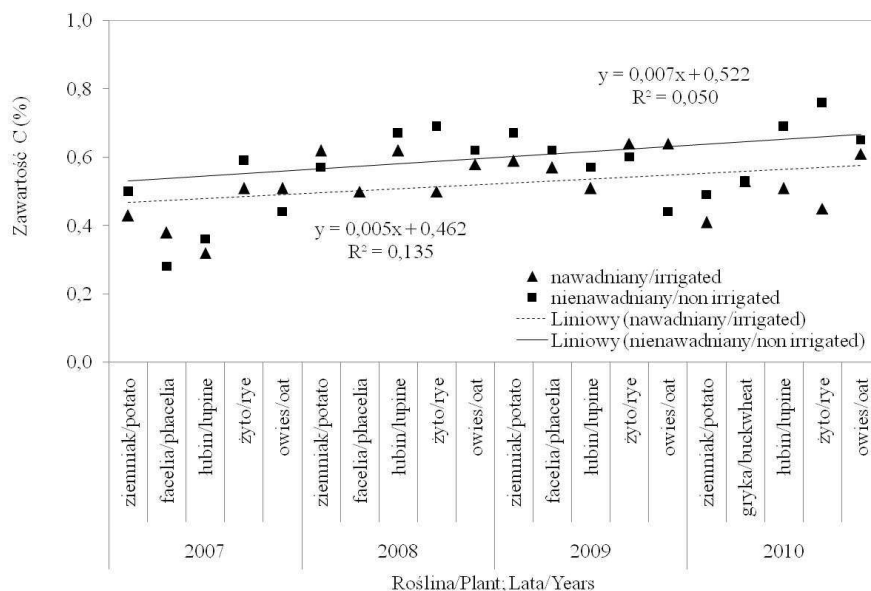
Rys. 8. Zmiany zawartości żelaza przyswajalnego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 8. Changes in content of absorbed form of iron in the soil. Years 2007-2010

Jednym z głównych mierników żyzności gleby jest zawartość węgla organicznego, który jednocześnie stanowi podstawowy wyznacznik zdolności produkcyjnej gleby [9, 11]. Stwierdzono, że w warunkach prowadzonych badań, czyli stosowania 2-krotnie w rotacji zmianowania obornika, przyorywania plonu ubocznego roślin zbioru głównego (słomy, resztek poźniwnych) i biomasy uprawianych roślin międzyplonowych utrzymywała się dodatnia tendencja zawartości węgla organicznego w glebie (rys. 9). Taki kierunek zmian poziomu tego składnika w glebie dowodzi właściwej konstrukcji płodozmianu i poprawności zastosowanego nawożenia, co w dłuższym okresie zapewnić może stabilizację plonowania uprawianych gatunków roślin [7, 10].

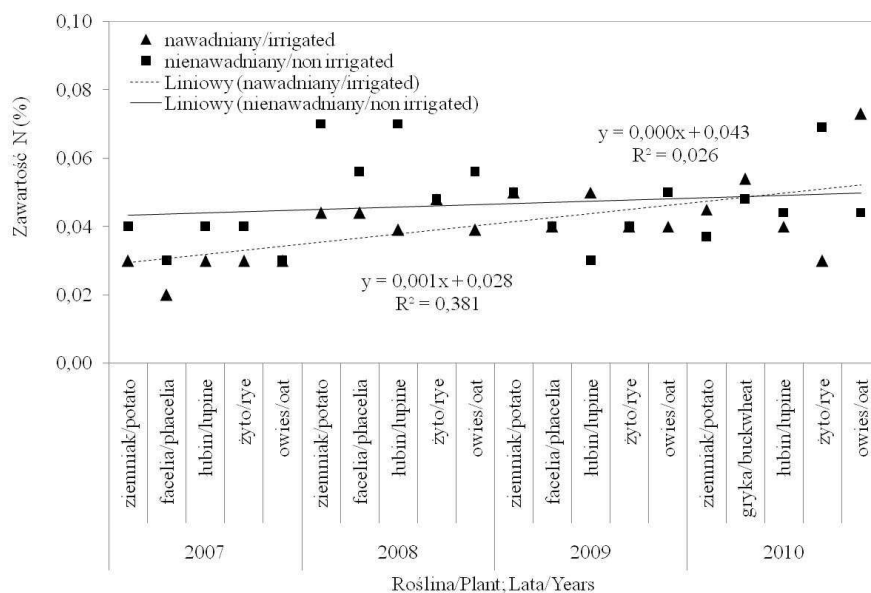
Zawartość substancji organicznej w znacznym stopniu zbieżna jest z zawartością azotu w glebie, co znalazło potwierdzenie w literaturze [3, 4] i uzyskanych wynikach badań (rys. 10). Większe tendencje zmian zarówno poziomu węgla organicznego, jak i azotu ogólnego w glebie stwierdzono na obiekcie nawadnianym, a mniejsze na obiekcie nienawadnianym.

Dość korzystnie przedstawiały się zmiany odczynu gleby (rys. 11), który zarówno na obiekcie nawadnianym, jak i bez nawadniania, w analizowanym okresie poprawił się o ok. 0,15 jednostki pH, co prawdopodobnie wynikało z systematycznego wapnowania gleby, ale także nawożenia obornikiem [19, 22].

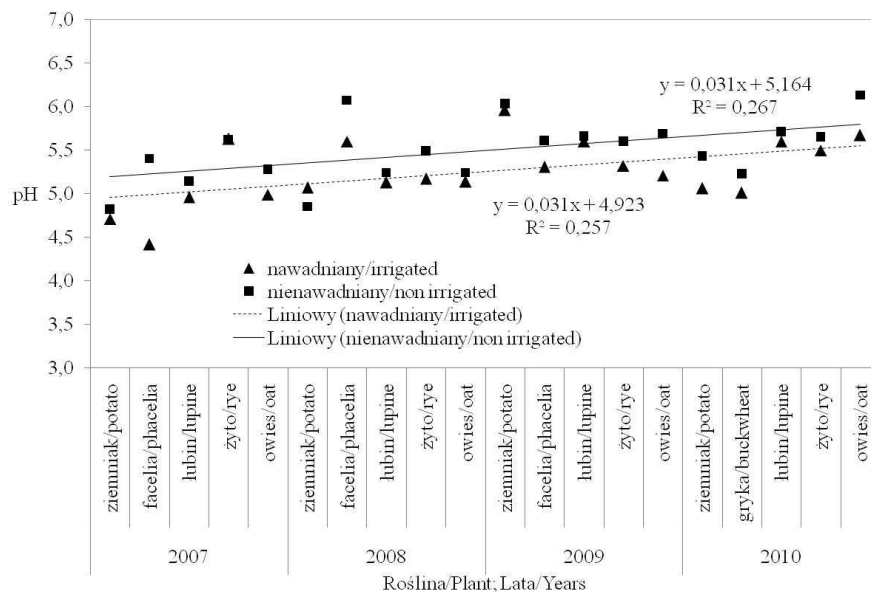
Z uzyskanych wyników jednoznacznie wynika, że poziom wszystkich analizowanych składników pokarmowych, w tym węgla organicznego był wyższy w glebie bez nawadniania niż z zastosowaniem tego zabiegu, ale tendencje zmian były podobne pomiędzy obiektami z nawadnianiem i bez nawadniania, z wyjątkiem zawartości cynku. Ta niższa zasobność gleby na obiekcie nawadnianym w znacznym stopniu wynikała prawdopodobnie 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 zdecydowanie wiązało się z większym wnoszeniem składników pokarmowych [13, 14, 15, 16, 23].



Rys. 9. Zmiany zawartości węgla organicznego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 9. Changes in content of organic coal in the soil. Years 2007-2010



Rys. 10. Zmiany zawartości azotu ogólnego w glebie. Lata 2007-2010  
 Fig. 10. Changes in content of total nitrogen in the soil. Years 2007-2010



Rys. 11. Zmiany odczynu gleby (pH w 1M KCl). Lata 2007-2010  
 Fig. 11. Changes of soil reaction (pH in 1M KCl). Years 2007-2010

#### 4. Podsumowanie

W okresie 4-letnich badań stwierdzono tendencje poprawy odczynu gleby, wzrostu zawartości węgla organicznego, azotu ogólnego i magnezu, a spośród mikroelementów – manganu, miedzi i cynku, zarówno w warunkach stosowania nawadniania, jak i bez nawadniania. W odniesieniu do pozostałych makroelementów (potasu i fosforu) oraz mikroelementów (żelaza i boru) wykazano tendencje spadku ich zawartości w glebie na obiekcie nawadnianym i nie-nawadnianym. Zawartości analizowanych składników w glebie były wyższe na obiekcie bez nawadniania niż na obiekcie nawadnianym.

#### 5. Literatura

- [1] Duer I.: Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy, 2001, ss. 52.
- [2] Gruczek T., Nowacki W., Zarzyńska K.: Ekologiczny system produkcji ziemniaków. IHAR Oddział Jadwisin, 2005, ss. 34.
- [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, ss. 44.
- [7] Łabętowicz 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] Łabętowicz 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 Cz., 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., Łabętowicz 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., Szukowska 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., Szukowska 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., Szukowska 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., Szukowska 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. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2009, Vol. 54 (4): 32-35.
- [18] Nowacki W.: Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. Wyd. IHAR-PIB Radzików, Oddział Jadwisin, 2010, ss. 56.
- [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, nr 6: 26-28.
- [24] Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforski M.: Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. Wyd. CDR Radom, 2008, ss. 24.
- [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.