



Zmienność wybranych parametrów gleb ornyc w okresie cyklu wegetacyjnego roślin

Małgorzata Widlak
Politechnika Świętokrzyska

1. Wstęp

W skutek działalności gospodarczej człowieka oraz wielu czynników degradujących środowisko następuje zaburzenie wielu procesów zachodzących w glebie. Zmiana pojedynczego czynnika środowiskowego zazwyczaj wpływa na występujące zależności fizyko-chemiczne i biologiczne. Niekorzystne procesy mogą doprowadzić do zubożenia gleb użytkowanych rolniczo poprzez zakłócenie proporcji składników pokarmowych dla roślin. Szacowanie wartości i przydatności gleby zależy od jej zasobności, żyzności i urodzajności, czyli potencjalnej dostępności dla roślin składników mineralnych, wody i powietrza oraz określenie czynników degradowanych (Jada 2009). Do jednych z ważniejszych parametrów zaliczamy: zasobność w składniki mineralne, odczyn (pH) oraz właściwości sorpcyjne. Gleba powinna charakteryzować się odpowiednią strukturą i zasobnością we wszystkie niezbędne składniki pokarmowe.

2. Parametry chemiczne i fizykochemiczne gleb

2.1. Odczyn

Podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby jest jej odczyn określany wielkością pH. Od pH gleby zależą w dużym stopniu jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne. Odczyn dostarcza szeregu informacji o kierunkach procesów zachodzących w glebie, co w konsekwencji bezpośrednio decyduje o warunkach wzrostu i rozwoju roślin oraz jest jednym z podstawowych wskaźników żyzności gleby.

2.2. Sorpcyjne właściwości gleb

Podstawowym wskaźnikiem jakości gleb jest próchnica, która stanowi ok. 90% materii organicznej i która wpływa na ich właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne. Związki próchniczne wpływają na zdolności sorpcyjne i na kształtowanie się zasobności gleb, zwiększają jej zdolności buforowe, regulują i stabilizują odczyn gleby.

Zdolności sorpcyjne gleb warunkują magazynowanie substancji pokarmowych, unieruchomienie składników potencjalnie toksycznych, odpowiadają za retencję wody w glebie oraz za obieg i biodostępność pierwiastków śladowych (Bednarek i in. 2004). Do oceny zdolności sorpcyjnych gleby można wykorzystać parametr, jakim jest liczba jodowa (LJ). Dotychczasowe dane literaturowe informują o wykorzystaniu tego parametru do oceny zdolności sorpcyjnych mieszanek grunt-osad ściekowy i jego możliwości stosowania zostały w pełni potwierdzone (Bezak-Mazur, Dańczuk 2013). Wartości liczby jodowej maleją wraz z obniżeniem zawartości materii organicznej.

2.3. Pierwiastki glebowe

Sód do roztworu glebowego uwalniany jest w wyniku wietrzenia podłoża. Wpływa on na gospodarkę wodną roślin, ma właściwości zastępowania potasu w roślinie.

Potas reguluje gospodarkę wodną, obniża zdolność do pęcznienia gleb gliniastych i ilastych, korzystnie wpływając na strukturę gleby. Proces pobierania jonów potasu utrudniony jest przez niewłaściwe natlenienie systemu korzeniowego (Burzyńska, Pietrzak 2010, Sparks 2012).

Magnez jest pierwiastkiem bardzo ruchliwym, przechodzi w głąb profilu glebowego, dlatego też, wyższe jego zawartości występują w głębszych warstwach gleby. Jego pobieranie może być ograniczone przez wysokie stężenie w roztworze glebowym jonów K^+ i NH_4^+ . Zawartość magnezu zwiększa się wraz z zawartością substancji organicznej.

Wapń reguluje wartość pH gleby, spełnia ważną rolę w prawidłowym wzroście i rozwoju roślin. Wpływa na gospodarkę wodną, węglowodanową i białkową (Raport Puławy 2012).

Glin jest podstawowym składnikiem większości minerałów pierwotnych i wtórnych, które w środowisku kwaśnym ulegają rozkładowi, uwalniając go do profilu glebowego. Duże stężenie glinu w profilu gle-

bowym, może stanowić toksyczne zagrożenie dla roślin. Jego toksyczne ściśle zależą od pH gleby (Ščančar, Milačič 2006).

Fosfor jest pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin, bierze udział w podstawowych procesach metabolicznych organizmów. Najkorzystniejszy odczyn gleby, to obojętny lub lekko kwaśny. Formą bezpośrednio pobieraną przez korzenie roślin jest H_2PO_4^- , a najczęściej występującą w środowisku postać tego pierwiastka stanowią fosforany (V) dość łatwo rozpuszczalne (Ciereszko 2000).

Azot warunkuje prawidłowy rozwój roślin uprawnych, pobudza wzrost części podziemnych i nadziemnych roślin. Na formę aktywną – bezpośrednio dostępną dla roślin – składa się azot azotanowy (NO_3^-) i duża część azotu amonowego (NH_4^+), które znajdują się w roztworze glebowym. Azot wydłuża okres wegetacji i reguluje zużycie innych składników pokarmowych, takich jak np.: potas czy fosfor (Czuba 2000).

2.4. Charakterystyka badanych gleb

Zróżnicowanie środowiskowe województwa świętokrzyskiego ma bezpośredni wpływ, na jakość gleb ze względu na różnorodność budowy geologicznej oraz skał macierzystych, z których się wytworzyły. W części północno-zachodniej i zachodniej przeważają gleby bielicoziemne, na południowym zachodzie i południu rozwinęły się rędziny i pararendziny. We wschodniej części województwa zalegają na podłożu lessowym czarnoziemy i gleby brunatne, a w obrębie Gór Świętokrzyskich występują płytkie gleby inicjalne (Widłak 2013). Na obszarach wytypowanych do badań występują gleby kwaśne, lekko kwaśne i obojętne są użytkowane rolniczo na potrzeby własne i eksportowe.

Rzędzina, gleba zasobna w wapń i próchnicę wytworzona w procesie wietrzenia skał wapniowych, węglanowych i gipsowych. Rozwinięta na wapieniach o słabo zasadowym odczynie wykorzystywana w rolnictwie, ze względu na wysoki poziom próchnicy. Rzędziny są bogate w dwuwartościowe kationy – wapniowe i magnezowe. Ze względu na odczyn bliski obojętnemu, znaczny udział w zasobach przyswajalnego dla roślin azotu mają jony azotanowe, podczas gdy w glebach kwaśnych typowa jest przewaga jonów amonowych. Bufor wodorowęglanowy gleb wapiennych ma właściwości neutralizujące zakwaszenie.

Gleby brunatne są dość żyzne i zasobne w próchnicę, wykazują odczyn zazwyczaj słabo kwaśny lub obojętny. Powstają one najczęściej na skałach osadowych, ilach, glinach i utworach pyłowych różnego pochodzenia. W profilu takiej gleby wyraźnie widoczne jest brunatne zabarwienie powstałe w wyniku wietrzenia skały i uwalniania tlenków żelaza. Gleby brunatne mają wysoką pojemność sorpcyjną, kompleks sorpcyjny w znacznym stopniu wysycony kationami o charakterze zasadowym (głównie wapnia i magnezu).

3. Materiały i metody

Badania oparto na analizie gleby z dwóch regionów województwa świętokrzyskiego: zachodnio-południowego i środkowo-wschodniego w 2014r. W regionie A: zachodnio-południowym pobrano glebę w 6 miejscowościach, powiatu włoszczowskiego i jędrzejowskiego; w regionie B: środkowo-wschodnim w 10 miejscowościach, powiatu opatowskiego i ostrowieckiego. Gleby regionu A to rędziny, z obszaru B to gleby brunatne. Z każdego punktu badawczego pobrano materiał glebowy z warstwy ornej, trzykrotnie w ciągu roku, przed nawożeniem wiosennym, po letnich zbiorach i przed nawożeniem zimowym. Analizie poddawano próbki gleby powietrznie suchej, zgodnie z metodyką analiz laboratoryjnych gleb i roślin (Karczewska, Kabała 2008). Z właściwości chemicznych gleby oznaczano odczyn pH w 1n KCl – potencjometrycznie, kwasowość wymienną i glin wymienny metodą Sokołowa, liczbę jodową wg normy PN-83/C97555.04., węgiel organiczny metodą Tiurina. Formy przyswajalne pierwiastków oznaczano w wyciągu po ekstrakcji 0,01 molowym kwasem octowym (Nowosielski 1974). Analizę statystyczną wykonano za pomocą programu Statistica 9 PL. Do interpretacji uzyskanych wyników zastosowano analizę głównych składowych (Mazlum i in. 1999; Wunderlin i in. 2001). Dają one możliwość określenia wpływu poszczególnych parametrów ujętych w modelu na wartość prognozowaną.

Celem podjętych badań było porównanie wybranych parametrów chemicznych i fizykochemicznych gleb dwóch różnych regionów woj. świętokrzyskiego, ze względu na położenie i rodzaj gleby, w okresie jednego cyklu wegetacyjnego.

4. Wyniki i dyskusja

W badanym okresie, kwiecień-październik 2014r., odczyn, w trzymiesięcznych i sześciomiesięcznych odstępach czasowych pobierania próbek, dla badanych gleb kształtował się w zakresie odczynu kwaśnego, lekko kwaśnego i obojętnego.

Tabela 1. Średnia zawartość pierwiastków w glebach mineralnych, przed nawożeniem wiosennym, letnim i jesiennym 2014 r., na wybranych obszarach woj. świętokrzyskiego

Table 1. The average content of elements in mineral soils, before fertilization in spring, summer and autumn 2014, on selected areas of Swietokrzyskie Voivodeship

| Numer obszaru No area | Lokalizacja, ilość pobranych próbek Location, the number of samples | Zawartość [mg/100g] Content [mg/100g] | Termin oznaczenia Time of indication | | |
|--------------------------|--|--|---|----------------|------------------|
| | | | Wiosna Spring | Lato Summer | Jesień Autumn |
| A | Rejon zachodnio-południowy (120 próbek) south-west region (120 samples) | K-K ₂ O | 21,90 | 14,10 | 10,70 |
| | | P-P ₂ O ₅ | 8,48 | 10,91 | 8,34 |
| | | N-NO ₃ +N-NH ₄ | 9,33 | 8,17 | 12,92 |
| B | Rejon środkowo-wschodni (80 próbek) east-central region (80 samples) | K-K ₂ O | 18,60 | 9,90 | 10,30 |
| | | P-P ₂ O ₅ | 10,69 | 14,45 | 6,25 |
| | | N-NO ₃ +N-NH ₄ | 4,95 | 7,25 | 8,29 |

Dla regionu A: pH 4,56-7,55; regionu B: pH 4,41-7,76; średnie wartości pH dla regionów obrazuje rysunek 2. Analizując powyższe wyniki (tabela 1) można stwierdzić, że badane gleby wykazują niewystarczającą poziom zawartości pierwiastków przyswajalnych dla właściwego rozwoju roślin. Zasobność gleb, w przyswajalne formy potasu w regionie A: zachodnio-południowym mieściła się w przedziale 10,70-21,90 mg/100 g oraz wskazywała się niską zawartością fosforu (ok. 10 mg P₂O₅ 100 g⁻¹). W regionie B: środkowo-wschodnim zasobność gleby w potas była na poziomie 9,90-18,60 mg/100 g; w fosfor na poziomie 6,25-14,45 mg/100 g (tabela 1, rys. 5, 6). Z badań IUNG (Raport Puławy 2012) wynika, że

średnia zasobność potasu w glebach w woj. świętokrzyskiego wynosi 13,54 mg/100 g, fosforu 9,56 mg/100 g. Bogate w azot ($N-NO_3+N-NH_4$) rędziny wykazywały wyższą jego zawartość w stosunku do gleb brunatnych o ok. 30% (tabela 1, rys. 7). Optymalną produkcję roślinną warunkuje szybkość pobierania fosforu z gleby w okresie wiosny (kwiecień) i jego akumulacja w całym okresie wegetacji. Azot wydłużając okres wegetacji reguluje także zużycie innych składników pokarmowych, takich jak np.: potas czy fosfor (Łukowiak 2016).

Zawartość węgla organicznego gleby w regionie A: zachodnio-południowym mieściła się na poziomie 0,63%, w regionie B: środkowo-wschodnim na poziomie 0,54% (rys. 3). Średnia zasobność gleby woj. świętokrzyskiego w węgiel organiczny wynosi 0,9% (Raport Puławy 2012).

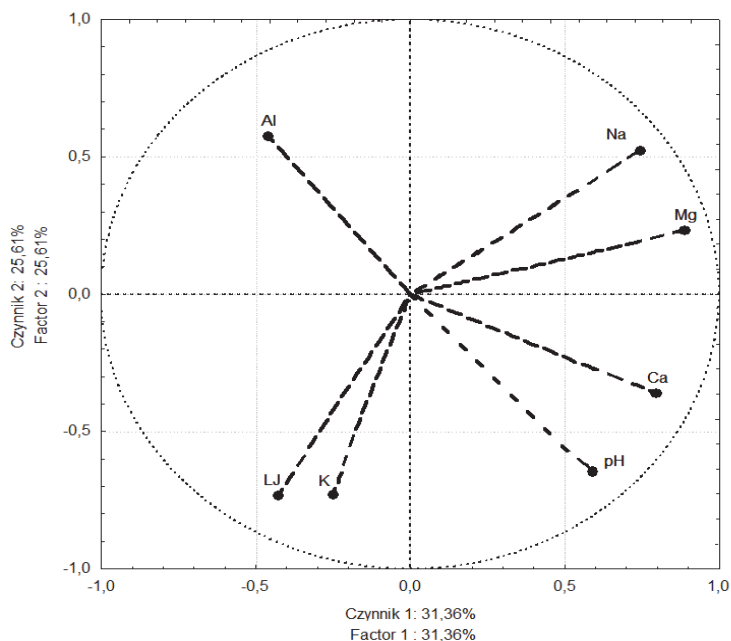
Analizowane gleby brunatne i rędziny wykazują zróżnicowane pH, zawartość węgla organicznego i zdolności sorpcyjne (rys. 2-4).

Tabela 2. Wektory własne macierzy korelacji
Table 2. Eigenvectors of the correlation matrix

| Zmienna variable | Al | K | Ca | Mg | pH | LJ | Na |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Czynnik 1 factor 1 | -0,46 | -0,21 | 0,69 | 0,82 | 0,53 | -0,39 | 0,59 |
| Czynnik 2 factor 2 | 0,58 | -0,59 | -0,32 | 0,21 | 0,59 | -0,66 | 0,41 |
| Czynnik 3 factor 3 | -0,32 | 0,60 | -0,18 | -0,30 | -0,16 | -0,38 | 0,49 |

W celu identyfikacji korelacji między poszczególnymi zmiennymi (liczba jodowa, pH, Al, Ca, Mg, Na, K) wyznaczonych dla okresu letniego (sierpień) i jesiennego (październik) wykonano analizę głównych składowych. Ze względu na nieporównywalne analizowane zmienne (tj. mają inne jednostki) wyznaczono macierz korelacji, i wektory własne macierzy korelacji. Wartości wektorów analizowanych zmiennych względem głównych składowych ilustruje tabela 2 i rysunek 1. Na wartość pierwszej składowej decydujący wpływ ma stężenie Ca, Mg i Na, na drugą składową Al, K, pH i LJ. Wzrost stężenia wapnia oraz pH prowadzi do spadku stężenia glinu. Wzrost stężenia Al^{3+} nie powoduje zaburzenia w pobieraniu potasu. Ta for-

ma, uważana jest za główny czynnik ograniczający plony na glebach kwaśnych. Jego szkodliwość polega przede wszystkim na sorpcji chemicznej fosforanów i antagonizmie jonu Al^{3+} do jonów Ca^{2+} i Mg^{2+} .



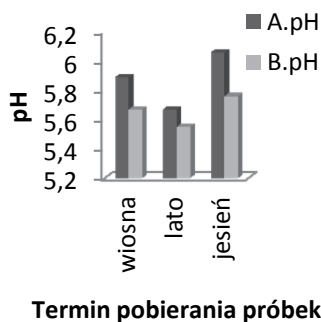
Rys. 1. Konfiguracja wektorów ładunków czynnikowych analizowanych zmiennych (Al, Na, Mg, Ca, K, pH, LJ) względem dwóch pierwszych składowych głównych (I i II)

Fig. 1. Configuration of factor loadings vectors for analyzed variables (Al, Na, Mg, Ca, K, pH, LJ) relative to the first two principal components (I and II)

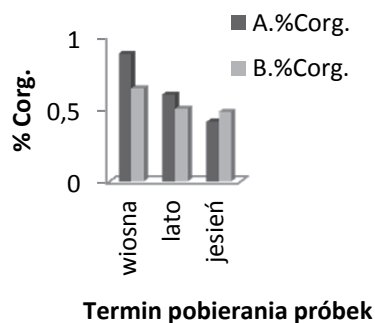
Spadek stężenia potasu i liczby jodowej spowodowane jest wzrostem stężenia sodu lub magnezu. Analizując kąty między promieniami wodzącymi i ich długości można stwierdzić wpływ stężenia potasu na liczbę jodową. Wartości liczby jodowej (LJ) badanych obszarów kształtowały się: dla gleb brunatnych, średnio 45,8 mg/g; dla rędzin 62,5 mg/g (rys. 4). Wartości liczby jodowej, w badanym obszarze, wskazują na gleby o średnich właściwościach sorpcyjnych. Ponadto, wzrost pH prowadzi do wzrostu stężenia wapnia.

Uzyskane wartości Al wymiennego w kwietniu 2014 r. kształtowały się na poziomie 0,09-6,30 mg/100 g, w sierpniu 2014 r. 0,09-

7,20 mg/100 g, a w październiku 2014 r. 0,36-5,04 mg/100 g. W każdym z trzech okresów pobierania próbek: kwiecień, sierpień i październik, zaobserwowano pH gleby poniżej 4,6. Tak niskie wartości odnotowano 6.rotnie, w cyklu wegetacyjnym. Przy tak niskim pH jest tendencja, do występowania rozpuszczalnych związków glinu, co oznacza, że zostały tam przekroczone dopuszczalne zawartości tego pierwiastka i mogą stanowić toksyczne zagrożenie dla większości roślin.



Rys. 2.



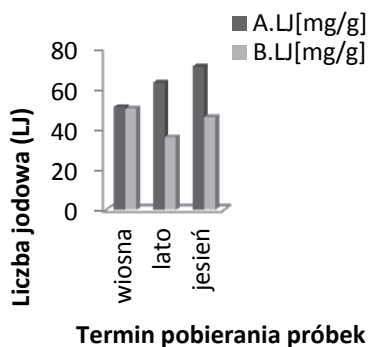
Rys. 3.

Rys. 2. Odczyn (pH) w warstwie mineralnej gleby badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj. świętokrzyskiego; wiosną, latem i jesienią 2014 r.

Fig. 2. The pH in mineral layer of the soil in selected regions of the Swietokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region), in spring, summer and autumn 2014

Rys. 3. Zawartość węgla organicznego (% Corg.) w warstwie mineralnej gleby: wiosną, latem i jesienią 2014r., badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj.świętokrzyskiego

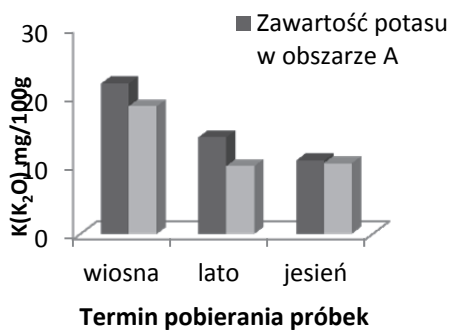
Fig. 3. The organic carbon content (% Corg.) in the mineral layer of soil in spring, summer and autumn of 2014., in selected regions of the Swietokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region)



Rys. 4.

Rys. 4. Zdolność sorpcyjna gleby wyrażona liczbą jodową (LJ) w warstwie mineralnej gleby: wiosną, latem i jesienią 2014 r., badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj. świętokrzyskiego

Fig. 4. The absorbing capacity of the soil expressed in iodine number (LJ) in the mineral layer of soil in spring, summer and autumn of 2014., in selected regions of the Swietokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region)



Rys. 5.

Rys. 5. Zawartość potasu (K) K₂O mg/100 g w warstwie mineralnej gleby: wiosną, latem i jesienią 2014 r., badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj. świętokrzyskiego

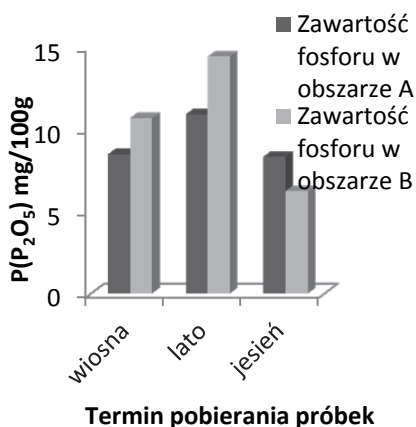
Fig. 5. The potassium content (K) K₂O mg/100 g in the mineral layer of soil in spring, summer and autumn of 2014., in selected regions of the Swietokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region)

5. Podsumowanie

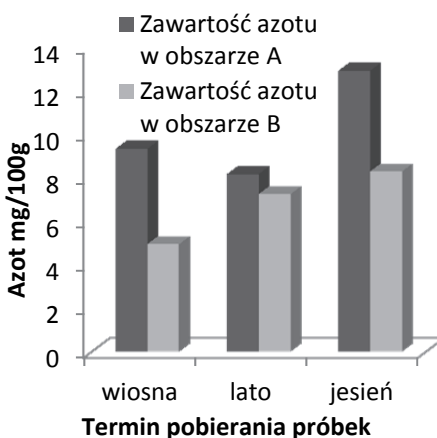
Odczyn (pH) gleby, w okresie badawczym, był nieznacznie zróżnicowany. Niższe pH wykazywały gleby brunatne. Średnia wartość pH w regionach A i B znajdowała się w zakresie odczynu lekko kwaśnego.

Wartości liczby jodowej (A: 62,5mg/g i B: 45,8 mg/g) wskazują na gleby o średnich właściwościach sorpcyjnych. Sorpcyjność rędzin nieznacznie wzrasta, gleb brunatnych maleje w okresie wiosna – jesień.

Zawartość węgla organicznego w badanych glebach zdecydowanie maleje w okresie wiosna – jesień i kształtuje się poniżej wartości dla woj. świętokrzyskiego. Wyższe właściwości próchnicze wykazują rędziny.



Rys. 6.



Rys. 7.

Rys. 6. Zawartość fosforu (P) P_2O_5 mg/100 g w warstwie mineralnej gleby: wiosną, latem i jesienią 2014 r., badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj. świętokrzyskiego

Fig. 6. The phosphorus content (P) P_2O_5 mg/100 g in the mineral layer of soil in spring, summer and autumn of 2014., in selected regions of the Świętokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region)

Rys. 7. Zawartość azotu ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) mg/100 g w warstwie mineralnej gleby: wiosną, latem i jesienią 2014r., badanych rejonów (A: rejon zachodnio-południowy; B: rejon środkowo-wschodni) woj. świętokrzyskiego

Fig. 7. The nitrogen content ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) mg/100 g in the mineral layer of soil in spring, summer and autumn of 2014., in selected regions of the Świętokrzyskie Voivodeship (A: south-western region, B: central-eastern region)

W czasie wzmożonego zapotrzebowania, w okresie wzrostu, na pierwiastki biogenne (fosfor, azot) oraz potas, odczyn badanej gleby hamująco wpływał na ich pobieranie i przyswajalność. Wzrost stężenia Al^{3+} nie powodował zaburzenia w pobieraniu potasu, zmniejszał natomiast pobieranie wapnia. Wzrost stężenia sodu powoduje zmniejszenie stężenia potasu i wartości liczby jodowej odpowiedzialnej za sorpcyjne właściwości gleby.

Powyższe wyniki wskazują że, w okresie jednego roku wegetacyjnego parametry chemiczne i fizykochemiczne badanych gleb pozostawały na mało zróżnicowanym poziomie. Wskazane jest monitorowanie zakwaszenia gleby, ze względu na przyswajalność składników pokarmowych.

Literatura

- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojka U., Prusinkiewicz Z. (2004). *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Warszawa: PWN.
- Bezak-Mazur E., Dańczuk M. (2013). Sorption capacity of conditioned sewage sludge in environmental conditions. *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 15(1), 87-92.
- Burzyńska I., Pietrzak S. (2010). Ocena zawartości rozpuszczalnych form potasu i RWO w warstwie gleby stanowiącej podłoże długoletniego składowania obornika. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, 10, 4 (32), 23-32.
- Ciecioro I. (2000). Wzrost i metabolizm roślin w warunkach deficytu fosforu. *Kosmos*, 49(1-2), 179-189.
- Czuba R. (2000). *Potas - niezbędny składnik pokarmowy zbóż kształtujący wielkość i jakość plonów*. International PotashInstitute, Coordinator Centra/Eastern Europe.
- Jada C.D., Fukler M.H. (2009). Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, 8, 921-929.
- Karczewska A., Kabała C. (2008). *Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin*. Wrocław, Wydanie 4.
- Łukowiak R., Grzebisz W., Sassenrath G.F. (2016). New insights into phosphorus management in agriculture – A crop rotation approach. *Science of the Total Environment*, 542B, 1062-1077.
- Mazlum N., Ozer A, Mazlum S. (1999). Interpretation of water quality data by Principal Components Analysis. *Journal of Environmental Science*, 23, 19-36.
- Nowosielski O. (1974) *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1-91.
- PN-83/C-975555.04. Węgłe aktywne. Metody badań. Oznaczanie liczby adsorpcji jodu.
- Raport Puławy IUNG (2012). Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012.
- Ščančar J., Milačič R. (2006). Aluminium speciation in environmental samples: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 368, 999-1012.
- Sparks D.L. (2012). *Bioavailability of soil potassium*. in. *Handbook of Soil Sciences*, ed.Pan Ming Huan, Yuncong Li, Malcom e. Summer: CRC Press, Taylor& Francis: Chapter, 11-37.
- Widłak M. (2013). Ocena zawartości glinu wymiennego i wybranych parametrów gleb województwa świętokrzyskiego. *Proc.of ECOpole*, 7(1), 413-420.
- Wunderlin D.A, Diaz D.A., Ame M.D.P., Pasce S. F., Hued A. C., Bistoni M. D., (2001). Patternrecognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variation in water quality. A case study: Suquia River Basin (Cordoba – Argentina). *Water Research*, 35, 2881-2894.

The Variability of Selected Parameters of Arable Soils During the Vegetation Cycle of Plants

Abstract

The aim of this study was to evaluate the content of soil elements and parameters such as pH and iodine value in a period of one vegetation cycle. Soil samples were collected from the topsoil to a depth of 30cm, in April – before spring fertilization, August - after the summer harvest and October – before winter fertilization 2014. During the whole research period soils showed on average, a slightly acidic pH (5.6-6.2). The increase in calcium concentration leads to decrease in aluminum concentration, which at the highest content is in the range 1,02 mg/100 g and does not exceed the allowable concentration. However, increasing the sodium amount and magnesium concentration causes the decrease of potassium concentration and iodine value. In the central-eastern region dominate brown soils characterized by a lower iodine value (LJ) than in the south-western region where occur rendzina and pararendzina. The low level of nutrient microelements in studied soils obliges farmers to phosphorus fertilization and potassium supplement in order to obtain expected yields.

Słowa kluczowe:

pierwiastki glebowe, gleby brunatne i rędziny, odczyn gleby, właściwości sorpcyjne, zawartość składników pokarmowych

Keywords:

soil elements, brown soils and rendzinas, soil pH, sorption properties, nutrient content