INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr I/2/2017, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 419–432
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.1.2.031

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH GLEB I OZNACZANIE ZAWARTOŚCI WYBRANYCH PIERWIASTKÓW

Alicja Handzel[1], Jolanta B. Królczyk[2], Agnieszka E. Latawiec[3], Klaudia Pluta[1], Dagmara Malina[1], Agnieszka Sobczak-Kupiec[1]
[1]Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, [2]Politechnika Opolska
[3]Katolicki Uniwersytet Papieski Rio de Janeiro

DETERMINATION OF ELEMENT CONTENS AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SELECTED SOILS

Streszczenie

Znaczna część powierzchni Europy jest użytkowana rolniczo, co powoduje, że rolnictwo ma ogromny wpływ na środowisko naturalne oraz życie i działalność człowieka. Właściwości gleb mają bezpośredni wpływ na wielkość i jakość otrzymywanych plonów. Badania gleb odgrywają ważną rolę w produkcji rolniczej. Określenie właściwości fizykochemicznych oraz składu pierwiastkowego ma wpływ na otrzymywane plony oraz dawkowanie nawozów. Gleba jest zróżnicowanym materiałem, dlatego ważne jest stosowanie odpowiednich metod analitycznych. Celem pracy była analiza wybranych właściwości fizykochemicznych gleb i oznaczanie wybranych pierwiastków. Badania obejmowały analizę granulometryczną, pomiar zawartości wilgoci oraz pomiar pH gleby. Wykonano analizę za pomocą spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej w celu oznaczenia składu pierwiastkowego oraz za pomocą spektroskopii w zakresie promieniowania podczerwonego (FT-IR) w celu identyfikacji charakterystycznych ugrupowań chemicznych. Za pomocą spektrofotometrii UV-Vis oznaczono ilościowo zawartość Fe^{2+} oraz P_2O_5

Artykuł został opublikowany na licencji Creative Commons BY-NC-ND licence
(http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/4.0/)

w badanym materiale. Dokonano pomiaru zawartości magnezu, żelaza oraz wapnia za pomocą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS).

Słowa kluczowe: analiza gleb, właściwości gleb, właściwości fizykochemiczne gleb, składu pierwiastkowy gleb

Abstract

A large part of Europe's area is used for agriculture, which means that agriculture has a huge impact on the environment and human activity. Soil properties have a direct impact on the size and quality of the crops. The study of soils plays an important role in agricultural production. Determination of physicochemical properties and elemental composition affects the obtained yields and the dosage of fertilizers. Soil is a diverse material, so it is important to use appropriate analytical methods. The aim of the study was to analyze selected physicochemical properties of soils and determination of selected elements. The study involved a granulometric analysis, soil moisture and pH measurement. X-ray fluorescence spectrometry was chosen to determine the elemental composition, infrared spectroscopy (FT-IR) to identify specific chemical groups, additionally UV-Vis spectrophotometry was used to determination of Fe^{2+} *and* P_2O_5 *content in the tested material, atomic absorption spectrometry (AAS) was performed to measurements of magnesium, iron and calcium concentration.*

Keywords: *Soil analysis, physicochemical properties of soil, elemental composition of soils*

WPROWADZENIE

Znaczna część powierzchni Europy (ponad 50%) jest użytkowana rolniczo, co powoduje, że rolnictwo ma ogromny wpływ na środowisko naturalne oraz życie i działalność człowieka. Gleba stanowi aktywny element środowiska przyrodniczego, a jej właściwości mają bezpośredni wpływ na wielkość i jakość otrzymywanych plonów (Kuśmierz i Kisiel 2014). Gleba jest integralnym składnikiem wszystkich ekosystemów lądowych, jak również niektórych płytkowodnych. Uważana jest za najważniejszy komponent naturalnych ekosystemów lądowych. Podlega nieustannej ewolucji – zachodzą w niej procesy syntezy oraz rozkładu związków zarówno organicznych, jak i mineralnych (Mocek 2015, Zawadzki 1999). Gleba jest układem trójfazowym złożonym z fazy stałej, ciekłej i gazowej (Mocek 2015). Wszystkie trzy fazy oddziałują wzajemnie, dążąc do stanu równowagi. Ze względu na obecność organizmów żywych równowaga ta

nie może jednak zaistnieć. Relacje pomiędzy trzema fazami mają decydujący wpływ na fizyczne właściwości gleb (Mocek 2015). Na proces powstawania gleby składa się wiele zjawisk, które mają miejsce w górnych warstwach litosfery na skutek działania czynników glebotwórczych oraz tych, które powodują utworzenie się i rozwój gleby. Istotą procesów glebotwórczych podczas ich trwania jest przystosowanie oraz przetworzenie pierwotnie martwych substratów mineralnych do osiągnięcia stanu pełnej urodzajności (Mocek 2015, Zawadzki 1999). Jest wiele aspektów mających bezpośredni wpływ na procesy glebotwórcze. Są to między innymi obecność organizmów żywych, rodzaj skały macierzystej, rzeźba terenu, warunki wodne, działalność człowieka i czas (Doran i in. 2000, Mocek 2015, Zawadzki 1999). Rodzaj gleby ma istotny wpływ na efektywność upraw. Ważnym elementem jest także odpowiednia zawartość składników odżywczych w przyswajalnej formie dla roślin (Mocek 2015). Warstwa gleby powinna charakteryzować się także odpowiednią miąższością i być wystarczająco luźna, aby zapewnić korzeniom rozrost i przenikanie. Konieczne jest również zapewnienie optymalnej temperatury i pH. Na jakość gleb równocześnie mają wpływ trzy aspekty: biologiczne, fizyczne oraz chemiczne. Są one ze sobą powiązane i wzajemnie na siebie oddziałują (Karlen i in. 2003). Do odpowiedniego wzrostu roślin wymagane jest 18 pierwiastków. Dzielą się one na makroskładniki (zapotrzebowanie w dużych ilościach) oraz mikroskładniki (niewielkie zapotrzebowanie). Do makroskładników zaliczamy: węgiel, tlen, wodór, azot, fosfor, siarka, potas, wapń, magnez, natomiast do mikroskładników należą: mangan, cynk, żelazo, bor, miedź, nikiel, chlor, molibden, kobalt. Pozostałe pierwiastki także są pobierane przez rośliny i w pewnym stopniu mogą być im być potrzebne, jednak nie są uznawane za niezbędne (Mocek 2015).

Produkcja rolna, zbieranie, jak również usuwanie roślin z pola uprawnego skutkuje usunięciem cennych składników odżywczych z gleby. Im bardziej intensywna jest produkcja rolna, tym częstsza potrzeba uzupełnienia brakujących składników odżywczych. W Polsce obecnie obserwowany jest wzrost użytkowania nawozów mineralnych (Mocek 2015). Potrzeby nawozowe definiowane są jako suma mas składników mineralnych, które należy zastosować w używanym nawozie, w celu zaspokojenia potrzeb pokarmowych roślin. Jest to konieczne, aby w pełni wykorzystać potencjał genetyczny roślin, co w efekcie przekłada się na uzyskanie plonów spełniających oczekiwania. Potrzeby nawozowe różnią się od potrzeb pokarmowych roślin. Ze względu na dużą zawartość niezbędnych składników w glebie, zazwyczaj są one mniejsze. Określony składnik może być pobierany przez rośliny w znacznych ilościach. Mniej urodzajne gleby są uboższe w cenne składniki pokarmowe roślin, co skutkuje większymi potrzebami nawozowymi (Mercik 2004). Gleba narażona jest na degradację oraz zmiany swoich właściwości w wyniku akumulowania się w niej pierwiastków oraz związków chemicznych przedostających się do niej na skutek działalności człowieka (Kuśmierz i Kisiel 2014).

Określenie właściwości fizykochemicznych oraz składu pierwiastkowego ma wpływ na otrzymywane plony oraz dawkowanie nawozów. Analiza laboratoryjna gleb jest niezwykle ważna w chemii rolnej. Dobór odpowiedniej metody badawczej warunkuje osiągnięcie dokładnego i rzetelnego wyniku. Gleba, ze względu na swoją różnorodność i dynamikę zmian w niej zachodzących, wymaga stosowania odpowiednich metod analizy. Głównym celem badań jest dążenie do optymalizacji nawożenia, prowadzącej do wzrostu plonów roślin z zachowaniem dobrych cech jakościowych a zarazem wysokiej efektywności i opłacalności (Doran i in. 1994).

Celem pracy była analiza wybranych właściwości fizykochemicznych gleb i oznaczanie wybranych pierwiastków.

MATERIAŁ I METODY

Do badań została przeznaczona gleba orna klasy IVa, czyli gleba średniej jakości. Są to piaszczyste gleby, o małej zawartości próchnicy. Składniki mineralne z gleb tego rodzaju są szybko wypłukiwane. Na glebach tej klasy nie ma możliwości uprawy bardzo wymagających roślin. Pochodzące z nich plony nie są zbyt wysokie i ściśle zależą od rozkładu oraz ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym. Próbki gleb zostały pobrane w połowie kwietnia 2014 roku. Gleba została pobrane z poletek badawczych założonych na polu w Prószkowie na przedmieściach Opola. Analizie poddano sześć próbek gleby (po 3 kg) z pola użytkowanego rok wcześniej na cele rolnicze (uprawa kukurydzy). Trzy próbki gleby pobrano z poletek (3x3) przeznaczonych w dalszym etapie do przeprowadzenia badań polowych dotyczących rolniczego wykorzystania biowęgla jako polepszacza gleb i oznaczono 1, 2, 3 (zasiano kukurydzę), kolejne trzy próbki (4, 5, 6) przeznaczono do badań wpływu dodatku biowęgla m.in. na plonowanie rzepaku. Badania obejmowały analizę wybranych właściwości fizykochemicznych gleb: analizę granulometryczną, pomiar zawartości wilgoci oraz pomiar pH gleby i oznaczanie wybranych pierwiastków. Wykonano analizę za pomocą spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w celu oznaczenia składu pierwiastkowego oraz analizę FT-IR, aby określić grupy funkcyjne znajdujące się w glebie. Za pomocą spektrometrii UV-Vis oznaczono ilościowo zawartość Fe^{2+} oraz P_2O_5 w badanym materiale. Dokonano także pomiaru zawartości magnezu, żelaza oraz wapnia za pomocą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS).

Analiza granulometryczna. Określenie składu granulometrycznego za pomocą analizy sitowej oparte jest na oddzieleniu poszczególnych frakcji na skutek rozsiewania próbki na sitach (Franzluebbers 2002). Przygotowano sześć sit o następujących wymiarach: 2,00 mm; 1,25 mm; 1,00 mm; 0,63 mm; 0,50 mm; 0,125 mm.

Oznaczenie zawartości wilgoci. Wilgotność to pojęcie definiowane, jako stosunek masy wody zawierającej się w danej próbce gleby lub gruntu do masy tej próbki wysuszonej w temp. 105 – 110°C. Próbki poddano suszeniu w wagosuszarce w temperaturze 105°C. Pomiar wykonywano trzykrotnie dla każdej z sześciu próbek gleby.

Oznaczenie odczynu gleby. Metoda potencjometryczna polega ona na pomiarze SEM ogniwa. Różnice potencjałów mierzonych pehametrem wyraża funkcja wartości pH badanego roztworu (Cygański 1999). Oznaczenie odczynu gleby wykonuje się poprzez pomiar pH zawiesiny gleby w wodzie destylowanej. W ten sposób oznacza się czynną kwasowość gleby. Jest to rodzaj kwasowości pochodzącej od jonów H^+ zawartych w roztworze glebowym (Szczepaniak 2004).

Spektrometria Fluorescencji Rentgenowskiej (XRF). XRF (*X-ray fluorescence spectrometry*) należy do nieniszczących technik analitycznych. Na skutek wzbudzenia promieniowaniem rentgenowskim każdy pierwiastek zawarty w analizowanej próbce emituje charakterystyczne widmo. Daje ono podstawę do analizy jakościowej i ilościowej. W XRF promieniowanie rentgenowskie emitowane jest za pomocą lampy rtg, które padając na badaną materię, wywołuje emisję promieniowania wtórnego – fluorescencję (Szczepaniak 2004, de Castilhos i in. 2015, Kim i in. 2016). Badane próbki gleb poddano analizie za pomocą spektrometru PW 4025/00 MiniPal X-ray firmy PANanalitical.

Spektrometria z podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR). Spektrofotometria w podczerwieni z transformacją Fouriera jest metodą instrumentalną wykorzystującą absorpcję promieniowana podczerwonego poprzez oscylację cząsteczek. Cząsteczki pochłaniają promieniowanie, co skutkuje wzbudzeniem elektronów. Elektrony są odpowiedzialne za zachodzące zmiany energii rotacyjnej i oscylacyjnej cząsteczki. Każdy związek chemiczny charakteryzuje się swoim unikalnym, niepowtarzalnym widmem (Szczepaniak 2004). Próbki do badań przygotowano w formie pastylek. W moździerzu utarto około 0,2 g czystego, wysuszonego KBr z 0,0007 g analizowanej gleby. Przygotowaną w ten sposób mieszaninę sprasowano pod ciśnieniem 100 kp/cm^2 wykorzystując do tego celu prasę olejową. Otrzymane pastylki umieszczono w spektrofotometrze Scimitar Series FTS 2000 firmy Digilab i dokonano pomiaru.

Spektrofotometria UV-Vis. Jest to technika instrumentalna, w której wykorzystuje się do celów analitycznych energetyczne przejścia spowodowane pochłanianiem promieniowania elektromagnetycznego w zakresach: nadfioletu (200-380 nm) i widzialnym (380-780 nm). Przedmiotem badań spektrofotometrii UV-VIS są widma elektronowe. Za pomocą tej metody można oznaczać zarówno substancje organiczne jak i nieorganiczne, które są zdolne do absorpcji wyżej wymienionych rodzajów promieniowania (Cygański 2009). Za pomocą spektrofotometrii UV-VIS w badanych próbkach gleby dokonano pomiarów zawartości fosforu oraz żelaza (II). Zawartości fosforu w glebie oznaczono również za po-

mocą kilku różnych metod ekstrakcji dyferencyjno-fotometrycznych: za pomocą wody, kwasu cytrynowego, mieszaniny kwasów azotowego(V) i chlorowodorowego oraz samego kwasu chlorowodorowego. Fosfor rozpuszczalny oznaczano spektrofotometryczne metodą Egnera-Riehma. Ekstrakcja żelaza i oznaczenie spektrofotometrczne Fe^{2+} wykonano metodą 1,10 fenantrolinową.

Absorpcyjna spektrometria atomowa AAS (Atomic Absorption Spectrometry) jest to technika, w której wykorzystuje się zdolność do absorpcji promieniowania elektromagnetycznego przez wolne atomy danego związku (Szczepaniak 2004). Otrzymane roztwory poddano badaniu na zawartość Fe, Ca, Mg. Pomiaru dokonano za pomocą spektrometru atomowego Perkin Elmer 370.

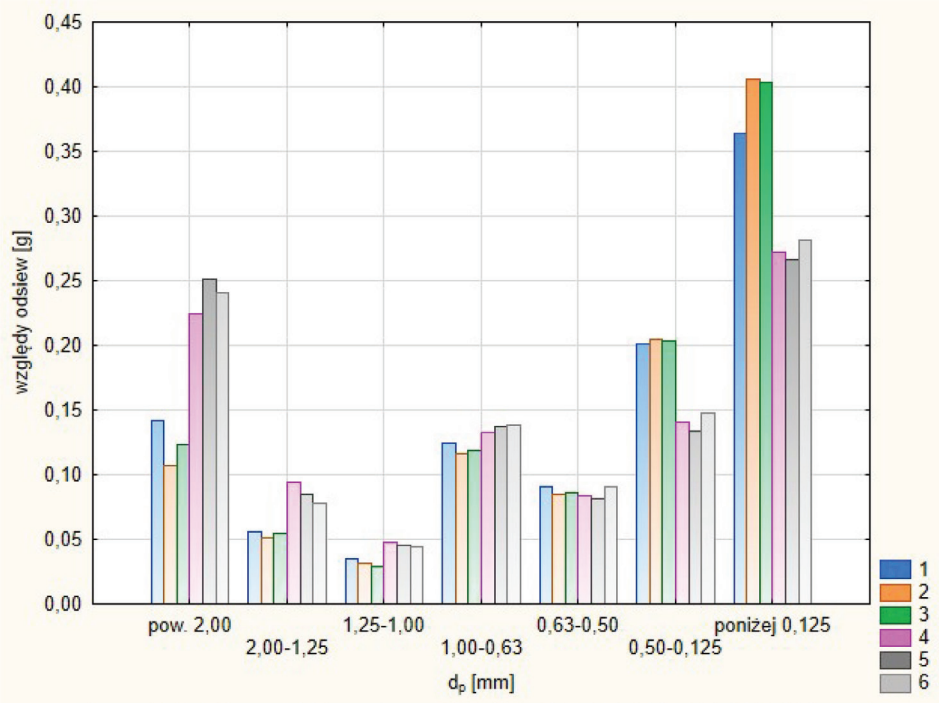
WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza sitowa pozwoliła na rozfrakcjonowanie materiału oraz obliczenie sumy względnych odsiewów (rysunek 1). W przypadku wszystkich sześciu próbek gleby uzyskano najwięcej frakcji o wymiarach poniżej 0,125 mm. Następną frakcją były wymiary frakcji w zakresie powyżej 2 mm oraz w zakresie 0,50-0,125.

Dla roślin niezwykle ważna jest gospodarka wodna. W okresie suszy jedynym źródłem wody jest ta zawarta w porach gleby. Charakterystyka profilu glebowego i jej tekstura ma decydujący wpływ na zdolność do magazynowania wody, a następnie udostępniania jej roślinom. Piaszczyste gleby są zbyt przepuszczalne, nieznaczna ilość wody pozostaje w strefie korzeniowej (Mocek 2015, Myślińska 2010). Średnia zawartość wilgoci w badanych próbkach gleby zawierała się w przedziale 2,29-3,88% i wyniosła odpowiednio: 1-3,09%; 2-2,96%; 3-2,29%; 4-3,39%; 5-2,88%; 6-3,88%. Mała zawartość wilgoci w glebie jest niepożądana, ponieważ taka gleba nie jest najlepsza pod uprawę roślin. Na tak niską zawartość wody w glebie może mieć wpływ niewielka ilość opadów atmosferycznych oraz temperatura powietrza. Badana gleba jest glebą piaszczystą, która generalnie, nawet bez małej ilości opadów charakteryzuje się niską retencją wodną, mierzoną jako WHC.

Kwasowość nie należy do właściwości gleby jako fazy stałej (tzn. nie dotyczy ona jej cząstek elementarnych), lecz stanowi właściwość roztworów zawartych w glebie. Oddziaływanie pomiędzy fazą stałą gleby, a zawartą w niej wodą stanowi o kwasowym lub zasadowym charakterze. Dostępność roślin do substancji odżywczych jest zależna od kwasowości gruntów na jakim rosną (Mocek 2015, Zawadzki 1999). W kwaśnych glebach niektóre składniki pokarmowe roślin przechodzą w formy trudno przyswajalne, czego przykładem jest molibden, bor, fosfor. Zmniejsza się w nich ponadto ilość materii organicznej oraz wzrasta aktywność metali ciężkich oraz ich dostępność dla roślin, takich jak żelazo, mangan, cynk, miedź oraz ołów. W celu poprawy stanu zakwaszenia

gleby najczęściej stosuje się systematyczne wapnowanie (Mercik 2004). Badane próbki gleby wykazują odczyn obojętny, wartość pH zawiera się w przedziale od 6,82 do 7,27 i wynoszą odpowiednio: 1-7,27; 2-6,95; 3-6,82; 4-6,88; 5-7,07; 6-7,02. Odczyn taki jest korzystny pod kątem uprawy roślin.



Rysunek 1. Względny odsiew poszczególnych klas ziarnowych dla wszystkich próbek gleby
Figure 1. Relative sifting of size fractions for all soil samples

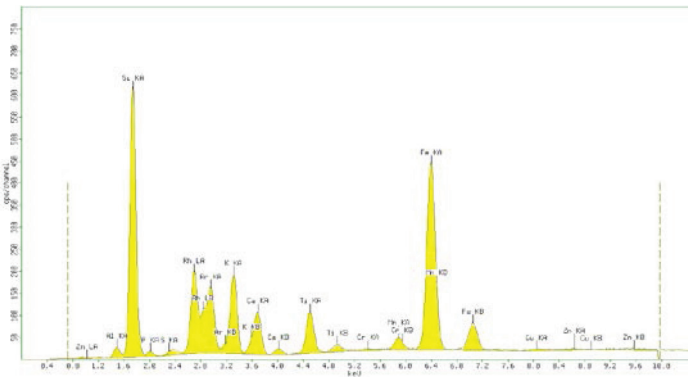
W kolejnym etapie analizowano widma sześciu próbek gleb otrzymane w wyniku analizy za pomocą metody XRF. Na rysunku 2 przedstawiono wybraną serię badawczą próbki gleb (nr 6). Procentowy skład pierwiastkowy badanych próbek zawiera tab. 1.

Do grupy makroskładników, których zawartość w glebie powinna być monitorowana należą: azot, potas, fosfor, wapń, magnez i siarka. Dla roślin najważniejsza jest zawartość w glebie jonowej formy (przyswajalnej) tych pierwiastków (Mercik 2004). Dla roślin uprawnych największe znaczenia mają mikroelementy takie jak: mangan, żelazo, miedź, molibden, bor i cynk. Podstawowym źródłem mikroskładników w glebie jest skała macierzysta, a także substancje organiczne.

W mniejszym stopniu dostają się za sprawą opadów atmosferycznych deszczy i pyłów (Mercik 2004, Sylwestrzak i in. 1994, Zawadzki 1999).

Tabela 1. Zawartości pierwiastków [%]
Table 1. Elements content [%]

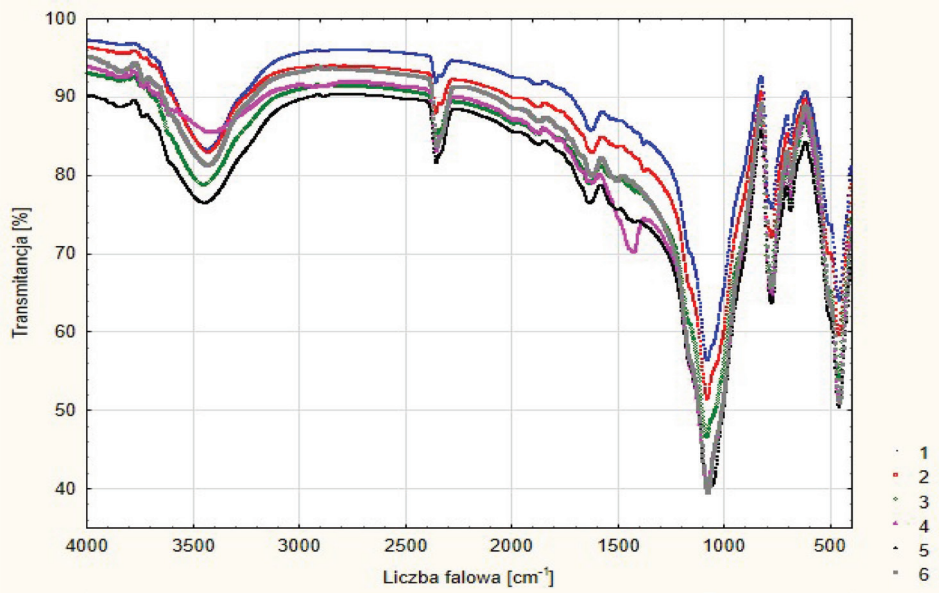
	Zakres	Średnia	**Odch.stand**
Al	9,30-10,00	9,88	0,26
Si	71,90-74,00	73,00	0,68
P	0,95-1,20	1,13	0,09
S	0,28-0,36	0,32	0,03
Ar	2,40-4,90	3,30	0,85
K	4,31-4,68	4,53	0,15
Ca	1,26-3,91	2,38	0,95
Ti	1,08-1,21	1,16	0,04
Mn	0,23-0,32	0,27	0,03
Fe	3,52-4,03	3,77	0,21
Cu	0,02	0,02	0,00
Zn	0,04-0,06	0,05	0,01
Cr	0,01-0,03	0,02	0,01



Rysunek 2. Widmo XRF wybranej próbki gleby (nr 6)
Figure 2. XRF spectrum of selected soil sample (No. 6)

Skład pierwiastkowy wszystkich sześciu próbek gleby jest zbliżony (tab. 1). W każdej z próbek najwięcej jest krzemu, w zakresie od 71,90 do 74,00% (jest

to normalne dla gleb piaszczystych). Zawartość fosforu waha się od 0,95% do 1,20%. Zawartość wapnia jest bardziej zróżnicowana od 1,26 do 3,91%. Zawartość potasu we wszystkich próbkach wynosi nieco ponad 4%. Mangan, miedź oraz cynk występują w każdej z gleb w śladowych ilościach. W trzech próbkach gleby (4-6) występuje chrom (w przedziale od 0,01 do 0,03%), który traktowany jest w glebie jako zanieczyszczenie. Główne źródła chromu w glebie są spowodowane działalnością człowieka.



Rysunek 3. Widma FT-IR dla próbek gleby
Figure 3. FT-IR spectra of soil samples

Na rysunku 3 przedstawiono widma FT-IR wykonane dla próbek badanych gleb. We wszystkich przypadkach uzyskano widma o podobnym kształcie z obecnością charakterystycznych pasm absorpcyjnych. Zidentyfikowano drgania pochodzące od grupy hydroksylowych (liczba falowa między 3400-3500 cm^{-1}, typ drgania: rozciągające), szeroki pik wody absorpcyjnej najprawdopodobniej zakrył drgania pochodzące od materii organicznej obecnej w glebie. Wykryto także grupy funkcyjne budujące kwarc Si-O (783 cm^{-1}-drganie rozciągające) oraz Si-O-Si (1050 i 457 cm^{-1} – drganie kołyszące). Obecne są także wiązania podwójne pomiędzy atomami węgla (C=C) skoniugowane z pierścieniem aromatycznym (1620 cm^{-1}-drganie rozciągające). Na widmach pojawił się także charakterystyczny pik dla grup fosforanowych (1074 cm^{-1}-drganie rozciągające)

(Bernier i in. 2013, Cannane i in. 2013, Ellerbrock i Kaiser 2005). Powyższe grupy funkcyjne są charakterystyczne dla gleb piaszczystych.

W kolejnej analizie oznaczono ilościowo zawartość Fe^{2+} oraz P_2O_5 w badanym materiale za pomocą spektrometrii UV-Vis. W tab. 2 przedstawiono wyniki zawartości P_2O_5 w glebie po ekstrakcji badanego materiału w wodzie, kwasie cytrynowym, mieszanie kwasów (HCl i HNO_3), HCl i metodą Egnera-Riehma. Oznaczona zawartość P_2O_5 w glebie za pomocą ekstrakcji wodą jest niewielka. Wartości mieszczą się w przedziale od 0,20 do 0,58 mg P_2O_5/100 g gleby. Zawartość P_2O_5 w glebie za pomocą ekstrakcji kwasem cytrynowym mieści się w p rzedziale od 0,28 do 0,75 mg P_2O_5/100 g gleby. Większe wartości osiągnięto dla ekstrakcji gleby kwasem chlorowodorowym (0,65-1,10 mg P_2O_5/100 g gleby) oraz mieszaniną kwasów (0,65-1,18 mg P_2O_5/100 g gleby). Zawartość rozpuszczalnego fosforu oznaczona metodą Egnera-Riehma zawiera się w przedziale od 0,84 do 1,63 mg P_2O_5/100 g gleby. Są to minimalne zawartości tego pierwiastka w glebie. Największą zawartość fosforu ma gleba 4, z kolei najmniejszą 2.

Tabela 2. Zawartość P_2O_5 w badanych próbkach gleby
Table 2. P_2O_5 content in tested soil samples

Rodzaj ekstrakcji	Numer próby gleby											
	Zawartość P_20_5 [mg P_2O_5/100g gleby]											
	1		2		3		4		5		6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
W wodzie	0,35	0,51	0,20	0,26	0,28	0,21	0,58	0,26	0,42	0,44	0,40	0,30
W kwasie cytrynowym	0,48	0,70	0,92	0,7	0,28	0,38	0,72	0,75	0,67	0,60	0,70	0,72
W mieszaninie kwasów	1,01	1,18	0,66	0,80	0,81	0,74	1,03	1,10	0,80	0,69	0,67	0,65
W kwasie solnym	0,98	0,72	0,78	0,71	0,67	0,65	1,23	1,11	1,10	0,81	0,85	0,81
Metodą Egnera-Riehma	1,38	-	0,84	-	0,86	-	1,63	-	1,40	-	1,18	-

Zawartość Fe^{2+} w glebie oznaczonej metodą 1,10 fenantrolinową zawiera się w przedziale 31,75 do 63,11 mg $Fe^{2+/}$100 g gleby, odpowiednio: 1-58,30; 2-31,75; 3-41,43; 4-49,44; 5-63,11; 6-36,06. Różnorodność wyników może być spowodowana tym, że żelazo jest bardzo 'ruchliwym' pierwiastkiem. Jego różne formy przemieszczają się w głąb profilu glebowego (Konceka-Betley 1967). W tab. 3 zestawiono wyniki oznaczeń Mg, Fe, Ca za techniki AAS.

Zawartość żelaza całkowitego w próbkach gleby waha się w przedziale 272,03 – 354,04 mg/100 g gleby, przy czym największą ilość zaobserwowano w próbce nr 1. Zawartość wapnia mieści się w przedziale 18,29 – 90,18 mg/100 g gleby. Najwięcej wapnia zawiera próbka 4 (90,18 mg/100 g gleby), z kolei najmniej próbka 3 (18,29 mg/100 g gleby). Magnez w badanych glebach wy-

stępuje w ilości od 207,69 do 562,27 mg/100 g gleby. Próbki 1, 2, 3 zawierają zbliżone do siebie ilości magnezu (w granicach 207,69 – 261,63 mg/100 g gleby). Z kolei próbki 4, 5, 6 zawierają prawie dwukrotnie więcej omawianego pierwiastka (w przedziale 510,25-562,27 mg/100 g gleby). Są to wartości znacznie większe niż podawane w danych literaturowych. Najprawdopodobniej związane jest to z intensywnym używaniem nawozów magnezowych na badanych glebach.

Tabela 3. Zestawienie wyników oznaczania Mg, Fe, Ca metodą AAS analizowanych próbek gleby
Table 3. List of the results of Mg, Fe, Ca determination by AAS method in analyzed soil samples

Zawartości pierwiastków [mg/100g gleby]			
Próbka	**Fe**	**Ca**	**Mg**
1	354,04	49,02	261,63
2	282,17	31,52	226,20
3	306,40	18,29	207,69
4	352,28	90,18	562,27
5	316,95	78,48	510,25
6	272,03	80,16	316,99

WNIOSKI

1. Badane gleby wykazały odczyn obojętny (pH w przedziale od 6,82 do 7,27). Zawartość wilgoci we wszystkich próbkach gleby waha się w przedziale 2,29-3,88%. Świadczy to o tym, że badana gleba jest sucha. Na tak niską zawartość wody w glebie ma wpływ ilość opadów atmosferycznych oraz temperatura powietrza.
2. W wyniku analizy za pomocą metody XRF określono widma próbek gleb oraz procentowy skład pierwiastkowy. Skład pierwiastkowy wszystkich sześciu próbek gleby jest zbliżony. Zawartość fosforu waha się od 0,95% do 1,20%. Zawartość wapnia jest bardziej zróżnicowana od 1,26 do 3,91%. Zawartość potasu we wszystkich próbkach wynosi nieco ponad 4%. Mangan, miedź oraz cynk występują w każdej z gleb w śladowych ilościach. W trzech próbkach gleby występuje chrom (w przedziale od 0,01 do 0,03%), który traktowany jest w glebie jako zanieczyszczenie. Obecność spowodowana jest działalnością człowieka.

3. Wykorzystanie metody FT-IR do badań gleb pozwala na określenie zawartych w niej grup funkcyjnych. W badanych próbkach gleb zidentyfikowano drgania pochodzące od grupy – OH, szeroki pik wody absorpcyjnej najprawdopodobniej zakrył drgania pochodzące od materii organicznej obecnej w glebie. Wykryto także grupy funkcyjne budujące kwarc (783 cm^{-1}, 457 cm^{-1}). Wykryto także grupy funkcyjne budujące kwarc Si-O oraz Si-O-Si. Obecne są także wiązania podwójne pomiędzy atomami węgla (C=C) skoniugowane z pierścieniem aromatycznym. Na widmach pojawił się także charakterystyczny pik dla grup fosforanowych (1074 cm^{-1}).
4. Zawartość P_2O_5 w badanych próbkach gleby jest niewielka w zakresie 0,20-1,63 mg P_2O_5/100g gleby.
5. Oznaczania Mg, Fe, Ca metodą ASA wykazały zawartość: żelaza całkowitego w zakresie od 272,03 do 354,04 mg/100 g gleby, wapnia w przedziale od 18,29 do 90,18 mg/100 g gleby, magnezu w przedziale od 207,69 do 562,27 mg/100 g gleby.

LITERATURA

Kuśmierz, A. Kisiel, M. (2014): *Analiza stanu gleb w raportach o oddziaływaniu na środowisko wybranych obiektów gospodarki odpadami*. Soil Science Annual 65: 161-169.

Mocek, A. (Ed.). (2015). *Gleboznawstwo*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Zawadzki, S. (1999). Gleboznawstwo. *PWRiL, Warszawa*, 467-470.

Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality*. Applied soil ecology, *15*(1): 3-11.

Karlen, D. L., Ditzler, C. A., & Andrews, S. S. (2003). *Soil quality: why and how?*. Geoderma, 114(3): 145-156.

Mercik, S. (2004). *Chemia Rolna. Podstawy Teoretyczne i Praktyczne*

Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F., & Stewart, B. A. (1994). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Wis.: Soil Science Society of America.

Franzluebbers, A. J. (2002). *Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality*. Soil and Tillage Research, 66(2): 95-106.

Cygański, A. (1999). *Podstawy metod elektroanalitycznych*. WNT (Ed.). Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

Szczepaniak, W. (2004). *Metody instrumentalne w analizie chemicznej*. PWN.

de Castilhos, N. D., Melquiades, F. L., Thomaz, E. L., & Bastos, R. O. (2015). *X-ray fluorescence and gamma-ray spectrometry combined with multivariate analysis for topographic studies in agricultural soil.* Applied Radiation and Isotopes, 95: 63-71.

Kim, Y. T., Lee, J., Yoon, H. O., & Woo, N. C. (2016). *Determination of sulfur in soil and plant media using wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry as a tool for assessment of chemical spills*. Microchemical Journal, 124: 594-599.

Cygański, A. (2009). *Metody spektroskopowe w chemii analitycznej*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

Myślińska, E. (2010). *Laboratoryjne badania gruntów i gleb*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

Sylwestrzak, H. A. Kabata-Pendias, H. Pendias (1994). *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Przegląd Geologiczny, 42(2): 135.

Bernier, M. H., Levy, G. J., Fine, P., & Borisover, M. (2013). *Organic matter composition in soils irrigated with treated wastewater: FT-IR spectroscopic analysis of bulk soil samples*. Geoderma, 209: 233-240.

Ellerbrock, R. H., & Kaiser, M. (2005). *Stability and composition of different soluble soil organic matter fractions–evidence from δ 13 C and FTIR signatures*. Geoderma, 128(1),: 28-37.

Cannane, N. O. A., Rajendran, M., & Selvaraju, R. (2013). *FT-IR spectral studies on polluted soils from industrial area at Karaikal, Puducherry State, South India*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 110: 46-54.

Konecka-Betley, K. (1967). *Zagadnienie żelaza w procesie glebotwórczym*. Dział Wydawnictw SGGW.

Podziękowania

Badania realizowane w ramach projektu LIDER/037/481/L-5/13/NCBR/2014 finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR).

inż. Alicja Handzel, mgr inż. Klaudia Pluta, dr inż. Dagmara Malina,
dr hab. inż. Agnieszka Sobczak-Kupiec
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
dagmaramalina@chemia.pk.edu.pl

dr inż. Jolanta Królczyk
Katedra Inżynierii Biosystemów, Politechnika Opolska
ul. Stanisława Mikołajczyka 5, 45-271 Opole
j.krolczyk@po.opole.pl

dr hab. inż. Agnieszka E. Latawiec
Wydział Geografii i Środowiska, Katolicki Uniwersytet Papieski
R. Marquês de São Vicente, 225 – Gávea, Rio de Janeiro – RJ, 22430-060, Brazylia
a.latawiec@iis-rio.org

Wpłynęło: 06.09.2016
Akceptowano do druku: 20.10.2016