

## WPLYW WIELOLETNIEGO UŻYTKOWANIA SADU JABŁONIOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEB WYTWORZONYCH Z PYŁÓW

*Jacek Pranagal*<sup>id</sup>, *Sławomir Ligęza*<sup>id</sup>, *Halina Smal*<sup>id</sup>, *Joanna Gmitrowicz-Iwan*

Zakład Nauk o Środowisku Glebowym, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin  
e-mail: slawomir.ligeza@up.lublin.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była analiza wybranych właściwości chemicznych gleb, które pozostawały w wieloletnim użytkowaniu sadowniczym. Do badań wybrano cztery przynajmniej 20-letnie sady jabłoniowe. Z pasów herbicydowych, z głębokości 0-10 cm, 10-20 cm i > 35 cm, pobrano próbki gleb wytworzonych z pyłów ilastych i gliniastych: czarnoziem (pyi), dwóch gleb pływowych (pyi i pyg) oraz mady (pyg). Wykonano oznaczenia odczynu gleby pH w H<sub>2</sub>O i w 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> KCl, kwasowości hydrolitycznej (Hh), sumy kationów zasadowych (S) i całkowitej pojemności sorpcyjnej (T), obliczono wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (V), zawartości węgla organicznego (Corg), zawartości azotu ogólnego (Nog), zawartości przyswajalnych form: fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg). Badane gleby pyłowe pozostające pod wieloletnim, intensywnym użytkowaniem sadowniczym różniły się pod względem większości analizowanych właściwości chemicznych. Niektóre różnice wynikały z rodzaju materiału macierzystego i typologii badanych gleb, inne były efektem działalności człowieka. Tylko czarnoziem nie wykazywał silnego zakwaszenia. Pozostałe gleby powinny być poddane wapnowaniu. Zawartości przyswajalnych form P, K i Mg zależały od nawożenia, natomiast Corg i Nog były typowe dla analizowanych gleb. Istotne różnice między obiektami wykazywały charakter losowy i dotyczyły przede wszystkim właściwości sorpcyjnych, natomiast poziom zawartości analizowanych pierwiastków wynikał prawdopodobnie z działalności człowieka.

**Słowa kluczowe:** gleby pyłowe, sad jabłoniowy, właściwości chemiczne

### WSTĘP I CEL

Bardzo ważną rolę w produkcji ogrodniczej w Polsce odgrywa sadownictwo, a szczególnie uprawa jabłoni. W polskim sadownictwie jabłoni od wieków jest najważniejszym gatunkiem wśród uprawianych drzew owocowych. Udział jabłek w produkcji owoców przekracza 70% (Makosz 2015). Gleby w sadach pozostają pod wpływem zabiegów agrotechnicznych, które rzutują na ich właściwości fizyczne i chemiczne.

Przejazdy maszyn rolniczych wpływają na strukturę i porowatość gleb (ugniatanie kołami), nawożenie zmienia skład jonowy roztworów glebowych, stosowanie środków ochrony roślin oddziałuje na aktywność biologiczną edafonu glebowego. We współczesnym sadownictwie w Polsce typowe jest wieloletnie stosowanie na tym samym stanowisku takiego samego nawożenia i jednakowych zabiegów pielęgnacyjnych (Mika 1995, 2010, Gloger i in. 2000, van Dijck i van Asch 2002). O wielkości produkcji jabłek decydują warunki, w jakich ta produkcja jest prowadzona. Najbardziej dostrzegalny wpływ na produkcję jabłek mają: system uprawy i pielęgnacji, stan agrotechniczny gleby, poziom nawożenia i przebieg pogody (Strzemski 1973). Znajomość odczynu roztworu glebowego ma istotne znaczenie dla nawożenia roślin. W przypadku odczynu kwaśnego notujemy często niedobór niektórych składników mineralnych (Ca, Mg, Mo i P) bądź toksyczność innych (Al, Fe i Mn). Natomiast w warunkach odczynu zasadowego następuje unieruchomienie zarówno makro-, jak i mikroelementów (Hoyt i Henning 1982, Nurzyński 2002, Jarociński 2005). Pobieranie przez rośliny składników pokarmowych uwarunkowane jest również stanem fizycznym gleby, chociażby zagęszczeniem, temperaturą i wilgotnością (Shear 1980, Sud i in. 1995, Pranagal 2011, Pranagal i in. 2017). Jak podkreślają Szwedo i Lipecki (1994) oraz Dolega i Link (1998), nawożenie mineralne i warunki pobierania przez rośliny makro- i mikroelementów są ważnymi czynnikami wpływającymi na cechy jakościowe owoców.

Celem pracy była analiza porównawcza wybranych właściwości chemicznych gleb, które spełniały następujące warunki: pozostawały w wieloletnim użytkowaniu sadowniczym, w sadach wykonywane były podobne zabiegi agrotechniczne, materiał macierzysty gleb wykazywał uziarnienie pyłów, klimat i sezonowy przebieg pogody były zbliżone. Postawiona hipoteza badawcza zakładała, że gleby badanych obiektów nie różniły się istotnie pod względem analizowanych cech.

#### TEREN I METODY BADAŃ

Do badań wybrano 4 niskopiennie – półkarłowe sady jabłoniowe (odmiany Idared – podkładka M26) o wieloletnim (przynajmniej 20-letnim) intensywnym użytkowaniu. Wybrane obiekty (tab. 1) zlokalizowane były w obrębie różnych jednostek fizycznogeograficznych Lubelszczyzny (4 mezoregiony), wchodzących w skład Wyżyny Wołyńskiej i Wyżyny Lubelskiej (Kondracki 2001). Wszystkie sady położone były na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego (Kern i Popiołek 1990), o składzie granulometrycznym pyłów (wg PTG 2009, tab. 2). Badane gleby pod względem typologicznym (PTG 2011) są charakterystyczne dla danych mezoregionów (czarnoziem typowy, gleby płowe typowe i mada właściwa) i zajmują większość powierzchni ich obszarów (Turski i Słowińska-Jurkiewicz 1994).

W sadach stosowano tradycyjny system uprawy z pasem herbicydowym i pasem murawy między rzędami. Ugór herbicydowy utrzymywano w rzędach drzew za pomocą herbicydów dolistnych z grupy aminofosfonianów (glifosat – Roundup), natomiast w międzyrzędziach pozostawała murawa. Badane sady były nawożone przede wszystkim azotem w formie saletry amonowej (34%), corocznie, zwykle w dawce 100 kg N·ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Położenie geograficzne obiektów badań  
**Table 1.** Geographical location of research objects

Gleba Soil	Lokalizacja Location	Współrzędne geograficzne Geographical coordinates
Czarnoziem typowy (CWt) wytworzony z lessu Calcic Chernozem developed from loess	Grzęda Sokalska Sokalska Ridge	50°35'05"N 23°54'19"E
Gleba płowa typowa 1 (PWt1) wytworzona z lessu Haplic Luvisol 1 developed from loess	Płaskowyż Nałęczowski Nałęczowski Plateau	51°20'51"N 22°16'46"E
Gleba płowa typowa 2 (PWt2) niecałkowita wytworzona z pyłu Haplic Luvisol 2, incomplete developed from silt	Wyniosłość Gielczewska Gielczewska Prominence	50°58'31"N 22°46'11"E
Mada właściwa (SF) wytworzona z utworów pyłowych Eutric Fluvisol developed from silt	Małopolski Przełom Wisły The Lesser Poland Gorge of the Vistula	51°10'15"N 21°50'39"E

**Tabela 2.** Uziarnienie badanych gleb – skład granulometryczny (%) (Pranagal 2011, Pranagal i in. 2017)  
**Table 2.** Texture of investigated soils (Pranagal 2011, Pranagal *et al.* 2017)

Obiekty badań Research objects	Poziom Horizon	Warstwa Layer (cm)	Fracje granulometryczne Particle size fraction			Podgrupa granulometryczna Particle size subgroup
			2,0-0,05 (mm)	0,05-0,002 (mm)	<0,002 (mm)	
Czarnoziem typowy (CWt) wytworzony z lessu Calcic Chernozem developed from loess	Ap	0-10	13	74	13	pyi – SiL
Gleba płowa typowa – 1 (PWt1) wytworzona z lessu Haplic Luvisol (1) developed from loess	Ap	0-10	14	72	14	pyi – SiL
Gleba płowa typowa – 2 (PWt2) niecałkowita wytworzona z pyłu Haplic Luvisol (2) incomplete, developed from silt	Ap	0-10	22	73	5	pyg – SiL
Mada właściwa (SF) wytworzona z utworów pyłowych Eutric Fluvisol developed from silt	Ap	0-10	43	52	5	pyg – SiL
	Ap	10-20	40	51	9	pyg – SiL
	AC	>35	40	52	8	pyg – SiL

Oznaczenia: pyi – pył ilasty, pyg – pył gliniasty / Descriptions: SiL – silt loam

Glebę do analiz pobierano z trzech warstw (0-10 cm, 10-20 cm i >35 cm) z pasów herbicydowych między drzewami. Głębokości te odpowiadały poziomom uprawno-próchnicznemu (Ap), próchnicznemu (Ah) i poziomom znajdującym się poza zasięgiem oddziaływania elementów roboczych maszyn i narzędzi rolniczych.

Ostatnia warstwa obejmowała swoim zasięgiem poziomy genetyczne Ah w czarnoziemie, Bt1 w glebach pływowych i AC w madzie. Szczegółowa morfologia profilu glebowego oraz typologia tych gleb znajduje się w pracy Pranagala (2011).

Wykonano następujące oznaczenia: pH w H<sub>2</sub>O i w 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> KCl, różnicę między kwasowością aktualną i wymienną ( $\Delta$ pH) obliczono z różnicy obu pomiarów, kwasowość hydrolityczną (Hh), sumę kationów zasadowych (S) i całkowitą pojemność sorpcyjną (T) metodą Kappena, obliczono wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (V), zawartość węgla organicznego metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, zawartość przyswajalnego fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma, zawartość przyswajalnego magnezu metodą Schachtschabela.

Analiza statystyczna obejmowała: obliczenie średnich dla profili (obiektów), współczynników zmienności, współczynników korelacji liniowej r Pearsona oraz przeprowadzono test a posteriori Tukey'a z obliczeniem najmniejszych istotnych wartości różnic między średnimi. W celu wykazania podobieństw i różnic między poszczególnymi obiektami badań wykonano analizę skupień.

#### WYNIKI

Najniższe pH (tab. 3) zarówno w H<sub>2</sub>O, jak i KCl stwierdzono w przypadku gleby płowej typowej 2 (niecałkowitej, wytworzonej z pyłu Pwt2), natomiast najwyższe odnotowano w próbkach czarnoziem typowego (CWt). Różnice między pH w H<sub>2</sub>O i KCl były wyższe w glebach wytworzonych z utworów pyłowych niż z lessów. Średnia wartość kwasowości hydrolitycznej badanych poziomów profilu gleby CWt była niższa niż w pozostałych, podczas gdy w glebie Pwt2 była najwyższa.

Czarnoziem i gleba płowa 1 istotnie różniły się poziomem kwasowości hydrolitycznej w porównaniu do gleby płowej 2. Obie analizowane cechy zakwaszenia, tj.  $\Delta$ pH i Hh, istotnie korelowały ze sobą ( $r = 0,581^*$ ;  $\alpha = 0,05$ ), wraz ze wzrostem różnicy między kwasowością aktualną i wymienną rosła wartość kwasowości hydrolitycznej. Średnia suma kationów zasadowych istotnie różniła się w pobranych próbkach gleb. Najwyższą wartość S stwierdzono w czarnoziemie, a najniższą w glebie płowej 2. Suma kationów zasadowych korelowała odwrotnie proporcjonalnie z wartością  $\Delta$ pH ( $r = -0,659^*$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Najwyższą całkowitą pojemność sorpcyjną T charakteryzowały się próbki pobrane z CWt, podczas gdy najniższą Pwt 2 i pod tym względem ten materiał badawczy różnił się od próbek pobranych z pozostałych gleb. Gleby wytworzone z lessu (CWt i Pwt 1) nie różniły się pod względem stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V), natomiast miały wyższą wartość tego parametru w porównaniu do Pwt 2. Wystąpiły istotne różnice w wartościach V dla analizowanych części profili wykształconych z pyłów nielessowych (Pwt 2 i SF), co można łączyć z różną genezą skał macierzystych gleb.

**Tabela 3.** Odczyn i właściwości sorpcyjne gleby  
**Table 3.** Reaction and sorption properties

Gleba Soil	Poziom Horizon	Warstwa Layer cm	Odczyn Reaction			Właściwości sorpcyjne Sorption properties			
			pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	$\Delta$ pH	Hh cmol(+)·kg <sup>-1</sup>	S cmol(+)·kg <sup>-1</sup>	T cmol(+)·kg <sup>-1</sup>	V (%)
Czarnoziem typowy (CWt)	Ap	0-10	6,7	6,1	0,6	2,0	14,7	16,7	88,3
wytworzony z lessu	Ap	10-20	6,5	5,7	0,8	2,2	13,6	15,8	86,2
Calcic Chernozem developed	Ah	>35	6,6	6,0	0,6	2,0	14,5	16,5	88,2
from loess	Średnia / Mean		–	–	0,67	2,07	14,27	16,33	87,57
	CV (%)		–	–	–	5,6	4,1	2,9	1,4
Gleba płowa typowa 1	Ap	0-10	6,5	5,6	0,9	3,6	10,6	14,2	74,6
(Pwt1) wytworzona z lessu	Ap	10-20	6,3	5,5	0,8	2,4	9,0	11,4	78,9
Haplic Luvisol 1 developed	Bt1	>35	6,3	5,9	0,4	1,5	8,8	10,3	85,4
from loess	Średnia / Mean		–	–	0,70	2,50	9,47	11,97	79,63
	CV (%)		–	–	–	42,1	10,4	16,8	6,8
Gleba płowa typowa 2	Ap	0-10	5,1	4,0	1,1	5,4	2,1	7,5	28,3
(Pwt2) niecałkowita	Ap	10-20	4,9	3,8	1,1	4,9	2,5	7,4	34,0
wytworzona z pyłu	Bt1	>35	4,7	3,7	1,0	3,6	2,7	6,3	42,4
Haplic Luvisol 2, incomplete	Średnia / Mean		–	–	1,07	4,63	2,43	7,07	34,90
developed from silt	CV (%)		–	–	–	20,1	12,6	9,4	20,3
Mada właściwa (SF)	Ap	0-10	5,8	5,1	0,7	3,1	8,2	11,3	72,6
wytworzona z utworów	Ap	10-20	5,1	3,9	1,2	3,5	6,9	10,4	66,7
pyłowych	AC	>35	5,5	4,2	1,3	2,0	5,9	7,9	75,0
Eutric Fluvisol developed	Średnia/Mean		–	–	1,07	2,87	7,00	9,87	71,43
from silt	CV (%)		–	–	–	27,1	16,5	17,8	6,0
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>						2,10	2,17	3,67	13,05

Hh – kwasowość hydrolityczna / hydrolytic acidity; S – suma kationów o charakterze zasadowym / sum of basic cations; T – całkowita pojemność sorpcyjna / total sorption capacity; V – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym / share of basic cations in sorption complex; CV – współczynnik zmienności, NIR<sub>0,05</sub> – najmniejsza istotna różnica dla poziomu  $\alpha = 0,05$  / coefficient of variation, LSD<sub>0,05</sub> – the lowest significant difference at  $\alpha = 0,05$

Oceniając zmienność (CV) obiektową cech określających właściwości sorpcyjne gleb, należy stwierdzić, że najmniejszą zmiennością charakteryzował się czarnoziem, natomiast pozostałe typy utworów wykazywały najwyższą zmienność pojedynczych parametrów (Pwt1 – Hh, Pwt2 – V, SF – S i T).

Badane poziomy profilów glebowych nie różniły się istotnie pod względem średniej zawartości węgla organicznego, co wynikało z profilowego rozkładu C<sub>org</sub> w próbkach, spadku akumulacji tego pierwiastka wraz z głębokością (tab. 4). Gleby wytworzone z lessów wykazały przeciętnie wyższą zawartość węgla organicznego niż wytworzone z utworów pyłowych (nielessowych). Profilowy rozkład zawartości azotu ogólnego był podobny do rozkładu węgla organicznego, jego zawartość obniżała się wraz ze wzrostem głębokości. Wyraźnie wyższe zawartości N<sub>og</sub> wystąpiły w warstwach 0-10 cm utworów wytworzonych z lessów w porównaniu do utworów pyłowych nielessowych, ale nie stwierdzono istotnych różnic dla średnich

profilowych. Stosunek węgla do azotu kształtował się we wszystkich próbkach na niskim poziomie, od 5,3 do 10,5. Średnie C/N dla obiektów nie różniły się między sobą.

**Tabela 4.** Zawartość węgla organicznego ogółem (Corg), azotu ogólnego (Nog) oraz przyswajalnych form P, K, Mg

**Table 4.** Content of organic carbon (Corg), total nitrogen (Ntot) and available forms of P, K, Mg

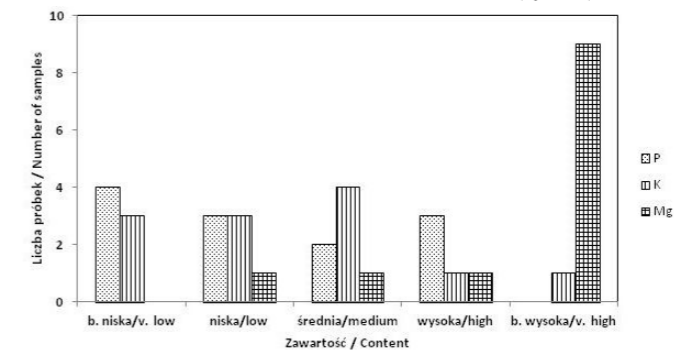
Gleba Soil	Poziom Horizon	Warstwa Layer cm	C <sub>org</sub> g·kg <sup>-1</sup>	N <sub>og</sub> N <sub>tot</sub>	C/N	Forma przyswajalna Available form (mg·kg <sup>-1</sup> )		
						P	K	Mg
Czarnoziem typowy (CWt) wytworzony z lessu	Ap	0-10	23,4	2,24	10,5	41,7	232,9	140,5
	Ap	10-20	15,0	1,88	8,0	57,6	131,1	95,1
	Ah	>35	13,2	1,41	9,4	34,1	71,8	92,1
Calcic Chernozem developed from loess	Średnia / Mean		17,20	1,84	9,30	44,47	145,27	109,23
	CV (%)		31,7	22,6	13,5	27,0	56,1	24,8
Gleba płowa typowa 1 (PWt1) wytworzona z lessu	Ap	0-10	15,2	2,03	7,5	55,1	195,3	164,0
	Ap	10-20	8,9	1,18	7,6	35,0	110,8	180,5
	Bt1	>35	5,1	0,69	7,4	19,7	70,6	144,5
Haplic Luvisol 1 developed from loess	Średnia / Mean		9,73	1,30	7,50	36,60	125,57	163,00
	CV (%)		52,4	52,2	1,3	48,5	50,7	11,1
Gleba płowa typowa 2 (PWt2) niecałkowita wytworzona z pyłu	Ap	0-10	10,3	1,20	8,6	85,5	160,4	49,6
	Ap	10-20	7,2	1,27	5,7	75,9	114,4	28,4
	Bt1	>35	5,5	0,66	8,4	71,0	95,4	36,2
Haplic Luvisol 2, incomplete developed from silt	Średnia / Mean		7,67	1,04	7,57	77,47	123,40	38,07
	CV (%)		31,7	32,1	21,4	9,5	27,1	28,2
Mada właściwa (SF) wytworzona z utworów pyłowych	Ap	0-10	12,6	1,50	8,4	16,8	49,7	173,0
	Ap	10-20	5,8	1,09	5,3	9,9	32,3	115,0
	AC	>35	4,6	0,66	6,9	11,1	27,1	114,1
Eutric Fluvisol developed from silt	Średnia / Mean		7,67	1,08	6,87	12,60	36,37	134,03
	CV (%)		56,2	38,9	22,6	29,3	32,5	25,2
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>			11,71	1,26	3,36	30,02	142,93	62,91

CV – współczynnik zmienności / coefficient of variation; NIR<sub>0,05</sub> – najmniejsza istotna różnica dla poziomu  $\alpha = 0,05$  / LSD<sub>0,05</sub> – the lowest significant difference at  $\alpha = 0,05$

Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie płowej typowej niecałkowitej 2 była istotnie wyższa niż w pozostałych obiektach. Wynikało to prawdopodobnie z historii nawożenia obiektów, a nie z genyzy materiału macierzystego gleb. Utwory wytworzone z lessu wykazywały zbliżone zawartości fosforu przyswajalnego. Najmniej omawianej formy P odnotowano w madzie. Nie stwierdzono istotnych różnic dla średnich obiektowych zawartości potasu przyswajalnego. Były one podobne w próbkach gleb CWt, PWt 1 i PWt 2, a wyraźnie mniej K ekstrahowanego metodą Egnera-Riehma odnotowano w madzie.

Profilowa zmienność zasobności próbek w węgiel organiczny, azot ogólny i przyswajalne formy P, K i Mg była odmienna niż w przypadku właściwości sorpcyjnych. Wynikało to z nieco innego nawożenia tych gleb.

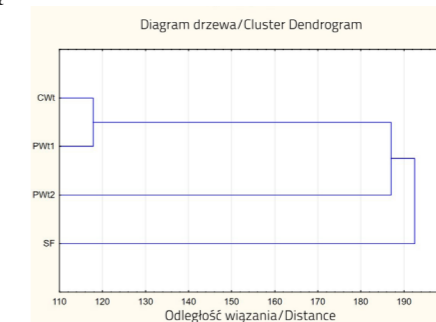
Obiektem istotnie odróżniającym się od pozostałych pod względem zawartości magnezu przyswajalnego była gleba pyłowa typowa 2, zawartość tej formy Mg była dużo niższa niż w pozostałych glebach. W przypadku pozostałych próbek zmienność rozkładu zawartości Mg charakteryzowała się losowością. Oceniając zawartość fosforu, potasu i magnezu przyswajalnego według tabel Egnera-Riehma, stwierdzono, że tylko magnez w większości przypadków zawierał się w przedziałach bardzo wysokich i wysokich (skośność rozkładu 2,16), natomiast fosfor (skośność rozkładu -1,12) i potas (skośność rozkładu -0,17) dominowały w przedziałach zawartości bardzo niskich, niskich i średnich (rys. 1).



**Rys. 1.** Histogram oceny zawartości przyswajalnych form P, K i Mg

**Fig. 1.** Histogram for the evaluation of the content of available forms of P, K and Mg

Analiza skupień wykazała (rys. 2), że najbardziej podobne do siebie pod względem wszystkich analizowanych właściwości były czarnoziem i gleba płowa typowa 1, natomiast najbardziej różniącą się od pozostałych była mada. Wskazuje to na dużo silniejsze związki między materiałem macierzystym rozwijających się gleb niż ich typologią.



**Rys. 2.** Podobieństwo obiektów uzyskane na podstawie analizy skupień

**Fig. 2.** Objects similarity on the basis of cluster analysis

## DYSKUSJA

Na podstawie wykonanej analizy skupień gatunek (uziarnienie) analizowanego materiału miał większy wpływ na odczyn próbek i skład kationowy kompleksu sorpcyjnego niż typologia gleb. Gleby wytworzone z lessów (czarnoziem typowy, gleba płowa typowa 1) miały odczyn lekko kwaśny, natomiast rozwinięte z pyłów nielessowych (gleba płowa typowa 2, mada) bardzo silnie kwaśny. Turski i in. (1993) podają, że odczyn czarnoziemów Lubelszczyzny waha się od kwaśnego do obojętnego, natomiast gleb płowych wytworzonych z utworów lessopodobnych (lessowatych), kwaśne lub lekko kwaśne. Bielińska i Głowacka (2004) uzyskały podobne wartości pH dla gleby płowej typowej niecałkowitej, jak zestawione w naszych analizach. Zakwaszenie gleb pasów herbicydowych należy łączyć z ich sadowniczym użytkowaniem, nawożeniem i stosowaniem środków ochrony roślin. Kopytko i in. (2017) stwierdzili, że po 50 latach eksperymentu nawozowego w sadzie, najwyższa kwasowość hydrolityczna wystąpiła w wydzieleniach, gdzie stosowano tylko nawożenie mineralne. Potwierdzają to analizy mad Doliny Środkowej Wisły pozostających w rolniczym zagospodarowaniu. Ligęza (2016) wykazał, że najniższe pH oraz wysoką wartość  $\Delta\text{pH}$  w madach tarasu zalewowego miały użytki rolne, w porównaniu z madami lasów łęgowych. Na tej podstawie można wnioskować, że długotrwałe użytkowanie sadu bez odpowiedniego wapnowania może prowadzić do obniżenia się pH pasów herbicydowych oraz wzrostu różnicy między kwasowością aktualną (pH w  $\text{H}_2\text{O}$ ) a kwasowością wymienną (pH w KCl). Z zaleceń IUNG-PIB (Hołubowicz-Kliza 2006) dotyczących wapnowania, w przypadku czarnoziemów należy stosować je w skali ograniczonej. Wapnowanie gleby PWt 1 jest wskazane, a obiektów PWt 2 i SF konieczne.

Zawartość węgla organicznego była najwyższa w przypadku czarnoziemów i odbiegała od pozostałych obiektów badawczych. Czarnoziemy z natury są glebami zasobnymi w węgiel organiczny (Turski i in. 1993, Kuś 2016). Poziom akumulacji  $\text{C}_{\text{org}}$  w glebach wytworzonych z pyłów, tj. płowych i mady, był zbliżony do uzyskanego przez Bielińską i Głowacką (2004) oraz Kozanecką i Kępkę (1996) w glebach płowych sadów jabłoniowych. Długotrwałe prowadzenie sadu nie zawsze wpływa na spadek zawartości węgla w pasach herbicydowych, co wykazali Kozanecka i Kępka (1996). Poziom zasobności gleb w azot ogólny był typowy dla gleb mineralnych, tylko w czarnoziemie był nieco wyższy. Zawartość  $\text{N}_{\text{og}}$  i poziom nawożenia tym pierwiastkiem są ściśle związane z glebową materią organiczną (Filipczak i Olszewski 2005, Sobiczewski 2017), co znalazło odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach. Stosunek węgla do azotu mieścił się w wąskim zakresie i nie odbiegał od wartości spotykanych w literaturze (Bielińska i Głowacka 2004, Bielińska i in. 2004).

**Tabela 5.** Współczynniki korelacji (r) analizowanych cech gleb (n = 12)  
**Table 5.** Correlation coefficients (r) of investigated soils (n = 12)

Cecha Property	Fracje granulometryczne Particle size fraction			$\Delta\text{pH}$	Hh	S	$\text{C}_{\text{org}}$	$\text{N}_{\text{og}}$	C/N	P	K
	2,0-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm								
$\Delta\text{pH}$	0,510	-0,300	-0,668*								
Hh	0,130	0,206	-0,721*	0,581*							
S	-0,413	0,125	0,771*	-0,659*	-0,724*						
$\text{C}_{\text{org}}$	-0,446	0,415	0,289	-0,454	-0,176	0,715*					
$\text{N}_{\text{og}}$	-0,397	0,373	0,250	-0,315	-0,031	0,658*	0,937*				
C/N	-0,457	0,439	0,267	-0,579*	-0,303	0,510	0,709*	0,440			
P	-0,541	0,805*	-0,238	0,183	0,678*	-0,355	0,157	0,193	0,168		
K	-0,690*	0,774*	0,187	-0,226	0,193	0,281	0,752*	0,731*	0,511	0,603*	
Mg	0,115	-0,363	0,425	-0,453	-0,567	0,550	0,299	0,303	0,128	-0,667*	0,016

Objaśnienia: \* -  $\alpha = 0,05$ , pozostałe objaśnienia jak w tab. 3 i 4 / Descriptions: \* -  $\alpha = 0,05$ , other descriptions as in Tabs 3 and 4

Zawartości analizowanych przyswajalnych form pierwiastków P, K i Mg nie ujawniały podobnego rozkładu. W przypadku fosforu przeważały próbki wykazujące bardzo niskie, niskie i wysokie ilości P, natomiast w przypadku potasu dominowały próbki o bardzo niskiej, niskiej i średniej jego zawartości. Tylko magnez występował w zakresach bardzo wysokich stężeń. Był to rozkład bardzo podobny do uzyskanego przez Jarocińskiego (2005) w glebach 66 sadów jabłoniowych. Zmienna zawartość tych pierwiastków zależy w głównej mierze od stosowanego nawożenia (Sobiczewski 2017). Według wartości granicznych Sadowskiego i in. (1990) zawartość przyswajalnych form badanych pierwiastków (tj. P, K i Mg) była wysoka, co potwierdza porównanie uzyskanych wyników z otrzymanymi przez Domagałę-Świątkiewicz (2005) dla sześciu stanowisk badawczych.

## WNIOSKI

1. Badane gleby pyłowe pozostające pod wieloletnim, intensywnym użytkowaniem sadowniczym różniły się pod względem większości analizowanych właściwości chemicznych. Niektóre różnice wynikały z rodzaju materiału macierzystego i typologii badanych gleb, inne były efektem działalności człowieka.

2. Najwięcej różnic stwierdzono w obrębie właściwości fizyko-chemicznych oraz zawartości przyswajalnych form P, K i Mg, których zmienność nie układała się jednak według jednolitego schematu. Zaobserwowane zróżnicowanie mogło być wynikiem stosowania różnych dawek i rodzaju nawozów. Próbki gleb wykazywały według liczb granicznych Egnera-Riehma niskie i bardzo niskie zawartości przyswajalnego P oraz K, natomiast nie stwierdzono deficytów przyswajalnego Mg, a jego poziom według liczb granicznych Schachtschabela był bardzo wysoki.

3. Zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego były najwyższe w glebach wytworzonych z lessów, ale średnie ilości dla wszystkich obiektów nie różniły się istotnie. Nie wykazano również istotnych różnic dla stosunku C/N, który był niski i mieścił się w wąskim przedziale 5,3-10,5.

4. Najważniejszym czynnikiem różnicującym właściwości chemiczne gleb sadowych był rodzaj skały macierzystej. Gleby wykształcone z lessów miały wyraźnie wyższe pH, zawartość kationów zasadowych i wysycenie nimi kompleksu sorpcyjnego oraz niższą kwasowość hydrolityczną i  $\Delta\text{pH}$ , w porównaniu z glebami wytworzonymi z pyłów nielessowych.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bielińska E.J., Głowacka A., 2004. Zawartość mineralnych form azotu w glebie sadu jabłoniowego w zależności od metody jej pielęgnacji. *Acta Sci. Pol., Hort. Cul.*, 3(2), 131-145.
- Bielińska E.J., Lipecki J., Krawiec P., Ligeża S., Gostkowska K., 2004. Relacje między aktywnością enzymatyczną gleby a plonowaniem drzew wiśni zależnie od metody pielęgnacji gleby. *Rocz. Glebozn.*, 55(1), 69-76.
- Dolega E.K., Link H., 1998. Fruit quality in relation to fertigation of apple trees. *Acta Hort.*, 466, 109-114, doi:10.17660/ActaHortic.1998.466.18
- Domagała-Świątkiewicz I., 2005. Application of extraction with 0.03 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  as the universal method in orchard soil analysis. *Folia Horticulturae Ann.*, 17(2), 129-140.
- Filipczak J., Olszewski T., 2005. Różne spojrzenia na nawożenie azotem sadów jabłoniowych. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.*, 13, 5-15.
- Gloger J.D., Reganold J.P., Andrews P.K., 2000. Systematic methods for rating conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. *Agricult. Ecosyst. Environ.*, 80, 25-49.
- Hołubowicz-Kliza G., 2006., Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa Nr 128. Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy.
- Hoyt P.B., Henning F.M.A., 1982. Soil acidification by fertilizers and longevity of lime applications in the Peace River Region. *Can. J. Soil Sci.*, 62(2), 155-163, doi:10.4141/cjss82-017
- Jarociński B.Z., 2005. Ocena zasobności gleb użytkowanych sadowniczo w niezbędne składniki mineralne. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.*, 13, 17-28.
- Kern E., Popiołek E. (Red.), 1990. Województwo lubelskie. Mapa glebowo-rolnicza. IUNG.
- Kondracki J., 2001. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kopytko P., Karpenko V., Yakovenko R., Mostowiak I., 2017. Soil Fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agron. Res.*, 15(2), 444-455.
- Kozanecka T., Kępka M., 1996. Wpływ czynników agro-ekologicznych na właściwości fizyczne gleby w sadzie jabłoniowym. *Rocz. Glebozn.*, 47 supl., 23-30.
- Kuś J., 2016. Wpływ glebowej materii organicznej na gospodarkę wodną gleby. W: *Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie*. (Red. W. Dembek, J. Kuś., M. Wiatkowski, G. Żurek). Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 195-212.
- Ligeża S., 2016. Zmienność współczesnych mad puławskiego odcinka Wisły. *Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Zeszyt 385*. Wyd. UP w Lublinie.
- Makosz E., 2015. Trzecia rewolucja w produkcji i dystrybucji jabłek w naszym kraju. Konferencja Sadownicza, Lublin 21 marca 2015, 9-20.
- Mika A., 1995. *Nowoczesny sad karłowaty*. Hortpress, Warszawa.

- Mika A., 2010. *Sad dochodowy*. Hortpress, Warszawa.
- Nurzyński J., 2002. Nawożenie roślin ogrodniczych. AR Lublin.
- Pranagal J., 2011. Stan fizyczny wybranych gleb pyłowych Lubelszczyzny. *Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Zeszyt 353*. Wyd. UP w Lublinie.
- Pranagal J., Konopiński M., Czernyszewicz E., 2017. Effect of long-term use of apple orchard on selected features of physical quality of soil. *Acta Agroph.*, 24(2), 289-299.
- PTG (Polskie Towarzystwo Gleboznawcze), 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.*, 60(2), 5-16.
- PTG (Polskie Towarzystwo Gleboznawcze), 2011. Systematyka gleb Polski. *Rocz. Glebozn.*, 62(3), 1-193.
- Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K., 1990. Określenie potrzeb nawożenia roślin sadowniczych. II. Zasady, liczby graniczne i dawki nawożenia. Instrukcja Upowszechnieniowa Nr 3. SGGW, Warszawa.
- Shear C.B., 1980. Interaction of nutrition and environment on mineral composition of fruits. W: *Mineral nutrition of fruit trees*. (Red. D. Atkinson, J.E. Jackson, R.O. Sharples, M.W. Waller). Butterworth, London, 41-50.
- Sobiczewski P. (red.), 2017. *Metodyka integrowanej ochrony jabłoni (materiały dla doradców)*. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
- Strzemski M., 1973. *Przydatność rolnicza gleb Polski*. PWRiL, Warszawa.
- Sud R.G., Rajendra P., Manoj B., 1995. Effect of weather conditions on concentration of calcium, manganese, zinc, copper and iron in Greek tea (*Camelia sinensis* L.) leaves of north western India. *J. Sci. Food Agric.*, 67, 341-346, doi:10.1002/jsfa.2740670311
- Szwedo J., Lipecki J., 1994. Wpływ nawożenia mineralnego na niektóre wskaźniki jakości i zdolności przechowalniczej jabłek. *Annales UMCS Sec. EEE*, 2(4), 25-32.
- Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., 1994. Gleby wytworzone z lessów. *Lubelskie Towarzystwo Naukowe*, Lublin.
- Turski R., Uziak S., Zawadzki S., 1993. Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny. *Gleby. Lubelskie Towarzystwo Naukowe*, Lublin.
- Van Dick S.J.E., van Asch T.W.J., 2002. Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in Southern France. *Soil Tillage Res.*, 63, 141-153, doi:10.1016/S0167-1987(01)00237-9
- Wójcik P., 2013. Zrównoważone nawożenie i wapnowanie. W: *Metodyka integrowanej ochrony jabłoni*. (Red. P. Sobieszewski). Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice, 11-14.

#### EFFECT OF LONG-TERM USE OF APPLE ORCHARD ON SELECTED CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS DEVELOPED FROM SILTS

*Jacek Pranagal, Sławomir Ligeża, Halina Smal, Joanna Gmitrowicz-Iwan*

Institute of Soil Science, Engineering and Environmental Management, Soil Environmental Sciences Unit  
Lublin University of Life Sciences, Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Poland  
e-mail: slawomir.ligeza@up.lublin.pl

**Abstract.** The purpose of the study was to analyse selected chemical properties of soils that have been in perennial orchard use. Four at least 20-year-old apple orchards were chosen for the investigation. Soils samples of chernozem, two luvisols and fluvisol developed from loess and silts were collected from the herbicide strips, from the depth of 0-10 cm, 10-20 cm and > 35 cm. Following

analyses were performed: pH in water and 1M KCl, hydrolytic acidity (Hh), sum of basic cations (S), total sorption capacity (T), share of basic cations in sorption complex (V) calculated on the basis of Hh, S and T measurements, organic carbon (Corg), total nitrogen (Ntot), available forms of phosphorus (P), potassium (K) and magnesium (Mg). The silty soils remaining under perennial use of orchards differed in terms of a majority of the analysed chemical properties. Some differences resulted from the type of parent material and typology of the studied soils, others were the result of human activity. Only the chernozem did not show strong acidification. The other soils should be limed. The content of available forms of P, K and Mg might depend on fertilisation, while Corg and Ntot were typical for the analysed soils. Significant differences between the objects showed a random character and mainly concerned sorption properties, while the level of investigated elements resulted from human activity.

**Key words:** silty soils, apple orchard, chemical properties