

MAGDALENA GISZCZAK, TADEUSZ CHODAK

## CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB NAWOŻONYCH RÓŻNYMI DAWKAMI FOSFORU

### THE CHARACTERISTICS OF THE SELECTIVE PROPERTIES OF THE SOILS FERTILISED WITH DIFFERENT DOSES OF PHOSPHORUS

Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

*Abstract:* A field experiment is meant to examine the influence of high doses of phosphorus fertilization on stability of soil colloids. The aim of this research is to determine selected physical, chemical and physico-chemical properties of the soil. The soils show the granulometric composition of light clay, a very high content of available forms of  $P_2O_5$ , a high and very high content of  $K_2O$ , and high and very high content of Mg. The reaction of soils is subacid, and only in few samples – neutral. Hydrolytic acidity ranges from 7.2 to 13.6  $mmol(+) \cdot kg^{-1}$  and base cation saturation is predominantly higher than 90%.

*Słowa kluczowe:* nawożenie fosforowe, właściwości sorpcyjne, składniki przyswajalne.

*Key words:* phosphorous fertilization, sorption properties, available forms.

### WSTĘP

Gleby intensywnie użytkowane rolniczo są przedmiotem zainteresowań wielu autorów, którzy niejednokrotnie wskazują na negatywne zmiany zachodzące w wyniku niewłaściwie stosowanych zabiegów agrotechnicznych [Kuszelewski i in. 1995, Marcinek i in. 1995, Bednarek 2002, Gorlach 1988, Tomaszewicz 1998, Kuszelewski, Łabętowicz 1991, Wojnowska i in. 1993]. W literaturze poruszane są różne aspekty problemu degradacji gleb rolniczo użytkowanych. Zwraca się uwagę nie tylko na zaburzenia właściwości gleb, ale także na niższą od oczekiwanej efektywność stosowanych zabiegów [Tomaszewicz 1998, Wojnowska i in. 1993, Marcinek i in. 1995, Kuszelewski i in. 1995, Kuszelewski, Łabętowicz 1991]. Nienaturalnie wysoka

zawartość składników odżywczych nie musi oznaczać zabezpieczenia potrzeb pokarmowych roślin, ale może przyczyniać się do pogłębiania się degradacji gleb. Stwierdzona wysoka ruchliwość cząstek wysokodispersyjnych (koloidów glebowych) w glebach o wysokiej zasobności w fosfor przyswajalny może być przyczyną wzmożonej eutrofizacji wód i nasilenia procesu eluwalnego oraz erozji [Chodak 2000].

Gleby na obszarze Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Akademii Rolniczej we Wrocławiu na Pawłowicach ze względu na prowadzenie tu wieloletnich różnorodnych doświadczeń nawozowych można uznać za intensywnie użytkowane rolniczo. Właściwości gleb, wykorzystywanych do doświadczeń polowych prowadzonych na tym terenie, uległy znacznym przekształceniom przez stosowane tu wieloletnie zabiegi agrotechniczne. W tak silnie przekształconym przez człowieka środowisku założono doświadczenie polowe nad wpływem wysokich dawek nawożenia fosforowego na stabilność koloidów glebowych. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki stanowią fragment tych badań.

W pracy tej przedstawiono charakterystykę właściwości sorpcyjnych oraz wybrane właściwości chemiczne gleb nawożonych różnymi dawkami fosforu.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzone są na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z gliny zwałowej, na której założono 3-letnie doświadczenie polowe metodą bloków losowanych. Obszar doświadczalny składa się z 16 poletek nawożonych czterema dawkami fosforu: 0, 60, 120, 180 kg  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$  (0,0; 26,2; 52,4; 78,6 kg P  $\cdot ha^{-1}$ ) w czterech powtórzeniach.

Próby glebowe pobierane są z warstwy 5–15 cm w dwóch seriach: wiosną i na jesień (po zbiorach) w każdym roku doświadczenia. W pracy tej uwzględniono próby pobrane wiosną 2001 (seria I) – w roku założenia doświadczenia oraz wiosną 2002 (seria III) – po pierwszym roku doświadczenia. W pobranych próbach wykonano analizę składu granulometrycznego metodą aerometryczno-sitową Bouoycasa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, oznaczono pH w  $H_2O$ , 1 mol  $KCl \cdot dm^{-3}$  oraz w 0,01 mol  $CaCl_2 \cdot dm^{-3}$  metodą potencjometryczną, zawartość przyswajalnych form P, K metodą Egnera-Riehma i Mg metodą Schachtschabela, kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą Kappena, wymienne kationy zasadowe metodą Pallmanna. Obliczono sumę kationów zasadowych (S), pojemność sorpcyjną (T) oraz stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (V).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki analizy składu granulometrycznego badanych gleb (wybranych dwóch poletek doświadczalnych z obszaru prowadzenia doświadczenia) przedstawiono w tabeli 1. Badane gleby charakteryzuje w poziomie Ap uziarnienie gliny lekkiej o zbliżonej zawartości frakcji piasku, pyłu i części spławialnych (tab. 1).

Gleby poddane doświadczeniu wykazują odczyn lekko kwaśny (tab. 2). Wartości pH są zbliżone na wszystkich obiektach. Wartości kwasowości oznaczonej w 0,01 mol  $CaCl_2 \cdot dm^{-3}$  są pośrednie między kwasowością czynną a kwasowością wymienną (tab. 2).

TABELA 1. Skład granulometryczny (poziom Ap) dwóch wybranych poletek doświadczalnych.  
TABLE 1. Granulometric composition (horizon Ap) of two experimental plots

Nr poletka No of plot	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość pobrania Depth of sampling [cm]	Procentowa zawartość frakcji o średnicach w mm Content in % of fraction of diameter in mm			Grupa granulometryczna Granulometric group
			1-0,1	0,1-0,02	< 0,02	
10	Ap	5-15	54	15	31	gl
16	Ap	5-15	56	16	28	gl

Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg jest bardzo wysoka na wszystkich poletkach doświadczalnych (tab. 2). Już przed rozpoczęciem doświadczenia (seria I) średnie zawartości tych składników były wielokrotnie wyższe niż górne zakresy dla gleb o wysokiej zasobności w te pierwiastki, co świadczyć może o intensywnie prowadzonej gospodarce nawozowej. Najczęściej są przekroczone normy dla przyswajalnych form fosforu i potasu, gdyż wyniki wynoszą kolejno: fosforu od 169,11 do 178,92 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii I i od 174,56 do 189,29 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii III oraz potasu od 263,76 do 285,35 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii I i od 203,58 do 224,54 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii III.

TABELA 2. Średnia zawartość form przyswajalnych P, K i Mg oraz pH badanych gleb  
TABLE 2. Mean content of available forms of P, K, Mg and pH value in soils

Dawka P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dose of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg · ha <sup>-1</sup> ]	pH			P	K	Mg				
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	KCl	mg · kg <sup>-1</sup>						
Seria I (wiosna 2001; spring 2001)										
0	6,6	6,3	6,2	169,11	I*	276,63	I	87,50	II	
60	6,6	6,3	6,2	178,92	I	280,99	I	93,00	I	
120	6,5	6,2	6,1	175,65	I	263,76	I	91,30	I	
180	6,6	6,3	6,2	176,74	I	285,35	I	80,00	II	
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.		r.n.		r.n.		
Seria III (wiosna 2002; spring 2002)										
0	6,7	6,3	6,2	178,38	I	217,28	I	102,75	I	
60	6,6	6,2	6,1	176,74	I	203,58	II	99,00	I	
120	6,6	6,3	6,2	189,29	I	224,54	I	100,50	I	
180	6,7	6,3	6,1	174,56	I	218,11	I	101,00	I	
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.		r.n.		r.n.		

\* klasa zawartości (class of content): I – bardzo wysoka (very high), II – wysoka (high)

\*\* r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

TABELA 3. Właściwości sorpcyjne badanych gleb  
TABLE 3. Sorption properties of soils

Dawka P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dose of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg · ha <sup>-1</sup> ]	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Hh	S	T	V [%]
	[mmol (+) · kg <sup>-1</sup> ]							
Seria I								
0	78,7	11,1	7,3	1,3	9,1	98,3	107,4	91,48
60	82,1	10,6	7,7	1,3	10,6	101,7	112,3	90,56
120	84,6	11,5	7,0	1,4	10,0	104,7	114,6	91,27
180	81,6	11,2	8,1	1,5	10,5	102,3	112,8	90,70
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Seria III								
0	89,3	8,9	6,3	1,5	9,9	106,4	116,3	91,47
60	93,2	8,8	5,7	1,5	12,1	109,2	121,4	89,63
120	90,5	9,2	6,2	1,5	10,3	107,3	117,6	91,25
180	86,9	9,0	6,3	1,4	11,3	103,6	114,9	90,08
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Zawartość przyswajalnego magnezu jest również wysoka (od 80 do 93 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii I i od 99 do 102,75 mg · kg<sup>-1</sup> dla serii III), jednak uzyskane wyniki nie odbiegają znacznie od górnej granicy przedziału wyznaczonego dla gleb średnich (tab. 2), jak to miało miejsce w przypadku fosforu i potasu. Zawartość przyswajalnego Mg wyraźnie wzrosła po pierwszym roku doświadczenia (seria III). Uzyskane wyniki zasobności badanych gleb w składniki przyswajalne wskazują na zmiany w ich właściwościach chemicznych spowodowane intensywnym użytkowaniem rolniczym tych gleb przed założeniem niniejszego doświadczenia. Wysoka zasobność badanych gleb w przyswajalne składniki, a szczególnie w fosfor może być przyczyną wzmożonej migracji frakcji koloidalnej gleb powodując degradację kompleksu sorpcyjnego poziomów ornych [Chodak 2000].

Charakterystykę właściwości sorpcyjnych badanych gleb przedstawiono w tabelach 3 i 4. Największy udział w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb stanowią jony Ca<sup>2+</sup>. Zawartość wymiennych jonów wapnia w serii I wynosi od 78,7 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (na poletkach nienawożonych P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) do 84,6 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (na poletkach nawożonych P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w dawce 120 kg · ha<sup>-1</sup>) (tab. 3). Po roku doświadczenia (seria III – wiosna) zawartość wymiennych kationów Ca<sup>2+</sup> wzrosła. Uzyskane wartości Ca<sup>2+</sup> wynoszą dla serii III średnio od 86,9 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> na obiektach o najwyższej dawce nawozowej fosforu (180 kg · ha<sup>-1</sup>) do 93,2 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla dawki P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wynoszącej 60 kg · ha<sup>-1</sup>. Procentowy udział jonów wapnia w kompleksie sorpcyjnym wynosił 72,32–73,84% dla serii I, natomiast po roku doświadczenia (seria III) wzrósł do 75,63–76,94% (tab. 4). Najniższy udział procentowy Ca<sup>2+</sup> uzyskano w obu seriach dla najwyższej dawki P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, natomiast najwyższe wartości uzyskiwano w obiektach

TABELA 4. Procentowy udział zasadowych kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym

TABLE 4. Percentage share of exchangeable cations in sorptive complex of soils

Dawka P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dose of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg · ha <sup>-1</sup> ]	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> : Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> : K <sup>+</sup>
	[%]					
<b>Seria I</b>						
0	73,24	10,31	6,77	1,23	7,10	1,52
60	73,09	9,44	6,85	1,20	7,74	1,38
120	73,84	10,06	6,14	1,26	7,34	1,64
180	72,32	9,94	7,14	1,33	7,27	1,39
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
<b>Seria III</b>						
0	76,76	7,63	5,38	1,28	10,06	1,42
60	76,78	7,28	4,71	1,24	10,55	1,55
120	76,94	7,84	5,25	1,24	9,82	1,49
180	75,63	7,81	5,49	1,26	9,69	1,42
NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

o dawce 120 kg · ha<sup>-1</sup>. Otrzymane wyniki procentowego udziału Ca<sup>2+</sup> w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb znajdują się w zakresie średnich wartości podanym przez Pondla [1971] dla gleb brunatnych wytworzonych z gliny zwałowej.

Jony magnezu (Mg<sup>2+</sup>) są drugim kationem wymiennym pod względem udziału w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb. Po pierwszym roku doświadczenia średnia zawartość Mg<sup>2+</sup> obniżyła się z 10,6–11,5 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla serii I do zakresu od 8,8 do 9,4 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla serii III. Najniższe średnie wartości uzyskano na poletkach o dawkach P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg · ha<sup>-1</sup>, najwyższe natomiast na poletkach o nawożeniu fosforowym 120 kg · ha<sup>-1</sup> w obu seriach danych (tab. 3). Procentowy udział Mg<sup>2+</sup> wymiennego w kompleksie sorpcyjnym jest niższy po roku doświadczenia (tab. 4). W I serii wymienne jony Mg<sup>2+</sup> stanowią od 9,44 (dawka „60”) do 10,31% (dawka „0”), natomiast w serii III przedział ten to 7,28 (dawka „60”) – 7,84% (dawka „120”). Procentowy udział wymiennych jonów magnezu w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb w zasadzie nie odbiega od ogólnie przyjętych norm [Mercik 1986], jednakże uzyskane wyniki są zbliżone do górnej granicy przedziału przyjętego dla jonów Mg<sup>2+</sup>.

Średnia zawartość potasu wymiennego, podobnie jak magnezu, obniżyła się po roku doświadczenia na wszystkich obiektach nawozowych. Kompleks sorpcyjny charakteryzował się zawartością K<sup>+</sup> średnio od 7,0 do 8,1 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla prób z serii I, co stanowiło od 6,14 do 7,14% kompleksu sorpcyjnego. Po roku doświadczenia zawartość wymiennych jonów K<sup>+</sup> wynosiła od 5,7 do 6,3 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>, co obniżyło ich udział procentowy do zakresu 4,71–5,49%. Największy średni udział K<sup>+</sup> zanotowano na obiektach nawożonych dawką P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 180 kg · ha<sup>-1</sup> w obu seriach. Otrzymane wyniki są

wyższe niż średni udział  $K^+$  stwierdzany dla poziomów próchnicznych gleb brunatnych wytworzonych z gliny zwałowej [Pondel 1969], co może być konsekwencją intensywnego użytkowania badanych gleb doświadczalnych przed założeniem tego doświadczenia. Uzyskane wyniki są wyższe także w porównaniu z wartością optymalnego obsadzenia kompleksu sorpcyjnego wymiennymi jonami potasu [Mercik 1986; Fotyma, Mercik 1992], szczególnie na obiektach I serii.

Średnia zawartość wymiennych jonów sodu jest zbliżona dla obu serii i wynosi: od 1,3 do 1,5 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla I serii oraz 1,4–1,5 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla serii III (tab. 3). Procentowe obsadzenie kompleksu sorpcyjnego jonami Na<sup>+</sup> także nie różni się znacznie dla serii I (1,20–1,33%) i III (1,24–1,28%) (tab. 4). W serii I najwyższe wartości notowano na obiektach nienawożonych fosforem, w serii III procentowy udział wymiennych kationów Na<sup>+</sup> wzrósł dla dawek nawożenia fosforowego: 0 i 60 kg · ha<sup>-1</sup>, natomiast zmalał na obiektach o dawkach 120 i 180 kg · ha<sup>-1</sup>. Uzyskane dane nie odbiegają od przyjętego dla gleb brunatnych wytworzonych z glin zakresu procentowego udziału jonów Na<sup>+</sup> w kompleksie sorpcyjnym, który waha się w przedziale 0,6–5,8% [Pondel 1972].

Ze względu na antagonistyczny stosunek niektórych składników pokarmowych, bardzo ważne znaczenie dla gospodarki żywieniowej roślin ma wzajemny stosunek niektórych kationów wymiennych występujących w kompleksie sorpcyjnym gleby, a zwłaszcza stosunek Ca : Mg oraz Mg : K. Jak podają za Schefferem i Schachtschabelem Konecka-Betley [1961] oraz Pondel [1971], gleba dobrze zaopatrzona w magnez wykazywać powinna stosunek Ca : Mg co najmniej jak 100 : 14,3, inne prace przedstawiają, że stosunek tych kationów powinien wahać się w granicach 6–8 : 1 [Fotyma, Mercik 1992]. Badane gleby (tab. 4) charakteryzuje wyższy stosunek Ca : Mg, który w serii I wynosi średnio od 7,1 do 7,7, natomiast po roku doświadczenia (seria III) stosunek ten wynosił od 9,69 do 10,55 (tab. 4), co wskazuje na zawartość wapnia wymiennego za wysoką w stosunku do wymiennego magnezu. Najwyższe średnie wyniki uzyskano w obu seriach dla poletek nawożonych fosforem w dawce 60 kg · ha<sup>-1</sup>. Zachwianie pobierania Mg przez rośliny może być powodowane nie tylko przez wysoką zawartość Ca<sup>2+</sup>, ale także przez bardziej ruchliwe od Mg<sup>2+</sup> kationy K<sup>+</sup> [Konecka-Betley 1961]. Stąd duże znaczenie ma także stosunek Mg : K, który wg Scheffera i Schachtschabela za Konecką-Betley [1961] i Pondelem [1971], powinien mieścić się w granicach (2–6) : 1. W porównaniu z podanym zakresem uzyskane wyniki odbiegają przekraczając dolną granicę tego przedziału, co świadczy o zaburzonej równowadze stosunku Mg : K wynikającej z bardzo wysokiej zawartości jonów K<sup>+</sup> w kompleksie sorpcyjnym. Dla prób serii I stosunek Mg : K wynosi średnio od 1,38 do 1,64, dla serii III – od 1,42 do 1,55 (tab. 4). Wzajemne relacje między kationami wymiennymi zasorbowanymi przez kompleks sorpcyjny badanych gleb wskazują na za niską zawartość Mg<sup>2+</sup> w stosunku do potasu oraz wapnia wymiennego, co może przyczynić się do ewentualnego wystąpienia zaburzeń w pobieraniu Mg przez rośliny.

Suma kationów zasadowych (S) na obiektach serii I przyjmuje średnie wartości w zakresie od 98,3 do 104,7 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (tab. 3). W porównaniu z danymi z serii III (103,6–109,2 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>) są to nieco niższe wartości. Wzrost sumy kationów zasadowych spowodowany mógł zostać wzrostem udziału wymiennych jonów wapnia po upływie pierwszego roku doświadczenia (tab. 3 i 4).

Kwasowość hydrolityczna (Hh) wykazuje przybliżone wartości dla obu serii danych. Najniższe wartości Hh przyjmuje na obiektach nienawożonych (seria I – 9,1 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>, seria III – 9,9 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>), natomiast najwyższe na poletkach nawożonych P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w dawce 60 kg · ha<sup>-1</sup> (I seria – 10,6 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>, III seria – 12,1 mmol(+) · kg<sup>-1</sup>).

Pojemność sorpcyjna (T) wzrosła na wszystkich obiektach nawozowych po 1 roku doświadczenia (tab. 3). Dla serii I pojemność sorpcyjna mieści się w zakresie 107,4 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (dla poletek bez nawożenia) – 114,6 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (dawka 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> · ha<sup>-1</sup>), natomiast dla serii III od 114,9 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> (dla obiektów nawożonych P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w dawce 180 kg · ha<sup>-1</sup>) do 121,4 mmol(+) · kg<sup>-1</sup> dla obiektów o dawce 60 kg · ha<sup>-1</sup>.

Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V) jest wysokie i stanowi ok. 90% pojemności sorpcyjnej na wszystkich obiektach w obu seriach (tab. 3). Zanotowano niewielki spadek wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami we wszystkich przypadkach po 1 roku trwania doświadczenia. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi dla prób serii I wynosiło średnio od 90,57 do 91,48%. Wyniki dla serii III są zbliżone i stanowią od 89,63 do 91,45% pojemności sorpcyjnej.

## WNIOSKI

1. Badane gleby charakteryzuje bardzo wysoka zawartość przyswajalnych składników pokarmowych dla roślin (kilkukrotnie przekroczone górne granice norm zasobności) oraz wysoki stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi.
2. Stosunek kationów wymiennych Ca : Mg oraz Mg : K odbiega od norm przyjętych dla optymalnego zaopatrzenia gleb w Mg, co może mieć wpływ na ograniczoną dostępność Mg dla roślin mimo wysokiej zawartości tego pierwiastka w glebie (w formie przyswajalnej oraz wymiennej).
3. Po pierwszym roku trwania doświadczenia z różnymi dawkami nawożenia fosforowego stwierdzono:
  - wzrost udziału kationów wymiennych Ca<sup>2+</sup> w kompleksie sorpcyjnym,
  - obniżenie zawartości Mg<sup>2+</sup> oraz K<sup>+</sup> w kompleksie sorpcyjnym,
  - wzrost stosunku kationów wymiennych Ca : Mg,
  - wzrost pojemności sorpcyjnej na wszystkich nawożonych poletkach (najniższy wzrost zauważono na poletkach o najwyższych dawkach fosforu),
  - wzrost sumy kationów zasadowych (najniższy także na poletkach o dawce najwyższej).
4. Uzyskane wyniki charakterystyki właściwości sorpcyjnych wskazują na przenawożenie badanych gleb ograniczając ich użytkowanie w doświadczalnictwie polowym.

## LITERATURA

- BEDNAREK W. 2002: Glin ruchomy w glebie nawożonej azotem, fosforem i potasem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **482**: 47–51.
- CHODAK T. 2000: Proces eluwalny jako czynnik degradujący środowisko glebowe. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Z.398, 91, Seria Monografie.*
- FOTYMA M., MERCIK S. 1992: Chemia rolna. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa: 341 ss.
- GORLACH E. 1988: Zagrożenie gleb w Polsce powodowane chemicznymi procesami ich degradacji. *Mat. Sem. „Rola nawożenia w podniesieniu produktywności i żyzności gleb.” ART Olsztyn 24–25.06.1988. Cz. I: 3–15.*
- KONECKA-BETLEY K. 1961: Studia nad kompleksem sorpcyjnym gleb wytworzonych z gliny zwałowej w nawiązaniu do ich genezy. *Rocz. Glebozn.* **10**, 2, 469–521.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J., KORC M. 1995: Dynamika płonowania i zmiany w składzie kompleksu sorpcyjnego przy różnych systemach nawożenia gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **421a**: 239–243.
- KUSZELEWSKI L., ŁABĘTOWICZ J. 1991: Skutki niezrównoważonego nawożenia mineralnego w świetle trwałego doświadczenia polowego. *Rocz. Glebozn.* **42**, 3/4: 9–17.
- MARCINEK J., KOMISAREK J., KAŻMIEROWSKI C. 1995: Degradacja fizyczna gleb pływych i czarnych ziem intensywnie użytkowanych rolniczo w Wielkopolsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418** cz.I: 141–147.
- MERCIK S. 1986: Próba ustalenia optymalnego stosunku kationów w nawożeniu. Materiały krajowego sympozjum. Wrocław 23–24. IX. 1986 „Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia”. IUNG Puławy 1986. Cz. I: 11–30.
- PONDEL H. 1969: Zasobność gleb wytworzonych z glin w różne formy potasu i sodu. *Pam. Puł.* **38**: 91–110.
- PONDEL H. 1971: Zasobność gleb wytworzonych z glin w różne formy wapnia i magnezu. *Pam. Puł.* **42**: 129–144.
- PONDEL H. 1972: Zawartość różnych form potasu i sodu w glebach mineralnych. *Pam. Puł.* **53**: 5–58.
- TOMASZEWICZ T. 1998: Wybrane właściwości chemiczne gleb uprawnych, jako wskaźnik ich degradacji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **460**: 651–660.
- WOJNOWSKA T., PANAK H., SIENKIEWICZ S., WOJTAS A. 1993: Zmiany fizykochemicznych właściwości gleby w warunkach wieloletniego nawożenia potasem, magnezem i sodem. *Zesz. Nauk. AR Kraków* **277**: 65–73.

*mgr Magdalena Giszczak*

*Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego AR  
50-375 Wrocław, ul. Grunwaldzka 53*