

Józef Wójcik¹, Grażyna Szoltyk²

Instytut Badawczy Leśnictwa

¹Laboratorium Analiz Fizykochemicznych

²Samodzielna Pracownia Gleboznawstwa i Nawożenia

Sękocin Las, 05-090 Raszyn

FIZYCZNE I FIZYKOCHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEB LEŚNYCH NA POWIERZCHNIACH BADAWCZYCH AUGUSTÓW, KRZYSTKOWICE, ŁOBEZ I SZKLARSKA PORĘBA

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF FOREST SOILS FROM
AUGUSTÓW, KRZYSTKOWICE, ŁOBEZ AND SZKLARSKA PORĘBA
EXPERIMENTAL PLOTS

Abstract: *In order to investigate the influence of different air pollution levels on the degree of forest soil acidification and forest stability (APOS project), four experimental plots were established in Poland. Characterization of soil properties which were necessary for interpretation of acid deposition in the soil and in the trees are presented in the paper. Soil samples were taken from 5 soil piths per plot. Each pedon was described and sampled at genetic horizons to a depth of 2.0 meter. Volumetric samples for physical analyses were sampled from the same horizons. Each soil sample was analysed for a particle size distribution, pH, exchangeable cations (Ca, Mg, K, Na, Mn, Fe, Al, H), and the total element contents (C, N, S). Podzol soils from Augustow and Lobeż plots have got very similar physical and chemical properties. Brown soil from Szklarska Poreba has finer texture and contains more C, N, and exchangeable basic cations than podzol soils from podzol soils.*

Key words: *soil, acidification, physical properties, chemical properties.*

1. WSTĘP

Zanieczyszczenia atmosfery mogą wpływać na ekosystemy leśne w sposób bezpośredni, na skutek oddziaływania na korony drzew, oraz w sposób pośredni poprzez ich wpływ na fizykochemiczne właściwości gleby. Bezpośredni wpływ polutantów na witalność i produktywność ekosystemu leśnego zaznacza się z reguły w stosunkowo krótkim czasie, podczas gdy ich oddziaływanie poprzez glebę jest procesem długotrwałym i wielokierunkowym. Dostające się do gleby substancje mineralne, takie jak pyły oraz gazowe związki siarki i azotu, mogą powodować wzrost zawartości łatwo dostępnych dla roślin form składników pokarmowych, powodując stopniową eutrofizację środowiska. Największe znaczenie mają jednak zasado- i kwasotwórcze składniki zanieczyszczeń atmosfery, zmieniające odczyn gleby i w rezultacie powodujące szereg zmian jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych (GATTO i RINALDI, 1987, SMITH, 1991). Tempo, w jakim polutanty pochodzenia atmosferycznego będą zmieniały właściwości gleby, zależy nie tylko od rodzaju i ładunku depozytu, lecz również od pojemności sorpcyjnej gleby i składu zasorbowanych kationów (REUSS i in., 1987).

Celem niniejszych badań było określenie właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleb pochodzących z powierzchni, na których prowadzono badania nad wpływem różnego poziomu zanieczyszczeń atmosfery na stopień zakwaszenia gleby i stabilność ekosystemów leśnych. Badania wykonano w ramach tematu 520–908 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych i tematu 530–953 finansowanego przez rząd Królestwa Danii.

2. MATERIAŁ I METODY

Jesienią 1994 na powierzchniach badawczych w Augustowie, Krzystkowicach, Łobzie i Szklarskiej Porębie wykonano po pięć odkrywek glebowych do głębokości 1,8–2,0 m lub do skały litej. Z każdego poziomu genetycznego danej odkrywki pobrano próbki o masie około 5 kg każda. Po wysuszeniu w temperaturze 40 °C do powietrznie suchej masy, próbki przesiano przez sito o średnicy oczek 2,0 mm i określono w nich uziarnienie, gęstość, gęstość objętościową, porowatość ogólną, właściwości wodne i zwięzłość, a następnie odczyn, zawartość węgla organicznego, ogólnych form azotu i siarki, kwasowość wymienną, zawartość kationów wymiennych oraz pojemność sorpcyjną i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. Analizy wykonywano w dwóch powtórzeniach, oddzielnie dla każdej odkrywki.

Uziarnienie, odczyn, kwasowość wymienną, zawartość węgla organicznego, ogólnych form azotu i siarki, zawartość kationów wymiennych, pojemność sorpcyjną oraz stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami oznaczono zgodnie z metodyką przyjętą przez ICP-Forest i opublikowaną w *Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests* (1994). Odczyn gleb oznaczono dodatkowo według metody standardowo używanej w Polsce.

Gęstość oznaczano metodą kolby miarowej o pojemności 250 cm³, a gęstość objętościową metodą suszarkową. Porowatość ogólną obliczono na podstawie gęstości i gęstości objętościowej.

Krzywe pF w zakresie 0,0–2,7 oznaczono metodą podciśnieniową, natomiast w zakresie 2,0–5,0 metodą nadciśnieniową.

Wodę ogólnie dostępną obliczono z różnicy pomiędzy połową pojemnością wodną (pF 2,3) a punktem trwałego wędnięcia (pF 4,2), natomiast wodę łatwo dostępną z różnicy pomiędzy połową pojemnością wodną a wilgotnością początku hamowania wzrostu roślin (pF 3.0) (KOWALIK 1973). Zapas wody ogólnie dostępnej (WOD) i łatwo dostępnej (WŁD) wyliczono dla poszczególnych warstw profili glebowych stosując wzór:

$$Z = W \times h : 10$$

gdzie:

Z — zapas wody (mm),

W — wilgotność (% obj.),

h — grubość warstwy (cm).

Zapasy wody wyliczono tylko dla warstwy gleby 0–100 cm, ponieważ na wszystkich badanych powierzchniach główna masa korzeni występowała w warstwie gleby do głębokości 40 cm, a poniżej 1 m obecności korzeni w zasadzie nie stwierdzono,

Układ gleb, czyli ich zwięzłość, oceniono na podstawie ich gęstości objętościowej (KRÓL 1980).

Zawartość węgla organicznego i siarki oznaczono za pomocą analizatora Leco, zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, natomiast zawartość kationów wymiennych za pomocą spektrometru emisyjnego ze źródłem ICP.

3. WYNIKI

Systematykę badanych gleb podano w tabeli 1.

Gleby z powierzchni badawczych w Augustowie, Krzystkowicach i Łobzie to gleby bielcowe właściwe o uziarnieniu piasków luźnych do słabogliniastych. Ich właściwości fizyczne, wyrażone w postaci średnich z pięciu odkrywek, przedsta-

Tabela 1
Table 1

Systematyka gleb według klasyfikacji polskiej (Systematyka gleb Polski 1989) oraz FAO (Soil Map of the World 1988)

Classification of soils according to Polish (Systematyka gleb Polski 1989) and FAO (Soil Map of the World 1988) systems

Powierzchnia Plot	Typ gleby Soil type	Jednostka Soil unit
Augustów	bielicowa podzol soil	podzoluvisol
Krzystkowice	bielicowa podzol soil	podzoluvisol
Łobez	bielicowa podzol soil	podzoluvisol
Szklarska Poręba	brunatna kwaśna brown acid soil	cambisol

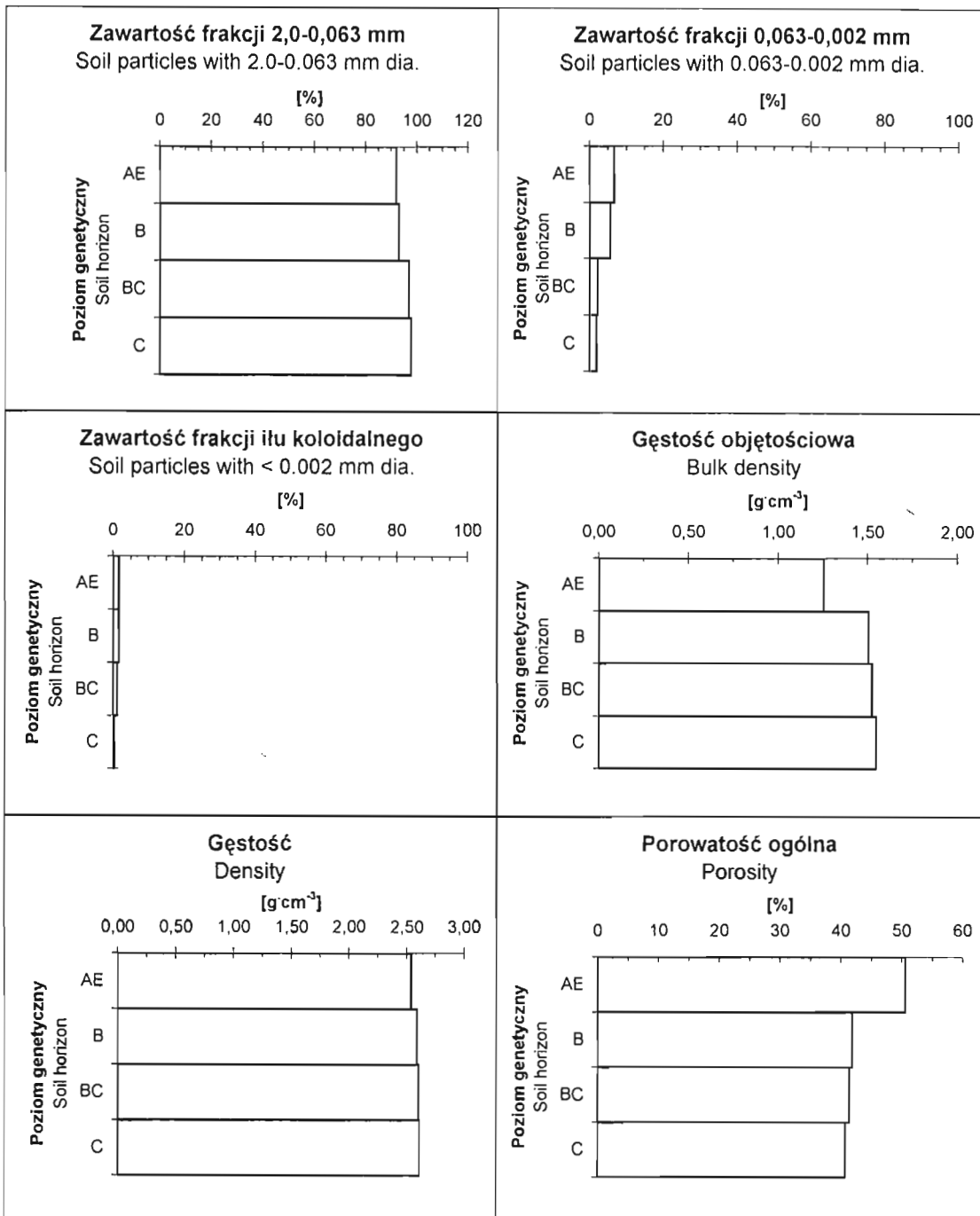
wiono na ryc. 1–3. Najwięcej frakcji iłu koloidalnego (0,002 mm) zawierała gleba z Augustowa, nieco mniej gleba z Krzystkowic, a najmniej gleba z Łobza. Odpowiednie wartości dla poziomów akumulacyjnych tych gleb wynosiły odpowiednio 1,60, 1,43 oraz 0,42 %. Gęstość objętościowa, będąca funkcją uziarnienia i zawartości materii organicznej, wynosiła $1,25 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ dla poziomu akumulacyjnego gleby z Augustowa oraz 1,55 i $1,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ odpowiednio dla gleb z Krzystkowic i Łobza, wskazując na bardziej zbity układ gleby w Krzystkowicach. W tym samym porządku układała się również porowatość ogólna, stanowiąc odpowiednio 50,5, 40,8 oraz 47,4 procent objętościowych poziomu akumulacyjnego gleby z Augustowa Krzystkowic i Łobza. Zdolności retencyjne poziomu B lub BC gleb z Krzystkowic, Augustowa i Łobza stanowiły od 1,7 do 5,7% ich porowatości (tab. 2).

Właściwości fizyczne gleby brunatnej kwaśnej ze Szklarskiej Poręby różniły się znacznie od wyżej omawianych właściwości gleb bielicowych. Zawierała ona ponad 7% iłu koloidalnego w poziomie akumulacyjnym (ryc. 4), miała znacznie

Tabela 2
Table 2

Pojemność wodna gleb [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$]
Water capacity of soils [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$]

Powierzchnia Plot	Zawartość wody ogólnie dostępnej w warstwie Maximal plant water capacity in horizon				Zawartość wody łatwo dostępnej (razem) Available water content (total)
	AE (ApE)	B (BC)	C	Razem Total	
Augustów	32	168	34	234	100
Krzystkowice	36	68	38	142	64
Łobez	178	270	106	554	254
Szklarska Poręba	130	350	1268	1748	432

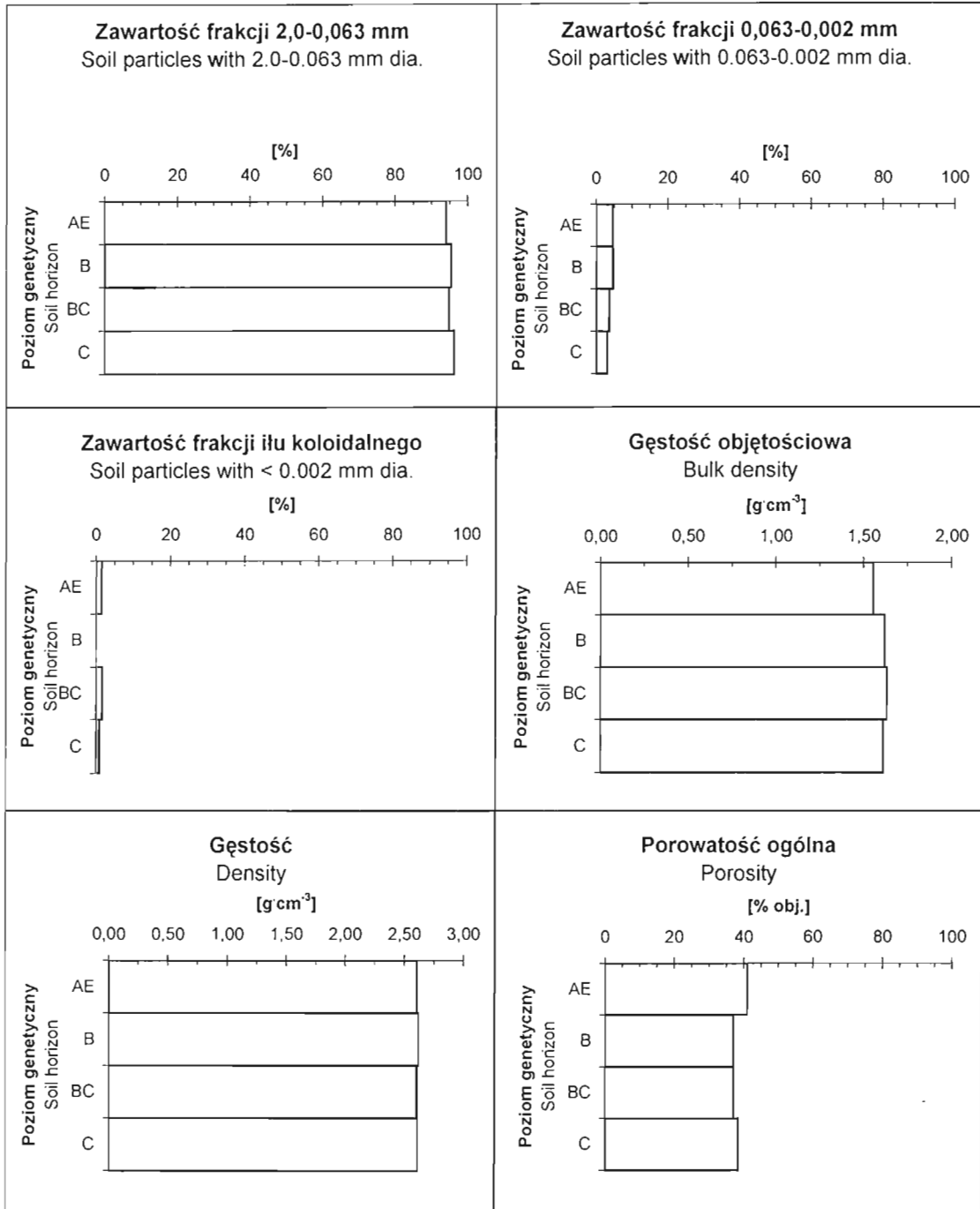


Ryc. 1. Fizyczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Augustowa.

Fig. 1. Physical properties of the genetic horizons of soil from Augustów plot.

mniejszą gęstość objętościową $1,04 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ odpowiadającą układom bardzo pulchnym, a większą porowatość ogólną (56,2%). Zdolności retencyjne gleby w Szklarskiej Porębie stanowią od 6,2% jej porowatości w warstwie B do 22,6% w warstwie C (tab. 2).

Zawartość węgla organicznego oraz ogólnych form azotu i siarki w poziomach akumulacyjnych badanych gleb była bardzo zróżnicowana (ryc. 5 i 6).

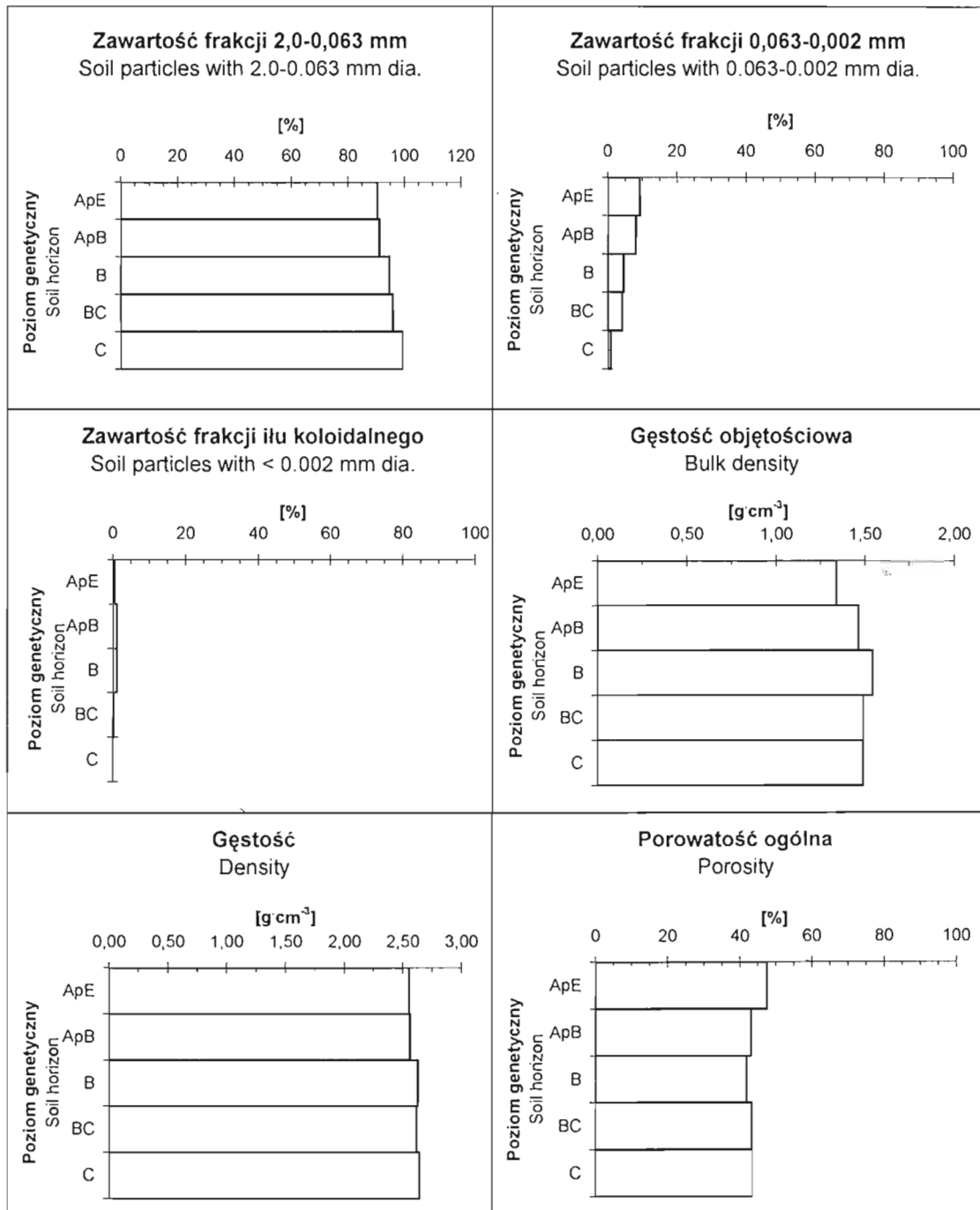


Ryc. 2. Fizyczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Krzystkowic.

Fig. 2. Physical properties of the genetic horizons of soil from Krzystkowice plot.

Najwięcej węgla organicznego zawierała gleba brunatna ($42,58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), gleby bielcowe z Augustowa i Łobza zawierały odpowiednio $23,88$ i $11,28$, natomiast gleba bielcowa z Krzystkowic jedynie $7,20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Zawartość ogólnych form azotu w poziomach akumulacyjnych układała się proporcjonalnie do zawartości węgla organicznego wynosząc $2,53$ w glebie brunatnej, a w glebach bielcowych z Augustowa, Łobza i Krzystkowic odpowiednio $1,24$, $0,57$ i $0,47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stosunek węgla do azotu w poziomach akumulacyjnych badanych gleb był podobny i wahał się od 19 do 23 , co oznacza, że proporcje między tymi składnikami są właściwe.

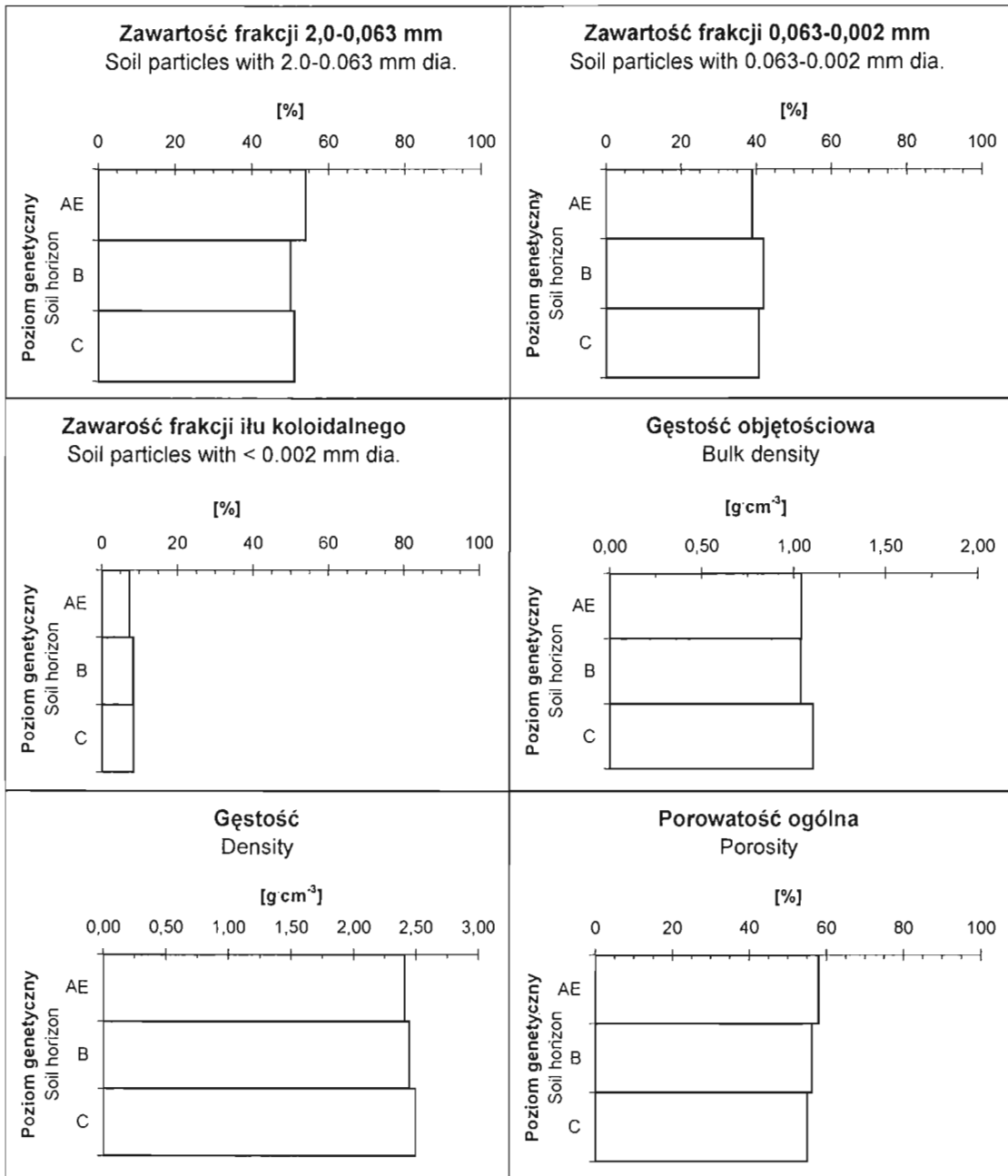


Ryc. 3. Fizyczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Łobezą.

Fig. 3. Physical properties of the genetic horizons of soil from Łobez plot.

Zawartość siarki w poziomach akumulacyjnych gleb z Augustowa i Łobza była bardzo zbliżona i wynosiła odpowiednio 39,8 oraz 37,9 mg · kg⁻¹. Niespodziewanie niską zawartość tego pierwiastka zanotowano w poziomie akumulacyjnym gleby z Krzystkowic (15,9 mg · kg⁻¹). Według skali opracowanej przez KABATĘ-PENDIAS (1995), zawartość siarki w glebie brunatnej ze Szklarskiej Poręby, wynosząca 248 mg · kg⁻¹ w poziomie AE, wskazuje na jej zasiarczenie.

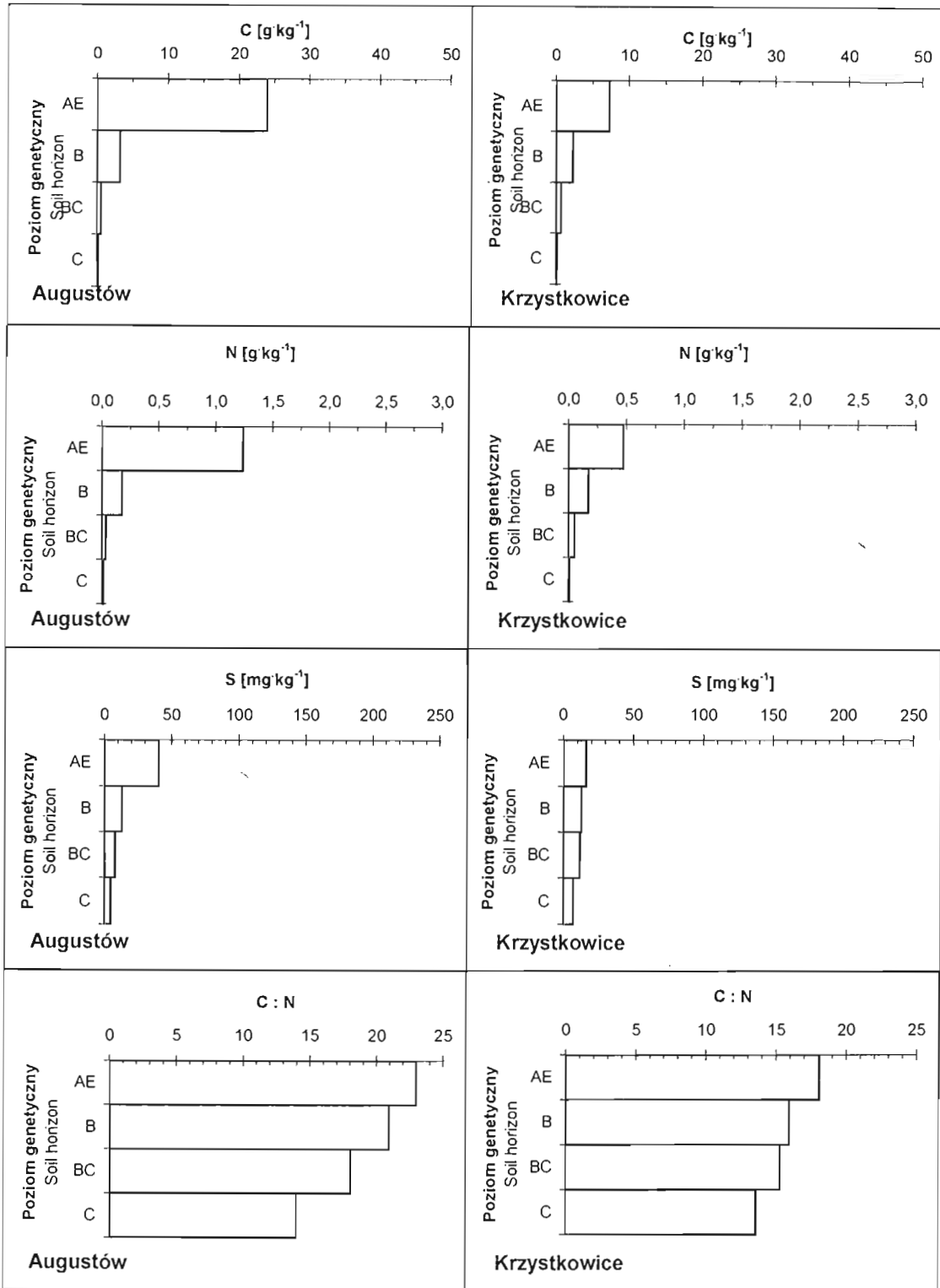
W glebach ze wszystkich powierzchni wraz ze wzrostem głębokości obserwowano niewielki wzrost pH oraz wyraźny spadek kwasowości wymiennej i pojemności sorpcyjnej.



Ryc. 4. Fizyczne właściwości poziomów genetycznych gleby ze Szklarskiej Poręby.
Fig. 4. Physical properties of the genetic horizons of soil from Szklarska Poręba plot.

Odczyn poziomów akumulacyjnych gleb bielcowych z Augustowa i Krzystkowic, obliczony jako średnie pH_{KCl} z pięciu odkrywek, był bardzo zbliżony. Również poziomy wzbogacania tych gleb charakteryzowały się zbliżonym pH — różnice zaobserwowano dopiero w ich skałach macierzystych. Gleba brunatna w całym profilu charakteryzowała się wyraźnie kwaśniejszym odczynem niż gleby bielcowe (ryc. 7–10).

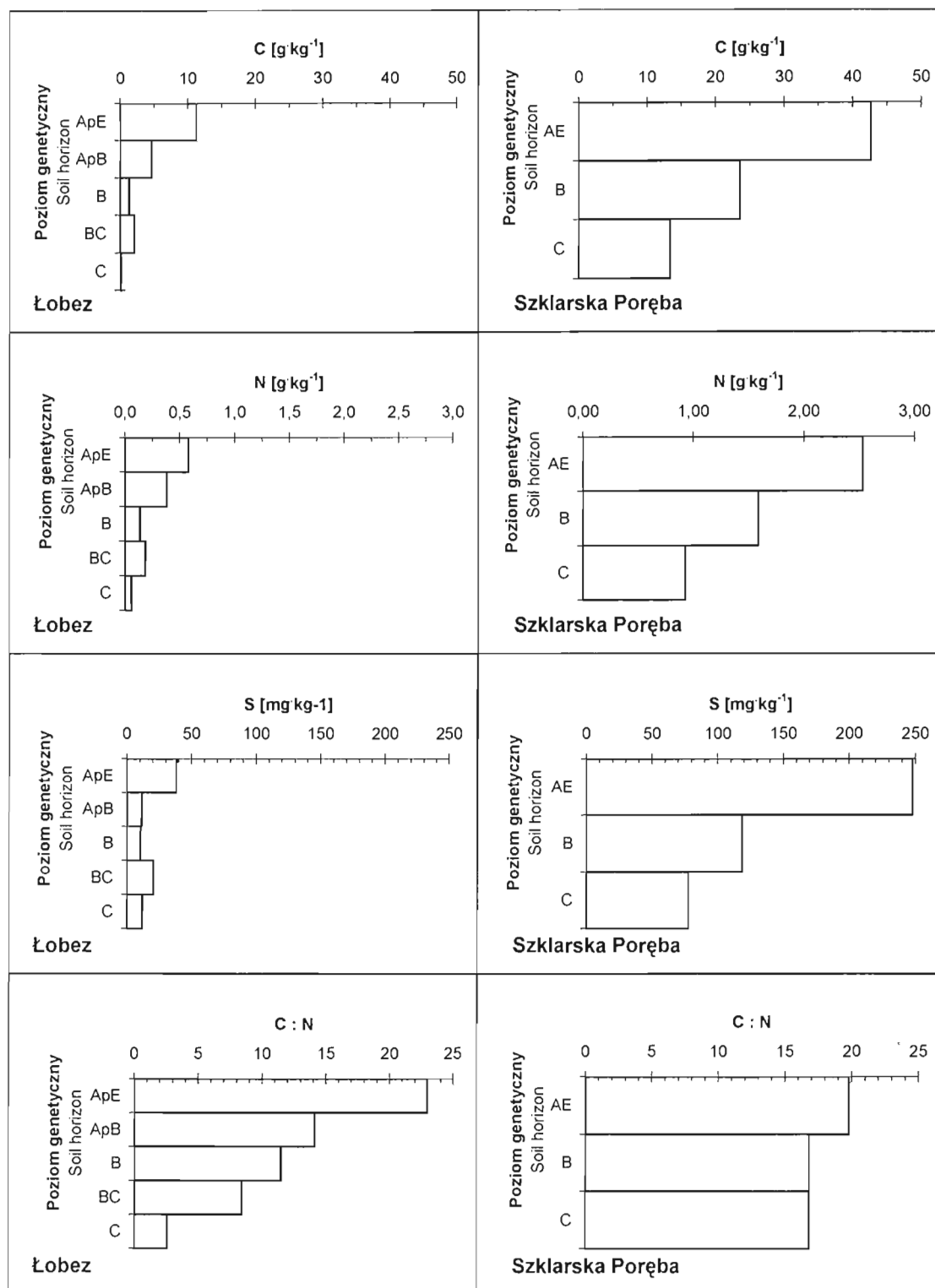
Na rycinach 7–10 przedstawiono również zmiany w wielkości kwasowości wymiennej, zawartości kwasowych i zasadowych kationów wymiennych oraz pojemności sorpcyjnej i stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami wraz ze wzrostem głębokości.



Ryc. 5. Zawartość Corg., Nog. i S w poziomach genetycznych gleb z powierzchni sosnowych.

Fig. 5. Contents of C, N, and S in genetic horizons of soils from pine stands.

Największą kwasowość wymienną stwierdzono w poziomie akumulacyjnym gleby brunatnej ($7,68 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$), znacznie niższą w poziomie akumulacyjnym gleby bielcowej z Augustowa ($2,38 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$), a najniższą w poziomach akumulacyjnych gleb bielcowych z Krzystkowic i Łobza ($1,15$ i $1,5 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$).

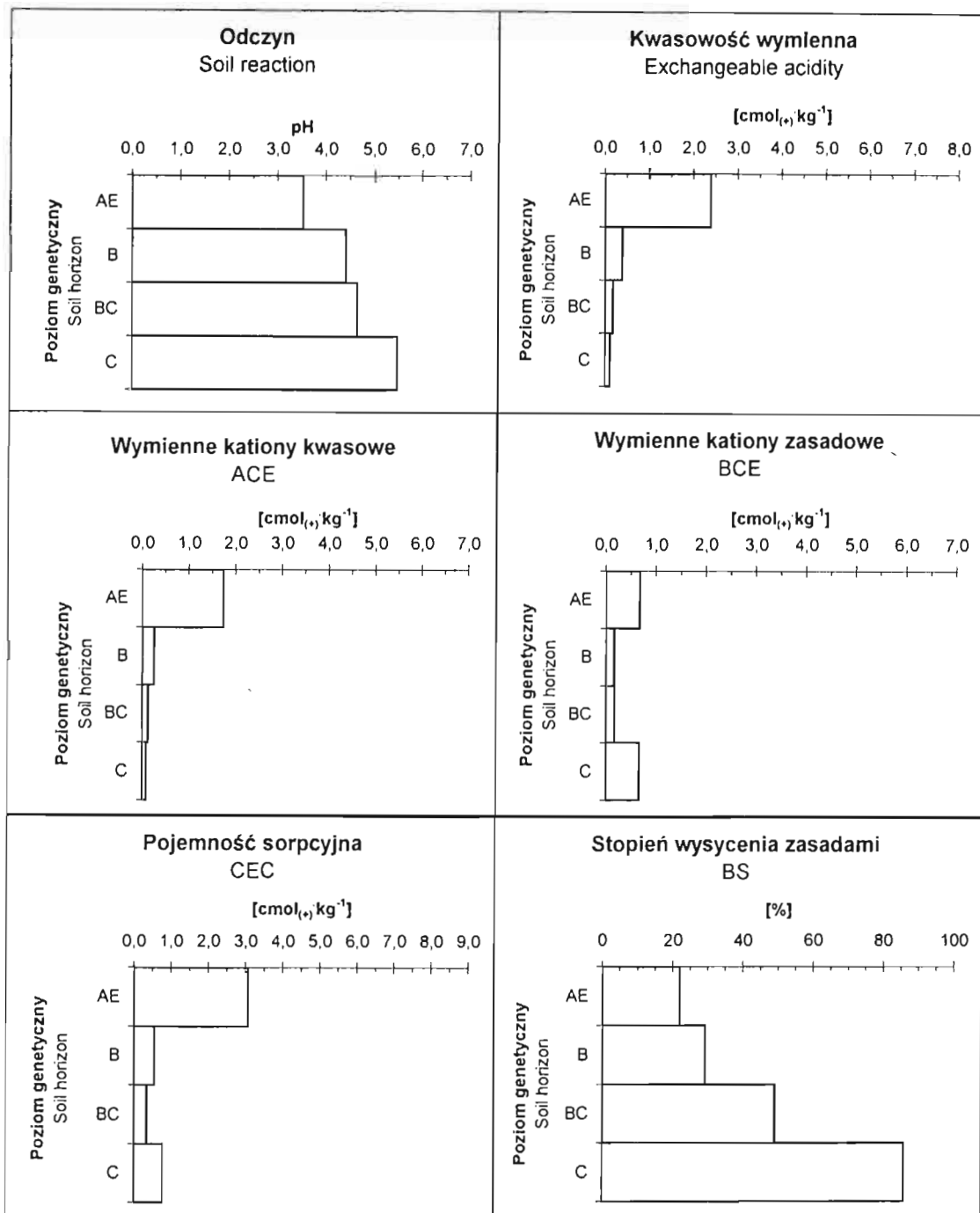


Ryc. 6. Zawartość Corg., Nog. i S w poziomach genetycznych gleb z powierzchni świerkowych.

Fig. 6. Contents of C, N, and S in genetic horizons of soils from spruce stands.

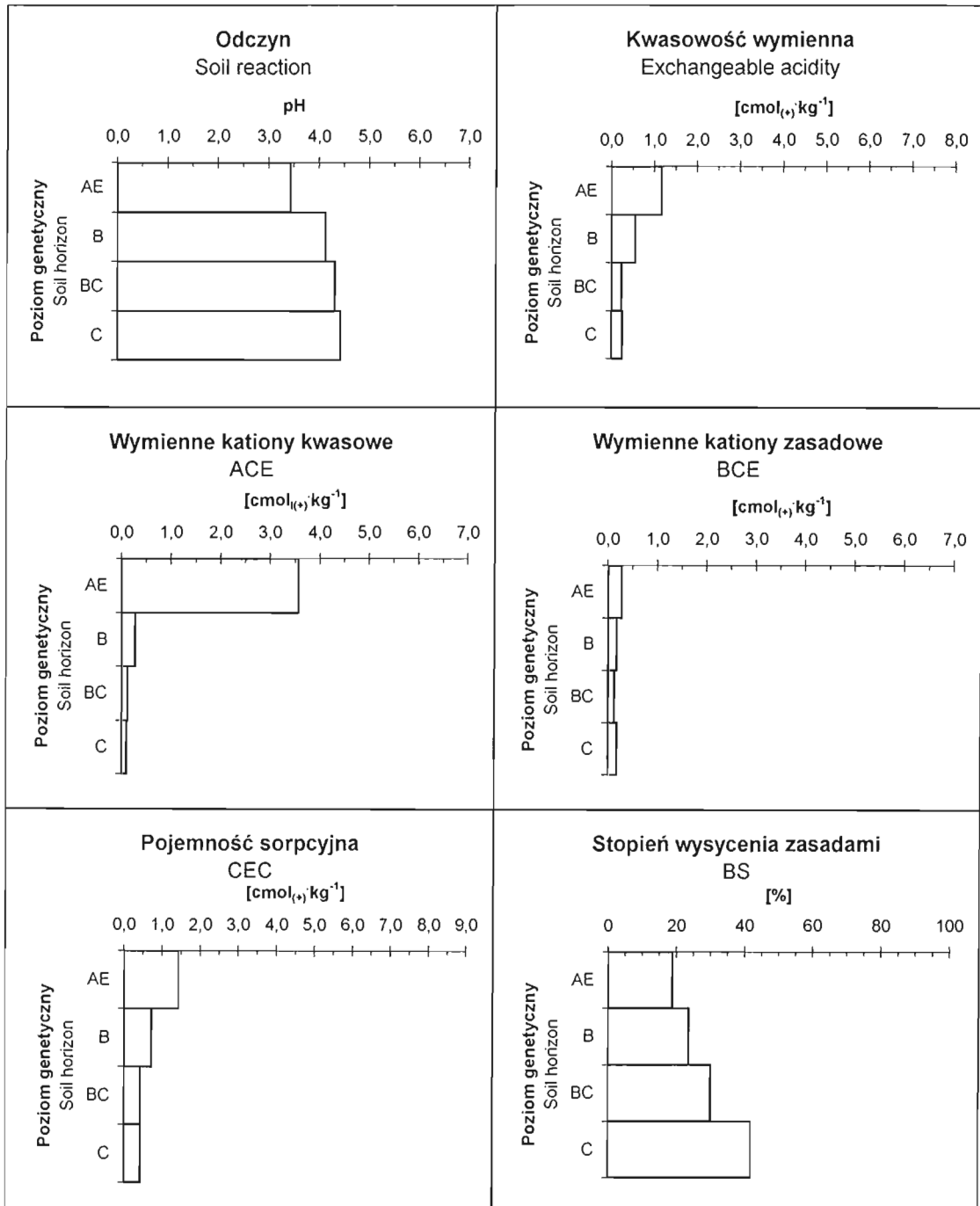
W takiej samej kolejności można było uszeregować gleby pod względem łącznej zawartości kationów kwasowych (Fe, Mn, Al).

Pojemność sorpcyjna gleb wahała się od 1,42 $\text{cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ w poziomie AE gleby bielcowej z Krzystkowic do 8,9 $\text{cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ w poziomie AE gleby brunat-



Ryc. 7. Fizykochemiczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Augustowa.
 Fig. 7. Chemical properties of genetic horizons of soil from Augustów plot.

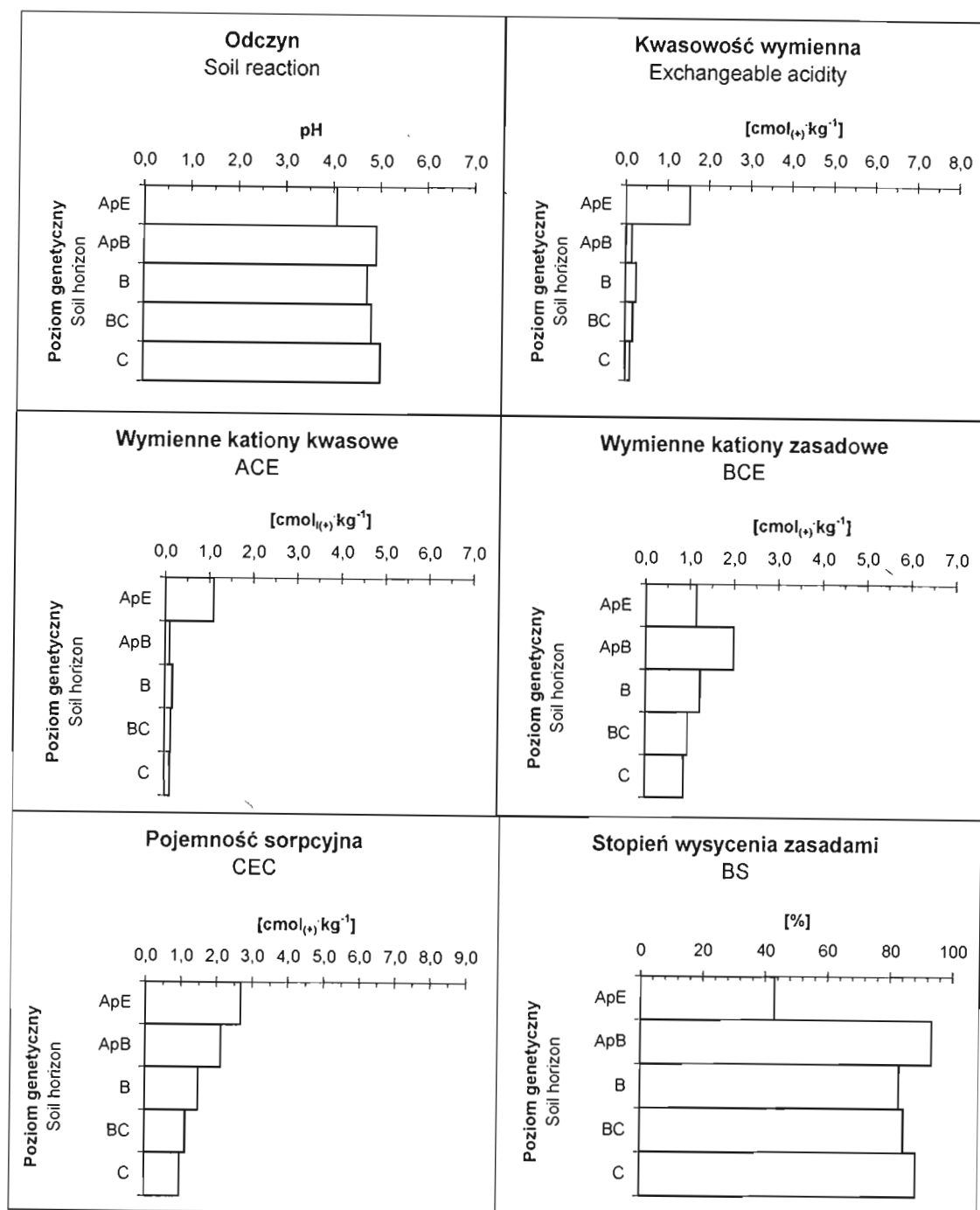
nej. Stopień wysycenia zasadami poziomu akumulacyjnego był najniższy w glebie brunatnej (14%), nieco wyższy w glebie bielcowej z Krzystkowic (19%) i z Augustowa (22%), a najwyższy w glebie bielcowej z Łobza (43%). Ze względu na drobniejsze uziarnienie i znacznie wyższą zawartość węgla organicznego gleba



Ryc. 8. Fizykochemiczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Krzystkowic.
Fig. 8. Chemical properties of genetic horizons of soil from Krzystkowice plot.

ze Szklarskiej Poręby charakteryzowała się prawie trzykrotnie większą pojemnością sorpcyjną niż druga w kolejności gleba z Augustowa. Jednak charakterystyczne dla tej części Sudetów pochodzenie skały macierzystej oraz duży ładunek atmosferycznych czynników zakwaszających spowodowały, że stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami w glebie ze Szklarskiej Poręby był najniższy.

Zawartość wymiennych kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym, decydująca o potencjalnej zdolności buforowej gleby w stosunku do jonów wo-

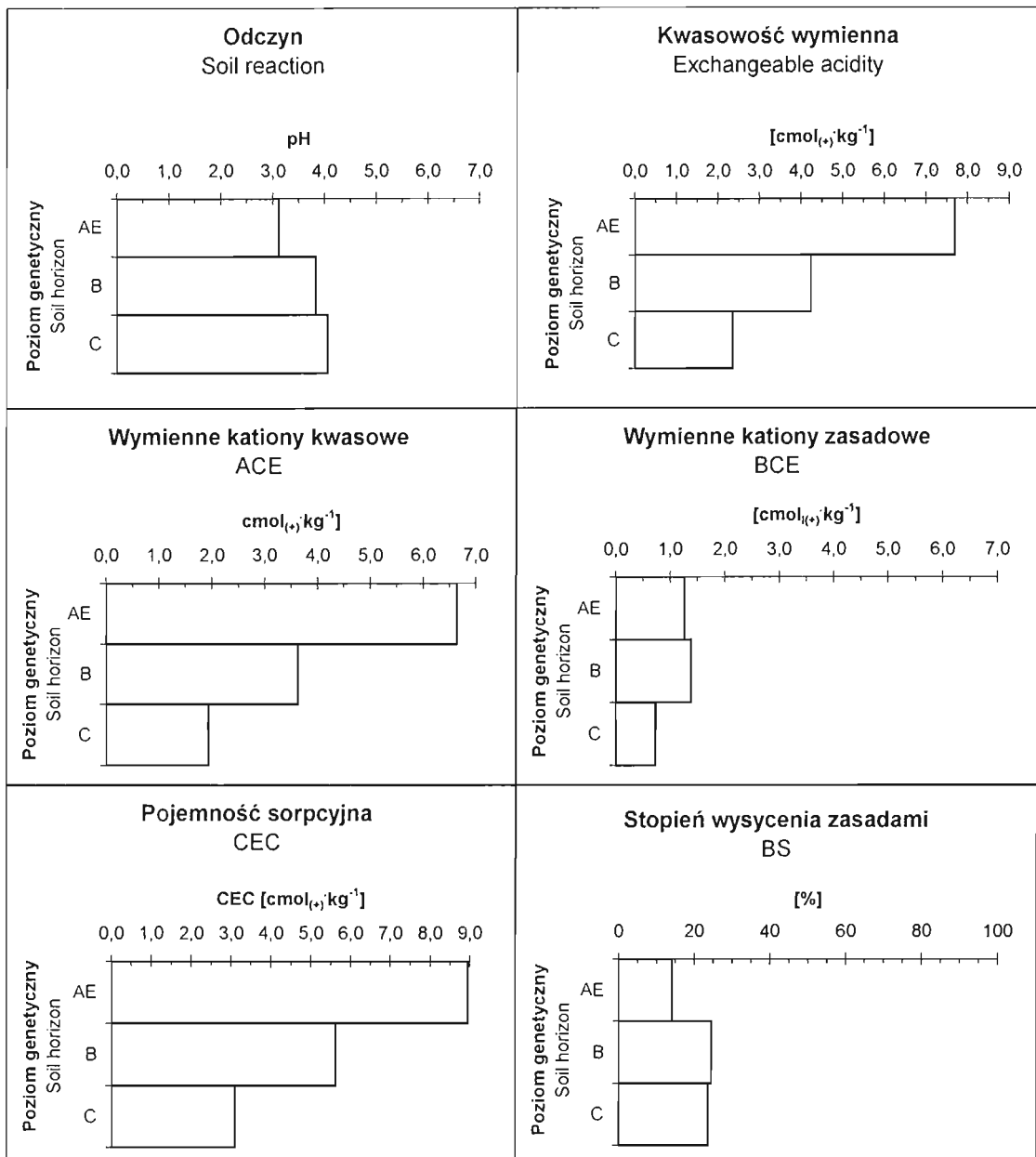


Ryc. 9. Fizykochemiczne właściwości poziomów genetycznych gleby z Łobezą.

Fig. 9. Chemical properties of genetic horizons of soil from Łobez plot.

dorowych, była najwyższa w glebie ze Szklarskiej Poręby i z Łobza (odpowiednio $1,26$ i $1,14 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$), a najniższa w glebie z Krzystkowic ($0,27 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Spośród badanych gleb gleba brunatna ze Szklarskiej Poręby charakteryzowała się najdrobniejszym uziarnieniem, najniższą gęstością objętościową, największą pojemnością wodną, najwyższą zawartością węgla organicznego, azotu ogólnego, kationów zasadowych oraz największą pojemnością sorpcyjną. Z drugiej strony gleba ta jest najbardziej kwaśna, a jej stopień wysycenia zasadami jest najniższy. Ma ona jednak największą pojemność buforową, a ujemny wpływ



Ryc. 10. Fizykochemiczne właściwości poziomów genetycznych gleby ze Szklarskiej Poręby.

Fig. 10. Chemical properties of genetic horizons of soil from Szklarska Poręba plot.

zakwaszenia na rośliny jest przynajmniej częściowo neutralizowany przez wysokie w tej części Polski opady. Na przyczyny zakwaszenia gleby ze Szklarskiej Poręby zdaje się wskazywać stwierdzona w niej najwyższa zawartość siarki.

Gleba bielnicowa z Krzystkowic charakteryzuje się również bardzo kwaśnym odczynem oraz bardzo niskim stopniem wysycenia zasadami, a ponadto ma najniższą zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, kationów zasadowych oraz najmniejszą pojemnością wodną i sorpcyjną.

4. WNIOSKI

1. Gleby bielcowe z powierzchni badawczych Augustów i Łobez mają zbliżone właściwości fizykochemiczne.

2. Gleba brunatna ze Szklarskiej Poręby charakteryzuje się co prawda najniższym odczynem i najwyższą zawartością siarki, wykazuje jednak najkorzystniejsze właściwości fizyczne, takie jak uziarnienie, gęstość objętościowa, porowatość ogólna i zdolności retencyjne. Zawiera ona również najwięcej azotu ogólnego, węgla organicznego oraz wymiennych kationów zasadowych.

3. Największą potencjalną zdolność do przeciwstawiania się procesom zakwaszania wykazuje gleba brunatna ze Szklarskiej Poręby, a najmniejszą gleba bielcowa z Krzystkowic.

Praca została przyjęta przez Komitet Redakcyjny 25 maja 1997 roku.

LITERATURA

- GATTO, M., RINALDO, S. 1987. Some models of catastrophic behavior in exploited forests. *Vegetatio* 69: 213-222.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH Cz. 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. PIOŚ, IUNG, Warszawa.
- KOWALIK P. 1973. Zarys fizyki gruntów. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- KRÓL H. 1980. Charakterystyka środowiska glebowego sosnowych drzewostanów nasiennych. Dokumentacja Inst. Bad. Leś., Warszawa.
- REUSS J.O., COSBY B.J., WRIGHT R.F. 1987. Chemical processes governing soil and water acidification. *Nature* 329: 27-32.
- SMITH W.H. 1991. Air pollution and forest damage. *Chem. & Engin. News*, 11.
- Soil Map of the World. Revised Legend. 1988. FAO-Unesco, Rome.
- Manual on Methods and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. 1994. Programme Coordinating Centres, Hamburg-Prague.
- Systematyka gleb Polski. 1989. Wydanie IV. *Roczniki Gleboznawcze*, 40, z. 3-4.