

· STANISŁAW BARAN, ANNA WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA,
GRAŻYNA ŻUKOWSKA

OCENA PRZYDATNOŚCI OSADU ŚCIEKOWEGO I WEŁNY MINERALNEJ GRODAN DO REKULTYWACJI GRUNTU BEZGLEBOWEGO NA PODSTAWIE ZAWARTOŚCI PRZYSWAJALNYCH FORM FOSFORU, POTASU I MAGNEZU*

ASSESSMENT OF SEWAGE SLUDGE AND MINERAL WOOL GRODAN USEFULNESS IN RECLAMATION OF DEVASTATED SOIL BASED ON PHOSPHORUS, POTASSIUM AND MAGNESIUM AVAILABLE FORMS CONTENT

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie

Abstract: Experiment was conducted on area devastated by sulfur mine “Jeziórko”. In order to fertilize soil, municipal sewage sludge, mineral fertilizers and various doses of used mineral wool were introduced. Plots were sowed with grass. Utilization of mineral wool and sewage sludge in reclamation of mining soil devastated by sulfur, caused improvement of total phosphorus and magnesium content and available forms of phosphorus, magnesium and potassium. Diverse doses of mineral wool had significant effect on total content of phosphorus, potassium and magnesium and on content of available forms of phosphorus and potassium in soil and phosphorus in grass.

Słowa kluczowe: rekultywacja, osady ściekowe, wełna mineralna, makroelementy.

Key words: reclamation, sewage sludge, mineral wool, macroelements.

WSTĘP

Górnictwo siarkowe, a szczególnie metoda otworowa wydobycia niesie za sobą wiele przekształceń środowiska. Bardzo uciążliwe jest silne zakwaszenie gleb. Powszechnie stosowanym materiałem odkwaszającym gleby jest wapno poflotacyjne, które jako odpad powstający w odkrywkowej metodzie wydobycia siarki zostało zdeponowane na terenach poeksploatacyjnych [Jońca 2000; Warzybok 200]. W celu użyczenia gleb zdewastowanych wielu autorów poleca komunalny osad ściekowy [Baran i in. 2000; Jońca 2000; Wójcikowska-Kapusta i in. 2000]. Wełna mineralna Grodan jest bardzo cennym podłożem w uprawie szklarniowej [Bodzian, Oświecimski 1993]. Istnieje jednak problem z jej zagospodarowaniem po wykorzystaniu w szklarni, stąd też podjęto próbę zastosowania jej do rekultywacji gleb zdewastowanych.

Celem pracy jest ocena przydatności osadu ściekowego i poużytkowego podłoża ogrodniczego – wełny mineralnej Grodan do rekultywacji gruntu bezglebowego na podstawie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie i trawie. Zabiegi planowano przewidując w przyszłości jako kierunek zagospodarowania użytkowanie rolne.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono na terenie zdewastowanym przez Kopalnię Siarki „Jeziórko”, gdzie założono w czerwcu 2004 roku doświadczenie poletkowe. W celu odkwaszenia zdewastowanego gruntu (piasek luźny i słabogliniasty) wprowadzono wapno poflotacyjne w dawce $100 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$ i wymieszano do głębokości 20 cm. Na odkwaszonym gruncie wyznaczono poletka o powierzchni 5 arów każde, na których zastosowano użyczenie gruntu komunalnym osadem ściekowym (w dawce $200 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$), nawozami mineralnymi (N-80, P-40, K-60 $\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$) i wełną mineralną Grodan w dawkach 200, 400, $800 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Do wniesienia materiałów wykorzystano rozrzutnik, a następnie broną talerzową i glebogryzarką wymieszano z gruntem do głębokości 20 cm. Poletka obsiano mieszanką traw. Schemat doświadczenia przedstawiono w tabeli 1.

W pracy przedstawiono wyniki analiz gleby pobranej z warstwy 0–20 cm po pierwszym pokosie traw, a także zawartość fosforu, potasu i magnezu w trawie. W glebie oznaczono pH w $1 \text{ mol} \times \text{dm}^{-3}$ KCl potencjometrycznie, kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą Kappena, kationy wymienne w wyciągu $0,5 \text{ mol} \times \text{dm}^{-3}$ NH_4Cl o pH 8, całkowitą zawartość P, K, Mg po mineralizacji gleby w HClO_4 i HNO_3 (1:1), przyswajalny fosfor i potas metodą Egnera-Riehma, przyswajalny magnez metodą Schachtschabela. Rośliny po wysuszeniu mineralizowano w mieszaninie stężonych kwasów HClO_4 i HNO_3 (1:1). Wymienione pierwiastki w glebie i w trawie oznaczono na spektrometrze ICP model PS 950, Lemman Labs.

Wyniki poddano analizie statystycznej. Obliczono analizę wariancji dla klasyfikacji podwójnej programem ARSTAD, jak również współczynniki korelacji pomiędzy zawartością pierwiastków w glebie i trawie programem Statistica 5.

TABELA 1. Schemat doświadczenia poletkowego
TABLE 1. Organization of plot experiment

Kontrola I – grunt + wapno (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha); Control I – soil + post-flotation lime (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha)		Kontrola II – grunt + wapno (100 t/ha) + osad ściekowy (200 t/ha) Control II – soil + post-flotation lime (100 t/ha) + sewage sludge (200 t/ha)
Grunt + wapno + wełna (200 m ³ /ha) Soil + post-flotation lime + wool (200 m ³ /ha)	Grunt + wapno + wełna (200 m ³ /ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) Soil + post-flotation lime + wool (200 m ³ /ha) + NPK (80-40-60 kg/ha)	Grunt + wapno + wełna (200 m ³ /ha) + osad ściekowy (200 t/ha) Soil + post-flotation lime + wool (200 m ³ /ha) + sewage sludge (200 t/ha)
Grunt + wapno + wełna (400 m ³ /ha) Soil + post-flotation lime + wool (400 m ³ /ha)	Grunt + wapno + wełna (400 m ³ /ha) + NPK (80-40-60kg/ha); Soil + post-flotation lime + wool (400 m ³ /ha) +NPK (80-40-60 kg/ha)	Grunt + wapno + wełna (400 m ³ /ha) + osad ściekowy (200 t/ha) Soil + post-flotation lime + wool (400 m ³ /ha) + sewage sludge (200 t/ha)
Grunt + wapno + wełna (800 m ³ /ha) Soil + post-flotation lime + wool (800 m ³ /ha)	Grunt + wapno + wełna (800 m ³ /ha) + NPK (80-40-60 kg/ha); Soil + post-flotation lime + wool (800 m ³ /ha) + NPK (80-40-60 kg/ha)	Grunt + wapno + wełna (800 m ³ /ha) + osad ściekowy (200 t/ha) Soil + post-flotation lime + wool (800 m ³ /ha) + sewage sludge (200 t/ha)

WYNIKI I DYSKUSJA

Grunt przed założeniem doświadczenia charakteryzował się odczynem silnie kwaśnym, niską zawartością kationów zasadowych i makroelementów (tab. 2). Stąd też w celu neutralizacji tego gruntu zastosowano wapno poflotacyjne, a w celu poprawy właściwości chemicznych i fizyko-chemicznych – komunalny osad ściekowy i użytkową wełnę mineralną Grodan.

Uzyskane wyniki wskazują, że pod wpływem zastosowanego wapna poflotacyjnego pH w 1 mol×dm⁻³ KCl było obojętne i zbliżone we wszystkich kombinacjach nawozowych (tab. 3). Analizując sumę kationów zasadowych i całkowitą pojemność sorpcyjną dla poszczególnych kombinacji nawozowych zauważyć można wzrost tych wartości, w porównaniu z kontrolą, we wszystkich wariantach pod wpływem dawek wełny mineralnej.

Całkowita zawartość fosforu w glebach omawianego doświadczenia zawierała się w przedziale od 0,12 g×kg⁻¹ w glebie kontrolnej do 0,61 g×kg⁻¹ w nawożonej osadem ściekowym i wełną mineralną w dawce 800 m³×ha⁻¹ (tab. 4). Gleba nawożona różnicowanymi dawkami wełny i osadem ściekowym charakteryzowała się najwyższą średnią zawartością fosforu w porównaniu z pozostałymi kombinacjami nawozowymi. O wpływie nawożenia osadem ściekowym na zawartość tego pierwiastka w glebie

TABELA 2. Podstawowe właściwości rekultywowanego gruntu, wapna poflotacyjnego, osadu ściekowego i wełny mineralnej

TABLE 2. Basic properties of reclaimed land, post-flotation lime, sewage sludge and mineral wool

Właściwości Properties	Jednostka Unit	Grunt przed rekultywacją z głębokości [cm] Soil before reclamation from depth [cm]		Wapno poflotacyjne Post- flotation lime	Osad ściekowy Sewage sludge	Wełna mineralna Mineral wool Grodan
		0–10	10–40			
pH	w KCl	4,00	3,58	7,80	6,20	6,70
S	mmol/kg	28,58	55,99	2298,80	205,88	78,17
T		51,08	120,49	2310,50	331,44	109,97
P*	g/kg	0,08	0,07	0,09	14,7	3,07
K*		0,68	0,76	0,49	1,52	4,00
Mg*		0,67	0,95	1,59	4,65	8,25
P	mg/100 g	0,06	0,0	0,01	17,02	13,48
K		4,34	8,75	2,86	60,40	34,01
Mg		3,42	12,7	20,90	78,50	9,19

* – całkowita zawartość – total content

świadczy również wysoka jego zawartość w glebie kontrolnej II. W badaniach wielu autorów nawożenie osadem ściekowym w porównaniu z innymi nawozami powodowało znaczny wzrost fosforu w glebie [Czekała 2004; Wójcikowska-Kapusta i in. 2000; Krzywy i in. 2002; Wołoszyk i in. 2004]. W każdej kombinacji nawozowej najwyższą zawartością fosforu charakteryzowała się gleba z najwyższą dawką wełny.

Zawartość przyswajalnego fosforu w glebie kontrolnej I, na której oprócz wapna poflotacyjnego zastosowano NPK, wskazuje na niską zasobność [IUNG 1990] (tab. 5). Gleby z poletek, które nawożono zróżnicowanymi dawkami wełny i wełny z dodatkiem NPK, charakteryzowały się zasobnością od niskiej do wysokiej, natomiast gleby nawożone wełną i osadem ściekowym – wysoką i bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor. Przeprowadzona analiza wariancji wskazuje, podobnie jak w przypadku fosforu całkowitego, na istotny wpływ na zawartość tej formy w glebie nie tylko nawożenia, ale również dawki wełny.

Uzyskane wyniki całkowitej zawartości potasu w glebie z doświadczenia wskazują na istotny wpływ stosowanych kombinacji nawozowych. Gleba z poletek, na których stosowano zróżnicowane dawki samej wełny mineralnej, jak również wełny i NPK, charakteryzowała się wyższą zawartością potasu niż z poletek, gdzie oprócz wełny stosowano osad ściekowy. Potwierdza to powszechnie akcentowana w literaturze niska zawartość potasu w osadach ściekowych [Czekała 2002; Krzywy i in. 2002; Wołoszyk i in. 2004]. Na niższą zawartość potasu w glebie z osadem ściekowym mogło też mieć

TABELA 3. Podstawowe właściwości gleby rekultywowanej po I zbiorze trawy
 TABLE 3. Basic properties of reclaimed soil after first harvest of grass

Kombinacja nawozowa Fertilization treatment	pH w KCl	S, BEC (mmol (+)/dm ³)	T, CEC (mmol (+)/dm ³)
Kontrola I – Control I	6,9	228,8	237,8
Grunt+wapno (100 t/ha)+wełna (m ³ /ha); Soil+post-flotation lime (100 t/ha)+mineral wool (m ³ /ha)			
200	7,2	321,6	329,1
400	7,1	335,5	346,0
800	6,9	549,9	566,4
Zakres/średnia, Range/mean	6,9–7,2	402,3	413,8
Grunt + wapno (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) + wełna (m ³ /ha); Soil + post-flotation lime (100 t/ha)+ NPK (80-40-60 kg/ha) mineral wool (m ³ /ha)			
200	7,1	490,0	500,5
400	7,2	488,0	497,0
800	6,8	382,0	404,5
Zakres/średnia, Range/mean	6,8–7,2	453,0	467,3
Kontrola II – Control II	7,3	248,2	254,2
Grunt + wapno (100 t/ha) + osad ściekowy (200 t/ha) + wełna (m ³ /ha); Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + sewage sludge (200 t/ha) + mineral wool (m ³ /ha)			
200	7,2	320,7	329,7
400	7,2	408,5	418,9
800	7,1	393,7	405,7
Zakres/średnia, Range/mean	7,1–7,2	374,3	384,8

wpływ rozcieńczenia wełny przez osad, a także większe „wyniesienie” tego pierwiastka z plonem trawy. W glebie każdej kombinacji nawozowej zawartość potasu systematycznie rosła wraz ze zwiększającymi się dawkami wełny.

Zawartość przyswajalnych form potasu w glebie wykazywała istotny wzrost w miarę wzrastających dawek wełny mineralnej (tab. 5). Gleby kontrolne charakteryzowały się bardzo niską zasobnością w ten pierwiastek, nawożone wełną w dawce 800 m³/ha we wszystkich kombinacjach nawozowych – średnią lub wysoką, a w pozostałych kombinacjach – niską [IUNG 1990].

Całkowita zawartość magnezu zawierała się w przedziale od 0,56 g×kg⁻¹ w glebie kontrolnej do 3,76 g×kg⁻¹ w glebie, na której oprócz 800 m³×ha⁻¹ wełny mineralnej zastosowano NPK. Podobnie jak w przypadku potasu, również i magnez był wnoszony do gleby w większych ilościach z wełną mineralną niż z osadem ściekowym. Stąd też

TABELA 4. Całkowita zawartość fosforu, potasu i magnezu w glebach z doświadczenia
 TABLE 4. Total content of phosphorus, potassium and magnesium in soils from experiment

Kombinacja nawozowa Fertilization treatment	P	K	Mg
	g/kg		
Kontrola I – Control I	0,12	0,76	0,57
Grunt + wapno (100 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + mineral wool (m ³ /ha)			
200	0,17	0,56	1,04
400	0,38	0,74	1,81
800	0,47	1,05	3,02
Średnia, Mean	0,34	0,78	1,96
Grunt + wapno (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) mineral wool (m ³ /ha)			
200	0,31	0,66	1,68
400	0,31	0,93	2,10
800	0,58	1,10	3,76
Średnia, Mean	0,40	0,90	2,51
Grunt + wapno (100 t/ha) + osad ściekowy (200 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + sewage sludge (200 t/ha) + mineral wool (m ³ /ha)			
Kontrola II – Control II	0,27	0,46	0,56
200	0,31	0,44	0,87
400	0,45	0,69	2,35
800	0,61	0,77	3,10
Średnia, Mean	0,46	0,63	2,10
Średnie dla dawek wełny, Means for wool doses			
0	0,19	0,55	0,57
200	0,26	0,55	1,20
400	0,38	0,79	2,09
800	0,55	0,97	3,29
NIR _{0,05} dla nawożenia, LSD _{0,05} for fertilization	0,11**	0,14**	0,60
NIR _{0,05} dla dawek wełny, LSD _{0,05} for wool doses	0,15**	0,18**	0,79**

TABELA 5. Formy przyswajalne fosforu, potasu i magnezu w glebach z doświadczenia
 TABLE 5. Available forms of phosphorus, potassium and magnesium in soils from experiment

Kombinacja nawozowa Fertilization treatment	P	K	Mg
	mg/100 g		
Kontrola – Control I	2,71	1,76	5,22
Grunt + wapno (100 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + mineral wool (m ³ /ha)			
200	5,28	4,76	2,57
400	7,32	7,40	4,68
800	7,20	7,83	8,36
Średnia, Mean	6,60	6,66	5,20
Grunt + wapno (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) + wełna (m ³ /ha), SOil + post-flotation lime (100 t/ha)+ NPK (80-40-60 kg/ha) mineral wool (m ³ /ha)			
200	3,90	3,38	7,36
400	5,69	7,28	7,65
800	8,33	13,82	12,50
Średnia, Mean	5,97	8,16	9,17
Grunt + wapno (100 t/ha) + osad ściekowy (200 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + sewage sludge (200 t/ha) + mineral wool (m ³ /ha)			
Kontrola II – Control II	7,16	2,48	3,90
200	8,08	3,21	3,81
400	9,37	5,10	9,69
800	10,33	8,37	7,10
Średnia, Mean	9,26	5,56	6,87
Średnie dla dawek wełny, Means for wool doses			
0	4,93	2,12	4,56
200	5,75	3,78	4,58
400	7,46	6,59	7,34
800	8,62	10,01	9,32
NIR _{0,05} dla nawożenia, LSD _{0,05} for fertilization	1,74**	4,03	4,30
NIR _{0,05} dla dawek wełny LSD _{0,05} for wool doses	2,27**	5,25**	5,61

TABELA 6. Zawartość fosforu, potasu i magnezu w trawie z doświadczenia
 TABLE 6. Content of phosphorus, potassium and magnesium in grass from experiment

Kombinacja nawozowa, Fertilization treatment	P	K	Mg
	całkowita zawartość, content total (g/kg s.m)		
Kontrola I – Control I	2,87	14,66	0,80
Grunt + wapno (100 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha)+ mineral wool (m ³ /ha)			
200	3,37	13,6	1,19
400	3,51	14,28	1,15
800	5,76	20,1	1,61
Średnia, Mean	4,21	15,99	1,32
Grunt + wapno (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + NPK (80-40-60 kg/ha) mineral wool (m ³ /ha)			
200	3,27	19,07	1,91
400	4,20	19,73	1,20
800	4,65	17,68	1,49
Średnia, Mean	4,04	18,83	1,53
Grunt + wapno (100 t/ha) + osad ściekowy (200 t/ha) + wełna (m ³ /ha), Soil + post-flotation lime (100 t/ha) + sewage sludge (200 t/ha)+ mineral wool (m ³ /ha)			
Kontrola II – Control II	5,95	14,63	2,71
200	5,25	13,88	1,95
400	6,16	11,94	2,86
800	6,51	14,54	1,18
Średnia, Mean	5,97	13,45	2,00
Średnie dla dawek wełny, Means for wool doses			
0	4,41	14,64	1,75
200	3,96	15,25	1,68
400	4,62	15,32	1,74
800	5,64	17,44	1,43
NIR _{0,05} dla nawożenia LSD _{0,05} for fertilization	1,23**	5,15	1,41
NIR _{0,05} dla dawek wełny LSD _{0,05} for wool doses	1,60**	6,72	1,84

rodzaj nawożenia nie miał istotnego wpływu na zawartość tego pierwiastka w badanych glebach. Otrzymane wyniki wskazują natomiast na systematyczny, istotny wzrost magnezu w glebach wraz ze wzrastającymi dawkami wełny mineralnej.

Analizowane gleby z doświadczenia charakteryzują się zróżnicowaną zasobnością w przyswajalny magnez, mieszczącą się w zakresie niskiej i średniej [IUNG 1990]. W kombinacji nawozowej z wełną i NPK stwierdzono najwyższą, chociaż nieistotną średnią zawartość tego pierwiastka w porównaniu z pozostałymi kombinacjami nawozowymi.

Analizując zawartość fosforu w trawie pochodzącej z poletek o zróżnicowanym nawożeniu, zauważyć można wzrastającą zawartość tego pierwiastka w miarę zwiększających się dawek wełny (tab. 6). Również trawa pochodząca z kombinacji nawozowych z osadem ściekowym charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością fosforu niż z pozostałych kombinacji nawozowych. Na zawartość fosforu w trawie miała również istotny wpływ zawartość fosforu całkowitego i przyswajalnego w glebie, o czym świadczą współczynniki korelacji (tab. 7). W badaniach Jankowskiej-Huflejt i Niczyporuk [2001] zawartość fosforu w suchej masie traw nawożonych obornikiem i nawozami mineralnymi zawierała się w granicach 2,80–4,00 g×kg⁻¹. W przeprowadzonych badaniach zbliżoną zawartością charakteryzowała się trawa z poletek nawożonych wełną i NPK, natomiast zastosowany osad ściekowy zwiększył tę zawartość.

TABELA 7. Wartości współczynników korelacji pomiędzy zawartością fosforu, potasu i magnezu w trawie a w glebie

TABLE 7. Correlation coefficients between phosphorus, potassium and magnesium content in grass and soil

		Zawartość w trawie: – Content in grass		
		P	K	Mg
Zawartość w trawie Content in grass	P	1,0	–0,16	0,57
	K	–0,16	1,0	–0,25
	Mg	0,57	–0,25	1,0
Zawartość całkowita w glebie Total content in soil	P	0,65**	0,17	0,13
	K	–0,0	0,65**	–0,26
	Mg	0,39	0,40	0,13
Formy przyswajalne w glebie Available forms in soil	P	0,84**	–0,30	0,37
	K	0,21	0,36	–0,26
	Mg	0,28	0,42	0,13

Zawartość potasu w suchej masie trawy mieściła się w przedziale 11,94–20,10 g×kg⁻¹. Podobne wartości uzyskali Jankowska-Huflejt i Niczyפורuk [2001] w trawie nawożonej obornikiem i NPK, jak również Wiśniowska-Kielian [2001] w trawie runi po renowacji pastwiska. Obliczone współczynniki korelacji wskazują, że zawartość potasu w trawie jest istotnie zależna od całkowitej zawartości tego pierwiastka w glebie. Stąd też najwyższą, chociaż statystycznie nieistotną zawartość potasu stwierdzono w glebie z poletek, na których oprócz wełny mineralnej zastosowano NPK. Najniższą zawartością tego pierwiastka charakteryzowała się trawa z poletek nawożonych osadem ściekowym i wełną mineralną.

Zawartość magnezu w badanej trawie wahała się od 0,80 do 2,86 g×kg⁻¹ (tab. 6). Zbliżoną zawartość magnezu w trawie, kształtującą się poniżej wielkości zapotrzebowania zwierząt na ten składnik uzyskali również inni autorzy [Jankowska-Huflejt, Niczyפורuk 2001; Wiśniowska-Kielian 2001]. Analiza wariancji nie wykazała wpływu kombinacji nawozowej czy dawki wełny na zawartość magnezu w trawie, chociaż otrzymane średnie wartości w trawie z poletek z samą wełną były niższe od pozostałych, a szczególnie z osadem ściekowym.

WNIOSKI

1. Zastosowanie wełny mineralnej i osadu ściekowego do rekultywacji gleby zdewastowanej przez przemysł siarkowy wpłynęło na:
 - poprawę właściwości sorpcyjnych,
 - zwiększenie całkowitej zawartości fosforu i magnezu oraz przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie,
 - zwiększenie zawartości fosforu w trawie.
2. Zastosowanie zróżnicowanych dawek wełny miało istotny wpływ na: całkowitą zawartość fosforu, potasu, magnezu oraz na zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie, jak również na zawartość fosforu w trawie.
3. Najkorzystniejszy wpływ na zawartość badanych makroskładników w rekultywowanej glebie miała wełna mineralna w dawce 800 m³×ha⁻¹.
4. Na podstawie badanych właściwości można stwierdzić, że osad ściekowy i wełna mineralna miały korzystny wpływ na poprawę zasobności gleby powstającej na rekultywowanym gruncie.

LITERATURA

- BADZIAN T., OŚWIECIMSKI W. 1993: Grodan, wiodące podłoże w uprawach bezglebowych. *Hasło Ogrodnicze* 8: 6–7.
- BARAN S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., ŻUKOWSKA G., OLESZCZUK P. 2004: Wykorzystanie kompostów do odtwarzania gleb na gruntach zdewastowanych przez intensywne zakwaszenie. *Rocz. Glebozn.* 50, 2: 9–15.
- CZEKAŁA J. 2004: Wpływ osadu ściekowego na wybrane właściwości chemiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 499: 39–46.

- IUNG PUŁAWY. 1990: Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Seria P(44): 26 ss.
- JANKOWSKA-HUFLEJT H., NICZYPORUK A. 2001: Plonowanie, skład botaniczny i chemiczny runi oraz bilans potasu na łące nawożonej obornikiem i nawozami mineralnymi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **480**: 233–243.
- JOŃCA M. 2000: Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji gruntów kopalni siarki „Jeziórko”. *Inż. Ekol.* **1**: 27–30.
- KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ., IŻEWSKA A., KRZYWY J. 2002: Niektóre właściwości chemiczne gleby lekkiej po trzech latach od zastosowania kompostów z komunalnego osadu ściekowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **499**: 359–365.
- WARZYBOK W. 2000: Rekultywacja terenów górniczych kopalni siarki „Jeziórko”. *Inż. Ekol.* **1**: 23–26.
- WIŚNIEWSKA-KIELIAN B. 2001: Zmiany składu chemicznego runi po renowacji pastwiska – zawartość makroelementów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **480**: 345–356.
- WOŁOSZYK C., IŻEWSKA A., KRZYWY-GAWROŃSKA E. 2004: Niektóre właściwości chemiczne gleby lekkiej po trzech latach od zastosowania kompostów z komunalnego osadu ściekowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **499**: 395–365.
- WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., BARAN S., JAWORSKA B., KWIECIEŃ J. 2000: Zmiany wybranych właściwości gleb lekkich nawożonych osadami ściekowymi. *Folia Univ. Agric. Stetin* **211**, 84: 533–538.

Prof. dr hab. Stanisław Baran
Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska AR
Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: patryk.oleszczuk@ar.lublin.pl