

Stanisław BARAN

**Przydatność osadów ściekowych w warunkach zagospodarowania
płonych skał górniczych**

Sludge Usability in the Biological Management of Mining Gangue

Proces wydobywania węgla kamiennego przyczynia się do nagromadzenia w środowisku znacznych ilości materiałów odpadowych. Są to głównie ropy przywęglowe – skała płona – stanowiące 40-60 % ilości wydobywanego węgla, które najczęściej składowane są na hałdach na terenach w otoczeniu kopalń. Hałdy te w poważnym stopniu degradują środowisko poprzez uszczuplanie powierzchni rolno-leśnej, wtórne zanieczyszczenie środowiska, degradację stosunków powietrzno-wodnych w otaczających je glebach oraz zmniejszenie walorów estetycznych krajobrazu (15).

Skała płona stanowi wartościowy pod względem zawartości składników mineralnych materiał (7), którego jednak poważnym mankamentem jest brak substancji organicznej. Powoduje to, przy stosunkowo łatwym procesie wietrzenia tych skał, zachwianie w stosunkach powietrzno-wodnych (4, 5). Wprowadzenie do tego materiału odpowiedniej ilości substancji organicznej może optymalizować powyższe stosunki, a przez to stworzyć właściwe warunki dla bytowania roślin wprowadzonych do rekultywacji hałd, jak również w warunkach rolniczego wykorzystania tej skały, w procesie agromelioracji gleb lekkich (6, 7).

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki doświadczeń wazonowych i lizymetrycznych nad wykorzystaniem osadów ściekowych do wzbogacenia płonych skał górniczych w substancję organiczną oraz poprawy warunków do wzrostu i rozwoju roślin.

METODYKA BADAŃ

W przeprowadzonych doświadczeniach modelowych zastosowano ropy przywęglowe oraz skałę wapienną z KWK w Bogdance oraz osady ściekowe z oczyszczalni ścieków z Lublina i Pruszkowa.

W doświadczeniach wazonowych, przeprowadzonych w pojemnikach plastikowych o pojemności 12 dm³, jako podłoże zastosowano ropy przywęglowe oraz skałę wapienną, które wzbogacono różnymi dawkami osadu ściekowego z Lublina, po czym rozpoczęto uprawę roślin, każdą kombinację realizując w trzech powtórzeniach.

Tab. 1. Wybrane właściwości chemiczne odpadów zastosowanych w doświadczeniu (wartości średnie)
Some properties of chemical wastes applied in the experiment (mean values)

Wyszczególnienie	C- ogółem %	pH KCl	Formy ogólne mg/kg			Formy rozpuszczalne mg/kg			Udział form roz- puszczalnych w zawartości ogólnej %			Makroelementy %			
			Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	P	K	Ca	Mg
Skąła płona z Bogdanki	3,5	7,6	55	380	25	1,5	2,8	2,5	2,7	0,7	10,0	0,22	1,86	0,4	0,60
Skąła wapienna z Bogdanki	—	8,9	39	129	6	1,1	2,5	1,0	2,8	1,9	16,6	0,03	0,60	45,8	0,80
Osad ściekowy Lublin	39,8	7,0	95	6166	306	5,3	605,0	8,7	5,6	9,9	2,8	0,91	0,13	6,5	0,50
Osad ściekowy Pruszków	37,2	6,5	1494	4666	1306	61	850,0	11,5	4,1	18,2	0,9	1,13	0,20	4,57	0,25

Tab. 2. Ilość biomasy i zawartość metali ciężkich w kukurydzy uprawianej na skale płonej z różnym dodatkiem
osadu ściekowego

Biomass amount and heavy metal content in corn cultivated on gangue rock with various additions of sludge

Kombinacje	Dawka osadu *	Plon g.s.m./wazon		Pb mg/kg		Zn mg/kg		Cu mg/kg	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Gleba brunatna wytworzona z lessu	—	455	215	6,0	0,2	65	15	5	2,0
Skąła płona	—	350	165	8,0	0,3	48	11	4	1,0
Skąła płona + osad z Lublina	2	380	180	5,0	0,2	32	6	3	0,5
Skąła płona + osad z Lublina	4	460	210	6,0	0,2	42	6	4	0,7
Skąła płona + osad z Lublina	8	500	240	8,0	0,1	48	8	5	0,8

1 — słoma; 2 — ziarno

Na skale płonej (iłach przywęglowych) wzbogaconej osadem ściekowym z Lublina w dawkach: 2, 4 i 8 % uprawiano kukurydzę (*Zea mays*), którą zebrano w fazie dojrzałości młeczo-woskowej (tab. 2).

Na iłach przywęglowych i skale wapiennej, wzbogaconej osadem ściekowym z Lublina w dawkach: 1, 2,5 i 5 % uprawiano owies (*Avena sativa*), który zebrano w fazie strzelania w źdźbło, a następnie gorczycę czarną (*Brassica nigra*), której sprzętu dokonano w fazie kwitnienia (tab. 3).

Osad ściekowy z Pruszkowa zastosowano jako dodatek do iłów przywęglowych w doświadczeniu lizymetrycznym, przeprowadzonym w ramach współpracy z Instytutem Ochrony Środowiska w Warszawie.

Lizymetry stanowiły prostopadłościennne pojemniki winidurkowe o wymiarach: a x b x h, odpowiednio: 40 cm x 40 cm x 50 cm, które wypełniono skąłą płoną z osadem ściekowym w dawkach: 2 %, 4 % i 6 %, a następnie wysiano nasiona traw pastewnych (tab. 4).

Ze względu na znaczne zawartości metali w osadach, a szczególnie z Pruszkowa, przeprowadzono doświadczenie laboratoryjne nad możliwością sorpcji metali (Pb, Zn, Cu) przez iły przywęglowe.

Tab. 3. Wpływ rodzaju podłoża na zawartość metali w owsie i gorczycy czarnej, mg/kg
The influence of substrate type on metal content in oat and sinapis, mg/kg

Wyszczególnienie	Dawka osadu %	Owies			Gorczyca czarna			Sucha masa 1 rośliny g	
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Owies	Gorczyca czarna
Wapień + osad z Lublina	1	1	16	14	3	67	5	0,18	0,30
Wapień + osad z Lublina	2,5	1	22	17	4	72	7	0,20	0,34
Wapień + osad z Lublina	5	1	22	18	5	74	8	0,25	0,40
Wartości średnie	—	1	20	16	4	71	31	0,21	0,38
Skąła płona + osad z Lublina	1	1	27	11	3	58	10	0,30	0,40
Skąła płona + osad z Lublina	2,5	1	27	9	3	64	10	0,35	0,46
Skąła płona + osad z Lublina	5	2	28	12	3	69	8	0,40	0,55
Wartości średnie	—	1,3	27	10,7	3	63	9,7	0,35	0,47

Tab. 4. Zawartość metali ciężkich w trawie z doświadczeń lizymetrycznych. Wartości średnie, mg/kg
Heavy metal content in grass from lysimetric experiments. Mean values, mg/kg

Kombinacje	Dawka osadu %	Pb	Zn	Cu
Skąła płona	—	3,0	86,0	28
Skąła płona + osad z Pruszkowa	2	3,0	74,0	29
Skąła płona + osad z Pruszkowa	4	3,0	88,0	31
Skąła płona + osad z Pruszkowa	6	3,0	98,0	32

W tym celu nawazkę 10 g ilów zalewano 25 cm³ roztworu o znanym stężeniu Pb⁺², Zn⁺², Cu⁺², wytrząsano przez 1 godzinę, odstawiono na 20 godzin, a następnie ponownie wytrząsano przez 2 godziny. W uzyskanym przesączu oznaczono koncentrację metali. Z różnicy stężeń metali przed i po sorpcji obliczono ich ilość zasorbowaną przez badaną skąłę płoną.

W uzyskanym z doświadczeń próbach odpadów, roślin oraz przesączu zawartość metali ciężkich oznaczono metodą absorpcji atomowej, zaś makroelementów – metodami chemicznymi ogólnie przyjętymi w pracowniach gleboznawczych. Zawartość węgla oznaczono przez mineralizację na sucho (osady ściekowe) oraz metodę Tiurina (odpady mineralne) zaś odczyn elektrometrycznie.

W doświadczeniach rejestrowano również plon uprawianych roślin.

WYNIKI BADAŃ

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE ODPADÓW

Badane odpady mineralne charakteryzowały się odczynem zasadowym, zaś osady ściekowe, obojętnym (z Lublina) i lekko kwaśnym (z Pruszkowa). W osadach ściekowych stwierdzono również wysoką zawartość substancji organicznej (tab. 1). Osady ściekowe zawierały bardzo wysokie koncentracje metali ciężkich: znacznie wyższe osad z Pruszkowa niż z Lublina. W odpadach mineralnych odnotowano kilkakrotnie niższe stężenia metali

niż w osadach ściekowych, nieco wyższe w iłach przywęglowych niż w skale wapiennej. Ołów i cynk zawarty w odpadach mineralnych tworzy formy trudniej dostępne niż w osadach ściekowych, natomiast zależności te w odniesieniu do miedzi kształtują się odwrotnie. Interesującym jest, że zasadowy odczyn, jaki stwarza skała wapienna, w mniejszym stopniu ogranicza rozpuszczalność metali niż ily przywęglowe.

Wyższą zawartość makroelementów, z wyjątkiem potasu a także wapnia i magnezu, odnotowano w osadach ściekowych, zaś z odpadów mineralnych, bardziej zasobne okazały się ily przywęglowe (skała płona) niż skała wapienna (tab. 1).

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W ROŚLINACH

Koncentracje analizowanych metali w roślinach uprawianych na podłożach niekonwencjonalnych były zbliżone do zawartości uzyskanych na glebie uprawnej i kształtowały się na poziomie przeciętnym (2), przy znacznym jednak zróżnicowaniu ich stężeń, wynoszących dla:

Pb: 0,1 – 8,0 mg/kg

Zn: 6,0 – 99,0 mg/kg

Cu: 0,5 – 10,0 mg/kg

Przyczyną tego był rodzaj oraz dawki zastosowania odpadów, a także gatunek i organ uprawianych roślin.

Zawartość metali w roślinach uprawianych na badanych odpadach w większym stopniu uzależniona była od gatunku rośliny niż od rodzaju podłoża (tab. 3). W owsie uprawianym na skale wapiennej stwierdzono niższe stężenia metali (z wyjątkiem miedzi) niż przy uprawie tej rośliny na iłach przywęglowych. Przy uprawie gorczycy czarnej, zależności te kształtowały się odwrotnie.

Szczególnie wyraźne różnice zawartości metali w roślinach, uwarunkowane przyczynami fizjologicznymi (2), stwierdzono w organach kukurydzy (tab. 2).

Tab. 5. Sorbcja metali ciężkich przez skałę płoną (ily przywęglowe)
Heavy metal sorption by gangue rock (mining clay)

Metal	Wartości stężeń dodanych	Ilości zasorbowane	
		mg/kg	%
Pb	2,5	2,5	100,0
	25,0	24,3	97,2
	62,5	61,0	97,6
Zn	25,0	25,0	100,0
	250,0	245,0	98,0
	625,0	517,5	82,8
Cu	2,5	2,5	100,0
	25,0	25,0	100,0
	62,5	59,0	94,4

Rosnący udział osadów ściekowych w ilach przywęglowych nie powodował znaczących i proporcjonalnych zmian w stężeniach metali ciężkich w roślinach (tab. 2, 3, 4). Dotyczyło to obu badanych osadów, mimo iż w różnym stopniu obciążone były one analizowanymi metalami ciężkimi (tab. 1).

Zjawisko to tłumaczy intensywność sorpcji metali ciężkich przez ily przywęglowe (tab. 5). Uzyskane wyniki zgodnie z innymi badaniami (1, 3, 4) wskazują, że przy niskich zakresach stężeń, metale sorbowane były intensywnie, natomiast przy zwiększeniu ich koncentracji, sorbcja nieznacznie zmalała, najwyraźniej w przypadku cynku.

Plonowanie roślin. Z badanych odpadów, znacznie lepsze warunki tworzyły ily przywęglowe, niż skała wapienna (tab. 3). Średni plon owsa był wyższy o 67 %, zaś gorczycy o 24 %.

Zwiększenie udziału osadu ściekowego w zakresie badanym – 8 %, powodowało na obu badanych podłożach proporcjonalny przyrost biomasy uprawianych roślin.

Plonowanie kukurydzy na skale płonej z 4 % dodatkiem osadu ściekowego były zbliżone do ilości biomasy tej rośliny jaką uzyskano z gleby uprawnej dobrej jakości (tab. 2).

WNIOSKI

1. Powstające w procesie wydobywania węgla ily przywęglowe, charakteryzują się zasadowym odczynem, zasobnością w ważniejsze makroelementy przy niewielkiej zawartości metali ciężkich.

2. W roślinach uprawianych na odpadach górniczych oraz wzbogaconych osadem ściekowym stwierdzono przeciętne, ale zróżnicowane zawartości metali ciężkich wynikające z odmienności gatunkowej i organowej roślin, a w mniejszym stopniu od rodzaju podłoża.

a) Z badanych gatunków roślin, najwyższe stężenia metali odnotowano w trawach, a najniższe w owsie. W organach zielonych koncentracje były wyższe niż w ziarnie.

b) Rosnący udział osadów ściekowych w podłożu wpływał korzystnie na jego właściwości, czego wyrazem był przyrost ilości biomasy roślin przy stabilizacji bądź obniżaniu się zawartości metali ciężkich, co wynika z intensywnej sorpcji metali ciężkich przez ily przywęglowe.

3. Badana skała płona stanowi, szczególnie po wzbogaceniu w substancję organiczną, dobre podłoże dla wzrostu roślin odpowiadające glebom dobrej jakości. Wytycza to sposoby rekultywacji miejsc jej składowania, a także możliwości jej wykorzystania do agromelioracji gleb słabej jakości.

PIŚMIENNICTWO

1. Helios - Rybicka E., Kyzioł J.: Rola minerałów i skał ilastych w wiązaniu metali ciężkich w środowisku wodnym. Zesz. Nauk. AGH, Kraków, z. 31, 1991.
2. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geolog., Warszawa 1979.

3. Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych. Pod red. J. Siuty. PWN, Warszawa 1988.
4. S t r z y s z c z Z.: Chemiczne przemiany skał karbońskich w aspekcie biologicznej rekultywacji i zagospodarowania centralnych zwalowisk. Zakład Narodowy im. Osolińskich PAN, 1978.
5. Ochrona i rekultywacja gleb. Pod red. J. Siuty, PWRiL, Warszawa 1978.
6. Turski R., Baran S., Filipk T.: Możliwość przyrodniczej utylizacji wybranych odpadów przemysłowych i osadów ściekowych w Makroregionie Środkowo-Wschodnim na przykładzie metali ciężkich w glebach i roślinach. Rocz. Glebozn. t. 31, 3-4, 1980.
7. Turski R., Baran S.: Przydatność płonych skał górniczych z KWK Bogdanka do zagospodarowania przyrodniczego. Krajowa Konferencja "Geologiczne aspekty ochrony środowiska", AGH, Kraków 1991.

SUMMARY

The pot and lysimetric experiment investigated the influence of mining gangue fertilization with sludge on plants' crop and their heavy metals content.

It was stated that sludge addition (organic matter) optimized the conditions of plant growth observable in plant biomass increase that exceeded plant yielding in arable, good quality soil.

Introduction of heavy metals together with sludge into the substrate did not result in its simultaneous growth in plants owing to these elements' intensive sorption by mining clay.

Przyjęto 17 06 1993