

## ZMIANY NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNYCH GLEBY PO ZASTOSOWANIU OSADÓW ŚCIEKOWYCH DO CELÓW NAWOZOWYCH

*Ireneusz Grzywnowicz<sup>1</sup>, Jerzy Strutyński<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

<sup>2</sup> Katedra Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

### Wstęp

W miarę postępu w oczyszczaniu ścieków, stale zwiększa się ilość wytworzonych osadów, których składowanie powoduje zagrożenie dla środowiska. Stąd niezbędne jest wypracowanie skutecznych metod utylizacji, gwarantujących odzysk cennych składników zawartych w osadach, przy równoczesnym zapewnieniu maksymalnego bezpieczeństwa dla środowiska [ROSZYK i in. 1981; DECHNIK, WIATER 1992; BARAN i in. 1993; PATORCZYK-PYTLIK i in. 1993].

Idea rolniczego zagospodarowania ma największą perspektywę rozwoju, i polega na wykorzystaniu osadów ściekowych do ukształtowania i melioracyjnego użytkowania gleb oraz nawożenia roślin na gruntach rolnych.

Jednym z kryteriów rolniczego zagospodarowania osadów ściekowych jest ich stopień zanieczyszczenia „metalami ciężkimi”. Dlatego większość dotychczas opublikowanych prac dotyczyła możliwości stosowania do nawożenia roślin osadów ściekowych w aspekcie skażenia gleb niektórymi toksycznymi pierwiastkami oraz wzrost ich koncentracji w roślinach uprawianych na tej glebie.

Oddziaływanie substancji organicznej oraz składników pokarmowych zawartych w osadach na zmiany zasobności gleb doświadczalnych było znacznie rzadziej badane. Dlatego celem podjętych badań było określenie kierunku oraz wielkości zmian niektórych właściwości chemicznych gleby po zastosowaniu osadów ściekowych do celów nawozowych.

### Materiały i metodyka

Do nawożenia gleby użyto osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków w Andrychowie. W puli ścieków ok. 80% stanowiły ścieki bytowo-gospodarcze, a ok 20% pochodzące z niewielkich zakładów przemysłowych.

Doświadczenie polowe założone zostało na glebie brunatnej kwaśnej o skła-

dzie granulometrycznym gliny średniej pylastej (cząstki <0,02 mm – 48%, a <0,002 mm – 16%).

Doświadczenie polowe założone wiosną 1995 r. jako dwuczynnikowe. Jednym z czynników były stosowane nawozy organiczne, a drugim różne rośliny testowe:

1. 0 – bez nawożenia organicznego
2. obornik w dawce 30 t·ha<sup>-1</sup>
3. osad ściekowy z torfem w stosunku 1:1
4. osad ściekowy w dawce 60 t świeżej masy (22,32 t·ha<sup>-1</sup> s.m.)

Tabela 1; Table 1

Zawartości składników pokarmowych w badanych nawozach  
Chemical composition of investigated fertilizers

Nazwa nawozu Fertilizer	Sucha masa DM (%)	pH <sub>120</sub>	C org. Org. C (%)	C:N	N	P	K	Ca	Mg
					%				
Obornik; FYM	25,0	n.o.	n.o.	n.o.	0,54	0,13	0,59	0,42	0,26
Osad ściekowy+torf Sludge+peat	23,7	n.o.	n.o.	n.o.	1,09	0,41	0,24	1,08	0,23
Osad ściekowy Sludge	37,2	5,63	37,1	22:1	1,67	0,72	0,34	0,29	0,22

n.o. – nie oznaczano; not determined

W 1995 r. uprawiano następujące rośliny: a) – ziemniaki, b) – marchew, c) – pomidory, d) – owies. W drugim roku badań na te same obiekty wprowadzono następujące rośliny: a) – pszenica, b) – kapusta głowiasta, c) – kukurydza na ziarno, d) – rzepak.

Tabela 2; Table 2

Niektóre właściwości chemiczne gleby doświadczalnej  
Some chemical properties of experimental soil

pH <sub>120</sub>	pH <sub>KCl</sub>	T <sup>1)</sup> (cmol(+):100 g <sup>-1</sup> )	V <sup>2)</sup>	C org. Organic C	N calc. Total N	P	K
			%		mg·100 g <sup>-1</sup> gleby; mg·100 g <sup>-1</sup> soil		
5,65	4,86	10,9	59	1,54	110	20,5	35,6

<sup>1)</sup> Całkowita pojemność sorpcyjna; Total cation exchangeable capacity

<sup>2)</sup> Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi; Base cation saturation

Przed założeniem doświadczenia oraz po dwóch latach jego trwania pobrano próbki glebowe w których wykonano następujące oznaczenia:

– skład granulometryczny metodą areometryczną Cassagrande w modyfikacji

- Prószyńskiego;
- pH metodą potencjometryczną;
- pojemność wymienna kationów (PWK) jako sumę kationów wymiennych o charakterze zasadowym w  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  o  $\text{pH}=7,0$  oraz jonów wodorowych w  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
- kwasowość wymienną metodą Daikuhary, a udział w niej glinu wymiennego metodą Sokołowa;
- węgiel organiczny metodą Tiurina;
- azot ogółem – metodą Kjeldahla, a azot łatwo hydrolizujący Tiurina i Kononowej;
- przyswajalne formy P i K metodą Egnera-Riehma.

### Wyniki i dyskusja

Zastosowane do celów nawozowych osady ściekowe wpłynęły nie tylko na wzrost plonowania roślin testowych, ale również na zmianę niektórych właściwości chemicznych gleb doświadczalnych. Kierunek tych zmian był zarówno pozytywny jak i negatywny. Gleba na której przeprowadzono doświadczenie (tab. 2) charakteryzowała się kwaśnym odczynem ( $\text{pH}$  w roztworze  $\text{KCl}$  o stężeniu  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 4,86$ ). O wielkości kwasowości potencjalnej decydowała kwasowość hydrolityczna, bowiem udział kwasowości wymiennej w potencjalną był niewielki (ok. 5%).

Zastosowanie nawożenia obornikiem zmniejszyło wielkość kwasowości hydrolitycznej o ponad  $1 \text{ mmol H}(+) \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  gleby, co stanowiło ponad 25% jej wartości (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Zmiany kwasowości gleby ( $\text{pH}$ , kwasowości hydrolitycznej, wymiennej oraz udział w niej glinu wymiennego) pod wpływem nawożenia organicznego

Changes of soil acidity ( $\text{pH}$ , hydrolytic and exchangeable acidity, participation of exchangeable aluminium in it) under the influence of organic fertilizing

Wyszczególnienie Specification	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Hh <sup>1)</sup>	Hw <sup>2)</sup>	H <sup>+</sup> <sup>3)</sup>	Al/Hw <sup>4)</sup> (%)
		$\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$			
Gleba wyjściowa; Initial soil	4,68	4,49	0,20	0,11	42
0	5,98	4,10	0,14	0,12	21
Obornik; FYM	6,07	3,05	0,11	0,09	12
Osad + torf; Sludge + peat	5,76	4,80	0,48	0,27	33
Osad ściek.; Sludge	4,37	5,80	0,57	0,49	19

1) Kwasowość hydrolityczna; Hydrolytic acidity

2) Kwasowość wymienna; Exchangeable acidity

3) Kwasowość wymienna pochodząca z jonu wodorowego; Exchangeable acidity by hydrogen ion

4) Udział glinu w kwasowości wymiennej; Aluminium percentage in exchangeable acidity

Nawożenie osadem ściekowym spowodowało zwiększenie wszystkich rodzajów kwasowości gleby. W obrębie kwasowości potencjalnej najwyższy, bo ponad 4-krotny wzrost nastąpił w kwasowości wymiennej (tab. 3). Tak duży wzrost kwasowości wymiennej pochodził od przyrostu jonu wodorowego, bowiem uruchomienie glinu wymiennego było znacznie słabsze i dlatego udział glinu wymiennego w kwasowości wymiennej po zastosowaniu tego nawożenia spadał. Podobne zależności obserwowali inni autorzy [BRONNER, BACHLER 1979; ROSZYK i in. 1981; FLIS-BUJAK i in. 1986].

Zmiany w kompleksie sorpcyjnym dotyczyły również kationów o charakterze zasadowym. Po dwóch latach trwania doświadczenia w obiektach nawożonych osadami ściekowymi przyrost sumy kationów o charakterze zasadowym przekroczył 100%, natomiast najwyższą wartość stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego (ok. 80%) stwierdzono w obiektach nawożonych osadami ściekowymi z torfem (tab. 4).

Tabela 4; Table 4

Zmiany składu kationów wymiennych kompleksu sorpcyjnego  
pod wpływem nawożenia organicznego  
Changes of content exchangeable cations of CEC  
under the influence of organic fertilizing

Wyszczególnienie Specification	Ca	Mg	K	Na	S <sup>1)</sup>	T <sup>2)</sup>	V <sup>3)</sup> (%)
	cmol(+)-kg <sup>-1</sup> gleby; cmol(+)-kg <sup>-1</sup> soil						
Gleba wyjśc.; Initial soil	5,21	0,87	0,29	0,12	6,49	10,98	59
0	6,56	1,61	0,37	0,07	8,61	12,71	68
Obornik; FYM	7,78	1,62	0,64	0,09	10,13	13,18	77
Osad+torf; Sludge+peat	17,22	2,75	0,32	0,15	20,44	25,24	80
Osad ściek.; Sludge	14,32	1,92	0,46	0,13	16,84	22,64	74

1) Suma wymiennych kationów zasadowych; Base cation capacity

2) Całkowita pojemność sorpcyjna; Total cation exchangeable capacity

3) Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi; Base cation saturation

Przyrost ilości kationów zasorbowanych przez kompleks sorpcyjny dotyczył głównie wapnia i magnezu. Spowodowało to zmiany stosunku kationów względem siebie. Równoważnikowy stosunek Ca:Mg:K:Na w glebie wyjściowej kształtował się jak 1:0,12:0,05:0,02 i w obiektach nawożonych osadami ulegał podwyższeniu w stosunku do Mg i obniżeniu w odniesieniu do potasu. Wpływ poszczególnych nawozów organicznych na zawartość sodu był niewielki.

Wprowadzenie do gleby badanych osadów ściekowych spowodowało wyraźny wzrost zawartości C organicznego. Rośliny uprawiane bez nawożenia organicznego w znacznym stopniu korzystały ze składników pokarmowych powstałych na drodze mineralizacji związków próchnicznych gleby. Spadek C organicznego w glebie tych obiektów po dwóch latach trwania doświadczenia wyniósł 18% jego wyjściowej zawartości w glebie.

Badania FLIS-BUJAK [1986], WIATER i DEBICKIEGO [1993], MAZURA [1996] wykazały, że osady ściekowe odgrywają istotną rolę w odbudowywaniu zapasu węgla organicznego w glebach uprawnych. W omawianym doświadczeniu zastosowanie osadów ściekowych podwyższyło wyjściowa zawartość C org. o 34%, a osadów zmieszanych z torfem o 63%.

Tabela 5; Table 5

Zmiany zawartości węgla organicznego i azotu oraz przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie pod wpływem nawożenia organicznego

Changes in content of org. C and nitrogen and available forms of phosphorus and potassium in soil under the influence of organic fertilizing

Wyszczególnienie Specification	C org. Org. C (%)	N całk. Total N	N <sup>1)</sup>	C org.: N całk.	C org.: N ruch.	P	K
		mg·kg <sup>-1</sup> gleby; soil				mg·100 g <sup>-1</sup> gleby; soil	
Gleba wyjść.; Initial soil	1,54	1100	56,8	14,0:1	271:1	20,5	35,6
0	1,34	1123	49,5	11,9:1	271:1	16,4	22,5
Obornik; FYM	1,30	1216	55,9	10,7:1	233:1	29,6	25,1
Osad+torf; Sludge+peat	2,36	2355	119,8	10,3:1	197:1	28,2	12,7
Osad ściek.; Sludge	2,06	2044	127,3	10,1:1	162:1	26,8	10,1

<sup>1)</sup> N hydrolizujący; Hydrolysing or movable N

Jednym z ważnych składników oceny warunków siedliskowych, a tym samym oceny jakości próchnicy jest wartość stosunku zawartości węgla organicznego do azotu całkowitego w glebie (C:N). Wpływ poszczególnych nawozów organicznych na wielkość stosunku C:N w glebie był zbliżony.

BRONNER i BACHLER [1979] uważają, że lepszą ocenę jakości próchnicy daje wartość stosunku zawartości węgla organicznego do azotu łatwo hydrolizującego. Zdaniem tych autorów, jeżeli wartość tego stosunku wynosi 150:1 – jakość próchnicy można ocenić jako bardzo dobrą, 300:1 jako dostateczną, a gdy ten stosunek ulega rozszerzeniu i osiągnie wartość 900:1, to próchnica jest biologicznie nieczynna. W omawianym doświadczeniu wartość tego stosunku obniżyła się z 271:1 w glebie wyjściowej do 162:1 w glebie po zastosowanym osadzie. Zatem obserwowano w glebie znaczący przyrost próchnicy bardzo dobrej jakości. Często bowiem można obserwować przyrost ilości węgla organicznego, po zastosowaniu do nawożenia bardzo trudno hydrolizujących związków organicznych, np. węgla brunatnego [NOWOSIELSKI, JASZCZOŁT 1991]. Wiąże się to jednak z wyraźnym pogorszeniem jakości próchnicy w glebie.

Osady ściekowe zawierają znacznie wyższą zawartość azotu w stosunku do obornika. W dodatku jak wykazały badania POMARES-GARCIA i PRATTA [1979], azot z osadów jest szybciej udostępniany roślinom niż azot z obornika. Dlatego zaobserwowane w glebie obiektów nawożonych osadami nagromadzenie nieorganicznych form azotu w ilości ponad dwukrotnie wyższej niż w glebie wyjściowej, może stanowić zagrożenie dla środowiska w wyniku zwiększonego wymywania azotu azotanowego w głąb profilu gleby.

Gleba na której przeprowadzono doświadczenie z użyciem do celów nawozowych osadów ściekowych wykazywała wysoką zasobność zarówno w fosfor jak i potas oznaczonej metodą Egnera-Riehma. Po dwóch latach doświadczenia zasobność gleby w fosfor wzrosła od 25% w przypadku osadów ściekowych do 60% w przypadku obornika. Natomiast we wszystkich obiektach zaobserwowano postępujące wyczerpywanie gleby z potasu. Najwyższy spadek ilości przyswajalnego potasu wystąpił w obiektach nawożonych osadami ściekowymi. Po dwóch latach zasobność gleby w przyswajalny potas spadła z bardzo wysokiej (I klasa zasobno-

ści – 35,3 mg  $K_2O \cdot 100 g^{-1}$  gleby) do niskiej (IV klasa zasobności – 10,1 mg  $K_2O$ ) co sugeruje konieczność uzupełnienia nawożenia potasem, bowiem postępujące wyczerpywanie gleby z dostępnych form potasu może być czynnikiem ograniczającym plonowanie roślin, a tym samym zmniejszyć zapotrzebowanie na azot. Dlatego stosowanie osadów ściekowych traktowane jako czynnik rekultywacji poprawiający ich żyzność, może okazać się czynnikiem degradowującym jakość gleby, nie tylko poprzez zwiększenie w glebie koncentracji niektórych toksycznych pierwiastków, ale także zwiększonego wymywania niektórych składników pokarmowych zwłaszcza na glebach lekkich.

### Wnioski

1. W glebie nawożonej osadem ściekowym nastąpił wzrost zawartości biologicznie czynnej próchnicy, co spowodowało przyrost pojemności kompleksu sorpcyjnego gleby.
2. Użycie do celów nawozowych osadów ściekowych, spowodowało wzrost zasobności gleby w fosfor przyswajalny a spadek w potas przyswajalny.
3. Pod wpływem zastosowanych do nawożenia osadów po dwóch latach badań nastąpił wzrost kwasowości gleby zarówno czynnej jak i potencjalnej. W obrębie kwasowości wymiennej ilościowy przyrost odbywał się poprzez zwiększenie ilości wymiennego wodoru.
4. Obserwowany w glebie znaczny przyrost ilości azotu łatwo hydrolizującego, niezależnie od nadmiernej koncentracji w roślinach, może powodować zwiększone jego wymywanie.

### Literatura

- BARAN S., TURSKI R., FLIS-BUJAK M., KWIECIEŃ J., MARTYN W. 1993. *Wpływ uprawy roślin w zmianowaniu i monokulturze na wybrane właściwości gleby lekkiej użyźnionej osadem ściekowym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 51–58.
- BRONNER H., BACHLER W. 1979. *Der hydrolysierbare Stickstoff als Hilfsmittel für Schädlingsbekämpfung des Stickstoffnachlieferung sve rmögnes von Zückerubensböden*. Landwirtsch. Forsch. 32(3): 255–261.
- DECHNIK I., WIATER J. 1992. *Oddziaływanie obornika i osadu ściekowego na niektóre wskaźniki żyzności gleb*. Mat. Konf. „Nawozy Organiczne” 8–9.IX.1992 AR Szczecin: 117–122.
- FLIS-BUJAK M., TURSKI R., BARAN S. 1986. *Wpływ osadu ściekowego na przemiany związków próchnicznych w bielcowej glebie piaszczystej*. Roczn. Gleb. 37(2/3): 187–194.
- MAZUR T. 1996. *Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 13–22.
- NOWOSIELSKI O., JASZCZOŁT E. 1991. *Przydatność skierniewickiego sposobu nawożenia i ochrony roślin (SSNO) do poprawy jakości buraka cukrowego*. Zesz. Nauk AR w Krakowie, Sesja Nauk. 263(34): 47–55.
- PATORCZYK-PYTLIK B., SPIAK Z., RABIKOWSKA B. 1993. *Ocena wartości nawozowej obornika i osadu ściekowego przetworzonego przez dżdżownice w II roku po zastosowaniu*

waniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 143–150.

POMARES-GARCIA F., PRATT P.S. 1979. *Value of manure and sewage as N fertilizer*. Agron. J. 70(6): 133–134.

ROSZYK E., ROSZYK S., SPIAK Z. 1981. *Wartość nawozowa osadów ściekowych w niektórych oczyszczalniach południowo-zachodniej Polski. Cz. II. Doświadczenia wegetacyjne*. Rocz. Gleb. 36(3): 94–100.

WIATER J., DĘBICKI R. 1993. *Wpływ substancji organicznych i organiczno-moneralnych na zmiany C organicznego i azotu w glebach*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 65–72.

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, doświadczenia polowe, chemiczne właściwości gleby

### Streszczenie

W doświadczeniu polowym badano wpływ stosowania do celów nawozowych osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków z Andrychowa.

Jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń zastosowanie do celów nawozowych osadów ściekowych może prowadzić nie tylko do podwyższenia w glebie koncentracji „metali ciężkich” ale również do zmiany wielu ważnych z punktu widzenia żyzności gleby właściwości chemicznych gleb. Do zmian korzystnych należy zaliczyć wzrost zasobności gleby w fosfor, poprawę stosunku C:N oraz wzrost pojemności sorpcyjnej gleby oraz zwiększenie udziału Mg w kompleksie sorpcyjnym.

Niekorzystne zmiany właściwości chemicznych to głównie wzrost zakwaszenia gleby spowodowany głównie wzrostem wodoru wymiennego w kwasowości wymiennej, postępujące wyczerpywanie gleby z dostępnych dla roślin form potasu oraz możliwość zwiększonego wymywania mineralnych form azotu.

### CHANGES IN SOME CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL AFTER SLUDGE APPLICATION FOR FERTILIZATION PURPOSES

*Ireneusz Grzywnowicz<sup>1</sup>, Jerzy Strutyński<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Kraków

<sup>2</sup> Department of Water Management and Protection,  
Agricultural University, Kraków

**Key words:** sludge, field experiment, soil chemical properties

### Summary

The effect of application of the sludge coming from a sewage-treatment plant in Andrychów was investigated in a field experiment.

Conducted experiments revealed that sludge application may provide not only an increase in heavy metal concentration in the soil but also the changes in

numerous of chemical soil properties, important for its fertility. Among the favourable changes were: an increase in phosphorus availability, improvement of C:N ratio, increase in sorptive capacity and an increase of Mg share in sorptive complex. Unfavourable changes in chemical properties included an increased soil acidity caused mainly by the rise of exchangeable hydrogen in exchangeable acidity, growing soil exhaustion of potassium forms available for plants and the possibility of increased leaching of nitrogen mineral forms.

Dr inż. Ireneusz **Grzywnowicz**  
Katedra Chemii Rolnej  
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja  
al. A. Mickiewicza 21  
31-120 KRAKÓW