

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin, Poland

Tadeusz Filipek, Mirosław Fidecki, Paweł Harasim

**Wpływ osadu ściekowego z mleczarni na plonowanie  
i niektóre wskaźniki jakości ziarna pszenicy ozimej**

---

The influence of sewage sludge from dairy on yielding and some quality indices on grain  
of winter wheat

ABSTRACT. The sewage sludge was taken from a dairy located in Krasnystaw. The six experimental treatments, without organic fertilization – control, FYM, sewage sludge under liming and no liming conditions were established on brown soil. The dose of sewage sludge was comparable to the N dose applied with 35 t ha<sup>-1</sup> FYM, i.e. 175 kg N ha<sup>-1</sup> and it allowed to draw a direct comparison of both fertilizers. The sewage sludge contained higher concentrations of P, Ca, N and Na than farmyard manure. None of the heavy metals exceeded the maximum value in the sludge; therefore, it can be used for fertilization of the soil as well as higher plants. Sewage sludge should be treated as an organic matter. The application of sludge gave a higher crop of wheat, higher thousand grain weight and higher content of protein in grain comparing to the treatment without organic fertilization (control).

KEY WORDS: sewage sludge, liming, winter wheat, yielding

Zdaniem wielu autorów [Kabata-Pendias, Piotrowska 1986; Mazur 1996; Gorlach, Gambuś 1998; Baran, Turski 1999; Wołoszyk, Krzywy 1999] osady ściekowe, powstające jako produkt uboczny oczyszczania ścieków komunalnych, przemysłowych i komunalno-przemysłowych, powinny być wykorzystywane do zwiększania aktywności biologicznej (intensyfikacji produkcji biomasy) różnych ekosystemów. Najcenniejsze pod tym względem są osady z oczyszczalni biologicznych, gdyż stanowią głównie biomasę obumarłych i ży-

wych mikroorganizmów oraz zawierają wszystkie składniki mineralne niezbędne do życia roślin, często w ilościach i proporcjach optymalnych z nawozowego punktu widzenia.

Celem pracy było określenie wartości nawozowej osadu ściekowego z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Krasnymstawie w porównaniu z obornikiem bydłowym w zależności od wapnowania gleby. Oceny wartości nawozowej osadu ściekowego dokonano na podstawie wyników badań składu chemicznego odpadu i reakcji pszenicy ozimej (rozwój roślin, plonowanie i struktura plonów, wskaźniki jakości plonów oraz zawartość makro- i mikroelementów).

#### METODY

Doświadczenie polowe założono jesienią roku 1998 na glebie brunatnej wylugowanej, wytworzonej z lessu (6% frakcji piasku, 48% pyłu i 46% części spławianych). Gleba miała lekko kwaśny odczyn oraz wysoką zasobność w przyswajalny magnez, bardzo niską w potas i średnią w przyswajalny fosfor. Zawartość węgla organicznego w poziomie akumulacyjnym gleby wynosiła  $13,5 \text{ g C kg}^{-1}$ . Doświadczenie założono metodą podbloków w czterech powtórzeniach; powierzchnia poletka do zbioru wynosiła  $25 \text{ m}^2$ .

W badaniach uwzględniono dwa czynniki. Czynnikiem I rzędu było wapnowanie: obiekt bez wapnowania (0) i stosowanie wapna defekacyjnego  $5 \text{ t ha}^{-1}$  (1 Kh), zaś czynnik II rzędu stanowiło nawożenie organiczne: obiekt bez nawożenia organicznego, obornik  $35 \text{ t ha}^{-1}$  i osad ściekowy  $22 \text{ t ha}^{-1}$ . Do wapnowania użyto wapna defekacyjnego z Cukrowni „Krasnystaw”, zawierającego 31,8% CaO. Dawkę wapna wyliczono dla odkwaszania gleby na poziomie jednostki kwasowości hydrolitycznej (1Kh).

Pierwszą rośliną uprawną w doświadczeniu był burak cukrowy (1999), po którym wysiano pszenicę ozimą odmiany Kobra. Dawkę osadu ściekowego z mleczarni zastosowano na podstawie wielkości ładunku azotu, który był porównywalny z dawką N wniesioną z obornikiem w ilości  $35 \text{ t ha}^{-1}$ . W obydwu przypadkach było to  $175 \text{ kg N ha}^{-1}$ , co pozwoliło porównywać działanie tych nawozów. Nawożenie mineralne zastosowano na jednym poziomie:  $70 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $25 \text{ kg P ha}^{-1}$ ,  $120 \text{ kg K ha}^{-1}$  i  $10 \text{ kg Mg ha}^{-1}$ .

W celu oznaczenia składu chemicznego, wysuszony i zmielony osad ściekowy poddano mineralizacji na mokro w stężonym kwasie siarkowym VI ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) z dodatkiem perhydrołu ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) oraz na sucho w piecu muflowym w temp.  $623 \text{ K}$  ( $350^\circ\text{C}$ ) – 2 godz. i  $723 \text{ K}$  ( $450^\circ\text{C}$ ) – 4 godziny. W wyniku mineralizacji na sucho wyznaczono zawartość popiołu i obliczono zawartość C-organicznego w osadzie ściekowym. Natomiast w mineralizacie uzyskanym ze spa-

lenia osadu ściekowego na mokro oznaczono zawartość: azotu ogólnego – metodą Kiejdahla; fosforu – fotokolorymetrycznie metodą wanadynianowo-molibdenianową; potasu, wapnia i sodu – metodą atomowej spektrometrii emisyjnej (ASE) na aparacie Hitachi Z-8200; magnezu, manganu, cynku, ołowiu, chromu i niklu – metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) na aparacie Hitachi Z-8200 (wersja płomieniowa); kadmu – metodą ASA na aparacie Hitachi Z-8200 (wersja z piecem grafitowym). Analogiczne analizy wykonano w próbkach obornika bydlęcego i wapna defekacyjnego.

W ziarnie pszenicy ozimej zebranej w r. 2001 oznaczono zawartość białka ogólnego oraz procentowy udział aminokwasów w białku. Analizy chemiczne ziarna wykonano w Centralnym Laboratorium Aparaturowym Akademii Rolniczej w Lublinie. Białko oznaczono na aparacie Kjehl-Tec 1030 Auto Plus, aminokwasy na aparacie Microtechna 339 M. Ponadto określono niektóre elementy struktury plonu pszenicy – obsadę kłosów i masę 1000 ziarn.

#### WYNIKI

Badania właściwości chemicznych osadu ściekowego z mleczarni wykazały, że odpad ten wykazuje wprawdzie niższą zawartość węgla organicznego niż obornik, ale z nawozowego punktu widzenia należy go traktować jako substancję organiczną. Substancja ta jest szczególnie zasobna w fosfor, azot, wapń, sód oraz uboga w potas (tab. 1). Podkreślenia wymaga także fakt, że osad ściekowy z mleczarni wykazuje się wąskim stosunkiem C : N, a udział azotu bezpośrednio i stosunkowo łatwo dostępnego dla roślin w formie ruchomej (azot łatwo hydrolizujący i zasorbowany wymiennie ( $\text{NH}_4^+$ ) i aktywnej (azot mineralny roztworu glebowego  $\text{N}_{\text{min}}-(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$ ) stanowi 3–8% całkowitej zawartości tego pierwiastka w osadzie. Analiza i ocena zawartości mikroelementów: Mn, Zn, Cu, Ni oraz metali ciężkich: Pb, Cd i Cr w osadzie z mleczarni pozwala jednoznacznie stwierdzić, że odpad ten nadaje się do nawożenia (tab. 2).

Tabela 1. Skład chemiczny osadu i obornika stosowanych w doświadczeniu

Table 1. Chemical composition of sludge and FYM used in experiment

Obiekt Treatment	pH	Sucha masa Dry matter g kg <sup>-1</sup>	Popiół Ash	C-org. Org.- C	C:N	N	P	K	Mg	Ca	Na
g kg <sup>-1</sup> s.m. d.w.											
Osad Sludge	7,3	130,0	260,0	400,0	6,8	58,3	17,4	4,6	4,5	18,3	3,4
Obornik FYM	7,2	250,0	80,0	500,0	25,0	20,0	5,2	22,8	4,4	14,4	22,0

Tabela 2. Zawartość mikroelementów w osadzie i oborniku  
 Table 2. The content of microelements in sludge and FYM

Obiekt Treatment	Pierwiastek Element						
	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni
	mg kg <sup>-1</sup> s.m. d.w.						
Osad Sludge	115,0	520,0	26,0	18,0	1,0	21,0	11,0
Obornik FYM	260,0	140,0	20,0	12,0	0,4	17,0	15,0

Tabela 3. Plony pszenicy ozimej w zależności od nawożenia osadem i obornikiem oraz wapnowania  
 Table 3. Yields of winter wheat depending on sludge fertilization, FYM fertilization and liming

Nawożenie Fertilization (B)	Ziarno Grain, t ha <sup>-1</sup>			Słoma Straw, t ha <sup>-1</sup>		
	wapnowanie liming (A)					
	0	1 Kh	średnio mean	0	1 Kh	średnio mean
Kontrola Control	4,81	5,03	4,92	6,24	6,48	6,36
Osad Sludge	5,18	5,20	5,19	7,26	7,14	7,20
Obornik FYM	5,41	5,54	5,47	7,16	7,26	7,21
Średnio Mean	5,13	5,25		6,89	6,96	
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>						
Wapnowanie Liming (A)	0,08			ni ns		
Nawożenie Fertilization (B)	0,11			0,13		
Współdziałanie (A×B) Interaction (A×B)	0,20			0,22		

ni – nieistotne, ns – not significant

W porównaniu z obornikiem osad ściekowy z mleczarni uznać należy za substancję bogatą w azot, bo zawartość tego pierwiastka wynosi średnio 68,37 g kg<sup>-1</sup> s.m. (tab. 1). Jeśli średnią zawartość w oborniku przyjąć za 20,0 g kg<sup>-1</sup> s.m., to osad zawiera ponad trzy razy więcej azotu. Tę wielkość należy uwzględnić przy określaniu dawki osadu jako nawozu. Osad ściekowy należy traktować jako nawóz organiczny, który podobnie jak obornik należy stosować co 3–4 lata. Uruchamianie azotu z nawozów organicznych zachodzi właśnie przez około trzy lata [Baran i in. 1999].

Pod wpływem osadu ściekowego jak i obornika uzyskano istotne zwiększenie plonów ziarna pszenicy (tab. 3). Udowodniony efekt wapnowania ujawnił się w plonach ziarna na obiektach kontrolnym i nawożonym obornikiem. Najwyższy plon ziarna uzyskano w warunkach nawożenia obornikiem i niezależnie od wapnowania istotne różnice odnosiły się zarówno do obiektu kontrolnego, jak i osadu ściekowego. Różnice pomiędzy plonami słomy pszenicy z obiektów z osadem ściekowym i obornikiem były nieistotne. Podobnie nie udowodniono

statystycznie różnic pomiędzy średnim plonem słomy z obiektów niewapnowanych i wapnowanych.

Badane czynniki oddziałują istotnie na kształtowanie się elementów struktury plonu pszenicy ozimej (tab. 4). Liczba kłosów na jednostce powierzchni i masa tysiąca ziarn są podstawowymi elementami struktury plonu zbóż, które wpływają na wielkość plonu ziarna. Nawożenie osadem i wapnowanie sprzyjało osiągnięciu największej obsady kłosów na jednostce powierzchni. Świadczy to o lepszym rozkrzewieniu produkcyjnym roślin. Masa tysiąca ziarn (MTZ) jest ważnym wskaźnikiem struktury plonu, gdyż w znacznym stopniu decyduje o jakości ziarna. Badania wykazały, że stosowanie osadu sprzyjało uzyskiwaniu ziarna o największej MTZ (tab. 4). Wapnowanie w warunkach nawożenia osadem i obornikiem nie wpłynęło na MTZ, zaś na obiekcie kontrolnym przyczyniło się do istotnego zwiększenia wartości tego wskaźnika.

Tabela 4. Elementy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od nawożenia osadem i obornikiem oraz wapnowania

Table 4. The elements of winter wheat yield structure depending on sludge fertilization, FYM and liming

Nawożenie Fertilization (B)	Liczba kłosów szt. m <sup>-2</sup> Number of ear No. m <sup>-2</sup>			Masa 1000 ziarn g Thousand grain weight g		
	wapnowanie liming (A)					
	0	1 Kh	średnio mean	0	1 Kh	średnio mean
Kontrola Control	522	530	526	37,3	39,2	38,3
Osad Sludge	540	559	550	42,7	42,1	42,4
Obornik FYM	532	548	540	40,2	40,2	40,1
Średnio Mean	531	546		40,1	40,4	
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>						
Wapnowanie Liming (A)	5,1			ni ns		
Nawożenie Fertilization (B)	7,5			1,7		
Współdziałanie (A×B) Interaction (A×B)	13,3			3,1		

ni – nieistotne, ns – not significant

Zawartość białka w ziarnie pszenicy z obiektów nawożonych osadem ściekowym z mleczarni i obornikiem była zdecydowanie wyższa niż z obiektu bez nawozów organicznych. Różnice szczególnie ostro ujawniły się w warunkach bez wapnowania. Ziarno pszenicy z obiektu nawożonego tylko nawozami mineralnymi zawierało 113 g, a po nawożeniu osadem ściekowym 147 g białka kg<sup>-1</sup> s.m. Zawartość białka w ziarnie z obiektów wapnowanych była o 1–1,6% niższa od stwierdzonej w warunkach bez wapnowania. W białku ziarna pod wpływem

nawożenia osadem zwiększała się zawartość sumy aminokwasów, w tym głównie kwasu glutaminowego (tab. 5). Spośród analizowanych aminokwasów zmniejszeniu ulegała jednak zawartość glicyny i lizyny.

Tabela 5. Zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy i niektórych aminokwasów w białku  
Table 5. The content of total protein in grain of wheat and some amino acids in protein

Wyszczególnienie Specification	Bez wapnowania No liming			Wapnowanie Liming		
	kontrola control	osad sludge	obornik FYM	kontrola control	osad sludge	obornik FYM
%						
Białko ogólne Total protein	11,3	14,7	14,2	12,3	13,1	13,0
Aminokwasy (suma) Sum of amino acids	94,23	94,53	91,66	89,43	90,94	88,18
Kwas glutaminowy Glutamic acid	29,66	33,21	30,86	30,48	31,38	31,12
Leucyna Leucine	8,62	8,17	8,69	8,37	8,46	8,46
Arginina Arginine	5,79	5,65	4,36	4,42	4,63	4,47
Asparagina Asparagine	4,29	4,30	4,77	3,41	4,42	4,22
Glicyna Glycine	3,71	3,60	3,80	3,75	3,59	3,08
Lizyna Lysine	3,09	2,75	2,45	2,49	2,31	2,56

Warto zwrócić uwagę na to, że o ile osad ściekowy wykazywał lepsze działanie od obornika w pierwszym roku po zastosowaniu, to w roku drugim relacje okazały się odwrotne [Fidecki 2002].

#### WNIOSKI

1. Osad ściekowy z mleczarni był substancją organiczną o zdecydowanie wyższej zawartości fosforu, wapnia, azotu i sodu oraz niższej potasu niż nawóz naturalny – obornik.

2. Wąski stosunek C : N (6,5 : 1) oraz dość duży udział azotu łatwo hydroli-zującego oraz amonowego i azotanowego V w osadzie z mleczarni sprawiły, że azot ten był w większym stopniu dostępny dla roślin w pierwszym roku niż w następnym po zastosowaniu.

3. Analiza i ocena zawartości mikroelementów: Mn, Zn, Cu, Ni oraz metali ciężkich: Pb, Cd i Cr w osadzie ściekowym z mleczarni wykazały, że odpad ten nadaje się do użyźniania gleb i nawożenia roślin uprawnych.

4. Zastosowanie zarówno osadu, jak i obornika istotnie dodatnio wpłynęło na wielkość plonów ziarna i słomy pszenicy ozimej.

5. Osad ściekowy spowodował wyraźne zwiększenie zawartości białka w ziarnie, a także tendencję do zwiększania zawartości sumy aminokwasów w białku ziarna, głównie kwasu glutaminowego. Jedynie udział glicyny i lizyny uległ zmniejszeniu.

## PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Szczepanowska I., Saadi L. 1999. Wpływ użyźnienia osadem ściekowym o różnym stopniu przetworzenia na zawartość form azotu w glebie lekkiej. *Fol. Univ. Stetin. 200, Agricultura 77*, 15–20.
- Baran S., Turski R. 1999. Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Wyd. AR w Lublinie, 1–336.
- Fidecki M. 2002. Wartość nawozowa osadu ściekowego z mleczarni. Praca doktorska. AR w Lublinie, 1–133.
- Gorlach E., Gambuś F. 1998. Evaluation of sawage sludges as fertilizer in pot experiment. *Acta Agr. Silv., Ser. Agrar. 36*, 23–36.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M. 1986. Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów. *IUNG Puławy, P 33*, 1–46.
- Mazur T. 1996. Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437*, 13–22.
- Wołoszyk C., Krzywy E. 1999. Badania nad rolniczym wykorzystaniem osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych w Goleniowie i Nowogardzie. *Fol. Univ. Stetin. 200, Agricultura 77*, 387–398.