



## **Wpływ sposobu i terminu stosowania osadów komunalnych na skład chemiczny gleby i runi trawników**

*Teodor Kitczak, Henryk Czyż, Anna Kiepas-Kokot  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin*

### **1. Wstęp**

Każdego roku wzrasta liczba ludności objęta zbiorowym odprowadzaniem i oczyszczaniem ścieków, co generuje rosnącą masę powstających komunalnych osadów ściekowych. Prognozy w zakresie wytwarzania osadów wskazują na dynamiczny ich przyrost, który w roku 2015 ma wynieść blisko 650 tys. Mg s.m. Wśród założonych w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami celów obejmujących osady ściekowe jest ograniczenie ich unieszkodliwiania na drodze składowania a zwiększenie odzysku nagromadzonej w nich energii w procesach spalania oraz wykorzystanie zawartych w nich składników nawozowych w rolnictwie i rekultywacji gruntów [7].

Ilość przeprowadzonych badań i doświadczeń nad zastosowaniem osadów ściekowych w rolnictwie i rekultywacji gruntów jest ogromna. Właściwości osadów i ich zmienność są dobrze rozpoznane [6]. Zidentyfikowano czynniki ograniczające możliwości nawozowego wykorzystania osadów ściekowych zarówno chemiczne, jak i mikrobiologiczne [8, 3, 11, 10]. Opracowano technologie ich przetwarzania w celu poprawy właściwości fizycznych i dostępności składników pokarmowych [1].

Określono zagrożenia wynikające z akumulacji metali ciężkich zawartych w osadach w tkankach roślinnych [4]. Wciąż jednak osady ściekowe pozostają niekonwencjonalnym nawozem stosowanym w rolnictwie, który wymaga upowszechnienia i przełamania barier mentalnych nad wykorzystaniem tego odpadu w celach nawozowych.

Interesującym aspektem wykorzystania osadów jest ich stosowanie w uprawach wieloletnich, gdzie stopniowo uwalniające się składniki pokarmowe gwarantują wegetację roślin na satysfakcjonującym poziomie. Osady ściekowe mogą być dobrą bazą składników pokarmowych w uprawie traw [4]. Pozostaje określenie ich optymalnych dawek i terminów stosowania, z uwzględnieniem możliwości wystąpienia efektu fitotoksycznego we wrażliwych fazach wzrostu roślin oraz gwarantujących zabezpieczenie środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniem niewykorzystanymi przez rośliny składnikami.

Celem niniejszej pracy jest wskazanie optymalnego terminu stosowania osadów ściekowych przy zakładaniu trawników, określonego miarą wykorzystania składników nawozowych oraz plonowaniem wybranej mieszanki trawnikowej, z uwzględnieniem zmian struktury runi.

## 2. Metodyka badań

Badania prowadzono w latach 2004-2008 na gruncie rodzimym – piasku słabo gliniastym, pochodzenia antropogenicznego. Doświadczenie jednoczynnikowe założono w układzie losowanych podbloków, na poletkach o powierzchni 6 m<sup>2</sup>, w czterech replikacjach. Badanym czynnikiem był sposób stosowania osadu

- 1) kontrola, gleba bez osadu,
- 2) osad stosowany dogłębowo jesienią,
- 3) osad stosowany dogłębowo wiosną,
- 4) osad stosowany pogłównie.

Materiałem zastosowanym w doświadczeniu był osad ściekowy z Komunalnej Oczyszczalni Ścieków w Reczu. Na jakość wytwarzanego w tej oczyszczalni osadu rzutuje dopływ ścieków przemysłowych z lokalnej galwanizerni, powodujący obciążenie osadu nadmiarem metali ciężkich zwłaszcza niklu, miedzi i cynku. Zastosowana partia osadu była odwodniona grawitacyjnie i ustabilizowana, wolna od jaj pasożytów jelitowych i bakterii chorobotwórczych.

Mieszankę trawnikową wykorzystaną w doświadczeniu stanowiły następujące trawy: *Poa pratensis* – 60%, odm. „Opal” + *Festuca rubra* – 20%, odm. „Areta” + *Lolium perenne* – 20% , odm. „Pimperal”.

Osad dogłębowo stosowano jesienią – 2003 r. i wiosną 2004 roku 4 tygodnie przed siewem nasion, w dawce 20 Mg ha<sup>-1</sup> (powietrznie suchej masy), mieszając go z 10 centymetrową warstwą gruntu rodzimego, a pogłównie, także w ilości 20 Mg ha<sup>-1</sup>, stosowano po drugim koszeniu (17.07.2004). Nasiona traw wysiewano w pierwszej dekadzie kwietnia 2004 roku, stosując normę wysiewu 2 kg na 100 m<sup>2</sup>. W roku założenia doświadczenia nie stosowano nawożenia mineralnego. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia (2005-2008) na wszystkich poletkach stosowano nawozy mineralne, w dawkach: 60 kg N (30 kg wczesną wiosną oraz 30 kg w III dekadzie czerwca), 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 60 kg K<sub>2</sub>O – wczesną wiosną.

Na badanych powierzchniach określano plon zielonej masy na m<sup>2</sup> powierzchni przy każdym terminie koszenia trawników. W kolejnych latach badań trawniki koszone w roku: 2004 - 10, 2005 – 11, 2006 – 10 i 2007 – 8 razy. Skład florystyczny mieszanek trawnikowych określono metodą botaniczno-wagową.

Glebę i komunalny osad ściekowy (przed założeniem doświadczenia) oraz glebę z zastosowanym osadem ściekowym - w każdym roku badań (próby pobierano jesienią po ostatnim terminie koszenia) poddano analizom chemicznym, które obejmowały, określenie składu: Corg, Nog i Sog. - metodą bezpośrednią na analizatorze elementarnym. Określono również zawartość substancji organicznej metodą żarzenia. Odczyn badanej gleby i osadu określono przez potencjometryczny pomiar pH, wykonany w zawiesinie wodnej i roztworze KCl, przy zachowaniu stosunku 1:2,5 (m/V), po 24 godzinnej samoczynnej ekstrakcji. Pomiar przewodnictwa elektrycznego właściwego przeprowadzono konduktometrycznie w zawiesinie wodnej sporządzonej jak dla analizy pH. Wykonano także analizy podstawowych makroelementów i metali ciężkich po uprzedniej mineralizacji próbek w stężonych kwasach mineralnych. Analizom chemicznym poddano także zebrane rośliny oznaczając w ich składzie zawartość takich samych składników jak w glebie i osadzie: N (analiza elementarna), P (met. kolorymetryczna), K (metoda emisyjna), Ca, Cu, Ni, Pb, Zn (metodą absorpcyjną).

Układ warunków meteorologicznych w poszczególnych latach badań był zróżnicowany. Opady atmosferyczne w ciągu okresu wegetacyjnego 2004 roku były nierównomiernie rozłożone. Występowały na przemian okresy suszy i okresy o dużej ilości opadów. Suma opadów wyniosła 355,9 mm i była mniejsza w porównaniu z wieloleciem (391,5mm) o 35,6 mm. Największe sumy opadów wystąpiły w miesiącach: czerwiec (61,0 mm) i lipiec (69,8 mm), najmniejsze w kwietniu (20,7 mm) i wrześniu (33,5 mm). W roku 2005 warunki meteorologiczne w okresie wegetacyjnym charakteryzowały się wyższą temperaturą powietrza ( $0,2^{\circ}\text{C}$ ), niż w wieloleciu ( $12,5^{\circ}\text{C}$ ) oraz małą ilością opadów - 305,8 mm, które były mniejsza niż w wieloleciu o 85,7 mm. Największe sumy opadów wystąpiły w miesiącach: lipiec (76,2 mm) i maj (67,5 mm), a najmniejsze w kwietniu (13,7 mm) i październiku (20,4 mm). Temperatura powietrza w 2006 roku była większa (o  $1,2^{\circ}\text{C}$ ) niż w wieloleciu ( $12,5^{\circ}\text{C}$ ), przy najmniejszej sumie opadów w latach badań, których spasio 295,2 mm i była mniejsza, niż w wieloleciu o 96,3 mm. Największe opady wystąpiły w miesiącach: sierpień (104,0 mm) i maj (42,7 mm), a najniższe w: lipcu (7,3 mm) i kwietniu (21,8 mm). W roku 2007 warunki meteorologiczne w okresie wegetacyjnym charakteryzowały się wyższą temperaturą powietrza (o  $1,0^{\circ}\text{C}$ ) niż w wieloleciu oraz znacznie większej ilości opadów (o 153,7 mm). Największe opady wystąpiły w miesiącach: lipiec (109,0 mm) i sierpień (108,5 mm), a najmniejsze w maj (4,2 mm). W roku 2008 średnie temperatury w okresie wegetacji były nieznacznie niż od tych jakie występowały w wieloleciu, natomiast sumy opadów były wyższe niż w porównywalnym okresie z wielolecia, przy czym największa ich ilość wystąpiła na początku okresu wegetacji tj. w kwietniu (108,6 mm).

### **3. Omówienie wyników**

Wykorzystany w doświadczeniu komunalny osad ściekowy, charakteryzował się wysoką zawartością składników pokarmowych, a jego odczyn był korzystny dla stosowania w uprawie roślin. Jednakże zawierał w swoim składzie ponadnormatywne ilości metali ciężkich, przede wszystkim niklu (Dz. U. 2002, nr 134, poz. 1140) [2]. Zastosowanie dawki  $20 \text{ Mg s.m. ha}^{-1}$  (1/10 maksymalnej dawki osadów stosowanych w rekultywacji gruntów) przyczyniło się do wprowadzenia do gleby wysokich

ładunków składników pokarmowych, zwłaszcza azotu i fosforu jak również metali ciężkich (tab. 1 i 2). Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych jest bardzo zmienna, nawet powstających w tej samej oczyszczalni ścieków [8, 6], co powoduje, że podana w pracy charakterystyka użytych w doświadczeniu osadów reprezentuje konkretną ich partię.

**Tabela 1.** Wybrane właściwości chemiczne gleby i osadu komunalnego

**Table 1.** Selected chemical properties of soil and sewage sludge

Wyszczególnienie	C org.	N og.	S og.	C:N	S. org.	pH w		Przewodnictwo elektryczne wł. ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
	(%)				(%)	H <sub>2</sub> O	KCl	
Gleba bez osadu	3,00	0,10	–	30:1	4,27	7,92	7,65	170,70
Osad komunalny	22,30	2,60	0,50	8,6:1	45,40	6,10	6,00	2317,70

**Tabela 2.** Zawartości wybranych składników chemicznych w suchej masie gleby i osadu oraz ich ilości wniesione do gleby z osadem (przy dawce - 20 Mg s.m. ha<sup>-1</sup>)

**Table 2.** Contents of selected chemical elements in dry matter of soil and sewage sludge and amounts of them introduced into the soil with sewage sludge (in dose 20 Mg s.m. ha<sup>-1</sup>)

Składnik	Zawartość		Ładunek składników wniesionych do gleby wraz z osadem (kg ha <sup>-1</sup> )
	w glebie bez osadu	w osadzie	
N (g kg <sup>-1</sup> )	1,0	26,0	520
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,0	20,7	414
K (g kg <sup>-1</sup> )	3,4	1,8	36
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	59,6	15,0	300
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16,6	1995,5	40
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	10,9	844,0	17
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	15,5	143,8	3
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	81,7	2827,6	46

Plonowanie oraz skład botaniczny runi badanej mieszanki traw, były zróżnicowane terminem zastosowania osadu ściekowego i zmieniały

się wraz z upływem czasu od zastosowania osadu (tab. 3). Uzyskane w ciągu 5 letniego okresu badań plony świeżej masy w warunkach kontrolnych były stabilne (z wyjątkiem stwierdzonego w roku 2008), co wynikało z corocznego uzupełniającego nawożenia mineralnego. Jedynie osad zastosowany pogłównie w 1 roku badań nie wpłynął korzystnie na plonowanie traw. Podobną reakcję roślin w pierwszym roku stosowania osadu stwierdzili Gondek i Filipek-Mazur [3], wskazując na korzystniejsze efekty plonowania roślin przy stosowaniu osadów ściekowych w terminie jesiennym niż wiosennym.

Analiza składu florystycznego wykonana jesienią w pierwszym roku badań (2004) wykazała, że na obiektach z zastosowaną mieszanką typu *Poa pratensis* udział dominanta był zbliżony do przyjętego w metodyce. Także w kolejnych latach badań gatunek dominujący - *Poa pratensis*, zachowywał dużą stabilność i charakteryzował się zbliżonym udziałem wiosną i jesienią. Dotyczyło to wszystkich obiektów. Stwierdzone wartości, obrazujące udział *Poa pratensis* w szacie ogólnej, kształtowały się w przedziale 45,7÷56,7% (tab. 3). We wszystkich obiektach doświadczalnych stwierdzono stopniowe ustępowanie *Lolium perenne*, której udział w runi w ostatnim roku badań (2008) był najmniejszy przy dogłębowym stosowaniu osadu jesienią, a największy utrzymał się przy pogłównym stosowaniu osadu ściekowego. Ubytkowi *Lolium perenne* towarzyszył wzrost udziału wysiewanej w mieszance *Festuca rubra*, a także pojawienie się w runi innych nie wysiewanych gatunków: *Trifolium repens*, *Chenopodium album*, *Medicago lupulina*, *Elymus repens*, *Polygonum aviculare*, *Bromus mollis*, *Poa annua*.

Wprowadzenie do gleby komunalnego osadu ściekowego spowodowało nieznaczne obniżenie pH gleby, wzbogacenie jej w substancję organiczną oraz składniki pokarmowe i jednocześnie spowodowało wzrost obciążenia gleby metalami ciężkimi (tab. 4). Zawartość substancji organicznej w glebie uległa najmniejszemu wzrostowi przy pogłównym zastosowaniu osadu ściekowego, ale w każdym zastosowanym terminie obniżała się w kolejnych latach badań. Zasadniczo osad wprowadzony pogłównie skutkował najmniejszym wzbogaceniem gleby w makroelementy, a równocześnie dużym a często największym wzrostem zawartości metali ciężkich w glebie. Ogólnie poziom koncentracji analizowanych metali ciężkich nie przekraczał standardów jakości gleby dla obszarów użytkowania rolniczego [9].

**Tabela 3.** Skład botaniczny (%) i plon zielonej masy (kg m<sup>-2</sup>) runi trawnika  
**Table 3.** Botanic composition (%) and yield of green mass (kg m<sup>-2</sup>) of lawn's sward

Gatunki	Lata				
	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Kontrola – gleba bez osadu</b>					
<i>Poa pratensis</i>	<b>47,0</b>	<b>51,6</b>	<b>53,2</b>	<b>46,4</b>	<b>46,8</b>
<i>Festuca rubra</i>	21,7	23,1	23,7	27,3	27,1
<i>Lolium perenne</i>	30,0	25,1	22,1	22,1	6,6
Inne gatunki*	1,3	0,2	1,0	4,2	20,5
<b>Plon zielonej masy</b>	<b>6,50</b>	<b>7,20</b>	<b>7,20</b>	<b>7,00</b>	<b>3,90</b>
<b>Osad stosowany doglebowo jesienią</b>					
<i>Poa pratensis</i>	<b>49,5</b>	<b>51,2</b>	<b>52,3</b>	<b>56,7</b>	<b>59,4</b>
<i>Festuca rubra</i>	18,0	19,3	21,6	20,9	25,3
<i>Lolium perenne</i>	31,5	28,2	19,2	14,8	1,3
Inne gatunki*	1,0	1,3	6,9	7,6	14,0
<b>Plon zielonej masy</b>	<b>6,90</b>	<b>7,60</b>	<b>7,90</b>	<b>7,80</b>	<b>6,96</b>
<b>Osad stosowany doglebowo wiosną</b>					
<i>Poa pratensis</i>	<b>51,2</b>	<b>51,8</b>	<b>53,4</b>	<b>55,3</b>	<b>52,8</b>
<i>Festuca rubra</i>	17,6	18,2	19,6	21,4	29,7
<i>Lolium perenne</i>	28,4	27,6	19,6	14,7	7,1
Inne gatunki*	2,8	2,4	7,4	8,6	10,4
<b>Plon zielonej masy</b>	<b>6,12</b>	<b>10,46</b>	<b>10,21</b>	<b>9,98</b>	<b>7,42</b>
<b>Osad stosowany pogłównie</b>					
<i>Poa pratensis</i>	<b>47,6</b>	<b>48,9</b>	<b>52,1</b>	<b>54,8</b>	<b>56,6</b>
<i>Festuca rubra</i>	18,2	19,4	20,7	25,4	24,5
<i>Lolium perenne</i>	32,4	29,6	21,3	14,6	12,6
Inne gatunki*	1,8	2,1	5,9	5,2	6,3
<b>Plon zielonej masy</b>	<b>4,83</b>	<b>9,87</b>	<b>9,38</b>	<b>9,09</b>	<b>7,36</b>
<b>NIR<sub>0,05</sub> dla plonu</b>	<b>0,69</b>	<b>1,80</b>	<b>1,78</b>	<b>1,46</b>	<b>1,81</b>

\**Trifolium repens*, *Chenopodium album*, *Medicago lupulina*, *Elymus repens*, *Polygonum aviculare*, *Bromus mollis*, *Poa annua*

**Tabela 4.** Zawartości wybranych składników chemicznych w glebie  
**Table 4.** Contents of selected chemical elements in soil

Składnik chemiczny	Sposób stosowania osadu	Lata				
		2004	2005	2006	2007	2008
pH	Gleba bez osadu	7,24	7,22	7,20	7,16	7,12
	Doglebowo – jesienią	6,62	6,64	6,52	6,54	6,51
	Doglebowo – wiosną	6,78	6,72	6,68	6,64	6,54
	Pogłównie	7,02	6,94	6,87	6,86	6,74
Substancja organiczna (%)	Gleba bez osadu	3,56	3,61	3,66	3,69	3,74
	Doglebowo – jesienią	6,23	6,14	5,94	5,87	5,67
	Doglebowo – wiosną	6,48	6,32	6,14	5,98	5,72
	Pogłównie	4,37	4,21	3,87	3,73	3,67
N (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	1,02	1,04	1,06	1,07	1,06
	Doglebowo – jesienią	2,02	2,06	2,12	2,21	2,21
	Doglebowo – wiosną	2,06	2,14	2,21	2,23	2,24
	Pogłównie	1,86	1,94	1,96	1,98	1,96
K (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	2,17	2,28	2,29	2,29	2,34
	Doglebowo – jesienią	3,08	3,21	3,20	3,11	3,06
	Doglebowo – wiosną	3,12	3,21	3,20	3,11	3,06
	Pogłównie	3,08	3,21	3,20	3,11	3,06
Ca (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	0,22	0,26	0,28	0,54	0,55
	Doglebowo – jesienią	0,76	0,72	0,64	0,51	0,53
	Doglebowo – wiosną	0,76	0,72	0,71	0,51	0,52
	Pogłównie	0,69	0,72	0,68	0,53	0,52
Cu (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	8,8	15,6	24,5	15,7	15,1
	Doglebowo – jesienią	15,6	17,6	26,5	39,4	18,6
	Doglebowo – wiosną	28,3	27,3	22,3	19,4	16,5
	Pogłównie	25,1	22,3	22,0	19,4	14,9
Ni (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	6,2	11,6	19,4	10,2	9,4
	Doglebowo – jesienią	10,9	36,7	43,4	28,9	9,4
	Doglebowo – wiosną	6,4	8,6	12,4	10,6	6,3
	Pogłównie	11,3	12,4	10,7	12,8	13,4
Pb (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	7,1	8,6	11,8	15,1	18,2
	Doglebowo – jesienią	10,3	10,6	0,1	18,4	18,7
	Doglebowo – wiosną	11,8	14,6	16,4	18,3	21,7
	Pogłównie	14,2	15,9	17,6	17,9	24,4
Zn (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	27,9	34,8	57,0	79,8	75,3
	Doglebowo – jesienią	33,0	89,6	113,0	104,4	74,9
	Doglebowo – wiosną	64,3	79,5	86,5	94,6	86,4
	Pogłównie	71,2	84,6	78,6	87,6	115,9



**Tabela 5.** Zawartość wybranych składników chemicznych w runi trawnika  
**Table 5.** Contents of selected chemical elements in lawn's sward

Składnik chemiczny	Sposób stosowania osadu	Lata				
		2004	2005	2006	2007	2008
N (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	1,76	2,24	2,37	2,38	2,41
	Doglebowo – jesienią	4,02	4,21	4,16	3,98	3,86
	Doglebowo – wiosną	4,12	4,26	4,16	4,06	3,94
	Pogłównie	3,12	3,21	3,14	3,09	3,02
P (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	3,45	3,54	3,78	3,81	3,79
	Doglebowo – jesienią	4,89	4,89	4,82	4,80	4,71
	Doglebowo – wiosną	4,91	4,85	4,95	4,81	4,79
	Pogłównie	4,52	4,64	4,67	4,68	4,62
K (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	23,4	24,8	24,3	27,6	26,7
	Doglebowo – jesienią	30,7	28,7	26,4	25,3	24,3
	Doglebowo – wiosną	32,7	31,2	29,7	28,7	28,1
	Pogłównie	29,7	30,1	29,7	28,3	27,4
Ca (g kg s.m.)	Gleba bez osadu	6,00	6,45	7,12	8,67	9,01
	Doglebowo – jesienią	8,90	10,30	11,40	12,30	12,40
	Doglebowo – wiosną	9,41	10,67	10,92	10,71	10,64
	Pogłównie	8,79	9,87	9,64	9,27	8,76
Cu (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	13,4	12,4	11,5	11,8	11,1
	Doglebowo – jesienią	7,0	12,1	16,4	18,8	10,3
	Doglebowo – wiosną	7,0	7,2	7,6	8,2	8,6
	Pogłównie	12,1	10,7	10,3	9,2	8,4
Ni (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	7,6	7,5	7,8	4,0	1,2
	Doglebowo – jesienią	7,9	14,5	25,4	22,4	11,0
	Doglebowo – wiosną	8,4	13,8	17,8	17,6	18,8
	Pogłównie	10,5	12,8	14,6	16,8	17,7
Pb (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	23,1	7,6	0,25	0	0,31
	Doglebowo – jesienią	18,2	7,9	0,25	0	0,94
	Doglebowo – wiosną	16,2	8,4	1,26	0,36	1,41
	Pogłównie	9,71	4,96	4,68	2,89	0,71
Zn (mg kg s.m.)	Gleba bez osadu	46,9	44,3	40,4	44,3	52,3
	Doglebowo – jesienią	30,4	41,9	77,5	90,4	46,1
	Doglebowo – wiosną	42,1	43,7	51,2	46,7	66,3
	Pogłównie	36,7	37,8	38,2	39,9	43,6

Zastosowanie osadów ściekowych w uprawie traw spowodowało znaczący wzrost zawartości azotu w runi trawnikowej, dwukrotnie przekraczając koncentrację stwierdzoną na obiektach bez osadu (tab. 5). Stan

odżywienia traw azotem w 5 letnim okresie badań nie wskazuje na wyczerpywanie się tego składnika zmagazynowanego w osadzie ściekowym. Najmniejsze koncentracje azotu, wśród trzech testowanych terminów stosowania osadu stwierdzono w warunkach jego zastosowania pogłównego. Pobieranie metali ciężkich przez rośliny było różnicowane zarówno terminem zastosowania osadu, jak i kolejnymi pokosami w latach użytkowania trawnika, przy czym nie stwierdzono wyraźnych prawidłowości zmian koncentracji metali ciężkich w tkankach roślin w warunkach przeprowadzonego doświadczenia. Ogólnie poziom koncentracji analizowanych metali ciężkich (Cu, Ni, Pb i Zn) stwierdzony na kombinacjach z osadem był zbliżony do obiektu kontrolnego. W przeprowadzonym doświadczeniu nie potwierdzono zdania Kalebasy, Malinowskiej [4], że osad ściekowy ma wpływ na kumulowanie się metali ciężkich w tkankach traw w kolejnych latach użytkowania trawników.

#### 4. Wnioski

1. Zastosowane w uprawie osady ściekowe, umożliwiły wzrost i rozwój runi trawiastej, w każdym wariantcie badanego terminu nawożenia (przedsiewnie jesienią, przedsiewnie wiosną, pogłównie wiosną).
2. Termin zastosowania osadów miał wpływ na skład runi i wielkość uzyskiwanych plonów. Plonowanie traw było wyższe pod wpływem działania osadów niż samego nawożenia mineralnego. Najmniej korzystne dla plonowania traw w pierwszym roku uprawy było pogłównie nawożenie osadami.
3. W okresie badań stwierdzono stopniowe ustępowanie *Lolium perenne*, której udział w runi w ostatnim roku badań był najniższy przy dogłebowym stosowaniu osadów jesienią a najwyższy utrzymał się przy stosowaniu pogłównym.
4. Wprowadzenie do gleby komunalnych osadów ściekowych spowodowało nieznaczne obniżenie pH gleby, wzbogacenie jej w substancję organiczną oraz składniki pokarmowe a jednocześnie wywołało wzrost obciążenia gleby metalami ciężkimi. Osady wprowadzone pogłównie skutkowały najniższym wzbogaceniem gleby w makroelementy a równocześnie wysokim a często najwyższym wzrostem zawartości metali ciężkich w glebie.
5. Najgorszy stan odżywienia roślin azotem stwierdzono przy pogłównym stosowaniu osadu. Nie stwierdzono wyraźnych prawidłowości

w zmianie koncentracji metali ciężkich w tkankach roślin w zależności od terminu zastosowania osadu.

6. W uprawie traw komunalne osady ściekowe najlepiej stosować przedsięwzięcie (jesienią lub wiosną) a przy nawożeniu pogłównym, w pierwszym roku uprawy, należy stosować uzupełniające nawożenie mineralne.

## Literatura

1. **Czekała J., Sawicka A.:** *Przetwarzanie osadu ściekowego z dodatkiem słomy i trocin na produkt bezpieczny dla środowiska*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 6, z.2 (18), 41-50, 2006.
2. **Dz. U., Nr 134, poz. 1140:** *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych*. 2002.
3. **Gondek K., Filipek-Mazur B.:** *Ocena efektywności nawożenia osadami ściekowymi na podstawie plonowania roślin i wykorzystania składników pokarmowych*. Acta Sci. Pol. Formatko Circumietus, 5 (1), 39-50, 2006.
4. **Kalebasa D., Malinowska E.:** *Wpływ nawożenia osadem ściekowym i mocznikiem na zawartość wybranych pierwiastków w trawie *Miscanthus sacchariflorus**. Acta Agrophysica, 11 (3), 657-666, 2008.
5. **Kalebasa D., Malinowska E.:** *Działanie następcze osadu ściekowego zastosowanego do gleby w doświadczeniu wazonowym na zawartość metali ciężkich w trawie *Miscanthus sacchariflorus**. Acta Agrophysica, 13 (2), 377-384, 2009.
6. **Kaniuczak J., Hajduk E., Zamorska J., Ilek M.:** *Charakterystyka osadów ściekowych pod względem przydatności do rolniczego wykorzystania*. Zeszyty Naukowe, Południowo-Wschodni Oddział PTIE z siedzibą w Rzeszowie, PTG Oddział w Rzeszowie, 11, 89-94, 2009.
7. KPGO 2010 Uchwała Rady Ministrów Nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie "Krajowego planu gospodarki odpadami 2010" (M.P. z dnia 29 grudnia 2006 r.)
8. **Ociepa A., Pruszek K., Lach J., Ociepa E.:** *Ocena stosowanych nawozów organicznych i osadów ściekowych pod kątem zanieczyszczania gleb metalami ciężkimi*. Proceedings of EKOpole, Vol. 1, nr 1/2, 195-199, 2007.
9. **Rozp. Min. Środ.** z dnia 9.09., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. Ustaw 2002, 165, poz.1359, 2002
10. **Wilk M., Gworek B.:** *Metale ciężkie w osadach ściekowych*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 39, 40-59, 2009.
11. **Zamorska J.:** *Organizmy patogenne w osadach ściekowych*. Zeszyty Naukowe, Południowo-Wschodni Oddział PTIE z siedzibą w Rzeszowie, PTG Oddział w Rzeszowie, z. 9, 91-98, 2007.

## Effect of Method and Time of Application of Municipal Sewage Sludge on Chemical Composition of Soil and Lawns' Sward

### Abstract

An interesting aspect of the use of sewage sludge is their application in perennial cultivations, where gradually releasing nutrients ensure vegetation plants on a satisfactory level. Sewage sludge may be a good base of nutrients in the cultivation of lawn [4]. It is necessary to determine their optimal doses and times of application, including the possible occurrence of phyto-toxicity effect in the sensitive stages of plant growth and ensuring protection of the ground-water environment from pollution by components unused by plant components.

The one-factor field experiment conducted in 2004-2008, was set up in the spring of 2004 in split-plot configuration in 4 replications, where an area of one plot was 6 m<sup>2</sup>. Sewage sludge was applied in two ways: to the soil in the autumn 2003 and the spring 2004 in dose of 20 Mg s.m. ha<sup>-1</sup>, which amount was mixed with 10 cm soil layer and in the same dose in top-dressing in the height of summer 2004. To estimate a fertilizer value of sewage sludge it was used lawn-grasses mixture of *Poa pratensis* (*Poa pratensis* 60% "Opal" + *Festuca rubra* 20% "Areta"+ 20% *Lolium perenne* "Pimperal"). No mineral fertilizers were used in the year when the experiment was established. In the next years of research (2005-2008) mineral fertilizers were applied in doses: 60 kg N (30 kg in early spring and 30 kg in III decade of June), 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 60 kg K<sub>2</sub>O in early spring, on each plot.

Introduction of sewage sludge to the soil caused a little decrease of pH, higher concentration of organic matter and nutrient elements in a soil and simultaneously it triggered off an increase of heavy metal content. On objects fertilized with sewage sludge in top-dressing the lowest content of macroelements and often the biggest increase of heavy metals in soil were observed. No visible changes in concentration of heavy metals in plant tissues in relation to the time of application of sewage sludge were noticed. Retreating of *Lolium perenne* occurred in period of investigations, in the last year of experiment the lowest appearance of this species was noted in sward of objects where sewage sludge was applied to the soil, and the highest one was in top-dressing.

It is best to apply sewage sludge before sowing (autumn or spring) and at topdressing, in the first year of cultivation, use supplementary mineral fertilization.