

POBRANIE SIARKI I CHLORU PRZEZ ROŚLINY UPRAWNE NA WADNIANE OCZYSZCZONYMI ŚCIEKAMI MIEJSKIMI

W. Bednarek, A. Kaczor, R. Reszka

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin 1, skr. poczt. 158

S t r e s z c z e n i e. W dwuletnim doświadczeniu wazonowym oceniano wpływ oczyszczonych ścieków miejskich na zawartość oraz pobranie siarki i chloru przez rzepak jary i słonecznik ogrodowy. Eksperyment założono na glebie bielcowej oraz torfowo-murszowej. Stosowane w doświadczeniu miejskie ścieki oczyszczone pochodziły z komunalnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni Hajdów w Lublinie. Uzyskane wyniki wskazują, że ścieki wpłynęły na wzrost zawartości siarki siarczanowej w roślinach. Natomiast ich wpływ na ilość siarki organicznej był wyraźniejszy w rzepaku niż słoneczniku. Stosowanie ścieków spowodowało również przyrost zawartości w obydwu roślinach siarki ogółem oraz chloru, dzięki czemu składniki te były eliminowane w znacznym stopniu z wód pościekowych. Spośród testowanych roślin do doczyszczania ścieków – bardziej nadawał się rzepak jary niż słonecznik.

S ł o w a k l u c z o w e: pobranie, siarka, chlor, ścieki miejskie, rośliny

WSTĘP

Siarka należy do podstawowych składników niezbędnych w żywieniu roślin. Fizjologiczna rola tego makroelementu wynika głównie z obecności w cysteinie, cystynie i metioninie. Pierwiastek ten jest elementem strukturalnym grup prostetycznych, koenzymów, sulfolipidów, biotyny i tiaminy, uczestniczy w procesach oksydoredukcyjnych oraz w fotosyntezie [11,12]. Chlor stosowany w niewielkich ilościach wpływa dodatnio na kiełkowanie i rozwój roślin oraz bierze udział w fotosyntezie, osmoregulacji i przemianach azotu [4,5]. Źródłem siarki i chloru dla roślin mogą być oczyszczone ścieki miejskie [7-9]. Ich wykorzystanie do nawodnień roślin uprawnych jest ponadto najskuteczniejszym sposobem ochrony wód przed zanieczyszczeniem [2,6].

Celem prezentowanych badań, rozpatrywanych w aspekcie rolniczym i ekologicznym, była ocena wpływu oczyszczonych ścieków miejskich na zawartość oraz pobranie siarki i chloru przez rzepak jary i słonecznik ogrodowy.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawą przedstawionego opracowania było dwuletnie doświadczenie wazonowe, które założono na materiale glebowym pobranym z warstwy 0-20 cm gleby bielcowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego (gleba mineralna) oraz gleby torfowo-murszowej, wytworzonej z torfu niskiego (gleba organiczna). Gleba mineralna zawierała $1,60 \text{ g N}\cdot\text{kg}^{-1}$, charakteryzowała się średnią zawartością fosforu przyswajalnego, niską potasu i bardzo niską magnezu, organiczna zawierała 330 g kg^{-1} substancji organicznej, $16,20 \text{ g N}\cdot\text{kg}^{-1}$, zawartość fosforu przyswajalnego była bardzo wysoka, a potasu i magnezu bardzo niska. W eksperymencie zastosowano wazon o pojemności 5 dm^3 , mieszczące 6 kg gleby mineralnej o wilgotności $7,7\%$ i $4,5 \text{ kg}$ gleby organicznej zawierającej $53,6\% \text{ H}_2\text{O}$.

W pierwszym roku doświadczenia uprawiano kukurydzę i jako poplon gorczycę, w drugim rośliną testową był rzepak jary, zbierany w fazie pełnej dojrzałości i słonecznik ogrodowy, którego zbiór przeprowadzono w początkowej fazie kwitnienia.

Po pozostawieniu odpowiedniej ilości roślin w wazonie nawadniano je oczyszczonymi ściekami miejskimi według schematu (obiekty doświadczalne):

- 1 – kontrolny, bez nawożenia;
- 2 – nawożenie ściekami w ilości $100 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$;
- 3 – nawożenie ściekami w ilości $200 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$;
- 4 – nawożenie mineralne (N, P, K, Mg) w ilości równoważnej $100 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$;
- 5 – nawożenie mineralne (N, P, K, Mg) w ilości równoważnej $200 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$;
- 6 – nawożenie mineralne (N, P, K, Mg) w dawce optymalnej;
- 7 – ścieki w ilości $100 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$ + nawożenie mineralne (N, P, K, Mg) do poziomu optymalnego;
- 8 – ścieki w ilości $200 \text{ cm}^3/\text{wazon}/\text{dzień}$ + nawożenie mineralne (N, P, K, Mg) do poziomu optymalnego.

Każdy obiekt prowadzony był w 4 powtórzeniach.

Wilgotność gleby utrzymywano przez podlewanie roślin do stałej wagi wodą destylowaną, na poziomie 60% maksymalnej pojemności wodnej.

W doświadczeniu stosowano ścieki miejskie oczyszczone biologicznie z komunalnej, mechaniczno-biologicznej oczyszczalni Hajdów w Lublinie. Zawartość podstawowych składników w 1 dm^3 była następująca: N rozp. – 30 mg; P – PO_4 rozp. – 4 mg; K całk. – 30 mg; Mg całk. – 10 mg; S- SO_4 – 80 mg; chlorków – 95 mg Cl. Ich ilość wprowadzona ze ściekami w ciągu jednego okresu wegetacyjnego w g/wazon przy niższej dawce (obiekt 2) wynosiła: N – 0,36; P – 0,048; K – 0,36; Mg – 0,12; S-0,96, przy wyższej (obiekt 3) – ilości te były dwukrotnie wyższe.

Nawozy mineralne zastosowano w postaci rozpuszczalnych soli (NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , KCl, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Łączna dawka składników w g/wazon, zastosowana w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego w obiekcie 6, wynosiła: N – 2,4; P – 0,52; K – 1,41; Mg – 0,24.

W pobranym z poszczególnych obiektów materiale roślinnym oznaczono:

- chlor i siarkę siarczanową nefelometrycznie, po ekstrakcji 2% CH_3COOH ;
- siarkę ogółem metodą Butters-Chenery, po uprzednim spaleniu materiału roślinnego w piecu muflowym;
- siarkę organiczną obliczono jako różnicę między siarką ogółem i siarką siarczanową.

Absorpcję siarki ogółem i chloru przez rośliny obliczono posługując się zawartością analizowanych składników i plonem roślin [10]. Wpływ czynników doświadczalnych na zawartość i pobranie tych pierwiastków oceniono metodą analizy wariancji z zastosowaniem półprzedziałów ufności Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowanie ścieków w wyraźny sposób wpłynęło na zawartość oraz pobranie analizowanych anionów przez rzepak jary i słonecznik ogrodowy (Tabela 1 i 2). Zakres tych zmian był uzależniony od rozpatrywanego jonu, gatunku rośliny, dawki ścieków i soli mineralnych oraz rodzaju gleby.

Spośród testowanych roślin znacznie wyższe zawartości analizowanych form siarki wystąpiły w rzepaku, co potwierdza jego bardzo wysokie wymagania w stosunku do tego składnika [1,15]. Rośliny podlewane ściekami charakteryzowały się wyższą zawartością siarki ogółem i siarki siarczanowej niż nawożone solami mineralnymi. Wyniki badań wskazują, że wraz ze zwiększeniem dawki wód pościekowych nastąpił wzrost koncentracji siarki ogółem o 11% w rzepaku i o 14-53% w słoneczniku. Rzekpak jary podlewany tymi wodami zawierał więcej siarki organicznej niż nawożony solami mineralnymi. Natomiast wpływ ścieków na ilość

Tabela 1. Wpływ oczyszczonych ścieków miejskich na zawartość różnych form siarki i chloru w roślinach (g kg^{-1} s.m.)

Table 1. The effect of purified municipal sewage on the content of different forms of sulphur and chlorine in plants (g kg^{-1} d.m.)

Obiekt*	Gleba mineralna				Gleba organiczna			
	Siarka siarczanowa	Siarka organiczna	Siarka ogółem	Chlor	Siarka siarczanowa	Siarka organiczna	Siarka ogółem	Chlor
Rzepak jary								
1	0,90	0,70	1,60	2,90	1,30	0,80	2,10	3,50
2	5,10	3,40	8,50	15,60	6,80	4,20	11,00	26,80
3	5,70	3,70	9,40	12,80	7,30	5,00	12,30	19,60
4	3,00	2,60	5,60	5,90	3,70	2,10	5,80	6,30
5	3,10	1,90	5,00	7,10	3,00	2,60	5,60	7,10
6	1,70	1,50	3,20	8,00	2,00	2,10	4,10	4,90
7	2,00	1,60	3,40	8,30	1,80	1,30	3,10	6,90
8	2,60	2,10	4,70	15,00	2,20	1,30	3,50	11,20
Słonecznik								
1	1,40	1,20	2,60	1,90	3,20	1,80	5,00	3,50
2	1,00	0,70	1,70	8,80	2,10	1,60	3,70	12,40
3	2,00	0,60	2,60	9,00	2,50	1,70	4,20	20,00
4	0,90	0,50	1,40	6,20	1,90	1,40	3,30	10,60
5	0,70	0,70	1,40	7,60	2,30	1,80	4,10	10,00
6	1,40	2,10	3,50	6,00	1,00	2,10	3,10	2,20
7	1,10	1,10	2,20	8,60	2,50	1,90	4,40	6,00
8	1,00	1,00	2,00	8,10	2,00	1,40	3,40	7,20

$\text{NIR}_{(0,05)}$; siarka siarczanowa: obiekt x roślina 2,80; obiekt x gleba 2,80; roślina x gleba 1,00; siarka organiczna: obiekt x roślina 1,70; obiekt x gleba 1,70; roślina x gleba 0,60; siarka ogółem: obiekt x roślina 4,10; obiekt x gleba 4,20; roślina x gleba 1,40; chlor: obiekt x roślina 9,40; obiekt x gleba 9,40; roślina x gleba 5,60. * – oznaczenia jak w metodyce.

siarki organicznej w słoneczniku był uzależniony od dawki. Zastosowanie 100 cm^3 przyczyniło się do wzrostu o 14-40% zawartości analizowanej formy siarki. Odmienną sytuację zaobserwowano w obiektach, w których użyto 200 cm^3 ścieków.

Ścieki w znacznym stopniu wpłynęły na zróżnicowanie zawartości chloru w testowanych roślinach zarówno w stosunku do obiektu kontrolnego, jak też do obiektów z nawożeniem mineralnym. Podobne rezultaty otrzymano w doświadczeniach z kukurydzą i gorczycą [7] oraz z kupkówką pospolitą [9]. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie wskazują, że zawartość chloru w ściekach miejskich zmniejszyła się w wyniku zastosowania roślin do ich oczyszczania.

W warunkach przeprowadzonych badań wyższym pobraniem siarki charakteryzował się rzepak jary. Z innych badań [7] wynika, że również gorczyca

T a b e l a 2. Wpływ oczyszczonych ścieków miejskich na pobranie siarki i chloru przez rośliny (mg/wazon)

T a b l e 2. The effect of purified municipal sewage on the uptake of sulphur and chlorine by plants (mg/pot)

Obiekt	Rzepak jary				Słonecznik			
	Gleba mineralna		Gleba organiczna		Gleba mineralna		Gleba organiczna	
	Siarka	Chlor	Siarka	Chlor	Siarka	Chlor	Siarka	Chlor
1	17,1	31,0	29,6	49,3	11,9	8,7	18,5	11,8
2	142,0	260,5	234,3	570,8	19,3	100,3	23,6	79,4
3	192,8	262,4	305,0	486,1	38,0	131,4	33,6	16,0
4	113,8	119,8	186,2	202,2	23,2	102,9	26,0	83,7
5	150,0	213,0	311,4	394,8	31,6	171,8	51,6	12,6
6	179,6	448,8	336,6	402,3	111,3	190,8	45,9	32,6
7	214,6	494,7	264,7	589,3	89,8	350,9	70,4	96,0
8	290,8	928,5	303,8	972,2	86,6	350,7	70,0	148,3

$NIR_{(0,05)}$; siarka: obiekt x roślina 112,9; obiekt x gleba 112,9; roślina x gleba 77,2; chlor: obiekt x roślina 324,4; obiekt x gleba 324,4; roślina x gleba 110,8

nawadniana ściekami pobierała duże ilości tego pierwiastka. W niniejszym eksperymencie zwiększenie dawki ścieków przyczyniło się do wzrostu pobrania siarki o 30-96%. Podobne rezultaty otrzymano w badaniach przeprowadzonych na użytkach zielonych [8]. Uzyskane dane pozwalają stwierdzić, że rośliny uprawiane na glebie mineralnej w większości przypadków pobierały więcej siarki ze ścieków niż z nawozów mineralnych. Na glebie organicznej natomiast wyższa absorpcja tego składnika wystąpiła w serii nawożonej solami mineralnymi.

Wyniki przeprowadzonych badań informują, że rośliny testowe podlewane wodami pościekowymi pobrały znacznie więcej chloru niż uprawiane w obiektach kontrolnych. Rzepak jary nawożony 100 cm³ ścieków pobrał dwukrotnie więcej tego pierwiastka niż nawożony solami mineralnymi, a dawka 200 cm³ spowodowała wzrost o 23%. Natomiast słonecznik podlewany ściekami pobrał nieco mniej chloru niż nawożony solami mineralnymi.

Zawartość oraz pobranie analizowanych anionów wskazują, że oczyszczone ścieki miejskie w relacji z nawozami mineralnymi są porównywalnym źródłem siarki i chloru dla roślin. Jest to istotne ze względu na obserwowany w Polsce i świecie spadek depozytu siarki z atmosfery oraz zmniejszenie zużycia nawozów organicznych i mineralnych, zawierających ten pierwiastek [3,13,14].

Uzyskane wyniki wskazują także, że rośliny można wykorzystać do doczyszczania ścieków z analizowanych anionów. Ze względu na wysoką absorpcję

siarki i chloru bardziej do tego celu nadawał się rzepak jary niż słonecznik ogrodowy.

WNIOSKI

1. W wyniku zastosowania oczyszczonych ścieków miejskich uzyskano istotny przyrost zawartości siarki siarczanowej w rzepaku jarym i słoneczniku. Wpływ ten na ilość siarki organicznej był bardziej widoczny w rzepaku niż słoneczniku.

2. Nawadnianie roślin ściekami wpłynęło na przyrost zawartości siarki ogółem oraz chloru w rzepaku jarym i słoneczniku. Oczyszczone ścieki miejskie mogą być porównywalnym do nawozów mineralnych źródłem tych pierwiastków dla roślin.

3. Testowane rośliny nawadniane oczyszczonymi ściekami miejskimi charakteryzowały się wysoką absorpcją analizowanych anionów i w znacznym stopniu eliminowały siarkę i chlor z wód pościekowych (szczególnie rzepak jary).

BIBLIOGRAFIA

1. Boreczek B.: Bilans siarki wybranych roślin połowych. *Fragmenta Agronomica*, XVIII, 4, 118-135, 2001.
2. Czyżyk F.: Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny. Wyd. IMUZ Falenty. Rozprawy habilitacyjne, 1-77, 1994.
3. Eriksen J.: Animal manure as S fertilizer. *Sulphur in Agriculture* 20, 27-30, 1997.
4. Fixen P.E.: Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy* 50, 107-150, 1993.
5. Halstead E.H., Beaton J.D., Keng J.C.W., Wang M.V., Portch S.: Chloride: new understanding of this important plant nutrient. In: *International symposium on the role of sulphur, magnesium and micronutrients in balanced plant nutrition*, Sulphur Institute, Washington, USA, 314-325, 1992.
6. Hus S., Kutera J.: Oddziaływanie nawodnień ściekami na glebę, rośliny, wody gruntowe i powierzchniowe. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* 246, *Konf. III*, 2, 99-106, 1994a.
7. Kaczor A.: Wpływ oczyszczonych ścieków miejskich na plonowanie i zmiany w składzie chemicznym kukurydzy i gorczycy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 437, 223-228, 1996.
8. Kaczor A., Brodowska M.S.: Zmiany w składzie anionowym siana nawadnianego oczyszczonymi ściekami miejskimi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 477, 363-369, 2001.
9. Kaczor A., Kozłowska J.: Oddziaływanie oczyszczonych ścieków miejskich na plon i skład jonowy kupkówki pospolitej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 437, 223-228, 1996.
10. Kaczor A., Kozłowska J.: Plonowanie i skład kationowy roślin nawożonych miejskimi ściekami Lublina. Cz.I. Rzepak jary i słonecznik, *Wyd. PTMag. Oddz. Lublin*, 23-30, 1997.
11. Lakkineni K.C.: Plant nutrient sulphur: recent developments on fundamental and agricultural aspects. *Fertiliser News* 42, 2, 15-17, 1997.
12. Marska E., Wróbel J.: Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. *Fol. Univ. Agricult. Stetin. Agricult.* 81, 69-76, 2000.

13. McGrath S.P., Zhao F.J., Withers P.J.A.: Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. *Fertiliser Society* 379, 3-47, 1996.
14. Motowicka-Terelak T., Terelak H.: Siarka w glebach Polski stan i zagrożenie. *PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska*, 1-106, 1998.
15. Schnug E., Haneklaus S.: Sulphur deficiency in Brassica napus-biochemistry-symptomatology-morphogenesis. *Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft* 144, 1-31, 1994.

UPTAKE OF SULPHUR AND CHLORINE BY CULTIVATED PLANTS IRRIGATED WITH PURIFIED MUNICIPAL SEWAGE

W. Bednarek, A. Kaczor, R. Reszka

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture
Akademicka 15 str., 20-950 Lublin 1, P.O. Box 158, Poland

S u m m a r y. The effect of purified municipal sewage on the content and uptake of sulphur and chlorine by spring rape and sunflower was determined in a two-year pot experiment. The experiment was set up on podzolic soil and peak-muck soil. Biologically purified municipal sewage used in the study came from a municipal biological-mechanical treatment plant, Hajdów, in Lublin. The results obtained indicated that sewage influenced an increase of sulphate sulphur content in plants. However, the influence of sewage on the amount of organic sulphur was more distinct in spring rape than in sunflower. Sewage application of sewage caused an increase of the total sulphur and chlorine content in both plants. The above allows for the conclusion that the components analyzed were significantly eliminated from sewage water. Among the plants tested, spring rape was more suitable for thorough sewage treatment than sunflower.

K e y w o r d s: uptake, sulphur, chlorine, municipal sewage, plants

Redaktorzy tomu:

prof. dr hab. Czesław Szewczuk
dr Barbara Kolodziej
dr Danuta Sugier
mgr Paulina Studzińska-Jaksim

Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych
Akademii Rolniczej w Lublinie
ul. Akademicka 15
20-950 Lublin

dr hab. Zenia Michałojć

Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Akademii Rolniczej w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 58
20-068 Lublin
