

ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA BOREM W OKOLICACH SIŁOWNI ENERGETYCZNEJ SPALAJĄCEJ WĘGIEL KAMIENNY

Janusz Hermann

Katedra Chemicznych Podstaw Rolnictwa, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

WSTĘP

W rejonach siłowni energetycznych znaczne obszary uległy zanieczyszczeniu na skutek nagromadzenia się w warstwie powierzchniowej gleb różnorodnych produktów spalania węgla kamiennego. Wśród nich zanieczyszczenie borem jest mało zbadane, mimo że pierwiastek ten po przekroczeniu optymalnej zawartości w glebie wykazuje silne działanie toksyczne dla roślin [2].

Elektrociepłownia Bydgoszcz II emituje do atmosfery średnio rocznie około 10 ton boru [5]. Bor wchodzący w skład mineralnej substancji popiołów lotnych, występuje w formie anionów złożonych: $(\text{BO}_3)^{3-}$, $(\text{BO}_4)^{5-}$, $[\text{B}(\text{O.OH})_4]$, które wykazują analogię z anionami krzemotlenkowymi i fosforanowymi. Wybitna ich hydrofilność stanowi o znacznej ruchliwości tego pierwiastka w roztworach glebowych [4].

Problem emisji boru z siłowni energetycznych spalających węgiel kamienny został zauważony w krajach skandynawskich przez Erikssona [2]. Ustalił on związek pomiędzy wielkością emisji boru z elektrowni, a jego toksycznym oddziaływaniem na rośliny. W Polsce zainteresowanie borem w popiołach lotnych wiąże się przede wszystkim z toksycznym oddziaływaniem tego pierwiastka na rośliny po zastosowaniu popiołów w celach nawozowych lub melioracyjnych [9]. Należy się liczyć, że w ciągu najbliższych lat wzrośnie stężenie boru w środowisku przyrodniczym, a jego toksyczne oddziaływanie będzie nakładać się na inne substancje i pierwiastki szkodliwe.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania zanieczyszczenia środowiska borem w okolicach siłowni energetycznej EC Bydgoszcz II przeprowadzono w latach 1991-93. Próby gleb i roślin pobrano z piętnastu punktów usytuowanych w pięciu kierunkach (N, S, E, W i SE). Zróżnicowane były odległości punktów poboru próbek od emitora: 1 km, 5 i 10 km oraz głębokości pobrania próbek: 0-20 i 20-40 cm. Materiał roślinny (trawy) zebrano w trzech terminach: XI.91, X.92, i XI.93, a próbki gleb w pięciu terminach: XI.91, IV i X. 92, oraz IV i XI.93.

Podstawowe właściwości próbek oznaczono powszechnie przyjętymi metodami [10]. W okolicy siłowni przeważały gleby lekkie, o składzie piasków luźnych i piasków słabo gliniastych. Najślabsze gleby stwierdzono na kierunku południowo-wschodnim

i wschodnim (2-4% części splawialnych), natomiast na kierunku północnym od emitora występowały gleby o wyższej zawartości części splawialnych 8-10%. Odczyn gleb był od obojętnego do zasadowego, tylko w punkcie oddalonym o 1 km od elektrowni na kierunku południowym stwierdzono odczyn kwaśny gleb. Węgiel ogółem oznaczono metodą Alena [3]. Gleby najzasobniejsze w próchnicę występowały na południe i południowo-wschód od elektrowni 2,1-2,7% C, najuboższe na wschód 1,0-1,2% C.

Bor z próbek gleb lugowano wodą o temperaturze 363 K i oznaczono metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem 1,1-Diantrymidu. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Material roślinny poddano mineralizacji mieszaniną nadtlenu wodoru i kwasu siarkowego. Wyniki zawartości boru w roślinach zestawiono w tabeli 2.

Rozkład miesięczny opadów atmosferycznych dla okolic Bydgoszczy kształtuje się nierównomiernie, średnia miesięczna z wielolecia dla miesiąca kwietnia wynosi 27,6 mm, października 33,5 mm, listopada 48,1 mm, przy średnim opadzie rocznym 525 mm. Na podstawie rozkładu prędkości wiatru na poszczególnych kierunkach, oraz ciszy dla miasta Bydgoszczy i okolic (z wielolecia) przyjęto, że przeważały wiatry z kierunku zachodniego, następnie południowo-wschodniego. Średnia prędkość wiatru wynosiła 2,8 m/sek.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Problemy związane z zanieczyszczeniem atmosfery przez siłownie konwencjonalne stanowią kluczową część wszystkich dziedzin związanych z ochroną środowiska. Toksyczne oddziaływanie związków chemicznych w glebie ujawnia się wówczas, gdy opad zanieczyszczeń jest dostatecznie duży, a wśród nich występują składniki aktywne chemicznie. W zależności od rodzaju gleby oddziaływanie szkodliwe może wywołać w glebie skutki natychmiastowe lub rozciągnięte w okresach czasu. W przypadku boru przejście od stężeń korzystnych do toksycznych, zwłaszcza na glebach lekkich zakwaszonych jest niezwykle szybkie. Stan zagrożenia środowiska wywołany emisją związków boru w wyniku spalania węgla w siłowniach energetycznych należy uznać za niepokojący, tym bardziej, że docierają do nas strumienie zanieczyszczeń z państw sąsiednich.

W wyniku spalania węgla z Elektrociepłowni EC Bydgoszcz II uwalnia się do atmosfery rocznie około 10 ton boru [6]. Nie pozostaje to bez znaczenia na jego zawartość w glebach bezpośrednio sąsiadujących z elektrociepłownią jak i usytuowanych w dalszych odległościach. Ilościowe badania boru w promieniu do 10 km od emitora wykazały znaczny wpływ badanych czynników na zróżnicowanie jego zawartości w trawach i roślinach. Największy wpływ na zawartość boru w glebie wywierały odległości od emitora i kierunki przeważających wiatrów. Najwyższą zawartość boru w glebie stwierdzono w odległości 1 km od emitora na kierunku południowo-wschodnim (średnia z pięciu terminów w wierzchniej warstwie gleby $21 \mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$, (tabela 1). Wysokie zawartości rozpuszczalnych form boru w glebach w okolicy EC Bydgoszcz II spowodowały wyraźne zróżnicowanie jego zawartości

Zawartość boru w glebach okolic EC Bydgoszcz II — The boron content in soils near the BHPGP
($\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$)

Termin pobrania prób m-c month	Poziom pobrania prób Depth of sampling (cm)	Odległość od emitora w km — Distance from the plant (km)																				
		1,0						5,0						10,0								
		Kierunki — Directions			Kierunki — Directions			Kierunki — Directions			Kierunki — Directions			Kierunki — Directions			Kierunki — Directions					
N	S	SE	E	W	W	N	S	SE	E	W	W	N	S	SE	E	W	N	S	SE	E	W	
XI-91	0-20	10	28	28	16	20	10	20	10	13	17	10	20	10	13	17	1	19	16	12	15	16
	20-40	9	24	25	14	8	7	16	9	12	15	7	16	9	12	15	1	17	13	10	14	13
IV-92	0-20	9	21	23	15	28	9	14	8	11	13	9	14	8	11	13	2	15	15	12	13	14
	20-40	7	19	20	15	19	8	13	8	10	11	8	13	8	10	11	1	14	15	9	10	13
X-92	0-20	8	16	20	10	21	8	17	10	10	12	8	17	10	10	12	2	15	16	10	15	13
	20-40	8	15	17	9	13	9	14	7	10	10	9	14	7	10	10	2	11	14	9	9	10
IV-93	0-20	7	19	18	13	18	10	19	11	13	13	10	19	11	13	13	4	12	17	13	14	13
	20-40	8	17	20	14	16	8	15	9	12	10	8	15	9	12	10	3	10	18	9	13	13
XI-93	0-20	4	13	14	10	15	4	13	6	8	5	4	13	6	8	5	3	11	12	8	10	10
	20-40	7	17	17	12	15	7	12	8	11	8	7	12	8	11	8	3	9	14	10	12	12
\bar{X}	0-20	8	19	21	13	20	8	17	9	11	12	8	17	9	11	12	2	14	15	11	13	14
\bar{X}	20-40	8	18	20	13	14	8	14	8	11	11	8	14	8	11	11	2	12	15	9	12	13
\bar{X}	0-40	8	19	21	13	17	8	16	9	11	11	8	16	9	11	11	2	13	15	10	13	13

Tabela 2

Zawartość boru w trawie z okolic EC Bydgoszcz II – The boron content in grasses near the BHPGP
($\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m.}$)

Termin pobrania prób Time of sampling m-c month	Odległość od emitora w km – Distance from the plant (km)															
	1,0				5,0				10,0				\bar{X}			
	N	S	SE	W	N	S	SE	W	N	S	SE	W	N	S	SE	W
XI-91	7,4	9,1	8,6	8,0	9,3	6,8	8,4	7,1	8,3	7,3	8,0	7,8	8,6	6,7	7,4	7,9
X-92	8,3	10,6	10,1	8,7	7,9	2,9	7,0	6,3	7,5	4,7	3,2	9,8	7,2	4,9	5,6	7,0
XI-93	5,3	7,7	6,1	6,5	6,9	3,6	5,8	4,6	5,9	5,5	4,0	6,9	5,8	3,7	3,3	5,4
\bar{X}	7,0	9,1	8,3	7,7	8,0	4,4	7,1	6,0	7,2	5,8	5,1	8,2	7,2	5,1	5,4	6,8

w roślinach. Skrajne wartości wynosiły od 2,9 do 10,6 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. (tabela 2). Dalo się zauważyć wyraźne obniżenie zawartości boru w roślinach w ostatnim (1993) roku badań średnio 5,4 $\text{mg B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. w stosunku do 1991 r. 7,9 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. roślin.

W odległości 1 km od emitora średnia zawartość boru w roślinach wynosiła 8,0 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m., a w odległości 5 i 10 km, odpowiednio 6,1 i 6,2 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. Rozpatrując wpływ pobrania prób trawy pod względem stron świata (przeważających wiatrów), stwierdzono najwyższą zawartość boru w roślinach zebranych z gleb usytuowanych na kierunku południowym (8,1 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$), a najniższą na północnym (5,5 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$). Na pozostałych kierunkach średnia wartość boru w roślinach mieściła się od 6,2-7,2 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m.

W stosunku do danych zawartych w literaturze krajowej, zestawionych przez Kabatę-Pendias [7,8] i Boratyńskiego [1], uzyskane wyniki przekraczają dane prezentowane przez tych autorów, a uznawane jako średnie wartości w glebach Polski. Na terenach nie podlegających bezpośredniemu wpływowi przemysłu, jako najwyższe wartości boru rozpuszczalnego, przyjęto 0,5-1,0 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ [1,7,8]. Porównując te wartości z uzyskanymi wynikami z okolic siłowni EC Bydgoszcz II należy stwierdzić, że przeciętne nagromadzenie boru w tych glebach było wielokrotnie większe. Przekraczało ono wartości uznawane za niezbędne w żywieniu roślin, a nawet toksyczne. Średnia zawartość boru w częściach nadziemnych, traw wg Nowotny-Mieczyńskiej [11] mieści się w granicach 1-3 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m., natomiast w trawach z okolic EC Bydgoszcz II średnia wartość boru w badanych trawach wynosiła 6,8 $\mu\text{g B} \cdot \text{g}^{-1}$ s.m.

WNIOSKI

1. Badania zanieczyszczenia środowiska borem w promieniu do 10 km od emitora wykazały wielokrotne przekroczenie jego zawartości w glebach w stosunku do gleb nie narażonych na oddziaływanie przemysłu, oraz 3-5 krotne przekroczenia zawartości boru w trawach.
2. Największy wpływ na zawartość boru w glebach i roślinach wywierały kolejno: odległość od emitora, kierunek przeważających wiatrów, termin oraz głębokość pobrania prób.
3. W świetle przeprowadzonych badań należy się liczyć z okresowym wzrostem zawartości boru w glebach i roślinach nawet do poziomu toksycznego dla większości roślin uprawnych. Wybitna hydrofilność boru sprzyjać będzie ponadto zanieczyszczeniu wód gruntowych.

LITERATURA

1. Boratyński K., Czuba R., Gorański J. (1988). *Chemia rolnicza* PWRiL Warszawa 207-209.
2. Eriksson J. (1981). Jury to vegetation caused by industrial emissions of boron compounds. *Silva fennica* 15, 4, 454-464.
3. Gonet S. (red.) (1990). *Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb*. Prace Komisji Naukowych PTG, Komisja Chemii Gleb II/15,8.

4. Hermann J. (1989). Uwalnianie się boru z krzemianowych popiołów lotnych po wniesieniu ich do gleby. *Prace Komisji Żyzności Gleby i Odżywiania Roślin*. PTG IV, 12, 90-95.
5. Hermann J. (1990). Coal power plant pollution of environment with boron. *IMBORON VII International Union and Applied Chemistry*. Polish Academy of Sciences, Toruń 30-7, 3-8.
6. Hermann J. (1992). Bor z popiołów lotnych i możliwość jego nawozowego wykorzystania z wybranyimi agrochemikaliami. VII Symp. Mikroelementy w rolnictwie. Komitet Gleb. i Chemii Rol. PAN Wrocław 16-17 IX. 118-122.
7. Kabata-Pendias A., Pendias H. (1979). Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. *Wyd. Geolog.*, Warszawa, 145-151.
8. Kabata-Pendias A., Piotrowska M. (1984). Zanieczyszczenie gleb i roślin w środowisku przyrodniczym. *Wyd. Geolog.* Warszawa.
9. Koter M., Czaplą J., Nowak G. (1982). Działanie wysokich dawek popiołu z węgla kamiennego na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy i gryki. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo*, 33, 159-166.
10. Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. (1976). *Analiza chemiczno-rolnicza*. PWN. Warszawa.
11. Nowotny-Mieczyńska A. (red.) (1976). *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*. PWRiL Warszawa, 366-381.

STRESZCZENIE

Stwierdzono wielokrotne przekroczenie zawartości boru w glebach w stosunku do gleb nie narażonych na oddziaływanie przemysłu oraz 3-5 krotne przekroczenie zawartości boru w trawach w latach 1991-1993. Przeprowadzono badania zanieczyszczenia środowiska borem w promieniu do 10 km od emitora Elektrociepłowni Bydgoszcz II. Największy wpływ na jego zawartość w glebach i trawie, wywierały kolejno: odległość od emitora, kierunek przeważających wiatrów, termin oraz głębokość pobrania prób.

Należy się liczyć z okresowym wzrostem zawartości boru w glebach i roślinach, nawet do poziomu toksycznego dla większości roślin uprawnych.

THE STUDIES ON ENVIRONMENT CONTAMINATION BY AN ELECTRIC COAL-BURNING POWER PLANT WITH BORON

J. Hermann

Department of Chemical Basis of Agriculture, University of Technology and Agriculture, Bydgoszcz

S u m m a r y

The studies on contamination of the environment with boron were conducted in the period 1991-1993 on the 10 km radius emission area surrounding the Bydgoszcz II Heat and Power Generating Plant (BHPGP).

Boron concentrations determined in soils subjected to emissions multiply exceeded those found in control soils, whereas the content of boron in grasses was 3-5 times higher than usual levels. The factors affecting the concentrations measured in soils and grasses were of the following sequence: distance from the plant > direction of most frequently blowing winds > timing and depth of sampling.

A periodic increase of boron concentration in soils and grasses should be considered, even up to the levels toxic to most cultivated plants.