

Piotr SINDERA¹, Ewa FELIS², Jarosław WISZNIOWSKI²

¹Katedra Fizjologii Zwierząt i Ekotoksykologii, Uniwersytet Śląski w Katowicach
Department of Animal Physiology and Ecotoxicology, University of Silesia

²Katedra Biotechnologii Środowiskowej, Politechnika Śląska w Gliwicach
Department of Environmental Biotechnology, Silesian University of Technology

Ocena genotoksyczności ścieków koksowniczych Genotoxicity of coke wastewaters

Słowa kluczowe: ścieki koksownicze, genotoksyczność, *Vicia faba*, index mitotyczny, test mikrojądrowy

Key words: coke wastewaters, genotoxicity, *Vicia faba*, Mitotic Index, micronuclei test

Wprowadzenie

Odpadowe wody koksownicze należą do grupy najbardziej niebezpiecznych ścieków przemysłowych. Podczas produkcji koksu powstają wody odpadowe zawierające wiele zanieczyszczeń, między innymi: oleje i substancje smoliste ($100\text{--}240\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), zawiesiny ($200\text{--}330\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), amoniak wolny i związany ($980\text{--}6500\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), fenole lotne i nielotne ($260\text{--}3000\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$), tiosiarczany, siarkowódor, w tym również substancje silnie toksyczne, jak cyjanki (około $50\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$) i rodanki (około $200\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$) – Bartkiewicz (2006).

Główne zadanie przyzakładowych oczyszczalni ścieków polega na reduk-

cji ładunku zanieczyszczeń do wartości wymaganych przez Ministerstwo Ochrony Środowiska. Jednakże podstawowe parametry fizykochemiczne ścieków koksowniczych, takie jak: ChZT, BZT₅, azot amonowy, azot całkowity, węgiel całkowity, nie są wystarczające do oceny stopnia podatności na biologiczne oczyszczenie (Janosz-Rajczyk 2004, Bartkiewicz 2006). Zastosowana technologia oczyszczania ścieków powinna zagwarantować usunięcie toksycznych organicznych składników. Ocena toksycznego działania ścieków koksowniczych nie może być ograniczona tylko do ryb i zwierząt, lecz trzeba ją również uwzględnić w stosunku do innych organizmów (Molenda 1971, Meinck i in. 1975). Głównym celem badań była ocena genotoksyczności ścieków koksowniczych przed i po biologicznym oczyszczeniu w przyzakładowej oczyszczalni ścieków.

Metodyka

Miejsce, czas poboru i sposób przechowywania ścieków

Ścieki pobrano z biologicznej oczyszczalni ścieków z koksowni leżącej w województwie śląskim. Technologia oczyszczania ścieków obejmuje: retencję ścieków połączoną z separacją zanieczyszczeń olejowo-smołowych, koagulację solami żelaza w reaktorze chemicznym zespolonym z osadnikiem (wstępne oczyszczenie), uśrednienie ścieków zmieszanych (przemysłowych, bytowych pochodzących z koksowni i miejskich), biodegradację anaerobową i aerobową, wydzielenie zawiesiny osadu czynnego w osadnikach końcowych, uśrednienie ścieków koksowniczych w zbiornikach oraz grawitacyjne zagęszczenie osadów.

Ścieki pobierano w trzech seriach z jednego miejsca: 18.06.2009 roku (seria I), 2.07.2009 roku (seria II), 17.07.2009 roku (seria IIIa). Dodatkowo w dniu 17.07.2009 roku pobrano również ścieki przed procesem oczyszczania (seria IIIb). Ścieki surowe zostały pobrane ze zbiornika uśredniającego, poprzedzającego węzeł biologiczny mechaniczno-biologicznej oczyszczalni. W celu zwiększenia podatności na biologiczny rozkład związków zawartych w ściekach wody procesowe z koksowni mieszane były ze ściekami sanitarnymi z kanalizacji w ilości około 20%.

Próbki ścieków odwirowywano przez 10 min z prędkością 3000 rpm, następnie ścieki zamrożono i przechowywano w temperaturze -20°C do dnia rozpoczęcia testów. Zaraz po rozmrożeniu próbek wykonano oznaczenia

wybranych wskaźników fizykochemicznych ścieków (tab. 1).

Przygotowanie nasion do testów

Testy zostały wykonane na wyselekcjonowanych (bez skazy, o podobnej wielkości około 1,5 cm) nasionach bobu *Vicia faba*, odmiany 'Windsor Biały'. Wszystkie nasiona pochodziły od jednego producenta i z tej samej partii. Początkowo nasiona moczo w wodzie destylowanej przez 24 h. Po tym czasie obierano je z łupiny nasiennej, aby umożliwić roślinom równoczesny start kiełkowania. Kiełkowanie odbywało się bez dostępu światła, przez 48 h, na gazie nasączonej wodą destylowaną, w temperaturze pokojowej. Następnie nasiona umieszczano w uprawach hydroponicznych z 60-, 30-, 15-, 5-, 1-procentową zawartością ścieków oczyszczonych (seria I, II, IIIa) i 30-, 15-, 10-, 5-, 1-procentowym udziałem ścieków surowych (seria IIIb). Punkt odniesienia stanowiła kontrola pozytywna – hydrazyd maleinowy ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2 \geq 99\%$, Acros Organics) o stężeniu $0,448 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, rozcieńczony wodą wodociągową, i kontrola negatywna – woda wodociągowa. Hydrazyd maleinowy jest mutagennym herbicydem stosowanym jako inhibitor wzrostu roślin (Cotelle i in. 1999, De Marco i in. 2005, El Hajjouji i in. 2007). Badania prowadzono przez 43 godziny (ocena genotoksyczności) oraz 9 dni (ocena zahamowania wzrostu) w temperaturze $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Rośliny podczas testów rosły w warunkach sztucznego naświetlania (lampy neonowe typu Daylight, PILA) w cyklu całodobowym. Intensywność naświetlania wynosiła 2500 lux (Lukso-

meter LM-3000, Volcraft). Na każde badane rozcieńczenie użyto po 6–8 sztuk testowej rośliny.

Przygotowanie próbek i preparatu mikroskopowego do testu mikrojądrowego

Po 43 godzinach z wierzchołkowej części korzenia roślin rosnących w roztworze ścieków odcięto około 1 cm, po uprzednim opłukaniu w wodzie destylowanej. Tak przygotowany materiał utrwalono (24 h) przez zanurzenie w roztworze Carnoy (bezwodny alkohol etylowy, kwas octowy, zmieszane w stosunku 3 : 1). Do czasu przygotowania preparatów mikroskopowych materiał przechowywano w 70-procentowym roztworze etanolu.

Przygotowanie preparatu do badań rozpoczęto od odcięcia stożku wzrostu korzenia – około 2 mm, i zanurzeniu go w HCl podgrzanym do 60°C. Podgrzewanie trwało 6 minut. Kolejnym etapem było roztarcie merystemu na szkiełku podstawowym i barwienie go przez 10 minut wodnym roztworem barwnika orceinowego (45% kwasu octowego, 1% orceiny). Po tym czasie szkiełka podstawowe nakryto szkiełkiem nakrywkowym i przystąpiono do obserwacji mikroskopowych.

Obserwacje mikroskopowe

Obserwacje mitoz oraz mikrojąder wykonano na 1000 komórkach dla każdego korzenia (6000–8000 komórek na każde badane stężenie ścieków w każdej serii), pod powiększeniem 1000-krotnym. W analizie użyto mikroskopu marki Motich type 102M.

Indeks mitotyczny (IM) obliczano jako stosunek komórek, będących w którejkolwiek z faz podziału mitotycznego, do komórek niedzielących się. Indeks ten jest wyrażony w procentach.

Statystyka

Test *U* Manna-Whitneya przeprowadzono podobnie jak obliczenia odchyłeń standardowych w programie Microsoft® Excel 2007, przy użyciu dodatkowej nakładki statistiXL (<http://www.statistixl.com>). Porównanie poszczególnych próbek z kontrolą negatywną zaznaczono na wykresach symbolem ▲. Symbol ten oznacza, że dana próbka jest różna od kontroli negatywnej, z prawdopodobieństwem 95% (poziom istotności $\alpha = 0,05$). Analogicznie przedstawiono statystycznie istotne różnice do kontroli pozytywnej, zaznaczając je jako ✧.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone testy udowadniają znaczną, liniowo wzrastającą toksyczność ścieków koksowniczych.

Pomiary fizykochemiczne

Dla ścieków oczyszczonych nie zanotowano znaczących różnic w wynikach analiz parametrów fizykochemicznych (tab. 1). Porównując uśrednione wartości ChZT i OWO ścieków oczyszczonych (seria I, II, IIIa) ze ściekami surowymi (seria IIIb), odnotowano zmniejszenie wartości tych wskaźników, wynoszące odpowiednio 88 i 93%. Wskazuje to na brak zaburzeń pracy biologicznego oczyszczania w usuwaniu związków organicznych (Miksch 2000).

TABELA 1. Wybrane wskaźniki zanieczyszczeń ścieków koksowniczych (średnia z 2–3 pomiarów)
 TABLE 1. Characteristics of coke wastewaters (an average of 2–3 replicates)

Parametry fizykochemiczne Physicochemical parameters	Metoda oznaczenia Marking method	Seria/Series I	Seria/Series II	Seria/Series IIIa	Seria/Series IIIb
OWO [$\text{mg C}\cdot\text{dm}^{-3}$]	analizator Shimadzu Analyser TOC-VCSH z samplerem ASI-V	72	99	131	1499
ChZT [$\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$]	testy kuwetowe Merck 114541 ChZT, metoda fotometryczna 25–1500	706	693	942	6494
Odczyn pH	pehametr, WTW	7,4	7,4	7,7	11,9
Rodanki/Thiocyanates [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	kolorymetryczna	2,5	1,8	1,8	532,0
Cyjanki/Cyanides [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	kolorymetryczna	1,6	2,6	1,7	18,1
Fenole/Phenols [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	kolorymetryczna	46,4	30,7	41,1	2026,8
Katechole/Catechols [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	kolorymetryczna	16,7	16,3	18,3	67,0

Ścieki z koksowni zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń toksycznych, takich jak: rodanki, cyjanki, fenole i katechole. Zakładając, że ścieki surowe z serii I i serii II miały takie same parametry jak ścieki z serii IIIb po procesie biologicznego oczyszczania, można stwierdzić, że wartości stopnia eliminacji tych związków wynoszą: 99,6% (rodanki), 89,1% (cyjanki), 98,1% (fenole) oraz 74,5% (katechole). Zgodnie z rozporządzeniem z 1999 roku, dopuszczalne wartości cyjanków związanych i fenoli w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych nie powinny przekraczać odpowiednio 5 i 15 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Zawartość cyjanków w ściekach surowych, nierozcieńczonych znacznie przekracza dopuszczalne normy. Dopiero 15-procentowe stężenie ścieków zawiera akceptowalną ilość cyjanków ($0,15\cdot 18,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3} = 2,7 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) – seria IIIb. Przy największym

badanym udziale ścieków oczyszczonych – 60% (seria I, II, IIIa) parametry związane z występowaniem konkretnych zanieczyszczeń nie przekraczają dopuszczalnych norm. Natomiast fenole zawarte w ściekach surowych (seria IIIb) nawet przy 100-krotnym rozcieńczeniu nie spełniają wytycznych dotyczących wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych. Dopiero 30-procentowe stężenie ścieków oczyszczonych (seria I, II, IIIa) nie prowadzi do przekroczenia dopuszczalnych norm ($9,2\text{--}13,9 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

Test fitotoksyczności

Przeprowadzony test miał na celu określenie wpływu ścieków na wzrost korzenia i łodygi testowanych roślin. W teście dokonano pomiaru fitotoksyczności (tab. 2) dla ścieków oczyszczonych (seria I, II, IIIa i surowych IIIb).

TABELA 2. Inhibicja wzrostu *Vicia faba*
 TABLE 2. Inhibition growth of *Vicia faba*

Wyszczególnienie Specification	Stężenie [%] Concentration	Inhibicja wzrostu [%] Inhibition growth
Seria/Series I	30	65
	60	80
Seria/Series II	30	69
	60	70
Seria/Series IIIa	30	79
	60	84
Seria/Series IIIb	15	88
	30	89
KP _{I,II}	–	79
KP _{IIIa,IIIb}	–	88

Objaśnienia/Explanations:

Seria I, II, IIIa – ścieki oczyszczone / Series I, II, IIIa – treatment wastewaters.

Seria IIIb – ścieki surowe / Series IIIb – raw wastewaters.

KP – kontrola pozytywna: hydrazyd maleinowy / positive control: Maleic hydrazide.

Wyniki testu fitotoksyczności (tab. 2) wskazują na toksyczne działanie ścieków koksowniczych na *Vicia faba*. W każdej serii zauważalna jest korelacja między wzrastającym stężeniem ścieków a inhibicją wzrostu. Ścieki surowe (seria IIIb) wykazywały znacznie większy efekt fitotoksyczny w stosunku do testowanych roślin, w porównaniu z rezultatami otrzymanymi dla ścieków oczyszczonych.

Indeks mitotyczny komórek stożku wzrostu korzenia (IM)

Hamowanie mitotycznej aktywności jest uznawane za efekt cytotoksycznego działania substancji (Linnainmaa i in. 1978). Inhibicja indeksu mitotycznego (IM) powyżej 78% w stosunku do kontroli negatywnej może powodować śmierć testowanych organizmów (Antonsiewicz 1990), podczas gdy wzrost tej wartości powyżej 50% zazwyczaj prowadzi do stanu przedśmiertelnego (Sharma 1983, Panda i Sahu 1985).

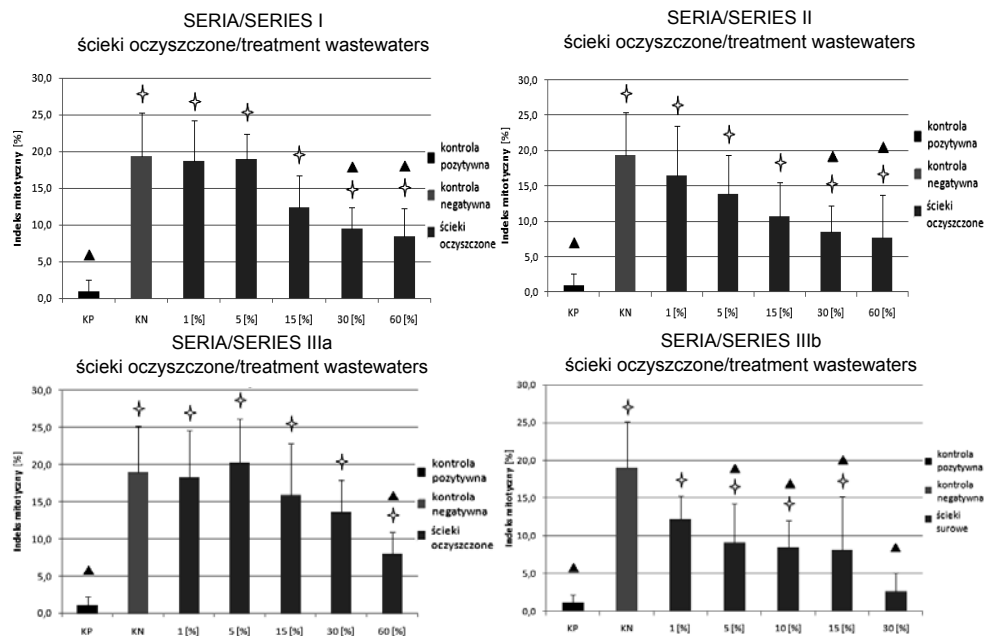
Uzyskane średnie wartości IM dla ścieków oczyszczonych były znacznie większe niż dla kontroli pozytywnej – hydrazidu maleinowego (rys. 1). W każdej badanej serii ścieków widoczna jest zależność liniowa między procentowym udziałem ścieków a wartością IM – im większe stężenie ścieków, tym mniejsza ilość zaobserwowanych mitoz. Przykładowo, dla serii II inhibicja IM dla 30- i 60-procentowego stężenia ścieków wyniosła odpowiednio 56 i 60%.

W komórkach roślin hodowanych na ściekach surowych (seria IIIb) zachodziło najmniej mitoz. Podobnie jak to miało miejsce przy porównywaniu inhibicji wzrostu roślin, najbardziej zauważalny efekt dla *Vicia faba* wykazały ścieki surowe. Ich 30-procentowa koncentracja spowodowała inhibicję indeksu mitotycznego o 86%, tworząc grupę statystycznie jednorodną z kontrolą pozytywną. Badany indeks mitotyczny w ściekach oczyszczonych osiąga najmniejsze wartości dla serii II.

Uzyskane średnie wartości IM w ściekach surowych są zdecydowanie mniejsze od kontroli negatywnej, którą stanowiła woda wodociągowa. Dopiero dla stężeń ścieków wynoszących 1% brak jest istotnych statystycznie różnic w wartościach IM w porównaniu z kontrolą negatywną.

Dong i Zhang (2010), prowadząc badania na temat genotoksycznego wpływu ścieków surowych z Koksowni Shanxi w Chinach na komórki *Vicia faba*, stwierdzili spadek indeksu mitotycznego w wierzchołkach korzeni rośliny testowej wraz ze wzrostem stężenia ścieków w przebadanym zakresie (od 2

do 50%). W stosunku do kontroli negatywnej autorzy ci wykazali statystycznie istotne różnice ($P = 95\%$) dla ścieków o stężeniu 5-procentowym i wyższym (10, 20 i 50%). Przy stężeniu 50-procentowym ścieków wykazano 85-procentowe obniżenie IM w stosunku do kontroli negatywnej, którą stanowiła w tym przypadku woda destylowana. Zbliżony spadek występowania mitoz zanotowano przy 30-procentowym stężeniu surowych ścieków koksowniczych (seria IIIb) – rysunek 1. Wynik taki może sugerować, że ścieki surowe pobrane z analizowanej koksowni z terenu Śląska powodowały większy efekt toksyczny niż ścieki po-



RYСУNEK 1. Wpływ ścieków koksowniczych na indeks mitotyczny u *Vicia faba*: KN – kontrola negatywna: woda wodociągowa, KP – kontrola pozytywna: hydrazyd maleinowy; ▲ – statystycznie istotna różnica w stosunku od kontroli negatywnej z $p = 95\%$, ☆ – statystycznie istotna różnica w stosunku od kontroli pozytywnej z $p = 95\%$

FIGURE 1. Impact coke wastewaters on Mitotic Index (IM) of *Vicia faba* root: KN – negative control: tap water, KP – positive control: maleic hydrazide; ▲ – statistically significant difference compared to negative control $p = 95\%$, ☆ – statistically significant difference in the ratio of the positive control $p = 95\%$

chodzące z Koksowni „Shanxi”. Większy efekt toksyczny badanych ścieków można wytłumaczyć obecnością większych stężeń zanieczyszczeń. Przykładowo zmierzona w prezentowanej pracy zawartość ChZT wynosiła 6494 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$, podczas gdy stężenie ChZT dla surowych ścieków z Shanxi (Chiny) wynosiło 1750 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$.

Zawartość mikrojąder (MN) w komórkach stożku wzrostu korzenia

Uważa się, że substancja jest genotoksyczna wtedy, jeżeli dawka substancji toksycznej jest proporcjonalna do częstości występowania komórek z mikrojądrami. W odniesieniu do grupy kontrolnej (nietraktowanej stresorem) zaobserwowany efekt powstawania mikrojąder jest powtarzalny oraz statystycznie znamienny w stosunku do grupy komórek kontrolnych (Qian 2004).

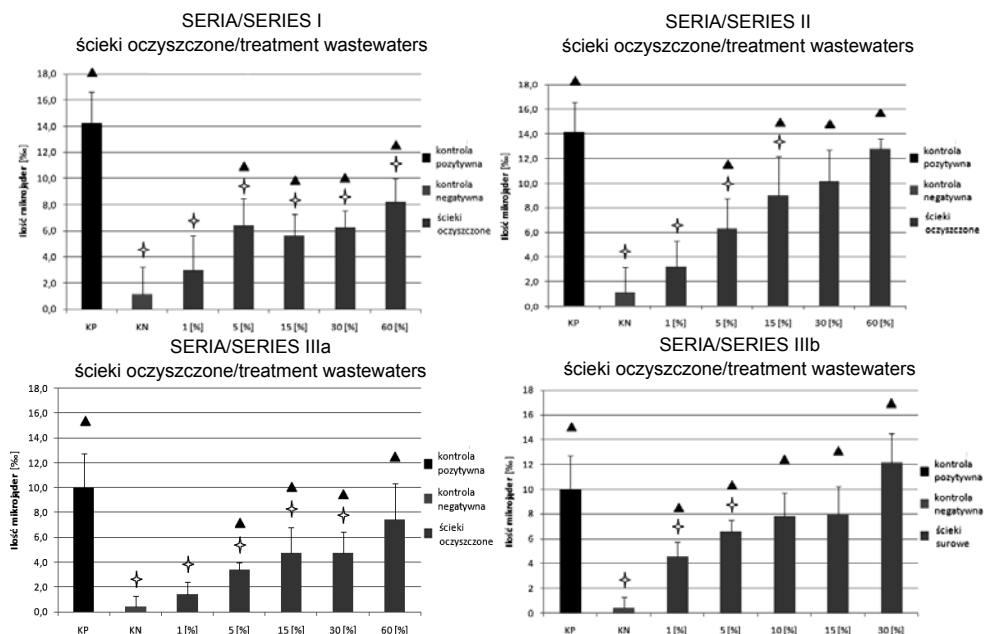
Oczyszczenie biologiczne ścieków zmniejszyło znacząco wartości MN w *Vicia faba* w każdym z testowanych stężeń serii I, II i IIIa w stosunku do wyników uzyskanych dla ścieków surowych (seria IIIb). Świadczy to o zmniejszeniu genotoksyczności ścieków w stosunku do testowanej rośliny. Niemniej jednak dopiero dla stężenia ścieków oczyszczonych, wynoszących 1%, test Manna-Whitneya nie wykazał statystycznie istotnych różnic między próbkami ścieków oczyszczonych a kontrolą prowadzoną na wodzie wodociągowej (z prawdopodobieństwem 95%) – rysunek 2.

Ilość MN obecnych w roślinach inkubowanych w ściekach serii IIIb różni się w sposób istotny statystycznie od kontroli negatywnej (woda wodociągo-

wa). Natomiast w przebadanym zakresie stężeń różnice istotne statystycznie w stosunku do kontroli pozytywnej (hydrzyd maleinowy) pojawiły się dopiero dla stężeń 1- i 5-procentowych ścieków surowych. Wartość średnia ilości MN dla próbki o największym 30-procentowym stężeniu (seria IIIb) wynosi 12,2‰ i jako jedyna ze wszystkich serii przekracza wartość MN dla kontroli pozytywnej.

Największą genotoksycznością, zarówno pod względem zawartości mikrojąder, jak i niskiego wskaźnika indeksu mitotycznego wśród ścieków oczyszczonych (serie I, II, IIIa), wyróżniają się ścieki serii II.

Oczyszczenie biologiczne ścieków zmniejszyło znacząco wartości MN w *Vicia faba* w każdym stężeniu serii I, II i IIIa. Świadczy to o zmniejszeniu się genotoksyczności ścieków w stosunku do testowanej rośliny. Dopiero jednak dla stężenia ścieków oczyszczonych wynoszących 1% test Manna-Whitneya nie wykazał statystycznie istotnych różnic między próbkami ścieków oczyszczonych a kontrolą prowadzoną na wodzie wodociągowej z prawdopodobieństwem 95%. Dong i Zhang (2010) przetestowali również ścieki koksownicze pod kątem liczby mikrojąder w komórkach *Vicia faba*. Podobnie jak w badaniach przeprowadzonych w niniejszej pracy, autorzy wykazali zwiększenie się liczby mikrojąder wraz ze wzrostem stężenia ścieków koksowniczych. Nawet przy najmniejszym, 2-procentowym stężeniu próbki różniły się z prawdopodobieństwem 95% od kontroli negatywnej.



RYСУNEK 2. Wpływ ścieków koksowniczych na liczbę mikrojąder u *Vicia faba*: KN – kontrola negatywna: woda wodociągowa, KP – kontrola pozytywna: hydrazyd maleinowy; ▲ – statystycznie istotna różnica w stosunku od kontroli negatywnej z $p = 95\%$, *+ – statystycznie istotna różnica w stosunku do kontroli pozytywnej z $p = 95\%$

FIGURE 2. Impact coke waste waters on Micronuclei level (MN) of *Vicia faba* root: KN – negative control: tap water, KP – positive control: maleic hydrazide; ▲ – statistically significant difference compared to negative control $p = 95\%$, *+ – statistically significant difference in the ratio of the positive control $p = 95\%$

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań zauważono, że pomimo bardzo zbliżonych wartości wskaźników zanieczyszczeń (rodanki, cyjanki, fenole i katehole) o działaniu genotoksycznym w ściekach oczyszczonych pobranych w różnych okresach ścieki serii II wykazywały największą mutagenność w stosunku do badanego organizmu – *Vicia faba*, co przedstawiają rysunki 1 i 2 oraz tabela 2. Największa genotoksyczność ścieków serii II wynika prawdopodobnie z tego, że charakteryzowały się

one największymi stężeniami substancji toksycznych, jakimi są cyjanki (tab. 1).

Przeprowadzone badania wykazały niebezpieczny poziom substancji toksycznych w ściekach oczyszczonych, które mogą prowadzić do inhibicji wzrostu oraz efektów cyto- i genotoksycznych. Ścieki koksownicze z terenu zakładu odprowadzane są do kolektora ścieków miejskich, skąd trafiają na mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków miejskich. Biorąc pod uwagę zarówno przepustowość projektową oczyszczalni miejskiej, jak i ilość generowanych ścieków koksowniczych, można oszacować, iż zawartość tych

ścieków wynosi 4%. Odprowadzane ścieki koksownicze stanowią dodatkowe, potencjalne źródło genotoksyczności dla miejskiej oczyszczalni.

Praca wskazuje na potrzebę monitorowania nie tylko wskaźników fizykochemicznych (w tym poziomu substancji toksycznych), ale również ich sumarycznego efektu na organizmy testowe w celu zabezpieczenia otaczającego nas środowiska.

Literatura

- ANTOSIEWICZ D. 1990 Analysis of the cell cycle in the root meristem of *Allium cepa* under the influence of Ledakrin. *Folia Histochem. Cytobiol.* 28: 79–96.
- BARTKIEWICZ B. 2006: Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- COTELLE S., MASFARAUD J., FERARD J. 1999: Assessment of the genotoxicity of contaminated soil with the *Allium/Vicia*-micronucleus and the Tradescantia – micronucleus assays. *Mutation Res.* 426: 161–171.
- DeMARCOA., OWCZAREKM., RAGLIONE M., LANZA B. 2005: Reduced clastogenic activity of malric hydrazide. In: *Vicia faba* seedlings grown in a situation of overcrowding stress. *Mutation Res.* 581: 133–139.
- DONG Y., ZHANG J. 2010: Testing the genotoxicity of coking wastewater using *Vicia faba* and *Hordeum vulgare* bioassays. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 73: 944–948.
- EI HAJJOUJI H., PINELLI E., GUIRESSE M., MERLINA G., RVEL J.-C., HAFIDI M. 2007: Assessment of the genotoxicity of olive mill waste water (OMWW) with the *Vicia faba* micronucleus test. *Mutation Res.* 643: 25–31.
- JANOSZ-RAJCZYK M. 2004: Biologiczne metody usuwania azotu z wybranych wód opadowych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- LINNAINMAA K., MERETOJA T., SORSA M., VAINTO H. 1978: Cytogenetic effects of styrene and styrene oxide. *Mutation Res.* 58: 277–286.
- MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHÜTTER H. 1975: Ścieki przemysłowe. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- MIKSCH K. 2000: Biotechnologia ścieków. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- MOLENDNA J. 1971: Technologia chemiczna. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- PANDA B.B., SAHU U.K. 1985: Induction of abnormal spindle function and cytokinesis inhibition. In: Mitotic cells of *Allium cepa* by the organophosphorus insecticide fensulfothion. *Cytobios* 42: 147–155.
- QIAN X. 2004: Mutagenic effects of chromium trioxide on root tip cells of *Vicia faba*. *Univ. Sci.* 5: 1570–1576.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 maja 1999 r. w sprawie warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych stanowiących mienie komunalne. Dz.U. z 1999 r. nr 50, poz. 501.
- SHARMA C. 1983: Plant meristems as monitor of genetic toxicity of environmental chemicals. *Curr. Sci.* 52: 1000–1002.

Summary

Genotoxicity of coke wastewaters.

Despite the fact that reduction of TOC and COD of about 90% was notated in treated coking wastewater, it still contains substances hazardous to health and life. The paper presents results of phyto- and genotoxicity tests of raw and treated sewage. The research methodology includes: measuring the length of the root and stem, the determination of the following two parameters: mitotic index (IM), the frequency of micronuclei (MN). The plant used in the test was *Vicia faba*. It has been shown negative impact of coke wastewater in all investigated aspects.

Author's address:

Piotr Sindera
Uniwersytet Śląski
Katedra Fizjologii Zwierząt i Ekotoksykologii
ul. Bankowa 9, 40-007 Katowice
Poland
e-mail: psindera@us.edu.pl

Ewa Felis, Jarosław Wiszniowski
Politechnika Śląska
Katedra Biotechnologii Środowiskowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice
Poland