

Mieczysław Rozmus, Marian Kobrzyński, Andrzej Kornaś,  
Maria Drewniak, Józef Krawczyk

## Wpływ związków chemicznych zawartych w wodach rzek Krakowa na cykl życiowy komórek merystematycznych korzeni bobu *Vicia faba* L.

### Streszczenie

Obiekt badań stanowiły korzenie uzyskane z nasion bobu (*Vicia faba* L.) hodowane na wodzie pobranej z Wisły, Wilgi i Białuchy (materiał traktowany) oraz na wodzie studziennej (materiał kontrolny). Przeprowadzone badania cytologiczne wykazały spadek aktywności mitotycznej, wyrażonej niższymi wartościami indeksu mitotycznego w porównaniu z kontrolą dla materiału hodowanego na wodach rzek: Wisły (ujęcie w Nowej Hucie), Wilgi (w obu ujęciach), oraz Białuchy (ujęcie I). Natomiast w materiale testowanym hodowanym na wodach Wisły (ujęcie I i II) oraz Białuchy (ujęcie II) stwierdzono stymulujące działanie substancji występujących w wodach tych rzek.

Analiza cytologiczna materiału testowanego wykazała obecność wszystkich stadiów podziałowych, jednakże liczba poszczególnych faz mitozy była niższa niż w kontroli, ponadto stwierdzono liczne anomalie w obrazach poszczególnych faz mitozy. Najczęściej spotykanymi zaburzeniami były: nieprawidłowa kongresja w płaszczyźnie równikowej, zwiększenie lepkości chromosomów, fragmentacje chromosomów, eliminacje fragmentów acentrycznych, nierównomierne rozchodzenie się chromosomów siostrzanych do biegunów oraz mosty anafazowe i telofazowe. W interfazie obserwowano jądra o różnych kształtach, uszkodzenia ich struktury (wżery) oraz jądra poliploidalne. W analizowanym materiale stwierdzono również zaburzenia cytokinezy, czego efektem było pojawienie się komórek dwu- i wielojądrowych.

### Wstęp

Zagrożenie środowiska naturalnego stało się przedmiotem licznych rozważań, dyskusji i badań. Powodem tak znacznego zainteresowania tym zagadnieniem są niekorzystne zmia-

ny jakie w wyniku działalności człowieka wystąpiły na całej kuli ziemskiej. Głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska jest przemysł emitujący chemiczne związki i substancje zanieczyszczające powietrze, glebę i wody. Skażenie wód stanowi szczególnie poważny problem dla naszego kraju (Przeździecki 1980).

Rzeka	Przekrój pom.–kontrol.	Kl. wg kryt. fiz.–chem.	Wskaźniki decydujące o klasyfikacji	Ogólna ocena	Plan
Wisła	Łączany km 38,0	non	Wskaźniki zasolenia, przewodnictwo elektrol., substancje organiczne i biogenne, warunki tlenowe, metale ciężkie, zawiesina	non	II
	Bielany km 69,2	non		non	
	Niepołomice km 102,0	non		non	
Wilga	Swoszowice km 6,6	non	Siarczany, przewodnictwo elektrolit., mangan	non	I
	Kraków km 0,5	non	Chlorki, siarczany, przewodnictwo elektrol., subst. rozpuszczone, BZT-5, ChZT-Cr	non	III
Prądnik-Białucha	pon. m. Skały km. 26,1	non	Fosforany, BZT-5, cynk	non	I
	Ojców km 24,0	III	Fosforany, zawiesina, BZT-5	non	I
	pon. Ojcowa km. 21,6	III	Fosforany	non	I
	Witkowice km 6,7	II	Fosforany, zawiesina	non	I
	Kraków km 0,3	non	Zawiesina	non	I

**Tabela 1. Klasyfikacja jakościowa wód rzeki Wisły i jej głównych dopływów (Turzański i wsp. 1995)**

Województwo krakowskie (obecnie wchodzące w skład województwa małopolskiego – przyp. autorów) w całości leży na terenie dorzecza górnej Wisły, która stanowi jego oś hydrograficzną. Jest regionem o najwyższym stopniu uprzemysłowienia kraju. Działalność przemysłu surowcowego, który dominuje na tym terenie doprowadziła do poważnej degradacji środowiska, stawia to Kraków na jednym z czołowych miejsc w Polsce wśród obszarów ekologicznego zagrożenia (Turzański 1993).

Świadectwem wieloletnich zaniedbań w zakresie ochrony środowiska jest statystyczny obraz województwa. Na obszarze stanowiącym 1% powierzchni kraju emitowane jest około 5% zanieczyszczeń pyłowych, około 8% zanieczyszczeń gazowych, do wód powierzchniowych odprowadzane jest 3% ścieków nie oczyszczonych, wytwarzane jest 2% odpadów przemysłowych uciążliwych dla środowiska (Turzański 1993).

W 1992 roku systematyczną kontrolą stanu czystości wód powierzchniowych płynących na terenie województwa krakowskiego objętych było 39 cieków wodnych, a łączna

długość kontrolowanych rzek i potoków wynosiła 524,1 km. Tylko 18,6 km rzek (3.5%) w stosunku do 524,1 km kontrolowanych w 1992 r. odpowiadało III klasie czystości. Pozostałe rzeki o łącznej długości 505,5 km tj. 96,5% nie odpowiadały żadnej z klas czystości, o tym w każdym przypadku zdecydowało ponadnormatywne zanieczyszczenie bakteriologiczne wyrażone wskaźnikiem miana *Coli* typu kałowego.

W zakresie zanieczyszczenia chemicznego ponad 23% badanej długości cieków stanowią wody II klasy czystości, około 28% – III klasy czystości, natomiast ponad 47% długości to wody nie spełniające wymogów norm dla przyjętej trzypostopniowej klasyfikacji – wody pozaklasowe.

Znaczący udział w tym bilansie ma rzeka Wisła, która stanowi 20% ogólnej badanej długości i w obrębie województwa jej wody na długości 105,6 km nie odpowiadają żadnej z klas czystości. Decydujące wskaźniki, mające wpływ na ponadnormatywne zanieczyszczenie Wisły to: zasolone śląskie wody kopalniane, substancje organiczne, warunki tlenowe, metale ciężkie i zawiesina (tabela 1).

Należy nadmienić, że w wodach powierzchniowych województwa krakowskiego kontynuuje się pomiary ogólnej aktywności beta. W 1992 roku radioaktywność wód Wisły kształtowała się na średnim poziomie 510,6 mBq/l, jest ona spowodowana głównie obecnością naturalnych izotopów potasu, występujących pod postacią rozpuszczonych soli nieorganicznych oraz zanieczyszczeń przemysłowych (głównie zasolonych wód kopalnianych Śląska). W 1992 roku maksymalna wartość aktywności beta dla Wisły wystąpiła w maju (982 mBq/l) i wrześniu (879,5 mBq/l). Są to wartości wyższe od odnotowanych w poprzednim roku, ale znacznie niższe od występujących w latach 1987–1988 po awarii w Czarnobylu (Turzański 1993) zobacz tabela 2.

WISŁA – Bielany				
Rok	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Wartość charak.
1983	188,8	450,5	355,8	446,8
1984	152,0	735,0	383,0	722,5
1985	128,3	896,0	425,1	984,6
1986	8502	104484	28758	–
1987	224,9	1809,2	752,8	1703,5
1988	94,7	2567,5	658,7	2249,6
1989	236,7	633,8	380,4	587,5
1990	243,8	675,1	442,7	661,1
1991	264,1	536,8	381,6	525,4
1992	191,5	982,0	510,6	930,7

Tabela 2. Poziom globalnej aktywności beta (mBq/l)

Woda rzeki Wilgi według kryterium fizykochemicznego na całej swej długości nie odpowiada obowiązującym normatywom według trzypostopniowej oceny klas czystości wód powierzchniowych. Decydującymi wskaźnikami klasyfikacji była tu ponadnormatywna obecność w wodach tej rzeki siarczanów, chlorków, manganu oraz przewodnictwo elektrolityczne, BZT–5, ChZT–Cr (tab. 1). Według kryterium saprobowości woda jej zaliczana jest do III klasy czystości, według kryterium bakteriologicznego nie odpowiada żadnym obowiązującym normom.

Wodę rzeki Białuchy według kryterium fizykochemicznego na dużym jej odcinku, bo aż do granic miasta (okolice ulicy Opolskiej, w tym ulica Jazowa) zaliczyć można do II klasy czystości wód, na dalszym odcinku (w obrębie miasta) do III klasy czystości. Decydującymi tu wskaźnikami były: obecność fosforanów, zawiesiny, BZT-5. Według kryterium saprobowości wody Białuchy należy zaliczyć do III klasy czystości wód powierzchniowych, a według kryterium bakteriologicznego wody te nie odpowiadają obowiązującym normatywom. Według oceny ogólnej wody Wisły, Wilgi i Białuchy na całej swej długości w obrębie miasta nie odpowiadają obowiązującym normatywom (Turzański 1993, 1995). Zobacz tabela 1.

Celem przeprowadzonych badań było stwierdzenie, czy zanieczyszczenia zawarte w wodach rzek: Wisły, Wilgi i Białuchy wywierają wpływ na zmiany aktywności mitotycznej komórek merystematycznych stożków wzrostu korzeni testowanych roślin, przebieg procesu mitozy z uwzględnieniem ilościowym poszczególnych faz podziałowych w porównaniu do materiału kontrolnego oraz wystąpienie nieprawidłowości w interfazie i poszczególnych fazach mitozy, a ponadto czy zawarte w wodach związki indukują aberracje chromosomowe.

## Material i metody

Obiekt badań stanowiły korzenie uzyskane z nasion bobu (*Vicia faba* L.). Równocześnie z hodowlą kontrolną, w której nasiona kiełkowano na bibule nawilżonej wodą pobraną ze studni głębinowej przy ulicy Podchorążych w Krakowie, prowadzono hodowlę doświadczalną na wodach pochodzących z rzek Wisły, Wilgi i Białuchy. Przez cały czas prowadzenia hodowli bibulę zwilżano w przypadku kontroli wodą studzienną, natomiast w przypadku materiału traktowanego – wodą rzeczną. Wodę do badań pobierano z następujących ujęć:

Wisła: I ujęcie – w okolicy Bielania, II ujęcie – w zakolu rzeki pod Wawelem, III ujęcie – na terenie Nowej Huty

Wilga: I ujęcie – w Zbydniowicach pod Krakowem, II ujęcie – przy ujściu rzeki do Wisły w okolicy hotelu „Forum”

Białucha: I ujęcie – przy ul. Jazowej na Prądniku Białym, II ujęcie – przy ul. Grochowskiej w Śródmieściu.

Hodowlę prowadzono od kwietnia do maja 1991 r. Do hodowli użyto 80 nasion bobu. Po 18 dniach hodowli, gdy korzenie boczne osiągnęły długość około 1–2 cm pobierano je do utrwalacza Carnoy'a. Materiał pobierano między godziną 12<sup>00</sup> a 13<sup>00</sup> z 10 nasion w każdej próbie i w kontroli. Następnie nasiona przeniesiono do doniczek z ziemią w szklarni, podlewano systematycznie wodą studzienną (materiał kontrolny) i wodą pobraną z odpowiednich rzek (materiał doświadczalny). Celem tej części doświadczenia było prześledzenie ewentualnych zmian morfologicznych u hodowanych roślin.

Stożki wzrostu korzenia barwiono cytochemiczną reakcją Feulgena, a następnie sporządzano trwałe preparaty mikroskopowe. Po odwodnieniu zamykano je w balsamie kanadyjskim. Tak przygotowane preparaty analizowano pod kątem przebiegu cyklu życiowego w komórkach, biorąc pod uwagę aktywność mitotyczną (w tym celu obliczano indeks mitotyczny) oraz liczbę zaburzeń występujących w przebiegu mitozy w materiale traktowanym w porównaniu z kontrolą. Po dokonanych analizach sporządzono dokumentację fotograficzną.

## Wyniki badań

Przeprowadzone badania cytologiczne wykazały, że związki chemiczne i zanieczyszczenia znajdujące się w wodach analizowanych rzek wywierają wpływ na cykl życiowy roślin hodowanych na tych wodach. W analizowanym materiale stwierdzono mitodepresyjny wpływ związków chemicznych. W przypadku Wisły u roślin hodowanych na wodzie tej rzeki pochodzącej z ujęcia w Nowej Hucie stwierdzono nieznaczny spadek aktywności mitotycznej komórek w stosunku do kontroli. Podobne zjawisko obserwowano w przypadku roślin hodowanych na wodzie pobranej z Wilgi w obu ujęciach oraz Białuchy w pierwszym ujęciu – ul. Jazowa (tabela 3).

W materiale traktowanym hodowanym na wodzie Wisły pobranej na Bielanych oraz pod Wawelem stwierdzono stymulujące działanie na rośliny substancji w niej zawartych. Podobny efekt obserwowano u roślin hodowanych na wodzie Białuchy pobranej na terenie śródmieścia – ul. Grochowska (tabela 3). Obliczenia statystyczne z zastosowaniem testu  $\chi^2$  wykazały jednak, że obserwowane odchylenia w stosunku do kontroli są statystycznie nieistotne.

Na wzrost aktywności mitotycznej komórek roślin hodowanych na wodzie Wisły mogą mieć wpływ substancje organiczne i biogenne w niej występujące (tabela 1), powodując eutrofizację środowiska, a tym samym stwarzając dobre warunki dla rozwoju roślin. Podobny efekt obserwowano u roślin hodowanych na wodzie Białuchy pobranej w śródmieściu, lecz tu dodatkowym czynnikiem może być zanieczyszczenie jej wód zawiesiną i związkami organicznymi pochodzącymi z sieci kanalizacyjnej tego rejonu miasta. Na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie za rok 1992. wody rzeki Białuchy według kryterium fizykochemicznego na terenie miasta Krakowa nie odpowiadają normom czystości wód śródlądowych, podczas gdy na odcinku wcześniejszym (punkt kontroli Witkowice) są zaliczane do II klasy czystości wód śródlądowych. Według ogólnej oceny wody tej rzeki na całej długości nie odpowiadają normom (tabela 1).

Pomimo stwierdzonych statystycznie nieistotnych odchyień w przebiegu cyklu życiowego w komórkach merystematycznych stożków wzrostu korzeni bobu (*Vicia faba* L.) w stosunku do kontroli, w materiale traktowanym występują liczne zaburzenia w przebiegu mitozy.

Analizując obrazy poszczególnych faz mitozy należy stwierdzić, że największy udział zaburzeń zaobserwowano u roślin hodowanych na wodzie Białuchy pobranej przy ul. Grochowskiej (w Śródmieściu), nieco mniej zaburzeń u roślin hodowanych na wodach pobranych z innych analizowanych rzek. Najmniej zaburzeń stwierdzono w materiale hodowanym na wodzie pobranej z Wisły we wszystkich ujęciach (tabela 4).

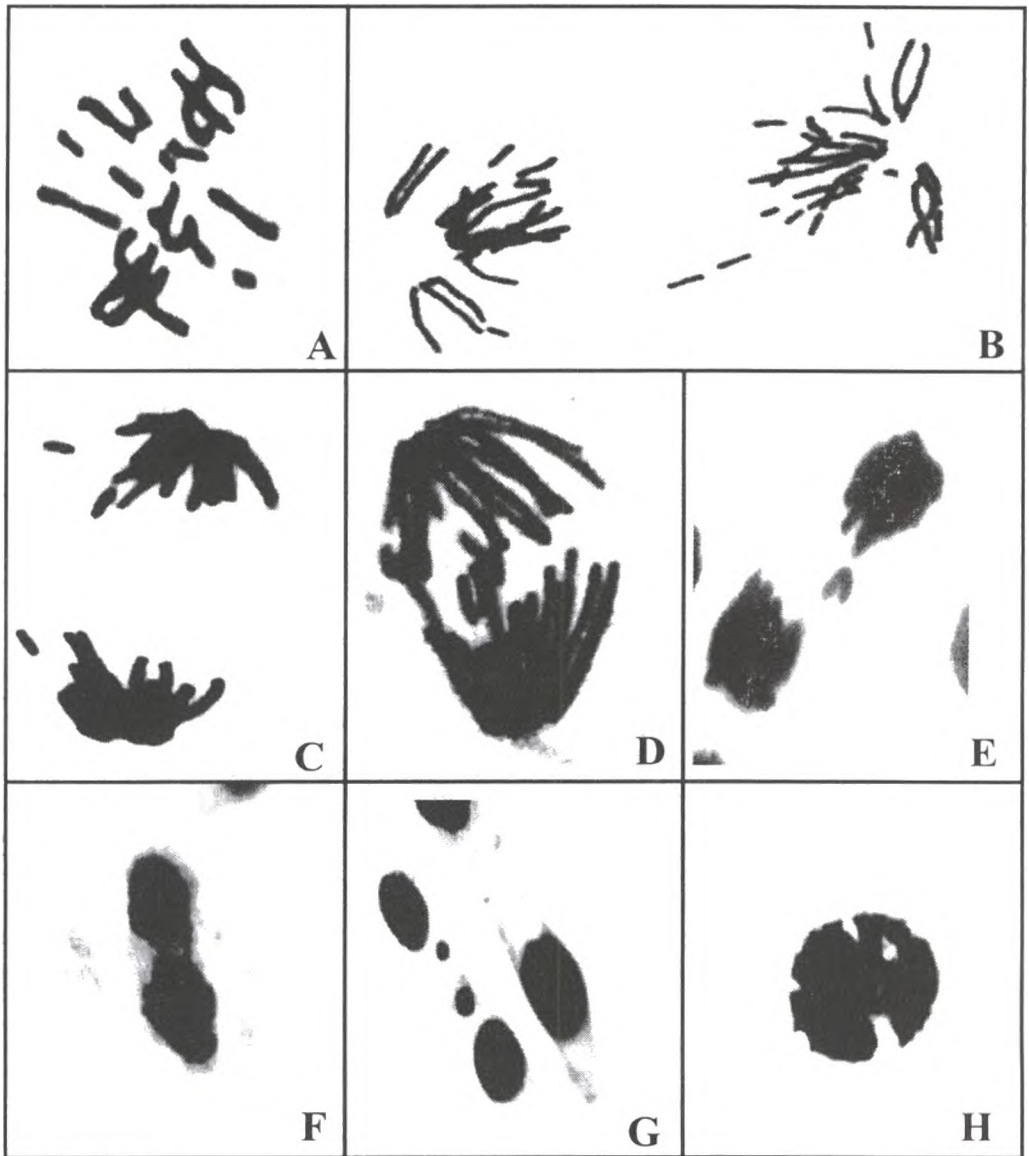
Najczęściej obserwowanymi zaburzeniami we wszystkich próbach były: nieprawidłowa kongresja w płaszczyźnie równikowej, zwiększenie lepkości chromosomów, fragmentacje chromosomów, eliminacje fragmentów acentrycznych, nierównomierne rozchodzenie się chromosomów siostrzanych do biegunów oraz liczne mosty anafazowe i telofazowe. W interfazie obserwowano liczne jądra o różnych kształtach, uszkodzenia ich struktury (wżery) oraz ich poliploidyzację. Wybrane przykłady zaburzeń w obrazie mitozy w stożkach wzrostu korzeni bobu *Vicia faba* L. przedstawia fig. 1 A–H.

Rzeka	Ujęcie wody	Ogólna liczba komórek	I. liczba mitoz	Indeks fazowy				Indeks mitotyczny
				profaza	metafaza	anafaza	telofaza	
Wisła	Kontrola	5000	1080	928 18,6%	83 1,7%	43 0,9%	23 0,5%	21,6%
	I Bielany	5000	1251	1053 21,1%	115 2,3%	45 0,9%	38 0,8%	25,0%
	II Wawel	5000	1138	946 18,9%	84 1,7%	61 1,2%	47 0,9%	22,8%
Wilga	III N. Huta	5000	1019	825 16,5%	89 1,8%	56 1,1%	49 1,0%	20,4%
	I Zbydniowice	5000	916	641 12,8%	148 3,0%	103 2,1%	24 0,5%	18,3%
	II Ujście do Wisły	5000	930	723 14,5%	111 2,2%	62 1,2%	34 0,7%	18,6%
Białucha	I ul. Jazowa	5000	921	787 15,7%	48 1,0%	67 1,3%	19 0,4%	18,4%
	II ul. Grochowska	5000	1400	1256 25,1%	56 1,1%	62 1,2%	26 0,5%	28,0%

*Tabela 3. Indeks mitotyczny i fazowy w komórkach merystatycznych korzeni bobu *Vicia faba* L. w materiale kontrolnym i hodowanym na wodach rzek Krakowa*

Rzeka	Ujęcie wody	Ogólna liczba komórek	Interfaza	Fazy mitozy				Ogółem
				profaza	metafaza	anafaza	telofaza	
<b>Wisła</b>	I Bielany	5000	24 0,5%	17 0,3%	5 0,1%	8 0,2%	1 0,02%	55 1,1%
	II Wawel	5000	36 0,7%	13 0,3%	5 0,1%	10 0,2%	6 0,1%	70 1,4%
	III N. Huta	5000	27 0,5%	23 0,5%	7 0,1%	13 0,3%	4 0,1%	74 1,5%
<b>Wilga</b>	I Zbydniowice	5000	0 0,0%	41 0,8%	66 1,3%	80 1,6%	5 0,1%	192 3,8%
	II Ujście do Wisły	5000	0 0,0%	66 1,3%	72 1,4%	55 1,1%	8 0,2%	201 4,0%
<b>Białucha</b>	I ul. Jazowa	5000	92 1,8%	111 2,2%	31 0,6%	30 0,6%	4 0,1%	268 5,4%
	II ul. Grochowska	5000	152 3,0%	189 3,8%	44 0,9%	47 0,9%	8 0,2%	440 8,8%

*Tabela 4. Zaburzenia w komórkach merystatycznych korzeni bobu *Vicia faba* L. w materiale hodowanym na wodach rzek Krakowa*



**Fig. 1.** Zakłócenia w obrazie mitozy w stożkach wzrostu korzeni *Vicia faba* L.: **A.** Fragmentacja i eliminacja chromosomów w metafazie; **B.** Eliminacja i fragmentacja chromosomów w anafazie; **C.** Eliminacja fragmentów chromosomów w anatelofazie; **D.** Efekt mostu anafazowego i eliminacje; **E.** Eliminacja chromosomu w telofazie; **F.** Jądro biszkoptowe; **G.** Komórki z mikrojądrami; **H.** Jądro z ubytkiem chromatyny (z „wzere”)



Wszystkie te anomalie mogą prowadzić do powstania komórek potomnych o nierównoważnych liczbach chromosomów. W analizowanym materiale stwierdzono również zaburzenia cytokinezy, czego efektem było pojawienie się komórek dwu- i wielojądrowych.

Sz szczególnie mutageny wpływ związków chemicznych i substancji zawartych w wodach analizowanych rzek – Wisły, Wilgi i Białuchy – obserwowano u roślin hodowanych na wodach pobranych z drugiego ujęcia, tj. z terenu Śródmieścia (tabela 3, 4).

Obserwację roślin prowadzono od momentu kiełkowania aż do fazy kwitnienia. W początkowym etapie wzrostu rośliny traktowane były wyższe od roślin kontrolnych. W toku rozwoju wysokość roślin wyrównała się, a w czasie kwitnienia rośliny kontrolne były wyższe od roślin traktowanych. Rośliny kontrolne wykazywały większą trwałość i sztywność pędów. Rośliny doświadczalne posiadały pędy wiotkie, słabe i zniekształcone (głównie z ujęcia drugiego). Zaobserwowano też różnice w ilości kwiatów na korzyść roślin kontrolnych. Rośliny hodowane na wodzie z ujęcia drugiego wykazywały ponadto niedorozwój blaszek liściowych.

## Dyskusja i wnioski

Przeprowadzone badania cytologiczne wykazały, że związki chemiczne zawarte w analizowanych wodach rzek Wisły, Wilgi i Białuchy wywierają istotny wpływ na przebieg cyklu życiowego komórek merystematycznych stożków wzrostu korzeni badanych roślin. W materiale traktowanym obserwowano zmiany indeksu mitotycznego i liczne zaburzenia w przebiegu poszczególnych faz mitozy. Zakłócenia cyklu życiowego pojawiały się w materiale traktowanym z różną częstotliwością, lecz zawsze więcej ich było w materiale hodowanym na wodzie pochodzącej z drugiego ujęcia, tj. z terenu miasta.

Obniżoną aktywność mitotyczną jak i różne zaburzenia w przebiegu cyklu życiowego komórek obserwowano wielu autorów pod wpływem wielu czynników: siarczanu magnezu (Abraham i Nair 1989), herbicydów (Herichova 1968; Rozmus, Piskorek 1970; Jagoda 1980; Kiedrowska i wsp. 1988; Samborska-Ciana 1987; Badr, Ibrahim 1987), par jodu (Wajda 1963), pestycydów (Amer i wsp. 1969).

Klein i wsp. (1985), badając wpływ Kaptanu 50 na cykl życiowy roślin, wykazała inhibicyjne działanie tego związku na podziały komórkowe.

W materiale traktowanym stwierdzono także stymulujące działanie związków chemicznych zawartych w wodzie Białuchy (II ujęcie) i Wisły na cykl życiowy komórki. Rao i wsp. (1988) badając wpływ insektycydu – eneosulfach, stwierdził stymulujący wpływ tego związku na wzrost aktywności mitotycznej u *Allium cepa* L. Mitodepresyjne względnie stymulujące działanie danego środka w dużej mierze uzależnione jest od jego koncentracji i czasu działania (D'Amato 1954; Kubiak i wsp. 1972; Sokołowska-Kulczycka 1975; Rao i wsp. 1988).

Analizując przebieg mitozy w materiale traktowanym stwierdzono, że związki chemiczne zawarte w wodach badanych rzek powodują wzrost ilości profaz w stosunku do innych faz mitozy co może świadczyć o ich wpływie na szybsze przejście jąder interfazowych do stadium profazy (Rozmus 1966).

Aktywność mitodepresyjną przejawiają również związki rtęci (Bielecki 1974; Sokołowska-Kulczycka 1975). Inhibicyjne działanie wykazują również chlorki i cynk w wyż-

szych stężeniach, których obecność stwierdzono w wodach Wisły i Wilgi. Badania nad wpływem tych związków prowadziła m.in. Herichova (1968).

W materiale hodowanym na wodach pobranych z rzek stwierdzono liczne zaburzenia w przebiegu mitozy. Zwiększoną lepkość chromosomów wykazali w swych pracach i inni autorzy (Bielecki 1974; Misra 1982). Mosty ana- i telofazowe obserwowali wcześniej Rao i wsp. (1988), Abraham, Nair (1989) i inni.

Zaburzenia mitozy obserwowała Klein (1985), badając wpływ pestycydów i zawartych w nich substancji biologicznie czynnych w komórkach merystematycznych *Allium cepa* L. Stwierdziła, że pochodne 8-hydroksychinoliny indukowały zmiany w przebiegu mitozy i powodowały liczne zaburzenia metafazy i anafazy, których przyczyną było wadliwe funkcjonowanie wrzeciona kariokinetycznego.

Często spotykanym zjawiskiem w materiale traktowanym była fragmentacja i eliminacja części lub całego chromosomu, prowadząca w efekcie końcowym do powstania mikrojąder. Eliminacje i fragmentacje chromosomów mogą być wynikiem lepkości matriks chromosomów, bądź wadliwego wykształcenia wrzeciona kariokinetycznego. Pęknięcia, fragmentacje i eliminacje chromosomów obserwowali również: Abraham, Nair (1989) traktując *Vicia faba* L. siarczanem magnezu, Jagoda (1980) herbicydami – Alipurem i Liro, Bielecki (1974), Sokółowska-Kulczycka (1975) związkami rtęci, Misra (1982) związkami wapnia.

De Marco i wsp. (1988) wykazali mutagenny wpływ soli kadmu i chromu na komórki merystematyczne *Vicia faba* L. Rośliny potraktowane metalami ciężkimi charakteryzowały się znacznymi uszkodzeniami wrzeciona podziałowego.

Klein (1990) testowała działanie insektycydu Ambusz 25 EC na procesy mitozy w komórkach merystematycznych stożków wzrostu korzeni *Allium cepa* L. Insektycyd ten wywołał zmiany C-mitotyczne, których liczba zależała od temperatury i czasu traktowania badanym preparatem.

W materiale traktowanym obserwowano eliminacje i fragmentacje chromosomów, które w dalszym etapie rozwoju prowadzą do powstania mikrojąder. Obecność mikrojąder badali i obserwowali w swych pracach Yamamoto i Kikuchi (1980), Panda i Sahu (1985), Dash i wsp. (1988), De Marco i wsp. (1988). Dowiedli oni, że pojawienie się mikrojąder jest związane ze źle funkcjonującym wrzecionem podziałowym.

W materiale hodowanym na wodach pobranych z testowanych rzek obserwowano również takie anomalie, jak: nadmierna lepkość chromosomów, jądra poliploidalne i komórki dwujądrowe. Podobne zaburzenia w przebiegu mitozy obserwowali wspomniani wyżej autorzy oraz Misra (1982).

W analizowanym materiale stwierdzono również anomalie dotyczące morfologii chromosomów. Świadczą one o mutagennym działaniu związków zawartych w wodach analizowanych rzek. Fiskesjö (1969) badając wpływ m.in. fungicydu Betoxin stwierdził, że wysokie koncentracje tej substancji powodują śmierć komórek, ale przy zastosowaniu niższych stężeń toksyczne działanie tego związku maleje. Następuje jednak wzrost zaburzeń, pojawiają się C-mitozy, wrzeciona wielobiegunowe oraz fragmentacje chromosomów.

W materiale traktowanym stwierdzono liczne uszkodzenia jąder interfazowych w postaci tzw. wzerów, w wyniku których nastąpiła eliminacja części materiału genetycznego. Podobne efekty obserwowali w swych pracach Misra (1982), Rao i wsp. (1988).

Reasumując należy stwierdzić, że związki zawarte w wodach badanych rzek wpływają na przebieg cyklu życiowego komórek merystematycznych roślin hodowanych na tych wodach. Wywołują liczne zaburzenia w poszczególnych fazach mitozy, wykazują więc działa-

nie mitodepresyjne. Szczególnie mutagenny wpływ obserwowano u roślin hodowanych na wodach pobranych z drugiego ujęcia każdej z rzek, tj. z terenu miasta.

## Literatura

- Abraham S., Nair R. (1989), *Production of mitotic abnormalization by magnesium sulfate in Vicia faba L.*, Cytologia 54: 559–563
- Amer S.M., Ali E.M. (1969), *Cytological effect of pesticides N. Mitosis effect of some phenols.* Cytologia 34: 533–540
- Badr A., Ibrahim A.G. (1987), *Effect of herbicide Glean on mitosis, chromosomes and nucleic acids in Allium cepa and Vicia faba root meristems*, Cytologia 52: 293–302
- Bielecki E. (1974), *The influence of phenyl mercury acetate on mitosis and chromosome structure in Allium cepa*, Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 17: 119–132
- D'Amato F. (1954), *Action des facteurs physiques et chimiques sur la mitose*, Rapp. et Comm. Congrès Intern. de Bot. Sect. 9, 10: 1–9. Paris
- Dash S., Panda K., Panda B. (1988), *Biomonitoring of low levels of mercurial derivatives in water and soil by Allium micronucleus assay*, Mutation Research 203: 11–21
- De Marco A., Paglilunga S., Rizzoni N., Testa A., Trina S. (1988), *Induction of micronuclei in Vicia faba root tips treated with heavy metals (cadmium and chromium) in the presence of NTA*, Mutation Research 206: 311–315
- Fiskesjö G. (1969), *Some results from Allium test with organic mercury halogenides*, Hereditas 61: 314–322
- Herichova A. (1968), *Vplyv C-isopropyl-N-fenylokarbamatu na mitozu*, Biologia 23: 536–540
- Jagoda M. (1980), *Cytological disturbances in Allium cepa L. root – meristems induced by herbicides*, Acta Biol. Crac., Ser. Bot. XXII/2: 189–211
- Klein M., Kozera W., Bakuniak E. (1985), *Wpływ nowych substancji biologicznie czynnych – potencjalnych pestycydów na podziały mitotyczne u Allium cepa*, Genetica Polonica 26, 3: 361–366
- Klein M. (1990), *C-mitotic action of the insecticide Ambush 25 EC in Allium cepa. L.*, Genetica Polonica 31, 2: 107–113
- Kiedrowska M., Osiecka R., Hübner H. (1988), *Kolchicynopodobny efekt działania herbicydu Chwastox Płynny 30 na komórki Vicia faba L. minor*, Genetica Polonica 29, 1: 53–58
- Kubiak R., Kocwa-Haluch R., Smyk B. (1972), *The influence of metabolites of Aspergillus flavus Link and Penicillium meleagrinum*, Acta Biol. Crac., Ser. Bot. 18: 116–137
- Misra M.P. (1982), *Effects of Calcium Sats on Allium cepa chromosomes*, Cytologia 47: 47–51
- Panda B., Sahu K. (1985), *Induction of abnormal spindle function and cytokinesis inhibition in mitotic cells of Allium cepa by organophosphorus insectide Fesulfothion*, Cytobios. 42: 147–155
- Przeździecki W. (1980), *Skażenie środowiska naturalnego*, PWN, Warszawa
- Rao B.V., Rao B.G.S., Sharma C.B. (1988), *Cytological effect of herbicides and insecticides on Allium cepa root meristems*, Cytologia 53: 255–261
- Rozmus M. (1966), *Wpływ nukleinianu sodowego na przebieg mitozy w komórkach siewek Secale cereale*, Genetica Polonica 7, 3–4: 125–136

- Rozmus M., Piskorek K. (1970), *Wpływ dwusiarczanu czterometylotiuuramu (TMTD) na przebieg podziałów mitotycznych w komórkach merystematycznych Secale cereale L.*, Rocznik Nauk.-Dydakt. WSP 39, Prace Botaniczne III: 77–83
- Samborska–Ciania A. (1987), *Cytogenetic disturbances in germinating seeds of broad bean (Vicia faba L. var. minor beck) caused by herbicide Avadex BW*, Genetica Polonica 28: 276–283
- Sokołowska–Kulczycka A. (1975), *The influence of the fungicide „R” on root tip mitoses of diploid and tetraploid Secale cereale L.* Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 18: 116–137
- Turzański K.P. (red.) (1993), *Informacja o stanie środowiska w województwie Krakowskim w 1992 roku*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Kraków
- Turzański K.P., Wertz J. (red.) (1995), *Raport o stanie środowiska w województwie krakowskim w 1994 roku*, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Kraków
- Wajda L. (1963), *Action of iodine vapour on mitoses in root tips of Secale cereale*, Acta Soc. Bot. Pol. 32–33: 553–574
- Yamamoto K., Kikuchi Y. (1980), *A comparison of diameters of micronuclei inducent by clastogen and by spindle poisons*, Mutation Res. 71: 189–211