

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

## Aktywność mitotyczna i przebieg mitozy w komórkach merystematycznych stożków wzrostu korzeni *Allium cepa* L. traktowanych herbicydem Dacthalem

### Streszczenie

W pracy badano efekt oddziaływania Dacthalu (herbicyd, ester metylowy kwasu 2,3,5,6–czterochloroftalowego) przez 12, 24 i 48 godzin na komórki merystematyczne korzeni cebuli *Allium cepa* L. W wyniku analiz stwierdzono, że wartość indeksu mitotycznego (poza niewielkim wzrostem w pierwszych godzinach traktowania) była niższa w porównaniu z kontrolą i malała w miarę czasu traktowania. Dowodzi to, że Dacthal jest herbicydem o mitodepresyjnym działaniu.

Obserwacje poszczególnych faz mitozy wykazały, że Dacthal indukuje liczbowe i strukturalne aberracje chromosomowe oraz hamuje funkcjonowanie zarówno wrzeciona kariokinetycznego jak i cytokinetycznego. Zaburzenia w funkcjonowaniu wrzeciona kariokinetycznego były przyczyną nieprawidłowego rozdziału chromosomów do jąder potomnych. Prowadziło to do formowania jąder o aneuploidalnych liczbach chromosomów. Występowanie jąder o podwójnych liczbach chromosomów było konsekwencją inaktywacji wrzeciona i obecności C–mitoz (efekt turbogeniczny). Dwu- i wielojądrowe komórki były formowane jako rezultat zahamowania cytokinezy. W materiale traktowanym obserwowano również wielobiegunowość wrzeciona, eliminacje i fragmentacje chromosomów, mosty ana- i telofazowe oraz komórki z mikrojądami. Procent zaburzeń wzrastał wraz z wydłużaniem czasu działania herbicydu.

Test *recovery* wykazał, że Dacthal nie zakłóca w sposób trwały metabolizmu komórki. Po przeniesieniu cebul do wody aktywność mitotyczna stopniowo wzrastała, a procent zaburzeń się obniżał. Jednakże parametry te nigdy nie pokrywały się z danymi materiału kontrolnego.

## Wstęp

Pestycydy jako substancje obce i często toksyczne dla roślin, a pośrednio również dla zwierząt i człowieka mogą wywoływać w nich zmiany pozytywne i negatywne. Dodatni wpływ, poza zmniejszeniem lub całkowitym wyeliminowaniem szkodników, chwastów i grzybów, przejawia się w stymulacji przemiany materii i zwiększeniu plonów, a także w immunizacji, czyli następczym uodpornieniu. Zabezpiecza to rośliny przed czynnikami chorobotwórczymi na kolejne lata (Borecki 1996).

Coraz częstsze stosowanie środków ochrony roślin pociąga za sobą również pewne niebezpieczeństwa. Ujemny wpływ pestycydów może poza zmianami biocenotycznymi prowadzić m.in. do immunizacji patogenów i narastaniu szkodliwej mikroflory, hamowania wzrostu i rozwoju, zaburzeń metabolizmu, a także do systematycznego spadku żywotności roślin (Grzesiuk 1973; Achremowicz 1993).

Pestycydy cechuje duża różnorodność klasyfikacji. Jednym z najczęściej stosowanych kryteriów podziału jest ich przeznaczenie. Według Grzesiuka (1973) obecnie stosowane są w rolnictwie następujące typy pestycydów: insektycydy i akaracydy (do zwalczania szkodników), fungicydy i bakteriocydy (do zwalczania chorób), herbicydy (do zwalczania chwastów), defolianty (do wywoływania wcześniejszego opadania liści), desykanty (do przyspieszania dojrzewania), stymulatory wzrostu (do pobudzania kiełkowania, wzrostu i rozwoju), retardanty i inhibitory (do hamowania wzrostu i spoczynku różnych organów) oraz inne działające jako chemiczne sterylizatory.

Zastosowany w niniejszej pracy pestycyd Dacthal, należy do herbicydów. Rośliny reagują na herbicydy różnie. Ich aktywność zależy nie tylko od właściwości chemicznych, fizycznych i toksykodynamicznych, ale również od morfologicznej budowy roślin, szybkości przenikania herbicydu do tkanek i przemieszczania się w nich, a także od metabolizmu rośliny. Pod wpływem herbicydów mogą zachodzić w roślinie zmiany ilościowe i jakościowe niektórych endogennych substancji czynnych chemicznie np. nagromadzenie się azotynów, zmiana składu aminokwasów, zmniejszenie zawartości cukrów, wapnia, magnezu itp. (Czerniakowski 1995).

Testowany w niniejszej pracy herbicyd Dacthal, zwany inaczej metylochlo-roftalanem, jest estrem metylovym kwasu 2,3,5,6-czterochloro-ftalowego i należy do dużej grupy karbaminianów. Dacthal stosuje się do zwalczania jednorocznych chwastów jednoliściennych i niektórych dwuliściennych w uprawie cebuli, czosnku, kapusty. Stosuje się go przedwzschodowo.

Z danych publikowanych w literaturze wynika, że podejmowano rozmaite badania na temat skuteczności wprowadzonych do praktyki rolniczej herbicydów oraz ich wpływu na rośliny uprawne. Są to głównie prace podjęte dla potrzeb praktyki rolniczej, które nie odzwierciedlają jednak procesów cytogenetycznych (Key i Hanson 1961; Masztakow 1971; Rożek 1982). Analizując literaturę cytologiczną (Rozmus, Piskorek 1970; Sokołowska-Kulczycka 1975; Skorupska 1975, 1976; Jagoda 1980; Klein, Kozera 1988) stwierdza się, iż pestycydy indukują wiele zmian na poziomie molekularnym, są przyczyną nieprawidłowości w przebiegu cyklu mitotycznego, zmian w jądrach interfazowych, a także przyczyną aberracji liczbowych i strukturalnych chromosomów.

Sygnalizowany przez wielu autorów problem wpływu herbicydów na rośliny uprawne stał się bodźcem do podjęcia badań nad wpływem Dacthalu na cykl życiowy komórek merystematycznych korzeni *Allium cepa* L. W pracy skoncentrowano się na analizie obrazów jąder interfazowych, obrazów poszczególnych faz mitozy oraz analizie aktywności mitotycznej.

## Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły cebule *Allium cepa* L. Hodowle prowadzono w naczyniach z wodą wodociągową w temperaturze pokojowej. Po wypuszczeniu korzeni, cebule podzielono na dwie grupy: kontrolną i doświadczalną. Hodowla kontrolna pozostawała w wodzie wodociągowej, natomiast cebule doświadczalne o długości korzeni około 2 cm zanurzone w roztworze Dacthalu 90g/2l wody (roztwór sporządzono według zaleceń producenta). Po 12, 24 i 48 godzinach traktowania herbicydem pobrano korzenie i przeniesiono do utrwalacza Carnoy'a, a następnie przeprowadzono cytochemiczną reakcję Feulgena, barwiąc odczynnikiem Schiffa przez około 2 godziny. Preparaty rozgniotowe z wybarwionych stożków wzrostu korzenia wykonano w kropli 45% kwasu octowego. Preparaty po odwodnieniu zamykano w balsamie kanadyjskim. Aktywność mitotyczną wyrażono wartościami indeksu mitotycznego. Dla każdej serii analizowano ponad 5000 komórek. Hodowlę założono o godz. 12<sup>00</sup>, a pierwszy materiał do analiz pobrano po upływie 12 godzin tj. o godzinie 24<sup>00</sup>. W celu stwierdzenia trwałości zmian wywołanych traktowaniem Dacthalem, przeprowadzono test *recovery*. I tak, cebule traktowane herbicydem przez 24 i 48 godzin przenoszono następnie na taki sam okres do wody. Badania te dotyczyły, podobnie jak i w przypadku wcześniej analizowanego materiału kontrolnego i traktowanego, określenia aktywności mitotycznej oraz frekwencji występujących zaburzeń.

## Wyniki badań

### A. Materiał kontrolny

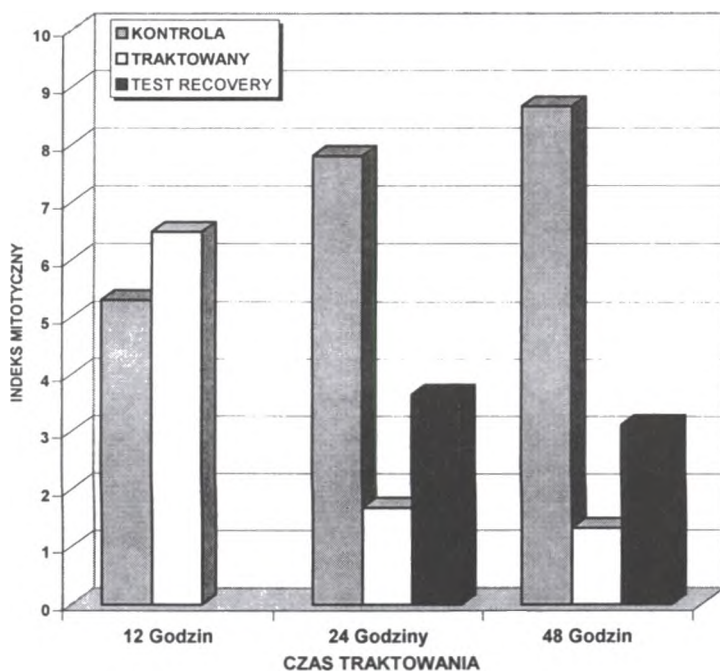
Spośród ogólnej liczby komórek 5084 w różnych stadiach mitozy znajdowało się 270, co stanowi 5,3% (tabela 1, fig. 1). Obliczono ilościowy i procentowy udział komórek w poszczególnych fazach mitozy. Jak wynika z tabeli 1, najwięcej znajdowało się w stadium profazy, a następnie metafazy, anafazy i telofazy. Druga próba dotyczyła korzeni pobranych o godzinie 12<sup>00</sup>. Na podstawie analizy 5073 komórek obliczono indeks mitotyczny równy 7,8%, stanowiący kontrolę dla materiału traktowanego Dacthalem przez 24 godziny. Obliczono również aktywność mitotyczną, stanowiącą kontrolę dla próby traktowanej Dacthalem przez 48 godzin. Wartość indeksu mitotycznego równa była 8,7%.

### B. Materiał traktowany Dacthalem

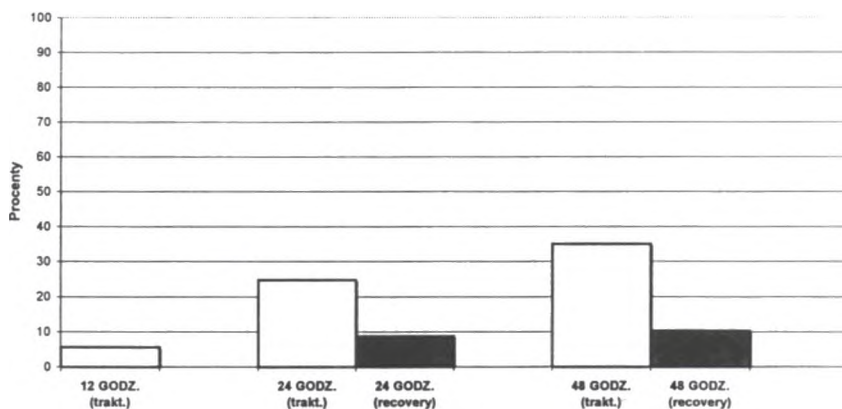
W wyniku przeprowadzonych analiz określono aktywność mitotyczną dla komórek traktowanych Dacthalem odpowiednio przez 12, 24 i 48 godzin (tabela 1, fig. 1). W przypadku traktowania Dacthalem przez 12 godzin wartość indeksu mitotycznego równa była 6,5%. Porównując tę wartość indeksu z wartością dla odpowiedniego materiału kontrolnego stwierdza się wzrost o 1,2%. Procentowy udział poszczególnych faz mitozy był zbliżony do frekwencji w materiale kontrolnym.

Czas pobierania korzeni	Rodzaj materiału	Ogólna liczba komórek	Liczba mitoz	Indeks fazowy				Indeks mitotyczny	Różnica wartości indeksu mitotycz.	Współczynnik D'Amato
				profaza	metafaza	anafaza	telofaza			
Godz. 24 <sup>00</sup>	Kontrola	5084	270	176 3,5%	49 1,0%	30 0,6%	15 0,3%	5,3%	+1,2%	1,1
	Traktowany (12 godzin)	5069	329	192 4,1	73 1,0%	45 0,9%	19 0,4%			
Godz. 12 <sup>00</sup>	Kontrola	5073	396	213 4,2%	82 1,6%	63 1,2%	38 0,7%	7,8%	-6,1%	0,8
	Traktowany (24 godziny)	5085	86	47 0,9%	21 0,4%	11 0,2%	7 0,1%			
Godz. 12 <sup>00</sup>	Kontrola	5068	439	245 4,8	82 1,6%	68 1,3%	44 0,9%	8,7%	-7,4%	0,7
	Traktowany (48 godzin)	5197	69	33 0,6%	28 0,5%	5 0,1%	3 0,1%			

**Tabela 1.** Indeks mitotyczny i fazowy w komórkach merystematycznych korzeni cebuli *Allium cepa* L. w materiale kontrolnym i traktowanym herbicydem Dacthalem przez 12, 24, i 48 godzin



**Fig. 1.** Aktywność mitotyczna i wyniki testu *recovery* w komórkach merystematycznych korzeni cebuli *Allium cepa* L. dla materiału kontrolnego i traktowanego herbicydem Dacthalem przez 24 i 48 godzin



**Fig. 2.** Udział zaburzeń w mitozie w komórkach merystematycznych korzeni cebuli *Allium cepa* L. w materiale traktowanym herbicydem Dacthalem i teście *recovery*

Fazy mitozy	Rodzaj materiału	Czas traktowania i liczba komórek					
		12 godzin		24 godziny		48 godzin	
		Prawidłowe	Zaburzone	Prawidłowe	Zaburzone	Prawidłowe	Zaburzone
Profaza	Traktowany	203 44,4%	9 2,0%	49 39,2%	11 8,8%	39 32,5%	21 17,7
	Test recovery	-	-	112 49,8%	8 3,5%	106 52,5%	7 3,5%
Metafaza	Traktowany	130 28,4%	7 1,5%	27 21,6%	13 10,4%	27 22,5%	14 11,6%
	Test recovery	-	-	33 14,7%	7 3,1%	48 23,8%	8 4,0%
Anafaza	Traktowany	72 15,7%	8 1,7%	10 8,0%	4 3,2%	8 6,6%	5 4,2%
	Test recovery	-	-	42 18,7%	3 1,3%	15 7,4%	4 2,0%
Telofaza	Traktowany	26 5,7%	2 0,4%	8 6,4%	3 2,4%	4 3,3%	2 1,7%
	Test recovery	-	-	18 8,0%	2 0,9%	12 5,9%	2 1,0%
<b>Razem</b>	Traktowany	431 94,3%	26 5,7%	94 75,2%	31 24,8%	78 65,9%	42 35,1%
	Test recovery	-	-	205 91,1	20 8,9%	181 89,6%	21 10,4%

*Tablica 2. Udział zaburzeń w mitozie w komórkach merystatycznych korzeni cebuli Allium cepa L. w materiale traktowanym herbicydem Dacthallem i teście recovery.*

Badania aktywności mitotycznej komórek merystematycznych traktowanych Dacthalem przez 24 godziny wykazały, iż indeks mitotyczny wynosił 1,7% i był niższy o 6,1% od wartości dla materiału kontrolnego. Nastąpił więc drastyczny spadek aktywności mitotycznej pod wpływem Dacthalu (tabela 1). Wartość indeksu mitotycznego dla korzeni traktowanych Dacthalem przez 48 godzin równa była 1,3%. Zestawiając wartości indeksu mitotycznego uzyskanego dla tej próby z materiałem kontrolnym zauważa się dalsze obniżenie aktywności w wyniku przedłużania czasu inkubacji.

W celu określenia istotności statystycznej zastosowano test  $\chi^2$  (chi kwadrat). Analiza wyników otrzymanych w teście  $\chi^2$  dla materiału traktowanego 12 godzin herbicydem wykazała statystycznie nieistotne różnice w stosunku do kontroli, natomiast dla materiału traktowanego 24 i 48 godzin otrzymano wartości statystycznie istotne. Otrzymane wyniki świadczą o silnym mitodepresyjnym działaniu Dacthalu w tych przedziałach czasowych.

Podział mitotyczny w materiale kontrolnym przebiegał na ogół prawidłowo. Natomiast w materiale traktowanym Dacthalem obraz poszczególnych faz mitozy wykazuje różnorodnie nieprawidłowości. Jak wynika z tabeli 2 i fig. 2, najmniejszym procentem zaburzeń, bo równym 5,7% cechowały się komórki inkubowane przez 12 godzin. Wydłużenie czasu traktowania Dacthalem spowodowało wzrost zaburzeń proporcjonalnie do czasu działania. Komórki poddane działaniu przez 24 godziny wykazywały aż 24,8% różnego rodzaju nieprawidłowości, natomiast w przypadku traktowania przez 48 godzin procent zaburzeń wzrastał, osiągając wartość 35,1%. Duży udział zakłóceń we wszystkich komórkach dzielących się przypada na profazę. Najliczniej obserwowane w tej fazie mitozy zakłócenia dotyczyły obecności nieprawidłowych figur oraz zwiększenia lepkości chromosomów (fig. 3–4). W tym stadium zaobserwowano również nieprawidłowe kształty jąder oraz jądra z wżerami, wskazuje to na uszkodzenie otoczki jądrowej.

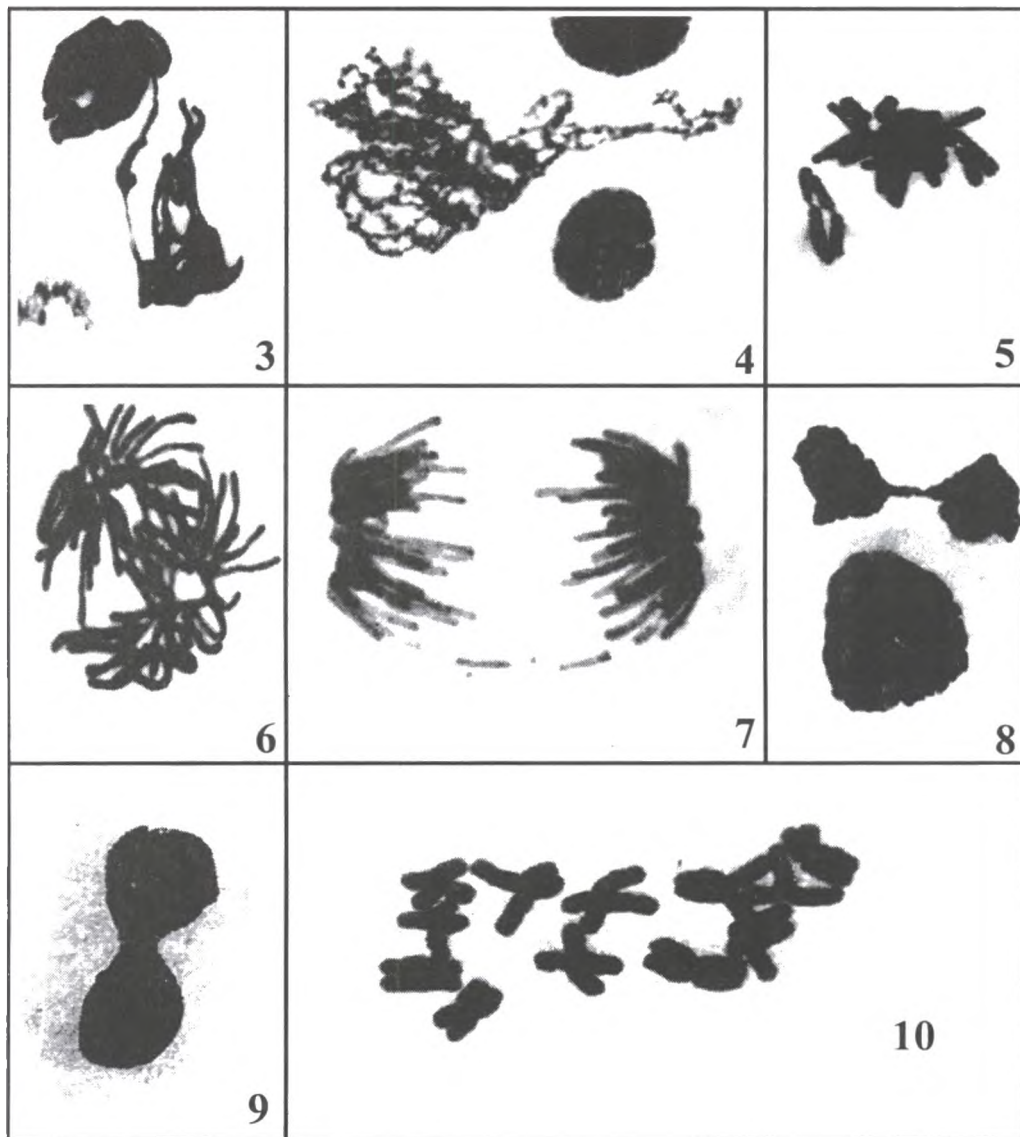
W metafazie dało się zaobserwować lepkie figury, nieprawidłową kongresję chromosomów w płaszczyźnie równikowej (fig. 5). Po 12 i 24 godzinach traktowania korzeni Dacthalem zaobserwowano, że wrzeciono kariokinetyczne na ogół formowało się, ale zaburzona była jego działalność. Powstawały wówczas komórki o aneuploidalnych liczbach chromosomów. Natomiast po 48 godzinach działania herbicydu, w dużym procencie komórek nie dochodziło do wytworzenia wrzeciona kariokinetycznego. Wówczas w komórkach widoczne były chromosomy w postaci C-par (fig. 10). Zwraca uwagę wysoka wartość współczynnika D'Amato w odniesieniu do materiału traktowanego Dacthalem przez 48 godzin (tabela 1), co wskazuje na silnie inhibicyjne działanie na formowanie się wrzeciona kariokinetycznego. Najczęstszy obraz nieprawidłowej anafazy to pojedyncze i podwójne mosty chromosomowe, eliminacje całych chromosomów lub ich fragmentów (fig. 7), a także segregacje chromosomów do kilku biegunów (anafazy wielobiegunowe) (fig. 6). W telofazie zanotowano najmniejszą liczbę zaburzeń, były to podobnie jak w anafazie lepkie mosty chromosomowe (fig. 8). Część mostów ulegała przerwaniu przez zakładający się fragmoplast, a w pewnym procencie jądra telofazowe pozostawały połączone trwałymi mostami, co w konsekwencji prowadziło do powstawania biszkoptowatych jąder restytucyjnych (fig. 9).

Wyliminowane fragmenty lub całe chromosomy ulegały resorpcji w cytoplazmie, bądź też otaczały się własną otoczką jądrową i widoczne były w postaci mikrojąder.

Czas pobierania korzeni	Rodzaj badanego materialu	Ogólna liczba komórek	Liczba mitoz	Indeks fazowy				Indeks mitotyczny	Różnica wartości indeksu mitotycznego
				profaza	metafaza	anafaza	telofaza		
Godz. 12 <sup>00</sup>	Traktowany (24 godziny)	5085	86	47 0,9%	21 0,4%	11 0,2%	7 0,1%	1,7%	-
	Test recovery	5092	198	104 2,0%	31 0,6%	34 0,7%	19 0,4%	3,7%	+2,0%
Godz. 12 <sup>00</sup>	Traktowany (48 godzin)	5197	69	33 0,6%	28 0,5%	5 0,1%	3 0,1%	1,3%	-
	Test recovery	5083	161	97 1,9%	43 0,8%	12 0,2%	9 0,2%	3,1%	+1,8%

Tabela 3. Wyniki testu recovery w komórkach merystematycznych korzeni cebuli *Allium cepa* L. dla materialu traktowanego herbicydem Dacthallem przez 24 i 48 godzin





**Fig. 3–10.** Obrazy komórek merystematycznych stożków wzrostu korzeni *Allium cepa* L. traktowanych Dacthalem; **Fig. 3–4.** Nieprawidłowe figury w profazie; **Fig. 5.** Nieprawidłowa kongresja chromosomów w płaszczyźnie równikowej; **Fig. 6.** Wielobiegunowe wrzeciono; **Fig. 7.** Eliminacje fragmentów chromosomów; **Fig. 8.** Mosty telofazowe; **Fig. 9.** Jądro restytucyjne; **Fig. 10.** Płytki metafazowa z C-parami

Interesująco przedstawia się analiza wyników uzyskanych w przeprowadzonym teście *recovery*. W próbie badań obejmującej traktowanie *Dacthalem* przez 24 godziny, a następnie hodowlę wodną, indeks mitotyczny osiągnął wartość 3,7%. Porównując te dane z danymi dla materiału traktowanego herbicydem, można stwierdzić wzrost aktywności mitotycznej o 2,0%, po przeniesieniu korzeni do hodowli wodnej (tabela 3, fig. 1). W materiale pochodzącym z tej próby doświadczałnej zaobserwowano pewien procent komórek wykazujących w dalszym ciągu zakłócenia podziałów mitotycznych i zmiany dotyczące morfologii jąder interfazowych (tabela 2, fig. 2). W materiale traktowanym *Dacthalem* zaburzenia stanowiły 24,8%, a po wycofaniu herbicydu ich liczba znacznie się obniżyła osiągając wartość 8,9%. Wynika stąd, że około 1/3 komórek powróciła do prawidłowego cyklu życiowego. Test *recovery* wykonano również dla korzeni traktowanych *Dacthalem* przez 48 godzin. Po przeniesieniu korzeni do wody nastąpił wzrost indeksu mitotycznego do 3,1% i był o 1,8% wyższy niż w materiale traktowanym (tabela 3, fig. 1). Należy zwrócić jednak uwagę, że wprawdzie następowało zwiększenie aktywności mitotycznej, jednak wartości te nadal były niższe w porównaniu z materiałem kontrolnym. W materiale traktowanym herbicydem przez 48 godzin obserwuje się największą liczbę zaburzeń w przebiegu faz mitozy. Po umieszczeniu korzeni w wodzie procent zaburzeń zmniejszył się prawie o 2/3 i osiągnął wartość 10,4% (tabela 3, fig. 2).

## Dyskusja i wnioski

Przeprowadzone badania cytologiczne pozwalają na stwierdzenie, że *Dacthal* wpływa na przebieg cyklu mitotycznego oraz indukuje zmiany w jądrach interfazowych komórek merystematycznych *Allium cepa* L. Stosując ten herbicyd przez 12 godzin zaobserwowano nieznaczny wzrost aktywności mitotycznej w porównaniu z kontrolą, jednakże nie jest on statystycznie istotny. Duża liczba profaz świadczy o tym, że *Dacthal* przyspiesza procesy zachodzące w interfazie i ułatwia wejście jąder w profazę, a w efekcie wywołuje niewielkie stymulacyjne działanie. W miarę wydłużania czasu działania herbicydu do 24 i 48 godzin, aktywność mitotyczna była znacznie niższa od kontroli. Traktowanie przez 48 godzin wywołało silnie mitodepresyjne działanie. Podobny efekt był obserwowany u *Vicia faba* po traktowaniu insektycydami Rogor i Dipterex (Amer 1974, 1983). Mitodepresyjna działalność jest również charakterystyczna dla wielu innych pestycydów takich jak: Afalon, Alipur, Liro (Jagoda 1980), Ambusz 25 EC (Klein 1990, 1990a), Fastac 10 EC (Klein, Kozera 1990; Klein 1993). Obniżenie aktywności mitotycznej, wiązało się z toksycznym działaniem pestycydów na cykl komórkowy, blokowaniem go w różnych okresach interfazy. Pestycydy mogły przedłużać czas trwania fazy G<sub>2</sub> lub inhibitować syntezę DNA. Badr i Ibrahim (1987) obserwowali spadek aktywności indeksu mitotycznego u *Vicia faba* pod wpływem herbicydu Glean, połączony z redukcją ilości DNA i RNA. Po długotrwałym działaniu niektórych herbicydów dochodziło do całkowitego zaniku podziałów komórkowych, czyli wystąpienia tzw. próżni mitotycznej (Klein, Samek 1991).

W prezentowanym materiale eksperymentalnym obraz poszczególnych faz mitozy w pewnym procencie odbiegał od obserwowanych w kontroli. Należy dodać, że dłuższe traktowanie herbicydem prowadziło do zwiększenia liczby komórek z zaburzeniami. Cha-

rakter zaburzeń był podobny. Szczególnie wyraźnie przejawiało się działanie Dacthalu na formowanie i funkcjonowanie wrzeciona kariokinetycznego. Na podstawie uzyskanych wartości współczynnika D'Amato, można wnioskować, że po traktowaniu przez 12 i 24 godziny wrzeciono kariokinetyczne formowało się, ale zaburzona była jego działalność. Obserwowano nieprawidłową kongresję chromosomów w płaszczyźnie równikowej, eliminację, fragmentację, nierównomierny rozdział chromosomów do biegunów oraz wielobiegunowość wrzecion. Nieprawidłowa kongresja, rozrzucone chromosomy w metafazie i anafazie były dominującym zjawiskiem stwierdzonym przez Amera i wsp. (1974, 1983) w komórkach *Vicia faba* w wyniku traktowania insektycydami Rogor i Diptorex. Dłuższe traktowanie Dacthalem (48 godzin) uniemożliwiała właściwe uformowanie wrzeciona kariokinetycznego, co prowadziło do powstania C-mitoz. Przyczynę upatruje się w dysfunkcji wrzeciona kariokinetycznego, powstałą przez reakcję pestycydów z białkami tubulinowymi budującymi mikrotubule wrzecion (Önfelt 1986). C-mitozy były częstym zjawiskiem obserwowanym w wyniku stosowania insektycydów: Ambusz, Fastac, Decis, Ripcord; herbicydów: Barban, Chwastox, Glean, Porfam; fungicydów: Dexon, Vitavax (za: Klein 1994). Do szczególnie silnie działających związków należą fungicydy rtęciowe np. fungicyd R, których wpływ na wrzeciono był nawet silniejszy niż kolchicina (Sokołowska-Kulczycka 1975).

Zmiany obejmujące zaburzenia w powstawaniu i funkcjonowaniu wrzeciona kariokinetycznego i cytokinetycznego określa się mianem efektów turbogenicznych (Grant 1982; Osiecka 1993).

W komórkach merystematycznych traktowanych Dacthalem w stadium ana- i telofazy mitozy, obserwowano lepkie mosty pomiędzy segregującymi chromosomami, opóźnione fragmenty chromosomów i całe chromosomy. Taki efekt działania pestycydów Osiecka (1993) określa jak klastogeniczny.

Jak podaje Klein (1994), większość przebadanych do tej pory pestycydów indukowało efekty klastogeniczne. Niektóre z nich były szczególnie aktywne pod tym względem. Skorupska (1975) porównywała u *Pisum sativum* działanie 12 herbicydów z mutagenami takimi jak: EI, NMU, EMS, promienie gamma. Stwierdziła, że herbicydy wywoływały więcej zaburzeń w mitozie i mejozie niż badane mutageny. Działanie klastogeniczne wykazywały u *Vicia faba* powszechnie stosowane w Polsce preparaty takie jak: Cynkomiedzian, Cynkotox, Miedzian 50, Kaptan (Osiecka 1993).

W materiale traktowanym Dacthalem stwierdzono zjawisko zbijania się chromosomów w lepkie figury, a także wadliwą spiralizację. Takie działanie klasyfikuje Osiecka (1993) jako efekt fizjologiczny.

Opisane powyżej zaburzenia mitozy prowadzą do powstania jąder potomnych zróżnicowanych co do liczby i kształtu. Konsekwencją klastogenicznego działania jest powstanie komórek aneuploidalnych, o podwojonych liczbach chromosomów oraz dwu- i wielojądrowych.

Przedstawione badania pokazują, że Dacthal przejawia wielorakie oddziaływanie na procesy cytologiczne, które możemy określić jako: mitodepresyjne, turbogeniczne, klastogeniczne i fizjologiczne.

## Literatura

- Achremowicz J., Burgiel Z. (1993), *Chemiczne środki do zwalczania chorób i szkodników roślin uprawnych*, skrypt AR, Kraków
- Amer S.M., Farah O.R. (1974), *Cytological effects of pesticides VI. Effects of the insecticide „Rogor” on the mitosis of Vicia faba and Gossypium barbadense*, *Cytologia* 39: 507–514
- Amer S.M., Ali E.M. (1983), *Cytological effects of pesticides XIV. Effects of the insecticide Dipterex „trichlorphon” on Vicia faba plant*, *Cytologia* 48: 761–770
- 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
- Borecki Z. (1996), *Herbicydy stosowane w ochronie roślin*, PWRiL, Warszawa
- Czerniakowski M. (1995), *Herbicydy*, skrypt AR, Kraków
- Grant W.F. (1982), *Cytogenetic studies of agricultural chemicals in plants*, Genetic Toxicology, New York. London, Plenum Press: 353–378
- Grzesiuk S. (1973), *Uboczny wpływ pestycydów na wartość biologiczną nasion*, *Postępy Nauk Rol.* 3: 45–57
- Jagoda M. (1980), *Cytological disturbances in Allium cepa L. root – meristems induced by herbicides*, *Acta Biol. Crac., Ser. Bot.* XXII/2: 189–211
- Key J., Hanson B. (1961), *Some effects of 2,4-dichloro-phenoxyacetic acid on soluble nucleotides nucleic acid of soybean seedlings*, *Plant Physiol.* 36, 2: 145–152
- Klein M. (1990), *Wpływ insektycydu Ambusz 25 EC (permetryna) na procesy mitozy i mikrosporogenezy u Pisum sativum L.*, *Zesz. Nauk. AR, Kraków* nr 142: 5–63
- Klein M. (1990a), *C-mitotic action of the insecticide Ambush 25 EC in Allium cepa L.*, *Genetica Polonica* 31: 107–113
- Klein M. (1993), *Uboczne działanie insektycydu Fastac 10 EC u Pisum sativum L.*, VIII Krajowa Konferencja Cytogenetyczna, Wrocław
- Klein M. (1994), *Zmiany cytogenetyczne u roślin wywołane stosowaniem pestycydów oraz metody ich testowania*, *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 2: 10–13
- Klein M., Kozera W. (1988), *Uboczne działanie insektycydu Ambusz 25 EC na rośliny grochu Pisum sativum L. III. Wpływ na proces mitozy*, *Acta Agr. Silv. s. Agr.* 27: 39–47
- Klein M., Kozera W. (1990), *Effect of insecticide Fastac 10 EC on root mitosis of Pisum sativum L.*, XXIII International Horticultural Congress, Firenze. Abstracts of Contributed Papers: 3018
- Klein M., Samek L. (1991), *Wpływ insektycydu Fastac 10 EC na proces mitozy w merystemach korzeniowych Pisum sativum L.*, VII Polish Cytogenetics Conference, Kazimierz
- Maształow W., Diejewa V. i Wołyniec A. (1971), *Działanie herbicydów na rośliny uprawne*, PWRiL, Warszawa
- Osiecka R. (1993), *Cytogenetyczne badania wpływu pestycydów – potencjalnych mutagenów – na komórki merystemów korzeniowych Vicia faba*, *Acta Universitatis Lodziensis*: 9–199
- Önfelt A. (1986), *Mechanistic aspects on chemical induction of spindle disturbances and abnormal chromosome numbers*, *Mutation Res.* 168: 249–300
- Rozmus M., Piskorek K. (1970), *Wpływ dwusiarczanu czterometylotiuamu (TMTD) na przebieg podziałów mitotycznych w komórkach merystematycznych Secale cereale L.*, *Rocznik Nauk-Dydakt. WSP* 39, *Prace Botaniczne* III: 77–83

- Rózek S. (1982), *The effect of pesticides on the activity of nitrate reductase in the dwarf bean leaves. I. The effect of some fungicides*, Acta Physiol. Plant. 4/3–4
- Skorupska H. (1975), *Radiomimetic effect of herbicides on the progress mitoses in pea (Pisum sativum) in comparison with those chemomutagens and gamma rays*, Genetica Polonica 16: 301–311
- Skorupska H. (1976), *The effect of some herbicides chemomutagens and gamma radiation on meiosis in pea (Pisum sativum)*, Genetica Polonica 17: 149–157
- Sokolowska–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