V. Indukowanie promieniami gamma ^{60}Co zmienności modyfikacyjnej i mutacji u astra chińskiego *<Callistephus chinensis Nees>*

A. WOSIŃSKA

Instytut Produkcji Ogrodniczej i Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, SGGW — AR w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-975 Warszawa

<Otrzymano dn. 28.01.1981>

Abstract

A. Wosińska *<Institute of Horticultural Production and Institute of Genetics and Plant Breeding, Warsaw Agricultural University, ul. Nowoursynowska 166, 02-975 Warszawa, Poland>*
Acta Agrobotanica 35 *<2>* : 285-301, 1982.

*Induction with ^{60}Co gamma rays of modification variability and mutation of China aster *<Callistephus chinensis Nees>**

The effect of radiation on variability was investigated in plants of five varieties of China aster, grown from seeds pretreated with various doses of gamma rays *<generation M_1 >* and in the progeny of these plants *<generation M_2 >*. Both in generation M_1 and in M_2 the frequency of occurrence of radiation induced changes varied. In the M_1 generation, beside teratological changes found most frequently in early periods, the observed variability concerned mostly leaves, their colour and size and the form of the lingual flowers. Plants with a different colour of flowers or a different habit were only sporadic. The changes induced by radiation were more frequently observed in the M_2 generation than in the M_1 . They involved the following characters: height and habit of plants, colour of shoots, leaves and flowers, the forms of lingual marginal flowers, the time of flowering and the perfume. Most frequently changes were observed in several characters. When the shoots and leaves colour showed changes of anthocyanin type, the colour of the flowers was usually also modified. Most changed plants were noted after a dose of 9 kR in the M_1 generation, and after 6-9 kR in the M_2 generation. These doses were described in generation M_1 at the stage of flowering in most of the tested varieties as LD_{50} .

WSTĘP

Pierwsze pokolenie napromienionych roślin stanowią przeważnie chimery. Wynika to zarówno z ilościowego rozkładu mutacji w poszczególnych komórkach, jak i z różnorodności indukowanych mutacji *<genowych, chromosomowych, genomowych>*. Chimeralność roślin jest fenotypowo zauważalna w przypadku mutacji dominującej lub mutacji recesywnej obydwu alleli. Najczęściej obserwowanymi chimerami są mutacje sektorialne — zmutowany sektor

może dotyczyć np. barwy liści lub kwiatów, albo odmiennej budowy kwiatostanów. Według Valevej <1967> stopień chimeralności dla każdego gatunku bywa różny i zależy od tego, ile komórek zarodkowych uczestniczy w tworzeniu rośliny i poszczególnych organów.

Obserwowana w pokoleniu M_1 zmienność dotyczy głównie różnego rodzaju zmian teratologicznych. Driagina <1974> obserwowane u mieczyka zmiany teratologiczne uważa za następstwo popromiennych uszkodzeń cytologicznych <wakuolizacja komórek, występowanie w komórce większej liczby jąder i jąderek, tworzenie mostków w mitozie i mejozie itp.>.

Wśród napromienionych roślin — zarówno w pokoleniu M_1 , jak i w M_2 , obserwuje się często różnego rodzaju zmiany dotyczące zielonej barwy liści i pędów <Steuckardt, 1961; Bowen i in., 1962; Buiatti i Ragazzini, 1965; Chan, 1966; Love i Malone, 1967; Muszyński, 1972>. Według klasyfikacji Blixta <1961> mutacje dotyczące barwy liści i pędów zalicza się albo do mutacji chlorofilowych <chlorovegetus i chlorodeflectio>, albo do mutacji typu antocyjan. Fenotypowo zauważalne mutacje chlorofilowe są następstwem mutacji chloroplastów — w przypadku dziedziczenia cytoplazmatycznego albo genów, albo, jak donosi Rana <1964>, chromosomów <utrata 1 pary chromosomów>. Mutacje chlorofilowe występują często w populacjach napromienionych, przeważnie mają charakter letalny lub subletalny. W przeciwieństwie do mutacji chlorofilowych, doniesienia o mutacjach typu antocyjan są nieliczne, a z obserwacji autorki wynika, że są to mutanty bardzo żywotne. Rośliny astra chińskiego, z tego typu mutacją, wyróżniały się bujnym wzrostem i przewyższały zwykle formy wyjściowe.

W hodowli roślin ozdobnych często głównym celem jest uzyskanie nowych barw kwiatów. System kontrolujący barwę kwiatów jest szczególnie podatny na mutacje, o czym świadczy częstość uzyskiwanych radiomutanów barwy u różnych gatunków roślin np.: u mieczyka <Buiatti i in., 1965; Möes, 1966; Misra, 1978>, złocieni <Jank, 1957; Bowen i in., 1962; Glazurina i Čemarin, 1974; Glazurina, 1975; Chan, 1966; Broertjes, 1966; 1967; Broertjes i in., 1976>, tulipanów <Haunold, 1971>, goździków <Grabowska i Mynett, 1964b; Buiatti i in., 1965>, dali <Broertjes i Ballego, 1967>, róż <Chan, 1966; Streitberg, 1968>, u *Achimenes* i *Saintpauli* <Broertjes, 1967; 1972>, *Kalanchoe* <Broertjes i Leffring, 1972>, petunii <Muszyński, 1972>, astra chińskiego <Steuckardt, 1961>.

Oprócz mutacji barwy kwiatów, zmienność poradiacyjna dotyczy również takich cech jak: pokrój i wysokość roślin, barwa pędów i liści, kształt liści i kwiatów, długość okresu wegetacji, odporność na choroby.

U roślin rozmnażających się przez nasiona, większość zaindukowanych mutacji ujawnia się przede wszystkim w pokoleniu M_2 , a znacznie rzadziej w pokoleniu M_1 . Wynika to z częstotliwości i charakteru indukowanych radiacyjnie mutantów — geny dominujące łatwiej mutują niż geny recesywne.

Przedstawiona praca stanowi kontynuację badań nad reakcją astra chińskiego na promieniowanie gamma (Wosińska, 1979; 1980a, b; 1982). Celem pracy była ocena przydatności promieni gamma jako czynnika mutagennego do pozyskiwania nowych zmian u astra chińskiego.

MATERIAŁ I METODY

Badano populacje roślin astra chińskiego, wyrosłe z nasion traktowanych przedsewnie różnymi dawkami promieni gamma (pokolenie M_1) i ich potomstwo (pokolenie M_2). Szczegółowe opisy dotyczące materiału i metodyki podano w uprzednich publikacjach (Wosińska, 1979, 1980a).

Ogółem obserwowano w okresie kwitnienia 1452 rośliny z pokolenia M_1 i 1882 rośliny z pokolenia M_2 — należące do 496 rodzin (czyli potomstwo 496 roślin z M_1). Zarówno w pokoleniu M_1 , jak i w M_2 wszystkie rośliny izolowano.

Barwę kwiatów określono wg atlasu barw Biesalskiego (1957), a barwę pędów, w przypadku wybarwienia antocyjanem, w skali umownej — zależnie od intensywności wybarwienia: słabo (+), dość dobrze (+ +), bardzo mocno (+ + +).

W pokoleniu M_1 za miarę wielkości efektu popromiennego przyjęto procent roślin zmienionych, określony w odniesieniu do ogólnej liczby roślin w danej kombinacji.

W pokoleniu M_2 liczba roślin w poszczególnych rodzinach była niejednakowa i często bardzo mała. Było to spowodowane małą ilością wysiewanych nasion lub ich obniżoną zdolnością kiełkowania (oddalony skutek promieniowania), a także wyjątkowo niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi, które sprzyjały rozwojowi chorób. Dlatego poddano analizie częstotliwość występowania zmienionych rodzin, pomijając szczegółowe omawianie zmienności roślin należących do tych rodzin (zmienność wewnątrz rodzin).

Krótką charakterystyka badanych odmian

Badano 5 polskich odmian oryginalnych — wysokich lub średnio wysokich, należących do 3 grup: 1) igielkowych — 'Agnieszka' i 'Madonna'; 2) chryzantemowych (kwiatostany pełne, o kwiatach brzeżnych długich, wstęgowatych) — 'Fafik' i 'Płomień'; 3) peoniowych — 'Goplana'.

'Agnieszka'. Rośliny o pokroju dość zwartym, słabo rozgałęzione. Pędy zielone, skąpo ulistnione. Kwiaty brzeżne jasnołila, nieco ciemniejsze. W odmianie tej spotyka się czasem pojedyncze rośliny zmienione — zawsze jednak w typie „Strusiego Pióra”, o fioletowych kwiatostanach i pędach mocno wybarwionych antocyjanem.

'Madonna'. Rośliny o pokroju dość zwartym, słabo rozgałęzione. Pędy zielone, sztywne, grube, dobrze ulistnione. Kwiaty brzeżne kremowe, luźno

zwinęte w igły. Środek kwiatostanu wypełniony licznymi kwiatami rurkowymi, przeważnie słabo osłoniętymi przez kwiaty brzeżne.

'Fafik'. Rośliny o pokroju dość zwartym, raczej słabo rozgałęzione. Pędy grube, mocno wybarwione antocyjanem, dobrze ulistnione. Kwiaty brzeżne o barwie malinowej, nieco ciemniejszej. Odmiana bardzo stabilna <tzn. nie spotyka się roślin odbiegających od form typowych dla odmiany>.

'Płomień'. Rośliny o pokroju bardzo zwartym, dobrze rozgałęzione. Pędy dobrze ulistnione, słabo wybarwione antocyjanem. Kwiatostany niezbyt duże, o barwie szkarłatnej. Odmiana stabilna.

'Goplana'. Rośliny o pokroju nieco rozpięchłym, silnie rozgałęzione i dobrze ulistnione. Kwiaty brzeżne krótkie, łódeczkowato wygięte, fioletowe. Odmiana bardzo stabilna.

WYNIKI

Zmiany obserwowane w pokoleniu M_1

Zmiany obserwowane w stadium siewek

U wszystkich odmian w kombinacjach napromienionych obserwowano często różnego rodzaju zmiany o charakterze teratologicznym <rys. 1>. Były to anomalie w rozwoju 1-szej, 2-ej lub 3-ej pary liści np.: liście asymetryczne, zrośnięcia dwóch sąsiednich liści — na całej długości lub zrośnięte tylko ogonki liściowe. Spotykano również, ale bardzo rzadko, liście kieliszkowate, utworzone w następstwie zrośnięcia brzegów blaszek pojedynczych liści. Omówione wyżej zmiany <z wyjątkiem liści kieliszkowatych> obserwowano także u roślin kontrolnych, ale znacznie rzadziej.

Rys. 1. Zmiany popromienne kształtu młodych liści

Fig. 1. Radiation changes in shape of young leaves

Tabela 1—Table 1

Częstotliwość występowania roślin zmienionych obserwowanych u astra chińskiego w okresie kwitnienia w pokoleniu M_1
 Frequency of changed plants noted in China aster in the time of flowering in the M_1 generation

Dawka Dose kR	'Agnieszka'			'Fafik'			'Goplana'			'Madonna'			'Płomień'		
	liczba roślin ogółem total no. of plants	rośliny zmienione changed plants		liczba roślin ogółem total no. of plants	rośliny zmienione changed plants		liczba roślin ogółem total no. of plants	rośliny zmienione changed plants		liczba roślin ogółem total no. of plants	rośliny zmienione changed plants		liczba roślin ogółem total no. of plants	rośliny zmienione changed plants	
		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%
0	82	0	0	64	0	0	89	0	0	196	0	0	95	0	0
3	90	1	1,1	56	3	5,4	72	1	1,4	143	1	0,7	68	0	0
6	69	1	1,5	63	0	0	44	0	0	96	0	0	66	0	0
9	23	3	13,0	29	0	0	8	0	0	29	1	3,5	47	7	14,9
12	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0
Tylko rośliny napromienione Only irradiated plants	182	5	2,7	155	3	1,9	124	1	0,8	268	2	0,7	197	7	3,6

Tabela 2—Table 2

Rośliny o zmienionych cechach morfologicznych obserwowane w pokoleniu M_1 w okresie kwitnienia

Plants with changed morphological characters noted in M_1 generation in the period of flowering

Odmiana Variety	Dawka Dose kR	Nr rośliny No. of plant	Zmiany w stosunku do odmiany wyjściowej Changes in relation to outset variety
A	B	C	D
'Agnieszka'	3	1	Liście i pędy wyraźnie jaśniejsze. Listki osłaniające kwiatostany początkowo zupełnie żółte, ale w miarę upływu czasu przybierały normalną barwę. Kwiatostan wypełniony łusczkowatymi kwiatami, pozbawionymi zarówno słupków, jak i pręcików. Leaves and shoots distinctly lighter coloured. Bracts protecting inflorescences at first quite yellow, with time assuming normal colour. Inflorescence filled with scale-like flowers deprived of pistils and stamens.
	6	2	Kwiaty brzeżne kremowe. Marginal flowers cream-coloured.
	9	3	Chimera sektorialna. Zmieniony sektor obejmował ok. 1/2 kwiatostanu i liści rozety przykwiatostanowej. Liście w tym sektorze były silnie wyrośnięte, a kwiaty brzeżne w kwiatostanie bardzo skrócone, płaskie, dachówkowato ułożone. Sectorial chimera. The changed sector included ca. 1/2 of the inflorescence and leaves of the rosette around head. The leaves in this sector vigorous, marginal flowers greatly shortened, flat, arranged tiller-wise.
		4	Kwiaty brzeżne kremowe. Marginal flowers cream-coloured.
		5	Kwiaty brzeżne różowe Marginal flowers pink.
'Fafik'	3	1 i 2	Liście i pędy mocno wybarwione antocyjanem (2 rośliny)
		1 and 2	Leaves and shoots strongly coloured with anthocyanin (2 plants)
		3	Liście i pędy mocno wybarwione antocyjanem, roślina słabo wyrośnięta. Leaves and shoots strongly coloured with anthocyanin, plant growing weakly.
'Goplana'	3	1	Kwiaty brzeżne do ok. 2/3 długości zrosnięte w rurkę. Marginal flowers coalesced to ca. 2/3 of length form tube.
'Madonna'	3	1	Brak kwiatów brzeżnych (żeńskich) — kwiatostany utworzone wyłącznie z żółtych, krótkich, obupłciowych kwiatów rurkowych. Marginal (female) flowers lacking — inflorescences formed exclusively of yellow, short, monoecious tubular flowers.
	9	2	Kwiatostany wypełnione wyłącznie jęczyczkowatymi kwiatami żeńskimi, brak obupłciowych kwiatów rurkowych. Inflorescences filled with lingulate female flowers exclusively, monoecious tubular flowers lacking.

cd. tabeli 2

A	B	C	D
‘płomień’	9	1	Mutacja chlorofilowa sektorialna. Zmutowany sektor o barwie jasno-zielonej z żółtymi plamkami, obejmował ok. 1/3 rośliny. Sectorial chlorophyll mutation. Mutated sector light green with yellow spots comprised ca. 1/3 of plant.
		2	Kwiatostany wypełnione łuseczkowatymi kwiatami, pozbawionymi organów generatywnych. Inflorescences filled with scale-like flowers deprived of generative organs.
		3	Kwiaty brzeżne bardzo silnie skrócone. Marginal flowers much shortened.
	4 i	5	Rozety przykwiatostanowe utworzone z bardzo drobnych, nietypowych liści. Rosettes around inflorescences formed of minute nontypical leaves.
		6	Kwiatostan na pędzie głównym sektorialnie zmieniony pod względem układu kwiatów brzeżnych. Inflorescence on main shoot sectorially changed as regards arrangement of marginal flowers.
		7	Pokrój rośliny średnio zwarty. Habit of plant moderately compact.

Wśród roślin napromienionych oprócz zmian teratologicznych obserwowano często występowanie na liścieniach i liściach różnego rodzaju defektów chlorofilowych w postaci żółtych klinów, plam lub obwódek. Znajdowano również siewki o liścieniach i liściach zupełnie żółtych (rośliny te zwykle wcześniej ginęły), lub mozaikowatych, oraz znacznie rzadziej rośliny o liściach i pędach silniej wybarwionych antocyjanem. Opisane wyżej zmiany obserwowano w kombinacjach napromienionych u wszystkich odmian, ale żadnej istotnej prawidłowości odnośnie częstotliwości ich występowania nie stwierdzono.

Zmiany obserwowane w okresie kwitnienia

Częstotliwość zmian obserwowanych w okresie kwitnienia przedstawiono w tab. 1, a skrótowy opis roślin zmienionych w tab. 2.

Wśród 926 roślin napromienionych znaleziono 18 wyraźnie zmienionych (1,96%). W populacjach napromienionych badanych odmian częstotliwość występowania roślin zmienionych była różna i tylko u odmiany ‘Agnieszka’ wzrastała razem z dawką. U 3 spośród 5 badanych odmian najwięcej roślin zmienionych obserwowano po dawce 9 kR.

Obserwowane zmiany dotyczyły najczęściej barwy lub wielkości liści albo typu kwiatów brzeżnych. Tylko u odmiany ‘Agnieszka’, o kwiatach jasnolila, znaleziono 3 rośliny o zmienionej barwie kwiatów (2 kremowe i 1 różową). U

pozostałych odmian, odznaczających się ciemniejszą barwą kwiatów <'Goplana', 'Fafik', 'Płomień'> lub żółtą <'Madonna'>, zmienionej barwy kwiatów nie znaleziono.

Najwięcej roślin zmienionych, ale tylko po dawce 9 kR, obserwowano u odmiany 'Płomień' — 3,6%, przy czym większość zmian dotyczyła barwy i wielkości liści, albo formy kwiatów brzeżnych. Tylko 1 roślina wyróżniała się innym pokrojem.

Wśród napromienionych roślin odmiany 'Goplana' znaleziono tylko 1 roślinę zmienioną, ale o bardzo ciekawej budowie kwiatostanu, a mianowicie żeńskie kwiaty brzeżne były na ok. 2/3 długości zrosnięte w rurkę <rys. 2>.

Rys. 2. Odmiana 'Goplana': A — zaindukowana promieniowaniem zmiana formy kwiatów brzeżnych <na ok. 2/3 długości zrosnięte w rurkę>; B — kwiaty brzeżne roślin kontrolnych

Fig. 2. Variety 'Goplana': A — change in shape of marginal flowers induced by radiation <on ca 2/3 of length coalesced to form a tubule>; B — marginal flowers of control plants

U roślin odmiany 'Madonna' wszystkie obserwowane zmiany dotyczyły budowy kwiatostanu, a u odmiany 'Fafik' wybarwienia antocyjanowego pędów i liści.

Zmiany obserwowane w pokoleniu M_2

Zmiany obserwowane w stadium siewek

Już we wczesnej fazie rozwoju roślin <stadium liścieni i 1-szej pary listków>, u odmian o zielonych pędach, obserwowano rośliny wyróżniające się intensywniejszym antocyjanowym wybarwieniem hypokotylu i unerwienia liści <mutanty typu antocyjan wg Blixta, 1961>. Oprócz tych zmian, w kombinacjach napromienionych prawie wszystkich odmian znajdowano siewki zupełnie żółte. Przedstawiając mutacje barwy liści i pędów <tab. 3>, celowo ograniczono wyniki tylko do 2 odmian, mających pędy zielone, albowiem mutacje typu antocyjan u takich odmian są łatwiej zauważalne niż u odmian z nalotem antocyjanu. Uzyskane wyniki dla obydwu odmian wskazują na najbardziej mutagenne

działanie dawki 3 i 9 kR, przy czym efekt dawki 9 kR był największy. Dalsze analizowanie wyników jest raczej trudne do zinterpretowania. U odmiany 'Agnieszka' % siewek zmienionych, określony w odniesieniu do ogólnej liczby obserwowanych roślin, wskazuje na wzrastającą razem z dawką częstość występowania mutacji, ale procentowy wskaźnik wzrostu zmienności w odniesieniu do rodzin nie był tak wyraźny. Natomiast u odmiany 'Madonna', mutacje barwy liści obserwowano tylko po dawkach 3 i 9 kR — dawka 6 kR nie była mutagenna.

Tabela 3—Table 3

Częstotliwość występowania mutacji wybarwienia liści (typu chlorodefektio i antocyjan), w pokoleniu M_2 w stadium siewek, u 2 odmian astra chińskiego
Frequency of mutations in leaves colour (of chlorodeflection and anthocyanin type) in M_2 generation in seedling stage, of two China aster varieties

Odmiana Variety	Dawka Dose kR	Rośliny—Plants				Rodziny—Families			
		ogółem total	zmienionych changed		ogółem total	zmienionych changed		liczba no.	%
			liczba no.	%		liczba no.	%		
'Agnieszka'	0	645	2	0,3	56	2	3,5		
	3	745	9	1,2	57	6	10,5		
	6	488	6	1,3	48	4	8,3		
	9	22	1	4,6	9	1	11,1		
'Madonna'	0	514	0	0	63	0	0		
	3	645	2	0,3	52	2	3,8		
	6	846	0	0	44	0	0		
	9	225	8	3,6	18	4	22,2		

Zmiany obserwowane w okresie kwitnienia

W pokoleniu M_2 indukowane zmiany dotyczyły następujących cech: wysokości i pokroju roślin, barwy — pędów, liści i kwiatów; formy kwiatów brzeżnych, wczesności kwitnienia i zapachu kwiatów. Najczęściej mutacje dotyczyły kilku cech równocześnie. W przypadku zmienionej barwy kwiatów zwykle obserwowano też zmianę takich cech jak barwa pędów i liści, oraz formy kwiatów brzeżnych (tab. 5).

Częstość zmian obserwowanych w okresie kwitnienia przedstawiono w tabeli 4, a krótką charakterystykę roślin zmienionych w tabeli 5.

Tabela 4—Table 4

Częstotliwość występowania w pokoleniu M_2 astra chińskiego rodzin, u których w okresie kwitnienia obserwowano mutacje
Frequency of families in M_2 generation of China aster in which mutations were observed in the time of flowering

Dawka Dose kR	'Agnieszka'			'Fafik'			'Goplana'			'Madonna'			'Płomień'		
	liczba rodzin ogółem	rodziny zmienne nogene	changed families	liczba rodzin ogółem	rodziny zmienne nogene	changed families	liczba rodzin ogółem	rodziny zmienne nogene	changed families	liczba rodzin ogółem	rodziny zmienne nogene	changed families	liczba rodzin ogółem	rodziny zmienne nogene	changed families
	no. of fami- lies			no. of fami- lies			no. of fami- lies			no. of fami- lies			no. of fami- lies		
		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%		liczba no.	%
0	23	1	4,3	17	0	0	19	0	0	12	0	0	22	0	0
3	42	8	19,0	33	6	18,2	31	0	0	48	3	6,3	31	1	3,2
6	26	3	11,6	35	9	25,7	25	1	4	41	0	0	34	3	8,8
9	4	1	25,0	19	7	36,8	0	0	0	15	3	20,0	26	2	7,7
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Tylko rośliny napromienione Only irradiated plants	72	12	16,7	87	22	25,3	56	1	1,8	104	6	5,8	95	6	6,4

Tabela 5 — Table 5

Krótka charakterystyka porównawcza roślin zmienionych z kontrolnymi (pokolenie M_2)Short comparison of changed plants with the control ones (M_2 generation)

Odmiana Variety	Pokrój Habit	Barwa pędów Shoot colour	Barwa kwiatów Flower colour	Barwa kwiatów wg Biesalskie- go Flower colour according to Biesalski	Typ języczko- wych kwiatów brzeźnych Type of ligulate marginal flowers
A	B	C	D	E	F
'Agnieszka'	dość zwarty* rather compact*	zielona* green*	jasnolila* pale violet*	11,5B*	igielkowe* needle-shaped*
	dość zwarty rather compact	zielona green	biała white	—	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty rather compact	++	różowa pink	11C	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty rather compact	++	różowa pink	11C	wstęgowe ribbon-shaped
	dość zwarty rather compact	+++	fioletowa violet	13E	wstęgowe ribbon-shaped
	dość zwarty* rather compact*	+	malinowa* raspberry*	10D	wstęgowe* ribbon-shaped*
'Fafik'	dość zwarty rather compact	+ lub +++ + or +++	różowa pink	11A	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty rather compact	+++	różowa pink	10,5C	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty rather compact	+ lub +++ + or +++	różowa pink	10,5C	wstęgowe ribbon-shaped
	rozpierzchły dispersed	+	jasnoróżowa light pink	10B	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty ⁿ rather compact ⁿ	+++	karminowa ⁿ carmine ⁿ	10K	wstęgowe ⁿ ribbon-shaped ⁿ
	dość zwarty rather compact	+++	fioletowa violet	13E	wstęgowe ribbon-shaped
	rozpierzchły* dispersed*	++	fioletowa* violet*	13E	kódeczkowate* boat-shaped*
'Goplana'	rozpierzchły dispersed		fioletowa violet	13C	kódeczkowate boat-shaped
'Madonna'	dość zwarty* rather compact*	zielona* green*	kremowa* cream coloured*	—	igielkowe* needle-shaped*
	dość zwarty rather compact	zielona green	jasnoróżowa light pink	10,5B	wstęgowe ribbon-shaped
	dość zwarty rather compact	+	różowa pink	10,5C	wstęgowe ribbon-shaped
	dość zwarty rather compact	++	różowa pink	11,C	igielkowe needle-shaped
	dość zwarty rather compact				

A	B	C	D	E	F
	zwarty*	+	szkarłatna*	10E	wstęgowate*
	rather compact*		scarlet*		ribbon-shaped*
	dość zwarty	+++	różowa	10,5C	wstęgowate
	rather compact		pink		ribbon-shaped
'Płomień'	dość zwarty	++	ciemnoróżowa	10D	wstęgowate
	rather compact		dark pink		ribbon-shaped
	dość zwarty	++	jasnofioletowa	11,5D	wstęgowate
	rather compact		pale violet		ribbon-shaped
	dość zwarty ^z	++	fioletowa ^z	13E	wstęgowate ^z
	rather compact ^z		violet ^z		ribbon-shaped ^z

* – rośliny kontrolne (control plants).

ⁿ – niektóre rośliny niskie (some plants low).

^z – roślina o zapachu dzikiego powoju (plant with smell of wild morning glory (*Ipomea*)).

Najwięcej rodzin zmienionych obserwowano u odmiany 'Fafik' <25,3%> a najmniej u 'Goplany' – tylko 1 rodzinę <1,8% – tab. 4>. U 'Fafika' liczba rodzin zmienionych wzrastała razem z dawką promieniowania, u pozostałych odmian takiej zależności nie stwierdzono. Wyniki uzyskane w omawianym doświadczeniu, dotyczące częstotliwości występowania mutacji wskazują, że dawką optymalnie mutagenną dla badanych odmian astra chińskiego było promieniowanie z zakresu 6-9 kR <tab. 4>. Należy podkreślić, że u odmiany 'Agnieszka' i 'Madonna' częstotliwość mutacji obserwowanych w okresie kwitnienia była skorelowana z częstotliwością mutacji, które ujawniły się we wczesnym okresie wzrostu <tab. 3>. Dawki 3 i 9 kR były dla tych odmian najbardziej mutagenne, przy czym efekt dawki 9 kR był większy.

Wydaje się, że pod wpływem promieni gamma stosunkowo często uzyskuje się u astra chińskiego zmianę barwy kwiatów, ale zakres nowych barw wskazuje na różną podatność badanych odmian <tab. 5>. U roślin odmiany 'Goplana' tylko w jednym przypadku obserwowano zmianę barwy z fioletowej na jaśniejszą. 'Madonna', o kwiatach kremowych, mutowała tylko do barwy różowej – ale w 3 odcieniach. U odmiany 'Agnieszka', o kwiatach jasnołila, obserwowano zmianę barwy na białą, różową albo fioletową <roślinę o kwiatach fioletowych znaleziono również w kontroli>. Odmiany o kwiatach w odcieniu czerwonym <'Fafik' i 'Płomień'>, dawały największy zakres mutacji barw – różne odcienie różu i fioleto.

Inną cechą, dość łatwo mutującą, była forma kwiatów brzeżnych <następstwem tej mutacji był odmienny typ kwiatostanów>. Tego typu mutacje stwierdzono u większości odmian – z wyjątkiem odmiany 'Goplana' i 'Płomień'. U odmian o kwiatach igiełkowych zmutowane kwiaty były wstęgowate, a u odmiany 'Fafik', wstęgowate kwiaty brzeżne zmutowały do igiełkowych.

Mutację wysokości znaleziono tylko u roślin odmiany 'Fafik' — były to wszystkie rośliny w rodzinie nr 21 po dawce 3 kR, różniące się między sobą odcieniami barwy kwiatów. Również w tej samej odmianie, po dawce 6 kR znaleziono roślinę o zdeformowanych kwiatostanach, wypełnionych pergaminowymi, krótkimi, grubymi kwiatami rurkowymi, pozbawionymi organów generatywnych.

U odmiany 'Płomień', po dawce 6 kR, znaleziono 1 roślinę, która zakwitła o miesiąc wcześniej od pozostałych. Inna roślina z kombinacji 9 kR, poza zmutowaną barwą kwiatów i odmiennym typie kwiatostanu, odznaczała się intensywnym, przyjemnym zapachem (przypominającym zapach dzikiego porzeczki).

Analizując poszczególne rodziny zmutowane, których liczebność nie była mniejsza niż 5 roślin, tylko u 1 rodziny (w odmianie 'Fafik', po dawce 6 kR) wszystkie rośliny były jednakowe — mutacja dotyczyła barwy i formy kwiatów brzożnych — w pozostałych rodzinach obserwowano rozszczepienia.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Wśród napromienionych roślin, zarówno w pokoleniu M_1 , jak i w M_2 , dość często obserwowano różnego rodzaju zmiany, dotyczące zielonej barwy liści i pędów. Oprócz różnych defektów chlorofilowych i nielicznych mutacji typu antocyjan, spotykano mutacje chlorofilowe — w tym i sektorialne. Obserwacji tych nie uzupełniono badaniami cytologicznymi, trudno więc wnioskować o charakterze tych zmian. Interesujące jest doniesienie Rana (1964), który stwierdził, że przyczyną sektorialnej radiomutacji chlorofilowej u *Chrysanthemum carinatum* była utrata 1 pary chromosomów — zmutowany sektor był aneuploidem.

Poszukując wskaźników efektywności mutagennej, zwraca się uwagę na występowanie zmian już we wczesnych stadiach rozwoju roślin. Według niektórych autorów zwiększona częstość występowania w pokoleniu M_1 zmian teratologicznych (Grabowska i Mynett, 1964a; Driagina, 1974) albo mutacji chlorofilowych (Cornu, 1970; Driagina, 1974) może być takim wskaźnikiem. W przypadku astra chińskiego teza ta nie została jednak potwierdzona. Być może, że warunki środowiska nie były odpowiednie dla ujawnienia się wszystkich mutacji — np. temperatura w szklarni wynosiła powyżej 20°C, a jak wiadomo w temperaturze powyżej 15°C następuje zanik niektórych mutacji chlorofilowych.

Barwa kwiatów u astra chińskiego jest przeważnie skorelowana z barwą pędów i liści. Wydaje się, że znajdowane zarówno w pokoleniu M_1 , jak i w M_2 mutacje barwy liści i pędów typu antocyjan — zauważalne już w stadium liścieni — mogą mieć znaczenie jako markery barwy kwiatów bądź też mogą ułatwić we wczesnym okresie wstępne wnioskowanie o heterozygotyczności badanych rodzin.

W pokoleniu M_1 , w okresie kwitnienia znaleziono kilka roślin wyraźnie zmienionych. Występowanie w pokoleniu M_1 mutacji fenotypowo zauważalnych u roślin ozdobnych, rozmnażających się generatywnie, nie jest często spotykane, ale i liczba doświadczeń z tego typu roślinami jest niewielka. Mutacje w M_1 u *Impatiens balsamina* obserwowała K l o z o v a <1962>, u petuni C o r n u <1970> i Muszyński <1972>, u chińskiej róży R a o i R a j <1974>, a u mieczyka D r i a g i n a <1974>.

W pokoleniu M_1 , u odmiany 'Goplana', znaleziono bardzo interesującą roślinę, o kwiatach brzeźnych do ok. 2/3 ich długości zrosniętych w rurkę. Podobne radiomutanty uzyskano u złocieni – u *Chrysanthemum carinatum* <R a n a, 1965> i u jednej z odmian wielkokwiatowych <G l a z u r i n a, 1975>. Natomiast Broertjes <1966> z odmiany złocieni 'Hortensien Rose', której kwiaty brzeżne są częściowo zrosnięte w rurkę, uzyskał mutantą o kwiatach brzeźnych języczkowych.

W pokoleniu M_2 odmiany 'Płomień' znaleziono 1 roślinę, która wyróżniała się intensywnym zapachem. Tego rodzaju radiomutacje obserwowała u mieczyka D r i a g i n a <1974>.

W omawianym doświadczeniu, mutacje wysokości uzyskano tylko w 1 rodzinie <odmiana 'Fafik'>. Natomiast S t e u c k a r d t <1961> donosi, że u astra chińskiego odmiany 'Jugend' wśród 14 radiomutantów <oprócz chlorofilowych> było 5 niskich. O indukowanych mutantach wysokości u *Achimenes* donosi Broertjes <1972>, u petunii Muszyński <1972>, mieczyka D r i a g i n a <1974>, a u chińskiej róży R a o i R a j <1974>.

Poradiacyjną zmianę pokroju roślin obserwował u *Achimenes* Broertjes <1972>, a u róż C h a n <1966>. U astra chińskiego kierunek zmiany tej cechy był niekorzystny – zawsze do bardziej rozpięzchłego.

Znaleziona w pokoleniu M_2 w odmianie 'Płomień', roślina o miesiąc wcześniej zakwitająca, oraz wyniki z innego doświadczenia <nie publikowane>, wskazują na możliwość indukowania zmian u astra chińskiego także i w tym kierunku. Skrócenie okresu wegetacji u astra chińskiego byłoby bardzo pożądane – jak wiadomo w polskich warunkach odmiany późne często nie zdążą wytworzyć nasion. Popromienną zmianę długości okresu wegetacji – również u astra chińskiego – obserwował S t e u c k a r d t <1961>, u róż C h a n <1966>, u goździków S p a r n a a i j i D e m m i n k <1970>, a u *Achimenes* Broertjes <1972>.

Zmienność popromienna u astra chińskiego dotyczyła przeważnie kilku cech razem. W przypadku zmiany barwy kwiatów często była zmieniona i forma kwiatów brzeźnych, a także barwa pędów i liści. Indukowanie promieniowaniem kilku cech równocześnie u roślin ozdobnych jest dość często obserwowane np. u dali i *Achimenes* <Broertjes, 1967; 1972>, u złocieni <Broertjes, 1966; G l a z u r i n a, 1975>.

Częsta zmiana barwy i formy kwiatów brzeźnych u astra chińskiego wskazuje na znaczną mutabilność tych cech.

Spektrum indukowanych mutacji i częstość ich występowania zależy w znacznym stopniu od właściwości genetycznych badanego obiektu (Broertjes, 1966; Valeva, 1967; Broertjes i Ballego, 1967; Broertjes i Leffring, 1972; Glazurina, 1975). Zróżnicowane wyniki u omawianych odmian astra chińskiego potwierdzają ten pogląd. Wydaje się, że odmiany o kwiatach jasnonila i czerwonych są bardziej obiecujące pod względem zmiany barwy niż odmiany o kwiatach żółtych i fioletowych.

Wiadomo, że częstotliwość popromiennych uszkodzeń genetycznych zwiększa się ze wzrostem dawki, ale zależność tę nie zawsze potwierdzają obserwacje fenotypowych mutacji morfologicznych — o czym donoszą np. Buiatti i Ragazzini (1965), Chan (1966), Broertjes (1972), Glazurina i Čemarin (1974). Natomiast zwiększającą się razem z dawką częstość występowania mutacji fenotypowo zauważalnych obserwował u astra chińskiego Steuckardt (1961), u goździków Grabowska i Mynett (1964b), u złocieni Dowrick i El Bayoumi (1966), u *Saintpaulii* Broertjes (1967), a u petunii Cornu (1970). W moim doświadczeniu tylko u jednej odmiany stwierdziłam wzrost frekwencji mutacji proporcjonalnie do dawki promieniowania.

W warunkach omawianego doświadczenia za dawki optymalnie mutagenne dla astra chińskiego należy przyjąć 6-9 kR, a więc te dawki, które w pokoleniu M_1 u większości badanych odmian wywołały efekt letalny: 30-50% u 40-dniowych siewek, i 50% w okresie kwitnienia, a jednocześnie obniżały żywotność pyłku o ok. 8-16% (Wośńska, 1979; 1980b; 1982). Wydaje się, że takie kryteria w M_1 jak przeżywalność siewek po 40 dniach, a roślin w końcowym okresie wegetacji, oraz obniżenie żywotności pyłku mogą być u astra chińskiego wskaźnikami skuteczności mutagennej promieni gamma. Potwierdza to, przyjęty obecnie przez wielu badaczy pogląd (cyt. za Jaranowskim, 1978), że dawki powodujące ok. 50%-owy spadek przeżywalności u roślin rozmnażających się generatywnie są mutagennie najkorzystniejsze.

Uzyskane wyniki wskazują na celowość stosowania promieni gamma, jako metody do pozyskiwania szerokiego zakresu zmienności genetycznej w hodowli twórczej astra chińskiego.

STRESZCZENIE

Badano popromienny efekt zmienności u roślin 5 odmian astra chińskiego, wyrosłych z nasion przedsięwzięte traktowanych różnymi dawkami promieni gamma (pokolenie M_1) i u potomstwa tych roślin (pokolenie M_2).

Zarówno w pokoleniu M_1 , jak i w M_2 częstotliwość występowania zaindukowanych promieniowaniem zmian u badanych odmian była różna.

W pokoleniu M_1 oprócz zmian teratologicznych — spotykanych najczęściej we wczesnych okresach — obserwowana zmienność dotyczyła przeważnie barwy i wielkości liści, oraz formy kwiatów brzeźnych. Rośliny o odmiennej barwie kwiatów lub innym pokroju występowały tylko sporadycznie.

Zaindukowane promieniowaniem zmiany znacznie częściej obserwowano w pokoleniu M_2 niż w M_1 . Dotyczyły one następujących cech: wysokości i pokroju roślin, barwy — pędów, liści i kwiatów, formy języczkowatych kwiatów brzeźnych, wczesności kwitnienia i zapachu kwiatów. Najczęściej obserwowano zmiany kilku cech razem. W przypadku mutacji barwy pędów i liści typu antocyjan, przeważnie była również zmieniona barwa kwiatów.

Najwięcej roślin zmienionych stwierdzono po dawce 9 kR w pokoleniu M_1 , a po 6-9 kR w pokoleniu M_2 . Były to dawki, które w pokoleniu M_1 w stadium kwitnienia u większości badanych odmian określono jako LD_{50} .

LITERATURA

- Biesalski E., 1957. Pflanzenfarben — Atlas, Musterschmidt Verlag, Berlin — Frankfurt.
- Blixt S., 1961. Quantitative studies of induced mutations in peas v. Chlorophyll mutations. *Agri Hort. Genet.* 19: 402-447.
- Bowen H., Cavse P., Dick M., 1962. The induction of sports in Chrysanthemums by gamma radiation. *Rad. Bot.* 1: 297-303.
- Broertjes C., 1966. Mutation breeding of Chrysanthemums. *Euphytica* 15: 156-162.
- Broertjes C., 1967. Progrès dans la mutagenèse applique. Application of atomic energy in agriculture, Annual Report, Euratom 6: 45-51.
- Broertjes C., 1972. Mutation breeding of Achimenes. *Euphytica* 21: 48-62.
- Broertjes C., Ballego J., 1967. Mutation breeding of *Dahlia variabilis*. *Euphytica* 16: 171-176.
- Broertjes C., Leffring L., 1972. Mutation breeding of *Kalanchoe*. *Euphytica* 21: 415-423.
- Broertjes C., Roest S., Bokelman G., 1976. Mutation breeding of *Chrysanthemum morifolium* Ram. using in vivo and in vitro adventitious bud techniques. *Euphytica* 25: 11-19.
- Buiatti M., Ragazzini R., 1965. Gamma ray induced changes in the carnation, *Dianthus caryophyllus* L. *Rad. Bot.* 5: 95-105.
- Buiatti M., Ragazzini R., Tognani F., 1965. Effects of gamma irradiation on gladiolus. *Rad. Bot.* 5: 97-98.
- Chan A., 1966. *Chrysanthemum* and *Rose* mutations induced by X-rays. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88: 613-620.
- Cornu A., 1970. Sur l'obtention de mutations somatiques après traitements de graines de pétunias. *Ann. Amélior. Plantes* 20: 189-214.
- Dowrick G., El Boyoumi P., 1966. The induction of mutations in chrysanthemum using X- and gamma radiation. *Euphytica* 15: 204-210.
- Driagina I., 1974. Radiacija w selekcji płodowych i cvetočno dekorativnych kultur. *Roselchozidat, Moskva*.
- Glazurina A., 1975. Rezultaty roboty po radioselekcii chrizantem. *Biul. Gosud. Nikit. Bot. Sada* 3: 47-51.
- Glazurina A., Čemarin N. 1974. Vlijanije jonizirujuščich izlučenij na rost, razvitie i izmienčivost chrysantem. *Biul. Glavn. Bot. Sada* 93: 84-97.
- Grabowska B., Mynett K., 1964a. Działanie promieni gamma Co^{60} na dalie karłowe. *Biul. IHAR* 5-6: 17-26.
- Grabowska B., Mynett K., 1964b. Efekt działania promieni gamma Co^{60} na goździki wielkokwiatowe rasy szklarniowej. *Biul. IHAR* 5-6: 13-16.
- Haunold E., 1971. Die Wirkung von Gammastrahlen auf Tulpenzwiebeln. *Die Bodenkultur* 22: 387-392.

- Jank H., 1957. Experimentall Mutationsausloesung durch Roentgenstrahlen bei *Chrysanthemum indicum*. Zuechter 27: 223-231.
- Jaranowski J., 1978. Mutagenne działanie promieni gamma u *Pisum arvense* i *Vicia sativa*. Biul. IHAR 1-2: 45-49.
- Klozova E., 1962. The effect of accute irradiation of balsam seeds (*Impatiens balsamina* L.) on the formation of anthocyanins in blossoms. Biol. Plant. 4: 246-254.
- Love J., Malone B., 1967. Anthocyanin pigments in mutant and non mutant *Coleus* plants. Rad. Bot. 7: 549-552.
- Misra R., 1978. Induced mutations in gladioli through gamma radiation. In gladiolus annual 1978, Stokeon — Trent: 71-78 (cyt. za Hort. Abstr. 1979, poz. 3587).
- Möes 1966. Mutations induites ches le glaiëul (*gladiolus*). Bull. des Recher. Agr. de Gemblaux 1: 76-95.
- Muszyński S., 1972. Indukowanie mutacji u roślin allopoloidalnych. Zesz. Nauk. Akad. Rol. w Warszawie, Rozprawy Naukowe 28.
- Rana R., 1964. A radiation induced chimera in *Annual chrysanthemum*. Die Naturwissenschaften 51: 642-643.
- Rana R., 1965. Radiation induced variation in ray floret characteristics of *Annual chrysanthemum*. Euphytica 14: 296-300.
- Rao T., Raj K., 1964. Effect of irradiation on morphological characters in bhini. Current Research 3: 126-127 (cyt. za Hort. Abstr. 1976, poz. 1226).
- Sparnaaij L., Demmink J., 1970. Yield and quality of glasshouse carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) after mutagenic radiation with X- rays. Euphytica 19: 310-316.
- Steuckardt R., 1961. Mutationsversuche mit Sommerastren (*Callistephus chinensis*). Archiv für Gartenbau 9: 85-95.
- Streitberg H., 1968. Die Erzeugung wirtschaftlich wertvoller Sproßvarianten bei Rosen durch Behandlung mit Röntgenstrahlen. Wiss Z. Humbolt Univ. Berlin 17: 299-302.
- Valeva S., 1967. Princypy i metody primeneniya radiacii w selekcii rastenij, Atomizdat, Moskwa.
- Wosińska A., 1979. I. Wpływ różnych dawek promieni gamma ^{60}Co na dynamikę kiełkowania nasion i przeżywalność siewek astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees). Acta Agrobot. 32: 109-131.
- Wosińska A., 1980a. II. Wpływ różnych dawek promieni gamma ^{60}Co na kilka cech morfologicznych astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees) w pokoleniu M_1 i M_2 . Acta Agrobot. 33: 5-29.
- Wosińska A., 1980b. III. Wpływ różnych dawek promieni gamma ^{60}Co na żywotność pyłku astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees) w pokoleniu M_1 i M_2 . Acta Agrobot. 33: 31-39.
- Wosińska A., 1982. IV. Wpływ promieni gamma ^{60}Co na przeżywalność roślin astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees) w warunkach polowych w pokoleniu M_1 . Acta Agrobot. 35: 277-283.