

Zmienność żywotności pyłku w kwiatach i kwiatostanach astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees) wywołana promieniami gamma w pokoleniu M_1 i M_2

WIESŁAW MĄDRY¹, ALICJA WOSIŃSKA², LEOKADIA UBYSZ-BORUCKA¹

¹Katedra Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa, SGGW-AR, Rakowiecka 26/30,
02-528 Warszawa

²Institut Produkcji Ogrodniczej, SGGW-AR, Nowoursynowska 166, 02-766 Warszawa

⟨Otrzymano dn. 15.01.1983⟩

W. Mądry¹, A. Wosińska², L. Ubysz-Borucka¹ ⟨¹Department of Mathematical
Statistics and Biometry, Warsaw Agricultural University, Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa, Poland;
²Institute of Horticulture Production, Warsaw Agricultural University, Nowoursynowska 166, 02-766
Warszawa, Poland⟩ Acta Agrobotanica 37 (2): 133-139, 1984.

Variability of pollen viability in the flowers and inflorescences of the China aster (*Callistephus chinensis*
Nees) caused by gamma rays in the M_1 and M_2 generations

Abstract

The influence of gamma rays (within range 3-12 kR) on the variations of pollen viability was investigated in four varieties of *Callistephus chinensis* Nees in the M_1 and M_2 generations. The variability, both in generation M_1 and M_2 of the studied character between the plants and flowers within the inflorescence proved to be dependent on the radiation dose and was as a rule higher in populations exposed to radiation than in the control ones. These regularities, however were not equal in the tested varieties. The total variance of pollen viability in the M_2 generation was in general lower as compared with that of the M_1 generation, whereas the particular variance components showed an extremal dependence (minimum after a 3 kR dose) on the radiation dose.

WSTĘP

Niekorzystny wpływ radiacji na płodność napromienionych roślin ogranicza się zwykle do pokolenia M_1 , rzadziej występuje w pokoleniach dalszych. Zjawisko męskiej niepłodności w pokoleniu M_1 jest powszechne, co w doświadczeniach z innymi gatunkami roślin wykazali między innymi Beard i in. (1958), Bhatti i in. (1961), Iizuka i Iikeda (1963), Monti (1967), Muszyński (1967), Kasprzyk (1970), Alba i in. (1972), Fautrier (1976), Wosińska (1980a, b).

Podczas badania żywotności pyłku populacji astra chińskiego, wyrosłych z nasion traktowanych przedsięwzię różnymi dawkami promieni gamma (W o s i ń s k a, 1980b), zauważono duże zróżnicowanie tej cechy w obserwowanym materiale. To skłoniło autorów do dalszej analizy uzyskanych wyników. Celem niniejszej pracy jest badanie zmienności żywotności pyłku między kwiatami i kwiatostanami poszczególnych roślin, w populacjach napromienionych, na tle populacji roślin kontrolnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w pokoleniu M_1 i M_2 u 4 odmian astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees): 'Agnieszka', 'Goplana', 'Madonna' i 'Płomień'. Szczegółowe opisy dotyczące materiału, sposobu napromienienia, zakładania doświadczenia i metodyki stosowanej przy wykonywaniu preparatów podano we wcześniejszych publikacjach (W o s i ń s k a, 1979, 1980b). W pokoleniu M_1 zbadano łącznie z 4 odmian 3867 kwiatów pochodzących z 394 roślin (czyli 394 kwiatostanów), a w pokoleniu M_2 – 2545 kwiatów z 258 roślin (258 kwiatostanów).

Analizę zmienności dla żywotności pyłku przeprowadzono w pokoleniu M_1 i M_2 oddzielnie dla każdej z odmian i dawki napromieniania.

W pokoleniu M_1 dane żywotności pyłku (frakcje procentowe ziaren żywotnych) stanowiły trójkierunkową klasyfikację hierarchiczną, dla której przyjęto model liniowy:

$$y_{ijk} = m + a_i + b\langle a \rangle_{ij} + c[b\langle a \rangle]_{ijk} + e_{ijk} \quad \langle 1 \rangle$$

gdzie: y_{ijk} – obserwacje frakcji procentowej ziaren żywotnych dla i -tego poletka, j -tej rośliny (kwiatostanu) oraz k -tego kwiatu, m , a_i , $b\langle a \rangle_{ij}$, $c[b\langle a \rangle]_{ijk}$, e_{ijk} są odpowiednio średnią ogólną i efektami losowymi i -tego poletka, j -tej rośliny – na i -tym poletku, k -tego kwiatu w kwiatostanie – j -tej rośliny – na i -tym poletku oraz błędem losowym i, j, k -tej obserwacji.

W pokoleniu M_2 pominięto poletka – rozpatrywano rośliny łącznie, więc model (1) ma postać:

$$y_{jk} = m + b_j + b\langle c \rangle_{jk} + e_{jk} \quad \langle 2 \rangle$$

Przyjęto, że efekty losowe modeli (1) i (2) spełniają warunki normalności rozkładu z zerowymi wartościami oczekiwanymi i odpowiednimi diagonalnymi macierzami kowariancji (O k t a b a, 1974).

Błąd oceny (e_{ijk} lub e_{jk}) jest nieidentyfikowalny na podstawie analizowanych danych (jedna obserwacja dla każdego kwiatu). Zgodnie z założeniem metodyki, oceny badanej cechy dla danego kwiatu stanowią iloraz wartości zmiennej

losowej Bernoulliego i liczby 2. Wariancja tej zmiennej losowej dla każdego kwiatu stanowi wariancję błędu e_{ijk} lub e_{jk} . Jej wartość wyraża wzór:

$$D^2 \langle y \rangle = \frac{npq}{4} = \frac{np \langle 1-p \rangle}{4} \quad \langle 3 \rangle$$

gdzie: $y = -\frac{k}{2}$ $\langle k$ – liczba żywotnych ziaren pyłku spośród $n = 200$ ana-

lizowanych, p – prawdopodobieństwo wystąpienia ziarna żywotnego \rangle .

Wcześniejsze badania \langle W o s i ń s k a, 1980b \rangle wykazały, że w analizowanych populacjach ocena prawdopodobieństwa p była większa od 0,8 \langle spora-dycznie tylko poniżej 0,8 \rangle , wobec tego $D^2 \langle y \rangle \leq 8$, zaś iloraz średniego kwadratu dla kwiatów w obrębie kwiatostanów podzielony przez 8, może stanowić statystykę F , służącą za podstawę weryfikacji hipotezy o braku zmienności kwiatów w obrębie kwiatostanu. Proponowana funkcja testowa F oparta jest na nieskończenie dużej liczbie stopni swobody dla wariancji w mianowniku.

Według modelu $\langle 1 \rangle$ i $\langle 2 \rangle$ oszacowano komponenty wariancyjne, stosując pierwszą metodę Hendersona \langle O k t a b a, 1974 \rangle .

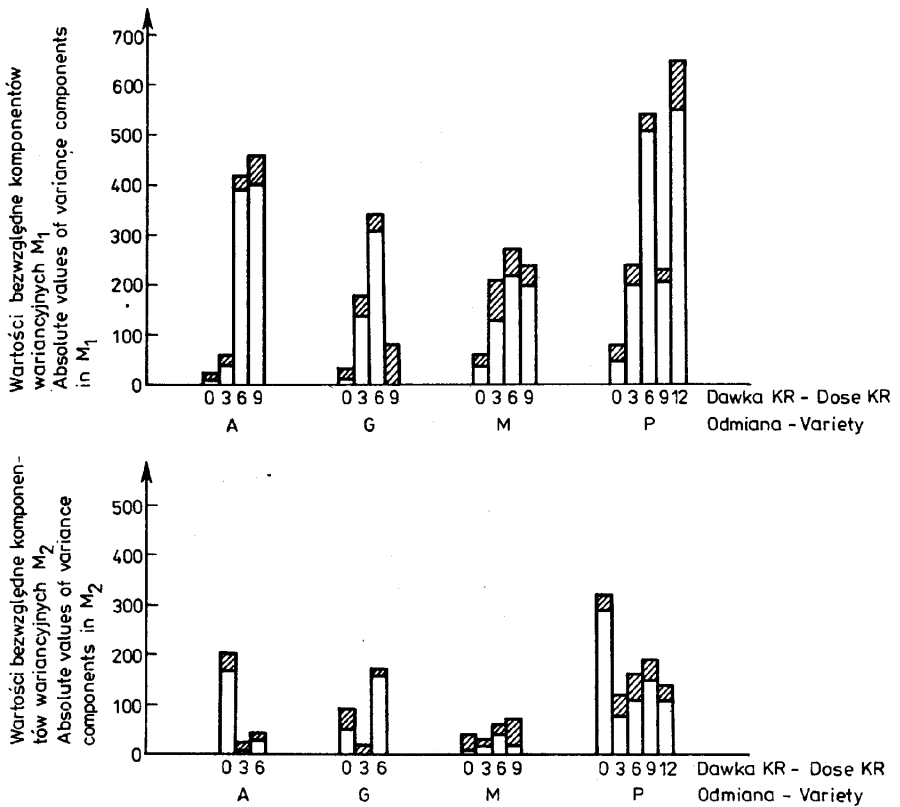
WYNIKI I DYSKUSJA

W pokoleniu M_1 i M_2 zmienność żywotności pyłku między roślinami jest istotna \langle według testu F w analizie wariancji \rangle u wszystkich obiektów, z wyjątkiem odmiany 'Goplana', po dawce 9 kR w pokoleniu M_1 oraz po dawce 3 kR w pokoleniu M_2 . Zmienność kwiatów w obrębie kwiatostanów w pokoleniu M_1 i M_2 była na ogół istotna \langle względem teoretycznego średniego kwadratu dla błędu = 8 \rangle . Jednak z uwagi na przybliżony charakter testowania, uzyskane oceny komponentów wariancyjnych dla łącznego efektu kwiatu i błędu oceny, traktowano zawsze jako miarę zmienności kwiatów w obrębie kwiatostanu.

Uzyskane w pokoleniach M_1 i M_2 oceny komponentów wariancyjnych dla zmienności roślin i kwiatów w obrębie kwiatostanu oraz ich udział w zmienności całkowitej przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

POKOLENIE M_1

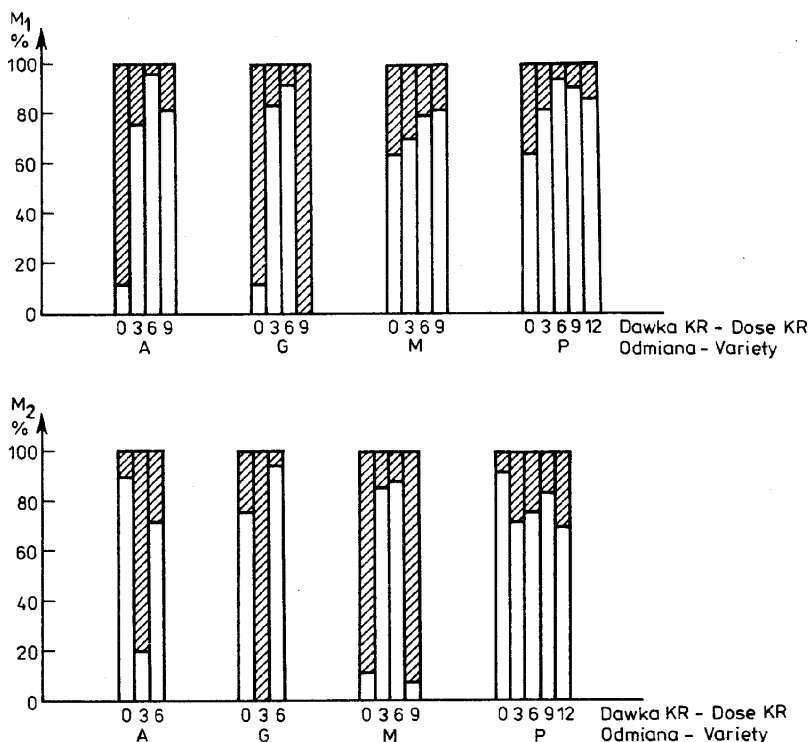
U wszystkich badanych odmian zmienność roślin w populacjach napromienionych była istotnie większa \langle w wyniku porównania testem-F-Fishera-Snedecora ocen komponentów wariancyjnych między kontrolą a dawką promieniowania \rangle niż w populacjach kontrolnych. U roślin odmian 'Agnieszka', 'Goplana' i 'Płomień' nasilenie tej zmienności wystąpiło po stosowaniu dawek 3 i 6 kR, dalsze zwiększanie dawek nie powodowało kolejnego poszerzania zmien-



Rys. 1. Oceny komponentów wariacyjnych żywotności pyłku w pokoleniu M_1 i M_2 dla 4 odmian astra chińskiego. Wysokość słupka nie zakreskowanego oznacza ocenę komponentu wariacyjnego dla zmienności roślin, a zakreskowanego dla zmienności kwiatów w obrębie kwiatostanu. Odmiany: A – ‘Agnieszka’, G – ‘Goplana’, M – ‘Madonna’, P – ‘Płomień’

Fig. 1. Estimates of variance components of pollen viability in M_1 and M_2 generation for four varieties of *Callistephus chinensis* Nees. The height of the unhatched bar indicates the estimate of the variance component for plant variability, and the hatched bar for variability of the flowers within the inflorescence. Varieties: A – ‘Agnieszka’, G – ‘Goplana’, M – ‘Madonna’, P – ‘Płomień’

ności roślin (u roślin odmiany ‘Goplana’ po dawce 9 kR stwierdzono całkowity brak zmienności). Należy podkreślić, że największa zmienność roślin wystąpiła po dawkach 6 i 9 kR. Jest interesujące, że były to dawki, które jednocześnie obniżyły przeżywalność roślin do okresu kwitnienia o 50% (LD₅₀), a ponadto były określone jako dawki optymalnie mutagenne (W o s i ń s k a, 1982a, b).



Rys. 2. Struktura zmienności żywotności pyłku 4 odmian astra chińskiego w pokoleniu M_1 i M_2 . Wysokość słupka nie zakreskowanego oznacza udział komponentu wariacyjnego dla zmienności roślin, a zakreskowanego – udział komponentu wariacyjnego dla zmienności kwiatów w obrębie kwiatostanu, w całkowitej zmienności populacji

Fig. 2. Variability structure of pollen viability in four *Callistephus chinensis* Nees varieties in generations M_1 and M_2 . Height of unhatched bar denotes participation of variance component for variability of plants, and that of the hatched bar the participation of the variance component for variation of flowers within inflorescence in the total variance of the populations

Badając zależność komponentu wariacyjnego, wyrażającego zmienność kwiatów w obrębie kwiatostanów, od dawki promieniowania stwierdzono także różną reakcję roślin badanych odmian. Podobnie jak dla roślin, stwierdzono istotne zwiększenie zmienności kwiatów w populacjach napromienionych w stosunku do kontroli (z wyjątkiem odmiany 'Płomień', u której po dawkach 3 i 6 kR zmienność ta była nieistotnie różna). U odmiany 'Madonna' zmienność między kwiatami nie zależała od dawki. Najwyraźniej zareagowały rośliny odmiany 'Agnieszka', u których wzrost dawki spowodował systematyczne zwiększanie się zmienności kwiatów.

Zmienność w obrębie kwiatostanów u wszystkich odmian po napromienieniu wzrastała w wyniku nieproporcjonalnego przyrostu wariancji między roślinami w stosunku do wariancji między kwiatami (rys. 1). Widoczne jest to także w strukturze zmienności łącznej (rys. 2).

Uzyskane wyniki potwierdzają tezę o wzroście zmienności żywotności pyłku w populacjach napromienionych M_1 i częściowo potwierdzają wyniki M u s z y ń s k i e g o (1967), który w pokoleniu M_1 u petunii stwierdził wzrost zróżnicowania pyłku między roślinami w populacjach napromienionych, ale nie stwierdził zmienności w obrębie roślin.

POKOLENIE M_2

Stwierdzono, że u poszczególnych odmian wystąpił różny kierunek zmian wariancji między roślinami pod wpływem wzrastających dawek (rys. 1). W odniesieniu do odmiany 'Agnieszka', 'Goplana' i 'Płomień' po dawce 3 kR zmienność między roślinami była istotnie niższa niż w populacjach kontrolnych. U odmiany 'Madonna' wspomniana dawka spowodowała istotny wzrost (w stosunku do kontroli) komponentu wariancyjnego dla zmienności roślin. Wzrost dawki do 6 kR wywołał istotne zwiększenie zmienności roślin (w stosunku do dawki 3 kR), z wyjątkiem odmiany 'Płomień', u której zmienność ta pozostawała na niezróżnicowanym poziomie w populacjach napromienionych wyższymi dawkami.

W zmienności kwiatów w obrębie kwiatostanu (rys. 1) stwierdzono podobne tendencje jak w przypadku zmienności między roślinami. Wraz ze wzrostem dawki zmienność kwiatów w obrębie kwiatostanu malała, później rosła ('Agnieszka', 'Madonna') albo też systematycznie malała ('Goplana') lub nie wykazywała jednoznacznej tendencji ('Płomień').

U roślin odmiany 'Agnieszka' i 'Płomień' łączna zmienność żywotności pyłku w populacjach napromienionych nie osiągała zmienności w populacjach kontrolnych. U wszystkich odmian (z wyjątkiem odmiany 'Płomień') widoczna jest reakcja ekstermalna (minimum po dawce 3 kR) wariancji całkowitej na wzrastające dawki (rys. 1). Dla większości populacji eksperymentalnych (odmiany \times dawki) głównym składnikiem zmienności całkowitej był komponent wariancyjny odpowiadający zmienności roślin – ok. 75%, odnosi się to do pokolenia M_1 i M_2 .

Uzyskane wyniki świadczą, że także w pokoleniu M_2 promieniowanie wpływa na stopień zmienności badanej cechy. Ogólnie, zmienność w pokoleniu M_2 była niższa niż w M_1 , co świadczy o malejącym efekcie promieniowania w generacji M_2 .

Zróżnicowanie zmienności jako skutku popromiennego u poszczególnych odmian obserwowano zarówno w pokoleniu M_1 jak i w M_2 , co jest zgodne z udowodnioną już dla różnych gatunków roślin tezą o zależności efektu promieniowania od odmianowych uwarunkowań genetycznych. Należy zauważyć, że zarówno w pokoleniu M_1 jak i w M_2 najmniejszy wpływ promieniowania na zmienność, szczególnie odnosząc się do kwiatów, obserwowano u odmiany 'Płomień', a więc odmiany, która wyróżniała się największą radioodpornością również w stosunku do innych cech (W o s i ń s k a, 1980a).

STRESZCZENIE

Badano wpływ promieni gamma (w zakresie 3-12 kR) na zmienność żywotności pyłku u 4 odmian astra chińskiego w pokoleniu M_1 i M_2 . Stwierdzono, że zarówno w pokoleniu M_1 jak i M_2 zmienność badanej cechy między roślinami i między kwiatami w obrębie kwiatostanu zależała od dawki promieniowania i była na ogół większa w populacjach napromienionych niż w kontrolnych. Prawidłowości te nie były jednakowe dla badanych odmian. Zmienność całkowita żywotności pyłku w pokoleniu M_2 utrzymywała się przeważnie na niższym poziomie w stosunku do pokolenia M_1 , zaś poszczególne komponenty wariancyjne wykazywały zależność ekstremalną (z minimum po dawce 3 kR) względem dawki promieniowania. ▸

LITERATURA

- Alba G., Reyes W., Hernandez A., 1972. Irradiation de semilla de sorgo (*Sorghum vulgare*) con rayos de trigo (*Triticum vulgare*) con rayos gamma. Induced mutations and plant improvement. IAEA, Vienna: 453-455.
- Beard B., Haskins F., Gardner C., 1958. Comparison of effects of X-rays and thermal neutrons on dormant seeds of barley, maize mustard and sun-flower. *Genetics* 43: 728-736.
- Bhatt B., Bora K. C., Gopal-Ayengar A. R., Patil S. H., Rao N. S., Shama Rao H. K., Subbairach K. C., Thacare R. G., 1961. Some aspects of irradiation of seeds with ionizing radiations. Effects of ionizing radiations. Effects of ionizing radiations on seeds. IAEA, Vienna: 591-607.
- Fautrier A. G., 1976. The influence of gamma irradiation on dry seeds of lucerne cv. Wairau I. Observations on the M_1 generation. *Environmental and Experimental Botany* 16: 77-81.
- Iizuka M., Ikeda A., 1963. Effects of X-ray irradiation on *Lilium formosanum*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 82: 508-516.
- Kasprzyk M., 1970. Mutacje u bobiku (*Vicia faba* L.) wywołane promieniami gamma. *Biul. IHAR* 1-2: 51-54.
- Monti L. M., 1967. Preliminary data on radiation - induced gamete sterility in M_1 plants of *Nicotiana tabacum*. *Rad. Bot.* 7: 177-182.
- Muszyński S., 1967. Badania nad eksperymentalnie wywołanymi promieniowaniem jonizującym mutacjami u petunii. Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Okta W., 1974. Metody statystyki matematycznej. PWN, Warszawa.
- Wosińska A., 1979. 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., 1982a. 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.
- Wosińska A., 1982b. V. Indukowanie promieniami gamma ^{60}Co zmienności modyfikacyjnej i mutacji u astra chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees). *Acta Agrobot.* 35: 285-301.