

**Zaburzenia w mikrosporogenezie i rozwoju ziarna pyłku
Gagea lutea (L.) Ker.-Gaw.**

EWA SZCZUKA*, JERZY BOHDANOWICZ,
JOANNA ŚWIERCZYŃSKA**, JOLANTA SOBIESKA***,
JACEK PIETRUSIEWICZ***

*Zakład Anatomii i Cytologii Roślin, UMCS, Instytut Biologii, Akademicka 19,
20 033 Lublin, eszczuka@biotop.umcs.lublin.pl

Department of Plant Anatomy and Cytology, MCS University, Institute of Biology,
Akademicka 19, 20 033 Lublin, Poland

**Katedra Genetyki i Cytologii, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii,
Uniwersytet Gdański, ul. Kładki 24, 80 822 Gdańsk

Department of Genetics and Cytology, Faculty of Biology, Geography and Oceanology,
University of Gdańsk, Kładki 24, 80 822 Gdańsk, Poland

***Zakład Naukowy Biologii i Ogrodnictwa, Wydział Matematyczno Przyrodniczy,
Wyższa Szkoła Humanistyczno Przyrodnicza w Sandomierzu,
ul. Krakowska 26, 27 600 Sandomierz

Scientific Department of Biology and Horticulture, Faculty of Mathematics and Natural
Sciences, University College of Arts and Natural Science
in Sandomierz, Krakowska 26, 27 600 Sandomierz, Poland

**Disturbances in microsporogenesis and pollen grain development
in *Gagea lutea* (L.) Ker. Gaw.**

(Otrzymano: 20.05.2005)

S u m m a r y

The meiotic division of microsporocytes and pollen grain development in *Gagea lutea* (L.) Ker.-Gaw. (Liliaceae) with fluorescence microscope (excitation light 400 nm) was observed after squashing the anthers in DAPI solution (fluorochrom dying DNA). Up to 70% of microsporocytes and pollen grains during the microsporogenesis and pollen grain development take a regular course. In the remaining microsporocytes and pollen grains (30%) the disturbances in course of both processes were observed. The most often observed disturbances are "late" chromosomes and a presence of micronuclei. The divisions of microsporocytes in the anther loculi show a big asynchrony, which, like the disturbances during the course of microsporogenesis and pollen grain development, may be caused by the external factors. The microsporogenesis takes place during autumn and winter months: the pollen grains develop in

winter. At this time the dividing microspores and developing pollen grains are under the influence of abiotic factors as low temperature and a lack of water. These factors disturb the formation of microtubular cytoskeleton of the dividing microspores and pollen grains, which causes the formation of sterile pollen grains.

Słowa kluczowe: *Gagea lutea*, mikrosporogeneza, rozwój ziarna pyłku, zaburzenia

WSTĘP

Złoc żółta (*Gagea lutea*) (L.) Ker.-Gaw. (ryc. 1) jest dziko rosnącą rośliną cebulkową, która kwitnie wczesną wiosną (w Polsce od marca do maja). Występuje na całym obszarze Polski w lasach i na przydrożach. Osiąga wysokość 25 cm. Okwiat tej rośliny jest niezróżnicowany z elementami zabarwionymi na złotożółty kolor, a zewnętrzne listki okwiatu opatrzone są zielonym pasmem po grzbietowej stronie. Złoc rozmnaża się za pomocą cebulek, ale wytwarza też zdolne do kiełkowania nasiona.

Ziarna pyłku są częstym obiektem badań w embriologii roślin okrytonasiennych. Procesy prowadzące do ich powstawania – mikrosporogeneza i rozwój ziarna pyłku były opisywane w szczegółach przez licznych autorów a obszernie dane dotyczące ziaren pyłku zebrano w monografiach (C r e s t i i n., 1991; O t t a w i a n o i n., 1992; R o d k i e w i c z i n., 1996; R a g h a v a n, 1997). Zainteresowanie przebiegiem obu procesów wynika z kluczowej roli ziaren pyłku w seksualnym rozmnażaniu roślin. Ze względu na to, że właściwy ich przebieg jest zasadniczym warunkiem sukcesu reprodukcyjnego roślin, zaburzenia mejozy i rozwoju ziaren pyłku są wciąż przedmiotem intensywnych badań. Zaburzenia są przyczyną niskiej lub obniżonej żywotności pyłku m.in. u begonii bulwiastej (K l e i n, 1985), rododendrona (K l e i n i n., 1998), kapustowatych (A d a m u s, 1998) i cebuli (K l e i n i K o r z o n e k, 1999). Szczegółowych informacji dostarczyły obserwacje zaburzeń podczas rozwoju ziaren pyłku u płodnych, częściowo sterylnych i sterylnych *Daucus carota* (M i c h a l i k, 1971; 1979). Na podstawie badań tej rośliny stwierdzono, że mikrospory roślin męsko-sterylnych rozwijają się w sposób prawidłowy, a zaburzenia pojawiają się w kolejnych fazach rozwoju ziaren pyłku. Zaburzenia podczas mikrosporogenezy i rozwoju ziaren pyłku roślin uprawnych, ozdobnych czy dziko rosnących mogą mieć bardzo różnorodną etiologię łącznie z czynnikami genetycznymi, cytoplazmatycznymi czy cytoplazmatyczno-genetycznymi (K l e i n i M u r a s, 2000). Cytoplazmatyczna męska sterylność u marchwi wykazuje pewne odchylenia w podwyższonych temperaturach, co prowadzi do produkcji zróżnicowanej ilości płodnych ziaren pyłku.

Gagea lutea jest rośliną wczesnowiosenną, której kwitnienie poprzedza mikrosporogeneza i rozwój ziaren pyłku jesienią i zimą. Badania mikrotubularnego cytoszkieletu podczas obu procesów wykazały zaburzenia w konfiguracjach cytoszkieletalnych spowodowanych m.in. niskimi temperaturami (B o h d a n o w i c z i n., 2005). Nietypowe zmiany w rozmieszczeniu mikrotubul w czasie podziałów komórkowych powodują zakłócenia w dystrybucji materiału jądrowego. Dlatego celem prezentowanej pracy jest zbadanie jakie zaburzenia w rozmieszczeniu jądrowego materiału genetycznego mają miejsce podczas mejozy i rozwoju ziarna pyłku złoci żółtej.

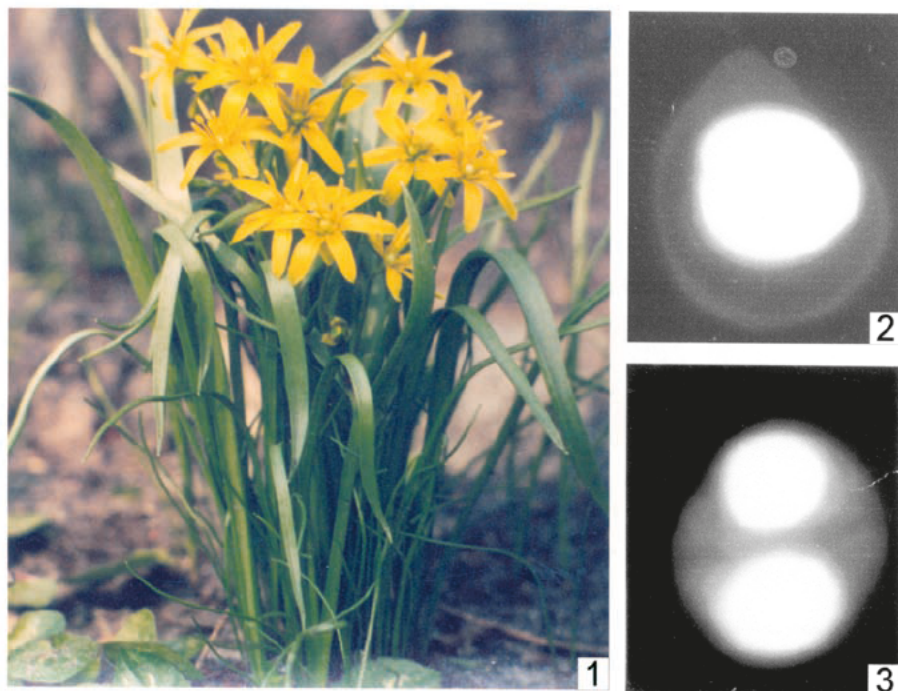
MATERIAŁ I METODY

Rośliny *Gagea lutea* (L.) Ker.-Gaw. (Liliaceae) zbierano z naturalnych stanowisk w Nowym Narciu w latach 2002 i 2003. W 2002 roku zebrano materiał w celu dokładnego określenia czasu, w którym ma miejsce mikrosporogeneza i rozwój ziarna pyłku. Obiektem badań były pąki kwiatowe znajdujące się wewnątrz cebul i takie, które już wyrosły na zewnątrz cebul. Z pąków kwiatowych izolowano pylniki. W jednym z pylników każdego pąka sprawdzano stadium rozwoju, a pozostałe pylniki utrwalano w mieszaninie alkoholu etylowego i kwasu octowego w proporcji 3:1. Utrwalone pylniki rozgniatano w acetokarminie i obserwowano w mikroskopie świetlnym. W celu obserwacji podziału mejotycznego i rozwoju ziarna pyłku w mikroskopie fluorescencyjnym pylniki rozgniatano w mieszaninie roztworu 1 µg/ml DAPI w PBS i gliceryny. DAPI stosowano w celu zabarwienia DNA (Wędrzyńska, 1996). Tak wybarwione mikrosporocyty i ziarna pyłku oglądano w mikroskopie Nikon Optiphot przy długości fali 400 nm. Płodne i sterylne ziarna pyłku liczono przy użyciu hemocytometru.

WYNIKI

Zawiązki kwiatów *Gagea lutea* zaczynają się formować na przełomie sierpnia i września, wewnątrz cebul. W tym czasie zawiązują się części wegetatywne kwiatu oraz organy generatywne – pręciki i zalążki. Rozwój pąków jest nierównoczesny – jedne z nich są w stadium mniej, a inne w bardziej zaawansowanym. Pierwsze pąki kwiatowe z pręcikami, w pylnikach których były mikrosporocyty w początkowych stadiach podziału mejotycznego zaobserwowano w październiku. W kolejnych miesiącach obserwowano pąki z różnymi stadiami mejozy. W większości pąków kwiatowych zebranych w styczniu obserwowano ziarna pyłku. W tym czasie jedynie w nielicznych pąkach były pylniki z mikrosporocytami w trakcie podziału mejotycznego. Obserwowano zależność między wielkością pąków i długością pylników a stadium mikrosporogenezy i rozwoju ziarna pyłku. Korelację między długością pylnika i stadium rozwoju mikrosporocytu lub ziarna pyłku *Gagea lutea* pokazuje tabela 1.

W większości obserwowanych mikrosporocytów *Gagea lutea*, mejoza przebiega w regularny sposób (ryc. 1-8). W kolejnych stadiach – profazie pierwszego podziału mejotycznego (ryc. 2), posttelofazie po pierwszym podziale mejotycznym (ryc. 3), metafazie (ryc. 4), anafazie (ryc. 5) i telofazie (ryc. 6) drugiego podziału mejotycznego jak również w pozostałych stadiach mikrosporogenezy nie pokazanych w tej pracy nie obserwowano zaburzeń. W wyniku regularnej mejozy rozwijają się tetrazy mikrospor (ryc. 7). Mikrospory w tetradach *Gagea lutea* są ułożone w różny sposób. Najczęściej spotykano mikrospory ułożone tetradycznie lub w izobilateralne czwórki, rzadziej układają się naprzemianległe, liniowo lub w kształcie litery T. Podobnie jak w mikrosporogenezie, w większości przypadków, bez widocznych zakłóceń przebiega rozwój ziarna pyłku. Na ryc. 8 pokazano mikrospore w anafazie, a na ryc. 9 dwujądrowe ziarno pyłku z widocznym jądrem komórki wegetatywnej i generatywnej. W efekcie regularnego rozwoju 70% ziaren pyłku jest płodne; pozostałe 30% ziaren pyłku jest sterylne.



Ryc. 1. Pokrój *Gagea lutea*. 0,75 x.

Fig. 1. Habit of *Gagea lutea*.

Ryc. 2. Regularna mikrosporogeneza i rozwój ziarna pyłku *Gagea lutea*. Barwienie DAPI. 1100 x.

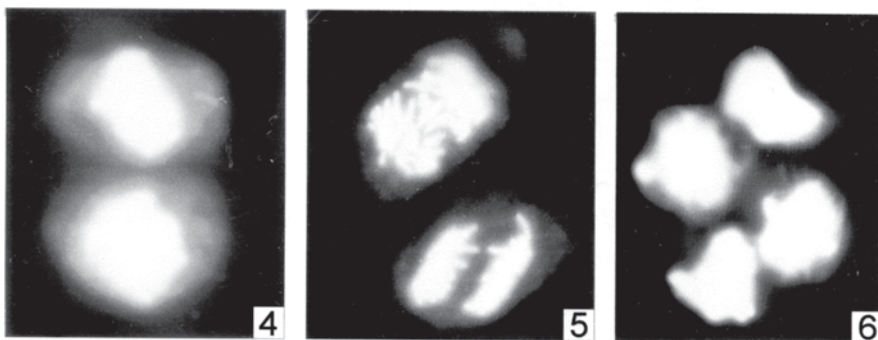
Figs 2. 9. The regular microsporogenesis and the pollen grain development in *Gagea lutea*. Staining with DAPI.

Ryc. 3. Diada.

Fig. 2. Microsporocyte. Prophase of the first meiotic division.

Ryc. 3. Diada.

Fig. 3. Diad.



Ryc. 4. Diada. Metafaza drugiego podziału mejotycznego.

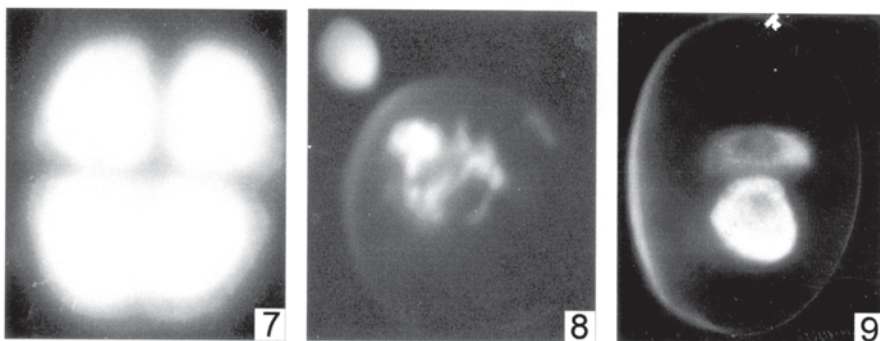
Fig. 4. Diad. Metaphase of the second meiotic division.

Ryc. 5. Diada. Anafaza drugiego podziału mejotycznego.

Fig. 5. Diad. Anaphase of the second meiotic division.

Ryc. 6. Mikrosporocyt *Gagea lutea* w telofazie drugiego podziału mejotycznego.

Fig. 6. Microsporocyte of *Gagea lutea* in the telophase of the second meiotic division.



Ryc. 7. Tetrada mikrospor.

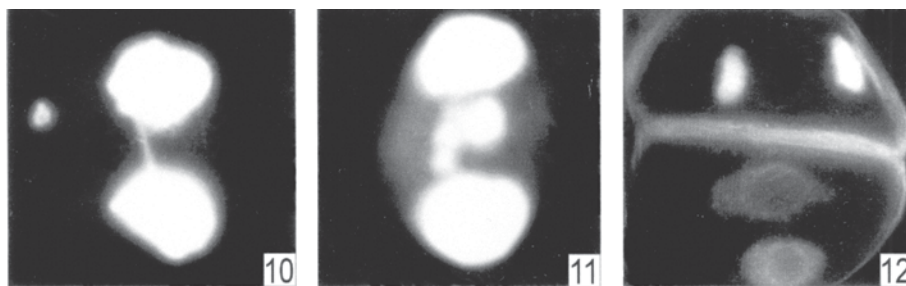
Fig. 7. Tetrad of microspores.

Ryc. 8. Anafaza mitotyczna w mikrosporze.

Fig. 8. Mitotic anaphase in microspore.

Ryc. 9. Dwukomórkowe ziarno pyłku. Jądra komórki generatywnej (owalne) i wegetatywnej (kuliste).

Fig. 9. Bicellular pollen grain. The nuclei of the generative (oval) and vegetative (spherical) cells.



Ryc. 10 20. Zaburzenia w mikrosporogenezie i rozwoju ziarna pyłku *Gagea lutea*. Barwienie DAPI. x 1100.

Figs 10 20. Disturbances in the microsporogenesis and pollen grain development in *Gagea lutea*. Staining with DAPI.

Ryc. 10. Mikrosporocyt w telofazie pierwszego podziału meiotycznego. W płaszczyźnie równikowej widoczny „mostek” chromosomowy.

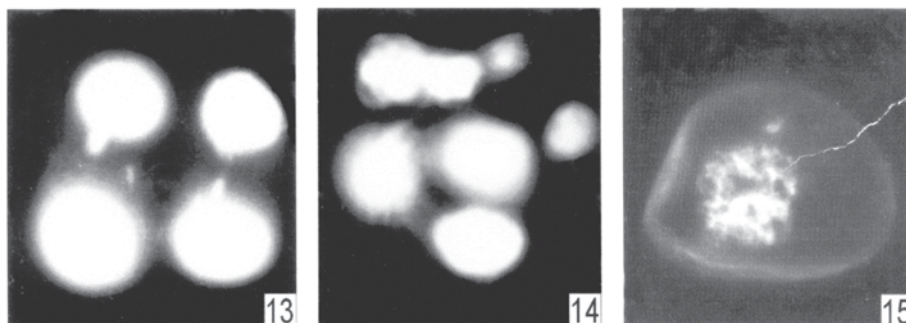
Fig. 10. Microsporocyte in the telophase of the first meiotic division. In the equatorial plate, the chromosome “bridge” is visible.

Ryc. 11. Mikrosporocyt w posttelofazie pierwszego podziału meiotycznego. Między dwoma telofazowymi grupami chromosomów widoczny „mostek” chromosomowy.

Fig. 11. Microsporocyte in the posttelophase of the first meiotic division. Between two groups of chromosomes, the chromosome “bridge” is visible.

Ryc. 12. Diada. W jednej z komórek diady anfaza II podziału meiotycznego; w drugiej posttelofaza.

Fig. 12. Diad. In one of the diad cells, anaphase of the second meiotic division; in the other, posttelophase.



Ryc. 13. Posttelofaza II. Pojedyncze „spóźnione” chromosomy.

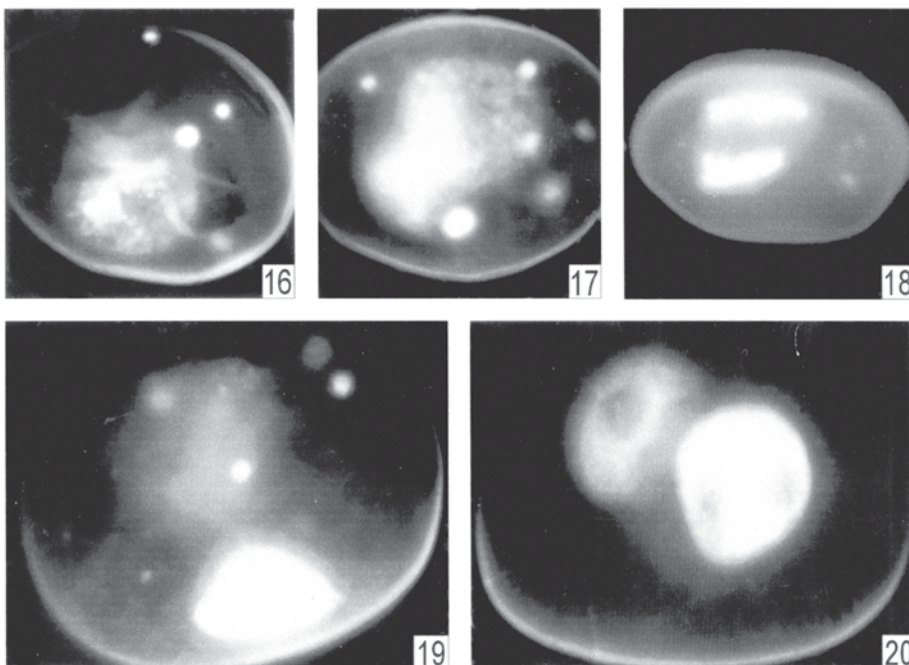
Fig. 13. Posttelophase II. Single, the laggard chromosomes.

Ryc. 14. Mikrosporocyt po drugim podziale meiotycznym z dodatkowymi jądrami różnej wielkości

Fig. 14. Microsporocyte after the second meiotic division with additional nuclei, which are different in size.

Ryc. 15. Mikrospora z jądrem i mikrojądrem.

Fig. 15. Microspore with nucleus and a micronucleus.



Ryc. 16 17. Mikrospory z jednym jądrem i licznymi mikrojądrami widocznymi w różnych płaszczyznach.

Figs 16 17. Microspores with one nucleus and numerous micronuclei which are visible in different planes.

Ryc. 18. Ziarno pyłku w anafazie mitotycznej z mikrojądrami.

Fig. 18. Pollen grain in mitotic anaphase with micronuclei.

Ryc. 19. Ziarno pyłku po podziale mitotycznym na komórkę generatywną i wegetatywną z mikrojądrami.

Fig. 19. Pollen grain after the mitotic division into generative and vegetative cells with micronuclei.

Ryc. 20. Ziarno pyłku po podziale mitotycznym na komórkę generatywną i wegetatywną z jądrami tej samej wielkości.

Fig. 20. Pollen grain after the mitotic division into generative and vegetative cells with nuclei, which are the same size.

Tabela 1
Korelacja między długością pylnika a stadium mikrosporogenezy
lub rozwoju ziarna pyłku u *Gagea lutea*.

Table 1
Correlation between the length of the anther and the stage
of microsporogenesis or pollen grain development in *Gagea lutea*.
(I pierwszy podział mejotyczny, II podział mejotyczny)
(I first meiotic division, II second meiotic division)

Długość pylnika w mm Length of anther in mm	Stadia mikrosporogenezy lub rozwoju ziarna pyłku (od najczęściej obserwowanych) Stages of microsporogenesis or pollen grain development (from the most often observed)
< 1,5	tkanka sporogenna, profazy I sporogenic tissue, prophase I
1,5 - 2,0	profazy I, metafazy I, anafazy I, telofazy I, profazy II, metafazy II, anafazy II, telofazy II, tetrazy mikrospor, tetrazy z mikrosporami w profazie i metafazie prophase I, metaphase I, anaphase I, telophase I, prophase II, metaphase II, anaphase II, telophase II, tetrads of microspores, tetrads with microspores in prophase and metaphase
2,0 - 2,5	profazy I, metafazy I, anafazy I, telofazy I, profazy II, metafazy II, anafazy II, tetrazy z mikrosporami w profazie i metafazie, triady, pojedyncze mikrospory, zwakuolizowane mikrospory, ziarna pyłku prophase I, metaphase I, anaphase I, telophase I, prophase II, metaphase II, anaphase II, tetrads with microspores in prophase and metaphase, triads, single microspores, vacuolated microspores, pollen grains
2,5 - 3,0	profazy I, metafazy I, anafazy I, telofazy I, diady, profazy II, metafazy II, anafazy II, tetrazy z mikrosporami w profazie i metafazie, triady, tetrazy mikrospor, pojedyncze mikrospory, zwakuolizowane mikrospory prophase I, metaphase I, anaphase I, telophase I, diads, prophase II, metaphase II, anaphase II, tetrads with microspores in prophase and metaphase, triads, tetrads of microspores, single microspores, vacuolated microspores,
3,0 - 3,5	diady, tetrazy diads, tetrads
> 3,5	mikrospory microspores

Niektóre z obserwowanych zaburzeń pokazują fotografie 10–20. Najczęściej obserwowanymi zaburzeniami w trakcie pierwszego podziału mejotycznego były mostki chromosomowe między telofazowymi (ryc. 10) i posttelofazowymi (ryc. 11) jądrami. Często obserwowano brak synchronizacji podziałów jąder w oddzielonych ścianą komórkach diady (ryc. 12). Podczas drugiego podziału mejotycznego spotykano „spóźnione” chromosomy (ryc. 13), a po podziale mejotycznym zamiast typowych tetrad – pentady lub komórki niejednakowej wielkości. Ich liczba była zmienna, często większa od pięciu (ryc. 14).

Zaburzenia obserwowano też podczas rozwoju mikrospory i ziarna pyłku. Przed podziałem mitotycznym jądra mikrospory obserwowano najczęściej jedno duże jądro i zmienną liczbę mikrojąder (ryc. 15, 16, 17). Niekiedy mikrojądra towarzyszą podziałowi mitotycznemu. Na fotografii 18 widoczne jest ziarno pyłku z chromosomami w trakcie anafazy i mikrojądrami w cytoplazmie. Mikrojądra obserwowano w ziarnach pyłku z wyraźnym jądrem wegetatywnym i generatywnym (ryc. 19), a niekiedy oba jądra były jednakowej wielkości (ryc. 20).

DYSKUSJA

Rozwój kwiatostanów *Gagea lutea* trwa kilka miesięcy. Męskie organy generatywne wewnątrz kwiatów tej rośliny dojrzewają w kilku etapach. Ich rozwój rozpoczyna się późnym latem wewnątrz cebul. Taki sposób rozwoju jest bardzo często spotykany u przedstawicieli rodziny Liliaceae i rzędu *Liliales*, do których badany gatunek należy. Podobnie stopniowo przebiega rozwój żeńskiego gametofitu u przedstawicieli tego rzędu np. *Galanthus nivalis* (Chudzik i in., 2002). Stopniowy rozwój kwiatów *Gagea lutea* i różnorodność stadiów rozwojowych jest związana z typem kwiatostanu tego gatunku przypominającym baldach. W takim kwiatostanie pąki są w różnych stadiach rozwojowych, a w pylnikach różnych kwiatów różne etapy mikrosporogenezy i rozwoju ziarna pyłku. Pąki z pylnikami, w których znajdowano stadia mikrosporogenezy rozwijały się w kolejnych miesiącach jesiennych. Różne stadia mikrosporogenezy w pylnikach znajdowano od października do grudnia. W styczniu w pylnikach znajdowano ziarna pyłku w różnych stadiach rozwoju. Podziały mejotyczne i mitotyczne wewnątrz pylników wykazują dużą asynchronizację. Najprawdopodobniej jest ona spowodowana warunkami zewnętrznymi. *Gagea lutea* kwitnie w Polsce od marca do maja. Mikrosporogeneza przebiega w miesiącach jesiennych i zimowych; ziarna pyłku rozwijają się zimą. W tym czasie dzielące się mikrosporocyty i rozwijające się ziarna pyłku znajdują się pod wpływem czynników abiotycznych (takich jak niska temperatura i brak wody) działających w czasie trwania mikrosporogenezy badanego gatunku. Wymienione czynniki powodują zaburzenia w formowaniu mikrotubularnego szkieletu cytoplazmatycznego w mikrosporocytach i rozwijających się ziarnach pyłku (Bodanowicz i in., 2005).

Mikrospory roślin okrytozalążkowych najczęściej ułożone są tetraedrycznie lub w izobilateralne czwórki, rzadziej układają się naprzemianlegle, liniowo lub w kształcie litery T. Na ogół układ jest właściwy gatunkowi, ale zdarzają się gatunki

z różnymi tetradami (R o d k i e w i c z i in., 1996). Z obserwacji przeprowadzonych w tej pracy wynika, że *Gagea lutea* jest jednym z takich gatunków, u których jednocześnie występują różne układy mikrospor w tetradach.

Powszechnie wiadomo, że w dojrzałej mikrosporze zachodzi podział mitotyczny poprzedzony migracją jądra do peryferycznej części komórki. Migracja ta związana jest z dwoma zjawiskami. Pierwszym z nich jest wakuolizacja mikrospory: najczęściej bezpośrednio przed podziałem wakuola mikrospory znacznie się powiększa, co powoduje przesunięcie jądra na pozycję biegunową. Drugie wiąże się ze specyfiką szkieletu cytoplazmatycznego komórki, a ściślej z oddziaływaniem mikrotubul, które tworzą system mikrotubularny bieguna generatywnego (T e r a s a k a i N i t s u , 1990; 1995; B r o w n i L e m m o n , 1992). System ten determinuje asymetryczny podział jądra mikrospory, co przejawia się najpierw przemieszczeniem jądra do bieguna generatywnego mikrospory. W czasie rozwoju ziarna pyłku (styczeń – marzec) mikrotubule narażone są na rozpad pod wpływem niskich temperatur (poniżej 4°C). Powoduje to depolimeryzację systemu mikrotubularnego bieguna generatywnego, co jest przyczyną powstawania nieprawidłowo rozwiniętych ziaren pyłku. Destrukcyjne działanie niskich temperatur dotyczy mikrotubul w dzielących się komórkach. Te mikrosporocyty i mikrospory, które dzielą się w temperaturze powyżej 4°C mają szanse na wytworzenie prawidłowo rozwiniętych, płodnych ziaren pyłku.

Wnioski

1. 70% badanego pyłku *Gagea lutea* jest pyłkiem żywotnym.
2. Zaburzenia w rozmieszczeniu jądrowego materiału genetycznego obserwowano podczas mikrosporogenezy i rozwoju ziarna pyłku *Gagea lutea*.
3. Najczęściej obserwowane zaburzenia to „spóźnione” chromosomy podczas drugiego podziału mejotycznego i obecność mikrojąder w mikrosporach i ziarnach pyłku.
4. *Gagea lutea* jest jednym z takich gatunków, u których jednocześnie występują różne układy mikrospor w tetradach: tetraedryczny, izobilateralny, naprzemianległy, liniowy i w kształcie litery T.

LITERATURA

- A d a m u s A., 1998. Indukcja procesu androgenozy u warzyw kapustnych (*Brassica oleracea* L.) oraz ocena cytologiczna otrzymanych roślin. Zesz. Nauk. Akad. Rol. Im H. Kołłątaja Kraków. Rozpr. Habilit. Nr 237.
- B o h d a n o w i c z J., S z c z u k a E., Ś w i e r c z y Ń s k a J., S o b i e s k a J., K o ś c i Ń s k a P a j ą k M., 2005. The distribution of microtubules during regular and disturbed microsporogenesis and pollen grain development in *Gagea lutea* (L.) Ker. Gaw. Acta Biologica Cracoviensia Ser. Bot. 47/2: 89-96.

- Brown R. C., Lemmon B. E., 1992. Pollen development in orchids. 4. Cytoskeleton and ultrastructure of the unequal pollen mitosis in *Phalaenopsis*. *Protoplasma*, 165: 155–166.
- Chudzik B., Śnieżko R., Szaub J., 2002. Biologia kwitnienia *Galanthus nivalis* L. (Amaryllidaceae). *Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska. Sect. III Horticult.* vol. X: 1–10.
- Cresti M., Blackmore S., Van Went J.L., 1991. *Atlas of sexual reproduction in flowering plants*. Springer Verlag, Berlin.
- Klein M., 1985. Przyczyny niskiej żywotności pyłku u begonii bulwiastej wielkokwiatowej [The reasons of low pollen viability of pollen on tuberous begonia grandiflora]. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*, 3: 22–29.
- Klein M., Mozer M., Muras P., 1998. Studies on microsporogenesis in *Rhododendron* from the *Yakushimanum* Hybrid group. *Plant cytogenetics. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach*, Nr 1696: 250–254.
- Klein M., Muras P., 2000. Hybrids in *Rhododendron*. *Mendel Centenary Congress. Brno. Czech Republic, March 7–10*, p. 163.
- Klein M., Korzonek D., 1999. Flower size and developmental stage of *Allium cepa* L. umbels. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, 41: 185–192.
- Michalik B., 1971. Badania cytologiczne nad przebiegiem mikrosporogenezy u męskojąłowych i męskopłodnych roślin marchwi jadalnej (*Daucus carota* L.). *Hodowla Roślin Aklimatyzacja i Nasiennictwo*, 15: 475–498.
- Michalik B., 1979. Viability of pollen from partially fertile carrot plants. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, Series des Sciences Biologiques*, 27: 217–222.
- Ottaviano E., Mulcahy D.L., Sari Gorla M., Bergamini Mulcahy G., 1992. *Angiosperm pollen and ovules*. Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg.
- Raghavan V., 1997. *Molecular embryology of flowering plants*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rodkiewicz B., Śnieżko R., Fyk B., Niewęgłowska B., Tchórzewska D., 1996. *Embriologia Angiospermae* rozwojowa i eksperymentalna. Wydawnictwo Univ. Mariae Curie Skłodowska Lublin, pp. 274.
- Terasaka O., Niitsu T., 1990. Unequal cell division and chromatin differentiation in pollen grains cells. II. Microtubule dynamics associated with the unequal cell division. *Botanical Magazine Tokio*, 103: 133–142.
- Terasaka O., Niitsu T., 1995. The mitotic apparatus during unequal microspore division observed by a confocal laser scanning microscope. *Protoplasma*, 189: 187–193.
- Wędzony M., 1996. *Mikroskopia fluorescencyjna dla botaników*. S.c.Drukpol, Kraków.

Streszczenie

Podział mejotyczny mikrosporocytów i rozwój ziarna pyłku *Gagea lutea* (L.) Ker.-Gaw. (Liliaceae) obserwowano w mikroskopie fluorescencyjnym (światło wzbudzające 400 nm), po rozgnieceniu pylników w roztworze DAPI (fluorochrom barwiący DNA). W 70% mikrosporocytów i ziaren pyłku mikrosporogeneza i rozwój ziarna pyłku przebiega w regularny sposób. W pozostałych mikrosporocytach i ziarnach pyłku (30%) obserwowano zaburzenia w obu procesach. Najczęściej obserwowanymi zaburzeniami są „spóźnione” chromosomy i obecność mikrojąder. Podziały mikrosporocytów w komorach pylników wykazują dużą asynchronizację, która podobnie

jak zaburzenia w przebiegu mikrosporogenezy i rozwoju ziarna pyłku, może być spowodowana warunkami zewnętrznymi. Mikrosporogeneza ma miejsce podczas jesiennych i zimowych miesięcy: ziarna pyłku rozwijają się zimą. W tym czasie dzielące się mikrosporocyty i rozwijające się ziarna pyłku znajdują się pod wpływem czynników abiotycznych takich jak niska temperatura i brak wody. Czynniki te zakłócają formowanie szkieletu mikrotubularnego dzielących się mikrosporocytów i ziaren pyłku, co jest przyczyną powstawania sterylnych ziaren pyłku.