

**WIKTOR DŻYGÓRA**

**BADANIE WPŁYWU PODŁOŻA ZWAŁOWISKA K-1  
PRZY BYŁEJ KOPALNI MIEDZI „KONRAD”  
W IWINACH KOŁO BOLESŁAWCA  
NA CECHY MORFOLOGICZNE, WIELKOŚĆ,  
SPEKTRUM ZMIENNOŚCI ORAZ ŻYWOTNOŚĆ  
ZIAREN PYŁKU WYBRANYCH GATUNKÓW  
ROŚLIN KWIATOWYCH**

KARKONOSKA PAŃSTWOWA SZKOŁA WYŻSZA  
W JELENIĘJ GÓRZE



**Wiktor Dżygóra**



**Badanie wpływu podłoża zwałowiska K-1  
przy byłej Kopalni Miedzi „Konrad”  
w Iwinach koło Bolesławca na cechy morfologiczne,  
wielkość, spektrum zmienności  
oraz żywotność ziaren pyłku wybranych  
gatunków roślin kwiatowych**

Jelenia Góra 2011

RADA WYDAWNICZA  
KARKONOSKIEJ PAŃSTWOWEJ SZKOŁY WYŻSZEJ

Tomasz Winnicki (przewodniczący), Grażyna Baran,  
Izabella Błachno, Aleksander Dziuda, Barbara Mączka,  
Kazimierz Stąpór, Józef Zaprucki

RECENZENT

Jacek Borkowski

PROJEKT OKŁADKI

Barbara Mączka

PRZYGOTOWANIE DO DRUKU

Barbara Mączka

DRUK I OPRAWA

Alex Drukarnia Wydawnictwo  
ul. Chałubińskiego 20 a  
Jelenia Góra

WYDAWCA

Karkonoska Państwowa Szkoła Wyższa  
w Jeleniej Górze  
ul. Lwówecka 18  
58-503 Jelenia Góra

ISBN 978-83-61955-15-3

Niniejsze wydawnictwo można nabyć w Bibliotece i Centrum Informacji  
Naukowej Karkonoskiej Państwowej Szkoły Wyższej w Jeleniej Górze,  
ul. Lwówecka 18, tel 75 645 33 52

## SPIS TREŚCI

	str.
Wstęp .....	5
1. Materiał i metodyka badań .....	13
2. Wyniki badań .....	17
2.1. Wyniki badań porównawczych cech morfologicznych, wielkości i spektrum zmienności ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko /Z/ i teren ościenny /TO/ .....	17
2.2. Wyniki badań żywotności ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko /Z/ i teren ościenny /TO/ .....	49
3. Dyskusja i wnioski .....	51
Literatura .....	60



## Wstęp

Jednym z najistotniejszych i zarazem najmłodszych czynników ekologicznych kształtujących środowisko przyrodnicze jest niewątpliwie czynnik antropogeniczny, czyli działalność gospodarcza człowieka. Wszelkie przeobrażenia w przyrodzie sprowadzają się do zmian w istniejących, naturalnych ekosystemach, czego wyrazem są krajobrazy całkowicie sztuczne – antropogeniczne.

Najdalej idącym przekształceniom uległ krajobraz w obrębie istniejących kopalń, gdzie wielkie przestrzenie zajmują zwałowiska o zróżnicowanej konfiguracji, stanowiące nowe, trudno dostępne siedliska, które w ograniczonym stopniu opanowywane są przez roślinność w procesie sukcesji pierwotnej. Sztuczne zadrzewianie i zazielenienia tych nieużytków w ramach obligującej rekultywacji napotyka na olbrzymie trudności, które uzależnione są od składu chemicznego podłoża, np. osady poflotacyjne (Greszta i Morawski 1972, Szafer i Zarzycki 1977).

Dynamicznemu rozwojowi przemysłu miedziowego towarzyszy stały przyrost mineralnych surowców odpadowych. Jednym z podstawowych odpadów eksploatacyjnych jest skała płonna. W byłej Kopalni Rudy Miedzi „Konrad” w Iwinach k/Bolesławca składowano ją w pobliżu szybu głównego na zwałowisku stożkowo-wałowym K-I. W skład skały płonnej wchodzi wapień, margle, łupki, piaskowce, piasek i glina. Wyniki przeprowadzonej analizy chemicznej próbki gleby pochodzącej z rejonu zwałowiska wykazały wysoką zawartość zanieczyszczeń chemicznych, wielokrotnie przekraczających zarówno przewidziane normy, jak i ilości zawarte w próbce z terenu ościennego (pole orne) odległego o około 150 m. Do głównych zanieczyszczeń o działaniu fitotoksycznym, których udział w degradacji gleb jest największy należą takie metale ciężkie jak miedź, ołów i cynk. Wyniki analizy chemicznej próbki z rejonu zwałowiska zwracają uwagę na wysoką koncentrację szczególnie siarczanów i takich makroelementów

jak wapnia, magnezu i potasu (Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi „Cuprum”)[Tab. 1].

**Tabela 1.** Zawartość podstawowych zanieczyszczeń chemicznych, w tym metali ciężkich w skale płonnej zwałowiska przy byłej kopalni miedzi w Iwinach/k/Bolesławca i glebie z terenu ościennego – pola ornego (w ppm).

<b>Zanieczyszczenia chemiczne</b>	<b>Rejon zwałowiska K-I</b>	<b>Rejon pola ornego</b>
Chlorki	36	57
Siarczany	620	224
Wapń	83 300	501,6
Magnez	18 088	1482
Sód	252	329
Potas	3064,2	1197
Miedź	2952,2	38,5
Ołów	580,1	25,1
Cynk	357	3,15

Fitotoksyczne działanie jonów metali ciężkich, szczególnie wielowartościowych przejawia się w bezpośrednim oddziaływaniu na procesy podziałów komórkowych i replikacji DNA oraz aktywność głównie enzymów proteolitycznych, a także pośrednim poprzez oddziaływanie na przebieg procesów absorpcji różnych jonów niezbędnych w procesach fizjologicznych i metabolicznych, prowadząc do ich zakłóceń (Anioł).

Jony metali jako substancje mitodepresyjne, powodują ewidentne obniżenie aktywności mitotycznej komórek, co potwierdzają m.in. sondażowe badania merystemów korzeniowych roślin naczyniowych. Analiza mikroskopowa wybarwionych orceiną merystemów korzeniowych roślin kwiatowych zasiedlających zanieczyszczone jonami metali ciężkich podłoże zwałowiska (Cu, Zn, Pb) i teren ościenny wykazała wyraźnie niższy indeks mitotyczny roślin pochodzących ze zwałowiska (Dźygóra)[Tab. 2].

**Tabela 2.** Aktywność mitotyczna wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających skażone metalami ciężkimi podłoże zwalowiska przy kopalni miedzi i teren ościenny.

Lp.	Gatunek	Indeks mitotyczny (w %)	
		Teren ościenny	Zwałowisko
1	Lnica pospolita ( <i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.)	3,2	2,1
2	Nawłóć późna ( <i>Solidago serotina</i> Ait.)	2,9	1,6
3	Przymiotno ostre ( <i>Erigeron acer</i> L.)	3,0	1,4
4	Bylica pospolita ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)	3,5	1,5

Mechanizm ich działania polega na zwolnieniu lub zahamowaniu procesów zachodzących w interfazie, tj. takich jak biosynteza DNA i białek histonowych (faza S), RNA (faza G<sub>1</sub> i G<sub>2</sub>) oraz specyficznych białek niehistonowych (faza G<sub>1</sub>, S i G<sub>2</sub>).

Końcowym efektem jest więc ograniczenie aktywności mitotycznej, co prowadzi do zahamowania i wydłużenia się procesu dyferencjacji komórek (różnicowania się), a w następstwie zwolnienia histogenezy i organogenezy. Obecność metali ciężkich w podłożu hamuje w mniejszym lub większym stopniu wzrost i rozwój roślin kwiatowych zależnie od poziomu ewolucyjnie wykształconych mechanizmów tolerancyjności.

Nadto podczas analizy mikroskopowej wybarwionych orceiną merystemów korzeniowych zaobserwowano zaburzenia w przebiegu podziału mitotycznego. Np. u Bylicy pospolitej (*Artemisia vulgaris* L.) ze zwalowiska pod wpływem jonów metali ciężkich, w późnej anafazie wystąpiły wyraźne mosty anafazowe, w następstwie których dochodzi do mutacji typu aberracji chromosomalnych, polegających na zmianie struktury chromosomów (Dżygóra 1981, 1990).

Eksperymentalnie potwierdzono, że poszczególne gatunki roślin dysponują genotypami determinującymi wytworzenie swoistych mechanizmów tolerancyjności na toksyczne działanie różnych zanieczyszczeń chemicznych. Mechanizm tolerancyjności jest specyficzny dla danego pierwiastka i gatunku rośliny. Na przykład genotypy trawy *Agrostis*



setacea tolerancyjne na glin nie są odporne na działanie innych trójwartościowych jonów o podobnych właściwościach chemicznych, takich jak gal, skand, itr i lantan (Clarkson 1966).

W przypadku wystąpienia toksycznych stężeń metali ciężkich, niejednokrotnie jeden z nich staje się głównym czynnikiem selekcyjnym.

Badania Wilkinsa pozwoliły wykazać korelację między indeksem tolerancyjności a stężeniem ołowiu w glebie, z której pochodziły badane rośliny.

Tolerancyjność wbrew przyjętym poglądom determinowana jest przez kilka genów, które dominują nad jej brakiem (Jones i Wilkins 1977, Collier i wsp. 1978). Jest typową cechą poligenową. Mc Neilly (1976) prowadząc badania nad tolerującą miedź trawą *Agrostis tenuis*, która zasiedliła rejon kopalni miedzi w Anglii stwierdził silną selekcję roślin o wysokiej tolerancyjności na zwałowiskach oraz selekcję przeciwko tym roślinom na normalnych glebach, gdzie uzyskały przewagę konkurencyjną rośliny wykazujące brak tolerancyjności.

Podobne wyniki uzyskali Jain i Bradshaw (1966), wykazując gwałtowny spadek tolerancyjności roślin zebranych wzdłuż linii przebiegających ze zwałowiska do otaczającej darni.

Na szczególną uwagę zasługuje wykryta współzależność między ołowiem a wapniem. Stężenie ołowiu niższe od 1 ppm powodowało całkowite zahamowanie wzrostu korzeni roślin tolerancyjnych, natomiast przy wysokich stężeniach wapnia tolerowały dawki ołowiu osiągające wartość aż do 25 ppm (Jones, Wilkins 1977).

Wszystkie komórki, a w szczególności ich jądra są chronione przed działaniem potencjalnie toksycznych metali poprzez absorpcję lub chelatowanie ich jonów w ścianach i przestworach międzykomórkowych (Anioł 1977).

Istnieje wiele dowodów przemawiających za możliwością absorpcji jonów metali przez ujemnie naładowane łańcuchy substancji pektynowych wchodzących w skład budowy ścian rosnących i dojrzałych komórek. System ten może wiązać jony metali tylko pod warunkiem szybkiego wzrostu korzenia ze względu na to, że w takich warunkach stężenie toksycznych jonów nie osiągnie wartości krytycznej dla mechanizmu wiązania (Anioł 1977).

Wiele związków organicznych występujących w cytoplazmie i przestworach międzykomórkowych tworzy kompleksy z określonymi wielowartościowymi jonami metali, tj. związki metaloorganiczne – chelaty, stanowiące jeden z istotniejszych mechanizmów neutralizujących fitotoksyczne działanie jonów metali ciężkich. Związki tego typu charakteryzują się dużą trwałością. Badania prowadzone przez Burströma (1961-1963) wykazały, że zmiany w sposobie wiązania metali w chelatach wywierają wpływ na metabolizm komórkowy, czego efektem może być zwiększona objętość rosnących komórek, jak również zróżnicowana intensywność podziałów komórkowych.

Pomimo istnienia ewolucyjnie wykształconych mechanizmu tolerancyjności, przy dużym napływie jonów metali ciężkich, po przekroczeniu krytycznych ich stężeń dochodzi do obniżenia sprawności tych mechanizmów, np. procesu chelatowania. Dlatego też jony metali ciężkich docierają także do kwiatów/kwiatostanów, wpływając jednocześnie na przebieg m.in. procesu mikrosporogenezy.

Ziarna pyłku są częstym obiektem badań w embriologii roślin okrytonasiennych. Procesy prowadzące do ich powstawania – mikrosporogeneza i rozwój ziarna pyłku były opisywane w wielu monografiach, co wynika z kluczowej ich roli w płciowym rozmnażaniu się roślin. Właściwy przebieg tych procesów gwarantuje sukces reprodukcyjny. Dlatego też wszelkie zaburzenia mejozy i rozwoju ziaren pyłku stanowią przedmiot intensywnych badań. Zaburzenia te są przyczyną powstawania sterylnych ziaren pyłku.

Proces mikrosporogenezy odbywa się w wyspecjalizowanych narządach roślin kwiatowych – pylnikach. W komorach pylnika we wczesnym etapie rozwoju wyróżnicowują się zespoły komórek archesporialnych. Każda z nich po jednym lub kilku następujących po sobie podziałach mitotycznych ulega podziałowi mejotycznemu. Komórki na tym etapie rozwoju nazywamy komórkami macierzystymi pyłku. Warstwa komórek bezpośrednio otaczających różnicujące się komórki macierzyste pyłku stanowi tzw. tapetum. Niniejsza warstwa pełni funkcje odżywcze oraz wytwarza materiał budulcowy wykorzystywany przez komórki macierzyste pyłku niezbędny do ich wzrostu.

W wyniku podziału mejotycznego macierzystych komórek pyłku, zwanych komórkami somatycznymi (sporofitowymi) z charakterystyczną liczbą chromosomów dla danego gatunku powstają tetrady haploidalnych mikrospor (redukcja do połowy pierwotnej liczby chromosomów). Każda z mikrospor u większości gatunków roślin kwiatowych otoczona jest specjalną ścianą kalozową, która zbudowana jest z monomerów glukozy połączonych wiązaniami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3). W określonym momencie rozwojowym niniejsza ściana rozpuszcza się pod wpływem działania enzymu  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-glukanazy, wytwarzanej przez komórki tapetum. W następstwie dochodzi do intensywnego wzrostu mikrospor, ich wakuolizacji i syntezy substancji chemicznych budujących skomplikowaną ścianę komórkową.

Dojrzałe mikrospory ulegają mitozie inicjując dalszy etap rozwoju już jako ziarna pyłku złożonego z dwóch komórek – większej wegetatywnej i znacznie mniejszej, położonej przyściennie generatywnej. Wśród niektórych gatunków, przed uwolnieniem komórek pyłku z pylnika, komórka generatywna dzieli się mitotycznie na dwie gamety męskie, natomiast w innych przypadkach ten proces zachodzi dopiero podczas kiełkowania łagiewki pyłkowej na znamieniu słupka.

Ściana komórkowa dojrzałych ziaren pyłku zróżnicowana jest na dwie warstwy: egzynę i intynę. Wewnętrzna warstwa – intyna prawdopodobnie zawiera enzymy niezbędne do kiełkowania łagiewki pyłkowej, penetracji kutykuli na powierzchni znamienia a następnie wzrostu łagiewki w głąb szyjki słupka. Egzyna jest warstwą odporną na czynniki środowiskowe, bogatą w sporopolleninę (mieszanka polimerów fenolowych i pochodnych kwasów tłuszczowych), posiadającą charakterystyczną dla każdego gatunku skulpturę (obejmuje wszystkie cechy morfologiczne ziaren pyłku bez odnośnienia się do ich struktury wewnętrznej). Do charakterystycznych cech należą m. in. pory, pory z bruzdami, bruzdy, szczeliny, szczelinki, listewki, dołki, jamki, brodawki, wyrostki, kolce, twory siatkowate i inne. Stosownie do występowania charakterystycznych utworów wyróżnia się np. egzynę kolczastą (*exinium echinatum*), egzynę siatkowatą (*exinium reticulatum*), egzynę brodawkowatą (*exinium verrucatum*) i inne jej typy (Dyakowska 1959).

Dojrzałe ziarna pyłku różnych gatunków roślin kwiatowych wykazują daleko idące zróżnicowanie pod względem budowy morfologicznej. Za kryterium klasyfikacji przyjęto stosunek bieguna (B) do osi równika (R). Na tej podstawie wyróżniono ziarna pyłku płaskie ( $<4/8$ ), spłaszczone ( $4/8 - 6/8$ ), lekko spłaszczone ( $6/8 - 7/8$ ), płasko-kuliste ( $7,8 - 8/8$ ), kuliste ( $8/8$ ), kulisto-wydłużone ( $8/8 - 8/7$ ), lekko wydłużone ( $8/7 - 8/6$ ), wydłużone ( $8/6 - 8/4$ ) i podłużne ( $>8/4$ ) [Dyakowska 1959].

Męska sterylność związana jest z szeregiem zachodzących procesów powodujących zakłócenia mikrosporogenezy, w wyniku których powstają niefunkcjonalne mikrospory/ziarna pyłku. Należą do nich m. in. nieprawidłowości podczas podziału mejotycznego komórki macierzystej pyłku, tuż po zakończeniu mejozy, na etapie tetrad, czy też w różnych fazach rozwoju haploidalnych mikrospor (Bino 1985, Horner i Rogers 1974, Majewska-Sawka 1993).

Najczęściej obserwowanymi zaburzeniami podczas I podziału mejotycznego były mostki chromosomowe między telofazowymi i posttelofazowymi jądrami, a także synchronizacja podziałów jąder w oddzielonych ścianą komórkach diady. W trakcie II podziału mejotycznego dość często obserwowano tzw. „spóźnione” chromosomy, natomiast po podziale zamiast typowych tetrad np. pentady, czy też komórki o zróżnicowanej wielkości (Denisow, Bożek 2006).

Zaburzenia obserwowano również podczas rozwoju mikrospor i ziaren pyłku. Przed podziałem mitotycznym jądra mikrospory najczęściej występowało jedno duże jądro i zmienna liczba mikrojąder. Mikrojądra obserwowano w ziarnach pyłku z wykształconym jądrem vegetatywnym i generatywnym (Szczuka, Bohdanowicz i in. 2006).

Badania cytologiczne pylników różnych gatunków roślin z męską sterylnością wykazały, że zaburzeniom ulegają komórki tapetum i komórki macierzyste pyłku. W komórkach tapetum zaobserwowano nadmierną wakuolizację, fuzję komórek, a zatem powstawanie wielojądrowych syncytiów oraz przedwczesne lub zachodzące z opóźnieniem ich obumieranie (Laser i Lersten 1972, Overman i Warmke 1972, Scoles i Evans 1979). Nadto wykazano nieprawidłowości dotyczące głównie mitochondriów i retikulum endoplazmatycznego zarówno w komórkach tapetum, jak i komórkach macierzystych pyłku. Ich mitochondria są

mniejsze, mają bardzo słabo wykształcone grzebienie (*cristae*) oraz nienaturalnie rozdęte membrany (Lee i Warmie 1979, Bino 1985, Majewska-Sawka 1993). Prawdopodobnie za zmiany fenotypowe obserwowane w pylnikach roślin z męską sterylnością odpowiedzialna jest aktywność enzymatyczna mitochondriów oraz charakterystyczna struktura mitochondrialnego DNA.

W wyniku analizy porównawczej mitochondrialnego genomu roślin płodnych i męskosterylnych przy wykorzystaniu enzymów restrykcyjnych i analiz hybrydizacyjnych z sondami molekularnymi zidentyfikowano regiony mitochondrialnego DNA odpowiedzialne za męską sterylność (Unsel 1997, Kubo 2000). Uzyskane profile restrykcyjne wykazywały znaczące różnice w przypadku wielu gatunków roślin (Weihe 1991, Steinbor 1993). Na podstawie analizy genów skorelowanych z męskosterylnością stwierdzono, że ich sekwencje nukleotydowe ulegają rearanżacji w regionach kodujących lub flankujących (Xue 1994, Iwabuchi 1993, Canal 2001). U niektórych roślin męskosterylnych zidentyfikowano aktywny typ genów chimerycznych, które powstają w wyniku rekombinacji fragmentów genów kodujących lub flankujących podstawowych genów mitochondrialnych i niezidentyfikowanych sekwencji orf. Niniejsze geny mogą odpowiadać za powstawanie białek powodujących zakłócenie procesu mikrosporogenezy. Badania immunochemiczne pozwoliły zidentyfikować szereg białek, produktów genów chimerycznych bezpośrednio związanych ze sterylnością (Horn 1991, Krishnasamy 1994, Lewings 1993).

Różnicujące się pylniki, komórki linii haploidalnej wymagają dużego udziału energii z uwagi na liczne podziały komórkowe, replikację DNA oraz niezwykle szybki wzrost komórek w krótkim czasie, co znalazło potwierdzenie w kilkudziesięciokrotnym wzroście mitochondriów w tapetum i komórkach macierzystych pyłku (Lee i Warmke 1979). Równolegle obserwowano duży wzrost ekspresji genów mitochondrialnych, szczególnie w fazie postmeiotycznej (Conley i Hanson 1994). Pylniki męskosterylne wielu przebadanych gatunków roślin charakteryzuje m. in. znaczące obniżenie stężenia ATP, a zatem proporcji ATP/ADP, mniejsza aktywność ATP-azy oraz oksydazy cytochromowej (Bergman 2000, Guan 2001, Bino 1986, Nakashima 1978).

## 1. Materiał i metodyka badań

Badaniami objęto rośliny kwiatowe zasiedlające teren byłej Kopalni Miedzi „Konrad” w Iwinach k/Bolesławca, położonej w Sudetach Zachodnich na Pogórzu Kaczawskim, w tzw. niecce grodzieckiej rozciągającej się między Bolesławcem a Grodźcem (Walczak 1968).

Materiał do badań pochodził z częściowo zrehabilitowanego zwałowiska K-I, zlokalizowanego w pobliżu byłego szybu głównego i z terenu ościennego w promieniu około 5 km.

Porównawcze badania morfologiczne dotyczące morfologii, wielkości i zakresu zmienności ziaren pyłku oraz ich żywotności prowadzono na materiale złożonym z 41 gatunków roślin kwiatowych reprezentujących 14 rodzin należących do klasy dwuliściennych (Tab. 2).

Materiał do porównawczych badań morfologiczno-cytologicznych stanowiły próbki kwiatów/kwiatostanów pochodzące z dwóch osobników danego gatunku znajdujących się w stadium pełnego rozwoju generatywnego, zasiedlających zwałowisko i teren ościenny.

Niniejszy materiał został zebrany w okresie od kwietnia do października 2009 r. Zebrane kwiaty/kwiatostany z osobników danego gatunku, pochodzących ze zwałowiska i terenu ościennego umieszczano oddzielnie w oznakowanych fiolkach z odczynnikiem Carnoy'a, znanym utrwalaczem. Materiał utrwalano przez 2 – 3 godz., po czym płukano w alkoholu 70%, w którym był on przechowywany.

W celu przeprowadzenia porównawczej analizy morfologiczno-cytologicznej ziaren pyłku badanych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko i teren ościenny wykonano barwione, gniecione preparaty mikroskopowe pylników. Do barwienia ziaren pyłku zastosowano metodę orceinową, dzięki której różnicowano je na żywotne i sterylne. Ziarna pyłku żywotne wybarwiały się na kolor różowoczerwony, natomiast ziarna sterylne (martwe) były bezbarwne.

Po wyizolowaniu kilku pręcików z przechowywanych kwiatów, oddzielano pylniki i umieszczano je w kropli orceiny na szkiełku przed-

miotowym, podgrzewając je nad palnikiem spirytusowym przez około 5 min. Następnie zamykano je szkiełkiem nakrywkowym i wykonywano mikroskopowe preparaty gniecione. Po podsuszeniu wybarwionego preparatu mikroskopowego, po uprzednim przeprowadzeniu przez alkohol 96%, alkohol butylowy i ksylen wykonywano trwałe preparaty mikroskopowe zamykane w balsamie kanadyjskim.

Tak przygotowane i odpowiednio oznaczone wybarwione preparaty mikroskopowe pyłku zebranego z roślin kwiatowych pochodzących ze zwałowiska i terenu ościennego pozwoliły dokonać analizy porównawczej morfologii, wielkości i spektrum zmienności ziaren pyłku, jak i ich żywotności (Gerlach 1972).

Pomiarami biometrycznymi dotyczącymi wielkości ziaren pyłku objęto populację liczącą po  $n = 100$  losowo wybranych ziaren pyłku pochodzących z osobników tych samych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających teren ościenny, jak i zwałowisko.

Wszystkie pomiary biometryczne przeprowadzono przy pomocy mikroskopu, stosując okular mikrometryczny o powiększeniu 15x i obiektyw 40x. Ziarna pyłku w zarysie wydłużone/elipsoidalne mierzono wzdłuż najdłuższej osi, natomiast trójkątne, równoboczne – od wierzchołka prostopadle do przeciwległej krawędzi.

W celu obliczenia istotności różnicy wielkości ziaren pyłku badanych gatunków roślin pochodzących ze zwałowiska (Z) i terenu ościennego (TO) zastosowano test t Studenta (Elandt 1964, Krzywicka 1975, Puchalski 1977). Wystąpienie różnicy istotnej pomiędzy wartościami  $x$  i  $y$  dwóch prób losowych oznaczałoby, że próby te pochodzą z dwóch niejednakowych populacji. Wartości  $x$  i  $y$  szacowano na podstawie uzyskanych wyników dwóch prób niezależnych, równolicznych o liczebności  $n=20$ . Test t Studenta określany jest wzorem:

$$t_{\text{emp.}} = \frac{x - y}{S_D}$$

gdzie  $x$  oznacza średnią arytmetyczną próbek TO,  $y$  – średnią arytmetyczną próbek Z,  $S_D$  – błąd standardowy, natomiast  $t$  oznacza zmienną losową o rozkładzie normalnym z  $v$  stopniami swobody. Wielkości te są stabilizowane dla odpowiednich wartości  $v$  i prawdopodobieństwa  $p$ .

Po wyznaczeniu odchylenia standardowego różnic dwóch średnich z prób obliczono wartość  $t_{emp.}$  i porównano z wartością krytyczną  $t_a$  określoną w tablicy przy wybranym poziomie istotności  $p$  i ilości stopni swobody  $v$ . W obliczeniach istotności różnicy korzystano z wartości  $t_a$  przy  $p = 0,99$  i  $p = 0,95$ . Jeżeli bezwzględna wartość różnicy między porównywalnymi średnimi  $t_{emp.}$  była większa od wartości krytycznej  $t_a$  ( $t_{emp.} > t_a$ ), to różnicę uznawano za istotną, natomiast jeśli  $t_{emp.}$  miała wartość równą lub mniejszą od  $t_a$  ( $t_{emp.} = t_a$  lub  $t_{emp.} < t_a$ ), różnicę określano jako nieistotną.

Różnice istotności na poziomie  $p = 0,99$  oznaczano „++”,  $p = 0,95$  – „+”, natomiast różnice nie istotne przy  $p = 0,95$  – „-”.

Badania mikroskopowe dotyczące żywotności ziaren pyłku przeprowadzono na populacji liczącej po  $n = 1000$  ziaren pyłku tych samych 41 gatunków roślin kwiatowych zasiedlających teren ościenny i zwałowisko.

Uzyskane wyniki badań dotyczące cech morfologiczno-cytologicznych, wielkości i zakresu zmienności ziaren pyłku oraz ich żywotności ujęto tabelarycznie.

Wykonano mikrografie ziaren pyłku poszczególnych gatunków roślin kwiatowych poddanych badaniom, pochodzących ze zwałowiska (Z) i terenu ościennego (TO). W pracy zamieszczono mikrografie jedynie kilku gatunków.

**Tabela 3.** Wykaz badanych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I (Z) i teren ościenny (TO) [Zastosowano nomenklaturę wg klucza do oznaczania roślin „Rośliny polskie” – Szafer W., Kulczycki S., Pawłowski B.]

Lp.	Klasa	Rodzina	Lp.	Gatunek
1	Dicotyledones	Urticaceae	1	Urtica dioica L.
		Polygonaceae	2	Rumex acetosa L.
		Caryophyllaceae	3	Dianthus deltoidem L.
		Ranunculaceae	4	Ranunculus repens L.
		Clusiaceae/Guttiferae	5	Hypericum perforatum L.
		Rosaceae	6	Potentilla anserina L.
		Fabaceae/Papilionaceae (7 sp.)	7	Lupinus polyphyllus Ldl.
			8	Medicago sativa L.



		9	Medicago lupulina L.
		10	Melilotus albus Med.
		11	Trifolium repens L.
		12	Lotus uliginosus Schk.
		13	Vicia cracca L.
	Oenotheraceae (3 sp.)	14	Epilobium hirsutum L.
		15	Chamaenerion angustifolium(L.) Scop.
		16	Oenothera biennis L.
	Apiaceae/Umbelliferae	17	Daucus carota L.
	Boraginaceae	18	Echium vulgare L.
	Scrophulariaceae	19	Linaria vulgaris (L.)
	Plantaginaceae	20	Plantago lanceolata L.
	Rubiaceae	21	Galium mollugo L.
	Asteraceae/Compositae(20 sp.)	22	Solidago serotina Ait.
		23	Erigeron canadensis L.
		24	Erigeron acer L.
		25	Achillea millefolium L.
		26	Tripleurospermum inodorum (L.) Schulz-Bip.
		27	Tanacetum vulgare L.
		28	Artemisia absinthium L.
		29	Artemisia vulgaris L.
		30	Tussilago farfara L.
		31	Senecio vulgaris L.
		32	Senecio jacobaea L.
		33	Cichorium intybus L.
		34	Leontodon hispidus L.
		35	Sonchus arvensis L.
		36	Lactuca sativa L.
		37	Crepis biennis L.
		38	Hieracium pratense Tsch.
		39	Hieracium florentinum All.
		40	Hieracium umbellatum L.
		41	Hieracium sabaudum L.

## 2. Wyniki badań

### 2.1. Wyniki badań porównawczych cech morfologicznych, wielkości i spektrum zmienności ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko /Z/ i teren ościenny /TO/

W celu zbadania wpływu podłoża zwałowiska K-I przy byłej Kopalni Miedzi „Konrad” w Iwinach k/Bolesławca na cechy morfologiczne, wielkość i zakres zmienności ziaren pyłku analizie porównawczej poddano 41 gatunków roślin naczyniowych należących do 14 rodzin klasy dwuliściennych

#### 1. *Urtica dioica* L.

Ziarna pyłku (*granum pollinarium*) są płasko-kuliste (*oblatospheroides*), trój-, czteroporowe (*tri- tetraporate*). Wykazują prawie kolisty zarys równikowy. Charakteryzują je pory nie zagłębione, tworzące osobną komorę zewnętrzną komunikującą się z wnętrzem ziarna (*vestibulum*). Niekiedy *vestibulum* nie wykształca się. Jeśli występuje – jest małe i stożkowate. Mikrostruktura robi wrażenie kropkowanej. Dach (*tectum*) wznosi się lekko w pobliżu porów. Egzyny charakteryzują nieregularnie rozmieszczone słabo wykształcone wyrostki – typ *psilate-scabrata*. Ziarna w zarysie są gładkie i osiągają wielkość  $< 20 \mu\text{m}$  (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Podobną budowę morfologiczną wykazują ziarna pyłku *Urtica dioica* L. ze zwałowiska [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO pozwoliły stwierdzić **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z osiągnęły średnio większą wartość  $\bar{y} = 12,771 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 12,062 \mu\text{m}$  jaką uzyskały ziarna pyłku z TO [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u *Urtica dioica* L. ze Z, tj. od 11,61 – 14,19  $\mu\text{m}$  niż z TO, gdzie ich wielkość wahała się w granicach 11,61 – 12,90  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była nieco wyższa i wyniosła 12,90  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 12,26  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 2. *Rumex acetosa* L.

Ziarna pyłku są płasko-kuliste (*oblato-spheroides*), trój- i cztero- porowe z bruzdami (3-4 - *colporate*). Wolna od bruzd (*colpi*) przestrzeń wokółbiegunowa (*apocolpium*) osiąga średnicę około 8  $\mu$ . Colpi są bardzo wąskie, szczelinowate. Elementy mikrostruktury tworzą wzór siatkowy (*perreticulata*). Ziarna pyłku są okryte (*tectatum*) i charakteryzują się licznymi otworkami (*perforatum*). W zarysie są one koliste, rzadziej elipsoidalne. Analogiczną morfologię stwierdzono u *Rumex acetosa* L. ze zwałowiska [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wskazały na **istotną różnicę** przy  $p = 0,95$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały średnio większą wartość  $\bar{y} = 15,480 \mu\text{m}$  niż z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 14,964 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wystąpił u *Rumex acetosa* L. ze Z, tj. od 14,19 – 16,77  $\mu\text{m}$ , natomiast z TO – od 14,19 – 15,48  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 15,48  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 14,84  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 3. *Dianthus deltoides* L.

Ziarna pyłku o kształcie kulisto-wydłużonym (*prolato-spheroides*) z licznymi porami (*periporata*), otoczonymi pierścieniami (*annuli*). Osiągają wielkość 19  $\mu\text{m}$ . Egzyna jest typu siatkowego (*per-reticulata*). Ziarna pyłku są okryte (*tectatum*), z dachem (*tectum*), który charakteryzują wyraźne perforacje. Identyczną morfologię pyłku zaobserwowano u *Dianthus deltoides* L. ze Z [Tab. 4].

Na podstawie analizy wyników badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO stwierdzono **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 29,214 \mu\text{m}$ , zaś z TO  $-\bar{x} = 26,316 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności ziaren pyłku wystąpił u *Dianthus deltooides* L. z TO, tj. od 23,22 – 28,38  $\mu\text{m}$  w stosunku do Z, gdzie ich wielkość wahała się od 28,38 – 30,95  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 29,67  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

#### 4. *Ranunculus repens* L.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), lekko wydłużone (*subprolate*) lub kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*). Apocolpium, czyli przestrzeń wokółbiegunowa średniej wielkości. Bruzdy (*colpi*) są dość wąskie, natomiast dach (*tectum*) jest  $\pm$  falisty. Skulpturę charakteryzują małe kolce osadzone na nieregularnie małych brodawkach – typ *echinato-verrucata* (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogiczną morfologię ziaren pyłku wykazano u *Ranunculus repens* L. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p=0,95$ , jak i  $p=0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały średnią wartość  $\bar{y} = 24,575 \mu\text{m}$ , zaś z TO  $-\bar{x} = 24,316 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku *Ranunculus repens* L. ze Z i TO wykazały identyczną zmienność wielkości wahającą się od 21,93 – 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności osiągnęła wartość identyczną na TO i Z, tj. 23,87  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

#### 5. *Hypericum perforatum* L.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), wydłużone (*prolate*). Część równikowa bruzdy jest zwężona lub rozerwana, natomiast pozostała charakteryzuje się występowaniem ozebrowania (*costae*

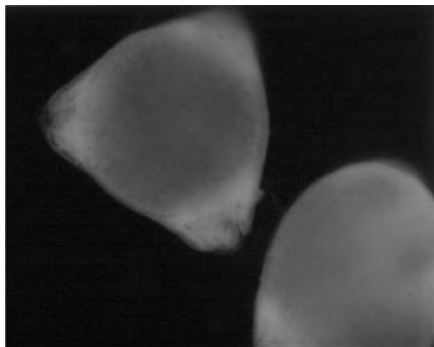
*colpi*). Pole poroidalne jest stosunkowo małe. Mikrostruktura jest typu siatkowego (*supra-reticulata*). Ziarna pyłku w zarysie są elipsoidalne, z eksyną gładką, pozbawioną charakterystycznych utworów. Ich wymiary są niewielkie, bowiem  $<20 \mu\text{m}$  (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Podobną morfologię ziaren pyłku stwierdzono u *Hypericum perforatum* L. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p=0,95$ , jak i  $p=0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały średnią wartość  $\bar{y}=14,964 \mu\text{m}$ , zaś z TO  $\bar{x}=14,706 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

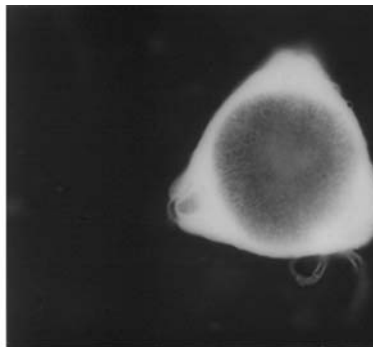
Ziarna pyłku *Hypericum perforatum* L. ze Z i TO wykazały identyczne spektrum zmienności wielkości, tj. od  $14,19 - 16,77 \mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności z TO i Z była taka sama i osiągnęła wartość  $15,48 \mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 6. *Potentilla anserina* L.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), lekko spłaszczone (*suboblate-oblate*), w zarysie przypominają trójkąt równoboczny o wyraźnie zaokrąglonych wierzchołkach.



1 – TO



2 – Z

Fot. 1, 2. Ziarna pyłku *Potentilla anserina* L. z TO i Z (pow. 300x)

Bruzda południkowa zwężona lub z cienkim, niewyraźnym i zwykle rozerwanym polem poroidalnym. Każda z nich zaopatrzona

jest w wystające, prążkowane i zwykle trwałe wieczko (*operculum*). Część brzeżna intercolpium kołnierzykowata, wystająca w pobliżu równika. Egzynę charakteryzują wyrostki radialne, rozłożone nieregularnie, ułożone  $\pm$  równoległe – typ regulatostriata. Analogiczną morfologię pyłku zaobserwowano u *Potentilla anserina* L. ze Z (Fot. 1, 2) [Tab. 4].

Na podstawie analizy porównawczej wyników badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie stwierdzono różnic przy  $p = 0,95$  i  $p = 0,99$ . Wartości  $\bar{y}$  i  $\bar{x}$  okazała się identyczna i wyniosła  $19,156 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Podobnie ziarna pyłku *Potentilla anserina* L. ze Z i TO wykazały jednakową zmienność wielkości wahającą się od  $18,06 - 19,35 \mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności osiągnęła wartość identyczną na TO i Z, tj.  $18,71 \mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 7. *Lupinus polyphyllus* Ldl.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), w zarysie nieznacznie wydłużone (*prolate*), rzadziej elipsoidalne lub koliste (*spheroides*). Część równikowa bruzdy zwężona lub rozerwana, pozostałe są obrzeżone przez *costae colpi*. Egzyna jest gładka. Elementy skulptury tworzą wzór siatkowy – supra-reticulata. Podobną morfologię ziarn pyłku stwierdzono u *Lupinus polyphyllus* Ldl. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną** różnicę przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z osiągnęły znacznie mniejszą średnią wartość  $\bar{y} = 18,254 \mu\text{m}$  w stosunku do średniej wartości ziaren z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 19,350 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Badania wykazały podobny zakres zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z i TO przy jednocześnie zróżnicowanej wartości minimalnej i maksymalnej. Skala zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z wyniosła od  $16,77 - 19,35 \mu\text{m}$ , natomiast z TO – od  $18,06 - 20,64 \mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła  $19,35 \mu\text{m}$ , natomiast na Z –  $18,06 \mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 8. *Medicago sativa* L.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), kuliste (*spheroides*) lub kulisto-wydłużone (*prolato-spheroides*). W okolicy równika bruzdy są zwężone lub rozerwane, natomiast pozostałe części zaopatrzone są *costae colpi*. Pole poroidalne jest stosunkowo duże. Egzyna jest siatkowata – typ *supra-reticulata*. Analogiczną morfologię pyłku zaobserwowano u *Medicago sativa* L. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **istotną różnicę** przy  $p = 0,95$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość  $\bar{y} = 26,123 \mu\text{m}$  od wartości  $\bar{x} = 27,089 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły ziarna pyłku z TO [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u *Medicago sativa* L. z TO, tj. od 23,95 – 30,95  $\mu\text{m}$  niż ze Z, gdzie ich wielkość wahała się od 23,22 – 28,38  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 27,09  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 9. *Medicago lupulina* L.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), kuliste (*spheroides*), rzadziej lekko kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*). Równikowa część bruzdy zwężona lub rozerwana. *Costae colpi* pozostałych części dość krótkie, zaś pole poroidalne duże. Skulptura wykazuje wzór siatkowy – typ *supra-reticulata*. Podobną morfologię pyłku stwierdzono u *Medicago lupulina* L. ze Z [Tab. 4].

Na podstawie wyników badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie stwierdzono istotnych różnic przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z i TO osiągnęły podobne średnie wartości, tj.  $\bar{y} = 17,608 \mu\text{m}$  i  $\bar{x} = 17,544 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku *Medicago lupulina* L. ze Z i TO wykazały identyczną zmienność wielkości wahającą się od 15,48 – 19,35  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności osiągnęła identyczną wartość na TO i Z, tj. 17,46  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 10. *Melilotus albus* Med.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), kulisto-wydłużone (*prolato-spheroides*). Bruzdy części równikowej są zwężone lub rozerwane. Pozostałe części charakteryzują się występowaniem stosunkowo krótkich *costae colpi*. Pole poroidalne jest dość duże. Egzyna ma wzór siatkowy – typ supra reticulata (K.Faegri, J.Iversen 1978). Analogiczną morfologię ziaren pyłku zaobserwowano u *Melilotus albus* Med. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z osiągnęły znacznie większą średnią wartość  $\bar{y} = 20,124 \mu\text{m}$  w stosunku do pyłku z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 18,898 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u *Melilotus albus* Med. z TO przy jednocześnie niższych wartościach minimalnych i maksymalnych względem Z, tj. od 16,77 – 20,64  $\mu\text{m}$  i od 19,35  $\mu$  21,93  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 20,64  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 18,71  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 11. *Trifolium repens* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporata*), kulisto-wydłużone (*prolato-spheroides*). Bruzdy są obrzeżone przez grube lub cienkie *costae colpi*. Pory nie są otoczone pierścieniami (*annuli*). W zarysie południkowym są one kuliste lub  $\pm$  romboidalne. Egzynę charakteryzuje wzór siatkowy z jamkami – typ supra-reticulato-foveolata (K. Faegri, J. Iversen 1978). Podobną morfologię posiada pyłek *Trifolium repens* L. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza uzyskanych wyników badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazała **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z wykazały znacznie mniejszą średnią wartość  $\bar{y} = 16,835 \mu\text{m}$  w stosunku do ziaren pyłku z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 19,092 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

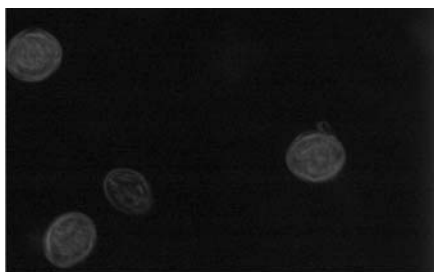


Wystąpił podobny zakres zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z i TO przy niższej wartości minimalnej i maksymalnej u *Trifolium repens* L. ze Z. Skala zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z wyniosła od 15,48 – 18,06  $\mu\text{m}$ , natomiast z TO – od 18,06 – 20,64  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 19,35  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 16,77  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

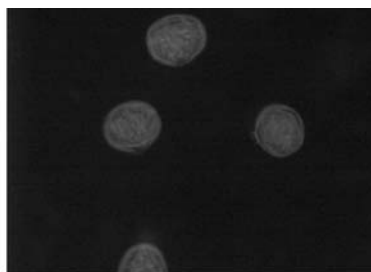
## 12. *Lotus uliginosus* Schk.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), zwykle wydłużone (*prolate*), rzadziej kuliste. (*spheroides*), Bruzdy są stosunkowo wąskie, nie łódkowate. Egzyna ma wzór siatkowy – typ supra-reticulata (G. Erdman i wsp. 1961). Analogiczną morfologię ziaren pyłku zaobserwowano u *Lotus uliginosus* Schk. ze Z (Fot. 3, 4) [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią  $\bar{y} = 13,674 \mu\text{m}$  w stosunku do pyłku z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 10,707 \mu\text{m}$  [Tab. 5].



1 – TO



2 – Z

Fot. 1, 2. Ziarna pyłku *Potentilla anserina* L. z TO i Z (pow. 300x)

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u *Lotus uliginosus* Schk. z TO przy jednocześnie niższej wartości minimalnej i maksymalnej względem Z, tj. od 12,90 – 14,19  $\mu\text{m}$  i od 9,03 – 12,90  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 13,55  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 10,96  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 13. *Vicia cracca* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporata*), wydłużne (*prolate*). Bruzdy są wąskie, osiągają około 30  $\mu$  długości. Występuje obrzeżenie w postaci *costae colpi*. Pory są bardzo wyraźnie wykształcone, otoczone pierścieniem (*annulus*). W zarysie są one eliptyczne, wydłużone w kierunku południkowym (*lalongata*). Tegillum charakteryzuje powierzchnia równa lub występowanie dołków – typ *psilata* (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Podobną morfologię pyłku zaobserwowano u *Vicia cracca* L. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza uzyskanych wyników badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazała **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 27,605 \mu\text{m}$  względem ziaren pyłku z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 25,542 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

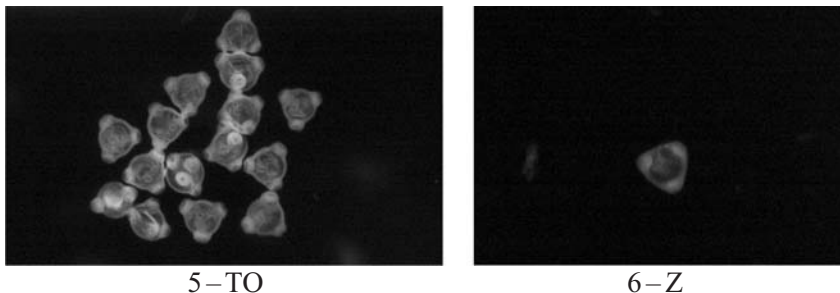
Ziarna pyłku ze Z wykazały większą zmienność wielkości, tj. od 24,51 – 29,66  $\mu\text{m}$  niż z TO, która wyniosła od 24,51 – 27,09  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 27,09  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 14. *Epilobium hirsutum* L.

Ziarna pyłku są trójporowe (*triporate*), lekko spłaszczone, kuliste (*suboblate-oblate, spheroides*), w zarysie prawie trójkątne o zaokrąglonych wierzchołkach. Pory są małe z charakterystycznym obrzeżeniem (*crassimarginate*). Występuje cylindryczne, zakryte vestibulum. Ziarna osiągają wielkość  $> 50 \mu\text{m}$  (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogiczne ziarna pyłku występują u *Epilobium hirsutum* L. ze Z (Fot. 5, 6) [Tab. 4].

Na podstawie analizy wyników badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO stwierdzono **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z uzyskały wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 73,207 \mu\text{m}$  w stosunku do ziaren pyłku z TO, które osiągnęły wartość  $\bar{x} = 70,176 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku przy jednocześnie niższej wartości minimalnej i maksymalnej wystąpił u *Epilobium hirsutum* L. z TO, tj. od 64,50 – 74,82  $\mu\text{m}$  w stosunku do pyłku ze Z, którego wielkość wahała się od 68,37 – 77,40  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 72,89  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 69,66  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].



Fot. 5, 6. Ziarna pyłku *Epilobium hirsutum* L. z TO i Z (pow. 300x)

### 15. *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.

Ziarna pyłku są trójporowe (*triporate*), lekko spłaszczone, kuliste (*suboblate-oblate spheroides*), w zarysie trójkątne o zaokrąglonych wierzchołkach. Pory są małe z charakterystycznym obrzeżeniem (*crassimarginate*). Występuje cylindryczne, zakryte vestibulum. Ziarna osiągają wielkość  $> 50 \mu\text{m}$  (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogiczną budowę ziaren pyłku wykazano u *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza uzyskanych wyników badań wielkości ziaren pyłku wykazała **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z osiągnęły znacznie wyższą średnią wartość wynoszącą  $\bar{y} = 63,016 \mu\text{m}$  względem wartości  $\bar{x} = 57,018 \mu\text{m}$ , jaką uzyskały ziarna pyłku z TO [Tab. 5].

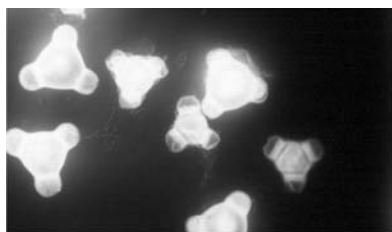
Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku przy jednocześnie niższej wartości minimalnej i maksymalnej wystąpił u *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. z TO, tj. od 52, 89 – 61,92  $\mu\text{m}$  w stosunku do pyłku ze Z, gdzie wielkość ich wahała się od 60,63 –

65,79  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 63,21  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 57,41  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

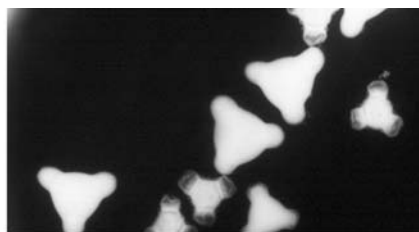
### 16. *Oenothera biennis* L.

Ziarna pyłku są trójporowe (*triporate*), lekko spłaszczone, kuliste (*suboblate-oblate spheroides*), w zarysie trójkątne o zaokrąglonych wierzchołkach. Pory są małe z charakterystycznym obrzeżeniem (*crassimarginate*). Egzyna jest gładka, pozbawiona charakterystycznych utworów. Występuje cylindryczne, zakryte vestibulum m (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie przedstawia się budowa morfologiczna ziaren pyłku *Oenothera biennis* L. ze Z (Fot. 7, 8) [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 92,622 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 86,882 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły ziarna pyłku z TO [Tab. 5].



7 – TO



8 – Z

Fot. 7, 8. Ziarna pyłku *Oenothera biennis* L. z TO i Z (pow. 300x)

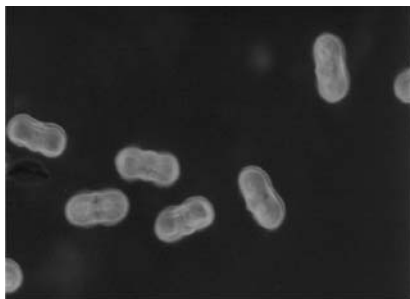
Znacznie większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u *Oenothera biennis* L. ze Z, tj. od 83,85 – 101,91  $\mu\text{m}$ , przy jednocześnie wyższej wartości minimalnej i maksymalnej niż z TO, gdzie wielkość wahała się od 82,56 – 90,30  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 92,88  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 86,43  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 17. *Daucus carota* L.

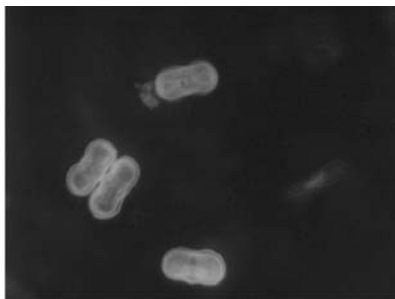
Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), w zarysie biszkoptowate, tj. wydłużone z wyraźnym przewężeniem w połowie (*prolate*). Egzynę nierównej grubości charakteryzuje powierzchnia gładka z radialnymi  $\pm$  izodiametrycznymi wyrostkami – typ psilato-scabrata (K. Faegri, J. Iversen, 1978). Identycznie wyglądają ziarna pyłku *Daucus carota* L. ze Z (Fot. 9, 10) [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Średnia wartość wielkości ziaren pyłku ze Z i TO okazały się bardzo zbliżone i wyniosły stosownie  $\bar{y} = 19,092 \mu\text{m}$  oraz  $\bar{x} = 18,898 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku ze Z i TO wykazały podobny zakres zmienności wielkości przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej u *Daucus carota* L. ze Z, tj. od 18,06 – 20,64  $\mu\text{m}$  oraz 16,77 – 19,35  $\mu\text{m}$  z TO [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 19,35  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 18,06  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].



9–TO



10–Z

Fot. 9, 10. Ziarna pyłku *Daucus carota* L. z TO i Z (pow. 300x)

### 18. *Echium vulgare* L.

Ziarna pyłku w zarysie wydłużone (*prolatum*), rzadziej kuliste (*spheroides*) z nieznacznym przewężeniem między biegunem a strefą równikową. Egzyna jest gładka – typ psilata. Podobną morfologię ziaren pyłku stwierdzono u *Echium vulgare* L. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic przy  $p = 0,05$  i  $p = 0,99$ . Uzyskano niemal identyczne średnie wartości wielkości pyłku ze Z i TO, tj.  $\bar{y} = 12,771 \mu\text{m}$  i  $\bar{x} = 12,777 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku *Echium vulgare* L. ze Z i TO wykazały identyczną skalę zmienności ich wielkości wahającą się od 11,61 – 14,19  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była takie sama na TO i Z, tj. osiągnęła wielkość 12,90  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 19. *Linaria vulgaris* (L.) Mill.

Ziarna pyłku są trójbruzdowe (*tricolpata*), kuliste (*spheroides*). Bruzdy (*colpi*) są zwężone równikowo i obrzeżone (*margo*). Ziarna pyłku są okryte (*tectatum*). Egzynę charakteryzuje wzór siatkowy – typ per-reticulata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Linaria vulgaris* (L.) Mill. ze Z [Tab. 4].

Na podstawie analizy wyników badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie stwierdzono istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Otrzymano zbliżone obydwie średnie wartości, tj.  $\bar{y} = 13,029 \mu\text{m}$  i  $\bar{x} = 12,944 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku ze Z i TO wykazały identyczną skalę zmienności ich wielkości wahającą się od 11,61 – 14,19  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była identyczna na TO i Z, tj. wyniosła 12,90  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 20. *Plantago lanceolata* L.

Ziarna pyłku 6 – 10 – porowe (*periporata*), kuliste (*spheroides*). Pory są wyraźnie wykształcone z charakterystycznym rąbkiem (*crassimarginata*). Powierzchnia egzyny pokryta jest brodawkami (*verrucae*) – typ *verrucata* oraz licznymi krótkimi, ostro zakończonymi wyrostkami (*microechinata*) – typ *microechinata*. (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Podobną morfologię reprezentują ziarna pyłku *Plantago lanceolata* L. ze Z [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku pochodzących ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic przy  $p = 0,95$  i  $p = 0,99$ . Średnia wartość wielkości ziaren pyłku ze Z  $\bar{y} = 13,932 \mu\text{m}$ , natomiast z TO –  $\bar{x} = 14,577 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Zakres zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z wahał się od  $11,61 - 15,48 \mu\text{m}$  w stosunku do TO, gdzie osiągnęły one wartość od  $12,90 - 16,77 \mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła  $14,84 \mu\text{m}$ , natomiast na Z –  $13,55 \mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 21. *Galium mollugo* L.

Niniejszy gatunek wytwarza sześciobruzdowe (*stephanocolpata*), kuliste (*spheroides*) lub wydłużone (*prolate*) ziarna pyłku. Południkowo biegnące bruzdy są wąskie i nie posiadają zgrubiałego brzegu. Apocolpium jest mniej więcej średniej wielkości. Egzynę charakteryzuje powierzchnia równa z radialnymi  $\pm$  izodiametrycznymi wyrostkami – typ psilato-scabrata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Galium mollugo* L. ze Z [Tab. 4].

Na podstawie analizy wyników badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO stwierdzono **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość, tj.  $\bar{y} = 14,448 \mu\text{m}$  względem wartości  $\bar{x} = 15,093 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Nieznacznie większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wykazano u *Galium mollugo* L. z TO niż ze Z, tj. stosownie od  $14,19 - 16,77 \mu\text{m}$  oraz  $14,19 - 15,48 \mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła  $15,48 \mu\text{m}$ , natomiast na Z –  $14,84 \mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 22. *Solidago serotina* Ait.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), lekko wydłużone (*subprolate*), rzadziej kuliste (*spheroides*). Średnica apocolpium wynosi mniej więcej  $10 \mu$ . Colpi są dość szerokie, pory

w zarysie elipsoidalne, wydłużone w kierunku południkowym (*lalongata*). Ziarna są okryte (*tectata*), wykształcają grubą egzynę z licznymi, zaostrozonymi, nieregularnie rozmieszczonymi wyrostkami. Jest to tzw. egzyna kolczasta – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Identycznie wyglądają ziarna pyłku *Solidago serotina* Ait. ze Z [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Średnie wartości wielkości ziaren pyłku ze Z i TO są dość zbliżone i wynoszą  $\bar{y} = 14,061 \mu\text{m}$  oraz  $\bar{x} = 14,319 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku *Solidago serotina* Ait. ze Z i TO wykazały identyczną skalę zmienności ich wielkości wahającą się od 12,90 – 15,98  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była również taka sama na TO i Z i wyniosła 14,19  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 23. *Erigeron canadensis* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), nieznacznie wydłużone (*subprolate*), niekiedy kuliste (*spheroides*). Apocolpium osiąga średnicę około 10  $\mu$ . Colpi są dość szerokie, pory eliptyczne, wydłużone w kierunku południkowym (*lalongata*). Ziarna są okryte (*tectata*). Egzyna jest gruba z charakterystycznymi zaostrozonymi elementami. Jest to egzyna kolczasta – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Podobną morfologię stwierdzono u *Erigeron canadensis* L. ze Z [Tab. 4].

Przeprowadzona analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazała **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość  $\bar{y} = 13,868 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 15,545 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły osobniki z TO [Tab. 5].

Ziarna pyłku zarówno ze Z, jak i z TO uzyskały podobny zakres zmienności z tym jednak, że niższe wartości minimalne i maksymalne wystąpiły u osobników pochodzących ze Z, tj. od 12,90 – 15,48  $\mu\text{m}$  oraz 14,19 – 16,77  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich



zmienności na TO była wyższa i wyniosła 15,84  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 14,19  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

#### 24. *Erigeron acer* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), lekko wydłużone (*subprolate*). Średnica apocolpium wynosi mniej więcej 10  $\mu\text{m}$ . Colpi są dość szerokie, pory eliptyczne, wydłużone w kierunku południowym (*lalongata*). Ziarna pyłku są okryte (*tectata*), posiadają grubą egzynę z zaostrozonymi licznymi wyrostkami. Jest to egzyna kolczasta – typ *echinata* (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Erigeron acer* L. ze Z [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Średnia wartość wielkości ziaren pyłku ze Z okazała się znacznie niższa, tj.  $\bar{y} = 14,061 \mu\text{m}$  w stosunku do pyłku z TO, która wyniosła  $\bar{x} = 16,835 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Ziarna pyłku z TO uzyskały większy zakres zmienności ich wielkości przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej względem wielkości ziaren pyłku ze Z, tj. stosownie od 15,48 – 19,35  $\mu\text{m}$  oraz od 12,90 – 15,48  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 17,42  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 14,19  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

#### 25. *Achillea millefolium* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*), rzadziej nieznacznie wydłużone (*subprolate*). Apocolpium mniej więcej średniej wielkości. Pory są małe, eliptyczne, wydłużone południkowo (*lalongata*). Egzyna jest gruba z zaostrozonymi, licznymi wyrostkami – typ *echinata* (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Achillea millefolium* L. ze Z [Tab. 4].

Na podstawie analizy porównawczej uzyskanych wyników badań wielkości ziaren pyłku stwierdzono **wysoce istotną różnicę** przy

$p = 0,99$ . Ziarna p pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość, tj.  $\bar{y} = 18,383 \mu\text{m}$  względem wartości  $\bar{x} = 19,545 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Podobny zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wykazano u *Alchemilla millefolium* L. przy nieco wyższej wartości minimalnej i maksymalnej z TO, tj. od 18,06 – 20,64  $\mu\text{m}$  oraz od 16,77 – 19,35  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 19,35  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 18,06  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 26. *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schultz-Bip.

Ziarna pyłku należą do ziaren trójporowych z bruzdami (*tricolporate*), są kuliste (*spheroides*) lub lekko wydłużone (*subprolate*). Apocolpium średniej wielkości. Pory są małe, eliptyczne, wydłużone południkowo (*lalongata*). Egzyna jest gruba z zastrzonymi elementami – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schultz-Bip. ze Z [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 21,349 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 19,931 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły ziarna pyłku pochodzące z TO [Tab. 5].

Podobny zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono zarówno u osobników ze Z, jak i z TO przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej ziaren pyłku ze Z, tj. od 19,35 – 23,22  $\mu\text{m}$  względem wartości od 18,06 – 21,93  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 21,29  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 20,00  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 27. *Tanacetum vulgare* L.

Ziarna pyłku są wieloporowe z bruzdami (*pericolporata*), kuliste (*spheroides*). Okrywa je z zewnątrz tectum (*tectata*). Egzyna jest stosunkowo gruba z zastrzonymi elementami – typ echinata (K. Faegri, J. Iversen 1978). Identycznie przedstawia się budowa morfologiczna ziaren pyłku *Tanacetum vulgare* L. ze Z (Fot. 53, 54) [Tab. 4].

Na podstawie analizy porównawczej wielkości ziaren pyłku *Tanacetum vulgare* L. ze Z i TO stwierdzono **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z uzyskały wyższą średnią, tj.  $\bar{y} = 17,286 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 16,061 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Zakres zmienności wielkości ziaren pyłku okazał się taki sam przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej ze Z względem TO, tj. od 15,48 – 19,35  $\mu\text{m}$  oraz od 14,19 – 18,06  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 17,42  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 16,13  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

## 28. *Artemisia absinthium* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), lekko wydłużone, kuliste (*prolatospheroides*). Apocolpium osiąga średnicę ok. 6  $\mu$ . Intercolpium jest wypukłe. Colpi są dość wyraźne. Pory małe, nieznacznie uwypuklone, endopory wydłużone w kierunku południkowym (*lalongata*). Egzyna jest bardzo gruba, z wyraźnymi grubymi *columellae*. Charakteryzują ją tępe wyrostki (*bacula*). Niekiedy są one  $\pm$  izodiametryczne – typ psilato-scabrata lub wykazują zróżnicowaną wielkość – typ micro-echinata (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Analogiczną budowę morfologiczną reprezentuje pyłek *Artemisia absinthium* L. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku wykazały **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią wartość wynoszącą  $\bar{y} = 13,738 \mu\text{m}$  w stosunku do ziaren pyłku z TO, które osiągnęły średnią wartość  $\bar{x} = 11,868 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Zakres zmienności wielkości ziaren pyłku ze Z i TO jest podobny przy znacznie wyższej wartości minimalnej i maksymalnej, jaką uzyskały ziarna pyłku ze Z, tj. od 12,90 – 15,48  $\mu\text{m}$  względem wartości od 10,32 – 12,90  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 14,19  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 11,61  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 29. *Artemisia vulgaris* L.

Ziarna są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), lekko wydłużone, kuliste (*prolato-spheroides*). Apocolpium osiąga średnicę około 6  $\mu$ . Intercolpium jest wypukłe. Colpi są dość wyraźne. Pory są małe, nieznacznie uwypuklone, endopory wydłużone w kierunku południkowym (*lalongata*). Egzyna jest bardzo gruba, z wyraźnymi grubymi columellae. Elementy skulptury w postaci wyraźnych wyrostków (*processus*), niekiedy tępych, stosunkowo grubych (*bacula*). Jest to typ *micro-echinata* (G. Erdtman i wsp., 1961; K. Faegri, J. Iversen, 1978). Identyczną morfologię wykazują ziarna pyłku *Artemisia vulgaris* L. ze Z [Tab. 4].

Uzyskane wyniki badań wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **wysoce istotne różnice** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z osiągnęły znacznie wyższą średnią  $\bar{y} = 12,449 \mu\text{m}$  w stosunku do średniej  $\bar{x} = 10,836 \mu\text{m}$ , jaką uzyskały osobniki pochodzące z TO [Tab. 5].

Ziarna pyłku ze Z uzyskały większy zakres zmienności ich wielkości, tj. od 10,32 – 12,90  $\mu\text{m}$  w porównaniu z wielkością ziaren pyłku z TO, których wartość wyniosła od 10,32 – 11,61  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 11,61  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 10,97  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 30. *Tussilago farfara* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), płasko-kuliste (*oblato-spheroides*). Egzyna jest stosunkowo gruba, pokryta dość długimi, zaostrozonymi wyrostkami – typ *echinata* (G. Erdtman i wsp., 1961). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Tussilago farfara* L. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku *Tussilago farfara* L. ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z osiągnęły niższą średnią wartość  $\bar{y} = 26,058 \mu\text{m}$  niż z TO, które uzyskały wartość  $\bar{x} = 28,891 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

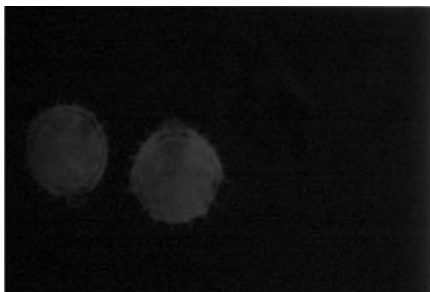
Ziarna pyłku ze Z wykazały większą skalę zmienności wielkości wahającą się od 24,51 – 28,38  $\mu\text{m}$  względem ziaren pyłku z TO, gdzie

zaobserwowano rozrzut tej cech od 27,09 – 29,66  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 28,38  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 26,45  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

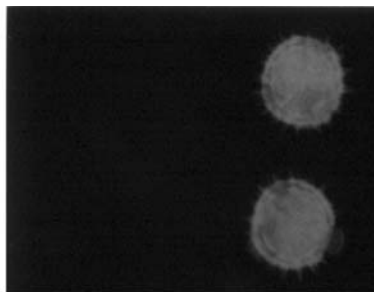
### 31. *Senecio vulgaris* L.

Ziarna pyłku są wieloporowe z bruzdami (*pericolporata*), kuliste (*spheroides*). Ich egryza jest gruba z zaostrozonymi, o dość grubej podstawie wyrostkami – typ echinata (K. Faegri, J. Iversen, 1978). Identycznie wyglądają ziarna pyłku *Senecio vulgaris* L. ze Z (Fot. 11, 12) [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku *Senecio vulgaris* L. ze Z i TO **wykazały istotną różnicę** przy  $p = 0,95$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość  $\bar{y} = 23,349 \mu\text{m}$  w porównaniu z ziarnami pyłku z TO, których średnia wielkość wyniosła  $\bar{x} = 24,381 \mu\text{m}$  [Tab. 5].



11 – TO



12 – Z

Fot. 11, 12. Ziarna pyłku *Senecio vulgaris* L. z TO i Z (pow. 300x)

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u osobników pochodzących ze Z, tj. od 20,64 – 25,80  $\mu\text{m}$  w stosunku do skali zmienności wielkości ziaren pyłku z TO, gdzie ich wartość wahała się od 21,93 – 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była nieco wyższa i wyniosła 23,87  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 23,22  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 32. *Senecio jacobaea* L.

Ziarna pyłku są wieloporowe z bruzdami (*pericolporata*), kuliste (*spheroides*). Wykształciły grubą egzynę z charakterystycznymi równomiernie rozmieszczonymi, zaostrozonymi wyrostkami – typ echinata (K. Faegri, J. Iversen, 1978). Identycznie wyglądają ziarna pyłku *Senecio jacobaea* L. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku *Senecio jacobaea* L. wykazała **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z osiągnęły wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 19,995 \mu\text{m}$  względem wartości  $\bar{x} = 19,221 \mu\text{m}$ , jaką uzyskały ziarna pyłku z TO [Tab. 5].

Ziarna pyłku zarówno ze Z, jak i TO uzyskały podobny zakres zmienności wielkości, z tym jednak, że wyższą wartość minimalną i maksymalną stwierdzono u osobników pochodzących ze Z, tj. od 19,35 – 21,93  $\mu\text{m}$  w porównaniu ze skalą zmienności od 18,06 – 20,64  $\mu\text{m}$ , jaka wystąpiła u osobników z TO [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 20,64  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 19,35  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 33. *Cichorium intybus* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*), kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*), wielościenne. Egzynę charakteryzują dość długie, zaostrome wyrostki typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Analogicznie prezentują się ziarna pyłku *Cichorium intybus* L. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku *Cichorium intybus* L. ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,99$ , jak i  $p = 0,95$ . Ziarna pyłku ze Z i TO osiągnęły podobne średnie wartości z nieznaczną przewagą na korzyść ziaren z TO, tj.  $\bar{y} = 34,824 \mu\text{m}$  oraz  $\bar{x} = 35,211 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wystąpił u osobników z TO, tj. od 32,24 – 38,70  $\mu\text{m}$  w stosunku do wielkości pyłku ze Z, gdzie ich wielkość wahała się od 32,24 – 37,41  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie

ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 35,47  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 34,83  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 34. *Leontodon hispidus* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*), kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*), wielościenne. Charakterystycznymi elementami egzyny są zaostrome wyrostki – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Identycznie wyglądają ziarna pyłku *Leontodon hispidus* L. ze Z (Fot. 13, 14) [Tab. 4].

Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku *Leontodon hispidus* L. ze Z i TO wykazała **wysoce istotną różnicę** przy **p = 0,99**. Ziarna pyłku ze Z uzyskały znacznie wyższą średnią wartość  $\bar{y} = 28,698 \mu\text{m}$  w stosunku do wartości  $\bar{x} = 27,154 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły osobniki z TO [Tab. 5].

Znacznie większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u osobników z TO niż ze Z, tj. stosownie od 25,80 – 33,53  $\mu\text{m}$  oraz od 25,80 – 30,95  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 29,67  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 28,38  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].



Fot. 13, 14. Ziarna pyłku *Leontodon hispidus* L. z TO i Z (pow. 300x)

### 35. *Sonchus arvensis* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), wielościenne, prawie kuliste (*spheroides*), jakby z trzema uwypuklonymi ścianami. Pory wykazują charakterystyczne obrzeżenie (*crassimarginate*). Występuje cylindryczne vestibulum. Egzynę charakteryzują nieregul-

larnie rozmieszczone w nieznaczej ilości kolce, natomiast krawędzie w postaci blaszkowatych utworów zaopatrzone są w linearnie ułożone dość długie kolce – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Podobnie wyglądają ziarna pyłku *Sonchus arvensis* L. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku *Sonchus arvensis* L. ze Z i TO nie wykazały istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z i TO uzyskały podobne średnie wartości, a mianowicie  $\bar{y} = 30,951 \mu\text{m}$  oraz  $\bar{x} = 30,435 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Identyczny zakres zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono zarówno u osobników pochodzących ze Z, jak i TO, tj. od 28,38 – 32,24  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności zarówno na TO, jak i Z osiągnęła identyczną wartość, tj. 30,31  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 36. *Lactuca sativa* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*) lub kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*), z zarysownymi wieloma ścianami. Charakterystyczną cechą egzyny jest występowanie zaostzonych wyrostków wykształconych na listewkowatych utworach, stanowiących jakby krawędzie ścian – typ echinata (C. Erdtman i wsp., 1961). Podobnie wyglądały ziarna pyłku *Lactuca sativa* L. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku ze Z i TO wykazały **istotną różnicę** przy  $p = 0,95$ . Wyższą średnią wielkość uzyskały ziarna pyłku ze Z  $\bar{y} = 26,187 \mu\text{m}$  niż z TO, gdzie średnia wartość wyniosła  $\bar{x} = 25,155 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u osobników pochodzących z TO, tj. od 21,93 – 28,38  $\mu\text{m}$ , aniżeli ze Z, gdzie ich wielkość wahała się od 24,51 – 28,38  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 26,45  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 25,16  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 37. *Crepis biennis* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), wielościennie, kuliste (*spheroides*), niekiedy kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*).



Egzyneę charakteryzuje występowanie zaokrąglonych wyrostków – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Crepis biennis* L. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku *Crepis biennis* L. ze Z i TO wykazała **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały niższą średnią wartość  $\bar{y} = 25,478 \mu\text{m}$  w stosunku do ziaren pyłku pochodzących z TO, gdzie ich średnia wartość wyniosła  $\bar{x} = 27,025 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Znacznie większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wystąpił u osobników z TO, tj. od 23,22 – 29,66  $\mu\text{m}$  względem skali zmienności wielkości od 24,51 – 27,09  $\mu\text{m}$ , jaką zaobserwowano u osobników ze Z [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na TO była wyższa i wyniosła 26,44  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z osiągnęła wartość 25,80  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 38. *Hieracium pratense* Tsch.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*), rzadziej kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*). Egzyneę charakteryzują utwory w postaci dość regularnie rozmieszczonych wyrostków, biegnących jakby wzdłuż krawędzi ścian – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Podobną budowę reprezentują ziarna pyłku *Hieracium pratense* Tsch. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku *Hieracium pratense* Tsch. ze Z i TO nie wykazały różnic zarówno przy  $p = 0,95$ , jak i  $p = 0,99$ . Średnie wielkości okazały się dość zbliżone i wyniosły:  $\bar{y} = 23,543 \mu\text{m}$  oraz  $\bar{x} = 22,962 \mu\text{m}$  [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u osobników pochodzących ze Z, tj. od 20,64 – 25,80  $\mu\text{m}$  w stosunku do skali zmienności, jaka wystąpiła u osobników z TO, która wahała się od 20,64 – 24,51  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności na Z była wyższa i wyniosła 23,22  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 22,58  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 39. *Hieracium florentinum* All.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), wielościennie kuliste (*spheroides*), niekiedy kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*). Egzyna jest gruba, pokryta zaostrozonymi wyrostkami – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Identyczną budowę ziaren pyłku stwierdzono u *Hieracium florentinum* All. ze Z [Tab. 4].

Badania porównawcze wielkości ziaren pyłku *Hieracium florentinum* All. ze Z i TO wykazały **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały wyraźnie niższą średnią wartość  $\bar{y} = 20,317 \mu\text{m}$  w porównaniu z wartością  $\bar{x} = 23,478 \mu\text{m}$  stwierdzoną u osobników z TO [Tab. 5].

U osobników ze Z i TO wystąpiła podobna skala zmienności wielkości ziaren pyłku, przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej pyłku z TO, tj. od 21,93 – 24,51  $\mu\text{m}$  względem wartości od 19,35 – 21,93  $\mu\text{m}$  wykazanych u osobników ze Z [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była wyższa na TO i wyniosła 23,22  $\mu\text{m}$ , natomiast na Z – 20,64  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

### 40. *Hieracium umbellatum* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), kuliste (*spheroides*). Charakterystycznymi utworami egzyny są dość gęsto rozmieszczone zaostrome wyrostki – typ echinata (G. Erdtman i wsp., 1961). Analogicznie wyglądają ziarna pyłku *Hieracium umbellatum* L. ze Z [Tab. 4].

Wyniki badań porównawczych wielkości ziaren pyłku *Hieracium umbellatum* L. ze Z i TO jednoznacznie wskazały na **wysoce istotną różnicę** przy  $p = 0,99$ . Niższą średnią wartość wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u osobników w ze Z, tj.  $\bar{y} = 23,414 \mu\text{m}$  w porównaniu z wartością  $\bar{x} = 24,575 \mu\text{m}$ , jaką osiągnęły ziarna pyłku z TO [Tab. 5].

Podobną skalę zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u osobników ze Z i TO, przy wyższej wartości minimalnej i maksymalnej u osobników z TO. Skala zmienności wielkości ziaren pyłku u osobników ze Z wyniosła od 21,93 – 25,80  $\mu\text{m}$ , natomiast z TO od 23,22 – 27,09  $\mu\text{m}$

[Tab. 6 ]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była wyższa na TO niż na Z i wyniosła stosownie 25,16  $\mu\text{m}$  i 23,87  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

#### 41. *Hieracium sabaudum* L.

Ziarna pyłku są trójporowe z bruzdami (*tricolporate*), zwykle kulisto-wydłużone (*prolatospheroides*), rzadziej kuliste (*spheroides*). Charakterystycznymi elementami egzyny są licznie występujące, zaostrome wyrostki – typ *echinata* (G. Erdtman i wsp., 1961). Podobnie zbudowane są ziarna pyłku *Hieracium sabaudum* L. ze Z [Tab. 4].

Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku *Hieracium sabaudum* L. ze Z i TO wykazała **istotną różnicę** przy  $p = 0,95$ . Ziarna pyłku ze Z uzyskały wyższą średnią wartość wynoszącą  $\bar{y} = 28,376 \mu\text{m}$  względem średniej wielkości ziaren pyłku  $\bar{x} = 27,347 \mu\text{m}$ , jaka wystąpiła u osobników z TO [Tab. 5].

Większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku zaobserwowano u osobników ze Z, tj. od 25,80 – 30,95  $\mu\text{m}$  w porównaniu ze skalą zmienności ziaren pyłku z TO, która wahała się od 25,80 – 29,66  $\mu\text{m}$  [Tab. 6]. Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku obliczona na podstawie ekstremalnych wartości spektrum ich zmienności była wyższa na Z i wyniosła 28,38  $\mu\text{m}$ , natomiast na TO – 27,73  $\mu\text{m}$  [Tab. 7].

Wyniki badań mikroskopowych 41 gatunków roślin kwiatowych zebrano w czterech zamieszczonych tabelach.

**Tab. 4.** Charakterystyczne cechy morfologiczne ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych pochodzących ze zwałowiska K-I (Z) i terenu ościennego (TO).

Lp.	Gatunek	Kształt ziaren pyłku	Klasyfikacja ziaren pyłku (kryterium: występowanie porów, bruzd oraz porów z bruzdami)	Typ egzyny
1	<i>Urtica dioica</i> L.	oblato-spheroides	tri-, tetraporata	psilato-scabrata
2	<i>Rumex acetosa</i> L.	oblato-spheroides	tri-, tetracolporata	per-reticulata
3	<i>Dianthus deltoides</i> L.	prolato-spheroides	periporata	per-reticulata
4	<i>Ranunculus repens</i> L.	subprolate, oblatospheroides	tricolpata	echinato- -verrucata
5	<i>Hypericum perforatum</i> L.	prolate	tricolpata	supra-reticulata
6	<i>Potentilla anserina</i> L.	suboblate-oblate	tricolpata	regulato-striata
7	<i>Lupinus polyphyllus</i> Ldl.	prolate	tricolpata	supra-reticulata
8	<i>Medicago sativa</i> L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolpata	supra-reticulata
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolpata	supra-reticulata
10	<i>Melilotus albus</i> Med.	prolato-spheroides	tricolpata	supra-reticulata
11	<i>Trifolium repens</i> L.	prolato-spheroides	tricolporata	supra-reticulato-foveolata
12	<i>Lotus uliginosus</i> Schk.	prolate, spheroides	tricolpata	supra-reticulata
13	<i>Vicia cracca</i> L.	prolate	tricolporata	psilata
14	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	suboblate-oblate spheroides	triporata	psilata
15	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	suboblate-oblate spheroides	triporata	psilata
16	<i>Oenothera biennis</i> L.	suboblate-oblate spheroides	triporata	psilata
17	<i>Daucus carota</i> L.	prolate	tricolporata	psilato-scabrata
18	<i>Echium vulgare</i>	prolate	tricolporata	psilata
19	<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	spheroides	tricolpata	per-reticulata

20	Plantago lanceolata L.	spheroides	periporata	verrucata, micro-echinata
21	Galium mollugo L.	prolate	Stephanocolpata	psilato-scabrata
22	Solidago serotina L.	subprolate, spheroides	tricolporata	echinata
23	Erigeron canadensis L.	spheroides, subprolate	tricolporata	echinata
24	Erigeron acer L.	subprolate	tricolporata	echinata
25	Achillea millefolium L.	spheroides, subprolate	tricolporata	echinata
26	Tripleurospermum inodorum (L.) Schultz-Bip.	spheroides, subprolate	tricolporata	echinata
27	Tanacetum vulgare L.	spheroides	pericolporata	echinata
28	Artemisia absinthium L.	prolato-spheroides	tricolporata	psilato-scabrata, micro-echinata
29	Artemisia vulgaris L.	prolato-spheroides	tricolporata	micro-echinata
30	Tussilago farfara L.	oblato-spheroides	tricolporata	echinata
31	Senecio vulgaris L.	spheroides	pericolporata	echinata
32	Senecio jacobaea L.	spheroides	pericolporata	echinata
33	Cichorium intybus L.	spheroides, prolatospheroides	tricolporata	echinata
34	Leontodon hispidus L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
35	Sonchus arvensis L.	spheroides	tricolporata	echinata
36	Lactuca sativa L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
37	Crepis biennis L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
38	Hieracium pratense Tsch.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
39	Hieracium florentinum All.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
40	Hieracium umbellatum L.	spheroides, prolato-spheroides	tricolporata	echinata
41	Hieracium sabaudum L.	prolato-spheroides, spheroides	tricolporata	echinata

**Tab. 5.** Wyniki pomiarów biometrycznych wielkości ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K– I i teren ościenny (w  $\mu\text{m}$ ).

Lp.	Gatunek	Średnia arytmetyczna		Różnica między średnimi	Odchylenie standardowe ( $S_D$ )	Wartość temp.	Istotność różnicy
		$\bar{X}$	$\bar{y}$				
1	<i>Urtica dioica</i> L.	12,062	12,771	$\pm 0,709$	0,192	$\pm 3,693$	++
2	<i>Rumex acetosa</i> L.	14,964	15,480	$\pm 0,516$	0,196	$\pm 2,633$	+
3	<i>Dianthus deltooides</i> L.	26,316	29,214	$\pm 2,898$	0,415	$\pm 6,983$	++
4	<i>Ranunculus repens</i> L.	24,316	24,575	$\pm 0,259$	0,307	$\pm 0,844$	.
5	<i>Hypericum perforatum</i> L.	14,706	14,964	$\pm 0,258$	0,261	$\pm 0,989$	–
6	<i>Potentilla anserina</i> L.	19,156	19,156	0	0,149	0	–
7	<i>Lupinus polyphyllus</i> Ldl.	19,350	18,254	$\pm 1,096$	0,234	$\pm 4,684$	++
8	<i>Medicago sativa</i> L.	27,089	26,123	$\pm 0,966$	0,447	$\pm 2,161$	+
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	17,544	17,608	$\pm 0,064$	0,291	$\pm 0,220$	–
10	<i>Melilotus albus</i> Med.	18,898	20,124	$\pm 1,226$	0,259	$\pm 4,734$	++
11	<i>Trifolium repens</i> L.	19,092	16,835	$\pm 2,257$	0,249	$\pm 9,065$	++
12	<i>Lotus uliginosus</i> Schk.	10,707	13,674	$\pm 2,967$	0,256	$\pm 11,589$	++
13	<i>Vicia cracca</i> L.	25,542	27,605	$\pm 2,063$	0,349	$\pm 5,911$	++
14	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	70,176	73,207	$\pm 3,031$	0,946	$\pm 3,204$	++
15	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	57,018	63,016	$\pm 5,998$	0,620	$\pm 9,674$	++
16	<i>Oenothera biennis</i> L.	86,882	92,622	$\pm 5,740$	1,066	$\pm 5,385$	++
17	<i>Daucus carota</i> L.	18,898	19,092	$\pm 0,194$	0,227	$\pm 0,855$	–
18	<i>Echium vulgare</i> L.	12,777	12,771	$\pm 0,006$	0,635	$\pm 0,009$	–
19	<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	12,944	13,029	$\pm 0,085$	0,207	$\pm 0,411$	–

20	Plantago lanceolata L.	14,577	13,932	± 0,645	0,371	± 1,739	-
21	Galium mollugo L.	15,093	14,448	± 0,645	0,223	± 2,892	++
22	Solidago serotina Ait.	14,319	14,061	± 0,258	0,225	± 1,147	-
23	Erigeron canadensis L.	15,545	13,868	± 1,677	0,235	± 7,106	++
24	Erigeron acer L.	16,835	14,061	± 2,774	0,301	± 9,216	++
25	Achillea millefolium L.	19,544	18,383	± 1,161	0,250	± 4,644	++
26	Tripleurospermum inodorum (L.) Schulz-Bip.	19,931	21,349	± 1,418	0,310	± 4,574	++
27	Tanacetum vulgare L.	16,061	17,286	± 1,225	0,309	± 3,964	++
28	Artemisia absinthium L.	11,868	13,738	± 1,870	0,245	± 7,633	++
29	Artemisia vulgaris L.	10,836	12,449	± 1,613	0,259	± 6,228	++
30	Tussilago farfara L.	28,891	26,058	± 2,833	0,323	± 8,771	++
31	Senecio vulgaris L.	24,381	23,349	± 1,032	0,447	± 2,309	+
32	Senecio jacobaea L.	19,221	19,995	± 0,774	0,255	± 3,035	++
33	Cichorium intybus L.	35,211	34,824	± 0,387	0,556	± 0,696	-
34	Leontodon hispidus L.	27,154	28,698	± 1,544	0,480	± 3,217	++
35	Sonchus arvensis L.	30,435	30,951	± 0,516	0,315	± 1,638	-
36	Lactuca sativa L.	25,155	26,187	± 1,032	0,445	± 2,319	+
37	Crepis biennis L.	27,025	25,478	± 1,547	0,389	± 3,977	++
38	Hieracium pratense Tsch.	22,962	23,543	± 0,581	0,444	± 1,309	-
39	Hieracium florentinum All.	23,478	20,317	± 3,161	0,303	± 10,432	++
40	Hieracium umbellatum L.	24,575	23,414	± 1,161	0,359	± 3,234	++
41	Hieracium sabaudum L.	27,347	28,376	± 1,029	0,463	± 2,222	+

**Tab. 6.** Zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I i teren ościenny (w  $\mu\text{m}$ ).

L p.	Gatunek	Teren ościenny (TO)	Zwałowisko (Z)	Zakres zmienności >, =, <
1	<i>Urtica dioica</i> L.	11,61 – 12,90	11,61 – 14,19	TO < Z
2	<i>Rumex acetosa</i> L.	14,19 – 15,48	14,19 – 16,77	TO < Z
3	<i>Dianthus deltooides</i> L.	23,22 – 28,38	28,38 – 30,95	TO > Z
4	<i>Ranunculus repens</i> L.	21,93 – 25,80	21,93 – 25,80	TO = Z
5	<i>Hypericum perforatum</i> L.	14,19 – 16,77	14,19 – 16,77	TO = Z
6	<i>Potentilla anserina</i> L.	18,06 – 19,35	18,06 – 19,35	TO = Z
7	<i>Lupinus polyphyllus</i> Ldl.	18,06 – 20,64	16,77 – 19,35	TO = Z
8	<i>Medicago sativa</i> L.	23,22 – 30,95	23,22 – 28,38	TO > Z
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	15,48 – 19,35	15,48 – 19,35	TO = Z
10	<i>Melilotus albus</i> Med.	16,77 – 20,64	19,35 – 21,93	TO < Z
11	<i>Trifolium repens</i> L.	18,06 – 20,64	15,48 – 18,06	TO < Z
12	<i>Lotus uliginosus</i> Schk.	9,03 – 12,90	12,90 – 14,19	TO < Z
13	<i>Vicia cracca</i> L.	24,51 – 27,09	24,51 – 29,66	TO < Z
14	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	64,50 – 74,82	68,37 – 77,40	TO > Z
15	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) scop.	52,89 – 61,92	60,63 – 65,79	TO > Z
16	<i>Oenothera biennis</i> L.	82,56 – 90,30	83,85 – 101,91	TO < Z
17	<i>Daucus carota</i> L.	16,77 – 19,35	18,06 – 20,64	TO = Z
18	<i>Echium vulgare</i>	11,61 – 14,19	11,61 – 14,19	TO = Z
19	<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	11,61 – 14,19	11,61 – 14,19	TO = Z
20	<i>Plantago lanceolata</i> L.	12,90 – 16,77	11,61 – 15,48	TO = Z
21	<i>Galium mollugo</i> L.	14,19 – 16,77	14,19 – 15,48	TO > Z
22	<i>Solidago serotina</i> L.	12,90 – 15,48	12,90 – 15,48	TO = Z
23	<i>Erigeron canadensis</i> L.	14,19 – 16,77	12,90 – 15,48	TO = Z
24	<i>Erigeron acer</i> L.	15,48 – 19,35	12,90 – 15,48	TO > Z
25	<i>Achillea millefolium</i> L.	18,06 – 20,64	16,77 – 19,35	TO = Z
26	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schultz-Bip.	18,06 – 21,93	19,35 – 23,22	TO = Z
27	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	14,19 – 18,06	15,48 – 19,35	TO = Z
28	<i>Artemisia absinthium</i> L.	10,32 – 12,90	12,90 – 15,48	TO = Z
29	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	10,32 – 11,61	10,32 – 12,90	TO < Z
30	<i>Tussilago farfara</i> L.	27,09 – 29,66	24,51 – 28,38	TO < Z
31	<i>Senecio vulgaris</i> L.	21,93 – 25,80	20,64 – 25,80	TO < Z
32	<i>Senecio jacobaea</i> L.	18,06 – 20,64	19,35 – 21,93	TO = Z
33	<i>Cichorium intybus</i> L.	32,24 – 38,70	32,24 – 37,41	TO > Z
34	<i>Leontodon hispidus</i> L.	25,80 – 33,53	25,80 – 30,95	TO > Z
35	<i>Sonchus arvensis</i> L.	28,38 – 32,24	28,38 – 32,24	TO = Z
36	<i>Lactuca sativa</i> L.	21,93 – 28,38	24,51 – 28,38	TO > Z
37	<i>Crepis biennis</i> L.	23,22 – 29,66	24,51 – 27,09	TO > Z
38	<i>Hieracium pratense</i> Tsch.	20,64 – 24,51	20,64 – 25,80	TO < Z
39	<i>Hieracium florentinum</i> All.	21,93 – 24,51	19,35 – 21,93	TO = Z
40	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	23,22 – 27,09	21,93 – 25,80	TO = Z
41	<i>Hieracium sabaudum</i> L.	25,80 – 29,66	25,80 – 30,95	TO < Z



**Tab. 7.** Średnia arytmetyczna wielkości ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I i teren ościenny obliczona na podstawie skrajnych wielkości spektrum ich zmienności (w  $\mu\text{m}$ ).

L p.	Gatunek	Teren ościenny (TO) Średnia arytmetyczna (w $\pm m$ )	Zwałowisko (Z) Średnia arytmetyczna (w $\pm m$ )	$\pm$ , $\pm$ , $\pm$
1	<i>Urtica dioica</i> L.	12,26	12,90	TO $\pm$ Z
2	<i>Rumex acetosa</i> L.	14,84	15,48	TO $\pm$ Z
3	<i>Dianthus deltooides</i> L.	25,80	29,67	TO $\pm$ Z
4	<i>Ranunculus repens</i> L.	23,87	23,87	TO $\pm$ Z
5	<i>Hypericum perforatum</i> L.	15,48	15,48	TO $\pm$ Z
6	<i>Potentilla anserina</i> L.	18,71	18,71	TO $\pm$ Z
7	<i>Lupinus polyphyllus</i> Ldl.	19,35	18,06	TO $\pm$ Z
8	<i>Medicago sativa</i> L.	27,09	25,80	TO $\pm$ Z
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	17,46	17,46	TO = Z
10	<i>Melilotus albus</i> Med.	18,71	20,64	TO $\pm$ Z
11	<i>Trifolium repens</i> L.	19,35	16,77	TO $\pm$ Z
12	<i>Lotus uliginosus</i> Schk.	10,96	13,55	TO $\pm$ Z
13	<i>Vicia cracca</i> L.	25,80	27,09	TO $\pm$ Z
14	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	69,66	72,89	TO $\pm$ Z
15	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	57,41	63,21	TO $\pm$ Z
16	<i>Oenothera biennis</i> L.	86,43	92,88	TO $\pm$ Z
17	<i>Daucus carota</i> L.	18,06	19,35	TO $\pm$ Z
18	<i>Echium vulgare</i>	12,90	12,90	TO $\pm$ Z
19	<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	12,90	12,90	TO $\pm$ Z
20	<i>Plantago lanceolata</i> L.	14,84	13,55	TO $\pm$ Z
21	<i>Galium mollugo</i> L.	15,48	14,84	TO $\pm$ Z
22	<i>Solidago serotina</i> L.	14,19	14,19	TO $\pm$ Z
23	<i>Erigeron canadensis</i> L.	15,84	14,19	TO $\pm$ Z
24	<i>Erigeron acer</i> L.	17,42	14,19	TO $\pm$ Z
25	<i>Achillea millefolium</i> L.	19,35	18,06	TO $\pm$ Z
26	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schultz-Bip.	20,00	21,29	TO $\pm$ Z
27	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	16,13	17,42	TO $\pm$ Z
28	<i>Artemisia absinthium</i> L.	11,61	14,19	TO $\pm$ Z
29	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	10,97	11,61	TO $\pm$ Z
30	<i>Tussilago farfara</i> L.	28,38	26,45	TO $\pm$ Z
31	<i>Senecio vulgaris</i> L.	23,87	23,22	TO $\pm$ Z
32	<i>Senecio jacobaea</i> L.	19,35	20,64	TO $\pm$ Z
33	<i>Cichorium intybus</i> L.	35,47	34,83	TO $\pm$ Z
34	<i>Leontodon hispidus</i> L.	29,67	28,38	TO $\pm$ Z
35	<i>Sonchus arvensis</i> L.	30,31	30,31	TO $\pm$ Z
36	<i>Lactuca sativa</i> L.	25,16	26,45	TO $\pm$ Z
37	<i>Crepis biennis</i> L.	26,44	25,80	TO $\pm$ Z
38	<i>Hieracium pratense</i> Tsch.	22,58	23,22	TO $\pm$ Z
39	<i>Hieracium florentinum</i> All.	23,22	20,64	TO $\pm$ Z
40	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	25,16	23,87	TO $\pm$ Z
41	<i>Hieracium sabaudum</i> L.	27,73	28,38	TO $\pm$ Z

## 2.2. Wyniki badań żywotności ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko /Z/ i teren ościenny /TO/

W wyniku przeprowadzonych badań porównawczych dotyczących żywotności ziaren pyłku na populacji liczącej 41 gatunków roślin kwiatowych większą żywotność zaobserwowano u **12 (29,27 %)** gatunków zasiedlających teren ościenny (TO) oraz **3 (7,32 %)** gatunków ze zwałowiska (Z). U **26 (63,41)** gatunków wykazano identyczną żywotność ziaren pyłku (Tab. 8).

Do 12 gatunków z TO o wyższej żywotności ziaren pyłku w stosunku do Z, z **8 rodzin** należą: **Papilionaceae (4)** – *Melilotus albus* Med., *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schk. i *Vicia cracca* L., **Oenotheraceae (2)** – *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. i *Oenothera biennis* L., **Polygonaceae (1)** – *Rumex acetosa* L., **Cariophyllaceae (1)** – *Dianthus deltooides* L., **Guttiferae (1)** – *Hypericum perforatum* L., **Boraginaceae (1)** – *Echium vulgare* L., **Rubiaceae (1)** – *Galium mollugo* L., **Compositae (1)** – *Hieracium florentinum* All. (Tab. 8).

U 3 gatunków ze zwałowiska (Z) stwierdzono wyższą żywotność ziaren pyłku w porównaniu z terenem ościennym (TO). Są to następujące gatunki należące do **3 rodzin**: **Ranunculaceae (1)** – *Ranunculus repens* L., **Rosaceae (1)**, tj. *Potentilla anserina* L. i **Papilionaceae (1)** – *Medicago sativa* L.

Najwięcej gatunków, bowiem **26** spośród **7 rodzin** zarówno ze zwałowiska, jak i terenu ościennego wykazało identyczny poziom żywotności ziaren pyłku. Należą do nich: **Compositae (19)** – *Solidago serotina* L., *Erigeron canadensis* L., *Erigeron acer* L., *Achillea millefolium* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schultz-Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Tussilago farfara* L., *Senecio vulgaris* L., *Senecio jakobaea* L., *Cichorium intybus* L., *Leontodon hispidus* L., *Sonchus arvensis* L., *Lactuca sativa* L., *Crepis biennis* L., *Hieracium pre-tense* Tsch., *Hieracium umbellatum* L. i *Hieracium sabaudum* L., **Papilionaceae (2)** – *Lupinus polyphyllus* Ldl. i *Medicago lupulina* L., **Urticaceae (1)** – *Urtica dioica* L., **Oenotheraceae (1)** – *Epilobium hirsutum* L., **Umbelliferae (1)** – *Daucus carota* L., **Scrophulariaceae (1)** – *Linaria vulgaris* (L.) Mill. i **Plantaginaceae (1)** – *Plantago lanceolata* L. (Tab. 8).

**Tab. 8.** Wyniki badań żywotności ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I i teren ościenny (w %).

L p.	Gatunek	Teren ościenny		Zwałowisko K-I		Różnice między pyłkiem sterylnym z TO i Z (w %)
		Ziarna pyłku (w %)		Ziarna pyłku (w %)		
		żywotne	sterylne	żywotne	sterylne	
1	<i>Urtica dioica</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
2	<i>Rumex acetosa</i> L.	99	1	98	2	1,0 % TO<Z
3	<i>Dianthus deltooides</i> L.	94,4	5,6	91,8	8,2	2,6 % TO<Z
4	<i>Ranunculus repens</i> L.	92,52	7,48	99,26	0,74	6,74% TO>Z
5	<i>Hypericum perforatum</i> L.	95,50	4,50	89,42	10,58	6,08% TO<Z
6	<i>Potentilla anserina</i> L.	93,10	6,90	96,4	3,6	3,3% TO>Z
7	<i>Lupinus polyphyllus</i> Ldl.	100	0	100	0	TO=Z
8	<i>Medicago sativa</i> L.	89,68	10,32	93,20	6,80	3,52% TO>Z
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
10	<i>Melilotus albus</i> Med.	99	1	92,62	7,38	6,38% TO<Z
11	<i>Trifolium repens</i> L.	98	2	82	18	16,0% TO<Z
12	<i>Lotus uliginosus</i> Schk.	99	1	95,02	4,98	3,98% TO<Z
13	<i>Vicia cracca</i> L.	98,80	1,20	91,56	8,44	7,24% TO<Z
14	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
15	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	98,86	1,14	98,42	1,58	0,44% TO<Z
16	<i>Oenothera biennis</i> L.	38,20	61,80	30,2	69,8	8,0% TO<Z
17	<i>Daucus carota</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
18	<i>Echium vulgare</i> L.	99,58	0,42	95,8	4,2	3,78% TO<Z
19	<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	100	0	100	0	TO=Z
20	<i>Plantago lanceolata</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
21	<i>Galium mollugo</i> L.	96,44	3,56	94	6	2,44% TO<Z
22	<i>Solidago serotina</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
23	<i>Erigeron canadensis</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
24	<i>Erigeron acer</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
25	<i>Achillea millefolium</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
26	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schultz-Bip.	100	0	100	0	TO=Z
27	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
28	<i>Artemisia absinthium</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
29	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
30	<i>Tussilago farfara</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
31	<i>Senecio vulgaris</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
32	<i>Senecio jacobaea</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
33	<i>Cichorium intybus</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
34	<i>Leontodon hispidus</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
35	<i>Sonchus arvensis</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
36	<i>Lactuca sativa</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
37	<i>Crepis biennis</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
38	<i>Hieracium pratense</i> Tsch.	100	0	100	0	TO=Z
39	<i>Hieracium florentinum</i> All.	97	3	74,4	25,6	22,6% TO<Z
40	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	100	0	100	0	TO=Z
41	<i>Hieracium sabaudum</i> L.	100	0	100	0	TO=Z

### 3. Dyskusja i wnioski

Badania morfologiczno-porównawcze ziaren pyłku przeprowadzono na populacji liczącej 41 gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko (Z) i teren ościenny (TO). Analizowano takie ich cechy jak: kształt, typ egzyny, występowanie porów, bruzd, porów z bruzdami, wielkość wraz ze spektrum zmienności oraz żywotność.

Prowadząc obserwację mikroskopową ziaren pyłku 41 gatunków roślin kwiatowych zasiedlających Z i TO nie stwierdzono istotnych różnic dotyczących budowy morfologicznej. Ziarna pyłku – pomimo występowania różnic w składzie chemicznym podłoża Z i TO – pod względem kształtu, typu egzyny, występowania porów, bruzd oraz porów z bruzdami były porównywalne, wręcz identyczne, abstrahując od ich wielkości, zakresu zmienności i żywotności.

W wyniku przeprowadzonych badań dotyczących wielkości ziaren pyłku roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko i teren ościenny u **24 (58,54 %) gatunków** stwierdzono istotne różnice przy  $p=0,99$ . Spośród 24 gatunków u **14 (34,14 %)** pochodzących ze zwałowiska (Z) wartości średnich arytmetycznych wielkości ziaren pyłku były wyższe. Należą one do **5 rodzin**, tj. **Compositae (6)** – Tripleurospermum inodorum (L) Schulz-Bip., Tanacetum vulgare L., Artemisia absinthium L., Artemisia vulgaris L., Senecio jacobaea L. i Leontodon hispidus L., **Papilionaceae (3)** – Melilotus albus Med., Lotus uliginosus Schk. i Vicia cracca L., **Oenotheraceae (3)** - Epilobium hirsutum L., Chamaenerion angustifolium (L.) Scop. i Oenothera biennis L., **Urticaceae (1)** – Urtica dioica L., **Cariophyllaceae (1)** – Dianthus deltoideum L.

U **10 (24,39 %)** gatunków z terenu ościennego (TO) wartości średnich wielkości ziaren pyłku były wyższe. Należą one do **3 rodzin**, tj. **Compositae (7)** – Erigeron canadensis L., Erigeron acer L., Achillea millefolium L., Tussilago farfara L., Crepis biennis L., Hieracium florentinum All. i Hieracium umbellatum L., **Papilionaceae (2)** –

*Lupinus polyphyllus* Ldl. i *Trifolium repens* L., **Rubiaceae (1)** – *Galium mollugo* L. (Tab. 5).

Istotne różnice przy  $p = 0,95$  wystąpiły u **5 (12,20 %) gatunków** zasiedlających zarówno zwałowisko, jak i teren ościenny. Wartości średnich arytmetycznych wielkości ziaren pyłku były wyższe u **3 gatunków** ze zwałowiska (Z) należących do 2 rodzin, tj. **Compositae (2)** – *Lactuca sativa* L. i *Hieracium sabaudum* L., **Polygonaceae (1)** – *Rumex acetosa* L. oraz u **2 gatunków** z terenu ościennego (TO) należących do **2 rodzin**, tj. **Papilionaceae (1)** – *Medicago sativa* L. i **Compositae (1)** – *Senecio vulgaris* L. (Tab. 5).

Nie wykazano istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,99$ , jak i  $p = 0,95$  u **12 (29,27 %) gatunków** należących do **9 rodzin**: **Compositae (4)** – *Solidago serotina* L., *Cichorium intybus* L., *Sonchus arvensis* L. i *Hieracium pratense* Tsch., **Ranunculaceae (1)** – *Ranunculus repens* L., **Guttiferae (1)** – *Hypericum perforatum* L., **Rosaceae (1)** – *Potentilla anserina* L., **Papilionaceae (1)** – *Potentilla anserina* L., **Umbelliferae (1)** – *Daucus carota* L., **Boraginaceae (1)** – *Echium vulgare* L., **Scrophulariaceae (1)** – *Linaria vulgaris* (L.) Mill. i **Plantaginaceae (1)** – *Plantago lanceolata* L. (Tab. 5).

Wyniki badań dotyczących spektrum zmienności wielkości ziaren pyłku 41 gatunków wykazały większy zakres zmienności łącznie u **22 (53,66 %) gatunków**, w tym u **12 (29,26 %) gatunków** zasiedlających zwałowisko (Z) i **10 (24,39 %) – terenu ościennego (TO)**. Identyczne spektra zmienności spośród 41 badanych gatunków zaobserwowano u **19 (46,34 %) gatunków** z obydwu badanych środowisk, zwałowiska (Z) i terenu ościennego (TO) [Tab. 6].

Większe spektra zmienności wielkości ziaren pyłku stwierdzono u **12 gatunków** roślin naczyniowych z **5 rodzin**, zasiedlających zwałowisko (Z), tj.: **Compositae (5)** – *Artemisia vulgaris* L., *Tussilago farfara* L., *Senecio vulgaris* L., *Cichorium intybus* L., *Hieracium pratense* Tsch., **Papilionaceae (4)** – *Melilotus albus* Med., *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schk. i *Vicia cracca* L., **Urticaceae (1)** – *Urtica dioica* L., **Polygonaceae (1)** – *Rumex acetosa* L. i **Oenothera ceae (1)** – *Oenothera biennis* L. (Tab. 6).

Analiza porównawcza wykazała, że spośród tych 12 gatunków u 10 pochodzących ze zwałowiska stwierdzono większą skalę zmienności i średnio większe wartości wielkości ziaren pyłku w stosunku do terenu ościennego, natomiast u 2 – zaobserwowano większą skalę zmienności przy niższych wartościach wielkości ziaren pyłku względem terenu ościennego.

Do **10 gatunków** pochodzących z terenu ościennego reprezentujących **5 rodzin**, które osiągnęły większe spektra zmienności należą: **Compositae (5)** – *Erigeron acer* L., *Cichorium intybus* L., *Leontodon hispidus* L., *Lactuca sativa* L. i *Crepis biennia* L., **Oenotheraceae (2)** – *Epilobium hirsutum* L. i *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., **Cariophyllaceae (1)** – *Dianthus deltoideus* L., **Papilionaceae (1)** – *Medicago sativa* L. i **Rubiaceae (1)** – *Galium mollugo* L. (Tab. 6).

W przypadku 10 gatunków z terenu ościennego u **6 gatunków** stwierdzono większe spektrum zmienności przy większej średniej wartości wielkości ziaren pyłku, natomiast u **3** – większe spektra zmienności przy niższych średnich wartościach wielkości ziaren pyłku w porównaniu z gatunkami pochodzącymi ze zwałowiska i **1 gatunku** większe spektrum zmienności przy podobnych średnich wartościach krańcowo wyższych i wyraźnie odbiegających średnich niższych wartościach (TO – 21,93 – 28,38  $\mu\text{m}$  i Z – 24,51 – 28,38  $\mu\text{m}$ )

Większe spektra zmienności przy większych średnich wartościach wielkości ziaren pyłku uzyskały gatunki z terenu ościennego należące do **3 rodzin**: **Compositae (4)** – *Erigeron acer* L., *Cichorium intybus* L., *Leontodon hispidus* L. i *Crepis biennia* L., **Papilionaceae (1)** – *Medicago sativa* L., **Rubiaceae (1)** – *Galium mollugo* L.

Spektra zmienności większe przy niższych średnich wartościach wielkości ziaren pyłku w porównaniu ze zwałowiskiem wystąpiły u **3 gatunków** reprezentujących **2 rodziny**: **Oenotheraceae (2)** – *Epilobium hirsutum* L. i *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., **Cariophyllaceae (1)** – *Dianthus deltoideus* L., U **1 gatunku** z rodziny **Compositae (1)**, tj. *Lactuca sativa* L. zaobserwowano większą skalę zmienności ziaren pyłku przy podobnych wyższych wartościach średnich wielkości i odbiegających wartości krańcowo niższych w stosunku do zwałowiska.

Spośród 41 badanych gatunków u **19 (46,34 %)** wystąpiły takie same spektra zmienności, w tym u **9 gatunków** identyczne spektra zmienności i średnie wartości wielkości ziaren pyłku, zaś u **10 gatunków** podobne spektra zmienności przy zróżnicowanych średnich wartościach wielkości ziaren pyłku zarówno ze zwałowiska, jak i terenu ościennego. I tak, u **5 gatunków** średnie wartości wielkości ziaren pyłku były wyższe ze zwałowiska w stosunku do terenu ościennego, natomiast u **5** – średnie wartości wielkości ziaren pyłku były wyższe z terenu ościennego w porównaniu ze zwałowiskiem.

Identyczne spektra zmienności i średnie wartości wielkości ziaren pyłku wystąpiły u **9 gatunków z 7 rodzin**, jak następuje: **Compositae (2)** – *Solidago serotina* L. i *Sonchus arvensis* L., **Ranunculaceae (1)** – *Ranunculus regens* L., **Guttiferae (1)** – *Hypericum perforatum* L., **Rosaceae (1)** – *Potentilla anserina* L., **Papilionaceae (1)** – *Lupinus polyphyllus* Ldl., *Medicago lupulina* L., **Boraginaceae (1)** – *Echium vulgare* L., **Scrophulariaceae (1)** – *Linaria vulgaris* (L.) Mill.

Wśród **10 gatunków u 5** pochodzących ze zwałowiska stwierdzono podobne spektra zmienności przy wyższych wartościach średnich wielkości ziaren pyłku w porównaniu z terenem ościennym. Są to gatunki należące do 2 rodzin, tj.: **Umbelliferae (1)** – *Daucus carota* L., **Compositae (4)** – *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schulz-Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia absinthium* L. i *Senecio jacobaea* L. Podobne spektra zmienności przy wyższych wartościach średnich wielkości ziaren pyłku w stosunku do zwałowiska wystąpiły także u 5 gatunków z **2 rodzin** zasiedlających teren ościenny, tj. **Compositae (4)** – *Erigeron canadensis* L., *Achillea millefolium* L., *Hieracium florentinum* All. i *Hieracium umbellatum* L. oraz **Plantaginaceae (1)** – *Plantago lanceolatum* L.

Analizując średnie arytmetyczne wielkości ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I i teren ościenny obliczone na podstawie skrajnych wielkości spektrum ich zmienności (w  $\mu\text{m}$ ) wyższe ich wartości zaobserwowano u **18 (43,90%)** gatunków ze zwałowiska (Z) oraz **15 (36,59%)** – z terenu ościennego (TO). U **8 (19,51%)** gatunków wystąpiły identyczne wartości średnich arytmetycznych. Największe różnice wartości średnich arytmetycznych

wystąpiły u **5 gatunków** ze zwałowiska (Z) w stosunku do terenu ościennego (TO), tj. **Oenothera biennis L.** – **92,88 µm** i **86,43 µm**, **Chamaenerion angustifolium (L) Scop.** – **63,21 µm** i **57,41 µm**, **Epilobium hirsutum L.** – **72,89 µm** i **69,66 µm**, **Artemisia absinthium L.** – **14,19 µm** i **11,61 µm** i **Dianthus deltoideus L.** – **29,66 µm** i **25,80 µm**. Znacząco wyższą wartość średniej arytmetycznej zaobserwowano u jednego gatunku z terenu ościennego w stosunku zwałowiska, tj. u **Erigeron acer L.** – **17,42 µm** i **14,19 µm** [Tab. 7].

Dokonując analizy porównawczej żywotności ziaren pyłku 41 gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko (Z) i teren ościenny (TO) większą żywotność zaobserwowano łącznie u 15 gatunków, tj. w 36,58 %, w tym u **12 gatunków** zasiedlających teren ościenny (TO) tj. w **29,27 %**) oraz u **3 gatunków** ze zwałowiska (Z), tj. **7,32 %**). U **26 (63,41 %)** gatunków wykazano identyczną żywotność ziaren pyłku (Tab. 8).

Do **12 gatunków** spośród **8 rodzin** z TO o wyższej żywotności ziaren pyłku w stosunku do Z należą: **Papilionaceae (4)** - *Melilotus albus* Med., *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schk. i *Vicia cracca* L., **Oenotheraceae (2)** – *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. i *Oenothera biennis* L., **Polygonaceae (1)** – *Rumex acetosa* L., **Cariophyllaceae (1)** – *Dianthus deltoideus* L., **Guttiferae (1)** – *Hypericum perforatum* L., **Boraginaceae (1)** – *Echium vulgare* L., **Rubiaceae (1)** – *Galium mollugo* L., **Compositae (1)** – *Hieracium florentinum* All. (Tab. 8).

U **3 gatunków** ze zwałowiska (Z) stwierdzono wyższą żywotność ziaren pyłku w porównaniu z terenem ościennym (TO). Są to następujące gatunki należące do **3 rodzin**: **Ranunculaceae (1)** - *Ranunculus repens* L., **Rosaceae (1)** - *Potentilla anserina* L., **Papilionaceae (1)** – *Medicago sativa* L.

Najwięcej gatunków, bowiem **26**, tj. **63,41 %**) spośród **7 rodzin** zarówno ze zwałowiska, jak i terenu ościennego wykazało identyczny poziom żywotności ziaren pyłku. Należą do nich: **Compositae (19)** – *Solidago serotina* L., *Erigeron canadensis* L., *Erigeron acer* L., *Achillea millefolium* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schultz-Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Tussilago farfara* L., *Senecio vulgaris* L., *Senecio jacobaea* L., *Cichorium*



intybus L., *Leontodon hispidus* L., *Sonchus arvensis* L., *Lactuca sativa* L., *Crepis biennis* L., *Hieracium pretense* Tsch., *Hieracium umbellatum* L. i *Hieracium sabaudum* L., **Papilionaceae (2)** - *Lupinus polyphyllus* Ldl. i *Medicago lupulina* L., **Urticaceae (1)** – *Urtica dioica* L., **Oenotheraceae (1)** – *Epilobium hirsutum* L., **Umbelliferae (1)** – *Daucus carota* L., **Scrophulariaceae (1)** – *Linaria vulgaris* (L.) Mill. i **Plantaginaceae (1)** – *Plantago lanceolata* L. (Tab. 8).

### Podsumowanie badań

1. W wyniku prowadzonych badań dotyczących takich cech morfologicznych ziaren pyłku, jak kształtu, występowania porów, bruzd oraz porów z bruzdami, jak i typów egzyny **nie stwierdzono różnic** między ziarnami pyłku tych samych gatunków pochodzącymi ze Z i TO. Ziarna pyłku roślin kwiatowych – pomimo występowania różnic w składzie chemicznym podłoża Z i TO – pod względem ww. cech były porównywalne, wręcz identyczne, abstrahując od ich wielkości zakresu zmienności oraz żywotności [Tab. 4].
2. Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko i teren ościenny u **24 (58,54 %) gatunków** wykazała **wysoce istotne różnice** przy  $p = 0,99$ , przy czym u **14 (34,14 %)** pochodzących ze zwałowiska (Z) i **10 (24,39 %)** gatunków z terenu ościennego (TO) wartości średnich arytmetycznych wielkości ziaren pyłku były wyższe. **Istotne różnice** przy  $p = 0,95$  wystąpiły u **5 (12,20 %) gatunków** zasiedlających zarówno zwałowisko, jak i teren ościenny. Wartości średnich arytmetycznych wielkości ziaren pyłku były wyższe u **3 gatunków** ze zwałowiska (Z) oraz **2** – z terenu ościennego (TO). Nie wykazano istotnych różnic zarówno przy  $p = 0,99$ , jak i  $p = 0,95$  u **12 (29,27 %) gatunków** [Tab. 5].
3. Spośród 41 przebadanych gatunków roślin kwiatowych większy zakres zmienności wielkości ziaren pyłku wystąpił u **22 (53,66 %) gatunków**, w tym u **12 (29,26 %)** gatunków zasiedlających zwałowisko (Z) i **10 (24,39 %)** – terenu ościennego (TO). Identyczne

spektra zmienności zaobserwowano u **19 (46,34 %)** gatunków z obydwu badanych środowisk, zwałowiska (Z) i terenu ościennego (TO) [Tab. 6]. Analiza porównawcza wykazała, że spośród tych **12 gatunków** u **10** pochodzących ze zwałowiska stwierdzono **większą** skalę zmienności i średnio **większe** wartości wielkości ziaren pyłku w stosunku do terenu ościennego, natomiast u **2** – zaobserwowano **większą** skalę zmienności przy **niższych** średnich wartościach wielkości ziaren pyłku w stosunku do roślin z terenu ościennego [Tab. 6].

4. Wyższe wartości średnich arytmetycznych obliczone na podstawie skrajnych wielkości spektrum zmienności wielkości ziaren pyłku wybranych gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko K-I i teren ościenny zaobserwowano u **18 (43,90%)** gatunków ze zwałowiska (Z) oraz **15 (36,59%)** – z terenu ościennego (TO). U **8 (19,51%)** gatunków wystąpiły identyczne wartości średnich arytmetycznych. Największe różnice wartości średnich arytmetycznych stwierdzono u **5 gatunków** ze zwałowiska (Z) w stosunku do terenu ościennego (TO), tj. *Oenothera biennis* L. – **92,88 µm** i **86,43 µm**, *Chamaenerion angustifolium* (L) Scop. – **63,21 µm** i 57,41 µm, *Epilobium hirsutum* L. – **72,89 µm** i 69,66 µm, *Artemisia absinthium* L. – **14,19 µm** i 11,61 µm i *Dianthus deltoids* L. – **29,66 µm** i 25,80 µm. Znacząco wyższą wartość średniej arytmetycznej zaobserwowano u jednego gatunku z terenu ościennego w stosunku zwałowiska, tj. u *Erigeron acer* L. – **17,42 µm** i 14,19 µm [Tab. 7].
5. Spośród 41 badanych gatunków roślin kwiatowych **wyższy** poziom żywotności ziaren pyłku zaobserwowano u **12 (29,27%)** gatunków zasiedlających **teren ościenny** a jedynie u **3 (7,32%)** pochodzących ze zwałowiska. U **26 (63,41%)** gatunków zarówno z terenu ościennego, jak i zwałowiska stwierdzono **identyczny** stopień żywotności ziaren pyłku [Tab. 8].  
U **12 (29,27%)** gatunków pochodzących ze zwałowiska wykazano **wyższy % ziaren pyłku sterylnego** w stosunku do terenu ościennego. Udział ziaren pyłku sterylnego u gatunków zasiedlających zwałowisko był o **22,6%** wyższy u *Hieracium florentinum* All., **16%** u *Trifolium repens* L., **8%** u *Oenothera biennis* L., **7,24%** u *Vicia*

cracca L., **6,08%** u *Hypericum perforatum* L., **3,98%** u *Lotus uliginosus* Schk., **3,78%** u *Echium vulgare* L., **2,6%** u *Dianthus deltoides* L., **2,44%** u *Galium mollugo* L., **1 %** u *Rumex acetosa* L. i **0,44%** u *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. Wśród gatunków zasiedlających **teren ościenny** tylko **3 (7,32%) gatunki** wykazały **wyższy** poziom sterility ziaren pyłku w stosunku do tych samych gatunków pochodzących ze zwałowiska i był wyższy o **6,74%** u *Ranunculus repens* L., **3,52%** u *Medicago sativa* L. i o **3,3%** u *Potentilla anserina* L. [Tab. 8].

**Najwyższy** poziom sterility ziaren pyłku roślin pochodzących ze **zwałowiska** wystąpił u *Oenothera biennis* L., który osiągnął wartość **69,8%**, u *Hieracium florentinum* All. **25,6%**, u *Trifolium repens* L. – **16%** i *Hypericum perforatum* L. – **10,58%**. Natomiast na **terenie ościennym** **najwyższy** udział sterility ziaren pyłku wystąpił u *Medicago sativa* L. i osiągnął wartość **10,32%**.

### Wnioski

1. Analiza porównawcza wielkości ziaren pyłku wśród przebadanych 41 gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko i teren ościenny wykazała istotne różnice przy  $p = 0,99$  i  $p = 0,95$  łącznie u **29 (70,73%) gatunków**, przy czym wyższe ich wartości zaobserwowano u **17 (41,46 %) gatunków** pochodzących ze zwałowiska (Z) i **12 (29,27 %) gatunków** z terenu ościennego (TO). Nie wykazano istotnych różnic u **12 (29,27 %) gatunków** [Tab. 5]. Wyniki badań jednoznacznie wskazują, że na zwałowisku znacznie większa liczba gatunków wykazała istotnie wyższe wartości średnich arytmetycznych wielkości ziaren pyłku (70,73%) w stosunku do terenu ościennego (29,27%), co dowodzi bezpośredniego wpływu zanieczyszczeń chemicznych zawartych w podłożu zwałowiska na kształtowanie się ich wielkości. Ewolucyjnie wykształcone mechanizmy tolerancyjności, przy dużym napływie jonów metali ciężkich, po przekroczeniu krytycznych ich stężeń wykazują obniżoną sprawność. Dlatego też jony metali ciężkich docierają także do kwiatów/kwiatostanów, wpływając jednocześnie na przebieg procesu mikrosporogenezy oraz wielkość ziaren pyłku.

Osiągnięcie większych wymiarów ziaren pyłku przez gatunki zasiedlające zwałowisko najprawdopodobniej związane jest z procesem chelatowania, bowiem sposób wiązania jonów metali w chelatach wpływa na metabolizm komórkowy, co może w konsekwencji prowadzić do zwiększenia objętości ziaren pyłku. Przedstawione wyniki obserwacji znalazły potwierdzenie w wynikach badań prowadzonych nad wpływem metali ciężkich na budowę anatomiczną, w tym wielkość komórek epidermy, sklerenchymy i endodermy wielu gatunków roślin naczyniowych zasiedlających zwałowisko.

2. Wysoki udział sterylnych ziaren pyłku wśród ww. gatunków roślin kwiatowych zasiedlających zwałowisko w stosunku do terenu ościennego, ograniczający ich **reprodukcję** i **ekspansję** jest najprawdopodobniej skutkiem oddziaływania zanieczyszczeń chemicznych, w tym głównie metali ciężkich zawartych w podłożu. Różne gatunki roślin kwiatowych, pomimo ewolucyjnie wykształconych, zróżnicowanych mechanizmów tolerancji nie zawsze są na tyle sprawne i skuteczne, by uchronić system korzeniowy i inne narządy, w tym generatywne przed ich sukcesywnym napływem. Dlatego też dochodzi zarówno do zakłóceń w procesie mikrosporoogenezy, jak i rozwoju ziaren pyłku, czego efektem są nie w pełni wykształcone ziarna pyłku, niekiedy obumierające, czy też pozbawione protoplazmy, a więc sterylne (Rozdz. 1).
3. Podwyższona sterylność ziaren pyłku pogarsza jego **jakość** jako cennego pokarmu naturalnych zapylaczy, tj. dzikich i hodowanych zapylaczy w postaci pszczołowatych, głównie pszczół samotnic (*Megachile L.*, *Osmia L.*) oraz różnych gatunków z rodzaju *Bombus Latr.* (Denisow B., Bożek M. 2006).

## Literatura

1. Anioł A.: *Tolerancja roślin na niskie pH gleby (Fizjologiczny mechanizm toksycznego działania jonów  $Al^{3+}$ . Mechanizm tolerancyjności u roślin na toksyczne działanie gleb kwaśnych)*. „Postępy Nauk Rolniczych” 4. PWRiL. Warszawa 1977.
2. Bergman H. i wsp.: *Male-sterile tobacco display abnormal mitochondrial atp transcript accumulation and reduced floral ATP/ADP ratio*. Plant Mol. Biol. 42, 2000.
3. Bino R. J.: *Ultrastructural aspects of cytoplasmic male sterility in Petunia hybrida*. Protoplasma 127, 1985.
4. Bino R. J.: *Cytoplasmic male sterility in Petunia hybrida: A structural and histochemical analysis*. University of Wageningen 1986.
5. Canal De La L. i wsp.: *A transcriptional alternation on the atp9 is associated with a sunflower male-sterile cytoplasm*. Theor. Appl. Genet. 102, 2001.
6. Clarkson D.T.: *Aluminium tolerance in species within the genus Agrostis*. J. Ecol. 54. 1966.
7. Collier B. D., Cox G. W., Johson A. W., Miller P. C.: *Ekologia dynamiczna*. PWRiL, Warszawa 1978.
8. Conley C., Hanson M.: *Tissue-specific protein expression in plant mitochondria*. Plant Cell. 6, 1994.
9. Denisow B., Bożek M.: *Biologia kwitnienia i obfitość pylenia Anemone japonica Houtt*. Acta Agrobotanica 59, 2006.
10. Dyakowska J.: *Podręcznik palynologii*. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa 1959.
11. Dźygóra W.: *Badanie wpływu podłoża zwalowiska K-I przy kopalni rudy miedzi „Konrad” w Iwinach, k/Bolestawca na liczebność gatunków roślin naczyniowych, cechy anatomiczne ich łodyg i epidermy liści, jak również wielkość oraz zdolność kiełkowania nasion*. Kraków, 1981.
12. Elandt R.: *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego*. PWN Warszawa 1964.
13. Ertman G., Berglund B. and Praglowski J.: *An introduction to a Scandinavian pollen flora*. Bokryckeri Aktiebolag. Uppsala 1961.
14. Faegri K., Iversen J.: *Podręcznik analizy pyłkowej*. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa 1978.
15. Gerlach D.: *Zarys mikrotechniki botanicznej*. PWRiL Warszawa 1972.
16. Greszta J., Morawski S.: *Rekultywacja nieużytków przemysłowych*. PWRiL. Warszawa 1972.
17. Guan H., Zhu Y., Lans Y. I in.: *Ultrastructural localization of ATP-ase activity in fertile and sterile anther of rice*. Shi Yan Sheng Wu Xue Bao 34, 2001.
18. Horn R., Köhler R., Zetsche K.: *A mitochondrial 16-kDa protein is associated with cytoplasmic male sterility in sunflower*. Plant Mol. Biol. 7, 1991.

19. Iwabuchi M., Kyoizuka J., Shimamoto K.: *Processing followed by complete editing of an altered mitochondrial atp6 RNA restores fertility of cytoplasmic male sterile rice*. Embo J. 12, 1993.
20. Jain S. K., Bradshaw A. D.: *Evolution in closely adjacent plant populations. The evidence and its theoretical analysis*. Heredity 20, 1966.
21. Jones D. A., Wilkins D. A.: *Zmienność i przystosowanie roślin*. PWN Warszawa 1977.
22. Krishnasamy S., Makaroff C.: *Organ-specific reduction in the abundance of a mitochondrial protein accompanies fertility restoration in cytoplasmic male-sterile radish*. Plant Mol. Biol. 26, 1994.
23. Krzywiecka M.: *Przewodnik do ćwiczeń ze statystyki matematycznej*. AR Wrocław 1975.
24. Kubo T., Nishizawa S. i in.: *The complete nucleotide sequence of the mitochondrial genome of sugar beet reveals a novel gene for tRNA*. Nucleic Acid. Res. 28, 2000.
25. Laser K., Lersten N.: *Anatomy and cytology of microsporogenesis in cytoplasmic male sterile angiosperms*. Bot. Rev. 3, 1972.
26. Lee S., Warmke H.: *Organelle size and number of fertile and t-cytoplasmic male-sterile corn*. Am. J. Bot. 66, 1979.
27. Levings III Ch.: *Thoughts on cytoplasmic male sterility in cms-Tmaize*. Plant Cell. 5, 1993.
28. Majewska-Sawka I in.: *Ultrastructural expression cytoplasmic male sterility in sugar beet*. Sex. Plant Reprod. 6, 1993.
29. Mc Nelly T.: *Evolution in closely adjacent plant populations. Agrostis tenuis on a small copper mine*. Heredity 23, 1967.
30. Nakashima H.: *Physiological and morphological studies on the cytoplasmic male sterility of some crops*. J. Fac. Agric. 59, 1978.
31. Overman M., Warmke H.: *Cytoplasmic male sterility in sorghum. Tapetal behavior in fertile and sterile anthers*. J. Hered. 63, 1972.
32. Puchalski T.: *Statystyka*. PWN Warszawa 1977.
33. Scoles G., Evans L.: *Pollen development in male-fertile and cytoplasmic male-sterile rye*. Can. J. Bot. 57, 1979.
34. Steinborn R. i wsp.: *A new type of cytoplasmic male sterility in rye: analysis of mitochondrial DNA*. Theor. Appl. Genet. 85, 1993.
35. Szafer W., Kulczycki S., Pawłowski B.: *Rośliny polskie*. PWN. Warszawa 1967.
36. Szafer W., Zarzycki K.: *Szata roślinna Polski*. PWN. Warszawa 1976.
37. Szcuka E., Bohdanowicz J. i in.: *Zaburzenia w mikrosporogenezie i rozwoju ziarna pyłku Gagea lutea (L) Ker.-Gaw*. Acta Agrobotanica 59, 2006.
38. Unselt M. i in.: *The mitochondrial genome of Arabidopsis thaliana contains 57 genes in 366,924 nucleotides*. Nature Genet. 15, 1997.
39. Walczak W.: *Sudety*. PWN. Warszawa 1968.
40. Weihe A. i wsp.: *Molecular characterization of mitochondrial DNA of different subtypes of male sterile cytoplasm of the sugar beet*. Theor. Appl. Genet. 82, 1991.
41. Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi „Cuprum”. KGHM. Wrocław 1976.





K P S W

**KARKONOSKA PAŃSTWOWA  
SZKOŁA WYŻSZA  
w Jeleniej Górze**

**ISBN 978-83-61955-15-3**