

BEZPYŁKOWE ZAPYLANIE

Pollinating without pollen

Krzysztof Stawrakakis i Marlena Lembicz (Poznań)

Streszczenie

Istotność roli zwierząt w rozmnażaniu roślin kwiatowych jest znana każdemu. W takich interakcjach udział biorą m.in. ptaki i nietoperze. Najczęściej jednak uczestniczą w nich liczne i niezwykle zróżnicowane owady takie jak błonkówki i muchówki. Są to wektory uczestniczące w procesie zapylania poprzez przenoszenie pyłku wyprodukowanego przez kwiaty. Czy tylko rośliny mają monopol na wykorzystywanie takich wektorów w procesie zapylania? Okazuje się, że podobny mechanizm wykorzystują niektóre grzyby, w tym grzyby endofityczne – przedstawiciele workowców z rodzaju *Epichloë*.

Abstract

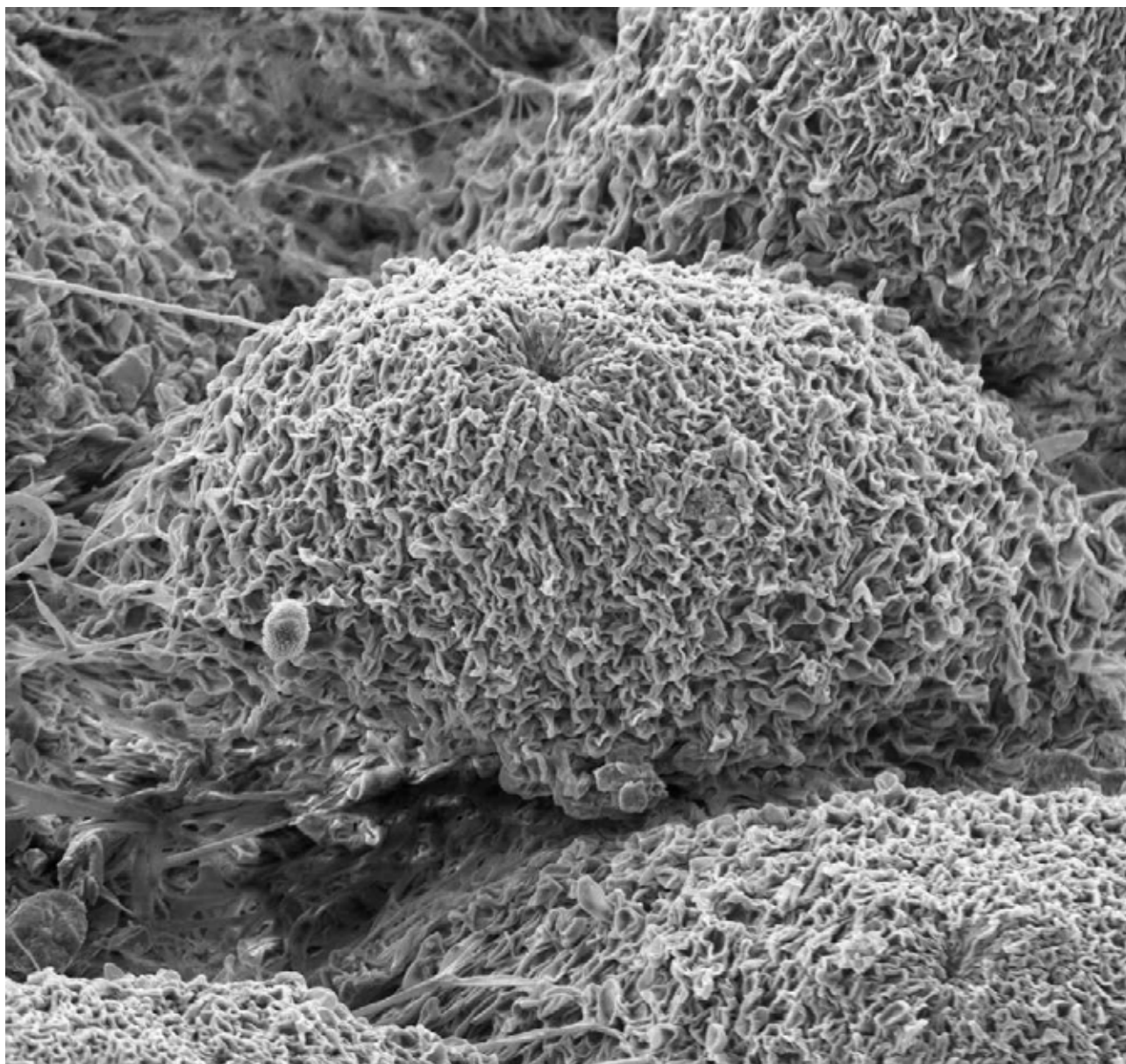
It is well known that the role of animals in reproduction and propagation of flowering plants is of critical importance. Birds and bats i.a. are involved in such interactions. However, the biggest, most common and various group that participates in them are insects, especially Hymenoptera and Diptera. These act as vectors in the pollination process by transferring pollen produced by flowers. The question arises: do plants have a monopoly on the vector-mediated pollination process? It turns out that a similar mechanism is used by some fungi, including endophytic representatives of Ascomycota from the genus *Epichloë*.



Ryc. 1. Epifityczna forma grzyba *Epichloë typhina* na pędach trawy mannicy odstającej (*Puccinellia distans*). Widoczne są pomarańczowe podkładki otaczające pędy trawy. Fot. M. Lembicz.

Endofity grzybowe (z greckiego *endon* – wewnątrz i *phyton* – roślina) z rodzaju *Epichloë* to mikroorganizmy, które spotykamy na przydomowym trawniku, boisku, łące, pastwisku, wszędzie tam, gdzie są trawy. Ich ciało ma postać strzępek, które są zlokalizowane w przestrzeniach międzykomórkowych nadziemnej części rośliny [4]. W tej postaci endofitycznej nie widzimy ich gołym okiem. Jak można sprawdzić obecność tych grzybów w roślinie? Najprostszy sposób wymaga mikroskopu i mieszaniny barwiącej strzęp-

rozmnaża się bezpłciowo i po przedostaniu się do nasion zasiedla kolejne pokolenia trawy – swojego gospodarza. Grzyb przejmuje kontrolę nad rozmnażaniem płciowym gospodarza. Roślina z grzybem szybciej przystępuje do tego procesu i produkuje więcej nasion zawierających strzępki grzyba. Nasiona jednak są wtedy około siedmiokrotnie mniejsze w stosunku do nasion, które produkują rośliny bez endofita grzybowego [5]. Jest to skuteczny sposób grzyba na podniesienie tempa swojego bezpłciowe-



Ryc. 2. Otocznia – miejsce w podkładce grzyba *Epichloë typhina*, w której występują worki z zarodnikami. Widoczny jest otwór, przez który wydostają się zarodniki infekujące kolejne rośliny. Fot. M. Lembicz, zdjęcie z mikroskopu skaningowego.

ki grzyba. Jeśli grzyb jest obecny w trawie – strzępki grzyba wybarwią się na kolor ciemnogrnatowy. Metoda ta pozwala szybko wykryć obecność grzyba, ale jego identyfikacja taksonomiczna wymaga dodatkowych analiz molekularnych. W ciele rośliny grzyb

go rozmnażania i rozprzestrzeniania się na kolejne pokolenia rośliny. Jednak w dłuższej perspektywie utrzymywanie się rozmnażania bezpłciowego u endofitycznego grzyba pozbawia go możliwości rekombinacji genetycznej i może prowadzić do tzw. zapadki

Mullera, czyli akumulowania się w kolejnych pokoleniach endofita szkodliwych mutacji, które stopniowo obniżają jego dostosowanie.

Dwa kolory „kwiatów” i więcej niż dwóch graczy

Ratunkiem dla grzyba przed spadkiem dostosowania jest rozmnażanie płciowe, które umożliwia sprawną wymianę genów i zwiększa różnorodność ich kombinacji. W przypadku roślin w procesie rozmnażania płciowego potrzebne są odpowiednie struktury służące do rozmnażania oraz pyłek. Pyłek jest przenoszony z jednego kwiatu na drugi, a istotną rolę w jego transporcie odgrywają owady (tzw. zapylacze). Tak jak w przypadku przenoszenia pyłku roślin, tak w przypadku grzybów *Epichloë* występują podobne struktury umożliwiające taki transfer. Wiosną, zwykle w maju na pędach różnych gatunkach traw pojawiają się grzybowe „mufki”. Najpierw są koloru białego, później pomarańczowego [1] (Ryc. 1). Nie chronią pędów przed zimą, jak typowa mufka. Co to takiego? To strzępki grzybów z rodzaju *Epichloë*, mocno splecione ze sobą – tzw.

podkładka, struktura służąca do rozmnażania płciowego grzyba. Tę strukturę można przyrównać funkcjonalnie do kwiatów. Na etapie tego stadium grzyb wytwarza gamety (spermatia), które muszą się następnie w jakiś sposób dostać na podkładkę występującą na innym pędzie, aby doszło do „zapylenia”. Jak to się dzieje? Tak jak u roślin, za pośrednictwem zapylaczy. Mogą nimi być ślimaki żywiące się strzępkami grzybów i roślinami lub znacznie częściej – muchówki z rodzaju *Botanophila* [2]. Dla niewprawionego oka to przeciętna, niewielka muszka. Posiada receptory chemiczne reagujące na lotne związki chemiczne wytwarzane przez grzyba. Przywabiona muchówka siada na podkładce i zjada ją. Z oczywistych względów nie w całości i nie z jednego pędu trawy. Przemieszcza się po podkładce w górę i w dół, testując jej jakość. Nie wiemy niestety dokładnie jakie cechy - poza rozmiarem podkładki - są przez muchówkę brane pod uwagę. Kiedy weryfikacja dobiegnie końca, owad składa na podkładce jajo i przemieszcza się na następny zainfekowany pęd trawy. Przez jego układ pokarmowy przemieszczają się spermatia, zjedzone wcześniej wraz z fragmen-



Ryc. 3. Larwa muchówki (*Botanophila*) na podkładce grzyba *Epichloë typhina*. Widoczne są ślady żerowania larwy i biała osłonka po jaju muchówki. Podkładka grzyba jest dla muchówki dorosłej i jej larw jedynym pokarmem. Fot. Z. Olszanowski.

tami podkładek. W czasie kiedy owad pozbywa się niestrawionych resztek pokarmu, co często następuje w trakcie składania następnego jaja, dochodzi do połączenia się gamet przetransportowanych przez muchę i gamet obecnych na podkładce, a tym samym do zapłodnienia. W efekcie tego procesu na powierzchni podkładki formują się owocniki typu otoczni, z workami produkującymi zarodniki (askospory), zdolne do infekcji nowych osobników traw [3] (Ryc. 2).

Jak wspomniano, muchówka składa jaja na podkładce. Wylęgające się z nich larwy budują komory, które mogą częściowo opuszczać podczas żerowania na zapłodnionej podkładce (Ryc. 3). Wiemy obecnie, że owady te nie są bezwzględnie konieczne do płciowego rozmnażania się grzyba. Możliwy jest też proces samozapłodnienia grzyba. Grzyb zapłodniony krzyżowo bez udziału muchówek nie ponosi kosztów związanych z ich wykarmieniem. Taka strategia teoretycznie byłaby dla niego najbardziej opłacalna. Mimo to okazało się, że obecność muchówek zwiększa ogólną produkcję zarodników w wyniku rozmnażania płciowego. Ponadto odkryliśmy niedawno, że muchówki (*Botanophila*) mogą być zakażone bakterią z rodzaju *Wolbachia* [6]. Ma ona wpływ na sposób rozmnażania się swojego gospodarza. Efektem infekcji jest powstawanie prawie wyłącznie żeńskiego potomstwa.

Bibliografia

1. Bultman T.L. (1995). Mutualistic and parasitic interactions between *Phorbia* flies and *Epichloë*: convergence between a fungus and entomophilous angiosperms. *Can. J. Bot.* 73: 1343–1348
2. Bultman T.L., White J.F. Jr. (1988). “Pollination“ of a fungus by a fly. *Oecologia* 75: 317–319.
3. Bultman T.L., Leuchtmann A. (2008). Biology of the *Epichloë-Botanophila* Interaction: an Intriguing Association between Fungi and Insects. *Fungal Biol. Rev.* 22: 131–138
4. Chlebicki A., Szkudlarz P. (2000). *Epichloe clarkii*, a new graminicolous species for Poland. *Acta Mycol.* 35: 139 – 144
5. Czarnoleski M., Olejniczak P., Górzyńska K., Kozłowski J., Lembicz M. (2013). Altered allocation to roots and shoots in the endophyte-infected seedlings of *Puccinellia distans* (Poaceae). *Plant Biology* 15: 264–273. Górzyńska K., Lembicz M., Olszanowski Z., Leuchtmann A. (2011): *Botanophila* – *Epichloë* interaction in a wild grass, *Puccinellia distans*, lacks dependence on the fly vector. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 104: 841–846.
6. Pagel L., Bultman T., Górzyńska K., Lembicz M., Leuchtmann A., Sangliana A., Richards N. (2018): *Botanophila* flies, vectors of *Epichloë* fungal spores, are infected by *Wolbachia*. *Mycology An International Journal on Fungal Biology*, doi: 10.1080/21501203.2018.1515119.

Niebezpieczne efekty związku traw z grzybami *Epichloë*

Nasuwa się myśl: skoro muchówki mogą żywić się grzybem, to dla innych zwierząt powinien być on również jadalny. Nic bardziej mylnego. Grzyb ponieważ „stara się chronić” siebie i swojego gospodarza. Trawy zainfekowane *Epichloë* wywołują u trawożernych kręgowców szereg dolegliwości. Są one wywołane alkaloidami, które te grzyby produkują. Pierwszym, najbardziej widocznym efektem ich działania na trawożerne zwierzęta jest brak apetytu. W warunkach laboratoryjnych głodzone norniki rezygnowały ze spożywania siewek zainfekowanych endofitem grzybowym i długo „upewniały się”, czy roślina była pozbawiona grzyba. U bydła pojawiają się problemy skórne, infekcje, poronienia i wiele innych objawów, a to już bezpośrednio dotyczy nas, zwykłych zjadaczy burgerów. Niebezpieczne również są podkładowki, czyli struktury służące grzybowi do rozmnażania płciowego. Podkładowki występując na pędzie trawy powodują, że nie powstaje kwiatostan nasion. Ta choroba traw wywołana przez grzyby z rodzaju *Epichloë* nazywana jest *choke disease*. Ostatnio wzrasta liczba doniesień o jej występowaniu i sporej liczbie gatunków traw zainfekowanych grzybami z rodzaju *Epichloë* w wielu krajach Europy, także w Polsce.