

PALYNOLOGEM SNADNO A RYCHLE PALYNOLOGIST, QUICKLY & EASILY

Dagmar Říhová, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta
dagmar.rihova@pedf.cuni.cz

Abstract

Pollen grains are omnipresent. Primarily, they belong to the life cycles of most seed plants, but they are also important for many organisms for various purposes. Pollen is an important component of pollinators' diet and enables to reconstruct the landscape and floristic changes that occurred since the last ice age (e.g. when found in peat-land sediments). The discoveries of pollen grains and their identification come in useful also in criminalistics. This paper presents instruction how to collect pollen, create pollen sections and use them in secondary school biological lectures.

Klíčová slova

pyl, forenzní palynologie, mikroskopické praktikum

Key words

pollen, forensic palynology, microscope practice

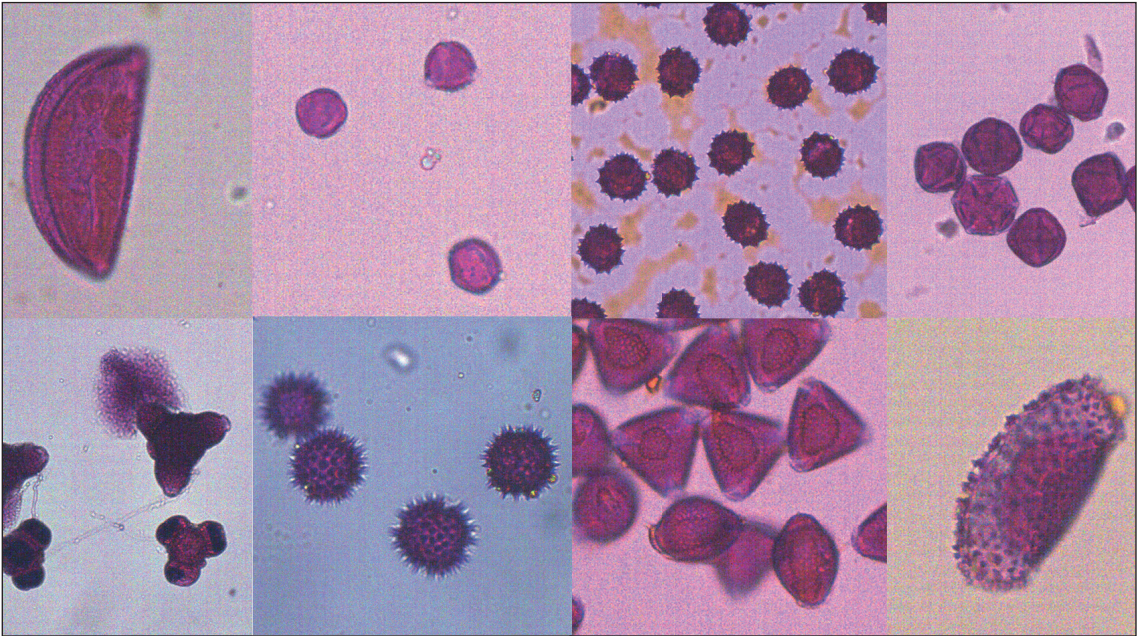
Věda studující pyl a aplikující získané poznatky v praxi se nazývá palynologie. Bývá označována také jako pylová analýza a je to obor vyžadující značné znalosti botaniky a hodiny strávené u mikroskopu identifikací pylových zrn, avšak poskytující odpovědi na množství různorodých otázek. Palynologové často studují subfossilní pylová zrna a ze složení jejich společenstev v konkrétních vrstvách rašeliny či jiného pylonosného sedimentu jsou schopni rekonstruovat fáze vývoje krajiny v době poledové (např. Pokorný 2011). V kriminalistice je využívána tzv. forenzní palynologie, která poskytuje podpůrné důkazy a může napomoci identifikaci pachatele. Její

postupy jsou však rutinně využívány jen v některých zemích světa (Velká Británie, Nový Zéland či USA; viz Bryant a Jones 2006 či Mildenhall 2006); u nás bývá uplatňována výjimečně. Spektrum pylových zrn však může hodně napovědět i o původu a z něj vyplývající kvalitě medu (Altrichterová 2011), čehož je také v Česku využíváno při kontrole prodávávaného medu.

Mohlo by se zdát, že palynologie je věda omezená na dobře vybavené laboratoře. Čtenáře možná překvapí, že některé její postupy lze s úspěchem využít ve výuce přírodopisu či biologie. Návod k tomu

vám poskytne následující článek, který vás seznámí se vznikem a morfologií pylu, metodikou jeho sběru a uchovávání. Součástí textu je i návod na přípra-

vu trvalých mikroskopických preparátů pylových zrn a nástin způsobu jejich využití ve výuce.



Obr 1 Pylová zrna (horní řada zleva) alstromérie (*Alstroemeria* sp.), zvěšnice zedního (*Cymbalaria muralis*), vratiče obecného (*Tanacetum vulgare*), krvavce totou (*Sanguisorba officinalis*); (dolní řada zleva) pupalky dvouleté (*Oenothera biennis*) – fialové rozmlžené útvary na špičkách některých zrn jsou rostoucí pylové láčky; lichořeřišnice větší (*Tropaeolum majus*), slunečnice topinamburu (*Helianthus tuberosus*) a křížatky obecné (*Commelina communis*). Vyfotografováno na mikroskopu Motic BA310. Zdroj: autorka.

Pyl neboli pylová zrna

Pylové zrno (mikrospora) se vytváří u krytosemenných rostlin v tyčinkách v květech. Tyčinky se skládají z nitky a prašníku a každý prašík sestává ze dvou prašných váčků, ve kterých jsou ukryta celkem čtyři prašná pouzdra. Právě v prašných pouzdrech (mikrosporangiích) probíhá tvorba pylových zrn (Votrubová 2010). Na vzniku pylového zrna se podílí jak gametofyt, tak sporofyt. Ze sporogenních buněk prašného pouzdra vznikají mikrosporocyty,

ve kterých vznikají následným meiotickým dělením čtyři haploidní jádra, obalená sporodermou, buněčnou stěnou. Vnitřní část sporoderm (intina) je produktem pletiv gametofytu a tvoří jí pektenocelulózy. Vnější silná a odolná exina je produktem sporofytu a bývá složena z celulózy, pektinů a sporopoleninů. Sporopolenin je jednou z nejodolnějších látek vyskytujících se v přírodě. Právě díky jeho přítomnosti v exině se pylová zrna dobře zachovávají v půdě i sedimentech. Sporopolenin je značně odolný vůči působení enzymů i dalších chemikálií

a díky tomu není známo jeho přesné složení. Jedná se o směs biopolymerů obsahující mastné kyseliny s dlouhými řetězci, fenolické látky a karotenoidy. Povrch exiny u entomogamních rostlin bývá výrazně skulpturovaný. Anemogamní rostliny mají pyl méně ornamentální až hladký.

Zralá pylová zrna jsou tedy dvou- až trojbuňčná, obalená sporodermou. Dosahují široké škály velikostí, od 2 do 250 μm . Tvar je nejčastěji kulovitý nebo elipsoidní, s mnohdy výrazně ornamentálním povrchem (viz Obr 1).

Exina pylových zrn je na některých místech ztenčená. Tudy klíčí pylová láčka a zúženinám se říká apertury či tremy. Pylová zrna jsou často popisována pomocí umístění a počtu apertur. Je udáván jejich typ, který může nabývat dvou základních tvarů: poru či kolpu. Užší kolpus je vývojově původnější a má tvar oválný až úzce šterbinovitý. Porus je naopak spíše okrouhlý. Důležitý je také počet apertur: setkat se můžeme se zrny monoaperturálními až polyaperturálními. Konečně i pozice apertur na pylovém zrnu může být důležitá. Zonoaperturální pylová zrna mají apertury srovnány v ekvatoriální rovině; pantoaperturální „rozházené“ po celém povrchu. Pro rychlý přehled morfologických charakteristik pylových zrn doporučuji nahlédnout do práce Slavíkové (2002; str. 110) či Vintera (2008; str. 67, 108 a 172).

Právě výrazná a často specifická skulpturace pylových zrn umožňuje jejich determinaci na rodovou a mnohdy druhovou úroveň. Týká se to především rostlin entomogamních; anemogamové mají pyl poměrně uniformní (přesto i jej lze často určovat – viz Pokorný 2011, str. 78). V rámci rostlinných čeledí je možné sledovat jistou podobnost pylových zrn, proto je vhodné pro výukové materiály shromažďovat především pyl rostlin různých čeledí.

Kde pyl nalézt?

Díky nesmírné odolnosti exiny a celkové drobné velikosti je pyl všudypřítomný. Opylení a opylovači spotřebují jen jeho malou část, zbytek se rozptýlí v různé vzdálenosti od otcovské rostliny. Největší množství pylových zrn pochopitelně nalézáme přímo v květech, ne každý květ však obsahuje pyl.

Některé rostliny jsou dvoudomé: mají samčí a samičí jedince. Pyl pak nalézáme pouze na rostlinách samčích (kopřiva dvoudomá, rakytník). Jednodomé rostliny nesou květy oběho pohlaví na jediném jedinci, avšak i tyto květy mohou být jednopohlavné (především stromy kvetoucí na jaře jehnědami – bříza, dub či líska). Jejich tzv. prašnickové květy obsahují pouze samčí tyčinky; pestíkové květy naopak pouze pestíky (Votrubová 2010). Většina kvetoucích rostlin České republiky má květy oboupohlavné; nicméně ani to nezaručuje, že v květu bude přítomen pyl v každém okamžiku kvetení.

Rostliny (a především jednotlivé květy) uvolňují pyl v průběhu dne s různou dynamikou. Jedná-li se o rostliny entomogamní, koreluje uvolňování pylu s aktivitou hlavních skupin opylovačů. Mnohé oboupohlavní květy nejprve vytvářejí pyl a následně vajíčka. Časovou prodlevou mezi otevřením prašných pouzder a aktivizací blizny omezují pravděpodobnost samosprašení. Protože však lákají opylovače nesoucí náklad čerstvého pylu, i po odkvětu samčích částí zůstává květ čerstvý a pro opylovače atraktivní. Může se tedy stát, že při sběru pylu objevíme květy, které sice vypadají jako právě rozkvetlé, ale pylová zrna z nich už dávno byla odnesena. Některé květy uvolňují svůj pyl pouze ráno a v časném dopoledni; po zbytek dne čekají s receptivními bliznami na pyl okolních jedinců (čertkus luční). Květy jiných (křížatka obecná) vydrží jen

několik málo hodin a následně zasychají. U jiných rostlin (tolije bahenní) každý den dozraje jediná tyčinka a květ tak vytrvává stejný počet dnů, jako je v květu tyčinek.

Květ s čerstvě otevřenými prašnými pouzdry a dostatkem pylu lze často rozeznat pouhým okem: prašníky jsou doslova obalené pylem, který může nabývat různých pestrých barev (odstíny žluté, oranžové, hnědočervené, ale také fialové či bílé, smetanové a hnědozelené). Čerstvě otevřené prašníky působí na pozorovatele suchým, pomoučeným či pocukrovaným dojmem. Jen málo rostlin má pylová zrna rozeznatelná pouhým okem, otevřené pylové váčky a množství z nich se uvolňujícího pylu jsou však dobře patrné.

Při sběru pylu lze také využít aktivity opylovačů (dvoukřídlých i blanokřídlých), kteří květy poskytlující pyl rozeznávají dokonale. Pyl je bohatým zdrojem proteinů, takže jej opylovači-samice požírají. Stačí tedy sledovat, které květy si vybírají opylovači, a po odehnání hmyzího pomocníka sebrat pyl sami.

Jak sbírat a uchovávat pyl a připravit trvalé mikroskopické preparáty

Pyl lze získat několika způsoby. Ve forenzní analýze se využívá především pyl extrahovaný z půdních vzorků či „vypraný“ z oděvů obětí a podezřelých (Mildenhall et al. 2006). V takových případech je nutné vše ostatní ze vzorku odstranit a při náročném zpracování se využívá kromobyčejné odolnosti pylových exin. Pro výukové účely lze využít mnohem jednodušší metody sběru a pyl získávat buď přímo z rozkvetlých květů či opylovačů. Využití opylovačů jako zdroje pylu bude věnován samostatný článek v následujícím čísle tohoto časopisu.

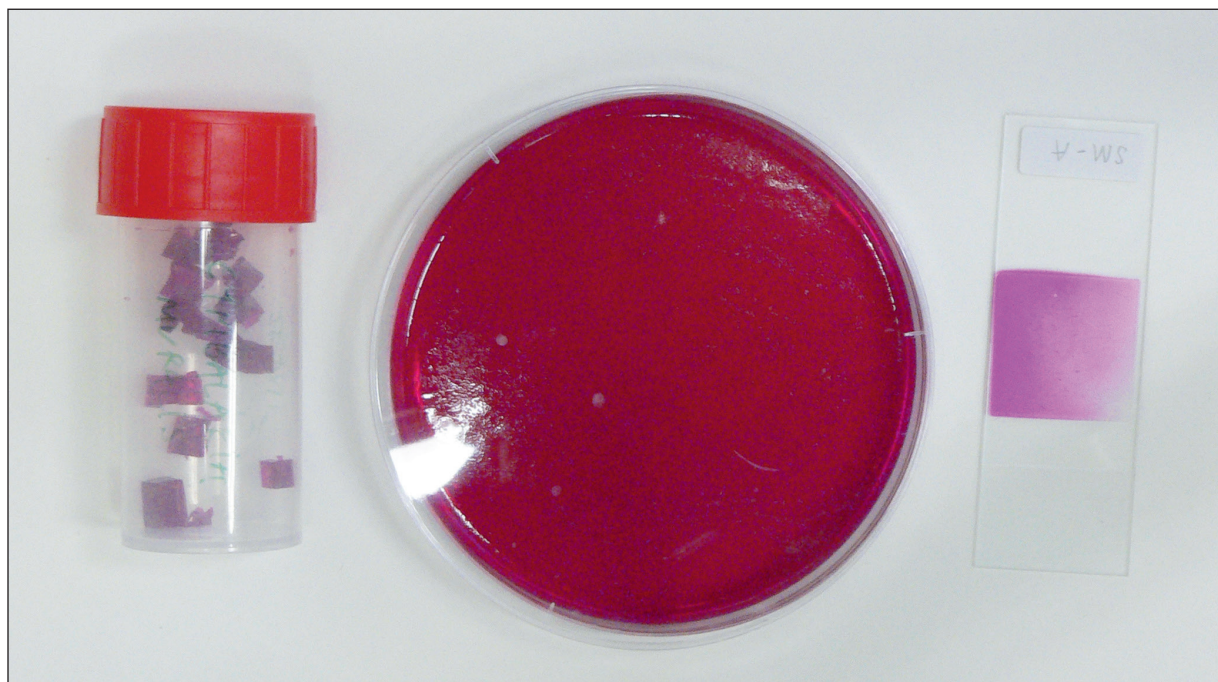
V obou případech je vhodné připravit si na zachycení pylu speciální lepkavé želé obarvené fuchsinem. Bazický fuchsin, organické, na světle nestálé barvivo, se váže na pylové exiny, které barví do odstínů růžové, karmínové a fialové. Kontrastně obarvená pylová zrna lze následně pozorovat pod světelným mikroskopem při zvětšeních přibližně 100–400x. Příprava želé je velmi snadná; jedná se vlastně o modifikovanou glycerol-želatinu. Výhodou je také to, že bloček želé, na kterém byl zachycen, poslouží jako médium uchovávající pylová zrna v trvalém mikroskopickém preparátu.

Pro přípravu fuchsinového želé budete potřebovat následující: **175 ml destilované vody, 150 ml glycerinu, 50 g želatiny a několik krystalků bazického fuchsinu**. Při přípravě se želé zahřívá a zprvu je tekuté. Následně utuhne v hmotu konzistencí podobnou želé-bonbónům. Je vhodné nalít jej před utuhnutím do **plastových Petriho misek** o průměru 8,5 cm ve vrstvě přibližně 3 mm hluboké. Z uvedeného množství želatiny a glycerinu lze vyrobit přibližně **dvanáct misek**. Pro dokonalé rozmíchání želatiny i fuchsinu je vhodné připravit si **skleněnou tyčinku** a médium připravovat v nádobě, ze které půjde dobře rozlévat do Petriho misek (nejvhodnější je **kádinka**). Médium se musí zahřívát opatrně, ve **vodní lázni** – nikoliv přímo na ploténce.

Postup přípravy je spíše než přípravě média podoben jednoduchému kuchyňskému receptu: v dostatečně velké kádince rozpustíme želatinu v připravené destilované vodě. Jakmile se všechna želatina rozpustí a vyjdou z ní bublinky, začneme směs zahřívát, přidáme glycerol a pečlivě mícháme do dokonalého promísení. Posledním krokem přípravy je obarvení média fuchsinem. Výsledné želé by mělo mít sytou červenou barvu (viz **Obr 2** uprostřed). Nejvhodnější je do kádinky postupně přidávat malé krystalky fuchsinu, opatrně rozmí-

chávat skleněnou tyčinkou a sledovat proměny barvy média. Jakmile je dosaženo požadované sytosti červené, je médium připraveno k rozlití do Petriho misek. Vytvoří-li se na hladině v průbě-

hu přípravy pěna, odebíráme ji lžičkou; případně výslednou směs přelijeme přes plátýnko do druhé kádinky a teprve poté rozléváme.



Obr 2 Nádobka s bločky fuchsinového želé s nasbíraným pylem; Petriho miska vylitá fuchsinovým želé; hotový trvalý mikroskopický preparát. Zdroj: autorka.

Použití plastových misek má několik výhod: jsou dobře skladovatelné v chladničce (takto připravené médium v chladu a mimo dosah světla vydrží i několik měsíců) a ztuhlé želé lze přímo v miskách krájet skalpelem na drobné kvádrčky, které se následně používají pro sběr pylu. Velikost kvádrčků se odvíjí od velikosti krycích sklíček, jimiž budou trvalé preparáty uzavřeny, a doporučuji ji vyzkoušet empiricky (viz dále).

Fuchsinové želé má mírně lepkavý povrch, na který skulpturovaná pylová zrna dobře přilnou. Stačí tedy otřít otevřená prašná pouzdra rozkvetlého květu o povrch bločku želé a pyl se na něj přichytí. Stejně jako želé v Petriho miskách, i bločky s nachytaným pylem lze skladovat v plastových uzavíratelných falkonách (Obr 2) v chladničce.

Ke zhotovení trvalých mikroskopických preparátů je vyjma čistých vyleštěných podložních skel a krycích sklíček potřeba **topná ploténka**. Fuchsinové želé v teple (už okolo 35 °C) taje, čehož lze využít při výrobě preparátů. Přichystaná vyčištěná podložní skla položíme na rozehrátou topnou ploténku a do jejich středu opatrně klademe bločky želé s pylem. Jakmile bločky roztají a promění se v růžové kapky, můžeme je přikrýt krycím sklíčkem a nechat na ploténce, dokud se médium pod sklíčkem působením jeho váhy rovnoměrně nerozprostře. V případě nerovnoměrného rozmístění pylových zrn na bločku lze roztátou kapku promíchat **preparační jehlou** a teprve poté překrývat krycími skly. Preparáty následně necháme vychladnout a utuhnout ve vodorovné poloze při pokojové teplotě. Protože je fuchsin fotolabilní, doporučuji preparáty nechat tuhnout zakryté filtračním papírem či novinami.

Jakmile jsou preparáty dokonale ztuhlé (bezpečně po dvou týdnech od výroby), je potřeba je orámovat, aby médium dál nevysychalo. Použít lze **lak na nehty** či **bezbarvý lak**. Pokud ztuhlé želé přesahuje okraje krycího skla, je tyto přesahy před rámováním nezbytné oříznout **skalpelem** a teprve poté rámovat.

Využití pylu ve výuce

Pylová zrna jsou sama o sobě fascinující a ti, kdo je vidí pod mikroskopem poprvé, jsou mnohdy uchvázeni jejich povrchovými strukturami a tvarovou rozmanitostí (**Obr 1**). Přesto není vhodné nechat žáky zrna pouze samoúčelně prohlížet.

Už při sběru pylových zrn je vhodné myslet na jejich budoucí využití. Lze například **sestavit srovnávací sbírku trvalých preparátů a fotografický atlas pylových zrn** rostlin vyskytujících se

na školní zahradě či v okolí školy v různých částech roku. Atlas a sbírka se posléze mohou stát základními určovacími pomůckami praktika forenzní palynologie (viz níže).

Lze se rovněž zaměřit na sledování variability pylových zrn v rámci určité rostlinné čeledi (doporučuji využít např. zástupce čeledi Asteraceae, kteří vynikají výraznou ostnitou skulpturací), porovnat pylová zrna anemogamních a entomogamních rostlin (vhodné především v brzkém jaře, kdy kvetou větrosnubné stromy) či sledovat, zda velikost pylového zrna koreluje s velikostí nebo nápadností mateřského květu. Vyjma květů domácích lze využít i pyl exotických rostlin zakoupených v květinářství.

Nejzajímavější je však – například dle příběhu dostupného v Rostlinopisu (Dvořák 2012; str. 47; heslo Pelyněk a pyl) – žákům připravit improvizované forenzně-palynologické praktikum, ve kterém budou odhalovat pachatele kriminálního činu za pomoci analýzy pylových zrn zajištěných na místě činu a oděvu podezřelého.

Příběh zmíněný v Rostlinopisu představuje archetypální příběh, ve kterém pylová analýza pomohla k dopadení pachatele: žena podala trestní oznámení na neznámého násilníka, kterého se podařilo usvědčit pouze díky přítomnosti pylu pelyňku stromového (*Artemisia arborescens*) na jeho oděvu. Jiných důkazů než přítomnosti pylu totiž nebylo.

Na základě obdobného (smysleného) příběhu může být připraveno jednoduché mikroskopické praktikum. Dle úrovně zacházení s optikou a míry rozvoje pozorovacích a srovnávacích schopností lze navrhnout a uspořádat tři varianty praktika. V jednodušší bude úkolem identifikovat jeden morfotyp pylových zrn podle srovnávací sady trvalých preparátů (TP) či atlasu pylových zrn; ve složitějším

porovnat celá pylová společenstva. Podmínkou uspořádání praktika je dostatečné množství mikroskopů, buď pro každého účastníka či do skupinek; a pro determinaci pylu srovnávací sbírka TP pylových zrn či atlas pylových zrn. Všechny tři úlohy navíc vyžadují specifické pomůcky (viz níže; shrnutí v **Tab 1**).

Pro jednodušší variantu budete potřebovat srovnávací sadu trvalých preparátů různých pylových zrn v takovém počtu, aby každý účastník praktika (případně každá skupina „vyšetřovatelů“, do kterých žáky předem rozdělíme) měla své vlastní vzorky, se kterými může pylová zrna zajištěná na oděvu podezřelého srovnávat. Pro determinaci je možné použít i fotografický atlas, porovnávání s reálnými preparáty je však snazší. Součástí praktika je tvorba vlastního trvalého preparátu, je tedy nutné připravit rovněž dostatek pylových zrn různých rostlin zachycených na bločcích fuchsinového žele, čistá mikroskopovací skla a topnou ploténku (lze nahradit kahanem). Úkolem účastníků-vyšetřovatelů bude vytvořit trvalý mikroskopický preparát z pylu zajištěného z oděvu podezřelého (vzorek zachycený ve fuchsinovém žele); podle srovnávacího atlasu pylových zrn určit rostlinu, ze které pyl pochází a podle dalších známých okolností konstatovat, zda je podezřelý skutečným pachatelem trestného činu.

Je žádoucí postavit úlohu tak, aby výsledek byl pozitivní – tedy aby vyšetřovatelé pachatele díky přítomnosti konkrétních pylových zrn usvědčili. Klíčová pylová zrna doporučuji volit s ohledem na jejich výraznost a snadné rozpoznání.

Ve složitější variantě praktika budou žáci porovnávat celá společenstva pylových zrn. Účastníkům proto budou předloženy předem připravené směsné preparáty pylových zrn několika druhů rostlin – jeden preparát z pylu zajištěného „na místě

činu“ a další „z oděvu podezřelého“. Máte-li možnost, připravte porovnávacích směsných preparátů („oděv podezřelého“) několik verzí obsahujících různá pylová spektra (nejméně však dvě). I zde je důležité, aby výsledek byl alespoň v některém případě pozitivní a žáci tak ověřili nejen své pozorovací, srovnávací i logické schopnosti, ale aby jim úloha navíc přinesla pocit zadostiučinění.

Nejkomplexnější variantou vyžadující propojování dostupných informací různých typů je úloha, při které žáci podle spektra pylových zrn rekonstruují charakteristiky místa, na kterém k činu došlo. Místo činu v tomto případě není charakterizováno referenčním pylovým spektrem, ale pouhým popisem (bažinatá nížinná krajina; zemědělská usedlost uprostřed rozsáhlých obilních polí; step; jehličnatý les). Na základě tohoto popisu a vyvozením ze známých ekologických vlastností druhů rostlin, zjištěných ve vzorku pylu z oděvu podezřelého, bude úkolem vyšetřovatelů konstatovat, zda podezřelý může zodpovídat za vyšetřovaný trestný čin, který se odehrál na konkrétním místě. Ze spektra rostlin přítomných v pylovém vzorku je tedy potřeba odvodit charakteristiky místa, kde k činu došlo a tyto porovnat s popisem, který je vyšetřovatelům od počátku vyšetřování k dispozici. Pro zadání tohoto typu úlohy doporučuji volit pyl rostlin s konkrétními ekologickými nároky (bažinné druhy, stepní rostlinstvo, společenstvo pole atd.) či rostliny exotické (pokud bude vrahem například zahradník pečující o tropický skleník). Vyjma mikroskopů a směsných TP pylových zrn (pyl z oděvu podezřelého) budou navíc pro každou skupinu vyšetřovatelů potřeba botanické příručky, ve kterých jsou zmíněny ekologické nároky rostlin. Plně postačí i příručky určené laikům, např. Co tu kvete? (Aichele a Golteová-Bechtelová 1996).

Všechny tři typy úloh, nezbytné pomůcky a klíčové části zadání shrnuje **Tab 1**.

Tab 1 Shrnutí tří variant zadání forenzního palynologického praktika.

VARIANTA 1 determinace původce pylových zrn
Legenda: na místě činu kvete rostlina xy. Jsou její pylová zrna přítomna na oděvu pachatele?
Úkol: tvorba trvalého preparátu pylových zrn, determinace konkrétního druhu rostliny a usvědčení pachatele díky přítomnosti jejích pylových zrn na jeho oděvu
Pomůcky: mikroskopy, podložní a krycí mikroskopovací skla, topná ploténka/kahan, vzorky pylových zrn ve fuchsinovém želé, srovnávací fotografický atlas pylových zrn či sada TP pylových zrn
VARIANTA 2 porovnání spekter pylových zrn
Legenda: odpovídá spektrum pylových zrn z místa činu spektru z oděvu podezřelého?
Úkol: determinace druhového složení pylových spekter a jejich porovnání
Pomůcky: mikroskopy, TP směsi pylových zrn (z podezřelých i z místa činu), srovnávací atlas/srovnávací sada TP pylových zrn
VARIANTA 3 rekonstrukce místa činu
Legenda: vyšetřovatelé mají k dispozici pouze popis místa činu, nikoliv však referenční pylové spektrum. Odpovídají ekologické vlastnosti rostlin, jejichž pylová zrna byla zachycena na oděvu pachatele, tomuto místu?
Úkol: na základě určení jednotlivých druhů rostlin, vyskytujících se ve vzorku pylu z místa činu charakterizovat místo činu pomocí ekologických nároků lokálních rostlin a porovnat s dostupnou informací o něm
Pomůcky: mikroskopy, TP směsi pylových zrn z oděvu podezřelého, srovnávací atlas/srovnávací sada TP pylových zrn, atlas rostlin s jejich ekologickými charakteristikami

ZÁVĚREM

Pylová zrna jsou fascinujícími objekty – nejen způsobem vzniku, ale také svou morfologií a především schopností přetrvávat roky v nezměněné podobě. Díky trvanlivosti a morfologické různorodosti mohou být využívána v rekonstrukcích

proměn vegetačního krytu krajiny po době ledové i v kriminalistice. Všudypřítomnost pylových zrn a jejich jednoduchá zpracovatelnost umožňuje se základy pylové analýzy a forenzní palynologie seznámit za pomoci atraktivního mikroskopického praktika také žáky základních a středních škol.

Poděkování

Vznik tohoto článku byl finančně podpořen projektem PRVOUK P15 a Fond F PedF UK.

Literatura

- AICHELE D. A GOLTEOVÁ-BECHTLEOVÁ M. (1996): *Co tu kvete? Kvetoucí rostliny střední Evropy*. Ikar: edice Průvodce přírodou, 430 str.
- Altrichterová Dana (2011): *Mikroskopická analýza medu a její význam při hodnocení medu*. Diplomová práce Mendelovy univerzity v Brně, Agronomické fakulty. 73 str.
- BRYANT V. M. A JONES G. D. (2006): Forensic palynology: Current status of a rarely used technique in the United States of America. *Forensic Science International* 163: 18–197.
- DVOŘÁK JIŘÍ (2012): *Rostlinopis aneb Podivuhodné pravdy a výmysly ze zeleného světa*. Baobab, 68 str.
- MILDENHALL D. C., WILTSHIRE P. E. J. A BRYANT V. M. (2006): Forensic Palynology: Why do it and how it works. *Forensic Science International* 163: 163–172.
- Mildenhall D.C. (2006): *Hypericum* pollen determines the presence of burglars at the scene of a crime: An example of forensic palynology. *Forensic Science International* 163: 231–235.
- POKORNÝ PETR (2011): *Neklidné časy. Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí*. Dokořán Praha, 369 str.
- SLAVÍKOVÁ ZDEŇKA (2002): *Morfologie rostlin*. Karolinum: učební texty Univerzity Karlovy v Praze, 218 str.
- VINTER VLADIMÍR (2008): *Rostliny pod mikroskopem (základy anatomie cévnatých rostlin)*. Univerzita Palackého v Olomouci, 186 str.
- VOTRUBOVÁ OLGA (2010): *Anatomie rostlin*. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze, nakladatelství Karolinum Praha, 192 str.