



50 let

poznáváme svět rostlin

Ústav experimentální botaniky AV ČR (ÚEB) sídlí v Praze a Olomouci. Většina pražské části se v současnosti nachází v akademickém areálu Lysolaje, kde byla v roce 2012 dostavěna nová budova, do níž se přestěhovala tři dislokovaná pracoviště. V Praze působí dvanáct laboratoří, jež zkoumají hormonální regulace a přenos signálů u rostlin, fyziologii stresu a odezvu po napadení patogeny jako projevy na úrovni orgánů, buňky nebo genomu či biotechnologie. Kolegové z olomoucké části se začátkem roku 2013 rovněž stěhují, a to do nových budov postavených v rámci OP Výzkum a vývoj pro inovace. V Olomouci má ÚEB laboratoře dvě – ovšem o to významnější. Zabývají se různými aspekty růstových regulátorů a strukturní a funkční genomikou rostlin. Těžištěm zaměření ústavu je základní výzkum. Avšak například problematika šlechtění jablek je skvělým příkladem propojení základního výzkumu s aplikovaným výstupem.





FOTO: ARCHIV MÚJA AV ČR

Historický snímek Ctibora Blatného (vlevo) a Bohumila Němce z roku 1963

Rodištěm Ústavu experimentální botaniky se 1. ledna 1962 stala budova s adresou Na Cvičišti 2 v Praze-Dejvicích. Novorozeně bylo hybridem dvou téměř deset let koexistujících organizačních složek Biologického ústavu ČSAV – oddělení fytopatologie a oddělení fyziologie a genetiky rostlin. Nešlo však o rovnocenné partnerství. Fytopatologická část zaměřená na virologii kulturních rostlin představovala jistou kontinuitu s předválečným výzkumem; nositelem této kontinuity byla charismatická osobnost prof. Ctibora Blatného, jehož badatelská zkušenost a profesní věhlas zformovaly kvalitní, metodicky komplementární tým virologů (dr. Jaroslav Brčák, dr. Milan Čech, dr. Jiří Pozděna). Ctibor Blatný se také stal prvním ředitelem nově založeného ústavu.

Pro skupinu rostlinných fyziologů a genetiků byla charakteristická pestrost témat, nedostatek badatelských zkušeností a přebytek entuziasmu. Vedoucí oddělení doc. Rudolf Řetovský postrádal ambici koncepčního soustředění. Nově přijímaní aspiranti tak často zabírali některou z bezpočtu volných tematických nik a zakládali nové směry výzkumu. Na ploše jednoho oddělení se tudíž sešla pestrá směsice vědeckých disciplín: cytologie, radiační genetiky, studium vodního režimu, fotosyntéza, rostlinná imunogenetika, mutageneze, ontogenetický vývoj zaměřený na indukci kvetení, fyziologie oplození.

Ještě v roce založení ústavu se jeho součástí stalo oddělení radiobiologie, a to převedením Centrální laboratoře pro využití izotopů v zemědělství. Organizační výbavu doplňovala i historická (od roku 1914) Sběrka autotrofních organismů a pracoviště Atlasu anatomie kulturních rostlin – obojí na Přírodovědecké fakultě UK v Praze, oddělení pro studium životních dějů filmem na Vysoké škole zemědělské a lesnické v Brně, oddělení půdní ekologie v Praze 4 a Biotechnologické oddělení v Praze 6, byť mimo hlavní budovu. V rámci působnosti Kolegia vědeckých základů zemědělství ČSAV tak vznikl ústav nadaný velkou tematickou šíří a topografickou rozlehlostí. Jaké byly jeho první kroky?

Za teoretickou základnu raného období lze považovat monografii Ctibora Blatného a Ctibora Blatného ml. *Viroví původci chorob rostlin* a knihu Evy Petřů a Rudolfa Řetovského *Rostlinné explantáty*. Oba tituly vyšly v nakladatelství ČSAV v roce 1956 – tedy ještě před založením ústavu. Za hendikepy byly od samého počátku pocítovány absence přímého kontaktu s prestižními vědeckými centry (zejména v západních zemích), obtíže s mezinárodní prezentací vlastních originálních sdělení a neadekvátní přístrojové vybavení či nedostatečné metodické zkušenosti; především oddělení fyziologie rostlin věnovalo těmto otázkám mimořádnou pozornost a podnikalo kroky k nápravě.

V první fázi v roce 1957 vznikl z iniciativy dr. Bohdana Slavíka a pod záštitou nestora rostlinných biologů prof. Bohumila Němce mezinárodní časopis *Biologia Plantarum*, který pokrýl tematické spektrum fyziologů, genetiků a částečně i fytopatologů. V roce 1966 se jako první na světě s užším zaměřením na výzkum fotosyntézy objevila *Photosynthetica* redigovaná dr. Zdeňkem Šestákem. Obě periodika vydává ústav dodnes a na rozdíl od většiny časopisů publikovaných pracovišti AV ČR na nich i vydává.

Ústav výrazně investoval též do pořádání mezinárodních setkání. V letech 1962–1967 uspořádal sedm oborových symposií, z toho dvě jako domácí setkání s mezinárodní účastí a pět jako úzce profilované mezinárodní události; dále se výrazně podílel i na mendelovském jubilejním sympoziu z roku 1965.



FOTO: ANTONIA GIBALOVÁ, ARCHIV ÚEB AV ČR

Dvě pylová zrna huseničku rolního (žlutě) v otevřeném prašníku. Počítačově obarvený snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu.

Protože čeští vědci měli tehdy velmi omezené možnosti při navazování osobních kontaktů s vědci z demokratických zemí, zahraniční odborníci přijížděli do Československa za nimi. Vklad amatérské organizační práce zaměstnanců ústavu se tak bohatě vyplatil. Zejména symposia pořádaná na zámku v Liblicích se stala v některých oblastech vývojové biologie pojmem; ale teprve až ve 21. století budou vědečtí hosté navštěvovat ústavní konference z prostého důvodu, že oborová prestiž nedovolí nepřijet.

Obecně pocítovaný nedostatek zkušeností napravovaly systematicky vydávané metodické příručky pro studium vodního režimu či některých oblastí fotosyntézy, které vycházely v nakladatelství Academia. Normu představovaly také pro další domácí instituce včetně vysokých škol a v několika případech je dokonce převzala i zahraniční nakladatelství. V tomto kontextu připomeňme i hobbystické úsilí přerůstající až do profesionálního perfekcionismu, s nímž ústav vyrovnával nedostatek zahraničních přístrojů; v jeho dílnách i dílnách Entomologického ústavu byly například vyvinuty a realizovány klimatické komory odpovídající mezinárodním standardům. Jednu dobu byla v ústavu vydávána i jakási obdoba bibliografického přehledu *Current Contents*. Pravidelně vycházely bibliografické sborníky zahrnující fotosyntézu a vodní režim rostlin s přílehlými oblastmi.

Poločasem padesátileté cesty ústavu bylo rozhodnutí prezidia ČSAV z ledna 1990, které zastavilo tehdy realizovaný přesun do vznikajícího akademického centra v Českých Budějovicích.

Jak vypadaly vědecké výsledky instituce v jejím prvním poločase? Základní směry výzkumu se stabilizovaly, jak dokládají názvy oddělení, koncem osmdesátých let: fyziologie rostlinné patologie; fyziologie fotosyntézy; mutační genetiky; biologie pylu; fyziologie vývoje; rostlinných biotechnologií (v Olomouci). Po dlouhou dobu byl ústav vedoucím domácím pracovištěm využívajícím molekulárních technik pro charakteristiku a identifikaci virů hospodářských plodin. S úmrtím zakladatelů této problematiky nastal posun směrem k metabolickým projevům patogenních činitelů. Odešli i představitelé serologického a imunologického studia bílkovin v semenech kulturních rostlin z čeledi bobovitých, které bylo prioritně využito v taxonomii. Ústav udával po celé období tón v biotechnologickém využití explantátů, a to nejen na domácím hřišti, ale i ve státech Rady vzájemné hospodářské pomoci (RVHP).

Připomeňme také studia cytologické, karyologické a genetické stability na úrovni kalusů, buněk a protoplastů či zavádění somatické embryogeneze. Výrazně se profiloval výzkum rostlinných hormonů, jenž úspěšně pokračuje dodnes. Charakterizovány byly metabolické cesty biosyntézy krále hormonů – auxinu. Pro tento výzkum byl využit i přenos



OBĚ FOTA: JAN KOLAŘ, ARCHIV ÚEB AV ČR

Zatímco J. G. Mendel křížil hrách, naši vědci kříží hlavně huseniček rolní, nejpoužívanější pokusnou rostlinu dneška. Vybrané květy se nejdřív zbaví tyčinek a poté se oplodní pylem z huseničku, který chceme použít jako otce. Nakonec se květy zabalí do kousku potravinářské fólie, jak je vidět na snímku. Fólie chrání před náhodným opylením jinou rostlinou a zaručuje, že po dozrání plodů nevypadají semena na zem.



Rostliny huseničku rolního pěstované hydroponicky, tedy v živném roztoku. Kořeny prorůstají otvorem v bílé plastové desce (opatřeném zátkou z minerální vlny) volně do roztoku, což má dvě výhody. Lze přesně kontrolovat přísun minerálních živin a také snadno odebrat vzorky kořenů, aniž by se poškodily při vyrývání z půdy.

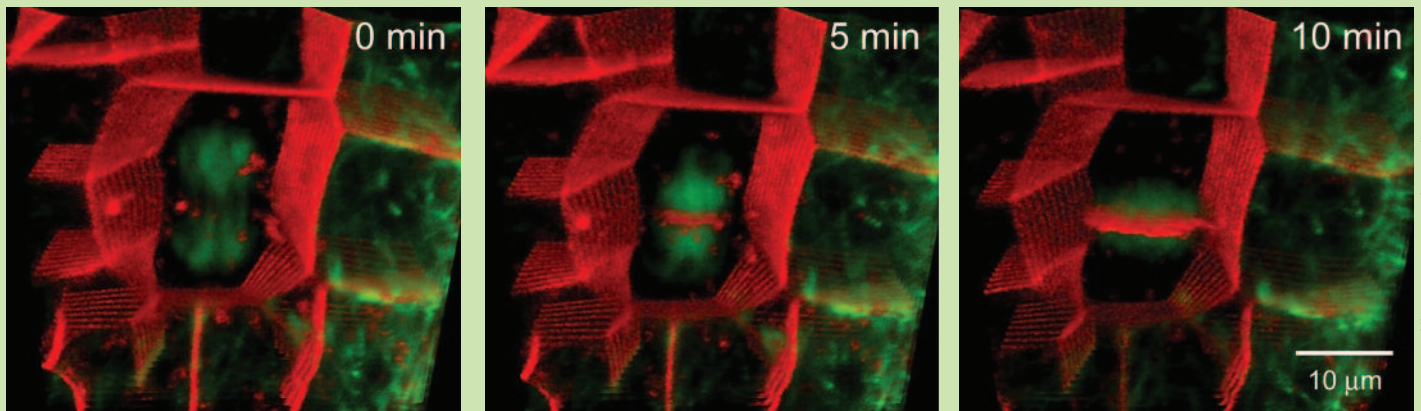


FOTO: LUKÁŠ SVNEK, ARCHIV ÚEB AV ČR

Unikátní pohled do špičky kořene živého huseníčku rolního. Konfokální mikroskop umožnil trojrozměrně sledovat různá stadia dělení buňky v čase. Zelený fluorescenční protein (GFP) značí mikrotubuly – v dělicí se buňce uprostřed je patrný zbytek dělicího vřeténka. Červené barvivo (FM4-64) zvýrazňuje plazmatickou membránu a také váčky, které přinášejí materiál na stavbu buněčné destičky. Tu pozorujeme jako zvětšující se přepážku, která postupně odděluje dceřinné buňky.

genů z bakteriálních Ti- a Re- plazmidů do rostlin. Badatelé testovali i rostliny s těmito vnesenými geny, jež by byly využitelné v okrasném zahradnictví a bramborářství; zde ústav značně předběhl dobu. Výrazných úspěchů dosáhlo při studiu biologie klíčení pylu a opylení *in vitro*.

Vědci z ústavu rovněž zahájili šlechtění rezistentních odrůd jableň odolných vůči strupovitosti a padlí s využitím genových zdrojů z planého druhu jableň mnohokvěté. Ústav začal využívat huseníček rolní (*Arabidopsis thaliana*), který se později stal univerzální pokusnou rostlinou v oborech fyziologie a genetiky.

Na tomto druhu bylo zjištěno, že rostliny metabolizují látky ze skupiny nitrosaminů na mutagenní produkt. U ječmene byla mezi vyššími rostlinami poprvé prokázána reparace DNA – tj. opravování poškozené dědičné informace biochemickými mechanismy uvnitř buněk. Ústav představoval také vedoucí pracoviště ve výzkumu ontogeneze bylin se zaměřením na vliv délky dne na přechod rostlin do reprodukční fáze. Studium fotosyntézy pro změnu přineslo originální výsledky týkající se vývoje fotosyntetického aparátu a fotosyntézy v systémech *in vitro*. Započalo se i studium rostlinného genomu.



FOTO: PETR KLIMA, ARCHIV ÚEB AV ČR

Ve sklenicích ÚEB, které disponují systémem pro automatickou kontrolu teploty a osvětlení, se lze setkat s nejrůznějšími pokusnými rostlinami, např. huseníčkem, tabákem, merlíkem, silenou či kukuřicí.

Dne 1. července 1990 se ústav rozdělil; přemístování do Českých Budějovic bylo zastaveno a jeho pražská část rehabilitována. Z pracoviště v Českých Budějovicích vznikl Ústav molekulární biologie rostlin, zatímco pracoviště v Praze a Olomouci dále pokračovala jako Ústav experimentální botaniky. To však nebyla jediná změna. Po pádu železné opony bylo konečně možné svobodně navazovat kontakty s významnými vědeckými týmy z vyspělých zemí, čehož vědci naplno využili. Postupně se rozšiřovaly možnosti výměnných pobytů, takže dnes je i pro talentované diplomanty nebo doktorské studenty pracující v ústavu běžné strávit několik měsíců na partnerských pracovištích v Evropě či v USA. Ústav nevysílá pouze vlastní vědce, zve rovněž odborníky ze zahraničí. Příkladem je úspěšná konference *Auxins and Cytokinins in Plant Development* věnovaná rostlinným hormonům auxinům a cytokininům, kterou ústav pořádal v Praze v letech 1999, 2005 a 2009.

Devadesátá léta 20. století přinesla v celém světě masivní nástup technik molekulární biologie i pokročilých chemicko-analytických metod (například hmotnostní spektrometrie)

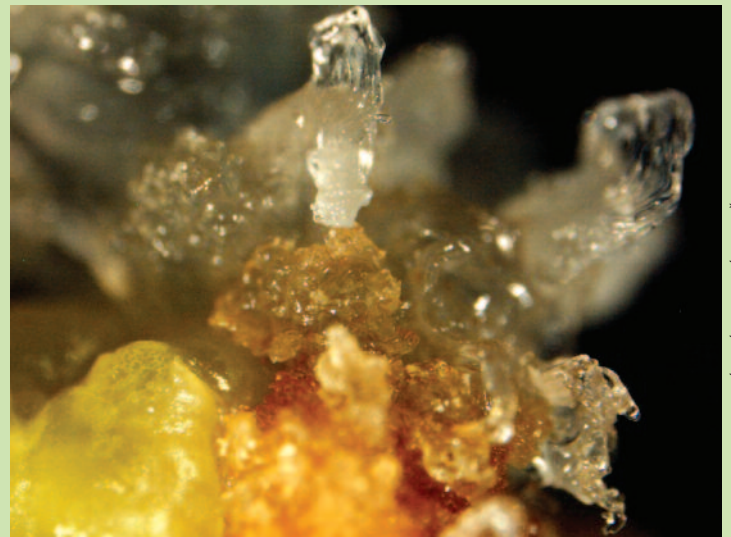


FOTO: ZUZANA VONDRÁKOVÁ, ARCHIV ÚEB AV ČR

Na snímku nejsou kupodivu krápníky z ledové jeskyně, ale rostlinná pletiva. Jde o pohled na tkáňovou kulturu smrku, v níž vznikají nové zárodky (somatická embryogeneze).

do experimentálního výzkumu rostlin. Významným protagonistou těchto změn byl dr. Jiří Velemínský – do roku 1998 ředitel ústavu a výrazná osobnost transformace Akademie po sametové revoluci.

ÚEB se s novou situací vyrovnal a postupně modernizoval jak výzkumné zaměření, tak i přístrojové vybavení. V současnosti je v obou ohledech na úrovni, která obstojí ve světové konkurenci. Dokládá to počet publikací v kvalitních odborných časopisech, na nichž se podíleli pracovníci ústavu: během let 2005–2012 publikovali například sedm článků v prestižních vědeckých časopisech *Nature* a *Science* nebo 14 článků v *Plant Cell* – jednom z nejlepších periodik v oboru rostlinné biologie.

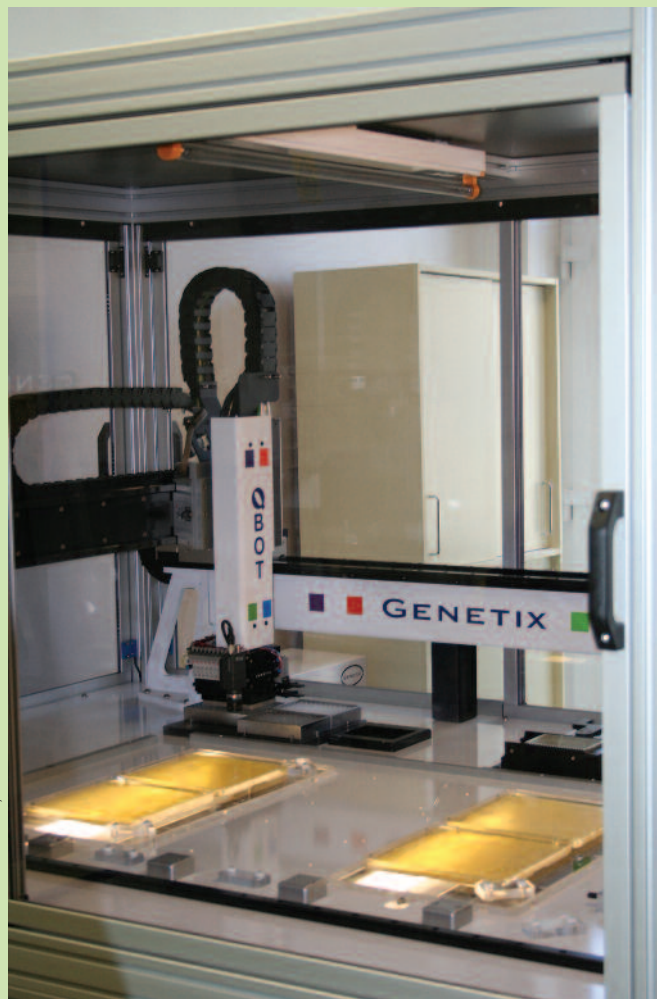


FOTO: GABRIELA ADÁMKOVÁ, AKADEMICKÝ BULLETIN

←
Q-BOT je jeden z robotů používaných pro práci v ústavu. Na snímku právě přenáší jednotlivé klony bakterií nesoucí různé úseky DNA z genomu pšenice do tzv. mikrodestiček. Velké množství takových klonů tvoří DNA knihovnu. Q-BOT dokáže přenést zhruba 2000 klonů za hodinu.

Buněčná kultura tabáku. Zeleně je označen protein PILS3, jež se v buňce nachází hlavně v membráně endoplazmatického retikula.

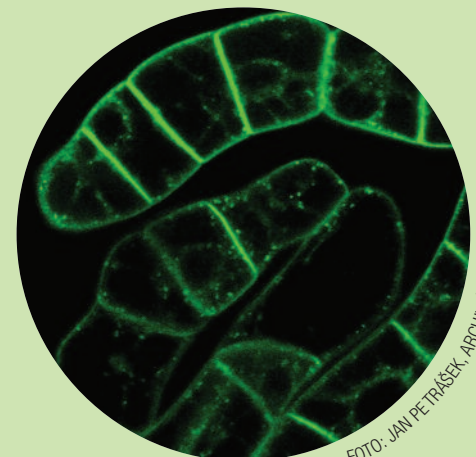


FOTO: JAN PETRÁŠEK, ARCHIV ÚEB AV ČR



FOTO: ZUZANA VONDRÁKOVÁ, ARCHIV ÚEB AV ČR



Příčný řez šiškou jedle kavkazské (*Abies nordmanniana*).
Jde o jeden z druhů testovaných pro tvorbu somatických embryí.

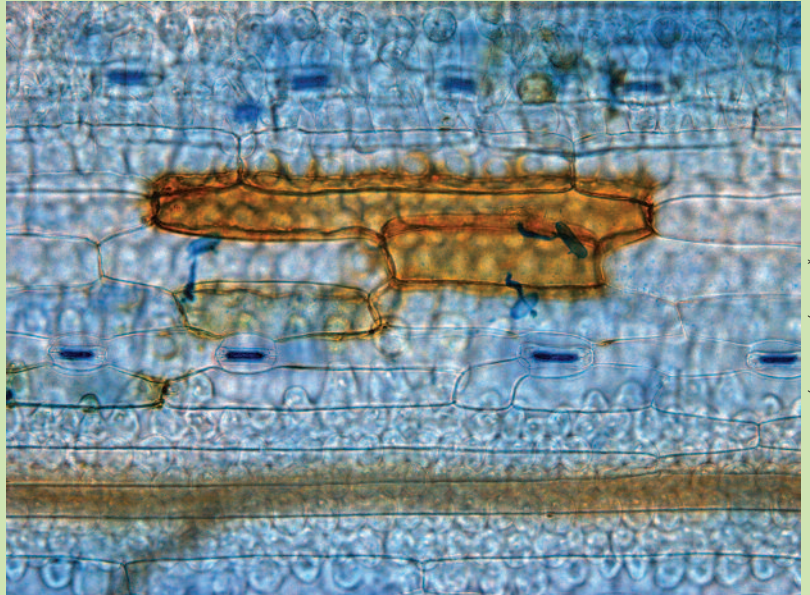
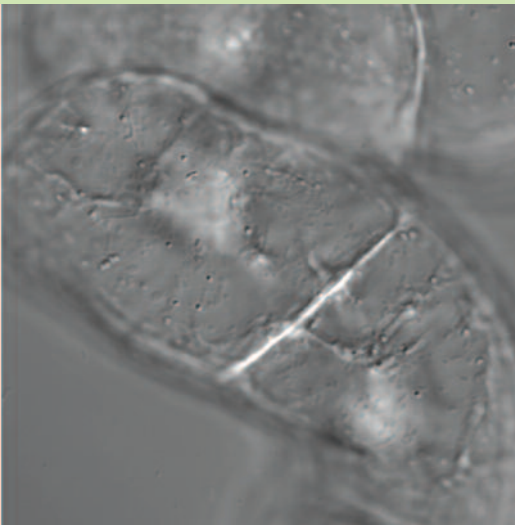


FOTO: VENDULA HEMZALOVÁ, ARCHIV ÚEB AV ČR

→
Pokožka listu ječmene nakažená padlím travním (*Blumeria graminis*, f. sp. hordei). Hnědé zbarvení zviditelňuje tvorbu peroxidu vodíku, kterým se napadené buňky snaží zabránit houbové chorobě v pronikání do pletiva. Spory patogena zde vypadají jako malé modré oválky. Některé z nich klíčí vláknem, přičemž spouštějí obrannou reakci rostliny.



←
Tabák virginský je důležitou pokusnou rostlinou. V r. 1920 se díky němu zjistilo, že kvetení mnoha druhů je řízeno délkou dne. Byl první rostlinou, do níž se podařilo přenést cizí gen. Pomohl tak vyvinout dvě technologie, bez kterých by se dnešní biologie jen těžko obešla.

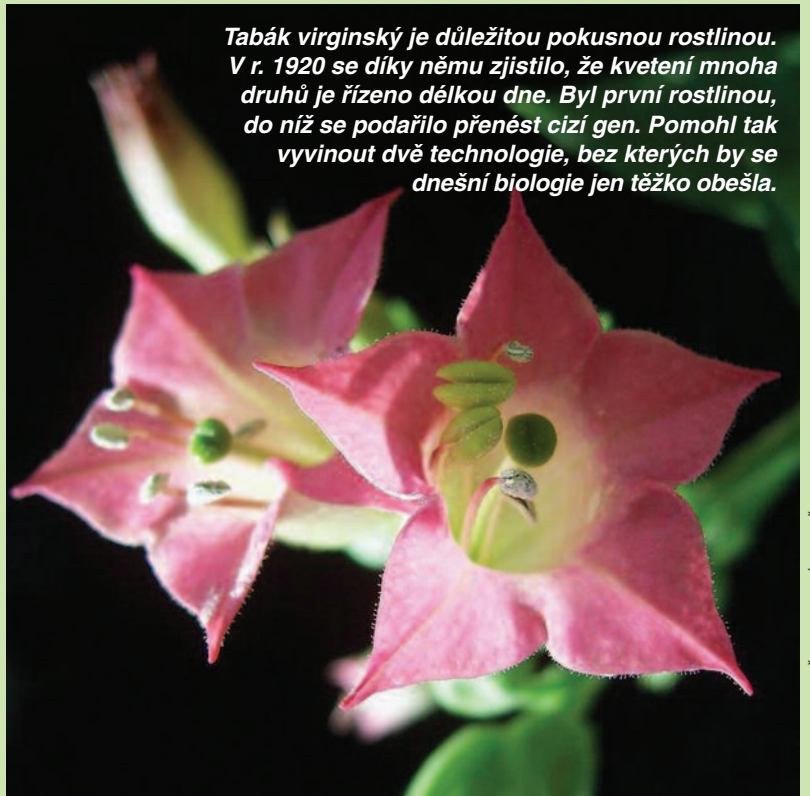
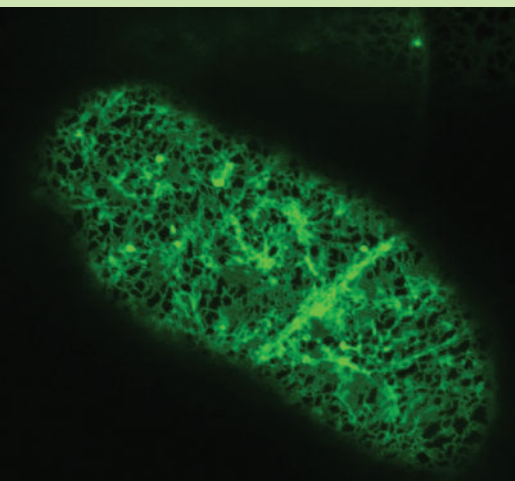


FOTO: JAN MATOUŠEK, ARCHIV ÚEB AV ČR

FOTO: JAN PETRÁŠEK, ARCHIV ÚEB AV ČR



Endoplazmatické retikulum je síť váčků a kanálků uvnitř buňky s mnoha nepostradatelnými funkcemi. V normálním světelném mikroskopu je obtížné ho pozorovat (nahore). Pokud je ale označeno zeleně světélkujícím proteinem GFP (dole), vynikne jeho komplikovaná struktura.



Skleník s tabáky na pracovišti v Praze-Lysolajích. Zatímco farmáři pěstují tabák kvůli listům, naši vědci sklízají květní poupata. Získávají z nich pyl – buď zralý, nebo v různých stadiích vývoje. Používají jej pro výzkum pozoruhodných biologických pochodů, které se v něm odehrávají.

V posledních dvaceti letech se ústav věnuje mnoha výzkumným tématům. Zmíňme alespoň několik, v nichž naši vědci dlouhodobě patří ke světové špičce a efektivně spolupracují se zahraničními partnery. Laboratoř hormonálních regulací u rostlin, kterou v současnosti vede doc. Eva Zažímalová, zkoumá rostlinné hormony, a to především auxiny a cytokininy, jejich metabolismus a funkce ve vývoji rostlin. Nejúspěšnější je studium bílkovin, které přenášejí auxin mezi buňkami nebo uvnitř buněk, čímž regulují vzhled a růst rostlin i jejich reakce na vnější podmínky. Tým

dr. Viktora Žárského (Laboratoř buněčné biologie) se věnuje buněčné biologii. Jako první prokázal u rostlin existenci důležitého bílkovinného komplexu exocyst, jenž byl předtím znám pouze u živočichů a kvasinek. Vědci z týmu následně prokázali, že exocyst hraje zásadní roli při růstu a dělení rostlinných buněk.

V Olomouci má ústav dva excelentní týmy. Laboratoř růstových regulátorů vedená prof. Miroslavem Strnadem, která je společným pracovištěm ústavu a Univerzity Palackého, se zaměřuje na výzkum molekul regulujících buněčné dělení a růst.



Den otevřených dveří 2010, ÚEB Olomouc. Mutanti huseničku rolního jsou oblíbené „pokusné myši“ rostlinných biologů.



Den otevřených dveří 2011 v ÚEB Praha-Lysolaje. Rostliny pěstované ve sterilních podmínkách na agarovém médiu jako suvenýr.



Ve Výzkumné stanici Střížovice vědci z ÚEB šlechtí jabloně, aby byly odolné proti chorobám – hlavně strupovitosti, vážnému houbovému onemocnění. Vyšlechtěné odrůdy jsou licenčně množeny v Evropě a v USA, zejména pro ekologické ovocnářství. V Evropské unii je chráněno Odrůdové právo Společenství, v USA rostlinný patent. Na snímku odrůda Opal.

Studium rostlinných hormonů cytokininů zde vedlo k objevu pozoruhodných látek. Některé omlazují pleť a pomáhají léčit kožní choroby: první z těchto sloučenin je pod obchodním názvem Pyratine již na trhu s kosmetickými přípravky. Jiné látky mají slibné protinádorové účinky, které se nyní ověřují v laboratorních či klinických testech. Skupina doc. Jaroslava Doležela (Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin) se specializuje na genomiku – analýzu genomů, tj. kompletní genetické informace organismů; doc. J. Doležel s kolegy vyvinul unikátní metodu třídění chromozomů podle velikosti pomocí takzvané průtokové cytometrie. Metoda výrazně zjednodušuje analýzu komplikovaných genomů, jaké mají například některé obilniny. Laboratoř se účastní velkých mezinárodních projektů, jejichž cílem je sekvenovat („rozluštit“) dědičnou informaci pšenice, ječmene či banánovníku. Znalost genomu v budoucnosti pomůže šlechtitelům při vytváření odrůd zemědělských plodin, které budou mít vyšší výnosy a budou odolnější proti škůdcům, chorobám či extrémnímu počasí.

Součástí ústavu je i Stanice šlechtění jabloně na rezistenci k chorobám (dr. Jaroslav Tupý), jež se věnuje šlechtění jabloní odolných proti vážným houbovým chorobám – strupovitosti a padlí jabloňovému. Proti těmto chorobám není třeba odolné odrůdy chránit chemickými postřikami nebo jsou postřiky nutné jen v minimální míře. Znamená to úsporu nákladů a šetrnější přístup k životnímu prostředí. Odrůdy jabloní z ÚEB jsou oblíbené v Evropě i v USA. Ročně se prodá téměř jeden milion stromků a příjmy z licencí dosahují několika milionů korun; v posledních letech slaví na americkém trhu úspěchy odrůda Opal.

Přílohu připravila redakce Akademického bulletinu.

Z repertoáru ústavu nezmizelo ani tradiční zakladatelské téma – fytopatologie. Směřováno je na přípravu monoklonálních protilátek proti virům, na odvození rekombinantních molekul cizorodých proteinů k vývoji jedlých vakcín nové generace; studují se obranné reakce rostlin při interakci s virovými, houbovými a bakteriálními patogeny.

Olomoucká pracoviště ústavu se v rámci OP *Výzkum a vývoj pro inovace* podílejí na realizaci Centra regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum, jež bude dokončeno v tomto roce. Centrum představuje moderní infrastrukturu soustředěnou na proteinové biotechnologie, získání nových materiálů a metod pro šlechtění rostlin a vývoj rostlinných biotechnologií.

Ústav experimentální botaniky, kde dnes pracuje přibližně dvě stě zaměstnanců, má tedy ze své padesátileté historie na co navazovat. Úspěchy z posledních let jsou navíc vynikajícím příslibem, že bude i do budoucna důležitým hráčem na poli rostlinné biologie – a to jak v České republice, tak i ve světě. ■

JAN KREKULE a JAN KOLÁŘ,
Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.

Tabák infikovaný virem tabákové mozaiky. Infekce je zviditelněna zeleným proteinem (GFP), který virus produkuje.

