



Jaroslav Doležal

FOTO: ARCHIV J. DOLEŽALA

Genom pšenice?

17 miliard písmen. Přečteno

Z centra Olomouce trvá cesta patnáct minut. Na konečné zastávce se ocitnete mezi poli. Mimo jiné tu ale stojí laboratoř molekulární cytogenetiky a cytometrie, která je zřejmě nejlepší na světě ve čtení genomu pšenice. Podílí se tak na možném převratu v pěstování základních plodin a změně představ o potravinové bezpečnosti. A je také v centru diskusí o bezpečnosti geneticky modifikovaných organismů. O všech těchto tématech, a také o financování vědy, politikách, krizi demokracie a dědictví kolonialismu jsme hovořili s vedoucím olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky Akademie věd ČR prof. **Jaroslavem Doležalem**.

Michal KOMÁREK

V minulém roce se váš tým proslavil po celém vědeckém světě, když jste v časopise Science spolu s kolegy z jiných laboratoří informovali o velkém pokroku při čtení genetického kódu pšenice. Než se k tomu dostaneme, chtěl bych slyšet o vašem starším výzkumu. Případá mi totiž zajímavé, jak na sebe jednotlivé fáze výzkumu navazují...

Ano, to určitě zajímavé je. A politikům se obtížně vysvětluje, že necílený základní výzkum může vyústit v prakticky využitelné aplikace někdy až za deset nebo dvacet let. Teprve až to pochopí, mohou kvalifikovaně rozhodovat o financování vědy. Jenže většina politiků takové informace nemá a obávám se, že někteří je ani nehladají.

V osmdesátých letech jste začínal v oblasti rostlinných biotechnologií a podílel jste se na vývoji metod pro množení rostlin „ve zkuševacích“. Tehdy tento obor představoval špičku v rostlinné biologii a očekávaly se významné dopady v praxi.

Ano, a znalosti získané v té době dnes považujeme za samozřejmé a metody v té době vyvinuté jsou ve velkém rozsahu v praxi skutečně používány. Ale i výzkum v osmdesátých letech stavěl na předchozím bádání a počátky rostlinných biotechnologií můžeme zjednodušeně řečeno hledat v době, kdy někdo ulomil kus stonku a zkoušel, jestli z úlomku vyroste rostlina. Postupně byly získávány další poznatky a podařilo se vypěstovat celou rostlinu například jen z malého kousku listu a nakonec i z jediné buňky. Ale zpátky k našemu výzkumu – máme například zajímavý program, jehož cílem je získávat nové poznatky pro šlechtění trav, na kterém se dá dobře ukázat význam výzkumu pro praxi.

Tak pojďme na šlechtění trav...

Možná nevnímáme samozřejmost, že trávy patří k velmi důležitým rostlinám, je na nich závislá výroba masa a mléka, jejich pěstování přispívá k ochraně půdy před erozí a k zadržování vody v krajině. Každý z těchto účelů vyžaduje jinou odrůdu nebo směs odrůd a šlechtitelé se snaží přicházet s novými odrůdami s požadovanými vlastnostmi. Někdy v devadesátých letech nás kontaktovali s prosbou o pomoc při charakterizaci nových typů trav. Ukázalo se, že můžeme využít tzv. průtokovou cytometrii, kterou jsme jako jedni z prvních na světě modifikovali pro použití u rostlin.

Průtokovou cytometrii?

Metoda byla vyvinuta pro rychlé počítání a analýzu krevních buněk a našla obrovské uplatnění v lékařském výzkumu i praxi. My jsme ji zpočátku používali pro analýzu tkáňových kultur rostlin a rozhodně jsem netušil, že by mohla najít i praktické uplatnění. Dnes je průtoková cytometrie používána při šlechtění mnoha plodin na celém světě.

Takže jste byli připraveni na zadání od šlechtitelů...

Naši kolegové šlechtitelé křížili dva různé druhy s cílem získat odrůdu, která od každého z rodičů zdědí ty lepší vlastnosti. Ukázalo se však, že nevědí, jaká je struktura dědičné informace nově získaných hybridů. Zjednodušeně řečeno, co zdědily od jednoho rodiče a co od druhého. Pro nás to byla rutinní záležitost a pomocí metod, které jsme dříve vyvinuli, jsme dokázali určit, které části dědičné informace pocházejí od kterého z rodičů. Šlechtitel tak získal možnost zjistit, jak má vypadat dědičná informace hybridní odrůdy s určitými vlastnostmi. A podobnou genezi měla i naše práce zaměřená na studium dědičné informace pšenice.

Tím se dostáváme ke čtení genetického kódu pšenice, kde patříte k absolutní světové špičce.

Začalo to podobně jako u trav. Věnovali jsme se analýze chromozomů, což jsou zjednodušeně řečeno jednotky o velikosti asi tisíce milimetrů, na něž je dědičná informace rozdělena. Pšenice jich má 21 párů. A jako jiné vědecké týmy, i my jsme chromozomy analyzovali pomocí mikroskopu a studovali jsme změny jejich počtu a struktury. Mou ambicí ale bylo analyzovat je pomocí průtokové cytometrie. V té době to byl klasický necílený základní výzkum a jen jsme doufali, že nám to umožní rychlejší a přesnější analýzy. Už si nevzpomenu, co všechno jsme od této práce očekávali, ale rozhodně nikdo nemluvil o čtení genomu pšenice. V té době by si asi všichni mysleli, že jsme přišli o zdravý rozum. Ale my jsme tu metodu vyvinuli a dnes má velký význam.

Chápali jste od začátku, co se vám vlastně podařilo?

Už v době vypracovávání naší metody se začalo ukazovat, že by mohla mít význam při odhalování struktury dědičné informace rostlin a jejich změn v průběhu evoluce a vzniku druhů. Postupně byly vyvíjeny nové metody molekulární biologie, včetně čtení dědičné informace (sekvenování DNA) a najednou se ukázalo, že chromozomy, které umíme pomocí průtokové cytometrie třídit, jsou pro tyto metody vhodné. S tím jsme samozřejmě na začátku této práce nemohli počítat. A o dalších několik let později, kolem roku 2003 se začalo vážně uvažovat o přečtení celého genomu pšenice.

Pokračování na str. 2

hovory s profesory

Jaroslav Doležel



FOTO: ARCHIV J. DOLEŽELA

Dokončení ze str. 1

Takže už zadání z praxe.

První a do značné míry rozhodující setkání zainteresovaných výzkumných laboratoří se uskutečnilo v USA. Sešli se na něm experti z celého světa zkoumající dědičnou informaci pšenice, a to setkání bylo dost bouřlivé. Střetly se na něm totiž dvě koncepce – klasická, která vychází z toho, že se celá dědičná informace rozseká na malé kousky, ty se přečtou a pak se znovu skládají. Proti ní vystupovali především šlechtitelé z amerických univerzit, kteří nevěřili, že kvalita takto získaných výsledků umožní jejich brzké využití ve šlechtění. To je mimochodem velká výhoda amerických univerzit – na nich se „praxe“ a základní výzkum běžně setkávají. Na rozdíl od situace u nás, kde jsou základní a aplikovaný výzkum do značné míry vzájemně izolovány – jinam se chodí pro peníze na základní výzkum, jinam pro peníze na aplikovaný výzkum a všude můžete narazit na umělé bariéry. Šlechtitelé pšenice se začali hlasitě ozývat, že chtějí výsledky, které povedou k co nejrychlejším aplikacím, a že nechtějí „sekvenování pro sekvenování“. A to bylo velké štěstí pro nás. Náš přístup to totiž na rozdíl od toho prvního umožňoval. A měli jsme k dispozici metodu, kterou bylo možné okamžitě použít. Situace ale nebyla jednoduchá, protože vlivné laboratoře nechtěly připustit, že tak prestižní projekt bude založen na práci malého týmu z Česka, a to dokonce ani ne z Prahy! Ale dopadlo to dobře. Závěr byl, že světový projekt bude založen na práci naší laboratoře, která dědičnou informaci pšenice rozdělí na jednotlivé chromozomy, a že každý chromozom bude číst jiná laboratoř. Výhoda našeho postupu byla tedy i v tom, že umožňoval mezinárodní spolupráci.



Je jasné, že naše civilizace v Africe zcela selhala. Zločinem byla kolonizace, ale stejným zločinem bylo z těchto zemí náhle odejít a nechat je v tom samy.

Zní to už zase jako rutina, ale asi to není tak samozřejmé číst genetickou informaci pšenice...

Není, genom pšenice je asi šestkrát větší než genom člověka a čítá 17 miliard písmen dědičné informace! Takže náš přístup celý problém jeho čtení skutečně hodně zjednodušil. Nicméně k jisté rutině opravdu směřujeme – pšenice se už „jenom“ čte a jednotlivé laboratoře sdružené v mezinárodním konsorciu se věnují „svým“ chromozomům. Naše laboratoř sekvenuje jeden celý chromozom a poloviny dvou chromozomů. Důležité je, že průběžné výsledky jsou už nyní využí-

vány při izolaci důležitých genů a při zavádění nových metod šlechtění pšenice, které využívají metody molekulární biologie. Pro výzkumný program naší laboratoře je navíc důležité, že metoda třídění chromozomů průtokovou cytometrií není využitelná jen u pšenice, ale u mnoha jiných druhů rostlin, a díky tomu se podílíme na čtení dědičné informace mnoha dalších a důležitých druhů rostlin.

Předpokládám ale, že jen u té „rutiny“ nezůstáváte.

Mimo jiné se teď zabýváme dědičnou informací planých příbuzných druhů pšenice, a to považuji za velmi důležité. Je to ostatně opět příklad propojení základního a aplikovaného výzkumu. Z pohledu základního výzkumu nás zajímá, jak se tyto druhy vyvíjely a jak se jejich dědičné informace podobají té, kterou má pšenice. Praktické dopady naší práce se pak dotýkají šlechtění pšenice. Obrazně řečeno: Cestou dějinami jsme možná v důsledku šlechtění poztraceli geny, které nyní budeme potřebovat – třeba v důsledku změn klimatu nebo kvůli změnám způsobu pěstování. A plané druhy trav, které člověk nešlechtil, mohou právě tyto vlastnosti mít.

Čili podobně jako dříve u trav zkoumáte možnosti křížení různých odrůd pšenice?

Chceme získat poznatky, které šlechtitelům umožní co nejrychleji a cíleně vnášet geny planých druhů do vyšlechtěné pšenice křížením s těmito druhy. S tím souvisí i náš výzkum, který má odpovědět na otázku, jak se budou geny planého druhu po přenesení do pšenice chovat a jestli je možné takto šlechtit nové odrůdy. Dědičnou informaci tedy nejen čteme, ale studujeme i její chování.

Tím se dostáváme k dost bouřlivému tématu – a to jsou GMO, geneticky modifikované organismy. V Evropě vzbuzují odpor. Jak si to vysvětlujete?

Především tak, že v Evropě žijeme v nadbytku. Jdeme do obchodu a koupíme si tolik jídla, kolik chceme. A najednou nám někdo říká, že máme jíst potraviny připravené z geneticky modifikovaných plodin. Proč, říkáme si? Proč si komplikovat život a riskovat? Odpor vůči GMO je založený na neinformovanosti a kampaních odpůrců, které bývají obvykle založeny na poloprávdách. Žijeme v situaci, kdy nepociťujeme nedostatek potravin a většinou si ho ani neumíme představit. Ale pokud vezmeme v úvahu spíše konzervativní odhad, že na Zemi bude v roce 2050 o dvě miliardy lidí víc, pak už to bude problém pro všechny. Kritický nedostatek potravin a hlad vyvolává politickou nestabilitu a může mít například za následek migrační vlny, o kterých slyšíme už dnes.

Takže podle vás není důvod mít z GMO obavy?

Já sám bych byl pro předběžnou opatrnost v tom smyslu, že bych chtěl záruky, že se vnesená dědičná informace nemůže šířit mimo konkrétní GMO plodinu. Toho ale lze poměrně snadno dosáhnout. Jiná je ale situace, pokud jde o zasahování do dědičné informace člověka. Trpí-li někdo dědičnou chorobou a pomůže mu genetická léčba, pak jsem jednoznačně pro. Ale jsem proti tomu, aby někdo modifikace DNA prováděl tak, že se budou dědit a ve své DNA je ponesou naši potomci a budoucí generace. Při veškerém pokroku vědy toho víme příliš málo na to, abychom mohli předpovědět všechny možné důsledky.

Sám jste přece ale říkal, že nyní zkoumáte, jak se bude chovat gen plané trávy přenesený do šlechtěného druhu pšenice, a že to nevíte. Na tomto principu je přece založený princip „předběžné opatrnosti“ – že vědci nemohou garantovat, že rozšíření GMO nebude mít negativní důsledky. Že si sami nejsou jistí...

Účinky vnesené dědičné informace můžeme podrobně zkoumat. A na rozdíl od modifikací člověka můžeme „ne-

povedenou“ odrůdu jakékoliv plodiny bez problémů a bez dalších následků zlikvidovat, aniž by se vůbec dostala do zemědělské praxe a životního prostředí. Jenže, jak toto vysvětlit lidem, kteří nemají dostatek informací? Selhává zřejmě i popularizace vědy. A je to také past demokracie – po většině lidí nemůžeme chtít, aby měli nejnovější informace z každého vědeckého oboru. A přitom se ale podílejí na rozhodování. Protože jsou neinformovaní, mohou strhávat pokrok zpátky. Nevím, jak to řešit. Když o tom s kolegy diskutujeme, říkám s nadsázkou, že řešením je snad jediné osvícená diktatura.

Kritika namířená proti GMO a vědě obecně ale může být přece chápána i tak, že se ukazuje na zpupnost moderní západní vědy – jako by nám vědci říkali: „Můžete si dělat, co chcete, my vždycky přijdeme na nějaké řešení.“ Každoročně vyhazujeme stovky miliard tun potravin, neumíme účinně pomáhat chudým, ale to nevadí, protože vyvineme GMO potraviny a všichni budou mít dostatek jídla...

Ale to je jasné selhávání politiků a ne vědců! Vědci jsou spíše obětí beránky tohoto systému – snažíme se v naprosté většině a s nejlepším svědomím a co nejlépe dělat to, co umíme a máme dělat. Ale nemůžeme suplovat práci politiků. Západní demokracie spěje do krize i díky tomu, že politici jen neradi prosazují nepopulární a bolestivá opatření a neradi řeší s předstihem problémy, které přijdou až v budoucnosti. Obávám se však, že nikdo neví, co s tím... Takže i vztah naší bohaté západní civilizace k chudým zemím, jejichž obyvatelé často trpí podvýživou či hladem, je v pasti, ze které se neumíme dostat.

Docela dobře znám některé africké země. Je jasné, že naše civilizace v Africe zcela selhala. Zločinem byla kolonizace, ale stejným zločinem bylo z těchto zemí náhle odejít a nechat je v tom samy. V Ghaně třeba vidíte, že to, co tam postavili Angličané, tam je a postupně se rozpadá. To, co nepostavili, tam není. Na druhé straně vím, jak místní lidé těžce nesou, když z nich děláme „mladší bratry“. Docela jsme se do toho zamotali. Jak jim pomáhat, když oni sami to často nechtějí? A ani tu pomoc neumějí přijmout.

Jak to myslíte?

Kolega z jedné africké země mi říkal o projektu na zavedení pitné vody – za dvacet milionů dolarů z rozvojové pomoci by prý mohla být pitná voda v celé zemi. Ale nebude, protože těch dvacet milionů si mezi sebe rozkradou ministři a jejich nejbližší spolupracovníci. Politici mají velkou rodinu a nevědí, jak dlouho budou u moci, takže musí rodinu předzásobit. Jiná mentalita, obrovská korupce, absurdní demografická struktura, protože jsme uměle parcelovali území napříč kmeny. Když jim něco budete diktovat, tak to nesnesou, když je necháte být, tak to dopadne ještě hůř. Ale aby bylo jasno – nejsem rasista. Do Afriky jezdím hrozně rád a těším se, že naším výzkumem můžeme alespoň nějak pomáhat. Ale recept na řešení problémů takového rozsahu neznám. Hodně jsme toho pokazili a bude určitě dlouho trvat, než se to napraví.

Souvisí s tím další problematická věc, s níž se setkáváte v rámci svého výzkumu, a to je největší výrobce GMO, firma Monsanto. Pro některé kritiky se vlastně jedná o nový typ kolonizace – s politickou pomocí vlády dle nich monopolizuje trhy s plodinami v chudých zemích. Na drastické důsledky poukazoval například dokument Bitter Seeds o tom, jak stoupá počet sebevražd indických rolníků, kteří nemají peníze na to, aby své hospodaření přizpůsobili nárokům GMO bavlny, ale jinou bavlnu už nekoupí...

Četl jsem o obrovském počtu sebevražd indických rolníků, které ale neměly vůbec žádnou spojitost s používáním GMO plodin. Chtělo by to přesná čísla a obávám se, že v této souvislosti jsou často šířeny neověřené informace a polopravdy. Pokud jde o firmu Monsanto, nejví se mi jako nějaké monstrum. Navštívil jsem jejich výzkumné centrum v USA, a dokonce s nimi nepřímo spolupracujeme, i když ne na GMO. Monsanto má každopádně fascinující výzkum, kterému lze jen obtížně konkurovat. Příkladem může být i jejich nový projekt „precizního zemědělství“.

Co znamená?

Zní to jako „fantasmagorie“, ale před sto lety tak možná zněly i představy o nadzvukových letadlech. Základní myšlenka je vlastně jednoduchá – zmapujete si kvalitu půdy a vnějších podmínek na vašem pozemku – vlhkost, sluneční svit, orientace na světové strany – a pak na něj nevysejete jednu odrůdu, ale podle GPS souřadnic jednotlivých částí pozemku budete vysévat různé odrůdy tak, aby co nejlépe odpovídaly daným podmínkám. Takže pojede traktor s GPS, secí stroj bude mít zásobu třeba deseti odrůd a podle plánu je bude vysévat. Investují do toho programu obrovské peníze, a pokud to vyjde, propast mezi bohatým a chudým světem se zase o něco víc prohloubí. Upřímně, nevím co s tím.

prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc.
V roce 1978 absolvoval Vysokou školu zemědělskou v Brně. Vědeckou hodnost CSc. obdržel v roce 1983 v Ústavu experimentální botaniky (ÚEB) ČSAV a vědeckou hodnost DrSc. získal v roce 2001. V témže roce se na Univerzitě Palackého v Olomouci habilitoval pro obor botanika. Od roku 1983 pracuje v ÚEB postupně jako vědecký pracovník a vedoucí Laboratoře molekulární cytogenetiky a cytometrie, kterou založil. V letech 1985–1986 absolvoval postdoktorský pobyt na výzkumném ústavu ENEA v Římě. Vedoucím olomouckého pracoviště ÚEB AV ČR byl jmenován v roce 1997. Od roku 1992 působí externě na Katedře buněčné biologie a genetiky Univerzity Palackého, kde přednáší.