

Potraviny z mnoha úhlů

Program Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* se zabývá zajištěním dostatku kvalitních potravin. Vedle poznatků genetiky a genomiky ve šlechtění zemědělských plodin, na které se zaměřují v Ústavu experimentální botaniky AV ČR a Biofyzikálním ústavu AV ČR, se výzkumný tým Ústavu živočišné fyziologie a genetiky AV ČR zabývá molekulárními technologiemi pro šlechtění hospodářských zvířat, produkci, zpracování a využití potravin živočišného původu. Vědci z Mikrobiologického ústavu AV ČR se věnují pre-

venci nemocí trávicího traktu, především vlivu lepku a probiotik na zdraví člověka a také zkoumají, jak lépe využít mikrořasy ve výživě člověka a hospodářských zvířat. Pracovníci Ústavu chemických procesů AV ČR se zaměřují na výzkum cenných látek rostlinného i živočišného původu a jejich využití a vyvíjí nové biotechnologické postupy pro zpracování přírodních materiálů a biologického odpadu. Tým Sociologického ústavu AV ČR zjišťuje, proč lidé plýtvají potravinami, a přispívá k omezení zbytečných ztrát.

Světová věda z Hané

Jak šlechtit plodiny budoucnosti

V roce 2011 překročila světová populace sedm miliard, do roku 2050 přibudou nejméně další dvě miliardy. Dokáže naše planeta uživit rostoucí počet obyvatel? **Odpověď možná ukrývá i genom pšenice, v jehož výzkumu patří vědci z Akademie věd ČR mezi světovou špičku.**



prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc.

Koordinátor programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost*. Zabývá se strukturou a evolucí genomu rostlin a vede olomoucké Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin Ústavu experimentální botaniky AV ČR. Jeho tým patří ke světové špičce ve výzkumu dědičné informace hlavních zemědělských plodin (vedle pšenice i ječmene a žita) a také banánovníku. Podrobnější informace o programu na www.potravinyav21.cz.

Přelomové badání olomouckých expertů z Ústavu experimentální botaniky AV ČR při čtení genetické informace pšenice, která je jednou z nejvýznamnějších obilovin, a dalších zemědělských plodin se setkala s celosvětovým ohlasem a přispívá k řešení jednoho z aktuálních problémů budoucnosti lidstva.

V situaci, kdy extrémní výkyvy počasí ohrožují výnosy klíčových plodin, je stále jasnější, že jsme postupně vyčerpali možnosti klasických postupů šlechtění. Ke změně klimatu přispívá i současná civilizace a je logické, že s řešením musí přijít zase člověk.

Neohrozí některé oblasti světa dokonce hladomor? Otázka se v současnosti přímo nabízí: pokud by se totiž průměrná teplota na Zemi zvýšila, byť

„Získáváme poznatky, které přispějí ke kvalitní výživě rostoucí světové populace v době měnícího se klimatu.“

–Jaroslav Doležel–

jen o jeden stupeň Celsia, výnosy pšenice by mohly – také v závislosti na úbytku dostupné vláhy – klesnout až o 10 % a u kukuřice ještě výrazněji.

Historie potvrzuje, že obavy mohou být na místě. Podobné nebezpečí lidstvo již několikrát zažilo – naposledy docela nedávno. Populační exploze v Indii a v dalších zemích Asie, Afriky či Latinské Ameriky v šedesátých letech

minulého století vyvolala akutní nedostatek potravin a hrozící katastrofu odvrátilo až zavedení nových odrůd pšenice a rýže společně s moderní agrotechnikou včetně intenzivního hnojení. Zemědělská produkce se znásobila a otec tzv. zelené revoluce, americký agronom a šlechtitel Norman Borlaug, obdržel v roce 1970 Nobelovu cenu.

Norman Borlaug se od čtyřicátých let 20. století v Mexiku zabýval šlechtěním pšenice. Přispěl k vyšlechtění výnosných odrůd s kratším stonkem, které se rozšířily i do dalších rozvojových zemí. Díky nim dosáhl v Indii v roce 2000 hektarový výnos 2,9 tuny oproti 0,9 na počátku šedesátých let. Zatímco v roce 1967 spotřeboval běžný Ind potraviny s energetickou hodnotou 1875 kcal, v roce 1998 to bylo již

2466 kcal – navzdory tomu, že se za tu dobu populace v Indii prakticky zdvojnásobila!

Příliš jsme se ale nepoučili a podle hesla „problémy řešíme, až když nastanou“ neměly základní a aplikovaný výzkum v rostlinné biologii stejně jako šlechtění dostatečnou podporu. Kvůli opakovaným nebezpečím potravinových krizí se však ukazuje, že zřejmě přišla chvíle pro zelenou revoluci s pořadovým číslem dvě.

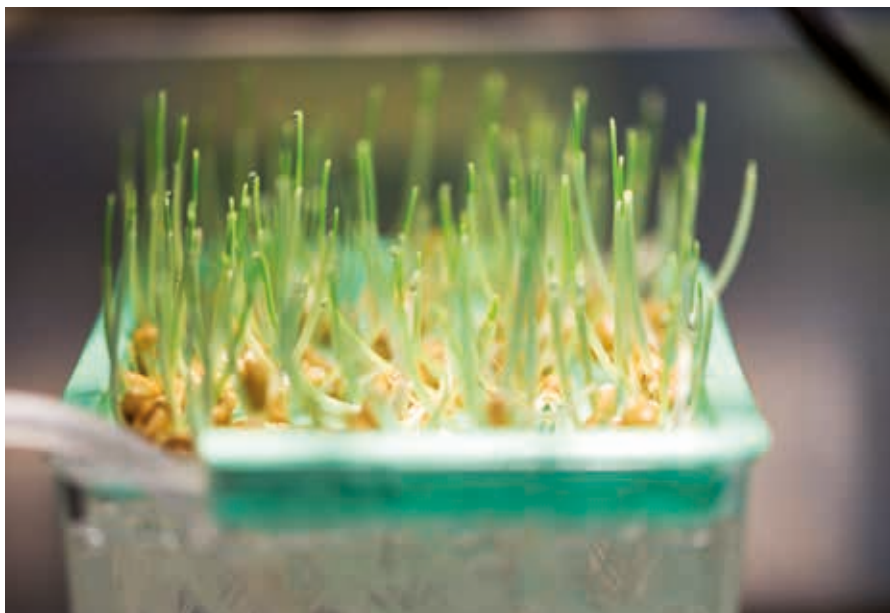
Velká čtyřka

Pšenice i další plodiny doprovázejí člověka již 10 tisíc let, kdy se během neolitické revoluce nechaly nezávisle na různých místech světa domestikovat („ochotit“) a umožnily jednu z nejvýznamnějších změn v lidských dějinách – vznik zemědělství a velkých civilizací. Není od věci připomenout, že příčinou byly nejspíše klimatické změny (ze současného pohledu paradoxně oteplování na konci doby ledové), které pravěké lovce a sběrače donutily změnit způsob obživy. Člověk úplně nebo částečně domestikoval okolo 500 rostlin, z nichž ale jen 30 v podstatě živí lidstvo. Proces přeměny planých druhů na kulturní formy skončil kolem roku 2000 před n. l.

GMO?

Obavy nejsou na místě

V programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* se vědci snaží také vyvracet mýty a polopravdy o geneticky modifikovaných organismech (GMO). Kvůli nedostatku vědecky podložených informací GMO často vzbuzují negativní emoce. Přitom se využívají více než dvě desetiletí a pěstují asi na 13 % celosvětově obdělávané půdy. U jejich zrodu stál belgický vědec Marc Van Montagu, který za své objevy získal v roce 2013 World Food Prize, obdobu Nobelovy ceny pro zemědělství. Průkopník metod genového inženýrství se loni zúčastnil konference Strategie AV21 o GMO v Olomouci. O témže tématu se letos hovořilo i na květnovém semináři v Poslanecké sněmovně Parlamentu ČR, který uspořádala Akademie věd ČR.



Nové metody, které využívají experti olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, mohou šlechtění nových odrůd zemědělských plodin urychlit i o několik let.

Od té doby jsme už opravdu významnou kulturní plodinu nevytvořili.

Pšenice je s rýží, kukuřicí a sójou jednou z nejdůležitějších plodin. Je základním zdrojem obživy pro třetinu lidské populace a důležitou surovinou pro výrobu pečiva, těstovin a dalších potravin. Každoročně se jí na ploše 215 milionů hektarů sklídí 700 milionů tun a každý Čech jí v podobě mouky spotřebuje okolo 100 kilogramů za rok.

I přesto, že se jí daří na rozdíl od rýže a kukuřice v nejrůznějších klimatických podmínkách, začínáme mít s jejím pěstováním problémy. V některých letech posledního desetiletí se pšenice dokonce sklídilo méně, než lidstvo spotřebovalo. V důsledku toho poklesly světové zásoby. „Zatímco v osmdesátých letech 20. století by vydržely asi čtyři měsíce, v současnosti jen něco přes dva. Pokud by trend pokračoval, mohla by větší neúroda dokonce ohrozit výživu světové populace. Aby toho nebylo málo, v roce 2050 bychom měli spotřebovat až o 80 % více potravin než na začátku století. Zvýší se počet obyvatel, kteří navíc budou chtít lepší a bohatší stravu,“ vysvětluje Jaroslav Doležel, rostlinný genetik z olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, který koordinuje účast sedmi pracovišť Akademie věd ČR v programu Strategie

AV21 *Potraviny pro budoucnost*. Zdejší Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin zásadně přispělo k rozluštění genetické informace pšenice.

Jak přečíst DNA pšenice

Z pohledu genetiky patří pšenice mezi složité organismy, a to především její nejčastěji pěstovaný druh – pšenice setá. Její genom je několikrát větší než lidský a ke vzniku nejrozšířenější plodiny na světě přispěly opakované cykly mezidruhové hybridizace a zdvojování dědičné informace. Zatímco pro většinu živočichů jsou takové změny neslučitelné se životem, rostliny jsou tolerantnější. A právě tyto procesy přispěly ke vzniku mnoha druhů rostlin. Pšenice setá vznikla křížením tří druhů trav a postupně získala šest sad chromozomů po sedmi namísto obvyklých dvou sad. Je hexaploidní, což znamená, že od každého genu má šest kopií (nikoli dvě jako člověk). Jedna kopie dědičné informace pšenice je rozdělena na 21 chromozomů a představuje ji téměř 17 miliard bází DNA (písmen dědičného kódu) – tedy pětkrát více, než má člověk, a dokonce čtyřicetkrát než rýže.

Přečíst genetickou informaci většiny rostlin není jednoduché a pro pšenici >>

to platí dvojnásob. Znalost její složité genetické výbavy je však podmínkou, abychom využili molekulární metody ve šlechtění. Olomoučtí vědci proto vypracovali metodu, která umožňuje složitou dědičnou informaci rozdělit na malé části. Každou lze zkoumat odděleně, což výzkum výrazně ulehčuje a zároveň umožňuje mezinárodní spolupráci. „Pšenice má 21 chromozomů. Když izolujeme jeden z nich, analyzujeme méně než dvacetinu celé dědičné informace a všechno zjednodušíme,“ upřesňuje Jaroslav Doležel.

Unikátní metoda z Hané se setkala s ohlasem v prestižních vědeckých časopisech *Nature* a *Science* a byla vybrána jako základ celosvětového projektu. Toho se účastní dvacíťka renomovaných laboratoří, jež koordinuje Mezinárodní konsorcium pro sekvenování genomu pšenice (IWGCS).

Nová zelená revoluce by podle olomouckých vědců mohla vypadat podobně jako předchozí. Opět půjde především o šlechtění nových odrůd a zavádění inovativních zemědělských postupů. Abychom měli v roce 2050 dostatek potravin, musejí výnosy nových odrůd stoupat o 2 % ročně. Toho ale nedosáhneme bez moderních metod molekulární biologie, genomiky a biotechnologie. I přes nepřítel evropské byrokracie a části veřejnosti je ale jen otázkou času, kdy se odrůdy získané cílenými genetickými modifikacemi rozšíří ve velkém, což potvrzuje i Jan Šafář, vedoucí Aplikační laboratoře pro zemědělský výzkum Ústavu experimentální botaniky AV ČR.

Když tradiční metody nestačí...

Zadání nedávno otevřeného pracoviště, které je v Česku první svého druhu, je nasnadě: usnadnit přenos nejnovějších výsledků výzkumu do praxe, a tím zefektivnit a urychlit šlechtění nových odrůd.

Experti na banány

Banány nejsou jen exotické ovoce. Pro půl miliardy lidí představují škrobové odrůdy až polovinu denního příjmu kalorií. „Naše“ známé sladké banány přitom tvoří jen šestinu světové produkce. Banánovník je bohužel náchylný k chorobám. Na komerčních plantážích se proti většině z nich lze bránit chemickými postřiky, malí farmáři však na drahé přípravky nemají peníze. Řešením jsou odolnější odrůdy, které se ale dosud nepodařilo vyšlechtit. Vedle metod genového inženýrství se naděje vkládají i do křížení současných odrůd s odolnými planými druhy. Problém však je, že dobře neznáme genové bohatství banánovníku, a tedy ani to, jak jsou jednotlivé

odrůdy a klony příbuzné. K nápravě přispívají experti z olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, kteří se dlouhodobě zabývají studiem dědičné informace banánovníku. Jako první na světě zjistili, že jeho genom je poměrně malý, asi šestkrát menší než lidský. Čeští vědci spolupracují s laboratořemi Mezinárodního ústavu tropického zemědělství v Africe a s francouzskou organizací CIRAD, která má experimentální stanici i na ostrově Guadeloupe v Karibiku. Finančně se na výzkumech podílí i nadace Billa a Melindy Gatesových, která bojuje proti chudobě v rozvojových zemích a jejíž dary míří především do Afriky.

Více zemědělské půdy totiž v budoucnu mít nebudeme, a i za současné vysoké výnosy platíme velkými dávkami umělých hnojiv a aplikací pesticidů a herbicidů, které zatěžují životní prostředí. „Když ale vyšlechtíme odrůdu odolnou vůči padlí, nemusíme pole tak často ošetřovat fungicidem. Významně tím snížíme riziko kontaminace půdy a potravin chemikáliemi,“ vysvětluje Jan Šafář.

Jeho slova potvrzuje Jaroslav Doležel, podle něhož už stávající metody prostě nestačí. „Zatímco si velké šlechtitelské společnosti ve Francii, Německu, USA či Velké Británii zřizují vlastní laboratoře, naše firmy si to dovolit nemohou. Bez nových metod by však dříve či později přestaly být konkurenceschopné. I proto je založení aplikační laboratoře klíčové.“

Čeští šlechtitelé přitom mají často jasnou představu, s čím by potřebovali pomoci, ale chybí jim know-how a specializované pracoviště. Aplikační laboratoř může potřebné analýzy provést takřkajíc na klíč. Je špičkově vybavena a vědci mají přístup k moderním metodám jako jedni z prvních na světě.

Mezi ně patří i výběr pomocí molekulárních markerů (značek). Jde o malé úseky dědičné informace, které se na

„Více zemědělské půdy mít nebudeme a už nyní ji neúnosně zatěžujeme.“

–Jan Šafář–

potomstvo přenášejí s geny pro požadované vlastnosti. Pomocí markerů je mezi semenáčky možné identifikovat jedince s určitými vlastnostmi a ostatní vůbec na pole nevysazovat. Šlechtění pomocí markerů postupně doplňuje nové techniky. Je jen otázkou času, kdy se i v Evropě začnou využívat metody genetické transformace a genové editace, jejichž výsledkem bude nová generace zemědělských plodin.

Zatímco první metoda vkládá malé úseky dědičné informace pocházející z jiného organismu, druhá může dědičnou informaci měnit v předem daném místě. „Programovatelné molekulární nůžky vyhledávají v molekule DNA určité pořadí písmen genetického kódu. Dvoji-





tou šroubovici v tomto místě přeruší a při opětovném spojení obou konců nastanou malé změny v pořadí písmen kódu. Lze tak například vypnout vybraný gen,“ prozrazuje Jaroslav Doležel. Tím vše ale nekončí! Do mezery, jež vznikne přerušením molekuly DNA, lze také vložit připravený úsek DNA. Vědci tak cíleně modifikují dědičnou informaci a výsledek přitom nelze rozeznat od změn, které v přírodě nastávají samovolně.

O služby olomouckých vědců je mezi šlechtiteli a producenty potravin velký zájem. Například v Hladkých Životičích využívají jejich metody při šlechtění hybridů mezi jílkem mnohokvětým a kostřavou luční, tzv. festulolii, které se používají jako krmivo. „Můžeme tak

vybírat nejvhodnější rodiče pro křížení a ověřovat, zda je získané potomstvo hybridní a jestli jej můžeme uplatnit jako novou odrůdu,“ objasňuje šlechtitel Vladimír Černocho.

Jak poznatky základního výzkumu pomáhají při pěstování konkrétní plodiny, ukazuje i určování pohlaví u malých semenáčků papáji. Do pěstování exotického ovoce se na jižní Moravě pustil farmář, který hledal způsob, jak vytřídit nežádoucí semenáčky samčího pohlaví a věnovat skleníkovou plochu samičím rostlinám, jež nesou plody. Olomoučtí vědci pro něj odvodili DNA markery, jejichž prostřednictvím jednoduše a rychle zjistí, který ze semenáčků je kluk a který holka.

Ze spolupráce, která má mimořádný potenciál, profitují i vědci. Šlechtitelé musí mít představu, co jim nové metody a postupy nabízejí. Naopak, vědci nejsou šlechtitelé, a tak se může stát, že se některé metody a techniky, jež umí lépe než kdo jiný, v praxi nevyužívají. A právě o to experti z pracovišť, která se podílejí na programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost* dlouhodobě usilují. „O našem výzkumu rádi přednášíme a články publikované v prestižních časopisech nás těší. Když ale přijedeme do některé africké země, kde využívají naše metody při šlechtění banánovníku, a už si ani nedokážou představit, že by to dělali jinak, vidíme skutečný dopad naší práce v reálném životě,“ usmívá se Jaroslav Doležel. ■