

Potraviny pro budoucnost

Prosinec 2015

AKADEMICKÝ VÝZKUM PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Nové poznatky pro šlechtění pšenice

Festulolium aneb dva pod jednou střechou

Molekulární genetiky v boji proti chorobám pšenice

Vývoj nových cílených přípravků pro zemědělskou produkci

Co mohou mikrořasy přinést zemědělství

Řasy ve výživě člověka

Výzkumný program Potraviny pro budoucnost Strategie AV21

ČEMU SE VĚNUJEME:

- získáváme nové poznatky o dědičné informaci rostlin, které pomohou při šlechtění odolnějších a kvalitnějších plodin
- věnujeme se molekulárním technologiím pro šlechtění hospodářských zvířat, produkci, zpracování a využití potravin živočišného původu
- zajímá nás prevence nemocí trávicího traktu, především vliv lepku i probiotik na zdraví člověka
- zkoumáme, jak lépe využít mikrořasy v potravě
- zabýváme se výzkumem cenných látek rostlinného i živočišného původu a jejich využitím
- pátráme po nových biotechnologických postupech, které by umožnily zpracování přírodních materiálů i bio-odpadů
- zjišťujeme, proč lidé plýtvají potravinami a chceme přispět k omezení těchto ztrát

Obsah



Nové poznatky pro šlechtění pšenice

4-5

Prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.



Festulolium aneb dva pod jednou střechou

6-7

RNDr. David Kopecký, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.



Molekulární genetika v boji proti chorobám pšenice

8-9

Mgr. Miroslav Valárik, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.



Vývoj nových cílených přípravků pro zemědělskou produkci

10-11

Mgr. Lukáš Spíchal, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.



Co mohou mikrořasy přinést zemědělství

12-13

Řasy ve výživě člověka

14-18

Richard Lhotský

Mikrobiologický ústav AV, v. v. i.

Akademický výzkum pro zemědělství

Nové poznatky pro šlechtění pšenice

Základním posláním ústavů Akademie věd České republiky je špičkový výzkum přinášející nové poznatky a objevy, které jsou podmínkou vývoje nových materiálů, průmyslových technologií, léčebných postupů apod. Od objevu po jeho praktické uplatnění sice obvykle uběhne řada let, ale to neznamená, že by vědci nevívali možnost reagovat na aktuální potřeby společnosti. Potvrzuje to i nedávno vyhlášená Strategie AV21, která klade důraz na praktické využití výsledků akademického výzkumu.

Jedním ze čtrnácti programů Strategie AV21 je program „Potraviny pro budoucnost“, který koordinuje Ústav experimentální botaniky AV ČR se sídlem v Praze. Jeho olomoucké pracoviště je součástí Centra regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum, dlouhodobě se věnuje studiu dědičné informace rostlin a v řadě oblastí patří ke světové špičce. Olomoučtí výzkumníci se zaměřují zejména na obilniny a pícninářské trávy, pracují ale i s dalšími plodinami, například luskovinami a také exotickými druhy, jako je cukrová třtina nebo banánovník. V případě těchto, pro nás exotických druhů, se jedná o programy mezinárodní spolupráce a velmi efektivní formu pomoci rozvojovým zemím, kdy olo-

moučtí badatelé poskytují své znalosti a unikátní metody. Rozhodně však neplánují tyto plodiny pěstovat na Hané.

V tomto příspěvku se zaměříme na studium dědičné informace pšenice, která spolu s rýží a kukuřicí patří k trojici nejdůležitějších zemědělských plodin na světě a má proto zásadní význam pro zajištění výživy světové populace. Ta stále roste, a zatímco dnes na Zemi žije asi sedm miliard lidí, vše nasvědčuje tomu, že v roce 2050 nás bude miliard devět. A protože v mnoha rozvojových zemích roste životní úroveň a s ní i nároky na kvalitu stravy, včetně vyššího podílu živočišných bílkovin, bude třeba celosvětově vyprodukovat až o sto procent pšenice více než dnes. Vzhledem k tomu, že se



Vedoucí olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR, Prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc., při kontrole materiálů připravovaných pro čtení dědičné informace pšenice

plocha obdělávané půdy nezvětší a spíše se bude vlivem různých faktorů, včetně klimatických změn, zmenšovat, je jedinou cestou k zajištění potravinové bezpečnosti zvyšování výnosů a snižování posklizňových ztrát. Hlavní nadějí pro zajištění dostatečné produkce pšenice je šlechtění nových odrůd s vyššími výnosy a odolností vůči chorobám, škůdcům a negativním faktorům měnícího se klimatu. Dosavadní pokrok při šlechtění nových odrůd s využitím klasických metod je obdivuhodný, přesto však celosvětově pokulhává za potřebou. Zatímco roční nárůst výnosů se pohybuje kolem 1%, pro zajištění předpokládané potřeby by se měly zvyšovat o dvě procenta. Toho už zřejmě nebude možné dosáhnout klasickým metodami šlechtění a bude nutné využít moderní metody molekulární biologie a genomiky. Jejich efektivní využití však předpokládá podrobnou znalost dědičné informace dané plodiny, to znamená její úplné přečtení. Na rozdíl od dědičné informace rýže a kukuřice nebyla dědičná informace pšenice dosud přečtena. Hlavní příčinou je její velikost a složitost. I když se to zdá neuvěřitelné, dědičná informace pšenice seté je asi šestkrát větší než dědičná informace člověka a představuje ji asi 17 miliard písmen dědičného kódu. Může za to původ pšenice, která vznikla v oblasti úrodného



Odborná asistentka RNDr. Jarmila Číhalíková při obsluze průtokového cytometru používaného pro izolaci chromozomů pšenice



Vědecká pracovnice Ing. Hana Šimková, CSC., ukládá materiály pro čtení dědičné informace pšenice do hlubokomrazicího boxu. Při teplotě -80°C mohou být skladovány po mnoho let.

půlměsíce (území dnešního Iráku, Sýrie, Libanonu, Jordánska a Izraele, s přesahem do Egypta a Turecka) postupným křížením tří druhů trav. K prvnímu křížení došlo asi před půl milionem roků a vznikl tak předchůdce dnešní pšenice tvrdé, kterou používáme například pro přípravu těstovin. Ten se mnohem později, až asi před deseti tisíci let, zkřížil s dalším planým druhem trávy a dal vznik předchůdci pšenice seté. Těto zajímavé rostliny si neolitický zemědělec všiml a začal ji pěstovat. Postupným výběrem vhodných typů (domestikací) pak vlastně započal proces šlechtění, který pokračuje dodnes. Vznik pšenice seté je tak těsně spjat se vznikajícím zemědělstvím, změnou způsobu života z nomádského na usdlý a vznikem naší moderní civilizace.

Ani jedno z obou zmíněných křížení neproběhlo úplně standardně a pšenice si proto zachovala celou dědičnou informaci všech tří rodičů. A protože jejich dědičné informace si byly navzájem podobné, můžeme si dědičnou informaci naší pšenice představit tak, že je tvořena třemi různými vydáními stejné knihy, která se sice liší, ale ne tak, aby každou jejich část (větu, odstavec) bylo možné jednoznačně přiřadit k danému vydání. Pro pšenici je zřejmě výhodné mít tři podobné varianty dědičné informace a pravděpodobně i to přispělo k její přizpůsobivosti vnějším podmínkám a celosvětovému rozšíření. Pokud se však pokoušíme její dědičnou informaci číst, je to problém. Současné metody sekvenování totiž čtou jen krátké úseky čítající stovky až tisíce písmen dědičného kódu. Dědičná informace je proto

nejdříve nastříhána na malé úseky, které jsou po přečtení opět skládány. Pokud se však vyskytne více podobných úseků, je jejich správné sestavení prakticky nemožné.

Tým olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky vypracoval unikátní postup, který problém luštění dědičné informace pšenice výrazně zjednodušuje. Využil přitom skutečnosti, že se skládá z 21 menších částí – tzv. chromozomů. Je jich 21, protože od každého ze tří zmíněných rodičů jich pšenice dostala sedm. Izolace jednoho z chromozomů tedy nabízí možnost číst celou dědičnou informaci postupně po menších částech a navíc vždy víme, od kterého ze tří rodičů budou všechna čtení pocházet. Tento postup má ještě jednu důležitou výhodu. Vzhledem k obrovské velikosti je nereálné, aby celou dědičnou informaci pšenice přečetlo jedno pracoviště. Její rozdělení na menší části nabídlo možnost, aby každou část luštila jiná laboratoř v jiné zemi. Postup vypracovaný v Olomouci se tak stal základem dosud nejambicióznějšího projektu čtení dědičné informace rostlin, který koordinuje Mezinárodní konsorcium pro sekvenování genomu pšenice se sídlem v americké Bethesdě.

Pro izolaci chromozomů pšenice, ale i jiných druhů rostlin využívají olomoučtí vědci složitý přístroj, tzv. laserový průtokový cytometr. Za zmínku stojí, že tento přístroj byl původně vyvinut pro analýzu lidských buněk a využívá se zejména v biomedicíně a klinické praxi. Olomoucký tým patří k průkopníkům ve využívání průtokové cytometrie při studiu dědičné informace rostlin.

Jaký je současný stav odhalování tajemství dědičné informace pšenice? V loňském roce byla ukončena první fáze, při které byl sestaven tzv. genetický plán pšenice. Dědičná informace všech 21 chromozomů byla přečtena, ale bez ambice získat přesné a úplné pořadí všech jejich písmen. Cílem bylo pokud možno rychle získat představu o molekulární struktuře každého z 21 chromozomů. I tak to byl zásadní průlom a není proto divu, že 18. července 2014 byl tento výsledek publikován v americkém časopise Science, což je jeden z nejprestižnějších vědeckých časopisů vůbec. Význam tohoto výsledku podtrhla redakce časopisu umístěním fotografie pšenice na titulní obálce. Ve stejném čísle časopisu Science bylo také publikováno úplné pořadí písmen dědičného kódu prvního z 21 chromozomů. Zbývá tedy dokončit čtení 20 chromozomů, což by podle plánu konsorcia mělo být hotovo do konce roku 2017.

A k čemu je to vše dobré? Pokud známe dědičnou informaci rostliny, můžeme si v ní (řečeno s určitou nadsázkou) číst jako v každé jiné knize a vyhledávat oblasti (části textu), které mohou souviset s určitými vlastnostmi rostliny, např. odolností vůči určité chorobě. Pak už nemusí být nutné testovat rostliny na odolnost, ale stačí zjistit přítomnost této části textu, resp. její varianty v dědičné informaci rostliny staré pouze několik dní, nebo dokonce semene ještě před výsevem, abychom věděli, jaké bude mít vlastnosti. To samozřejmě umožní zrychlit šlechtitelský cyklus. Tomuto postupu se říká výběr pomocí molekulárních markerů. Pochopitelně tak můžeme zjišťovat naráz přítomnost více oblastí dědičné informace a tak urychlit odvozování linií s více požadovanými znaky (tzv. pyramidování). A konečně, znalost úplné dědičné informace v budoucnu umožní cílené modifikace dědičné informace.

Ve snaze co nejrychleji předávat výsledky základního výzkumu pracovištěm aplikovaného výzkumu a praxi – v tomto případě šlechtitelům – byla z iniciativy Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i., firmy Selgen, a.s. a Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v.v.i. v roce 2012 založena Česká iniciativa pro pšenici. Tato platforma zajišťuje v rámci České republiky urychlené využívání poznatků získaných v mezinárodním projektu čtení dědičné informace pšenice, ve kterém hrají olomoučtí vědci významnou úlohu.

Prof. Ing. Jaroslav Doležel, DrSc.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.

Foto Jana Dostálová

Festulolium aneb dva pod jednou střechou

Kříženci (neboli hybridy) jsou v živočišné říši poměrně vzácní. Příkladem mezidruhového křížení může být mula a mezek, neplodní potomci klisny a osla či oslice a hřebce. V rostlinné říši je to ale jinak. Mezidruhová a dokonce mezirodová kříženci se vyskytují často a mezidruhová hybridizace dala vzniknout mnoha druhům rostlin. Jedním z nich je pšenice, o jejímž genomu a jeho studiu bylo pojednáno v minulém čísle Agrárního obzoru. Tento příspěvek se věnuje akademickému výzkumu dalšího křížence z rostlinné říše a trav s velkým hospodářským potenciálem – kříženci kostřavy a jílky nazvaném xFestulolium.

Kostřavy a jílky tvoří nedílnou součást řady našich ekosystémů. Vyskytují se na loukách a pastvinách a jílky okupují rovněž zahrady, rumiště, meze a najít je můžeme i podél cest. Kostřava rákosovitá navíc vyhledává i břehy potoků a vlhké příkopy a okraje cest. Oba rody se zásadním způsobem uplatňují i na trhu s travním semenem. Využívají se v pastevních, lučních i travníkových směsích. Rod jílek (*Lolium* L.) zahrnuje osm druhů rostlin, přičemž dva z nich – jílek vytrvalý a jílek mnohokvětý jsou významnými druhy v pícninářství. Jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.) je jedním z nejdůležitějších druhů používaných v okrasných, užitko-

vých i sportovních travních. Největší předností jílků je jejich vysoký výnos, dobré nutriční vlastnosti, přijatelná stravitelnost, uniformita a textura drnu a odolnost vůči sešlapu. Jílky však často trpí nedostatečnou odolností vůči mrazu v zimě a vůči suchu a horku v létě. Kostřavy ve většině případů zdaleka nedosahují agronomických vlastností jílků, zato však odolávají klimatickým stresům, jako je mráz v zimním období a letní sucha. Kombinace vlastností obou rodů se tak jeví jako dobrý způsob šlechtění nových druhů trav, které by se mohly prosadit v době očekávaných klimatických změn.

Po stopách předního šlechtitele Ing. Antonína Fojtíka

Ve Francii a jihovýchodní Anglii byl zaznamenán výskyt kříženců mezi kostřavou luční a jíllem vytrvalým již ve třicátých letech minulého století. Tito kříženci však byli neplodní. V šedesátých a sedmdesátých letech minulého století se s rozvojem biotechnologií naskytla možnost křížit rostliny dvou různých druhů v asistovaných podmínkách. Toho využili někteří šlechtitelé trav a připravili vůbec poprvé křížence mezi kostřavami a jílky, kteří byli plodní a dávali semeno. Jedním z těchto pionýrů byl i Ing. Antonín Fojtík ze šlechtitelské stanice v Hladkých Životicích. Křížil mezi sebou jílek mnohokvětý a kostřavu luční nebo kostřavu rákosovitou a získal celou řadu rostlinných materiálů, které dále využíval ve šlechtění. Po více než dvaceti letech pak šlechtitelská stanice v Hladkých Životicích zaregistrovala první odrůdu xFestulolium, která byla nazvána Felina. Od té doby byly na této šlechtitelské stanici zaregistrovány tři desítky nových odrůd xFestulolium a v dnešní době hraje toto pracoviště prim v produkci hybridních odrůd

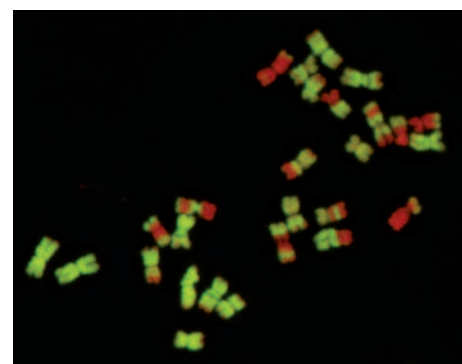


Šlechtitel Ing. Antonín Fojtík (1934–2000)
na poli u Hladkých Životic

trav. xFestulolium se využívá v krátkodobých silážních směsích, ale i ve směsích pro trvalé travní porosty, tedy pro luční i pastevní plochy. Dodávají do směsi výnos, stravitelnost a rovněž vlákninu a vytrvalost.

Přínos laboratoře Ústavu experimentální botaniky AV ČR

Protože xFestulolium je mezirodový kříženec, má ve své dědičné informaci geny jílku i kostřavy. Stanovit genomové složení, tedy jak velký podíl jílkových a kostřavových genů má ta která odrůda či ta která rostlina byl jeden z prvních úkolů, který olomoucké pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR řešilo v rámci spolupráce s Ing. Vladimírem Černochem ze šlechtitelské stanice DLF-TRIFOLIUM Hladké



Genomová in situ hybridizace (GISH) křížence xFestulolium odrůdy Achilles (jílek mnohokvětý x kostřava luční). Červeně jsou značené chromozomy kostřavy a zelené chromozomy jílku. V průběhu šlechtění došlo k promísení částí chromozomů obou rodičů a mírné převahy nabyla dědičná informace jílku



Květenství křížence kostřavy rákosovité s jíllem mnohokvětým (xFestulolium) odrůda Hykor

Životice. Možností, jak se takového výsledku dopátrat je celá řada.

My jsme v prvním kroku zvolili metodu, která se nazývá genomová in situ hybridizace (GISH). Ta dokáže obarvit dědičnou informaci křížence (většinou ve formě jejich částí – chromozómů) fluorescenčními značkami (barvičkami), které jsou pro oba rodiče různé. Ve výsledku pak v mikroskopu pozorujeme chromozomy, které svítí červeně (odpovídají jednomu rodiči – například kostřavě luční), a jiné, které svítí zeleně (odpovídají druhému rodiči – například jílku mnohokvětému). Touto metodou jsme zjistili velké rozdíly mezi jednotlivými odrůdami světového portfolia xFestulolium. Některé odrůdy vykazovaly zhruba stejné podíly kostřavy i jílku. Jiné měly naproti tomu výraznou převahu jednoho rodiče nad druhým a u některých odrůd jsme nebyli schopni najít ani malou část z druhého rodiče. Toto může být způsobeno především zpětným křížením často málo plodných kříženců v raných generacích do jednoho z rodičovských druhů či malou citlivostí a rozlišením námi používaného postupu.

Metoda GISH nám dokázala poměrně přesně odhalit, kolik dědičné informace z kostřavy a kolik z jílku má ten který kříženec. My jsme se však v práci chtěli posunout dál a nahradit nebo minimálně doplnit tuto poměrně pracnou a zdoluhavou metodu něčím jednodušším. Ve spolupráci s australskou společností Diversity Arrays Technology Ltd. jsme vyvinuli první DNA čip pro kostřavy, jílky a jejich křížence. Tento čip umožňuje zodpovídat na celou řadu biologických otázek. Dokáže například určit (podobně jako GISH), kolik dědičné informace zdědil daný kříženec z kostřavy a kolik z jílku. Nabízí nám i šlechtitelům ale ještě celou řadu dalších aplikací – dokáže třeba zjistit, jak je ten který rostlinný materiál geneticky vyrovnaný a zároveň odlišný od ostatních materiálů. To se nám hodí před přihlašování nových odrůd pro registraci. Šlechtitelská stanice DLF-TRIFOLIUM Hladké Životice si takto předem hodnotí své šlechtitelské materiály před DUS testy (stanovení vyrovnanosti zkoušené odrůdy a její odlišnosti od ostatních odrůd téhož druhu) a šetří tak čas i peníze.

Pomocí DNA čipu jsme zjistili, či potvrdili celou řadu zajímavých skutečností. Analýza amerických odrůd travníkových kostřav rákosovitých třeba ukázala, že tyto odrůdy jsou si geneticky podobné „jako vejce vejci“. To potvrdilo naše polní pokusy, při nichž jsme nepozorovali téměř žádnou odlišnost mezi americkými položkami. Američtí šlechtitelé či semenářské firmy si tedy od svých kolegů zřejmě „půjčují“ materiály, které leckdy pravděpodobně nepro-

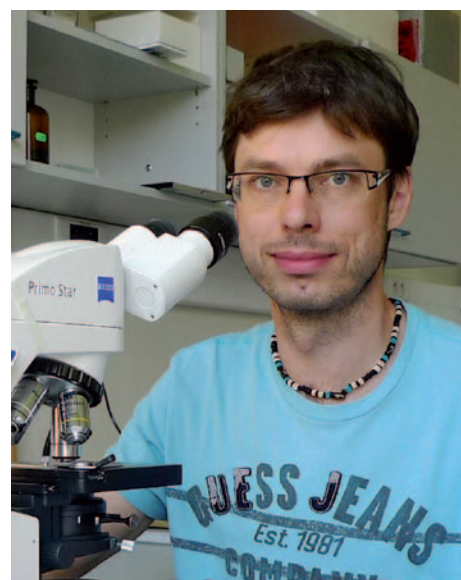


Polní pokusy v areálu olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR

jdou ani jedním kolem výběrů či křížení, a prodávají je jako nové odrůdy. To by v našich podmínkách poměrně přísného testování ÚKZÚZ možné nebylo. V kriminalistice se často používá usvědčení pachatele pomocí testů DNA. I my jsme chtěli zjistit, zda jsme schopni přiřadit anonymní rostlinu k dané odrůdě. Pomocí testování stovek jednotlivých rostlin, pocházejících z různých odrůd jsme potvrdili, že dokážeme velmi přesně určit, z které odrůdy je anonymní rostlina. Stejně jako v kriminalistice je samozřejmě nutné, abychom danou odrůdu měli v databázi. Potenciál tohoto čipu pro pícní a travníkové odrůdy kostřav, jílků a jejich kříženců je obrovský a jistě by se mohl využívat i při registraci odrůd na ÚKZÚZ.

Za tajemstvím vloh jílku a kostřavy

Náš poslední vědecko-výzkumný projekt, který má za cíl získat nové poznatky využitelné ve šlechtitelské praxi, se týká rovněž kříženců xFestulolium. Pomocí metod GISH a DNA čipu jsme schopni určit, kolik dědičné informace získal ten který kříženec z jílku a kolik z kostřavy. Dědičná informace se ale nemusí vždy projevit, protože některé geny mohou být umlčovány. My jsme se chtěli dopátrat toho, zda se v křížencích uplatňují vloh z obou rodičů (jílku i kostřavy), či zda jsou geny z jednoho či druhého rodiče umlčovány. Metoda, kterou používáme, je založena na tom, že dědičná informace kostřav a jílků si je vzájemně velmi podobná a liší se pouze v několika písmenkách genetického kódu. A právě tato rozdílná písmenka jsme pomocí nejnovějších technologií schopni číst a určit, zda se na dané vlastnosti podílí genetická informace z maminky, z tatínka či z obou rodičů. Ukazuje se přitom, že na většině znaků se v drtivé většině uplatňují geny obou rodičů. Nicméně jsme odha-



Vědecký pracovník
RNDr. David Kopecký, Ph.D. z Centra
strukturní a funkční genetiky rostlin ÚEB
při vyhodnocování experimentů pomocí
světelného mikroskopu

lili, že několik desítek genů z kostřavy je vždy umlčeno a nahrazují je geny z jílku. Zajímavé je i to, že vůbec nezáleží, zda byl jílek maminkou či tatínkem. Nyní se snažíme odhalit, které vlastnosti tyto geny podmiňují.

Centrum strukturní a funkční genetiky rostlin ÚEB se jako jedno z pracovišť Akademie věd České republiky zabývá především základním výzkumem. Ve spolupráci se šlechtitelskými stanicemi jsme však schopni nejnovější poznatky a metody předávat zemědělské praxi a přispívat k zefektivnění a zrychlení šlechtitelského procesu.

RNDr. David Kopecký, Ph.D.

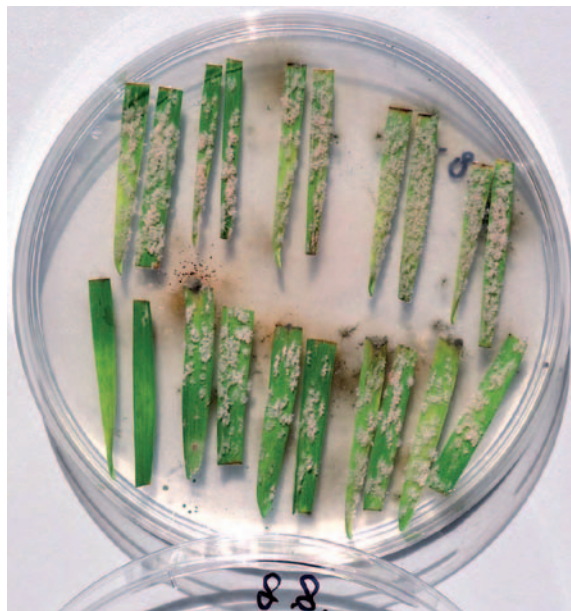
Foto autor a archiv Ústavu experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Molekulární genetik v boji proti chorobám pšenice

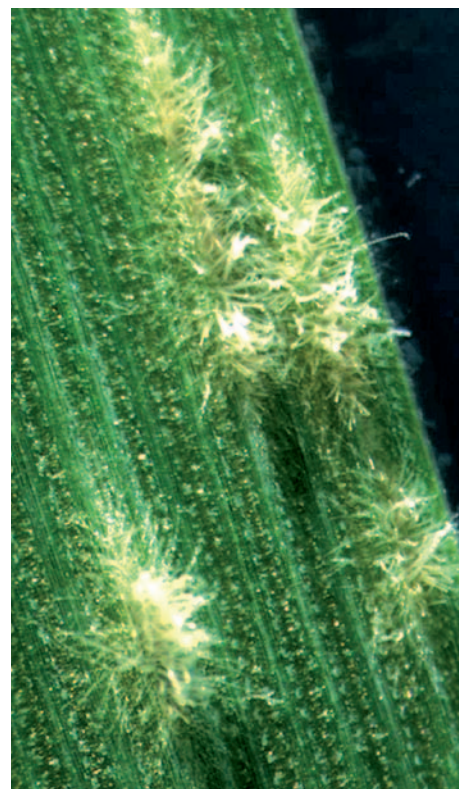
Růst lidské populace klade rostoucí nároky na zajištění dostatku potravin. Úsilí o zvyšování produkce zemědělských plodin však v řadě oblastí světa brzy narazí na nedostatek obdělávací půdy a nepříznivé důsledky měnícího se klimatu. Šlechtění odrůd odolných vůči chorobám a škůdcům a nepříznivým faktorům prostředí, s vysokým a stabilním výnosem, je jednou z cest, jak dostatek potravin zajistit. I přes nesporné úspěchy „klasického“ šlechtění, je stále zřejmější, že šlechtění nové generace odrůd nebude možné bez využití metod molekulární genetiky.

V současné době se nacházíme teprve na počátku rozsáhlejšího využívání nových molekulárních metod, avšak jednu z nich - tzv. výběr pomocí molekulárních markerů - už ve velkém používá mnoho šlechtitelských firem. Markery si můžeme představit jako značky v dědičné informaci, které se nacházejí blízko oblastí podmiňujících určité vlastnosti rostliny a jsou s nimi společně předávány do potomstva. Pokud tomu tak je, není nutné potomstva z křížení na daný znak testovat, protože sledovanou vlastnost snadněji zjistíme na základě přítomnosti markeru. Nové metody umožňují zjistit přítomnost mnoha markerů společně a tak urychlovat šlechtění odrůd s mnoha požadovanými znaky. Olomoucké pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR se dlouhodobě zabývá studiem dědičné informace obilovin, vývojem markerů ve vazbě na hospodářsky důležité znaky a také izolací úseků dědičné informace, které určující vlastnosti rostlin - tzv. genů.

Jedním ze znaků, na který se olomoucký vědecký tým zaměřuje, je odolnost vůči padlí travnímu. Je to jedna z nejčastějších chorob obilovin, kterou způsobuje parazitická houba *Blumeria graminis*. Její formy jsou specializované a například padlí ječmene ne napadá pšenici a opačně. Úspěšnost padlí je daná jeho životním cyklem. V sezóně se množí produkci nepohlavních spor a „nezdržuje se s vyhledávání sexuálního partnera“. V jednom místě infekce vytvoří až 300 000 spor, které vyrůstají na konidioforech jako korálky



na niti. Ty postupně dozrávají, odlamují se a jsou unášeny vzdušnými proudy, někdy i na velké vzdálenosti. Potomstvo původní spory se tak za sezónu může dostat i několik set kilometrů od místa původní infekce. Po dopadu na list začne spora za vhodných podmínek do hodiny klíčit, pronikne do buňky hostitele, kde vytvoří haustorium, kterým odebírá živiny z hostitele, vytváří konidiofory a nakonec začne produkovat nové spory (konidie). Konidiofory a uvolněné konidie vytvářejí na listech a ostatních částech rostliny bílé kupky, které daly této chorobě jméno v mnoha jazycích (např. Slovensky: Múčnatka travňová a Anglicky: powdery mildew = „prachová“ plíseň). V našich podmínkách přežívá padlí zimní období především na hostiteli, tedy na porostech, případně i na výdrolu příslušných plodin.



Segmenty listu pšenice jednozrnky inokulované houbovým parazitem *B. graminis* f.sp. *tritici* způsobujícím chorobu padlí pšenice a detail mycelia a konidioforů parazita

U nás je padlí jednou z nejčastějších chorob obilovin. Tento parazit je odpovědný až za 50 % epidemií všech houbových chorob na náchylných odrůdách jarního ječmene a až 40 % epidemií chorob ozimého ječmene. Padlí napadá rostliny v průběhu celé vegetace, zvláště však v raných etapách vývoje, a způsobuje pokles výnosu i kvality produkce. Infekce má za následek především snížení počtu odnoží, ale i počtu obilíků v klase a jejich hmotnosti. Proti padlí je možné bojovat pomocí fungicidů. V roce 2014 bylo v České republice pšenicí a ječmenem oseto asi 1,2 mil. ha a na jedno ošetření této plochy vůči padlí je třeba asi 600–700 tun fungicidů. Jejich aplikace je potenciálně riziková pro zdraví konzumentů, zatěžuje životní prostředí a v neposlední řadě prodražuje zemědělskou produkci. Základní možností regulace výskytu padlí však

je pěstování odolných odrůd. Do dnešní doby bylo identifikováno mnoho desítek genů hostitelské rezistence u ječmene i u pšenice. Účinnost fungicidů a rezistentních odrůd je omežována schopností parazita rychle se vyvíjet a měnit, takže v relativně krátké době se objevují nové kmeny odolné vůči fungicidům, případně schopné překonat geny hostitelské rezistence. Studium tohoto ekonomicky významného parazita a jeho interakce s obilovinami je proto velmi aktuální a důležité, stejně tak jako vyhledávání zdrojů trvanlivé rezistence.

Olomoučtí akademici pracují společně s laboratoří profesorky Kadri Järve z Estonské Technologické univerzity na izolaci genu odolnosti vůči padlí pšenice, který je označován *QPm-tut-4A*. Tento gen byl do pšenice seté vnesen křížením z plané pšenice *Triticum militinae*. Nejedná se však o klasický gen hostitelské rezistence. Ve srovnání s jinými geny rezistence, které úplně zastavují růst padlí, ale nepůsobí vůči všem kmenům padlí, tento gen neposkytuje úplnou ochranu, ale zato působí na všechny kmeny. V průběhu projektu byla s vysokou přesností určena poloha genu *QPm-tut-4A* v dědičné informaci zkoumané pšenice a byly identifikovány markery v jeho těsné blízkosti. Jejich dostupnost umožní využít molekulární metody pro urychlené šlechtění odrůd nesoucích tento gen. V současné době se olomoucký tým zaměřuje na vlastní izolaci genu *QPm-tut-4A*, po které bude následovat objasňování mechanismu, kterým tento gen zajišťuje danou odolnost.

Další projekt olomouckého týmu je zaměřený na gen rezistence vůči padlí u pšenice jednozrnky. Také tento projekt vědci řeší ve spolupráci se zahraničním pracovištěm, v daném případě s laboratoří prof. J. Dubcovského

na Kalifornské univerzitě v Davisu. Projekt má zajímavou historii a velký potenciální dopad. V průběhu experimentů zaměřených na řešení jiného problému, a to na identifikaci markerů v těsné blízkosti genů podmiňujících výnosové znaky, našli vědci v potomstvu rezistentních rodičů jednu linii, která byla náchylná k padlí. Další výzkum ukázal, že rezistence se projevuje pouze u jedinců, kteří od obou rodičů získali nefunkční verzi tohoto genu. Takový typ rezistence je velmi neobvyklý, protože rezistence jsou ve většině případů podmíněny funkčními variantami genů. Nejznámějším genem s tímto netypickým způsobem dědičnosti je všeobecně známý gen *mlo*, který je přítomný v mnoha současných odrůdách ječmene. Ten poskytuje úplnou ochranu ječmene proti padlí a reakce mezi hostitelem a parazitem připomíná odolnost pšenice k ječmenové formě padlí. Rezistence podmíněná genem *mlo* je dlouhodobě plně funkční a používá se pouze u jarních ječmenů, aby se snížilo riziko případného snížení účinnosti této odolnosti. Význam zmíněného nálezu podtrhuje skutečnost, že u pšenice seté gen tohoto typu nebyl doposud objeven. Předpokládáme, že identifikace tohoto genu, spolu s vývojem spolehlivého markeru



Vědecký pracovník Mgr. Miroslav Valárik, Ph.D. kontroluje infekci pšenice padlí v polních podmínkách

bude mít velký dopad na šlechtění pšenice seté na odolnost vůči padlí.

Dalšími podmínkami úspěšného šlechtění na rezistenci je objasnění interakcí parazita s hostitelem, identifikace mechanismů, kterými překonává geny rezistence a stejně tak odhalení mechanismů, které se podílejí na vzniku nových virulentních kmenů padlí. V této oblasti olomoucký tým spolupracuje s docentem Dreiseitlem z kroměřížského pracoviště aplikovaného výzkumu Agrotest fyto, s.r.o. Aktuální spolupráce je zaměřená na studium proměnlivosti padlí ječmene v rámci České republiky. Na základě čtení části dědičné informace kmenů padlí jsou navrhovány nové molekulární markery a jejich pomocí vědci zjišťují, kolik a jakých kmenů parazita se na území ČR v dané sezóně vyskytuje.

Výzkumné projekty realizované na pracovišti Ústavu experimentální botaniky AV ČR v Olomouci tak vedou k získání poznatků, které mohou významně přispět ke šlechtění rezistentních odrůd. Takovéto odrůdy pomohou snížit ztráty a nadměrnou zátěž životního prostředí agrochemikáliemi a umožní produkovat zdravější potraviny.

Mgr. Miroslav Valárik, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.



Doktorandka Mgr. Hana Vanžurová testuje infekčnost padlí na listových segmentech pšenice jednozrnky



Doktorandka Mgr. Eva Komínková testuje míru proměnlivosti kmenů padlí ječmene pomocí molekulárních markerů

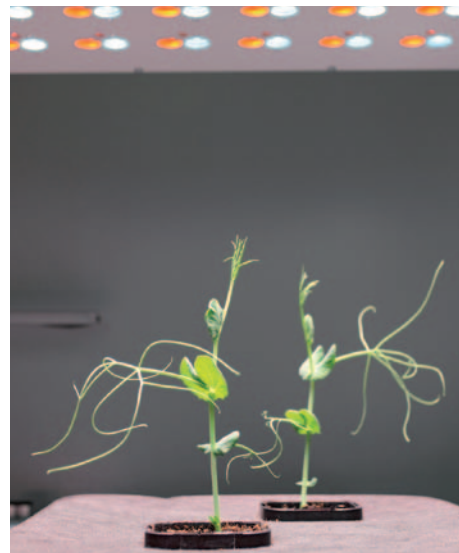
Vývoj nových cílených přípravků pro zemědělskou produkci

Odhad růstu světové populace, měnící se klimatické podmínky, zmenšování plochy obdělávané půdy, a další faktory akcentují potřebu zvýšení, či zefektivnění zemědělské produkce pro zajištění dostatku potravin. K řešení tohoto problému se snaží přispět řada pracovišť základního výzkumu. Jedním z nich je i Laboratoř růstových regulátorů Ústavu experimentální botaniky AV ČR, která je součástí Centra regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum v Olomouci.

Tato laboratoř patří ke světové špičce v analýze přirozených rostlinných hormonů (nazývají se také přirozené růstové regulátory). Tyto malé chemické molekuly řídí růst a vývoj rostlin, od klíčení, přes raný vývoj semenáčku a následný vývoj kořenů, stonku, listů, ale také orgánů rozmnožovacích, květů, plodů a semen, a pomáhají rostlině v obraně proti chorobám, škůdcům a negativním vlivům vnějšího prostředí. Jeden z projektů laboratoře je zaměřený na výzkum, jehož praktickým výstupem jsou přípravky uplatnitelné v rostlinné produkci.

Jak souvisí metody analytické chemie s vývojem podpůrných přípravků na růst zemědělských plodin? Přesné analytické metody vyžadují použití standardů, tj. referenčních molekul se známými chemicko-fyzikálními vlastnostmi, které slouží k přesné identifikaci a kvantifikaci sledo-

vaných látek. Pro potřeby těchto metod byla již dříve činnost laboratoře rozšířena o přípravu právě takových látek. Následným krokem po přípravě látek je ověření jejich vlastností, včetně těch biologických. Jak bylo zmíněno, rostlinné hormony (např. cytokininy, auxiny, gibereliny, brassinosteroidy a kyselina abscisová) ovlivňují široké spektrum růstových a vývojových pochodů rostlin. K ověření jejich biologické aktivity se používají tzv. biotesty, v nichž lze změřit sílu účinku dané látky na konkrétní proces. Jeden příklad za všechny – cytokininy mají schopnost oddalovat stárnutí rostlin stabilizací množství chlorofylu, barviva nezbytného pro fotosyntézu, což je klíčový proces z hlediska délky života rostliny. V jednoduchém cytokininovém biotestu se tak sleduje oddálení úbytku zeleného barviva indukovaného stresovým faktorem v listech pšenice, po apli-



Rostliny hrachu setého testované na rezistenci vůči chladu v automatizované velkokapacitní fenotypizační lince

kaci látky s cytokininovou aktivitou. Takový biotest potom může sloužit nejen k potvrzení biologické aktivity analytického standardu, ale jako nástroj k vývoji nových látek s potenciálem chránit rostlinu proti stresem vyvolanému poškození fotosyntetického aparátu. Právě biotesty pak po vlastní chemické syntéze tvoří základní stupeň vývoje nových růstových regulátorů.

Zkušenosti mnohých vědců jasně říkají, že co funguje „in vitro“ (ve zkuševce), nemusí ještě fungovat „in vivo“ (na živo) na celé rostlině, natož v polních podmínkách. Skutečné nasměrování Laboratoře růstových regulátorů k vývoji látek využitelných v zemědělské praxi tak vyžadovalo začlenění mnoha dalších kroků, které dnes připomínají vývojový proces agrochemických společností, byť v menším měřítku. Za téměř 20 let existence bylo v Laboratoři růstových regulátorů připraveno více než 3000 látek, které jsou chráněny mnoha národními a mezinárodními patenty a jsou předmětem zájmu regionálních i nadnárodních agrochemických společností. Tyto látky procházejí několika stupni testování, od zmíněných biotestů, přes testování na modelových rostlinách v kontrolovaných podmínkách, až po polní pokusy.

Propojení výzkumných aktivit v rámci Centra regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský



Vědecký pracovník Mgr. Lukáš Spíchal, Ph.D. z Laboratoře růstových regulátorů ÚEB při kontrole pokusných rostlin

výzkum umožnilo významný posun v možnostech testování nových látek, ale i nových hnojiv a kombinovaných přípravků. Účinek nových přípravků je testován pomocí unikátní fenotypizační linky, která umožňuje automatizovanou velkapacitní analýzu růstu a fyziologického stavu ošetřených rostlin v normálních i stresových podmínkách. Lze tak sledovat efekt aplikace přípravku v podobě moření semen, postřiku, či závlivky na vzházení, průběžný růst, ale také „zdravotní stav“, rostlin v podmínkách sucha, zasolení, zvýšené, či snížené teploty. Právě tato technologie významně přispívá k posunu akademického výzkumu k výzkumu cílenému na zemědělskou praxi. Testování dnes probíhá na obilnách (pšenice, ječmen), plodové zelenině (rajče, paprika), ale také hrachu. Výsledkem testů je poznání optimální formy aplikace, koncentrace, počtu dávek, či vývojové fáze nejvhodnější pro aplikaci. Tyto výsledky jsou cenným vodítkem pro testování v reálných, polních podmínkách. K tomuto účelu slouží přibližně 5 ha experimentálních ploch, které slouží k ověřování výsledků na 4 základních plodinách – ozimé pšenici, ječmeni, kukuřici a ozimé řepce. Kromě výnosu je průběžně sledován také vliv aplikovaných přípravků na výnosotvorné prvky jednotlivých plodin, ale také např. na kvalitu zrna. Celkový proces vývoje přípravků využitelných v zemědělství je tedy velmi komplexní a zahrnuje také analýzu vlivu aplikace na hormonální hladiny a celkovou homeostázu rostliny, vliv na expresi genů, ale také testování bezpečnosti samotných přípravků. Testován je možný toxický účinek na buněčných liniích a látky představující potenciální rizika jsou v brzké fázi z dalšího testování vyřazeny.

Kromě popisu výsledného účinku je také studován samotný mechanismus, kterým může vybraná látka, či přípravek působit. To dává cenné informace využitelné pro optimalizaci jejich chemické struktury a pro další vývoj vysoce účinných látek, které působí specificky na konkrétní cíl. Tím může být např. enzym, který v rostlině kontroluje vnitřní hladinu specifického hormonu. Ovlivněním funkce takového enzymu v určitém vývojovém stadiu lze ovlivnit hladinu aktivního hormonu v konkrétním vývojovém procesu, což se může projevit zvýšením výnosu. Uvedme si zajímavý příklad – v roce 2005 japonský tým Dr. Ashikariho objasnil příčinu vyššího výnosu jednoho z běžně pěstovaných kultivarů rýže. Studovaný kultivar Habataki podrobili analýze oblastí dědičné informace, které ovlivňují výnos zrna a zjistili, že oproti méně výnosnému kultivaru obsahuje zkoumaná oblast DNA mutaci v genu, jehož projevem je enzymatická aktivita vedoucí ke snížení vnitřní hladiny rost-



Polní pokus s pšenicí na experimentální ploše olomouckého pracoviště Ústavu experimentální botaniky AV ČR

linných hormonů cytokininů v květenství. Stabilizace obsahu cytokininů u kultivaru Habataki tak vede k tvorbě vyššího počtu květů a následně vyššímu výnosu.

Ve stejnou dobu jsme v naší laboratoři pracovali na vývoji inhibitorů právě tohoto enzymu. Objev Dr. Ashikariho se pro nás stal možností, jak přenést naše poznatky do praxe a pokusit se vyvinout účinný inhibitor potlačující aktivitu zmíněného enzymu, a získat snadno aplikovatelný nástroj ke zvýšení výnosu obilovin. Po několika letech systematické práce se podařilo vybrat látku INCYDE, jejíž aplikace ve víceletém pokusu v polních podmínkách vedla ke zvýšení výnosu zrna u obilnin, ale také řepky. V závislosti na roce a plodině byl výnos zvýšen o 5-15%. Právě v této fázi testování se bohatě zúčastily naše metodické poznatky a v poměrně krátkém čase byla určena nejvhodnější dávka, forma, fáze a počet aplikací. U obilnin byla neúčinnější jedna aplikace INCYDE na listy v době metání a vedla ke zvýšení počtu zrn v klase, zatímco u řepky bylo příčinou vyššího výnosu zvýšení počtu větví po aplikaci v období butonizace. Je také důležité zmínit, že na rozdíl od běžných růstových regulátorů, naše specifické přípravky, cílené na konkrétní molekulární cíl je dostatečně aplikovat v řádu jednotek gramů na hektar a méně. Častým dotazem z praxe také je, zda bude potenciální přípravek založený na námi objevené účinné látce pro zemědělce cenově dostupný a konkurence schopný. I když se na takovou otázku těžko odpovídá, především z toho důvodu, že po úspěšné komercializaci bude cenu určovat výrobce, snahou našeho týmu je soustředit se na látky snadno chemicky připravitelné, případně optimalizovat postupy syntézy se snahou o snížení nákladů.

Rozhodujícím prvkem z hlediska výsledného výnosu zemědělských plodin je správná

výživa. Na trhu existuje velké množství hnojiv na bázi minerální (obsahující makro- i mikroprvky), ale také organické. Dnešní technologické postupy pěstování však stále více směřují k precizaci i v oblasti zemědělské chemie. Ve spolupráci s Univerzitou Palackého v Olomouci a společností Agrotest fyto, s.r.o. a Fosfa a.s., finančně podpořené projektem Technologické agentury České republiky, se Laboratoř růstových regulátorů podílí na vývoji speciálních hnojiv a přípravků kombinujících hnojiva a růstové regulátory. Téměř pět let řešení tohoto projektu přineslo udělení 11 užitných vzorů chránících listová hnojiva a hnojiva kombinovaná s patentově chráněným růstovým regulátorem pro zvýšení produkce zemědělských plodin.

Laboratoř růstových regulátorů ŮEB se věnuje základnímu výzkumu ve více oblastech od organické a analytické chemie, přes biochemii až po rostlinnou biologii a fyziologii. V jednotlivých oborech se daří naší laboratoři úspěšně publikovat v předních vědeckých časopisech. Interdisciplinární přístup však umožňuje zvýšení potenciálu propojení výsledků jednotlivých týmů a jejich přenos do praxe. Na poli aplikovaného výzkumu se pokoušíme využít našich bohatých zkušeností studia fyziologie rostlin a hledat nové molekulární cíle a nové chemické látky na ně mířené, za účelem nalezení účinných přípravků zvyšujících výnos, zejména u strategických plodin. Schopnost komercializovat výsledky našeho výzkumu v podobě licencování a zájem nejen regionálních podniků o spolupráci v podobě smluvního výzkumu, či přímo na vývoji nových agrochemikálií, je dokladem praktického využití výsledků akademického výzkumu v duchu nové vyhlášené Strategie AV21 Akademie věd ČR.

Mgr. Lukáš Spíchal, Ph.D.

Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.

Co mohou mikrořasy přinést zemědělství

Heslo Chlorella na internetu nabízí velké množství informací o účincích mikrořasy Chlorella na lidské zdraví. Nejčastěji se hovoří o pozitivním vlivu na lidskou imunitu, detox těla či použití v kosmetice při vnitřním či vnějším použití.

Formulace komerčních výrobků jsou různé, většinou se jedná o výrobky čínské či z jiných exotických zemí. Málo se ví o tom, že výzkumu mikrořasy Chlorella se dlouhodobě věnuje Laboratoř řasové biotechnologie – CENTRUM ALGATECH Mikrobiologického ústavu AV ČR, v.v.i., v Třeboni. A co víc. V tuzemsku i zahraničí se vyrobené mikrořasy Chlorella nabízejí i jiné oblasti využití. Jak a na jakých výzkumných úkolech se v současné době v Třeboni pracuje, to nám v rozhovoru prozradil Mgr. Richard Lhotský, Ph.D.

Mikrořasa Chlorella se v treboňské Laboratoři řasové biotechnologie CENTRUM ALGATECH Mikrobiologického ústavu AV ČR, v.v.i., pěstuje již více jak půl století. Kdy a kde došlo k prvnímu komerčnímu využití?

K mikroskopickým řasám se lidé dostali až v okamžiku, kdy měli k dispozici mikroskop. Na rozdíl od makroskopických řas mořských to tedy trvalo o několik století déle. I potom to trvalo další století, než se zjistilo, že by se dala využívat mikrořasa Chlorella.

Dokonce původně se s ní nepočítalo pro výživu lidí, ale sloužila jako ideální modelový rostoucí organismus. První i druhá světová válka urychlily realizaci úvah o využití řasy jednak jako rychlého zdroje bílkovin, jednak jako zdroje antibakteriálních látek pro bojující armády. Objev penicilinu toto zhatil. Ihned po válce v roce 1948 se oživila úvaha o jejím dalším využití už již jenom proto, že část světa hladověla. Vedoucí roli hrály USA, Japonsko, Německo a Izrael. Výzkum v tehdejší Československu v tomto směru vůbec nebyl pozadu. První zařízení na kultivaci řas bylo postaveno v Košicích. Paradoxně intenzivní výzkum mikrořasy Chlorella odstratoval tehdejší film Sluneční laboratoř, neboť za peníze filmařů byla postavena vůbec první kultivační plošina, která měla demonstrovat, že i v podmínkách mírného klimatu střední Evropy se může uvažovat o řasové biotechnologii. V roce 1960 se

začalo uvažovat o řasové technologii tak, že výsledkem všech vědeckých experimentů bude produkt, který bude určen k výživě jak lidí, tak i hospodářských zvířat. Je důležité zdůraznit, že technickým termínem mikrořasy se označují jak mikroskopické řasy, tak sinice, tedy vlastně fotosyntetizující bakterie.

Při výživě i ochraně zemědělských plodin se v různých přípravných stádiích stále více využívají mořské řasy. Jaký je rozdíl mezi mořskými a sladkovodními řasami?

Liší se prostředím ve kterém rostou. Obě skupiny obsahují naprosto odlišné látky protože žijí v odlišném prostředí. Mořské řasy kromě možnosti přímé konzumace jsou zdrojem různých polysacharidů, například alginátů, karagenanů, minerálních a dalších látek. Jsou levnější, protože jejich sklizeň, případně kultivace, není tolik technologicky náročná.

Celulózová buněčná stěna řasy Chlorella je pro člověka nestravitelná. Strávit ji dokáží pouze přežvýkavci. Proto je třeba po sklizni řasy její buněčnou stěnu narušit. Teprve potom se lidské trávení dostane k látkám, které jsou obsaženy uvnitř buňky. Nejčastěji se tak děje tlakem, mechanicky, ultrazvukem nebo úpravou teploty.

Jaké je současné komerční využití mikrořasy Chlorella v potravinářství?

V ČR se mikrořasa Chlorella používá jako dietetický doplněk stravy. Drtivá většina produkce Chlorelly, která se zde prodává pochází z Dálného Východu, tedy z Japonska, Tchajwanu a Číny. Indie využívá sinici Spirulinu. Její výhoda spočívá v tom, že je lépe stravitelnější, protože nemá celulózovou buněčnou stěnu a má vyšší obsah bílkovin. Využití Chlorelly v lázeňství patří do oblasti léčebného postupu.

Dvě společnosti v USA a Francii pěstují Chlorellu heterotrofně, což znamená, že zdrojem energie pro její růst není sluneční záření, ale například glukóza. Na rozdíl od autotrofní Chlorelly je tato světlejší, obsahuje méně chlo-



Mgr. Richard Lhotský, Ph.D.

rofly, což může být v některých případech žádoucí. Tyto firmy následně prodávají čistý řasový protein nebo řasovou mouku.

Jaké jsou perspektivy využití mikrořasy Chlorella v zemědělství?

V tomto případě nemusí jít o využití jenom Chlorelly, ale řasové biotechnologie jako celku. Je třeba si uvědomit, že řasa je ve skutečnosti jednou buňkou. Ta musí velice rychle reagovat na změnu prostředí. Takovou změnou může být teplota, pH, výživa, čili stres. Ve stresu začínají řasy produkovat látky, které pro ně znamenají přežití, pro člověka mohou být přínosem. Těmi nejdůležitějšími látkami jsou pigmenty (beta karoten a další karotenoidní barviva) a polynenasycené mastné kyseliny. Pigmenty se využívají k obarvování vaječných žloutků nebo produkci stále populárnějšího pstruha lososového. To není nic jiného, než pstruh duhový, kterému se v posledním měsíci života přidávají do potravy granule se zvýšeným obsahem astaxantinu. Astaxantin může být extraktem z humrů (mořských koryšů), které ho mají v krunýři, nebo z mikrořas pěstovaných například v Austrálii.

Mikrořasy mohou být zdrojem významných omega-3 nenasycených mastných kyselin, které se mohou následně využít v potravinářství nebo krmivářství. I v tomto případě, stejně jako u dalších potravin s obsahem

omega-3 kyselin či jiných produktů biotechnologií je problémem cena. Bonusem na který však mnoho lidí slyší (veganí a vegetariáni) a jsou ochotni za to platit, je jejich rostlinný původ.

Mohla by biomasa Chlorelly nahradit v bioplynových stanicích až dosud nejvíce používanou kukuřici?

Zatím rozhodně nemohla a důvodem je cena. Stejnou částku jako jedna tuna kukuřice stojí jeden kilogram řas. Můžeme ale zkoušet, zda by řasy nemohly produkovat něco, co by významně podpořilo proces anaerobní digesce, nebo jestli by řasy nemohly produkovat vyšší množství olejů za nízkou cenu. Tuky jsou samozřejmě v bioplynových stanicích vítanou surovinou. Pak ale musíme myslet na to, zda oleje nevyužít lépe, s vyšší přidanou hodnotou, než pouze pro bioplyn. Ale mikrořasy nemusí být surovinou pro „bioplyn“, ale právě naopak. Z bioplynové stanice vychází bioplyn, tj. směs metanu a CO₂ a oxidu uhličitého je třeba se zbavit. Řasy ho ovšem potřebují, tak se využije pro produkci řas, řasy se použijí do potravního řetězce přes zooplankton do ryb. Nebo se mikrořasy využijí pro produkci jiných látek. Nelze vyloučit ani využití odpadního tepla z bioplynů. Výzkum v tomto ohledu jde cestou technologického vývoje, vedle toho se odehrává jiný výzkum mikrořas, spíše na úrovni molekulární genetiky, hledání nových látek v řasách a sinicích, selekce kmenů mikrořas, sledování účinnosti

látek například v medicíně a podobně. Pokud se ale jedná o využití řas v zemědělství, prioritně zatím jde o živočišnou výrobu a obhacování krmiv.

Existuje nějaký zemědělský podnik, kde si experimenty s Chlorellou ověřujete v praxi?

Nejde zatím o konečnou realizaci výzkumných projektů v praxi, ale o spolupráci při aplikovaném výzkumu. Na hledání praktického využití spolupracujeme například s VŠCHT Praha, s různými fakultami Jihočeské univerzity a výzkumnými ústavami Biologického centra v Českých Budějovicích, Technologickou fakultou univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, Ústavem chemických procesů a nebo například se společnostmi Rabbit Trhový Štěpánov a.s. a Agritec, s.r.o. Šumperk. Nelze opomenout ani to, že CENTRUM ALGATECH je partnerem programu „Potraviny pro budoucnost“ – Strategie AV21. Vedle toho je pochopitelně celá řada partnerů v oblasti základního výzkumu mikrořas v Česku i v zahraničí.

Není pochyb o tom, že oblast využití Chlorelly a dalších mikrořas je a bude široká. Vedle medicíny zatím na prvním místě zůstává využití mikrořas v potravinářství, a tedy kultivace mikrořas. Způsobů a přístupů je mnoho, pro účely potravinářství a krmivářství je nejběžnější venkovní kultivace. Naše třeboňská technologie umožňuje sklizeň při velké hustotě řas. Roční produkce je přibližně 1–1,5 t. Údaj je pouze orientační, závislý na slunečním záření. Navíc sezona v Třeboni je

výrazně kratší než například v Izraeli, Austrálii, Taiwanu nebo středomoří. Navíc naším posláním není produkovat a prodávat, ale zkoumat, vyvíjet, navrhovat, ověřovat, jsme výzkumný ústav a výzkum a vývoj na kultivačních plošinách představuje jen zlomek naší činnosti. I přesto má řasová biomasa z Třeboně potravinářskou kvalitu. Nemůžeme si dovolit bádat na mikrořasách pro potravinářství a nemít zavedený systém HACCP.

Kam míří současný směr vašeho výzkumu řasy Chlorella?

V současnosti existují dva směry aplikovaného výzkumu. První se týká kultivace řasy v definovaném prostředí. A ta může probíhat venku nebo uvnitř, v otevřených nebo uzavřených systémech, se světlem nebo bez něj. To je technicko-technologická část. Druhým směrem je hledání a způsob izolace biologicky aktivních látek a jejich poznání. To se týká nejen mikrořasy Chlorella, ale i jiných kmenů řas a především sinic. Součástí toho je i vyhledávání nových kmenů mikrořas, často z velmi extrémních prostředí, protože na extrémní podmínky mohou mikrořasy reagovat produkcí látek, ze kterých může profitovat i člověk. Kolegové z Centra polární ekologie z Jihočeské univerzity tak přivážejí řasy třeba z Arktidy a Antarktidy. Velmi aktuální se jistě stane i genetická manipulace. Je potřeba dosáhnout toho, aby řasa rychleji reagovala produkcí zajímavých látek.

Ing. Michal Vokřál, CSc.

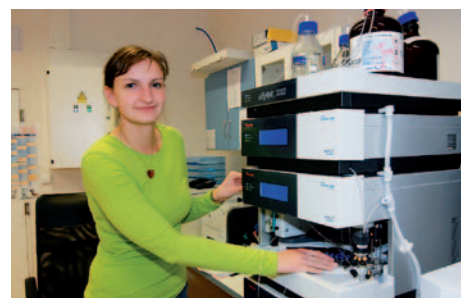


Biotechnologická hala

Foto: Ivan Emr – archiv CENTRA ALGATECH



Hlavní budova CENTRA ALGATECH
Mikrobiologického ústavu AV ČR v.v.i.
v Třeboni



V laboratoři CENTRA ALGATECH

Řasy ve výživě člověka I. část

Je velmi těžké a možná i nemožné stanovit, kdy člověk poprvé zařadil do svého jídelníčku řasy. Určitá část odborné veřejnosti sice podporovala teorii „vodních opic“, podle které se člověk během své evoluce pohyboval velice blízko moře nebo vodní prostředí snad i částečně obýval, podobně jako dnes makakové červenolící v Japonsku. Vysoký obsah nenasyčených mastných kyselin v mořských zdrojích potravy se tak údajně zasloužil o rozvoj lidského mozku.

Bylo by to pěkné, neboť producentem nenasyčených mastných kyselin v mořském potravním řetězci jsou právě řasy. Ponechejme ovšem stranou úvahy o tom, kolik času trávili hominidé ládováním se mořskými chaluhami a podívejme se na relevantní doklady o konzumaci řas.

Řasová archeologie

Vypovídajících archeologických nálezů je nemnoho, protože stélky mnohobuněčných řas se velice rychle rozkládají. Ačkoliv bychom nejstarší nálezy očekávali na Dálném východě, je to západní pobřeží Jižní Ameriky, odkud pocházejí nejstarší nálezy zbytků řas v lidských sídlech. Dokladují například, že chaluhy byly běžnou součástí stravy peruánských Inků před více než 4 000 lety. Sušené chaluhy byly nalezeny i v Andách, což svědčí o tom, že byly předmětem obchodu mezi pobřežím a vnitrozemím. Je dost pravděpodobné, že chaluhy sloužily i jako zdroj jódu, v některých oblastech And se endemická hypotyreóza ještě nedávno léčila jódem z chaluh. Ještě starší jsou nálezy chaluh a ruduch v jižním Chile, které jsou datovány do období před 15 000 lety. Všechny druhy nalezených

řas se dodnes používají a prodávají jako potraviny nejen v Chile a mnohdy jsou znovu objeveny pro moderní medicínu. Španělské záznamy z doby dobytí říše Inků zmiňují rovněž konzumaci rosolovitých kolonií sinice *Nostoc* kolem andských jezer. Vysušená biomasa sinice *Spirulina* sbíraná z povrchu jezera Texcoco byla pod jménem *tecuitlatl* prodávána na aztéckých trzích v Mexiku, jak zmiňuje v roce 1584 v pamětech dobývání Mexika conquistador Bernal Díaz del Castillo.

Z Japonska jsou archeologické důkazy o konzumaci chaluh z období před 6–2 tisíci lety a odsud rovněž pochází první známá písemná zmínka o konzumaci řas. Zákoník *Taiho* (kolem roku 700 po Kristu) jmenuje některé chaluhy, které musely být jako desátky odevzdávány na panovníkův dvůr a které bylo rovněž možné použít jako platidlo. O dvě století mladší čínsko-japonský slovník již výslovně zmiňuje 21 mořských řas včetně postupů jejich přípravy. V Číně se kolonie sinice *Nostoc* (ano, stejné sinice jako v Peru) považovaly za lahůdku hodnou stolu vysokých hodnostářů, ačkoliv ji, podle vzhledu kolonií, považovali za podivné zemské ucho nebo dokonce za výkal hvězd.



Sušení plátků nori z mořských řas, ruduch, v Japonsku na přelomu století

Foto: Archiv autora

Jez chaluhy, budeš silný

Dávni obyvatelé Polynésie a Melanésie pěstovali vybrané druhy mořských stélkatých řas v jakýchsi podmořských zahrádkách, dnes bychom použili termín akvakulturách. Uvádí se, že jako potrava nebo medicína se používalo až 70 druhů řas. Vlastně nás to ani nemusí překvapovat, pokud si uvědomíme, že obyvatelstvo tichomořských ostrovů má původ v jihovýchodní Asii. Obyvatelé souostroví Tonga věřili v posilující účinky chaluh, obecně nazývaných *limu moui*. Když v roce 1777 připlul na Tonga potěť James Cook, pohostili jej obyvatelé právě limu moui, aby opět nabyl sil a energie, stejně tak jeho muži. Pokud i dnes zadáte termín limu moui do internetového vyhledávače, objeví se stovky odkazů na dietetické doplňky s odkazem na *fukoidany*, polysacharidy buněčných stěn chaluh, které se sle-



Pěstování *Spiruliny* na misijní stanici ve Středoafričské republice

Foto: Sebastian Rich



Sušené stélky mořské ruduchy *Palmaria* (dulce) jsou i barevnou ozdobou vegetariánských pokrmů

Foto: Jude Matsala



ilotní kultivační jednotka postavená Dr. Šetlíkem v roce 1958 v botanické zahradě v Košicích

dují rovněž pro potenciální využití v medicíně. Africký kontinent má rovněž dlouhou tradici v požívání řas a sinic. Dodnes se v okolí jezera Čad sbírají z hladiny husté nárosty bičíkaté sinice *Spiruliny*, suspenze se nalije do jamky v písku a vysušené koláče se následně prodávají na tržištích pod místním názvem *Dihé*.

I náš starý dobrý kontinent má bohaté historické zkušenosti s požíváním mořských řas. Obyvatelé pobřeží Irska a Skotska je mají na svém jídelníčku přes 4000 let, ovšem prvním dokladem o jejich konzumaci je až báseň z roku 563 připisovaná sv. Kolumbánovi, který šířil křesťanství mezi skotskými Pikty. Chudým obyvatelům pobřeží vařili mniši polévku z mořské ruduchy *Palmaria palmata*. Dodnes se tato řasa pojídá v zemích severního Atlantiku a je možné ji zakoupit sušenou v obchodech se zdravou výživou. Patří mezi řasy, které zesilují chuť ostatních potravin, podobně jako některé chaluhy s vysokým obsahem přírodní kyseliny glutamové. Ruducha *Palmaria palmata* byla součástí „cestovního“, protikurdějového jídelníčku Vikingů, sbírali ji buď čerstvou na pobřežích, nebo ji vozili sušenou. Nešlo ovšem o jen tak nějakou surovinu, již v 10. století její sběr na Islandu upravoval zákon.

Zrození řasové biotechnologie

Na rozdíl od velkých mořských řas, jejichž stélky dosahují až několika desítek metrů, to mají jejich mikroskopické příbuzní trochu složitější. Lidé si jich všimli buď při masovém nárůstu, nebo pokud vytvořily kolonie. Až do vynálezu mikroskopu vlastně ani pořádně netušili, že za „výkalem hvězd“ kolonií *Nostocu* se ukrývají mikroskopické organismy. Kromě empirických zkušeností nebyly ani žádné poznatky o kultivaci řas. Ta byla popsána až v roce 1850 německým mikrobiologem Ferdinandem Cohnem, jedním ze zakladatelů moderní mikrobiologie. Jeho cílem ovšem nebylo pěstování řas, ale studium buněk, buněč-



Kultivační zařízení v Třeboni v první polovině 60. let

ného obsahu a životního cyklu mikroskopických řas. První kultivace jednoho druhu se podařila až na konci 19. století s od té doby stále slavnější řasou, *Chlorellou*. Produkce řasové biomasy ale stále nebyla hlavním cílem těchto experimentů, rychle rostoucí fotosyntetizující řasy byly ideálním organismem pro obecné studium metabolismu. V roce 1910 byly v Anglii provedeny pokusy s pěstováním řas jako potravy pro mořské živočichy a brzy bylo zřejmé, že bude potřeba se zaměřit na zdroje živin, především mikroprvky a na další limitující faktory růstu, především pak světlo.

První experimenty s využitím mikroskopických řas ve výživě přišly na konci 1. světové války, kdy se v Německu s nadějí vzhlíželo k jakémukoliv zdroji potravin. Výsledky ovšem nebyly příliš povzbudivé, celulózní stěny řasové buňky nebyly narušeny a procházely trávicí soustavou člověka víceméně neporušené. Podobně byla 2. světová válka katalyzátorem výzkumu nových látek z řas, tato iniciativa vzala za své objevem penicilinu. Zájem o mikroskopické řasy jako zdroj bílkovin pro hladovějící svět i jako zdroj cenných látek ovšem přetrvával a plně se začal rozvíjet od 50. let 20. století, v čele všech experimentů byly USA, Německo a Japonsko. V roce 1953 vyšla příručka věnovaná kultivaci řas – *Algal Culture, From Laboratory to Pilot Plant*, která se na dlouhou dobu stala základním dílem řasových biotechnologů.

Ve druhé polovině 20. století nastává první velký boom v pěstování mikrořas. Prim v tomto ohledu hrálo Japonsko, ale i ostatní státy s vhodným klimatem a odborným zázemím spatřovaly v masové kultivaci mikrořas naději pro hladovějící populaci. Experimentovalo se s vhodným zařízením pro pěstování, zpracování i využití, vznikaly první soukromé společnosti zabývající se produkcí mikrořas, především *Chlorelly*. Zároveň se sledovaly nutriční i cenné látky a jejich vliv na zdraví člověka i zvířat, neboť výživářský sektor nabízel rovněž velké příležitosti. Možnost využít řasy pro spotřebu CO₂, produkci kyslíku a nut-



Kultivační zařízení „Chlorella - A“ určené pro testování růstu řas v beztížném stavu

Foto: Archiv Centra Algatech

ričních látek zaujala vesmírné agentury na obou stranách tehdejší železné opony, prvotní nápady se však nedočkaly realizace ani v USA ani v SSSR.

Chlorella na lince Košice – Třeboň – vesmír

Popsanou evolucí řasové biotechnologie si prošlo i tehdejší Československo. Mikroskopické řasy se v padesátých letech minulého století jeví jako ideální modelový organismus pro studium fotosyntézy. V roce 1959 byla v botanické zahradě Slovenské akademie věd v Košicích postavena první Československá řasová kultivační jednotka. Dokumentární film Sluneční laboratoř pak demonstroval, že je možné řasy pěstovat i v klimatických podmínkách střední Evropy. V roce 1960 následovalo založení Laboratoře pro výzkum řas v Třeboni, kde se nakonec podařilo vybudovat 1 000 m² velké kultivační plošiny a technologické zázemí pro zpracování řasové biomasy. Ve spolupráci s veterinárními i humánními lékaři pak vznikaly i léčebné přípravky z řas (především z *Chlorelly* a *Scenedesmu*), z nichž injekční preparát Ivastimul pronikl až na trh s veterinárními léčivými. Třeboňské pracoviště Mikrobiologického ústavu ČSAV, pod které Laboratoř pro výzkum řas částečně přešla, se v sedmdesátých letech podílelo i na vesmírném výzkumu. Vladimír Remek provedl během svého letu experiment Chlorella-1 s cílem ověřit, zda růst řas v beztížném stavu probíhá stejně, jako na zemi.

Dnes je oblast aplikací mikroskopických řas velmi široká, ale základem zůstává potravinářské využití. Řasy se nestaly spásou hladovějícího světa, staly se však vyhledávaným doplňkem stravy a pro své účinné látky i součástí krmných směsí pro chované živočichy, především pro ryby.

Mgr. Richard Lhotský, Ph.D.

Mikrobiologický ústav AV ČR, v. v. i.

Řasy ve výživě člověka II. část

Od poloviny 20. století jsou mikroskopické mořské i sladkovodní řasy v hledáčku zájmu výzkumných institucí i privátních společností jako bohatý zdroj bílkovin a dalších látek významných pro lidskou výživu. Když se v šedesátých letech potvrdilo, že mikroskopické řasy lze s úspěchem pěstovat i ve velkém množství, vznikl nikoliv nevýznamný sektor řasových biotechnologií s vlastním výzkumem, vývojem i aplikační sférou.

Nežůstalo pouze u *Chlorelly*, která se jako první dočkala obchodního zhodnocení, jen v lehkém odstupu je sinice *Spirulina* (*Arthrospira*). Ačkoliv jde o zcela odlišnou skupinu organismů, která má blíže k bakteriím než k řasám, vzhledem ke stejným principům kultivace se pro veřejnost mikroskopické sinice a řasy někdy společně označují jako mikrořasy. Pomohlo k tomu i zavádějící anglické pojmenování sinic blue-green algae, modrozelené řasy.

Navzdory optimistickým prognózám, že mikrořasy vyřeší světový problém podvýživy, se ani za 60 let nepodařilo řasám významně omezit hladovějící populaci. Přesto se v mnoha oblastech světa alespoň spolupodílí na eliminaci tohoto problému, především u dětí. Nejde ani tak o nedostatek

potravin, ale o nevyváženou stravu s deficencí důležitých vitamínů, minerálních látek nebo aminokyselin, což má za následek poruchy vývoje u dětí.

Fototrofní buněčné továrny

Již zmíněná *Spirulina* hraje v boji s nedostatkem bílkovin v rozvojových zemích důležitou roli, což opakovaně zdůrazňují OSN, FAO nebo WHO. Obsah bílkovin ve *Spirulině* se pohybuje mezi 55–75 %, což jsou hodnoty jinak dosahované v bílkovinných preparátech pro kulturisty a daleko převyšující obsahy bílkovin v jiných potravinách rostlinného původu. Zároveň *Spirulina* obsahuje všechny základní aminokyseliny,



Ilustrační obrázek

Foto: Richard Lhotský, Centrum ALGATECH

byť některé v menší míře (methionin, cystein a lysin), je bohatá na nenasycené mastné kyseliny i některé vitamíny a barviva (především karotenoidy). Biomasa je zároveň lehce stravitelná, buněčná stěna sinic, stejně jako bakterií, neobsahuje celulózu a obsah buněk je tak snadno dostupný trávicím procesům. Spolu s *Chlorellou* ovládá *Spirulina* trh potravních doplňků z řas.

Subsaharská Afrika a jižní Asie jsou oblasti opakovaně trpící projevy podvýživy



Venkovní kultivace řas v třeboňském Centru ALGATECH, MBÚ AV ČR

Foto: Ivan Emr, Centrum ALGATECH

děti s nejzávažnějšími důsledky v podobě syndromu Kwashiorkor (nateklá břicha u dětí), objevujícím se při nedostatku bílkovin. Rozumná denní dávka *Spiruliny* pokryje u dospělého člověka zhruba 15 % denní dávky bílkovin, ovšem u podvyživených dětí může 10 gramů sušené biomasy *Spiruliny* pokrýt i přes 50 % denní potřeby bílkovin. Programy rozvojové pomoci, misijní stanice i různé neziskové organizace podporují stavbu malých komunitních pěstíren *Spiruliny*. Její pěstování je velmi jednoduché, betonové bazény s plastovou fólií a nuceným oběhem vody snadno vybudují místní lidé a sklizeň v podobě přefiltrování a usušení zvládnou rovněž, což je pro místní komunity přínosnější, než distribuce zahraničních výživových preparátů.

Řasy, jako zdroj bílkovin, nejsou zajímavé pouze pro rozvojové oblasti. Bill Gates, sám vegetarián, patří například mezi velké investory do vývoje bílkovinných produktů nahrazujících živočišné proteiny. Řasy se v tomto ohledu jeví více než slibně. Zatímco bílkoviny z vyšších rostlin (sója, hrách, obiloviny) musejí být složitě izolované, řasové buňky mohou být jako proteinový produkt použity přímo, navíc obsahují další cenné látky. Jako alternativní zdroj bílkovin jsou navíc přijatelnější než hmyz, nehledě na stále rostoucí

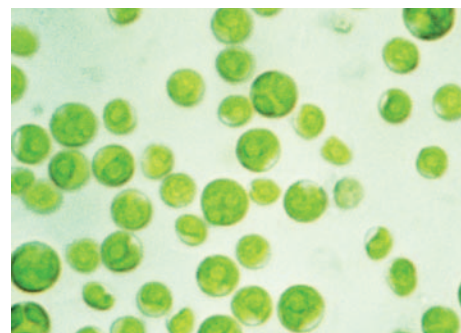
podíl vegetariánů a veganů mezi zákazníky. Řasovou mouku bez obtěžujících senzoric-
kých vlastností i čistý řasový protein nabízejí již dvě velké společnosti, Solazyme (USA) a Rochette (Francie), řada dalších pak nabízí různé pochutiny a dietetika s přídavkem na protein bohatých řas. Relativně vysoká spotřeba elektřiny a vody během některých typů kultivací je stále brzdou většího rozvoje.

Svět řas je svět barev

Fotosyntetické pigmenty řas jsou jednou z nejceněnějších látek (přepočítáno na finance), které řasy obsahují. Je to dáno tím, že syntetická barviva v potravinářském průmyslu jsou postupně nahrazována přírodními, tak jak si to žádají zákazníci nebo legislativní změny. V případě karotenoidu dosahuje celosvětový obchod 1,5 miliardy amerických dolarů a meziroční růst se odhaduje na 3 %. Nejvíce je na trhu zastoupen β -karoten, používaný jako přírodní barvivo, provitamin A, antioxidant, surovina pro kosmetiku. Rostoucí poptávka po potravních doplncích přírodního původu bude jistě zvyšovat i poptávku po přírodním beta karotenu.

Mořská zelená mikroskopická bičkatá řasa *Dunaliella* se v normálních podmínkách neliší svým metabolismem od jiných zelených mikrořas, ovšem v extrémních podmínkách vysoké slanosti, teploty, záření a při nedostatku dusíku začíná řasa produkovat obrovské množství β -karotenu, které může dosáhnout až 14 % hmotnosti buněk. Je zřejmé, že ideálním prostředím pro komerční pěstování této řasy jsou mořská pobřeží se slunečným klimatem – Austrálie, Hawaii, Kalifornie, Izrael.

Příbuzným barvivem je astaxantin, jehož největším odbytištěm nejsou doplňky lidské stravy, ale výroba krmiv pro lososy, pstruhy, pražmy, případně koryše nebo drůbež (barva žloutků). Mezi českými zákazníky se stále větší oblibě těší tzv. pstruh lososový, označovaný tak pro typickou růžovo-oranžovou barvu masa. Nejde ovšem o nějaký nový druh, ale o pstruha duhového nebo sívena amerického, kterým se do krmení přidává právě karotenoid astaxantin. Ačkoliv je spotřeba tohoto pigmentu zajištěna chemickým průmyslem, podobně jako u β -karotenu roste poptávka po přírodních zdrojích, které zajišťují extrakt z krunýře humrů nebo mikrořasa *Haematococcus pluvialis*. Limitujícím faktorem je ovšem cena, která je v případě řasového astaxantinu zhruba 7 000 dolarů za kilogram.



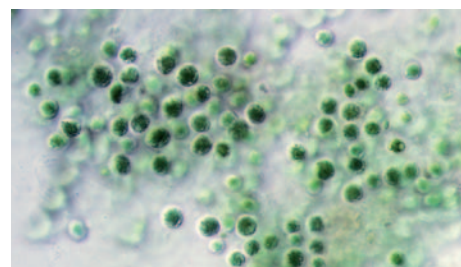
Zelená jednobuněčná řasa *Chlorella* je nejnámější pěstovanou řasou

Foto: Jose Malapascua, Centrum ALGATECH



***Dunaliella salina* produkuje za určitých podmínek velké množství karotenu**

Foto: CSIRO



Řasa s velkým biotechnologickým potenciálem – *Porphyridium*

Foto: Ondřej Komárek, Centrum ALGATECH

Řasa *Haematococcus pluvialis* je pro produkci astaxantinu pěstována ve dvou fázích. V běžných kultivačních podmínkách je nejprve napěstována biomasa zelené mikrořasy, která je následně vystavena stresovým podmínkám, díky kterým začne produkovat vysoké množství oranžového astaxantinu (až 4 % suš.).

Třetím z významných karotenoidů je lutein, pro člověka možná vůbec z nejdůležitějších vzhledem k jeho ochranné funkci na sítnici oka a žluté tělísko (spolu se zeaxantinem). Lutein je tak součástí potravních doplňků zaměřených na prevenci degenerativních změn očí, ale například i aterosklerózy. Spolu s dalšími karotenoidy se lutein používá pro zlepšení barvy žloutku a kůže brojerů, buď přímo (extrakty z rostlin boha-





Masová kultivace řasy *Haematococcus pluvialis* na Havaii (vlevo zelená fáze, vpravo již biomasa s vysokým obsahem astaxantinu)

Foto: Cyanotech Corporation, Kailua-Kona, HI

tých na lutein), nebo nepřímo krměním potravou, která je na lutein a zeaxantin bohatá a zároveň levná, například kukuřicí. Komerčně nejvíce využívaným zdrojem luteinu je všem zahrádkářům dobře známý aksamitník neboli afrikán. Ovšem i mezi mikroskopickými řasami najdeme jeho velké producenty, rody *Scenedesmus*, *Botryococcus*, *Chlorella*, *Muriellopsis*, s obsahem dokonce 3–6krát vyšším, než v případě aksamitníku.

Sinice obsahují řadu fotosyntetických barviv, jedním z nich je fykocyanin, maskovaný sice zeleným chlorofylem, ale jinak krásně sytý modrý pigment. S těžkým srdcem přijali milovníci lentilek Smarties společnosti Nestlé v roce 2006 informaci, že modré lentilky barvené brilantovou modří nebudou nadále v některých zemích na trhu. Byl to důsledek tlaku veřejnosti proti používání syntetických barviv. O to větší byla

radost zákazníků podpořená kampaní Blue is back (Modrá je zpět), když se modré lentilky opět objevily, tentokrát s modrým kabátkem ze sinicového barviva fykocyaninu. Toto barvivo dnes konzumujeme v celé řadě potravin a používáme v kosmetických produktech, vedle toho se fykocyanin používá jako tzv. fluorescenční značka v biochemii, molekulární biologii a lékařské diagnostice. Pigmentem označené molekuly (například bílkoviny nebo protilátky) ve světle určité vlnové délky svítí.

Salát s řasovým olejem

V posledních letech se stále více hovoří o vlivu omega-3 nenasycených mastných kyselin (ω -3 PUFA) na lidské zdraví. Jejich zdrojem jsou některé oleje, ořechy a semena, ale především tuk mořských ryb. Ty však tyto látky nesyntetizují, získávají je z potravy a na počátku tohoto potravního řetězce pak stojí mořské řasy. Zdroje ryb ovšem mají své limity, cena rybího oleje stále stoupá, geneticky modifikované rostliny vhodné k produkci těchto lipidů se potýkají s legislativní bariérou, a tak se kultivace řas s vysokou produkcí omega-3 kyselin jeví jako velmi perspektivní. Již dnes se využívají některé mořské řasy rodu *Schizochytrium*, *Ulkenia*, *Cryptocodinium*, *Phaeodactylum*, *Nitzschia* pěstované jak ve fotosyntetickém režimu (s přístupem světla), tak heterotrofně, kdy řasy získávají energii nikoliv ze Slunce, ale z organických látek přidávaných do média.

Použití olejů z řas bohatých na ω -3 PUFA z řasy *Schizochytrium* bylo v roce 2003 schváleno Evropskou komisí, dnes je tak možné najít řasovým olejem obohacené oleje, dressinky, cereálie a další produkty. Experimentuje se například s přidáním emulze tohoto oleje do fermentovaných masných výrobků, salámů, kde nedocházelo k senzorickým změnám ani při nahrazení 25 % vepřového tuku řasovým olejem. Zvýšit obsah lipidů v řasách lze dvěma základními způsoby – vystavit je stresu (světlo, nedostatek živin) nebo, což je spíše píseň budoucnosti, molekulárně-biologickým zásahem. Do té doby budou algologové hledat vhodné kmeny řas na těch nejméně uvěřitelných místech – na pouštích, ve slaných kalužích, v arktických oblastech, tedy v extrémních prostředích. Produkce tuků v řasách nezajímá jen potravinářský, potažmo krmivářský průmysl, ale i výrobce paliv, ale to je již zcela jiná kapitola.

Mgr. Richard Lhotský, Ph.D.
Mikrobiologický ústav AV, v. v. i.

ZÚČASTNĚNÁ PRACOVISTĚ AV ČR

Ústav experimentální botaniky
Ústav živočišné fyziologie a genetiky
Ústav chemických procesů
Mikrobiologický ústav
Sociologický ústav

SPOLUPRACUJÍCÍ PRACOVISTĚ AV ČR

Biofyzikální ústav
Biologické centrum
Botanický ústav
Ústav státu a práva

PARTNEŘI

Centrum regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum	Milcom, a. s.
Středoevropský technologický institut CEITEC	Perník, s. r. o.
DLF-Trifolium Hladké Životice, s. r. o.	Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy, s. r. o.
Centrum řasových biotechnologií ALGATECH	Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně
Agrotest fyto, s. r. o.	Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha-Uhřetěves
Selgen, a. s.	Výzkumný ústav potravinářský Praha
Chmelařský institut, s. r. o.	české a zahraniční univerzity a další akademická pracoviště
Agritec, s. r. o.	
Oseva UNI, a. s.	

OSOBNOSTI A VÝZKUMNÁ TÉMATA

Koordinátor programu Prof. Ing. Jaroslav Doležel DrSc. (ÚEB)

Genomika a biotechnologie rostlin pro efektivní šlechtění

Prof. MUDr. Helena Tlaskalová – Hogenová, DrSc. (MBÚ)

Nezávadnost nových zdrojů surovin pro bezlepkovou dietu a využití probiotik v prevenci

Prof. RNDr. Ondřej Prášil, PhD. (MBÚ)

Využití mikrořas v potravě

Ing. Jan Kopečný DrSc. (ÚŽFG)

Molekulární technologie pro šlechtění zvířat

Ing. Olga Šolcová, CSc., DSc. (ÚCHP)

Separace cenných látek z rostlinných materiálů pro podporu zdravé výživy

PhDr. Martin Buchtík (SOÚ)

Spotřeba a plýtvání potravinami jako sociální problém

Ing. Radoslava Kvasničková
projektová manažerka

Pracoviště koordinátora projektu:
Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.
Šlechtitelů 31, CZ- 783 71 Olomouc
Tel: +420 585 238 701
Fax: +420 585 238 704
www.potravinyav21.cz