VESMÍRNÉ

BIOTECHNOLOGIE

BIOTRIN

Vesmírné Biotechnologie

Speciální vydání Světa Biotechnologií

Obsah

Úvod 1

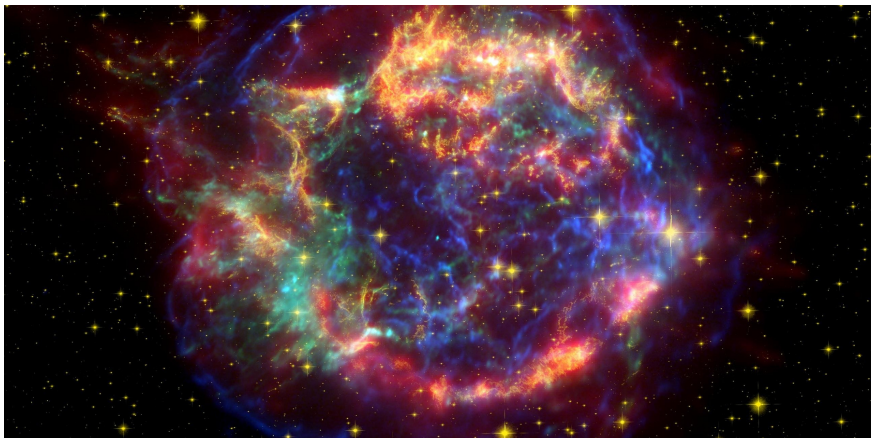
Potenciální plodiny budoucnosti: kosmické šlechtění přispívající k vývoji pozemských plodin 2

NASA - program Vesmírné biologie 6

Probíhající výzkum v oblasti vesmírných biotechnologií 10

Moderní technologie využívané v laboratořích v kosmu 12

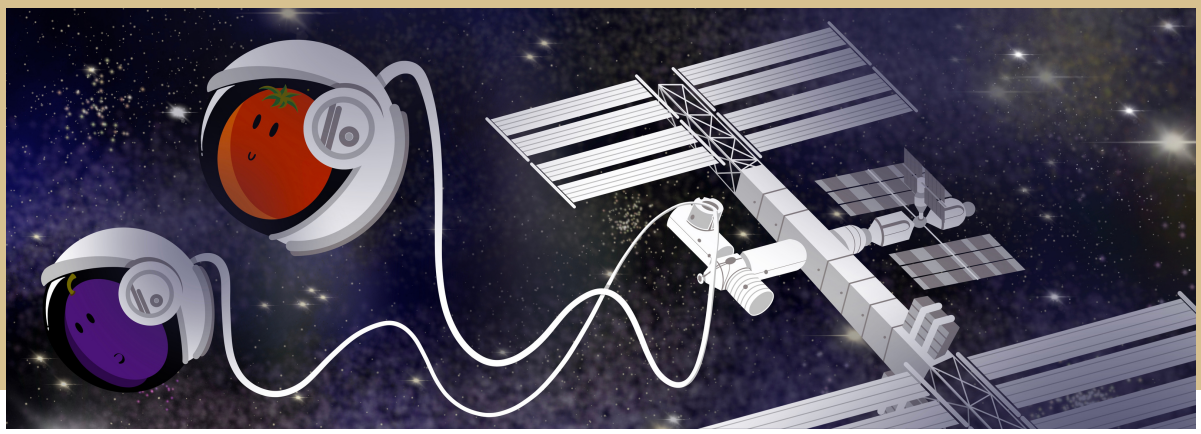
Autoři textů:
Ing. Tereza Branyšová
Ing. Simona Lencová, Ph.D.
Ing. Václav Peroutka
Ing. Kamila Zdeňková, Ph.D.
Autorka ilustrací a grafické podoby:
Ing. Barbora Hošková
Editorka:
Ing. Simona Lencová, Ph.D.



Úvod

Kosmické šlechtění je termínem, jež se široké veřejnosti může na první pohled jevit jako inovativní. Ačkoliv se může zdát, že jde o novinku moderní doby, tato oblast vědeckého výzkumu datuje své počátky do druhé poloviny 20. století. První biologické modely ve vesmíru se objevily již v roce 1975, kdy je na oběžnou dráhu vynesla raketa Vostok. Jednalo se o kolekci zvanou Kosmos 752 zahrnující živočišné buněčné linie i rostliny, jež měla přispět k poznání vlivu prostředí bohatého na kosmické záření bez gravitace na vývoj biologických systémů. Přestože výsledky tohoto pilotního pokusu neprokázaly významný vliv extrémního vesmírného prostředí na růst a morfogenezi rostlin, na experimenty postupně navázal další výzkum a kosmické šlechtění se stalo předmětem zájmu řady vědeckých skupin, zejména Národního úřadu pro letectví a vesmír, NASA. Základní myšlenkou kosmického šlechtění je optimalizace efektivity a praktického využití spontánní radiační mutageneze za zvýšení produkce potřebných potravin.

Jaký vliv může mít vesmírné prostředí na růst a vývoj biologických systémů? Jak daleko je současný výzkum v oblasti vesmírných biotechnologií a jaké projekty aktuálně probíhají? Nejen na tyto otázky se zaměřuje speciální vydání bulletinu Svět biotechnologií s názvem Vesmírné biotechnologie.



Potenciální plodiny budoucnosti: kosmické šlechtění přispívající k vývoji pozemských plodin

Průkopníci vesmírných letů již od prvních kosmických výprav za hranice naší planety musí velmi pečlivě zvažovat (doslova), jaké suroviny a potraviny do vesmíru vynášet. I přes pokroky a recyklovatelnost raketových nosičů firmy SpaceX si transport veškerého jídla na oběžnou dráhu žádá obrovské množství energie, s čímž samozřejmě rostou i finanční náklady. Pro představu, vynesení jednoho kilogramu hmoty vychází v současnosti na více než milion českých korun. Nejen tyto finanční a logistické bariéry jsou stále trnem v oku visionářům snícím o meziplanetárních letech, které by při využití nejdokonalejší současné technologie trvaly přinejmenším roky. K překročení těchto pomyslných bariér by mohla značně pomoci recyklace a využívání obnovitelných zdrojů spojené s produkcí potravin přímo v kosmických zařízeních. I proto se již ve druhé polovině minulého století začaly zkoumat možnosti šlechtění nových plodin pro jejich další pěstování ve vesmíru.

Kosmický rostlinný a biotechnologický výzkum však přináší ovoce (doslova) i na Zemi. Na rozdíl od pilotního výzkumu z roku 1975 zmíněném v úvodu je již částečně potvrzeno, že plodiny v kosmu v reakci na velmi nebývalé podmínky (např. mikrogravitaci, či kosmické záření) získávají zcela unikátní fenotypové, genotypové i molekulární vlastnosti, jejichž principiální pochopení a využití může způsobit značný průlom i v pozemském zemědělství. Na to, kterak může vesmírné prostředí různými mechanismy ovlivňovat růst a vývoj rostlin se pod drobnohledem zaměřuje následující text.

Jedním z prvních pozorovaných vlivů kosmického prostředí na rostliny byl vliv beztížného stavu a mikrogravitace. Rostliny ovlivňuje mikrogravitace především nepřímo skrze zvýšené povrchové napětí, které je způsobeno jinou fyzikou kapalin ve stavu beztíže. Tyto jevy pak mají vliv především na velikost a diferenciaci rostlinných buněk. Buňky kultivované ve stavu bez tíže nabývají roztodivných tvarů. Například takové buňky mechu *Funaria hygrometrica* zaujaly po 96denním pěstování ve vesmíru "hruškovitý", či "činkovitý" tvar, naproti tomu buňky kořenového meristému kukuřice se zaoblily po snížení mechanického tlaku tvořeného povrchovým napětím. Některé buňky se ve vesmíru zmenšují, mají také méně škrobových granulí a vykazují změněné struktury chloroplastů. Naopak buňky nacházející se v kořenech rostlin, jako je *Crepis*, kukuřice, hrách a pšenice, rostou větší. V závislosti na jednotlivých případech zde může v důsledku mikrogravitace docházet ke zvyšování výnosů jednotlivých plodin. Vesmírné prostředí též spouští změny v chování buněk. V rámci jednoho pokusu byla například pěstována semena pro analýzu somatické embryogeneze. Výsledné buňky se ve vesmíru diferencovaly výrazně rychleji a během pouhých čtyř dnů začalo téměř 90 % těchto buněk vykazovat polaritu a tvořit listové nebo kořenové zárodky, zatímco kontrolní skupině to trvalo násobně déle. Často též bývá pozorována zrychlená diferenciace buněk kořenů, namísto běžné prodlužovací fáze buňky kořene přechází do fáze dělení, což poté velmi urychluje vznik kořenových vlásků. Sazenice hrachu pěstované ve vesmíru mívají kvůli absenci gravitační síly extrémně prodloužená internodia (části stonku mezi uzlinami). Jiným rostlinám, především orchidejím, se naopak ve vesmíru příliš nedaří, vykazují výrazně zpomalený růst listů a obecně neprosperují.

Dalšími zajímavými proměnami prochází ve stavu beztíže také jednotlivé buněčné struktury a organely. Buněčné stěny vyšších rostlin pěstovaných ve vesmíru jsou pozoruhodně tenčí než stěny jejich protějšků pěstovaných na Zemi. Během několikatýdenního vesmírného pobytu rostliny zažívají významný pokles obsahu celulózy a ligninu ve svých buněčných stěnách. Podobným změnám podléhají také buněčné plastidy, což vede k ovlivňování produkce a akumulace škrobů. Velmi zajímavé jsou také změny endoplazmatického retikula (ER). Při pokusech na některých modelových rostlinách bylo pozorováno snížení elektronové hustoty obsahu ER, často též docházelo k jejich zaoblení a zmenšení, či eliminace ribosomů z hrubého ER.

U některých rostlin dochází při pěstování ve vesmíru ke změnám v rychlosti buněčného dělení, abnormalitám kompartmentace buněčného jádra a jadérka a kondenzace chromatinu. Je však zajímavé, že k takovým změnám často dochází pouze u některých úzce specializovaných buněk, umístění a vzhled buněčných jader buněk řeřichy, čočky, salátu, či kořenových čepiček kukuřice zůstávají zpravidla neovlivněné.

Prostředí vesmíru je kromě beztížného stavu jedinečné především vyšší mírou kosmické radiace, před kterou zemský povrch naštěstí chrání magnetické pole a atmosféra. Interakcí záření vyšší energie s živou hmotou může v buněčné DNA indukovat mutace, či ji poškozovat. V důsledku mutace pak u rostlin dochází ke genomickým a tedy i fenotypovým změnám. Například studie 201 odrůd rýže vypěstovaných ze semen, která pobyla nějaký čas ve vesmíru, zjistila, že asi 30 % jejich genů vykazovalo rozdíly ve srovnání s kontrolní skupinou na Zemi, schopnost růst a plodit však u těchto rostlin zůstala zachována. Díky množství mutací a zlomů DNA u vesmírných plodin dochází ke vzniku neobvyklých změn ve struktuře chromosomů. Jak je známo, genomové mutace jsou důležitou hybnou silou evoluce a pokud jsou stabilní a svého nositele konkurenčně zvýhodňují, jsou slibné z hlediska tvorby a selekce nových potenciálních plodin. Pokud však hledáme rostliny, které by měly být vhodnou výživou pro kosmonauty na delší lety, je též důležité uvědomit si riziko genových změn způsobených kosmickou radiací. Během letu totiž způsobí nestabilitu populace plodiny. Vědci se pokusili použít radioprotektory, chemikálie, které mohou pomoci chránit před zářením, nicméně ve snížení množství mutací nebyli příliš úspěšní.

V současné době je prováděn výzkum využití vesmírného záření pro vznik indukovaných mutací. Po mnoho let byly indukované mutace téměř nejúspěšnější šlechtitelskou strategií pro šlechtitele rostlin. Vesmírné prostředí je pro tento šlechtitelský přístup výhodné nejen díky všudypřítomnosti kosmického záření různé energie, ale také pro svou naprostou sterilitu a nepřítomnost rostlinných patogenů. Nedávno bylo dokonce oznámeno, že Čína sklidila první várku rýže, kterou nazývá „vesmírná rýže“ či „rýže z nebes“. Během 23 dnů čínské mise Chang'e-5 poslali na oběžnou dráhu Měsíce 40 g rýže. Po návratu zpátky na Zemi a dokončení lunární mise byla zrna rýže pěstována v laboratoři a poté na poli. Semena byla sklizena na Jihočínské zemědělské univerzitě v Guangzhou, nejlepší z nich byla identifikována pomocí genomové selekce a následně křížena v laboratořích pro další zkoumání.

Vystavení rostlinného materiálu vesmírným podmínkám vede k mnoha zejména fyziologickým, buněčným, genomickým a molekulárním změnám, přičemž tyto rostlinné změny nejsou jen přímým důsledkem odlišné fyziky okolního prostředí. Rostlinné buňky jsou živé systémy, které na prostředí reagují změnou genové exprese specifických proteinů a cytokinů, regulací specifických metabolických drah či cyklů. Tyto pozoruhodné buněčné transformace nabízejí strhující pohled na to, jak se rostlinné buňky přizpůsobují jedinečným výzvám vesmíru a vrhají světlo na fascinující svět vesmírné biologie.

Díky dalšímu porozumění podobným reakcím buněk bychom mohli v budoucnu obdobného efektu dosáhnout uměle i v prostředí pozemské gravitace, například novými geonomickými technikami. Výsledkem takových úprav by mohly být plodiny nevídaných vlastností vhodné pro pěstování jak na Zemi, tak v mimozemském prostředí, což je mimo jiné cílem výzkumných programů NASA.

NASA - program Vesmírné biologie

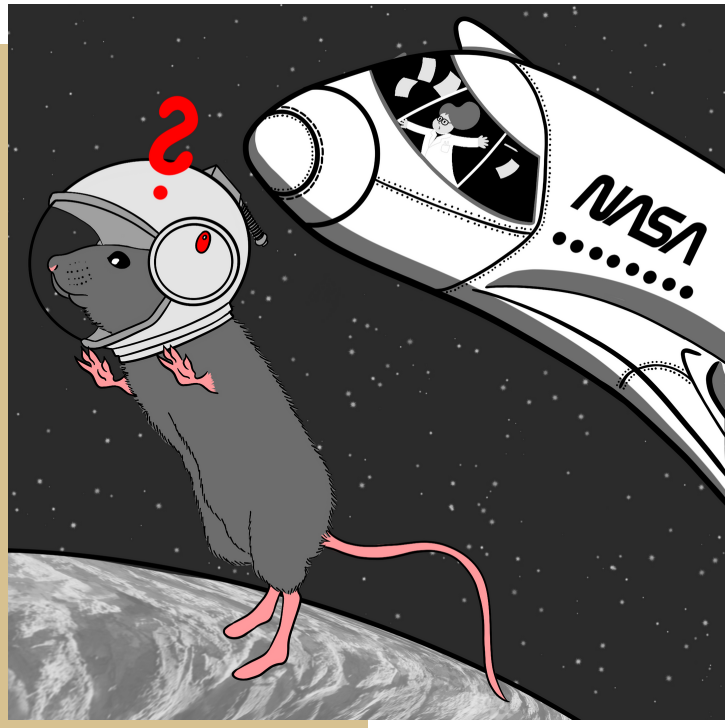
Národní úřad pro letectví a vesmír, známý zkratkou z anglického názvu National Aeronautics and Space Administration (NASA), představuje celosvětového lídra v oblasti vesmírného výzkumu. Jeho výzkumná činnost směřuje jak k planetě Zemi, Slunci a sluneční soustavě, tak k neustálému pokroku v oblasti kosmonautiky, zahrnující např. elektrický pohon a nadzvukové lety. Jedním z programů, které nabízí, je i Vesmírná biologie, která má za cíl proniknout hlouběji do toho, jak vesmírné lety ovlivňují živé organismy na kosmických lodích, jako je Mezinárodní vesmírná stanice (ISS). Kromě toho se věnuje také pozemním experimentům, které simulují podmínky vesmírných letů.

Tyto výzkumy zasahují do všech úrovní biologické organizace, od molekul a buněk, přes tkáně a orgány, až po kompletní organismy a společenstva mikroorganismů. Objevy, které výzkumníci NASA učiní ve vesmíru, nesou mimořádný význam nejen pro pochopení adaptace živých organismů na kosmické podmínky, ale také pro život na Zemi. Například studium virulence patogenů ve vesmíru, úbytek kostní hmoty a změny v růstu rostlin mohou výrazně ovlivnit vývoj léčiv podporujících hojení ran či regeneraci tkání, léčebných postupů proti osteoporóze a výzkumu v oblasti špičkových hnojiv, která zvyšují výnosy plodin.

Program Vesmírné biologie má několik odvětví zabývající se biologií živočichů, buněčnou a molekulární biologií, mikrobiologií, rostlinnou biologií a vývojovou, dále pak také reprodukční a evoluční biologií. Níže jsou přiblížena jednotlivá odvětví a hlavní otázky, kterými se zabývají.

Biologie živočichů

Cílem tohoto programu je hlouběji porozumět základním mechanismům, které živočichové využívají k adaptaci a/nebo aklimatizaci na kosmické lety a všeobecně na změny gravitace. Zvířata často slouží jako modelové organismy pro studium lidských onemocnění a reakcí lidí na stresové podněty. Mezi nejčastěji využívané modelové organismy patří obratlovci, jako jsou hlodavci (včetně potkanů a myší), a také různé druhy bezobratlých, jako jsou například hlístice a hmyz.



NASA intenzivně využívá tyto modelové organismy k posuzování biologických rizik spojených s kosmickými lety, k pochopení základních mechanismů, které umožňují adaptaci na mikrogravitaci, a k využití těchto poznatků pro pokrok v lidském výzkumu a pro společenský prospěch na Zemi. Program se věnuje otázkám, jako jsou např. dlouhodobé účinky kosmických letů a jak se s časem mění, zda jsou účinky vystavení kosmickému letu trvalé, zda můžeme nepříznivým účinkům předejít dříve, než se projeví, nebo alespoň jak je možné zmírnit jejich dopad. Další otázkou je, jaké podmínky jsou nezbytné pro to, aby zvířata mohla žít ve vesmíru několik let, vrátit se na Zemi a zůstat zdravá.

Buněčná a molekulární biologie

Výzkum buněčné a molekulární biologie v kontextu kosmické biologie se rozprostírá do širokého spektra vědních disciplín. Zahrnuje pochopení reakcí jednobuněčných organismů, jako jsou prvoci, bakterie a houby, na podmínky kosmických letů, ale i spolupráci různých buněk v komplexních tkáních a orgánech, která pomáhá celému organismu adaptovat se na podmínky v neznámém prostředí.

Hlavním cílem současného výzkumu buněčné a molekulární biologie v rámci kosmických letů u NASA je objasnit, jak kosmické prostředí ovlivňuje živé systémy na buněčné a molekulární úrovni. Výzkumníci se snaží odhalit základní genetické a molekulární mechanismy buněk, které jsou ovlivněny gravitačními změnami a kosmickým prostředím. Zkoumají, zda podmínky kosmického letu ovlivňují buněčné a molekulární funkce, které mohou vést k dysfunkcím tkání, orgánů a chorobám, ale také zda prostředí kosmických letů ovlivňuje funkce na úrovni buněk i molekul tak, že se promítá do morfogeneze a vývoje tkání.

Mikrobiologie

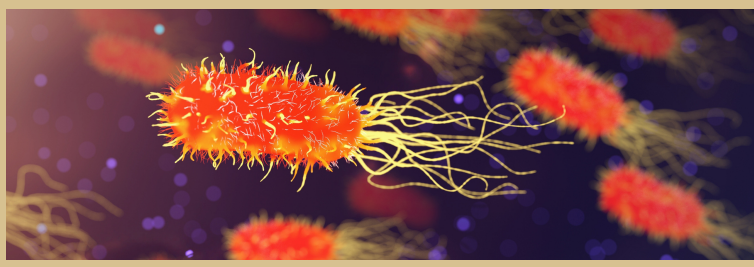
Vliv kosmického letu na biologii mikroorganismů a mikrobiální populace zůstává z velké části neobjasněn. Kromě potenciálního ohrožení zdraví astronautů mohou korozivní mikroorganismy rostoucí na kovových površích kosmických lodí poškodit vybavení a techniku. Na rozdíl od pozemních prostředí lze problémy vznikající v důsledku mikrobiální kontaminace během dlouhodobých kosmických misí řešit pouze prostřednictvím nástrojů a materiálů přítomných na palubě. Pochopení, jak mikroorganismy v kosmickém prostředí rostou a jak na sebe vzájemně působí, představuje první krok k přípravě na takové scénáře. Na druhou stranu, přítomnost určitých mikrobů může být klíčová pro prosperitu některých rostlin pěstovaných ve vesmíru a pro budoucí vývoj bioregeneračních systémů podpory života. Dosažení vhodné mikrobiální rovnováhy na palubě kosmické lodi tak může hrát kritickou roli pro úspěšné dlouhodobé vesmírné mise.

V rámci mikrobiologického programu se zkoumá mnoho základních genetických, molekulárních a biochemických procesů ovlivněných prostředím kosmických letů. Analyzuje se, jak prostředí kosmických letů ovlivňuje reprodukci, růst a fyziologii mikrobů a zda dlouhodobé kosmické mise mohou ovlivňovat tempo evolučních změn. Dále se zkoumají také účinky kosmických letů na mikrobiální společenstva, která hrají roli v procesech jako jsou symbióza, biodegradace a fixace dusíku, nebo jaké mechanismy ovlivňují změny virulence či odolnosti vůči lékům, které byly pozorovány u některých organismů během kosmických letů.

Rostlinná biologie

Rostlinná biologie má za cíl pochopit, jak prostředí kosmických letů ovlivňuje prosperitu a růst rostlin. Projekty základního výzkumu umožnily týmu vědců NASA pěstovat v kosmickém prostoru jedlé rostliny, které by členové posádky na ISS mohly využívat jako zdroj čerstvých potravin. Vzhledem k tomu, že vše, co astronauti jedí, je mrazem sušené, možnost pochutnat si na čerstvé zelenině přináší zdravé a velmi vítané vytržení z této rutiny. Na ISS se již úspěšně podařilo vypěstovat jedlý římský salát a zelí, a brzy se k nim přidají dokonce mizuna (asijská listová zelenina) a rajčata.

Vědci se v rámci tohoto programu zaměřují na otázky vlivu gravitace na růst, vývoj či metabolismus rostlin (např. fotosyntézu a obranné mechanismy rostlin či tvorbu ligninu) nebo zda prostředí kosmických letů ovlivňuje interakce mezi rostlinami a mikroby a v neposlední řadě jak lze zlepšit a zavést zahradnické přístupy pro trvalou produkci jedlých plodin ve vesmíru. Mezi důležité aspekty také patří porozumění účinkům expozice kosmickému záření na rostliny, jak rostliny vnímají a reagují na gravitaci a jaké molekulární mechanismy se na tom podílejí. Tím se vytvářejí základy pro udržitelnou produkci potravin na vesmírných misích a rozvíjí se technologie, které mohou mít pozitivní dopad i na pozemská zemědělství.



Vývojová, reprodukční a evoluční biologie

Laboratoř reprodukce, vývoje a pohlavních rozdílů v Oddělení výzkumu vesmírných biologických věd NASA se specializuje na výzkum reprodukčních procesů a vývoje živočišných druhů v kontextu průzkumu a budoucí kolonizace planety Mars. Řeší klíčové otázky, např. jak se bude vyvíjet a rozmnožovat potomstvo v prostředí vesmíru během života a v průběhu několika generací, či jak se liší reakce samců a samic na vesmírné prostředí. Je však třeba zdůraznit, že vzhledem k tomu, že se dosud žádný savec ve vesmíru ještě nenarodil, očekává se, že na mnohé z těchto otázek budou nalezeny odpovědi až za několik let.

Probíhající výzkum v oblasti vesmírných biotechnologií

I přesto, že v posledních letech byly provedeny experimenty monitorující růst a vývoj rostlin ve vesmíru, je jasné, že vesmírné zemědělství je stále ještě v plenkách. Na palubě ISS se v současné době pěstuje hlavně zelená listová zelenina, jako je hlávkový salát a hořčice, dále je pak ve vesmíru testováno pěstování řeřichy, řepky, huseníčku, hrachu a pšenice. K těmto rostlinám se přidala i rýže, na konci roku 2022 se čínský vesmírný let Shenzhou-14 po šesti měsících ve vesmíru vrátil zpět na Zemi nejen se semeny oblíbené modelové rostliny huseníčku ale i sazenicemi rýže. Tyto rostliny byly kultivovány po dobu 120 dnů a dokončily celý proces růstu, tj. všechny fáze od semene k semenu, což se u rýže podařilo poprvé. Pro reprodukční vývoj rostlin je klíčovou fází kvetení, proto byly také systematicky studovány účinky mikrogravitace na kvetení modelové rostliny huseníčku (*Arabidopsis*). Vědci zjistili, že reakce genů huseníčku na prostředí mikrogravitace se výrazně liší od reakce na Zemi. Výzkum tedy poskytl nový směr pro vývoj modifikovaných genů ovlivňujících kvetení tak, aby se rostliny mohly lépe přizpůsobit mikrogravitaci.

První vesmírný experiment s pěstováním bavlníku byl proveden v roce 2021, a to hned se semeny konvenční a GM odrůdy, která produkovala bílkovinu AVP1 (pyrofosfátem aktivovanou vakuolární membránovou protonovou pumpu 1). AVP1 bílkovina umožňuje bavlníku na Zemi lépe vzdorovat nepříznivým vlivům, proto výzkumníci předpokládali, že linie s nadměrnou expresí genu kódující tento protein bude ve vesmíru růst lépe. Tento krátkodobý experiment v rozsahu několika dnů byl zaměřený na zkoumání vlivu gravitace na vývoj kořenového systému, neboť bavlník je plodina vyžadující k růstu obrovské množství vody a živin, které jsou přijímány hlavně kořeny.

Stávající plodiny však nejsou dostatečně produktivní a nákladově efektivní pro pěstování na vesmírných farmách a jsou tedy hledány nové strategie k jejich dalšímu vylepšení. Další navrhovanou formou šlechtění je tzv. WBEEP strategie, z angl. Whole-Body Edible and Elite Plant. Tato strategie spoléhá na rostlinnou biotechnologii a jejím cílem je vyvinout vylepšené plodiny s více jedlými částmi, bohatším obsahem živin, vyššími výnosy a vyšší účinností využití minerálních živin.

Aplikace WBEEP strategie úpravy brambor (*Solanum tuberosum L.*) například zahrnuje blokaci tvorby toxického solaninu zastavením jeho biosyntézy například změnou transkripční regulace, nebo zavedením alternativních metabolických cest. Tento postup může snížit jeho akumulaci a učinit bramborové stonky, listy a bobule jedlými. Dalšími úpravami může být dosaženo zvýšení účinnosti využití minerálních živin nebo také zvýšení výnosů, konkrétně lze u brambor zlepšit tuberizaci (sezonní morfogenetický proces přeměny stonku v zásobní hlízu) či účinnost fotosyntézy. Efektivitu využití živin lze zlepšit modulací jejich absorpce, alokací nebo změnou architektury kořenového systému. Efektivitu využití živin lze zlepšit modulací jejich absorpce, alokací nebo změnou architektury kořenového systému. Mimo to lze rostliny

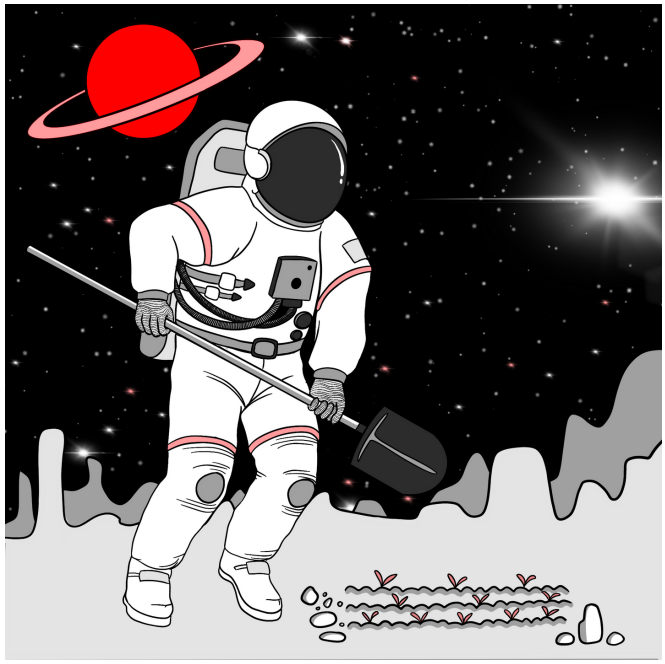
biofortifikovat, tedy zvýšit obsah mikroživin, aby poskytly kosmonautům vitamíny a jiné funkční sekundární metabolity tj. fytonutrienty, jako jsou flavonoidy, antokyany, karotenoidy nebo polynenasycené mastné kyseliny s velmi dlouhým řetězcem (VLC-PUFA)10. Biofortifikace lze docílit modifikací endogenních metabolických drah rostlin zvýšením prekurzorů cílového mikronutrientu, přemístění nebo mutací klíčových enzymů vybraných biosyntetických drah, blokováním degradačních drah či regulací syntézy pomocí transkripčních faktorů.

WBEEP by mohl poskytnout dostatek zdravého výživného jídla z plodin vypěstovaných ve vesmíru s minimální spotřebou hnojiv. Zatímco praktické pěstování WBEEP plodin na vesmírných farmách nemusí být přece jen v dohledné době dosažitelné, zvážení postupných pokroků potřebných k větším změnám vybraných plodin by mohlo být přínosné nejen pro vesmírné zemědělství, ale také pro to konvenční.

Mimo cílených úprav rostlin tak, aby byly co nejvhodnější pro dlouhodobé pěstování ve vesmíru, je také rozvíjen opačný přístup využívající působení vesmírného prostředí pro modifikace rostlin. Využívá se vlivu kosmického záření a mikrogravitace, díky kterým často vznikají náhodné mutace, jež mohou dát rostlinám požadované vlastnosti.

Jak toto kosmické šlechtění probíhá? Velmi jednoduše například tak, že semena jsou dopravena na ISS, vystavena působení prostředí uvnitř i vně ISS po dobu až několika měsíců a po návratu na Zemi se pak pěstují a studuje se, jak se vliv pobytu ve vesmíru projeví na jejich fenotypu i genotypu. Cílem tohoto procesu je selekce semen vylepšených například tak, aby lépe odolávaly probíhající změně klimatu. Podle zástupců Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) a Organizace pro výživu a zemědělství OSN (FAO) miliony drobných zemědělců na světě naléhavě vyžadují odolná, vysoce kvalitní semena přizpůsobená stále náročnějším podmínkám pěstování.

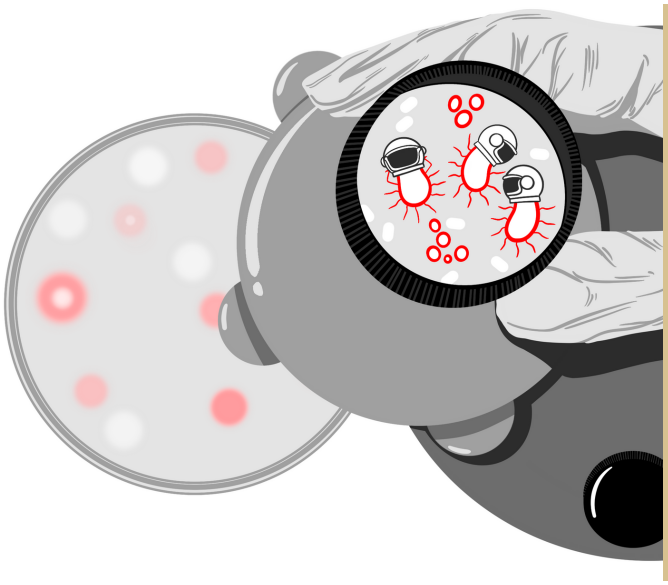
Závěrem tak lze vyzdvihnout, že inovativní věda, jako je výše popsané kosmické šlechtění, může vést k vylepšeným odrůdám plodin a tím pomoci připravit cestu k slibné budoucnosti zahrnující vyšší produkci a výživovou hodnotu. Zmíněné aspekty pak slibují zlepšení životního prostředí a celkovou kvalitu života.



Moderní technologie využívané v laboratořích v kosmu

Předchozí generace výzkumníků na ISS byly při provádění významné části svých projektů závislé na pozemských laboratořích. Toto se však v posledních letech výrazně změnilo, výzkumníkům jsou na samotné ISS k dispozici výkonné nástroje pro zkoumání genů i jimi exprimovaných proteinů, jako jsou například PCR termocykléry, sekvenátory, kity umožňující syntézu proteinů pro všechny druhy účelů, od medicíny a terapeutiky až po detekci chemikálií v životním prostředí, anebo třeba Space Fluorescence Viewer, tedy jednoduchý nástroj pro vizualizaci fluorescenčních biomolekul.

Sekvenace bakteriální 16S DNA na ISS byla provedena již v roce 2017 pomocí sekvenátoru MinION vyrobeného anglickou firmou Oxford Nanopore Technologies. Jako první byly mimo naší planetu sekvenovány vzorky připravené na Zemi. Šlo o standardy obsahující gramnegativní a grampozitivní bakterie a kvasinky s různou velikostí a složením buněčné stěny. Široká škála organismů s rozličnými vlastnostmi v tomto standardu umožňuje charakterizaci, optimalizaci a validaci metod. Schopnost správně identifikovat mikroorganismy v komplexním standardu byla srovnatelná pro sekvenační data získaná jak za letu, tak i na Zemi. Po ověření funkčnosti sekvenace ve vesmíru byly dále sekvenovány bakteriální buňky získané otiskem povrchu vnitřní části ISS na ztužené kultivační médium. Kultivace pak probíhala v inkubačním vaku Mylar při okolní teplotě, která se na ISS může pohybovat od 18,3 do 26,7 °C, ale nominálně se udržuje pro pohodlí posádky okolo 22 °C. Vybrané bakteriální kolonie byly sekvenovány ve vesmíru i na Zemi, identifikace mikroorganismů získaných na palubě ISS, tedy bakterie *Staphylococcus hominis* a *Staphylococcus capitis*, se shodovaly až na úroveň druhu. Jednalo se o vůbec první identifikaci mikrobů zcela mimo Zemi.



Sekvenace DNA by tedy mohla být použita pro identifikaci mikrobů za vesmírných letů, umožnila by pak například diagnostiku infekčních onemocnění členů posádky či provádění přesných analýz pro výzkumné účely. Tato výkonná a všestranná platforma umožňuje výzkumníkům a zdravotnickému personálu shromažďovat a přenášet data na Zemi během několika hodin, nemusejí tedy čekat týdny nebo měsíce na analýzy vzorků po návratu na Zemi. Výzkumníci mohou analyzovat některá svá data v průběhu experimentů, což jim umožňuje dříve nedostupné příležitosti k provádění změn v experimentech, jako je úprava časových bodů nebo změna způsobu implementace postupů.

Zdroje

- https://www.biotrin.cz/kosmicke-slechteni-nadeje-nebo-podfuk/
- https://www.businessinsider.com/spacex-rocket-cargo-price-by-weight-2016-6
- https://www.lifeasible.com/space-breeding/
- https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.771985/full#ref53
- https://www.epa.gov/radtown/cosmic-radiation
- https://science.nasa.gov/biological-physical/programs/space-biology
- https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.771985/full
- https://www.lifeasible.com/space-breeding/
- https://www.genesinspace.org/
- https://english.news.cn/20220829/99cfc1abe5344cdb92e33fa0a1d336f1/c.html
- https://news.wisc.edu/watch-live-as-uw-scientists-launch-first-cotton-to-the-space-station/
- https://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=18822
- https://www.nature.com/articles/s41467-021-26238-3
- https://doi.org/10.3390/genes11010076
- obrázky pochází z databáze Freepik www.freepik.com

Informace

Toto speciální číslo bulletinu Svět biotechnologií vzniklo v návaznosti na seminář „Vesmírné biotechnologie“ pořádaný spolkem BIOTRIN a Vysokou školou chemicko-technologickou v Praze dne 14. září 2023 s finanční podporou České technologické platformy pro potraviny – ČTPP a Velvyslanectví USA v ČR a CropLife Europe.

Publikace byla vydána v rámci Priority D (Bezpečnost potravin) Výborem pro bezpečnost potravin a důvěru spotřebitele České technologické platformy pro potraviny, ve spolupráci s Potravinářskou komorou České republiky za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR (dotační titul 10.E.a/2023).

Další informace o biotechnologiích najdete na **www.biotrin.cz**.
Zasílání pravidelných novinek z oblasti biotechnologií je možné přihlásit na **info@biotrin.cz.**

Speciální vydání Světa Biotechnologií

Vydání publikace finančně podpořili:

Česká technologická platforma pro potraviny

Velvyslanectví USA v České republice

CropLife Europe

BIOTRIN

BIOTRIN