

Domestikace hrachu: Jakou roli hrála semena?

11.7.2024 - Petr Smýkal | Grantová agentura ČR

Semena rostlin jsou základním zdrojem potravy pro lidstvo již od počátků zemědělství a zůstávají klíčovým prvkem naší stravy dodnes. Asi 70 % potravin určených k lidské spotřebě představují semena, jako jsou obiloviny (pšenice, rýže, kukuřice), luštěniny (fazole, sója), olejnin (řepka, sója, slunečnice) a mnoho dalších. Semena jsou bohatým zdrojem energie, bílkovin, vlákniny, vitamínů i minerálů a jsou nezbytná pro zabezpečení stravy rostoucí světové populace, zvláště v kontextu probíhající klimatické změny. Porozumění procesům, které umožňují semenům plnit jejich biologické funkce, je proto důležité pro pochopení nejen rozmnožování rostlin, ale má také i praktický význam pro zemědělství.

Člověk svojí pěstitelskou činností domestikoval mnoho rostlin, které proměnil na základě svých potřeb a preferencí. Důležitými kritérii byly nejen chuť, barva (Obr. 1), výnos apod., ale také snaha o odstranění dormance semen a zabránění jejich přirozenému šíření. Nebylo by přece výhodné a pro přežití ani možné, aby semena vyklíčila až po několika letech.

Obr.1: Vliv domestikace na vlastnosti semen, jejich obranyschopnost a chuť. Na levé straně je zobrazený planý hrách, který disponuje vysokým stupněm dormance, obrannými metabolity ale není vhodný na konzumaci. Vpravo je domestikovaný hrách bez dormance, avšak s nižším obsahem obranných metabolitů v osemení, vhodným ke konzumaci chuťově i nutričním složením (Klčová et al. 2024).

Semena rostlin jsou fascinující orgány, které umožňují přežití rostlin a jejich další šíření. Poté, co se semena oddělí od mateřské rostliny, musí přežívat v často nehostinném prostředí a vypořádat se s řadou nástrah, jako jsou kupříkladu nejrůznější skupiny patogenních organismů. V obraně semen hraje zásadní roli jejich obal, tzv. osemení, které obsahuje specifické látky (především fenolické sloučeniny) a enzymy. Struktura a chemické složení osemení ovlivňuje také dormanci semen, tedy dobu, kdy semena vyčkávají na signál pro klíčení, jež je typická pro semena planých rostlin. Tímto tématem se skupina vedená prof. Petrem Smýkalem z katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci zabývá již dlouhodobě.

Vývoj semen zahrnuje koordinovanou spolupráci tří geneticky odlišných entit: embrya, které představuje další generaci, endospermu, který slouží k jeho výživě, a mateřské rostliny, která přispívá osemením a oplodím k ochraně semene. Ačkoli se morfologie semen u různých čeledí rostlin liší (a používá se taxonomicky), základní složky jsou velmi konzervované. Mnoho informací týkajících se genetické regulace vývoje embrya bylo získáno studiem mutantů, zejména huseníčku (*Arabidopsis thaliana*), avšak tento model neumožňuje studovat všechny aspekty vývoje semen, jako je např. fyzikálně daná dormance semen typická právě pro semena bobovitých rostlin.

Vedle zásobních látek (jako jsou škrob, olej, proteiny) semena akumulují širokou škálu sekundárních metabolitů. Zejména fenolické látky (fenylpropanoidy), alkaloidy a různé další metabolity, které zvyšují jejich toleranci k vysychání a zlepšují odolnost proti abiotickému (sucho, teplota, UV záření) a biotickému (býložravci, patogeny a rostlinní konkurenti) stresu.

Po dokončení vývoje jsou zralá semena schopna klíčit, což však může být potlačeno navozením dormance, které je spojené se snížením obsahu vody v semeni a ukládáním zásobních látek. Dormance umožňuje šíření semen jak v prostoru, tak čase (některá semena mohou přežívat i desítky

až stovky a v extrémních případech i tisíce let). Po přijetí vody semeno nabobtná a obnoví se metabolická aktivita, což znamená začátek klíčení semen. Fáze klíčení je ukončena okamžikem, kdy kořenová špička (radicula) protrhne osemení (Obr. 2), a od tohoto okamžiku pak již mluvíme o klíčící rostlince. Pochopení dlouhověkosti a stárnutí semen, která vede ke ztrátě životaschopnosti během skladování, má zásadní význam pro ochranu rostlin a zemědělství.

Obr. 2: Raná fáze klíčení semene hrachu, protržení osemení v místě růstu radikuly (šipka).

Načasování klíčení semen je jedním z klíčových kroků v životě rostlin. Určuje, kdy se rostliny zapojí do přírodních nebo zemědělských ekosystémů, a je základem pro produkci plodin. Dormance semen a klíčení jsou dva protichůdné, ale úzce spojené procesy, které jsou druhově specifické. Rozhodující je vnímavost k podmínkám prostředí. Semena některých druhů rostlin klíčí v jejich širokém rozmezí, naopak jiné jsou úzce specializované a potřebují velmi specifické podmínky. Jejich znalost je důležitá pro pochopení evoluce rostlin a adaptace k přírodním podmínkám. Přestože dormance je užitečná pro přežití semen v přírodě, kde jsou podmínky nejisté a nekonstantní, pro zemědělství a lidskou spotřebu je žádoucí, aby semena na poli klíčila rychle.

Výzkumníci se v rámci projektu se zaměřili na popis a porovnání vývoje osemení planého a kulturního hrachu, s důrazem na odlišnosti v dormanci. V rámci řešení projektu sledovali nejenom vývoj osemení, ale také genetické a fyziologické aspekty ovlivňující dormanci semen a jejich odlišnost mezi semeny planého a kulturního hrachu. Výsledky projektu přinesly nový pohled na vývoj semen luskovin a zejména pak na vývoj osemení, a to na základě srovnávací analýzy planě rostoucích a domestikovaných druhů hrachu.

Práce vědeckého týmu pod vedením prof. Smýkala představuje první komplexní popsání molekulárně biologických mechanismů (genové exprese, proteomiky a metabolomiky) vývoje osemení hrachu ve vztahu k dormanci semen a domestikaci. Kombinované metodické přístupy (anatomie, analytická chemie, proteomika, biochemie a molekulární biologie) vedly k identifikaci nových aspektů domestikace hrachu (Klčová et al. 2024, Plant Journal) a doplnily tak předchozí studie výzkumného týmu. Navíc při zkoumání profilů metabolických látek, především fenolických metabolitů a nepolárních složek kutinu (látek voskovité povahy v buněčných stěnách rostlin), výzkumníci vyvinuli nové postupy analýzy chemického složení, které zahrnují přípravu mikrovzorků pomocí elektronicky řízené mikromanipulace pod mikroskopickou kontrolou a zobrazování hmotnostní spektrometrií s laserovou desorpční-ionizací (Krejčí et al. 2022, Talanta).

Při pátrání po klíčových hráčích zapojených v regulaci dormance semen a vývoje osemení planých a kulturních hrachů objevili výzkumníci gen kódující enzym polyfenoloxidasu (PPO). Společnými silami s kolegy z Katedry analytické chemie (vedené doc. Petrem Bednářem) a Katedry biochemie (vedené dr. Janou Sekaninovou) Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého a dalšími pracovišti se výzkumníkům podařilo poodhalit funkci tohoto genu. Zjistili, že tento gen byl během procesu domestikace selektován a jeho funkce mění vlastnosti osemení (Balarynová et al. 2022 New Phytologist), a to nejen u hrachu, ale i dalších luskovin (Jayakodi et al. Nature 2023). Prokázali, že aktivita PPO je nutná pro oxidaci a polymerizaci řady fenolických látek v osemení planého hrachu. Tyto procesy se projevují také pigmentací pupku (Obr. 3), který může představovat pomyslnou „Achillovu patu“ obrany semen, na což navázal v současnosti řešený nový projekt podpořený GA ČR.

Obr. 3: Vztah mezi pigmentací pupku (hila) a aktivitou PPO. a), b) – pupky semen kulturních rostlin s neaktivní formou genu pro enzym PPO, c), d) – pupky semen planých rostlin hrachu s aktivní formou genu pro enzym PPO (Balarynová et al. 2022).

Domestikace změnila vývoj semen hrachu (tak jako u jiných plodin) a modifikovala (většinou snížila) složení látek, které semeno produkuje (transkriptů, proteinů a metabolitů), zejména těch zapojených

v obraně semen. Můžeme předpokládat, že semena planých předchůdců dnešních plodin mají delší životnost a odolnost vůči stresu. Toto je však potřeba ještě experimentálně ověřit. Vzhledem k tomu, že semena planého hrachu musí mnohem přesněji monitorovat a reagovat na různé biotické a abiotické signály z prostředí, je u nich vyšší rozmanitost proteinů a metabolitů přítomných v jejich osemení.

Hlubší pochopení vývoje osemení umožňuje ovlivnění velikosti semen prostřednictvím změny genové exprese a zlepšení ochrany semen během jejich klíčení a skladování. Znalost biologie vývoje a klíčení semen má široké spektrum uplatnění, zasahující od výzkumu přes praxi v zemědělství a potravinářském průmyslu až po výživu a ochranu životního prostředí.

Výsledky tohoto výzkumu poskytly cenné poznatky pro porozumění biologie rostlin a procesu dormance semen a mohou mít praktické využití při šlechtění nových odrůd hrachu s lepšími vlastnostmi klíčení a výnosu. Takové informace mohou vést k vývoji odolnějších a výkonnějších kultivarů hrachu, což může přispět ke zlepšení produkce potravin a udržitelnosti zemědělství.

<https://gacr.cz/domestikace-hrachu-jakou-rolí-hrala-semena>