

## Proč a jak kvetou (Padesát let cesty)

V minulém čísle *Živy* (2008, 1: 7–9) jsme se rozloučili s tematikou regulace kvetení bylin ve chvíli, kdy byly definovány základní jevy s kvetením spojené a položeny teoretické koncepty dalšího směřování. Dozvěděli jsme se, že nízké teploty a změna délky dne představují ekologické klíče, kterými se program kvetení (alespoň v naší zeměpisné šířce) většinou odemyká, že to jsou meristémy vrcholové části rostliny (teplota) a listy (fotoperioda), které takové signály prostředí zachycují, a že se v listech (alespoň v případě vhodné fotoperiody) vytváří květovorný stimulus, florigen, snad hormonální povahy. Ten je transportován do vrcholových meristémů a vyvolá změnu jejich morfogenního programu z vegetativního na květní. Začínáme tak v polovině 30. let 20. stol. v nelehké úloze vypravěče, který tajenku, s níž se seznámíme v příštím čísle, již zná a přesto provází čtenáře zákrutami a slepými uličkami té dlouhé cesty – aniž by podlehл pokušení a zamířil zkratkou k jejímu již známému konci. Dostali bychom se tak sice rychle k cíli, ale bez pochopení šíře a zvláštností problematiky, ochuzení o logiku skládání květního puzzle.

### Hledání vhodného „morčete“

Problémy, které řešila rostlinná fyziologie v kontextu studia kvetení během celé druhé poloviny minulého století, lze s jistým zjednodušením shrnout do tří otázek: a) Jak rostlina přijímá signál délky dne? b) Jaká je povaha květovorné látky (florigenu) transportované z listů do vrcholových meristémů? c) Jakým způsobem mění florigen ve vrcholových meristémech morfogenní program?

Tyto otázky naznačují, že se zájem fyziologů soustředil na rostliny, u nichž je kvetení spojeno s fotoperiodickou regulací. Důvod byl nasnadě: fotoperiodický zásah představuje zřetelně definovaný bod ve vývoji rostliny, od něhož se odvíjí sled změn vedoucích ke kvetení. Navíc je takový zásah nedestruktivní a snadno technicky zvládnutelný a zahrnuje i transport florigenu na delší vzdálenost s možností experimentálních zásahů. Při použití zvláště citlivých ekotypů pak sám zásah může představovat jedinou „vhodnou“ fotoperiodu.

Konkurz vyhledávání ideálního modelu studia kvetení měl k dispozici obrovský soubor krátkodenních i dlouhodenních

rostlin. Nejobtížnější část spočívala v nalezení podmínek, při nichž budou tyto modely reagovat kvetením standardně jednotně, jako vyšlechtěné laboratorní křesy či morčata. Obecně se totiž ukázalo, že se fotoperiodická citlivost v rámci daného druhu mění s použitým ekotypem, se stáří rostlin, s teplotou, intenzitou a spektrem ozáření i výživou. Pro každý zvolený model studia kvetení tak vznikaly rozsáhlé „kuchařky“ přesně určující, jak klíčit semena, jak a v jakém substrátu pěstovat rostliny, ve které fázi vegetativního vývoje aplikovat fotoperiodický zásah a jak vyhodnocovat jeho působení. Pěstování v kontrolovatelných podmínkách prostředím bylo nezbytnou a drahou samozřejmostí. Počátkem 60. let byly proto vybrány čtyři geneticky přesně definované druhy, které poskytly (každý při striktním dodržení pěstební receptury) většinu obecně přijímaných poznatků o fyziologii kvetení. Druhově i habitálně bizarní čtveřice: povijnice nachová (*Pharbitis nil*, obr. 2), jílek mámivý (*Lolium temulentum*), hořčice bílá (*Sinapis alba*) a merlík červený (*Chenopodium rubrum*). Domácí protagonistu merlík červený ilustruje na

obr. 1 a 4 i podmínky svého laboratorního působení, tak vzdálené původním biotopům. Vedle uvážené populární čtveřice se ovšem na stránkách dobové literatury setkáme běžně i s řadou dalších druhů z rodů řepeň (*Xanthium*), perila (*Perilla*), tabák (*Nicotiana*), hrách (*Pisum*), *Kalanchoe*, nadut (*Bryophyllum*), blín (*Hyoscyamus*), okřehek (*Lemna*) aj. V uvážené době se jako pokusný objekt kvetení objevuje i hušeníček rolní (*Arabidopsis thaliana*). Ten si ale ještě dvě desítky let musí počkat, aby se nakonec stal univerzálním nástrojem molekulárně biologického a genetického vysvětlení, jak a proč rostliny kvetou. Setkáme se s ním již v příštím čísle *Živy*.

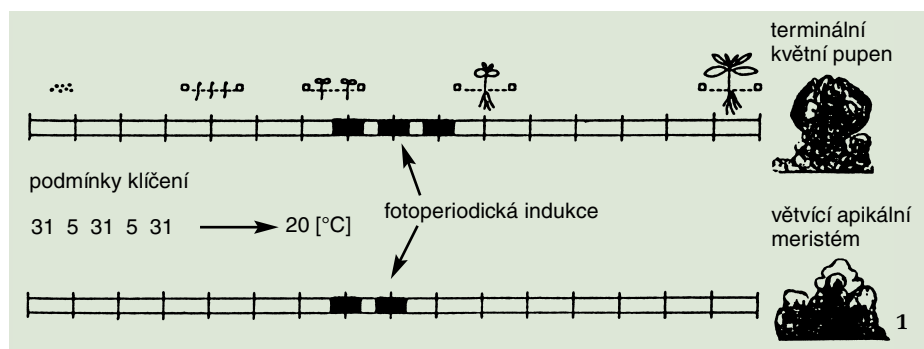
Obtížná se ukázala cesta vedoucí ke kvetení vyvolanému působením nízkých teplot – jarovizací. Dlouhá, většinou několikátýdenní doba zásahu, nejasnost, zda se změny pod vlivem nízkých teplot omezují pouze na meristém či zahrnují i listy, a dlouhá doba mezi skončením zásahu a prvními projevy květní morfogeneze. Studium jarovizace neposkytlo zásadní poznatky a představovalo jen okrajovou záležitost.

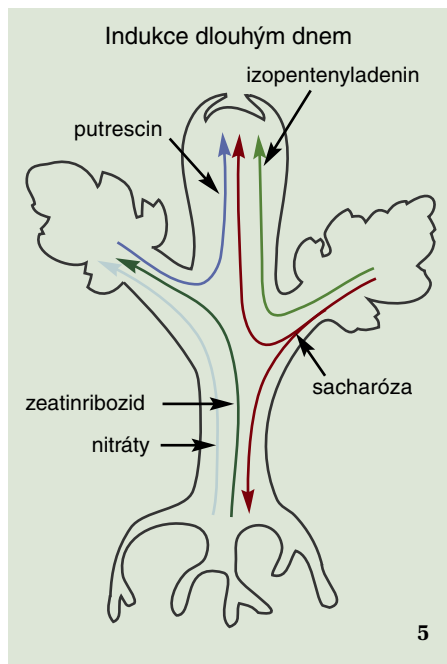
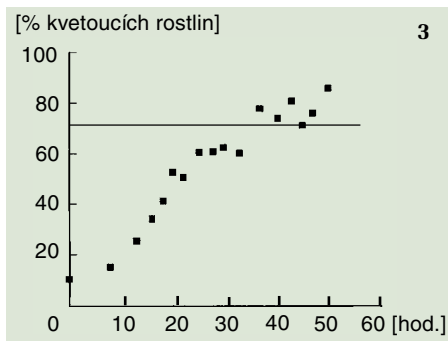
### Kvetení přichází na červenou

Na počátku této kapitoly studia fotoperiodismu byl překvapivý objev K. C. Hamnera a J. Bonnera z r. 1938. Zjistili, že jedna minuta světla uprostřed temné periody zcela zruší její indukční efekt na kvetení krátkodenní soji. Na konci pak zjištění chemické povahy látky, která za ten překvapivý efekt zodpovídá (Siegelman a kol. 1966). Ukázalo se, že většinu světelných signálů, včetně těch určujících délku dne, přijímá rostlina prostřednictvím receptoru zvaného fytochrom (Živa 2000, 4: 159–162). Fytochrom je protein s poměrně vysokou molekulovou hmotností (124 kDa) a prostetickou (funkční) skupinou tetrapyrrolové struktury, podobnou živočišnému hemu či rostlinnému chlorofylu. Tento fotoreceptor reaguje na ozáření červeným (red) světlem s vlnovou délkou 660 nm změnou struktury – přechází z formy neaktivní do formy aktivní, která ovlivňuje řadu fyziologických pochodů. Reakce je reverzibilní: ozářením tzv. dlouhým červeným (far red) světlem vlnové délky 730 nm se fytochrom vrací do neúčinné formy. Chování tohoto systému (red/far red) poprvé popsali u klíčení salátu Američané H. A. Borthwick

1 Vliv tří- nebo dvoudenní indukce na kvetení merlíku červeného (*Chenopodium rubrum*)

2 Povijnice nachová (*Pharbitis nil*) – vlevo za krátkého dne, vpravo za dlouhého dne. Foto z archivu J. Krekule





3 Ve čtyřhodinových intervalech byly u merlíku červeného (*Chenopodium rubrum*) během fotoperiodické indukce odstraňovány listy a následně zjišťována míra kvetení. Po 37 hodinách od počátku indukční temnoty již ztráta listů nesnižuje míru indukce. Orig. I. Macháčková a J. Krekule 2002

4 Šestidenní rostliny merlíku červeného rostoucí v živném roztoku. Dva či tři krátké dny vyvolají kvetení. Záběr z pokusného uspořádání. Obr. z archivu Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i.

5 Multikomponentní regulace kvetení. Schéma pohybu florigenních látek od kořenů a listů k apikálnímu meristému. Sacharóza, izopentenyladenin a putrescín (polyamid) putují floémem, nitráty a zeatinribosid xylémem. Upraveno podle G. Berniera (2005)

kteřý by byl přednostně produkován na dni krátkém. A tak k hledání florigenu přibývalo hledání antezinu. A skončilo stejně neúspěšně jako v případě florigenu. Navíc se zjistilo, že zmíněný účinek giberelinů na kvetení není obecný, a tak byla tato teorie opuštěna.

Na začátku celého výzkumu, jak jsme již zmínili, byly pokusy s roubováním listů. Jasně vyplynulo, že hlavním příjemcem světelného signálu a místem tvorby florigenu jsou listy. Z listů je florigen transportován floémem do pupenů. Transport probíhá pravděpodobně již v době tvorby florigenu a nanejvýš krátce po ní, jak ukázaly pokusy s odštěháváním indukovaných listů. Byly-li listy odštěhány ihned po skončení indukce, ke kvetení nedošlo nebo bylo výrazně redukováno. Pokud však byly listy odštěhány až za určitou dobu po skončení indukce, pak to již kvetení neovlivnilo, což znamená, že florigen byl již odtransportován do pupenů (obr. 3).

Později se však prokázalo, že florigen může vznikat i ve stonku či hypokotylu a v některých případech dokonce i v izolovaném vrcholku. Vedle látek indukujících kvetení ukázaly pokusy s roubováním listů i na existenci látek s účinky kvetení inhibujícími. Ale ani tyto látky nebyly nikdy identifikovány.

### Multikomponentní regulace kvetení

Neúspěchy v identifikaci jak florigenu, tak antezinu, stejně jako hromadící se poznatky, že kvetení ovlivňují nejen hormony, ale i např. cukry a výživa (zejména dusík), vedly k vyslovení teorie, že regulace kvetení zahrnuje řadu komponent, které musí působit v určitém sledu a také v určitých orgánech rostliny. Nejvíce byla tato teorie rozpracována v laboratoři G. Berniera v Li ge u dlouhodobní rostliny hořčice bílé. Hlavními složkami regulace kvetení byly podle ní cytokininy a sacharóza. Indukce vyvolala zvýšení obsahu cytokininů v kořenech a jejich export xylémem do nadzemní části, kde stimulovaly tvorbu asimilátů. Sacharóza spolu s cytokininy byla floémem transportována do pupenů, kde pak docházelo ke kvetení (obr. 5). Avšak žádná aplikace cytokininů nebo cukrů, ani jejich kombinace nebyla schopna plně nahradit indukční působení dlouhého dne. Bylo tedy jasné, že jsou ve hře ještě další faktory. Auxiny se ukázaly být

a S. Hendricks v r. 1952. Brzy nato se prokázalo, že fytochrom reguluje i kvetení, zejména u krátkodenních rostlin. Dá se to dokázat elegantním pokusem, o němž již byla řeč. Dodejme jen, že neúčinnější je, jak tušíme, vlnová délka 660 nm. Červená i zde znamená „Stop“. Krátkodenní rostliny nevykvetou a naopak inhibice kvetení dlouhodobních rostlin krátkým dnem bývá většinou zrušena. Pokud však ihned či v krátké době po zmíněném zásahu rostlinu ozáříme vlnovou délkou 730 nm, vliv prvního ozáření se ruší (viz tab.). Účinnost těchto zásahů závisí na jejich umístění v rámci indukční temné periody. Pro indukci kvetení u fotoperiodických rostlin jsou důležité signály zhasnutí a rozsvícení, tedy v přírodě stmívání a svítání. To ukazuje na to, že fytochrom interaguje s mechanismem časování, který se nazývá endogenní rytmicitá. Živé organismy, tedy i rostliny, se vyvíjejí v prostředí střídajícího se dne a noci, a tak si vyvinuly jakési vnitřní hodiny, které registrují chod času a regulují časový sled různých procesů

**Tab.** Přerušení temné indukční periody červeným zářením (R – 660 nm) inhibuje kvetení krátkodenních rostlin řepně (*Xanthium*) a chryzantémy (*Chrysanthemum*). Inhibici lze zrušit působením dlouhovlnného červeného záření (FR – 730 nm). Tyto zásahy lze opakovat. Z archivu ÚEB AV ČR, v. v. i.

Přerušení temné periody	Stupeň vývoje (0 = vegetativní)	
	<i>Xanthium strumarium</i>	<i>Chrysanthemum</i> cv. Honeysweet
Kontrola – bez přerušení	6,0	18,0
R	0,0	0,0
R–FR	5,6	8,0
R–FR–R	0,0	0,0
R–FR–R–FR	4,2	7,0
R–FR–R–FR–R	0,0	–
R–FR–R–FR–R–FR	2,4	–
R–FR–R–FR–R–FR–R	0,0	0,0
R–FR–R–FR–R–FR–R–FR	0,6	4,0

(Živa 2002, 4: 150–152). Fytochrom pak reguluje různé procesy podle toho, ve které fázi rytmu dojde k jeho aktivaci či naopak deaktivaci. Rostlinná fyziologie se tak úspěšně vypořádala s jedním ze dvou základních dogmat regulace kvetení, zbývající (povaha florigenu), rozluštění vzdorovalo.

### Co je florigen?

Vyslovení florigenní teorie vyvolalo vlnu hledání florigenu, která, jak již bylo zmíněno minule, trvala 70 let. Z řady již kvetoucích či do různého stupně ke kvetení indukovaných rostlin byly připraveny různé typy extraktů, které byly purifikovány a poté se testovala jejich schopnost vyvolat kvetení v neindukčních podmínkách. To se v několika málo případech podařilo, např. v naší laboratoři ve spolupráci s kolegy z laboratoře M. Ch. Čajlachjana. Částečně přečištěný extrakt z listů kvetoucího krátkodenního tabáku odrůdy 'Maryland Mammoth' vyvolal kvetení u krátkodenního merlíku červeného pěstovaného v neindukčních podmínkách stálého osvětlení. Stejně připravený extrakt z listů vegetativních rostlin tabáku byl bez účinku. Navzdory těmto částečným úspěchům však dlouholeté snahy o izolaci a identifikaci florigenu skončily fiaskem. A to až do doby, kdy byly na toto hledání aplikovány molekulární přístupy – ale o tom až příště.

Sledujeme-li osud výzkumu florigenu, musíme zaznamenat ještě jeden zvrát. V 30.–60. letech 20. stol. byly postupně objeveny základní rostlinné hormony: auxiny, gibereliny, cytokininy, kyselina abscisová a etylen. Ty byly samozřejmě horkými kandidáty na funkci florigenu. Při sledování vlivu hormonů na kvetení bylo zjištěno, že u dlouhodobních rostlin vytvářejících ve vegetativním stavu přízemní listovou růžici vyvolá kyselina giberelová (označovaná GA<sub>3</sub>) růst stonku a kvetení v neindukčních podmínkách krátkého dne. Po tomto zjištění přepracoval M. Ch. Čajlachjan svoji florigenní teorii na teorii dvou-složkovou: podle ní by se florigen skládal z giberelinů, které jsou syntetizovány převážně na dlouhém dni, a z „antezinu“,

pro kvetení většinou inhibiční, stejně jako kyselina abscisová a etylen (i když etylen – paradoxně – je schopen indukovat kvetení u čel. *Bromeliaceae*). Situaci komplikovalo navíc to, že účinek aplikace hormonů závisel nejen na jejich typu či koncentraci, ale i na době a místě aplikace. V naší laboratoři jsme ukázali, že aplikace auxinu na rostliny merlíku inhibuje kvetení pouze tehdy, je-li auxin aplikován těsně před indukční temnou periodou či v jejím průběhu (v případě aplikace na listy) či těsně před, v průběhu, nebo do 10 hodin po indukční temné periodě (při aplikaci na vegetační vrchol klíčku – plumulu).

Nejvíce pozornosti bylo věnováno úloze giberelinů. O jejich účinku na kvetení některých dlouhodobých rostlin jsme se již zmínili. Zde však nebylo jasné, zda jde opravdu o indukci kvetení, zda nejde primárně o indukci růstu stonku, který je vždy s kvetením spojen. Gibereliny nahrazují nízké teploty u rostlin vyžadujících jarovizaci, např. u ozimé pšenice. S rozvojem analytických metod pro stanovení giberelinů bylo zjištěno, že existují specifické gibereliny, jejichž obsah při indukci kvetení stoupá, a jsou-li aplikovány, pak kvetení vyvolávají. Je to např. GA<sub>19</sub> u špenátu či GA<sub>32</sub> u jílku. Dnes je známo téměř 200 typů těchto látek, jen několik z nich je však zřejmě „přirozeně fyziologicky účinných“ – a u různých rostlin působí různě.

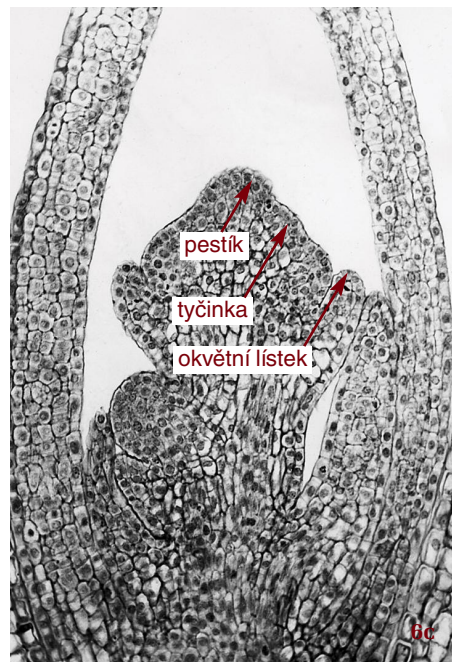
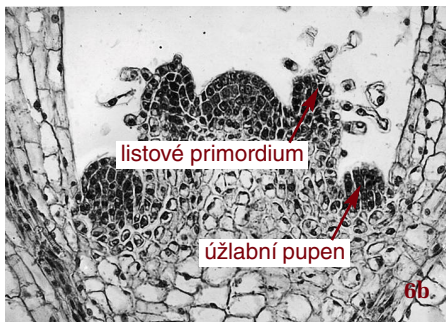
Velká pozornost byla věnována také otázce, jak se mění přirozené hladiny hormonů v průběhu fotoperiodické indukce kvetení. Otázkou ovšem bylo, ve kterých orgánech se mají hormony stanovovat. Naše výsledky s merlíkem i práce kolegů s jinými rostlinami ukázaly, že obsah hormonů v listech reflektuje průběh fotoperiody, případně je řízen endogenním rytmem. Ale souvislost s kvetením tu nebylo možno vysledovat. V některých případech byla zjištěna u vzrostných vrcholů, ale zde bylo velmi obtížné získat dostatečné množství materiálu k analýze. Jak se dočtete v příštím pokračování, až molekulární analýza přece jen prokázala účast giberelinů v regulaci kvetení, účast ostatních hormonů se zatím nepotvrdila.

Hovoříme-li o hormonech a fotoperiodické indukci kvetení, nelze nezmínit „spánkový hormon“ melatonin. Ten u živočichů reguluje řadu rytmických a fotoperiodických procesů. V rostlinách byl detekován již na počátku 90. let, u merlíku se nám dokonce podařilo prokázat, že se jeho hladiny rytmicky mění. Ale ani u melatoninu nebyla přímá souvislost těchto změn s kvetením prokázána.

### Výpověď apikálního meristému

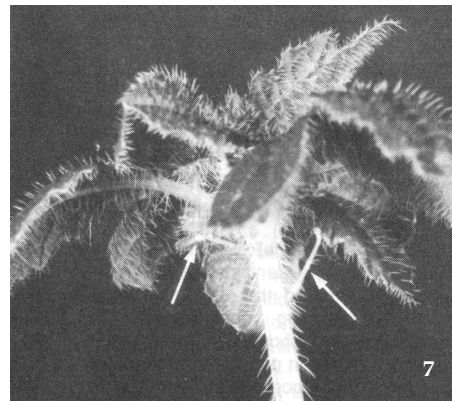
Honba za florigenem či jeho jednotlivými komponentami se soustřeďovala zejména na listy a vodivé svazky (floém), kterými byl transportován. Stranou pozornosti však nezůstávala ani jeho cílová stanice – apikální meristéum. Hledala se odpověď na otázku, jaká že jsou jeho cílová pletiva, jaké jsou první změny spojené s novým „reproduktivním“ programem, který navozuje, a zda je možno experimentálními zásahy, např. působením fytohormonů, účinek fotoperiody vyvolávající kvetení simulovat.

Informační vstup představovaly podrobné morfologické i anatomické analýzy



řady rostlin. Výsledky získané na univerzitách v Paříži, Li ge a Edinburghu ukázaly, jak probíhá směna vegetativního morfogenního programu za květní. V prvním případě se na diferenciaci nových orgánů, listů a pupenů v jejich paždí podílejí zejména povrchové buněčné vrstvy meristému. Při tvorbě terminálního květu či květenství je aktivováno buněčné dělení v centrální, dosud relativně klidové zóně. Vymezování takových zón či určování stupně jejich aktivity vyvolávalo konfrontace jednotlivých škol nikoli nepodobné lýtým střetům při určování hranic státních. Anatomickou podobu vegetativního a reprodukčního apikálního meristému uvádí obr. 6. Zejména zásluhou pracoviště na univerzitě v Li ge (G. Bernier) byly na buněčné úrovni v apikálním meristému detekovány první změny spojené s vyvoláním kvetení, jako např. hromadění škrobu, zvětšení počtu mitochondrií, změny jaderné struktury, nárůst mitotického indexu a řada dalších. Ani tato pozorování v řádu hodin či desítek hodin po skončení indukce však v podstatě nepřinesla nový podnět pro studium mechanismu regulace kvetení. Jejich poselství přicházelo *ex post* indukčního působení florigenu, vypovídalo o rozjždějí se diferenciaci květních orgánů, aniž se dotýkalo její kauzality. Řešení nepřinesly ani i s naší účastí prováděné filigránské pokusy s cílem porovnat metabolickou aktivitu meristémů vegetativních a ke kvetení indukovaných. Téměř sisyfovská práce (dodnes pamatují) při izolaci stovek meristémů, shromažďování sušiny v mikrogretech, aby bylo co analyzovat (šlo o jednoduchá kritéria – cukry či aminokyseliny), jindy jsme se podíleli na konstrukci přístroje (na trhu nebyl) zachycujícího rozdíly v dýchání několika tak miniaturních objektů. Úsilí, které nakonec poskytlo signifikantní rozdíly mezi vegetativními a ke kvetení indukovanými meristémy, aniž odhalilo cestu, která k nim vedla.

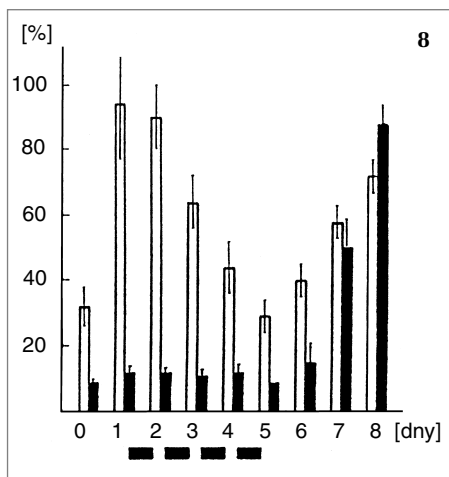
Prekvapivý a do jisté míry inspirující pohled však poskytlo studium apikálních meristémů zjištěním, že při podprahové indukci (např. vystavíme-li rostliny dvěma



6 Anatomická stavba apikálního meristému merlíku červeného v rané (a) a pozdější fázi vegetativního vývoje (b) a při diferenciaci květních orgánů (c) po fotoperiodické indukci. Foto F. Seidlová

7 V podmínkách suboptimální indukce dlouhým dnem došlo u hořčice bílé (*Sinapis alba*) k vytvoření dvou květů (viz šipky) a následně k trvalému návratu vegetativní morfogeneze. Foto G. Bernier, se svolením autora

indukčním fotoperiodám namísto nezbytných tří, nebo použijeme-li snížené intenzity ozáření) reaguje zprvu meristém obdobnými cytologickými, anatomickými i morfologickými změnami jako při nástupu kvetení. Nedochází však k tvorbě vlastních květních orgánů a posléze se plně restituuje vegetativní program. Příkladné jsou takové změny u rodů *Dianthus*, *Bryophyllum*, *Kalanchoe*. Zvláštním případem této etudy, která má nesčetné variace, je situace, kdy se již morfologicky objevují první květní orgány, listeny, kališní či korunní lístky. V nově navozených vegetativních podmínkách (např. při nepřetržitém osvětlení u krátkodenních rostlin) však dojde k reverzi a nastupuje opět vegetativní morfogeneze či přechodné morfologické stavy s prvky obou. Po dosažení pokročilejší fáze květní morfogeneze ale již taková reverze možná není a existuje i poeticky znějící název „point of no return“ – bod, od něhož již není k vegetativním projevům návratu.



**8** Časová závislost inhibičního účinku 2-thiouracilu (antimetabolit blokuující syntézu RNA,  $1.10^{-4}M$ ) aplikovaného přes kořeny na kvetení a růst merlíku červeného (*Chenopodium rubrum*). Prázdný sloupec – růst prvního listu, plný sloupec – míra kvetení (% vztažená k neošetřeným rostlinám). Orig. J. Seidlová a J. Krekule 1968

Tyto fenomény ilustrované na obr. 7 příkladem hořčice bílé přinesly i nové nazírání květní indukce. Nejde tedy o jednorázové přepnutí dvou alternativních programů, ale funguje i kvantitativní složka spojená s řetězením programů dílčích, které postupně skládají květ či květenství. Zjištění změn v apikálním meristému, které předchází kvetení, bylo využito i jako kritéria působení látek, u nichž se před-

pokládala florigenní aktivita (viz výše). Klasická fyziologie podrobně popsala jevy spojené s fotoperiodicky navozeným kvetením, vysvětlení ale neposkytla. To se již od 60. let očekávalo od molekulárních biologů a genetiků.

### Správná teorie, která se nedala obhájit

První pokusy, poplatné době zásadních pokroků v biologických vědách, vyložít kvetení jako projev genové regulace, se logicky objevily již koncem 50. a počátkem 60. let 20. stol.

Jedním z pionýrů, kteří extrapolovali molekulární biologické Jacob-Monodovské paradigma o regulaci genové exprese u bakterií na rostliny, byl J. Bonner, sám vyznavač a hledač florigenu. Jak že tedy vypadala ta trochu naivní i eufemická představa? Citujme z českého překladu jeho monografie z počátku 70. let (originál z r. 1965): „Hormon (pozn. – florigen) putuje k pupenu, kde během několika hodin způsobí, že vyvolá změnu pupenu v květ. Co způsobí, dá se popsat v pojmech molekulární biologie taktó: geny pro tvorbu květů, plodů, semen atd..., až dosud jste byly potlačeny, nyní je čas, abyste zahájily činnost, abyste začaly tvořit m-RNA a tou pak enzymy, jichž je třeba pro vznik orgánů reprodukce.“ V zásadě správné principy, k jejichž dokazování však chyběly nástroje.

V relevantní experimentální výzbroji byly tehdy k dispozici především antimetabolity blokuující syntézu RNA (jako např. 2-thiouracil, viz obr. 8) či aktinomycin D inhibující transkripci DNA. Jejich aplikace v době fotoperiodické indukce

(tj. v čase, kdy jeden či několik dnů dlouho- či krátkodenní fotoperiody vyvolá kvetení) většinou zabránila kvetení a vedla k závěru, že na molekulární úrovni je transkripce a translace součástí regulace kvetení. Jen neradi jsme si uvědomovali, že takový zásah ovlivňuje celé spektrum metabolických i růstových funkcí a může být značně, i přes své výrazné časování, nespecifický až sekundární. K posílení pravděpodobnosti specifity zásahu právě do vývojového procesu jsme používali (i ostatní používali) kritéria naznačující, že kvetení bylo ovlivněno výrazně více než např. růst. Příklad takové ukázky diferenčního postižení květní indukce uvádí obr. 8. Jistě se zdá, že jde o primitivní důkaz, před 40 lety však výsledek budil naděje i přinášel publikace.

Ještě v horším stavu se nacházela, zdánlivě paradoxně, zbroj analytická. Neexistovalo využití restričních enzymů a klonování a detekce produktů. K dispozici byla zpočátku jen frakcionace nukleových kyselin pomocí metylalbuminových kolon na křemelině (MAK), později elektroforetické dělení nukleových kyselin. Dělení příliš hrubé na to, aby postihlo změny např. ve specifických m-RNA, spojených s indukcí kvetení. Hmoždír na vrabce. Tahle myšlenkově progresivní tematika, která narazila na bariéru metodické nepřipravenosti, byla posléze (nejen doma) na nějakých 20 let opuštěna a čekala na vybudování metodického zázemí a instrumentální techniky. Zanechala hojně literární svědectví i nesplněné naděje. Jako historický fenomén má však své nezadatelné místo v historii studia kvetení.

Roman Mlejnek

## Typy kořenových útvarů v jeskyních České republiky

*„Existence vzdušných a zčásti i záporně geotropických kořenů v jeskyních je biologickou zvláštností ve smyslu anatomickém, morfologickém, fyziologickém a ekologickém. Protože kořeny jsou normálně orgány skrytými v podložce, nabízejí jejich vzdušné modifikace příležitost k poznání nových podrobností o způsobu větvení, periodicitě růstu, sekreční aktivitě, symbiózách atp.“*

Jan Jeník (1998)

**Pozoruhodné kořenové útvary se vytvářejí ze stromových kořenů, které prorůstají do jeskyní a pod skalní převisy. V České republice jsou kořenové útvary známy již od konce 70. let 20. stol. Jejich výskyt je vázán především na lokality kvádrových pískovců, tedy lokality pseudokrasové. V letech 2006 a 2007 bylo při biospeleologickém průzkumu prováděném Správou jeskyní ČR objeveno mnoho nových lokalit s výskytem kořenových útvarů. V jednom případě byly kořenové stalagmity nalezeny i v krasové jeskyni v centrální části Moravského krasu. Nové nálezy daly podnět k přehlednému uspořádání typů kořenových útvarů.**

První kořenové stalagmity u nás popsal J. Vitek (Živa 1980, 3: 94). Jejich následným studiem se v minulosti zabývali J. Jeník (1985, 1998, 1999), J. Kopecný (1998, 1999, 2006), H. Müller (1998), R. Mlejnek (2002, 2007) a další.

### Co jsou kořenové útvary?

Vznik a růst kořenových útvarů je podmíněn součinností mnoha přírodních činitelů. Především musí do jeskyně prorůst kořeny stromů. V České republice vznikají nejčastěji kořenové útvary z kořenů břízy, smrku, borovice a v menší míře i javoru. Voda skapávající ze stropního bloku jeskyně pak musí v určitém bodě zasáhnout v sedimentu dna kořen. V některých případech voda zasahuje kořeny přímo na skalním podkladu. V místě skapu (případně průsaku nebo stékání vody) se podněcuje husté větvení a postupný růst kořenové hmoty ve vzdušném prostředí. To vše se děje proti sytíciemu skapu i proti gravitaci. Skap musí být stabilní a vytrvat po mnoho roků. Na konečné stavbě kořenového útvaru se podílejí i písečná zrnka opadávající ze stropu a přinášena kapkami vody. To je možná také vysvětlení, proč kořenové útvary jsou tak časté v jeskyních pískovcových. Není náhodou, že kořenové útvary jsou vázány na podzemní prostory. Ve vlhku a za tlumeného osvětlení či ve tmě může probíhat dělení kořenových pletiv a je omezen růst epifytických sinic