

Jak psát esej – ukázkové téma GM ryby v akvaristice

- Al

„Prosím zpracovat esej na téma geneticky modifikované ryby v akvaristice. A prosím i s citacemi zdrojů.“

- Jindřich

AI

Úvod

Genetická modifikace je proces, při kterém se mění genetický materiál organismu s cílem zlepšit určité vlastnosti. V posledních desetiletích se tento přístup uplatňuje i v oblasti akvaristiky, kde se stále více objevují geneticky modifikované ryby. Genetické inženýrství v akvaristice vzbudilo velkou pozornost veřejnosti, a to jak pozitivní, tak i negativní. Tento esej se zaměřuje na geneticky modifikované ryby, jejich využití v akvaristice, výhody a nevýhody tohoto přístupu, stejně jako na etické a environmentální otázky, které s tím souvisejí.

Geneticky modifikované ryby v akvaristice

První geneticky modifikované ryby byly vyvinuty v 80. letech 20. století. Cílem bylo vytvořit ryby, které by měly vlastnosti, jež by z nich činily atraktivní volbu pro akvaristy. Nejznámější příkladem jsou geneticky modifikované (GM) zebrafish (*Danio rerio*), známé také jako "GloFish", které byly v roce 2003 uvedeny na trh. Tyto ryby byly geneticky upraveny tak, aby měly schopnost svítit ve tmě díky vložení genů pro fluorescenční proteiny pocházející z medúz a jiných organismů. GloFish se staly velmi populárními pro svou unikátní vizuální přitažlivost a jsou k dispozici v několika různých barvách.

Genetické modifikace ryb zahrnují různé technologie, od vložení cizího genu, který umožňuje fluorescenci, až po změny, které mohou zlepšit rychlost růstu nebo odolnost vůči chorobám. Dalším příkladem jsou GM ryby, které byly upraveny pro rychlejší růst, což může mít vliv na efektivitu rybího chovu. Kromě toho se také vyvíjejí GM ryby, které jsou odolné vůči některým chorobám, což může zlepšit ekonomickou stránku akvaristiky.

Výhody geneticky modifikovaných ryb

Jednou z hlavních výhod geneticky modifikovaných ryb v akvaristice je jejich estetická přitažlivost. GloFish, například, umožňují akvaristům vytvořit fascinující světelné efekty, které nejsou možné s běžnými rybami. Tento estetický aspekt přitahuje širokou veřejnost, která hledá v akváriích něco originálního.

Další výhodou je potenciál pro zlepšení odolnosti ryb vůči nemocem. Genetické modifikace mohou umožnit vývoj ryb, které jsou imunní vůči některým běžným chorobám, jako je například bakteriální infekce nebo paraziti. To by mohlo snížit potřebu chemických léčiv a pesticidů v akváriích, čímž by se zvýšila celková udržitelnost chovu.

Navíc genetické modifikace mohou přispět ke zrychlení růstu ryb, což je zvláště cenné v komerčních akvaristických chovech. Rychlejší růst znamená, že ryby mohou být prodávány dříve, což zvyšuje ekonomickou efektivitu a snižuje náklady na chov.

Nevýhody a rizika genetických modifikací

Přestože geneticky modifikované ryby mohou přinášet některé výhody, existují také významná rizika. Jedním z hlavních problémů je potenciál pro únik GM ryb do volné přírody. Pokud by se geneticky modifikované ryby dostaly do přírodních ekosystémů, mohly by mít nepředvídatelný dopad na místní biodiverzitu. Například by mohly křížit s divokými druhy a vytvářet hybridy, což by mohlo mít negativní ekologické důsledky.

Dalším problémem je otázka etiky. Mnozí kritici genetických modifikací argumentují, že zásahy do genetického materiálu živých organismů mohou mít neznámé dlouhodobé důsledky. Existují obavy, že geneticky modifikované organismy mohou trpět zdravotními problémy nebo zhoršenou kvalitou života v porovnání s jejich přirozenými protějšky. Pro některé je také otázka, zda je etické vytvářet organismy, které jsou geneticky modifikovány pouze kvůli jejich estetickým hodnotám.

Etické a environmentální otázky

Etické otázky kolem genetických modifikací ryb jsou stále velmi diskutované. Někteří vědci a ekologové varují před neznámými riziky pro přírodu, zatímco jiní tvrdí, že genetická modifikace může pomoci v ochraně přírody tím, že změní některé nežádoucí vlastnosti ryb, jako je jejich rychlost růstu nebo odolnost vůči nemocem. Tyto modifikace by mohly snížit potřebu rybolovu a umožnit chov ryb bez ohrožení přírodních ekosystémů.

Environmentální rizika zahrnují například možnost, že modifikované ryby mohou negativně ovlivnit místní druhy, pokud dojde k jejich úniku do přírody. Pokud by geneticky modifikované ryby získaly výhodu v konkurenčním prostředí, mohly by vytlačit původní druhy a změnit ekologické rovnováhy.

Závěr

Geneticky modifikované ryby mají v akvaristice mnoho výhod, jako je estetická přitažlivost a potenciál pro zlepšení odolnosti vůči nemocem. Zároveň však existují i významná rizika, zejména v oblasti etiky a ochrany životního prostředí. S pokračujícím vývojem genetických technologií bude nezbytné vyvažovat výhody a rizika a zajistit, že genetické modifikace nebudou mít negativní dopady na přírodu a biodiverzitu. Legislativa a etické zásady by měly hrát klíčovou roli při regulaci použití genetických modifikací v akvaristice.

Seznam použitých zdrojů:

- 1.Kolle, R., & Schubert, H. (2018). Genetic Modification of Fish and Other Aquatic Organisms: Technological Innovations and Ecological Implications. *Environmental Biology of Fishes*, 101(2), 131-140.
- 2.GloFish. (2021). *What is a GloFish?*. [online] Available at: <https://www.glofish.com>
- 3.Naylor, R. L., & Burke, M. (2005). Aquaculture and the Genetic Modification of Fish. *Science*, 307(5717), 1616-1617.
- 4.McLaren, C. A., & Cressey, R. (2015). The Ethics of Genetic Modification in Fish. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 28(3), 459-473.

„Díky, moc mi to pomohlo!“

„Rádo se stalo! Jsem rád, že to pomohlo. Pokud budeš potřebovat ještě nějakou pomoc nebo další informace, klidně se ozvi. Hodně štěstí s esejí! 😊“

Jindřich

Ryby kladoucí jikry patří mezi vhodné organizmy pro genové transfery, a to zejména z důvodů vnějšího oplození, vysoké plodnosti, snadné manipulace s embryi a možnosti umělého odchovu (Flajshans et al. 2013). Případ, kdy dochází k transferu genového materiálu z jiného jedince vlastního druhu (např. přenos varianty genu, který způsobuje odolnost proti chorobě z jedné linie téhož druhu do linie vnímavé), se označuje jako **cisgenoze**. Případy, při nichž je vnášen do genomu druhu gen pro tento druh cizí (např. když se rybám dodává gen pro fluoreskující proteiny z různých bezobratlých), popisujeme jako **transgenozi**. Genetické manipulace nejsou založeny pouze na transferech genů. Významných vlastností (zlepšení růstu, zvýšená odolnost, prodloužení věku) lze docílit i **blokováním exprese** (ztrátou činnosti) určitých genů. Toho se docílí např. tzv. RNA interferencí. Zjednodušeně řečeno, jde o ovlivnění transkripce, např. vnášením sekvencí, kódujících dvouvláknovou RNA, která následně destruuje příslušnou část jednovláknové RNA (např. mRNA) obsahující komplementární sekvenci (Gruber et al. 2005). Další možností je nahrazení původního genu nefunkční kopií. Vyblokováním genu pro myostatin se např. podařilo dosáhnout u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) extrémně masitý fenotyp (Phelps & Bradley 2012).

Cílené zásahy do dědičné informace ryb se provádějí zhruba tři desetiletí (Hackett 1993). Důvody jsou teoretické i praktické (Gong & Hew 1995). Mezi teoretické patří například zjišťování migrace buněk a organizace tkání, orgánů a soustav během individuálního vývoje, kdy jsou buňky (jejich skupiny, základy tkání) označeny fluoreskujícími proteiny. K praktickým patří zejména experimenty se zvyšováním produkce rybího masa (lososi, pstruzi, sumci, tilápie).

Vnášení genu do dědičné informace ryb je celkem jednoduché. Často k němu postačí vstříknutí roztoku s genem do jikry (resp. jedno- až několikabuněčného embrya). Přežívání takto ošetřených jiker je překvapivě vysoké. Líhne se 23-54 % jedinců (Ju et al. 1999). Genový tranfer byl dosud proveden u cca 35 druhů (Flajšhans et al. 2013).

Základem genového transferu je příprava **genového konstrukt**. Ten se skládá z promotoru (regulační úsek tvořený sekvencí nukleotidů, která způsobí silnou expresi vlastního – strukturního genu), strukturního genu (sekvence nukleotidů pro druh vlastního nebo cizího genu, který je odpovědný např. za vytvoření příslušné bílkoviny a změnu vlastností pozměněného organismu) a terminální sekvence (kódující ukončení). Po izolaci žádaného konstrukt je potřeba jeho namnožení. Toho se docílí prostřednictvím **vektorů**, kterými mohou být plasmidy (prstencovité molekuly DNA replikující se v bakteriích), bakteriofágy (bakteriální viry s DNA prstencovitého nebo i lineárního typu), kosmidy (vektory smíšeného typu nesoucí sekvence plasmidu a fága) nebo viry. Po naklonování genu se pomocí restriktáz (restrikční enzymy) z vektoru příslušný plasmid (vektor) zase odštěpí. Následuje přenos genového transferu do cílového organismu.

Při přenosu do těla dospělého jedince dochází k vakcinaci pouze některých buněk a nedochází k zabudování konstrukt do buněk pohlavních, a tedy ani k dědění vlastností. Takto upravené organismy se nazývají **transkaryotní**. Tento způsob se může používat při tzv. DNA vakcinaci, kdy je žádoucí např. vpravením konstrukt napravit zdravotní poruchu způsobenou absencí nebo špatnou funkcí některého genu.

Pokud se genový konstrukt vpraví do raného zárodku nebo do buněčných linií, dochází v případě, že jsou vakcinací postiženy i buňky, z nichž vznikají gamety, k jeho zabudování do buněk pohlavních a k jeho dědění. Pokud je konstrukt vpraven do jikry (jedna buňka), dochází k dědění vlastností, neboť jsou modifikací postiženy všechny buňky těla.

K aplikaci genových konstruktů se používají mikroinjekce, elektroporace (ovlivnění propustnosti buněčných membrán elektrickými impulzy), biolistické metody (konstrukty navázané na částičky kovu, např. zlata nebo wolframu se vpravují do buněk prudkým proudem vzduchu), lipofekce (uzavření konstruktů do lipozomu, který pohlcen cílovou buňkou) nebo různé vektory. Vektorem může být virus nebo spermie a proces je založen na tom, že konstrukt je inkorporován do genetické struktury vektoru, jehož genom po vakcinaci splývá s genomem cílového organismu, čímž dochází k zabudování konstruktů do dědičné informace zasažené buňky. Efektivita vektorů při umělém přenosu genetické informace je všeobecně považována za nízkou (Flajšhans et al. 2013). Inkorporace genu se následně kontroluje např. pomocí elektroforetických metod (např. pokud je genový konstrukt opatřen detekovatelným markerovým genem), nebo, jako např. v případě GloFish (viz dále) osvětlením v UV paprsky, případně i pouhým okem.

Za účelem zefektivnění akvakultur se provádějí genové manipulace s ohledem na intenzitu růstu, odolnost vůči chorobám, odolnost vůči abiotickým faktorům prostředí (chlad), změnu metabolismu, dosažení sterility a využití transgenních ryb jako bioreaktoru (Flajšhans et al. 2013).

Využití genových konstruktů s využitím savčích genů pro růstový hormon nebylo v ryb efektivní (Pennan et al. 1991). Jako vhodné se ukázalo použití genových konstruktů, obsahujících gen růstového hormonu, pocházejících z ryb. U lososa atlantského (*Salmo salar*) se podařilo docílit u GM jedinců až čtyřicetinásobku hmotnosti, ovšem při současně urychleném stárnutí jedinců (Devlin et al. 1994). Většinou však u GM ryb (např. lososovití - Salmonidae, kapr obecný – *Cyprinus carpio*, piskoř *Misgurnus mizolepis*, štika – *Esox lucius*, tilápie – rod *Oreochromis*) dochází v porovnání s kontrolními skupinami k nárůstu hmotnosti o 10-70 %, při konverzi krmiva zvýšené o 20 % a rychlosti růstu 2,5-3,6x vyšší (Gross et al. 1992, Chatakondi et al. 1995, Martinez et al. 1996, Nam et al. 2001). Efektivita takového získávání živočišných proteinů je významná, zejména v podmínkách rozvojových zemí s populační explozí.

Odolnost vůči nemocem je možné testovat např. tvorbou GM ryb, které nesou geny pro bílkovinu, která obsadí příslušné buněčné receptory, a neumožní tak zakotvení viru, transgenních ryb s geny pro antibakteriální bílkoviny (cecropin a jeho analogy) (Dunham et al. 2002).

Projekty chladové resistance využívají geny pro protimrazový (antifreeze) protein (AFP) získávané z platýse *Pleuronectes americanus* nebo slimule americké (*Macrozoarces americanus*). Exprese genu pro zamezení tvorby ledových krystalů v tělních tekutinách je u ryb (pokusy byly prováděny na atlantských lososech – *Salmo salar*) nízká. Předpokládá se spíše budoucí využití při zamrazování spermií a embryí ryb (Hew et al. 1999).

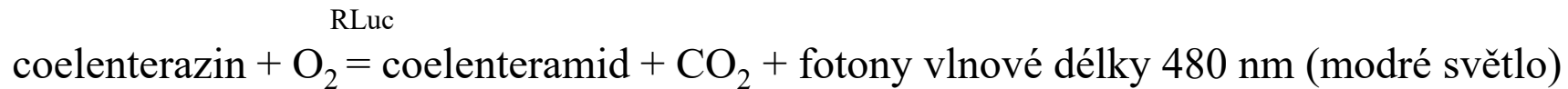
Metabolické ovlivnění při genových manipulacích směřuje u ryb zejména k zvýšení využitelnosti cukrů a tvorbě dieteticky cennějších omega -3 kyselin v rybím mase (Flajšhans 2013). GM tilápie (rod *Oreochromis*), které mají genetickou manipulací zajištěnou produkci lidského inzulínu by mohly pomoci při léčbě diabetu (Hrytsenko et al. 2011). Uvažuje se i o využití GM tilápií nilských (*Oreochromis niloticus*) v **xenotransplantační** medicíně, protože tilápie postrádají (na rozdíl od prasete, o němž se uvažuje jako o nejvhodnějším zdroji buněk) expresi alfa-galaktosylázy, která způsobuje u člověka hyperakutní imunitní reakce (Leventhal et al. 2004).

Principy bioluminiscence byly studovány např. u renily Loeningem et al. (2007). Složité procesy lze zjednodušeně popsat ve třech krocích.

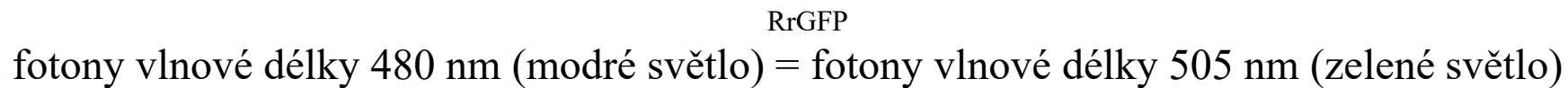
1. Luciferin vážící protein (RrLBP) se aktivuje vápenatými kationty za vzniku coelenterazinu:



2. Dále dochází k oxidaci coelenterazinu na coelenteramid prostřednictvím enzymu ze skupiny oxydoreduktáz, nazývaného Renilla-luciferin 2-monooxygenáza (Renilla luciferáza nebo zkráceně RLuc), s uvolněním fotonů (světlo není v rámci uvedené reakce viditelné):



3. Následuje reakce mezi dvěma fotosenzitivními buňkami (chromofory), při které donorový chromofor přenáší energii na chromofor akceptorový při zapojení GFP, přičemž dochází k emitování zeleného světla (505 nm), které je viditelné. Fyzikálně chemický mechanismus se mezinárodně nazývá “Förster resonance energy transfer - FRET (fluorescence resonance energy transfer - FRET, resonance energy transfer –RET nebo electronic energy transfer - EET), a jeho vysvětlení přesahuje rámec této knihy (podrobněji viz např. Andrews 1989). Proto uvádíme pouze shrnující rovnici:



Největší ekonomický význam i mediální popularitu našly geneticky modifikované ryby doposud v akvaristice. Šlo zejména o linie, které mají geny pro fluorescenci „zapnuté“ permanentně. Akvaristé se zprvu domnívali, že geneticky modifikované ryby se přirozeně nerozmnožují, což ovšem není pravda (Stuart et al. 1990). Čeští akvaristé, pravděpodobně jako první na světě, začali masově množit a dodávat na světové trhy červená („svítící“) geneticky modifikovaná dánia. Česká inspekce životního prostředí (a odpovídající organizace státního dozoru zejména v Německu a Holandsku) nepovolené chovy ryb v souladu s platnou legislativou zakázala a jejich držení a obchod s nimi pokutovala. Akvaristé rozlišovali dva typy geneticky modifikovaných červených dáníí. Dalším šetřením bylo zjištěno, že světlejší ryby kmene označovaného jako TK1 pocházejí z Kuby a byly k nám dovezeny přes území bývalého NDR, tmavší ryby, označované jako TK2, patří k linii vyprodukované v Asii a byly dovezeny přes Slovensko. Křížením linie TK2 s divoce zbarvenými dáníi vzniká pak F1 generace ryb, které jsou velké, vitální (heterozní efekt?) a všechny „svítí“. V dalších generacích těchto kříženců pak fitness ryb výrazně klesá a barevný ráz štěpí podle jednoduchého schématu mendelistické dědičnosti (znak pro červenou barvu je založen jako homozygotně dominantní) – Novák (vlastní zjištění). Tato konstatování, která ve svém důsledku chovatelskou atraktivitu významně snižují, se spolupodílela na praktickém vymizení těchto ryb z evropského akvaristického trhu.

Ve výzkumných ústavech se kromě dáníí používají zejména geneticky modifikované medaky (rod *Oryzias*). V okrasných akváriích, hlavně v USA a v Asii, kde je příslušná legislativa odlišná od evropské, se chovají transgenní dánia např. pod názvy Bright Red, Green, Orange-Yellow, Blue a Purple, dále tetra černá (*Gymnocorymbus ternetzi*) "Electric Green", "Sunburst Orange", "Moonrise Pink", "Starfire Red", "Cosmic Blue" a "Galactic Purple", parmička čtyřpruhá (*Puntigrus tetrazona*) "Electric Green" a labeo thajské (*Epalzeorhynchos frenatum*) "Glo-Rainbow Shark". Přehled výzkumných, legislativních, administrativních, hygienických a environmentálních aspektů používání geneticky modifikovaných ryb přinášejí např. Flajshans et al (2013), Hill et al. (2014) a Petr et al. (2006).

Dle platné legislativy ČR (zákon č. 78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty) je za genetickou modifikaci považováno pouze cílené vnesení cizorodého dědičného materiálu (tedy cizorodé DNA nebo RNA) do dědičného materiálu organismu způsobem, ke kterému nemůže dojít bez zásahu člověka, a který vede k opakovanému zmnožení vneseného materiálu spolu s organismem. Genomové manipulace tomuto zákonu nepodléhají. Genomové manipulace zahrnují metody indukující polyploidní stavy ($3n$, $4n$, $5n$ $8n$...), uniparentální dědičnost (meiotickou gynogenezi), klonování parentálních genomů (mitotickou gynogenezi a androgenezi), zvrát pohlaví, případně kombinace těchto postupů.

Podle zákona č. 78/2004 Sb., který implementuje evropskou legislativu (zejména Směrnice Evropského parlamentu a Rady [2001/18/ES](#) ze dne 12. března 2001 o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice Rady [90/220/EHS](#), ve znění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. [1829/2003](#), nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. [1830/2003](#), směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) [2015/412](#), směrnice Komise (EU) [2018/350](#), nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) [2019/1243](#) a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) [2019/1381](#), a Směrnice Evropského parlamentu a Rady [2009/41/ES](#) ze dne 6. května 2009 o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy), existují tři způsoby používání GMO:

- **Uzavřené nakládání:** Použití GMO v laboratořích, uzavřených sklenicích, chovech zvířat a průmyslových provozech. Pod pojmem nakládání se rozumí nejen vlastní genetická modifikace, ale i uchovávání, pěstování, chov a další manipulace s GMO.
- **Uvádění do životního prostředí:** Polní pokusy s GM rostlinami za definovaných podmínek.
- **Uvádění produktů do oběhu:** Předání jiné osobě za účelem distribuce nebo používání, pokud se nejedná o předání výlučně k uzavřenému nakládání nebo uvádění do životního prostředí: dovoz, prodej v obchodní síti, skladování, pěstování nebo chov za účelem prodeje a zpracování, výrobu konečných produktů apod.

K uzavřenému nakládání i k uvádění GMO do životního prostředí je třeba oprávnění, které Ministerstvo životního prostředí uděluje určitému subjektu a pouze na určitý GMO. *Pro uzavřené nakládání* s nižším stupněm rizika vzniká oprávnění na základě oznámení, v případě *uvádění do životního prostředí* je třeba podat žádost, která se posuzuje ve správním řízení.

Uvádění GMO do oběhu je řešeno na úrovni EU. Základem procedury, která v praxi trvá několik let, je hodnocení rizik pro zdraví a životní prostředí. Součástí žádosti musí být výsledky pokusů prokazující, že GMO nepřináší zvýšené riziko. K žádostem se vyjadřují všechny členské státy EU (některé jsou silnými odpůrci GMO) a Evropský úřad pro bezpečnost potravin i veřejnost.

Použitá literatura: Pozor, nakonec zkontrolovat citace (co je v textu, musí být v seznamu – chybějící doplnit)

- Amsterdam A., Lin S., Hopkins N. 1995. The *Aequorea victoria* green fluorescent protein can be used as a reporter in live zebrafish embryos. Dev. Biol., 171:123–129.
- Andrews D.L. 1989. A unified theory of radiative and radiationless molecular energy transfer. Chemical Physics, 135, 2: 195–201.
- Chatakondi et al. 1995
- Devlin et al. 1994
- Dunham 2002
- Flajšhans 1913
- Gong Z, Hew C.L. 1995. Transgenic fish in aquaculture and developmental biology. Curr. Top. Dev. Biol., 30:175–213.
- Gross et al. 1992
- Gruber 2005
- Hackett P.B. 1993. The molecular biology of transgenic fish. In: Hochachka PW, Mommsen TP, (eds.) Biochemistry and molecular biology of fishes. 2. Molecular biology frontiers. New York: Elsevier: 207–240.
- Hill J. E., Lawson L.L., Hardin S. 2014. [Assessment of the Risks of Transgenic Fluorescent Ornamental Fishes to the United States Using the Fish Invasiveness Screening Kit \(FISK\)](#)". Transactions of the American Fisheries Society, 143, 3: 817–829.
- [Ju B.](#), [Xu Y.](#), [He J.](#), [Liao J.](#), [Yan T.](#), [Hew C.L.](#), [Lam T.J.](#), Gong Z. 1999. Faithful expression of green fluorescent protein (GFP) in transgenic zebrafish embryos under control of zebrafish gene promoters. Developmental Genetics, 25: 158-167.
- Leventhal 2004
- Loening A.M., Fenn T.D., Gambhir S.S. 2007. Crystal structures of the luciferase and green fluorescent protein from Renilla reniformis. Journal of Molecular Biology, 374, 4: 1017–1028.
- Martinez et al. 1996
- Nam et al. 2001
- Pennan et al. 1991
- Petr 2006
- Phelps et Bradley 2012
- Stuart G.W., Vielkind J.R., McMurray J.V., Westerfield M. 1990. Stable lines of transgenic zebrafish exhibit reproducible patterns of transgene expression. Development, 109: 577–584.
- www.taiwan-panorama.com/en/show_issue.php3?id...
- Zákon č. 78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty