

Geneticky modifikované organismy (GMO)

... s důrazem na GM zemědělské plodiny

GMO

- Organismus, jehož genetický materiál (tedy DNA) byl úmyslně změněn, a to způsobem, kterého se nedosáhne přirozenou rekombinací.
- V současnosti **jsou genetické modifikace předmětem mnoha diskuzí** – názory na ně se pohybují v široké škále od zásadní kritiky zasahování do genetické podstaty živých tvorů, přes obavy ze zdravotních rizik a dopadů na ekosystémy až po nadšenou obhajobu GMO jako naděje na vymýcení hladu ve světě.
- **EU se ke GMO staví poměrně zdrženlivě, v ostatních oblastech světa je přístup velmi vstřícný.**



Historie GMO

- 1973 - první pokusy s genovými manipulacemi u mikroorganismů v USA
 - Bylo zjištěno, že **část dědičné hmoty se předává z půdních bakterií *Agrobacterium tumefaciens* do dědičného základu rostlin = jakási přírodní genetická modifikace.**
- 1983 - **první GM plodina - tabák**
- 1991 - **první pěstování GM kukuřice (Bt kukuřice) na volném poli (USA, Argentina)**
- 1994, 1995 - **uvedeny na trh GM rajčata a kukuřice (USA)**



Agrobacterium tumefaciens je druh bakterie, která infikuje dvouděložné rostliny a vytváří nádory v rostlinných pletivech. Princip vzniku nádoru je založen na průniku části DNA bakterie do rostlinné buňky a její začlenění do genomu rostliny.

- **První GM plodina byla uvolněna pro trh v r. 1994 - bylo to rajče s prodlouženou životaschopností nazvané FlavrSavr.**
- Další, k herbicidům tolerantní a ke škůdcům rezistentní GM plodiny, hlavně sója, kukuřice, bavlník a řepka se na trhu objevily v roce 1996.
- **Nejznámějším příkladem je sója odolná vůči herbicidu Roundup, tzv. Roundup Ready sója.**



- 1996 - vydáno **povolení Evropské komise pro dovoz GM sóji a GM kukuřice do Evropy**
 - protesty aktivistů Greenpeace
 - poprvé pěstována GM řepka na volném poli v ČR
- 1998 - v členských zemích vstoupila v platnost **povinnost značit na obalech potravin přítomnost surovin GMO původu**
- 2000 - Parlament ČR schválil zákon č. 153/2000 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organizmy a produkty

- 2003 - vláda USA ohlásila, že podá stížnost Světové obchodní organizaci (WTO) **proti „neoficiálnímu zákazu“ dovozu GMO do EU**
 - Evropská komise vydala směrnici, **jak lze pěstovat plodiny s GMO tak, aby se tyto organizmy nešířily na pozemky s běžnými plodinami**
 - USA, Kanada a Argentina vyzvaly Evropskou unii prostřednictvím WTO, **aby zrušila faktické moratorium na GMO**
- **2004 - Evropská komise povolila pěstování Bt kukuřice**

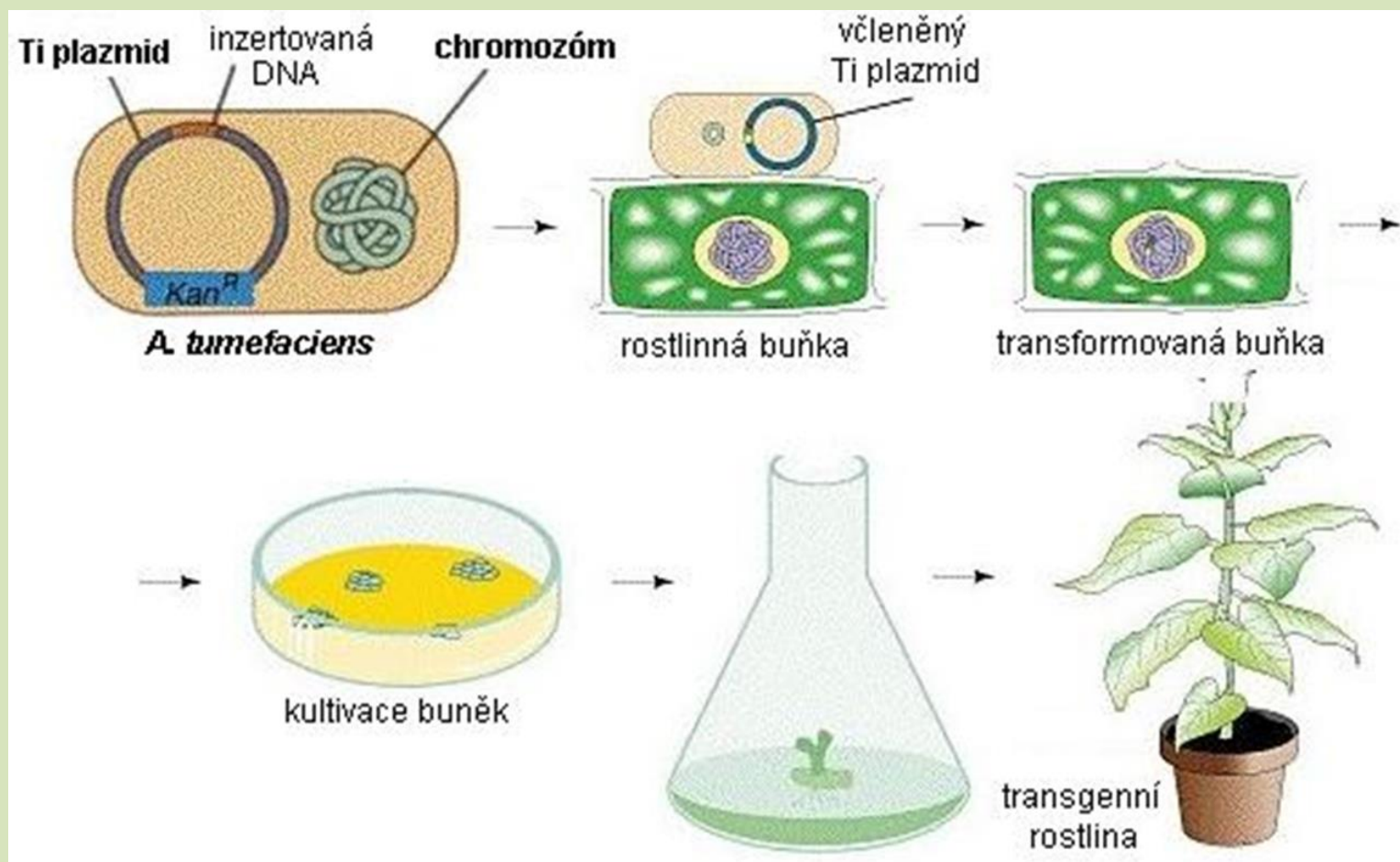
Metody genetických modifikací

- 1) **Nahodilé zásahy** působením **mutagenů nebo ionizujícího záření**. Takto vznikla například **většina současných druhů rostlin či odrůd** pšenice, řepky a dalších plodin = přírodním výběrem vzniklé genetické varianty.
- 2) **Cílené zásahy** - mutace získané tak, že **do organismu vneseme nebo v něm cíleně deaktivujeme nějaké konkrétní geny** (například rostliny, do nichž byl za pomoci bakterie *Agrobacterium tumefaciens* vnesen gen pro odolnost k herbicidům nebo gen pro produkci insekticidů - viz např. Bt-kukuřice).

- GMO, do kterého byl **metodami genetického inženýrství** cíleně přenesen gen z jiného druhu, se nazývá **transgenní organismus**.

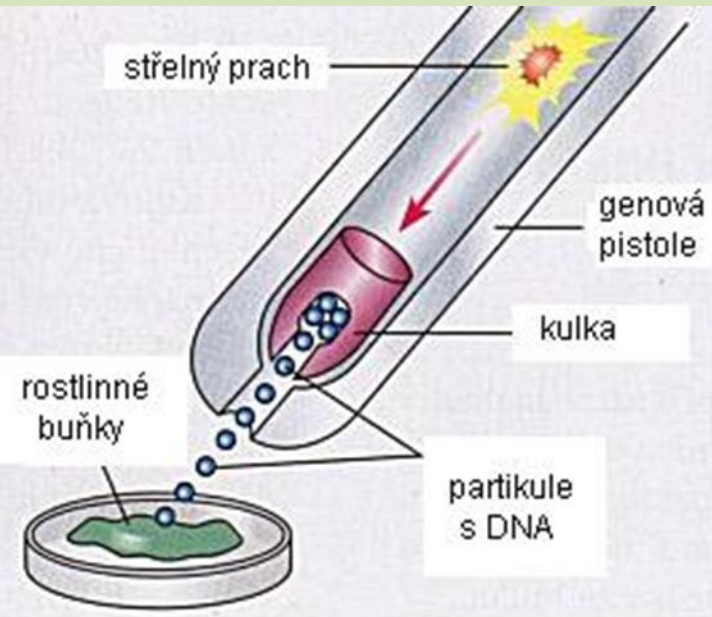
- Pro přípravu transgenních rostlin se používají **nejčastěji dvě metody**:
 - změna pomocí agrobakterií (tzv. agroinfekce)
 - tzv. “nastřelení“ DNA do buněčného jádra
- Volbu metody ovlivňuje mimo dostupnosti dané metody a druhu rostliny hlavně účel, kvůli kterému má být rostlina transformována.
- Mnoho transgenních rostlin vzniká jen pro základní výzkum a později je zlikvidována = ne se vším se počítá „na pole“.

- Při transformaci pomocí bakterie *Agrobacterium tumefaciens* se využívá přirozené schopnosti této patogenní bakterie vnášet své určité geny do genomu rostliny.



Genetická modifikace pomocí agrobakterií (tzv. agroinfekce)

- Druhá hlavní metoda spočívá v tom, že **požadovaná DNA se nejprve vysráží na povrchu nepatrných částiček zlata nebo wolframu či jiného těžkého prvku.**
- Tyto tzv. projektily se pak **pod vysokým tlakem helia „nastřelí“ do rostlinné tkáně**, přičemž v určitém procentu případů je **zasaženo jádro a cizorodá DNA spojí s rostlinným genomem.**



- **Kromě vlastní transformace**, tj. přenosu cizorodé DNA do genomu rostliny, je dalším důležitým předpokladem vzniku transgenní rostliny **způsob vypěstování úplné a navíc plodné rostliny z jediné buňky**, která prošla úspěšně transformací.
- Pro některé rostliny je regenerace z jediné buňky na dospělou rostlinu **snadná (tabák)** a pro některé **velmi obtížná (maniok)** či **zatím zcela neznámá**.
- To je problém zejména **v případě tropických plodin pro rozvojové země, do jejichž vývoje nikdo nechce investovat.**



Laboratoř pro pěstování rostlin metodou in vitro (ve skle).

Bližší vysvětlení pojmu in vitro je [zde](#).

Typy GMO

- GMO lze rozlišit **tři základní skupiny GM rostlin**:
 - **První generace** = výhodné z hlediska zemědělské produkce (odolnost k herbicidům, ke škůdcům, odolnost vůči virovým chorobám, tolerance k suchu nebo účinnější využití půdních živin).
 - **Druhá generace** = typická změnou složení koncového produktu (lepší složení bílkovin a olejů, vyšší obsah vitaminů). Např. tzv. „zlatá rýže“ s vyšším obsahem vitamínu A.
 - **Třetí generace** = měla by nalézt **uplatnění ve farmaceutickém průmyslu a zdravotnictví** (např. tzv. jedlé vakcíny, výroba enzymů apod.).
- Uvedené GMO by měly umožnit efektivní uplatnění zemědělské produkce pro alternativní využití - zdroje cenných surovin, **detoxikace zamořených ploch** a farmaceutická výroba, **výroba bioplastů a biopaliv**.

GMO a zákon

- Pravidla pro oblast GM potravin a krmiv je řešena na úrovni EU.
- Uvádění GMO **pro použití v potravinách a krmivech na trh EU** podléhá velmi přísné regulaci podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech.

- V ČR je nakládání s GMO upraveno **zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty** ve znění pozdějších předpisů.
- Předpisy ukládají dovozcům, zpracovatelům, obchodníkům i zemědělcům **mnohé povinnosti**, proto se plocha pěstovaných GMO plodin v EU spíše zmenšuje.

- Zákon rozeznává **3 typy nakládání s GMO:**
 - **Uzavřené nakládání** - zahrnuje vznik a využití GMO pro výzkumné účely v izolovaných kultivačních a laboratorních místnostech
 - **Uvádění do životního prostředí** - zahrnuje pěstování nebo chov v polních pokusech nebo experimentálních chovech a nakládání s jejich produkty pro výzkumné účely
 - **Uvádění do oběhu** - zahrnuje komerční pěstování GM rostlin či chov GM zvířat a výrobu a prodej výrobků obsahujících GMO

- Přísnost celého systému vytváří z GM potravin ty **nejprověřenější potraviny na trhu EU**.
- Jako potravinu či krmivo mohou být v současné době v EU uváděny na trh produkty z:
 - bavlníku,
 - kukuřice,
 - brambor,
 - řepky,
 - sóji,
 - cukrové řepy.

- Dále je v rámci EU povolena jedna bakteriální a jedna kvasinková kultura.
- V České republice se spotřebitel nejčastěji setká v obchodě s rostlinnými oleji (sójové, řepkové) vyrobenými z geneticky modifikovaných rostlin.
- Přehled schválených GM potravin a krmiv naleznete na stránkách Evropské komise v [Registru EU geneticky modifikovaných potravin a krmiv](#).

- V celosvětovém měřítku se vývoj biotechnologií nezaměřuje pouze na rostlinné komodity, **ale také na potraviny živočišného původu.**
- Na Kubě je již například v oběhu **GM tilápie (na obrázku)** a pro vstup na americký trh je připraven GM losos.





GloFish je obchodní značka geneticky modifikovaných fluorescenčních dánií pruhovaných (Danio rerio). Byly vyvinuty v rámci vývoje kmene určeného jako bioindikátor znečištění, záhy se však staly prvními geneticky modifikovanými domácími mazlíčky.

Zelené a žlutooranžové GloFish obsahují zelený fluorescenční protein z medúzy, červené obsahují protein z korálu.

- Na evropském trhu je možné koupit jen GM produkty rostlinného původu, žádná GM potravina či krmivo živočišného původu být uváděno nesmí.

- Použití GM produktů rostlinného původu je **především v krmivářském průmyslu, protože sója a kukuřice jsou nejdůležitějšími rostlinnými zdroji bílkovin pro zvířata.**
- Podle Evropského sdružení výrobců krmiv **je 85 % vyrobených krmných směsí v EU označeno jako GM materiál.** V každém případě si **EU totiž není sama schopna zajistit dostatečné množství bílkovinných zdrojů.**

Pěstování GM plodin ve světě a v ČR

- V současné době se ve světě pěstují různé druhy geneticky modifikovaných (GM) plodin **na ploše cca 150 mil. ha** ([ISAAA 2010](#)). To odpovídá cca 20 ti násobku plochy ČR.
- Nejčastěji pěstovanými plodinami jsou:
 - **sója** (69,2 mil. ha),
 - **kukuřice** (41,7 mil. ha),
 - **bavlník** (16,1 mil. ha)
 - **řepka** (6,4 mil. ha)
 - **cukrová řepa, dýně, brambory, papája, rajčata, papriky, vojtěška, topoly, z okrasných květin karafiáty a modré růže.**

- Japonská firma SUNTORY vyšlechtila modrou (spíše světle fialovou) růži s označením Applause



- V roce 2010 dosáhl **počet zemí pěstujících GMO plodiny 29**, podle osázených ploch v mil. ha sestupně:
 - **USA** (66,8),
 - **Brazílie** (25,4),
 - **Argentina** (22,9),
 - **Indie** (9,4),
 - **Kanada** (8,8),
 - **Čína** (3,5),
 - Paraguay (2,6),
 - Pákistán (2,4),
 - Jižní Afrika (2,2),
 - Uruguay, Bolívie, Austrálie, Filipíny, Burkina Faso, Myanmar, Španělsko, Mexiko, Kolumbie, Honduras, Chile, Portugalsko, **Česká republika**, Polsko, Egypt, Slovensko, Costa Rica, Rumunsko, Švédsko a Německo.

- **Pěstování GM plodin zaznamenává celosvětově každoroční růst v průměru o 10 %.**
- **Naopak v EU dochází od roku 2008 ke každoročním poklesům.**

- **EU tvoří jen zlomek celosvětové pěstební plochy GM plodin** (150 mil. ha), a to cca **100 tis. ha**.
- **Od roku 1998** pěstují některé členské státy **Bt kukuřici odolnou vůči zavíječi kukuřičnému**
- **Od roku 2010 GM brambory Amflora** pro průmyslové užití.
- **Prvenství** v pěstování Bt kukuřice si **v EU** s velkým odstupem **drží Španělsko** (v roce 2010 zde bylo oseto 67,7 tis. ha).

- **V ČR se v roce 2010 pěstovaly obě plodiny jako v jediné zemi EU** (Bt kukuřice – 4.680 ha, GM brambory Amflora – 150 ha).
- **Bt kukuřici do roku 2010 vyzkoušelo 255 českých pěstitelů.**
- **Výhody pěstování Bt hybridů:**
 - od jednoduchosti a spolehlivosti ochrany proti zavíječi,
 - přes snížení vstupu do porostů
 - až po výsledný efekt při sklizni (nepolámané, nepolehnuté rostliny)
 - vyšší výnosy než při pěstování tradičních hybridů
 - sklizený produkt je kvalitnější vzhledem k nižšímu výskytu plísní.



Zavíječ kukuřičný

Příklady GMO - rostliny

- plodiny s **rezistencí vůči herbicidům** (sója, řepka, kukuřice, bavlník)
- plodiny **produkující bakteriální insekticidní toxiny** (brambory, kukuřice)
- plodiny s **upraveným metabolismem cukru** (brambory) – snadnější výroba škrobu pro papírenství, výrobu lepidel apod.
- plodiny s **prodlouženou trvanlivostí** (rajčata)

- bavlník s **přírodně zbarveným vláknem**
- dřeviny se **sníženým obsahem ligninu pro výrobu papíru**
- plodiny se **zvýšenou odolností vůči stresu chladem či suchem**
- plodiny se **schopností asimilace vzdušného dusíku** (toho jsou schopny přirozeně např. bobovité rostliny – hrách, vikev, fazol, ...)
- rýže **produkující betakaroten** – „zlatá rýže“ pomáhá odstranit nedostatek vitamínu A u poloviny světové populace – která je závislá na rýži jako hlavní potraviny.
- peckoviny s **odolností k viru šarky** (slivoně)



Šarka – virové onemocnění peckovin – mimo jiné postrach producentů slivovice.

Příklady GMO - živočichové

- škodlivý hmyz přenášející **gen způsobující neplodnost potomstva**
- živočichové **se zvýšenou intenzitou růstu** (kapr, losos, myš, prase)
- **ryby s genem protimrazového proteinu** (losos)
- živočichové **s genem rezistence vůči chorobám**
- změna kvality živočišných produktů (mléko krav) - **humanizace kravského mléka**
- **produkce léčiv pro humánní medicínu** (mléko ovcí, krav a koz)

Rizika při uvolňování GMO do prostředí

- Před uvolněním GMO do prostředí a do oběhu **se zvažují možné vztahy s ekosystémy a zdravím člověka.**
- Účinky GMO na životní prostředí a zdraví lidí a zvířat by mohly být:
 - **přímé a nepřímé,**
 - **okamžité a opožděné.**

- **Přímými účinky jsou účinky na lidské zdraví nebo na životní prostředí, které jsou výsledkem působení GMO a neprojevují se příčinným řetězcem dalších událostí.**
- **Nepřímými účinky jsou účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí, které se projeví příčinných řetězcem dalších událostí, jako např. interakcí s dalšími organismy, přenosem genetického materiálu.**
- **Pozorování nepřímých účinků může být časově opožděno.**
- **Proto se vyžaduje u GMO, které byly uvolněny do prostředí , tzv. monitoring.**

- **Rizika pro zdraví lidí a zvířat** (toxicita a kvalita/bezpečnost potravin, alergie, rezistence k léčivům)
- **Rizika v zemědělství** (možnost vzniku superlevelů, snížení počtu odrůd a ztráta biodiverzity)
- **Riziko vzniku nových virů**

Závěrem něco o klonování

- **Klonování** je vytváření nového jedince geneticky identického s předlohou.
- Tyto dva jedinci se poté označují jako **klony**.
- Tento **proces probíhá velice často v přírodě** u rostlin i živočichů:
 - tzv. **vegetativní rozmnožování** – topoly nebo jahodník se prakticky jinak nemnoží
 - např. **jednovaječná dvojčata jsou přirozenými klony**
- **Klonování umělým postupem je podstatně obtížnější u živočichů než u rostlin.**



Plantáž rychlerostoucích japonských topolů.

- Cíle živočišného klonování:
- **produkce hospodářských zvířat** (zlepšení kvality zvířat i jejich produktů)
- **produkce GM laboratorních zvířat** (studium lidských chorob, testování nových léků)
- **pokus záchrany ohrožených i vyhynulých druhů**
- **produkce živočichů vhodných pro [xenotransplantace](#)**

Ovce Dolly (1996 – 2003)

- Vyvinuta **ve Skotsku** reprodukčním klonováním.
- **Jádro vajíčka nahrazeno jádrem somatické (tělní) buňky s dospělé ovce = vytvořena genetická kopie původní dospělé dárkyně.**
- O dva roky později bylo zjištěno, že **buňky v jejím těle neodpovídají jejímu fyzickému stáří**, ale spíše věku její genetické předchůdkyně – šestileté ovce.
- Dolly přivedla za svůj život na svět **šest zdravých jehňat.**
- Utracena z důvodu **plicní infekce.**



Dolly the Sheep

When Dolly was born at the Roslin Institute on 5 July 1996, she was the first mammal to be cloned from an adult cell. In her short life Dolly came to symbolise the future of cloning throughout the world. In 1997 the Roslin Institute agreed to donate Dolly to the National Museums of Scotland when she died, so that she could be preserved for future generations to see. Dolly died on 14 February 2003.

In a joint experiment with IFF, Transvaal, Professor Ian Wilmut and his colleagues at the Roslin Institute used a cell from the udder tissue of a six-year-old Finn Dorset ewe in order to create Dolly.

Cloning involves the removal of the nucleus DNA from an egg cell, so that it can be replaced by the nucleus from a donor cell. The reconstructed egg cell is

activated to develop into an embryo using a short electric pulse which is transferred into a surrogate mother. Dolly's surrogate mother was a Friesian-Fleischschaff sheep.

Cloning from adult mammals allows the creation of the very best and best animals and may also help the conservation of critically endangered species.

However, the low success rate of cloning of animals suggests that cloning may be a highly specialised and expensive procedure. It is important to have a better understanding about the future use of this scientific technique with humans.

Further Information
For more information on Dolly, her clones, cloning and the Roslin Institute, please have a look at:
www.roslin.ac.uk
www.dollytheclonedsheep.org.uk
www.nhm.ac.uk

Otázky

1. Definice GMO.
2. Jaké argumenty uvádějí odpůrci GMO?
3. Jaké argumenty uvádějí zastánci GMO?
4. Co víte o bakterii *Agrobacterium tumefaciens* a její úloze v oblasti GMO?
5. Ve které zemi a kdy bylo započato s genovými manipulacemi u mikroorganismů?
6. První GMO plodinou pěstovaná na volném poli bylav roce.....
7. První GMO plodinou uvolněnou pro trh bylov roce.....
8. Porovnejte postoj EU a ostatního světa k problematice GMO.
9. Co může výsledkem cílené genové manipulace?
10. Uvedte dvě nejčastější metody pro přípravu transgenních rostlin.
11. Vysvětlete podstatu pěstování systémem *in vitro*.
12. První, druhá a třetí generace GMO.
13. Zákon rozeznává 3 typy nakládání s GMO
14. V současné době mohou být v EU uváděny na trh produkty z těchto plodin:
15. Se kterými výrobky z GMO se nejčastěji setká spotřebitel v ČR?

16. Živočišné produkty z GMO na trzích EU?
17. Co označuje obchodní značka GloFish?
18. Jaká je situace v oblasti krmiv pro zvířata v zemích EU?
19. Na jaké celosvětové ploše jsou pěstovány GMO plodiny (údaj 2010)?
20. Uvedte tři ve světovém měřítku nejrozšířenější GMO plodiny.
21. Uvedte tři ve světovém měřítku největší pěstitele GMO plodin (státy).
22. Ve které zemi EU se pěstuje nejvíce GMO plodin?
23. U tzv. Bt kukuřice bylo dosaženo odolnosti vůči
24. K čemu lze např. využít GMO brambory?
25. Uvedte 3 příklady hospodářského přínosu GMO živočichů.
26. Rizika GMO pro zdraví lidí a zvířat.
27. Rizika při používání GMO v zemědělství.
28. Uvedte příklad využití klonování v lesnictví.
29. Vysvětlete pojem xenotransplantace.
30. Co se dá obecně tvrdit o umělém klonování rostlin a živočichů?

Zdroje

- http://cs.wikipedia.org/wiki/Geneticky_modifikovan%C3%BD_organismus
- <http://www.bezpecnostpotravin.cz/moznosti-vyuziti-gmo-pro-potravinarske-a-nepotravinarske-ucely.aspx>
- http://eagri.cz/public/web/file/3067/gmoletak2006_1_.pdf
- http://www.phytosanitary.org/old/pdf/sbornik_gmo.pdf
- <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/gmo-produkty/?fullArticle=1>
- http://www.godandscience.org/apologetics/genetically_modified_food.html
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Glofish>
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Blue_Tilapia.jpg
- <http://www.luxury-insider.com/luxury-news/2011/09/applause-please-suntory-creates-mythical-blue-rose>
- <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/aktualni-prehled-ochrany-rostlin-cervenec-a-srpen.html>
- <http://www.zea.cz/kukurice/osetreni-porostu-kukurice-proti-zavijeci/>
- http://www.kws.de/aw/KWS/czechia/Kuku_345_ice/Article_post_345_ehy_z_pol_kuku_345_i/~bugv/Post_345_ehy_z_pol_kuku_345_ice_20_3_/
- <http://www.fluther.com/17083/do-plants-and-fungi-get-cancer/>
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens
- <http://theenvirogirlsgmtomatoes.blogspot.cz/2011/02/as-my-previous-blog-post-background-of.html>
- <http://www.greenpeace.org/eastasia/campaigns/food-agriculture/problems/genetic-engineering/biodiversity/>
- http://www.pedaltofeed.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=59
- <http://www.cadarache.cea.fr/gb/activites/biology/>
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Dolly_\(ovce\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Dolly_(ovce))
- http://serial-experiments.eu/books/geneticky_modifikovane.../obory.ppt
- <http://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=0177023>
- http://www.med.muni.cz/patfyz/tmbg/Geninz_MM.pdf
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Klonov%C3%A1n%C3%AD>
- <http://www.rychlerostoucitol.cz/73-japonsky-topol-navstevy-plantazi/seminar-a-japonskych-topolech/>