

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

Kateřina Koblihová

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální biologie rostlin



Diplomová práce

**GM plodiny v přípravě nových potravin, farmak a
technických materiálů: inovace gymnaziálního učiva**

Bc. Kateřina Koblihová

Školitel: Prof. RNDr. Zdeněk Opatrný, CSc.

Konzultanti: Doc. RNDr. Věra Čížková, CSc.
RNDr. David Honys, Ph.D.

Praha 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „*GM plodiny v přípravě nových potravin, farmak a technických materiálů: inovace gymnaziálního učiva*“ jsem vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Zdeňka Opatrného, CSc. a použitou literaturu jsem řádně citovala.

V Praze dne 1. 5. 2012

Podpis:

Bc. Kateřina Koblihová

Srdečně děkuji prof. RNDr. Zdeňkovi Opatrnému, CSc. za rady odborné i formální a trpělivost, Doc. RNDr. Věře Čížkové, CSc. a RNDr. Davidovi Honysovi, Ph.D. za poskytnuté informace a pomoc při zpracování mé diplomové práce a MUDr. Ivaně Koblihové za jazykovou korekturu finální verze práce.

OBSAH

OBSAH	5
ABSTRAKT	7
ABSTRACT	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	10
1.1 GM plodiny z odborného hlediska	10
1.1.1 Pojmy: GM plodiny, molekulární farmářství a biofortifikace	10
1.1.2 Klasické šlechtění versus genetické inženýrství.....	10
1.1.3 Průběh genetických modifikací u rostlin	11
1.1.4 Důvody a cíle GM modifikací s rostlinami	12
1.1.5 Rezistence na abiotický stres	13
1.1.6 Rezistence na biotický stres.....	14
1.1.7 Molekulární farmářství	15
1.1.8 Biofortifikace	16
1.1.9 Legislativa platná v ČR	17
1.2 GM plodiny ve výuce na SŠ	19
1.2.1 Analýza problematiky v kurikulárních dokumentech (RVP G)	19
1.2.1.1 Klíčové kompetence	19
1.2.1.2 Průřezová témata	21
1.2.1.3 Vzdělávací oblasti.....	23
1.2.2 Možnosti zařazení tématu GM plodin do výuky biologie na SŠ.....	24
1.3 Analýza úrovně znalostí, vědomostí a postojů ke GM plodinám u studentů středních škol	27
1.4 Teorie tvorby výukových materiálů	28
2. METODIKA	31
2.1 Dotazníkové šetření	31
2.1.1 Forma dotazníku	31
2.1.2 Charakteristika prověřované skupiny.....	32
2.1.3 Realizace dotazníkového šetření a zpracování výsledků.....	34
2.2 Příprava výukových materiálů	36
2.2.1 Informační text pro studenty	36
2.2.2 Pracovní listy	37
2.2.3 Slovníček pojmů z oblasti GM plodin	37

2.3	Ověření výukových materiálů	38
2.3.1	Charakteristika prověřovaných skupin	38
2.3.2	Průběh ověřování	38
3.	VÝSLEDKY	43
3.1	Vyhodnocení dotazníkového šetření – analýza jednotlivých otázek	43
3.2	Výsledky ověřování výukových materiálů	67
3.3	Výukové materiály	69
3.4	Návrhy na začlenění tématu GM plodiny do výuky biologie na SŠ	69
3.4.1	Začlenění do konkrétního učiva	69
3.4.2	Začlenění v rámci různých aktivit	70
3.5	Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodin.....	72
4.	DISKUSE	73
4.1	Dotazníkové šetření	73
4.2	Ověření výukových materiálů	76
	ZÁVĚR.....	77
	ZDROJE.....	78
	Seznam literatury	78
	Seznam internetových zdrojů	82
	Zdroje obrázků použité v informačním textu	84
	PŘÍLOHY	86
I	Dotazník	86
II	Informační text pro studenty	90
III	Slovníček pojmů.....	101
IV	Pracovní listy	105
V	Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodiny	121

ABSTRAKT

S růstem lidské populace roste poptávka po rostlinné a jiné produkci a zároveň klesá rozsah území, kde mohou být rostliny pěstovány. Lidem proto nestačí současná zemědělská výroba potravin, technických surovin či léčiv rostlinného původu ať už z tohoto důvodu, či kvůli snaze dosáhnout vyššího životního komfortu zejména v rozvinutých zemích. Snažíme se nalézt jednodušší, ekologičtější a levnější způsoby rostlinné produkce. Jednou z moderních možností jak dosáhnout tohoto cíle jsou genetické modifikace. Studenti se o nich dozvídají mnoho informací z nejrůznějších zdrojů, ale především jen z internetu a televize. Je vhodné, aby informace, které získávají z médií, porovnávali také se svými poznatky školními, protože jedině tak nepodlehnou tendenčním tlakům a manipulacím.

ABSTRACT

The demand for plant and other production is increasing with the growth of human population when the territory where plants can be grown is continually decreasing. The present agricultural production of food, industrial materials and drugs of plant origin is not enough for people, as for the effort to achieve higher environmental comfort, especially in developed countries. We are trying to find a simpler, cleaner and cheaper ways of crop production. The genetic modification is one of the modern ways how to achieve this goal. Students get a lot of information about this topic from various sources, but mainly just from the internet and television. It is recommended that students should be able to compare information received from the media with school knowledge as for avoiding opinion pressure and manipulations.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bt = *Bacillus thuringiensis*

Cry = crystal

CSP = cold shock protein

ČR = Česká republika

DNA = deoxyribonukleová kyselina

EFSA = European Food Safety Authority (Evropský úřad pro bezpečnost potravin)

EK = Evropská komise

EP a R = Evropský parlament a Rada

EU = Evropská unie

GM = geneticky modifikovaný/á

GMO = geneticky modifikovaný organismus

RNA = ribonukleová kyselina

RVP = Rámcový vzdělávací program

RVP G = Rámcový vzdělávací program pro gymnázia

SŠ = střední škola

ŠVP = Školní vzdělávací program

VH = vyučovací hodina

ÚVOD

Lidské poznání je základem lidské kultury. Poznání současného světa je tak rozsáhlé, že není v silách jedince jej pojmout. Zorientovat se v současné vědě není pro širokou veřejnost snadný úkol. Ani sami vědci často dopodrobna nerozumí problémům odehrávajícím se ve vedlejší laboratoři. Jednou z kompetencí studentů středních škol by měla být kompetence k učení, která zahrnuje kritický přístup ke zdrojům informací, jejich tvořivé zpracování a využití při dalším studiu i praxi (RVP G, 2005). Škola se snaží studenty vybavit takovými schopnostmi, aby byly schopni se v dnešním dynamicky se rozvíjejícím světě uplatnit.

Přírodní vědy se v současné době dynamicky rozvíjejí. „*Dynamika rozvoje biologie jako vědy pak vede k tomu, že vyučovaný předmět biologie (přírodopis) na školách 2. a 3. stupně svým obsahem zaostává za biologií jako vědou (Švecová et al., 2005, s. 7)*“. Trvá i několik let než se dostanou nové poznatky do učebnic a následně do výuky biologie. Následující text se snaží o začlenění moderního tématu Geneticky modifikovaných plodin, rostlinných biofortifikací a molekulárního farmářství do výuky.

Genetické modifikace (GM) at' už rostlin či jiných organismů, představují komplexní problematiku, která zahrnuje jednak vědecké poznatky z oblasti biologie a chemie, jednak otázky týkající se ekonomických, morálních, sociálních a jiných důsledků jejich zavádění do praxe. Studentům může problematika GM ukázat, nejen jak komplikovaná je dnešní věda, ale i jaká mohou lidskými zásahy do přírody vznikat rizika, jak se jim snažíme předcházet či jak je řešíme. Téma je nutí přemýšlet i v globálních souvislostech, příčin a důsledků moderních biomedicínských technologií, jejich vlivu nejen na lidskou populaci, ale také na svět, v němž žijí a za nějž zodpovídají.

Práce obsahuje teoretickou i praktickou část. **Teoretická** východiska odpovídají nejnovějším poznatkům v oblasti GM rostlin. V teorii je dále uvedena analýza tématu GM plodin v kurikulárních dokumentech pro gymnázia platných od roku 2007. Výsledkem analýzy je zhodnocení možnosti začlenění tématu GM plodin do výuky na středních školách.

Cílem **praktické** části je pomocí dotazníkového šetření zjistit informovanost, zájem a postoje k výše uvedenému tématu u studentů středních škol gymnaziálního typu. Dále vytvořit pro ně informativní text o GM plodinách, rostlinných biofortifikacích a molekulárním farmářství, pracovní listy a další výukové materiály využitelné učiteli.

1. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

1.1 GM plodiny z odborného hlediska

1.1.1 Pojmy: GM plodiny, molekulární farmářství a biofortifikace

Geneticky modifikované plodiny (GM plodiny) jsou kulturní rostliny, kterým byl do původního genotypu vložen pomocí molekulárně-genetických technik cizí gen, pocházející z jiného organismu. A to nejen rostlinného, ale i bakteriálního, živočišného nebo dokonce lidského. Alternativně se proto také nazývají „transgenní“. Tento gen následně v rostlinách podmiňuje (kóduje) určitou vlastnost např. rezistenci ke škůdcům, patogenům, abiotickým stresorům (Drobník a Sehnal, 2009). Důsledkem jsou menší ztráty v rostlinné produkci. Její kvalita může být také zásadně ovlivněna, vylepšena či pozměněna vložením genů nutících rostlinu produkovat látky, které by jinak buď vytvářela v mnohem menší míře či nevytvářela vůbec. Takové rostliny nazýváme rostlinami „**biofortifikovanými**“ (blíže viz bakalářská práce Koblihová, 2010).

Zjištění, že GM rostliny jsou schopny díky možnostem rekombinantních technik syntetizovat ve svém organismu i látky jim zcela cizí (kupř. inzulin, vakcíny či proteiny pavoučích vláken) pak vedlo ke vzniku zcela nového vědního a průmyslového odvětví – tzv. **molekulárního farmářství** (viz podrobně bakalářská práce Koblihová, 2010).

1.1.2 Klasické šlechtění versus genetické inženýrství

Pojem šlechtění můžeme definovat jako cílevědomou manipulaci s genetickým materiálem rostliny, který zahrnuje jak domestikaci původně „divokých“, tedy planých druhů zemědělců (která probíhá po mnoho tisíc let) tak sofistikované cílené šlechtící metody využívající nejmodernější technologie (Bliss, 2007).

Konvenční šlechtění vytváří nové druhové variety za pomoci umělého výběru, mutagenese vyvolané radioaktivitou či chemikáliemi (Ronald, 2011) a zejména pak různými technikami pohlavního křížení – hybridizace. To vše samozřejmě vede k poměrně velké nahodilosti výsledků, zejména při křížení rodičů výrazně heterozygotních, při němž vedle

žádoucího „užitečného“ genu přenáší šlechtitel i množství genů jemu zcela neznámých, často i nežádoucích. A požadovanou odrůdu získává až například složitým procesem tzv. zpětných křížení. Je to proces časově náročný, dlouhodobý, využívaný lidstvem po celá staletí.

Genetické inženýrství, jehož metodami jsou vytvářeny geneticky modifikované plodiny, začleňuje jeden či více genů přesně známé sekvence do cílové rostliny (Ronald, 2011). Vytvoření žádoucího GM organismu, vhodného již pro nezbytné polní testy, tak může trvat jen několik málo let.

1.1.3 Průběh genetických modifikací u rostlin

Genetické manipulace jsou možné díky velkému pokroku vědy v oblasti genetiky, molekulární biologie, fyziologie rostlin a jiných odvětví.

Pomocí enzymu restriční endonukleázy je možno vyjmout úsek DNA. Pomocí enzymu DNA-ligázy je možné spojit jakékoliv dva úseky DNA dohromady. Vzniká tak zcela nové vlákno DNA, které by přirozeným způsobem nevzniklo (rekombinantní DNA; Alberts, 1998; podrobný popis viz Koblihová, 2010).

Stabilní exprese různých cizorodých proteinů v rostlinách může být zajištěna vložením cizího, transgenního genu do buněčného jádra, plastidů či dokonce mitochondrií (Lico et al., 2007). Začlenění cizího genu probíhá hlavními dvěma způsoby.

První nazýváme **vektorovou** technikou a využívá schopnost zejména bakterie *Agrobacterium tumefaciens* transformovat (změnit) rostlinný jaderný genom (Tinland, 1996). *Agrobacterium* je schopno vyvolat v rostlině nádory pomocí začlenění svého tzv. Ti-plasmidu do rostlinného genomu. Z nádoru pak následně bakterie přijímá živiny a i se v něm rozmnožuje. Ti-plasmid obsahuje T-DNA (tumor vyvolávající DNA), která je uměle upravena (jsou odstraněny geny podmiňující vznik nádorů, místo nich jsou vloženy geny podmiňující žádanou vlastnost) a využívána k transformaci rostlinných buněk (Pavlová, 2005).

Druhý, **bezvektorový** způsob (nevyžaduje přípravu různých molekulárních vektorů) je založen na ostřelování buněk či buněčných kultur malými částicemi zlata či wolframu, které jsou potaženy DNA.

Po začlenění transgenů následuje fáze selekce těch buněk, u kterých došlo k transformaci a u kterých nikoliv. K tomu jsou využívány tzv. reportérové geny¹ či selekční geny² (Koblihová, 2010).

1.1.4 Důvody a cíle GM modifikací s rostlinami

Škůdci, plevele a jiné stresové faktory zatěžují rostlinu a způsobují ve svém důsledku snížení jejích výnosů či ji dokonce zahubí. Snaha vytvořit rostliny odolné proti různým stresovým faktorům vedla k přípravě tzv. první generace geneticky modifikovaných rostlin.

V 60. letech 20. století zveřejnila bioložka Rachel Carsonová zprávu, ve které uvádí škodlivý dopad nadměrného užívání některých **insekticidů**, zejména pak DDT, na životní prostředí a lidské zdraví. Dokonce i v současné době jsou ročně hlášeny tisíce otrav způsobené insekticidy (Ronald, 2011). Snížení užívání insekticidů bylo jedním z důvodů pro snahu vyvinout takové plodiny, které by byly schopny se proti škůdcům bránit samy. Vznikla tak řada plodin, které obsahovaly geny podmiňující tvorbu toxinů, které po pozření části rostliny škůdcem, škůdce zahubily.

Banány jsou čtvrtou světově nejdůležitější plodinou po rýži, pšenici a kukuřici. Přibližně třetina celosvětové produkce banánů pochází ze subsaharské Afriky, kde představují 25 % z energetických požadavků pro více než 100 milionů lidí. Banány jsou napadány bakterií *Xanthomonas vasicola*, která způsobuje nejvyšší ztráty na produktivitě banánů ve východní Africe (Studholme *et al.*, 2010). V současné době se usilovně hledají metody, jak tuto nemoc pomocí genetických modifikací potlačit.

Plevele jsou nejvíce limitujícím faktorem rostlinné produkce, protože s plodinami soutěží o světelné zdroje a živiny. Jedna z využívaných metod je použití na plevele **herbicidey**, které je zahubí. Mnoho herbicidů používaných posledních 50 let je klasifikováno jako toxické či slabě toxické pro člověka i jiné živočichy.

Pro člověka a živočichy ale není toxický herbicid obsahující účinnou složku glyfosát (derivát aminokyseliny glycinu), komerčně známý pod názvem Roundup. Zasahuje totiž takovou proteosyntetickou dráhu, která se u živočichů nevyskytuje (blokuje enzym v chloroplastu). U glyfosátu nebyly prokázány žádné karcinogenní účinky a v půdě je velmi

¹ které např. podmiňují tvorbu zeleného fluorescenčního proteinu (GFP)

² které způsobí např. rezistenci buňky na antibiotika

rychle degradován, takže nezanechává žádná škodlivá residua. Genetickými modifikacemi byly vytvořeny rostliny rezistentní na působení glyfosátu (herbicid tolerantní, Roundup Ready). K získu rezistence byl použit gen pocházející z *Agrobacteria* (Ronald, 2011).

S rostoucími poznatky z oblasti genetiky a molekulární biologie rostou i naše možnosti k čemu rostliny využít, jak v současné době prakticky ukazuje především molekulární farmářství.

Důvodů vedoucích ke snaze vytvořit vylepšené rostliny je mnoho. V současné době čelíme potravinové krizi v důsledku narůstající lidské populace³, klimatických změn aj. Snaha pomoci uživit co nejvíce lidí s využitím co nejmenších ploch, je jedním z důvodů využití genetických modifikací.

1.1.5 Rezistence na abiotický stres

„Stres je stav rostliny, která reaguje na působení zátěžových (stresových faktorů), aktivací obranných mechanismů“ (Pavlová, 2005, s. 141). Abiotický stres je způsoben stresory, které mají fyzikální či chemickou podstatu. Typickými abiotickými stresory jsou vysoká či nízká ozáření, vysoká či nízká teplota, nadbytek či nedostatek vody, přítomnost toxických látek a vysoká salinita (Pavlová, 2005). Existuje mnoho genetických (Papdi *et al.*, 2009) a epigenetických mechanismů, které regulují u rostlin odpověď na abiotický stres (Chinnusamy a Zhu, 2009).

Limitovaná dostupnost vody je jedním z nejdůležitějších faktorů, který snižuje celosvětové výtěžky produkce plodin a který má dalekosáhlé socioekonomické dopady (Edmeades, 2008). V nedávné době bylo zjištěno, že tzv. cold shock proteiny (CSPs) jako např. CspA z *Escherichia coli* a CspB z *Bacillus subtilis*, upravují stresové adaptace v mnoha rostlinných druzích (Castiglioni *et al.*, 2008). Csp gen byl vložen do kukuřice a způsobil u ní zvýšení tolerance na sucho. Partnerství vzniklé mezi veřejným a soukromým sektorem v oblasti biotechnologií má za cíl zajistit do roku 2017 dostupnost kukuřice tolerantní k suchu v subsaharské Africe, kde jsou tyto rostliny potřebné (Dunwell, 2011).

Další rozsáhlý projekt probíhá v současné době v Austrálii. V lednu 2010 byl předložen návrh pro testování 1161 linií geneticky modifikované pšenice a 1179 linií geneticky modifikovaného ječmene, kdy každá linie obsahuje jeden z 35 genů, který by měl zvyšovat

³ od roku 1998 do roku 2011 vzrostla lidská populace z 6 miliard na 7 miliard (osn.cz, 2012)

toleranci na různé formy abiotického stresu (Dunwell, 2011). Uvedený projekt (a mnohé další) by nebyl možný bez neustálého hledání molekulárních mechanismů stresových odpovědí u rostlin. Např. se ukázalo, že nukleosom obsahující H2A.Z hraje hlavní roli v regulaci exprese teplotně závislých genů v rostlinách (Kumar a Wigge, 2010).

Kyselost půd je hlavní překážkou udržitelné produkce potravin po celém světě (Ryan *et al.*, 2009). V Austrálii byla kyselost půd identifikována jako hlavní problém způsobující degradaci zemědělské půdy. Rostlinám rostoucím na kyselých půdách je znemožněn příjem živin a jsou vystaveny toxickým prvkům, zejména **těžkým kovům**. Je snaha vytvořit rostliny, jejichž kořeny by byly schopny vylučovat hliníkové ionty (především Al^{3+} ; Liu *et al.*, 2009).

1.1.6 Rezistence na biotický stres

„Biotické stresory jsou povahy biologické a patří sem zejména působení patogenů (viry, mikroby, houby), konkurenčních druhů rostlin a poškození rostliny způsobené živočichy“ (Pavlová, 2005, s. 141). „Škodlivými živočichy“ jsou celosvětově v první řadě různé druhy hmyzu, které se živí rostlinami (herbivorní dospělci – či jejich larvy/housenky) nebo vedle vlastního poškozování rostlinných hostitelů slouží jako přenašeči zejména virových chorob (mšice).

Genetické inženýrství nabízí pro ochranu kulturních rostlin proti hmyzím škůdcům různé formy využití přirozených insekticidů – zejména pak specifických bakteriálních toxinů „řady Bt“.

První generace transgenních **Bt rostlin** obsahuje uměle vložený gen pro produkci Bt toxinu tzv. Cry endotoxinu, který pochází z bakterie *Bacillus thuringiensis* (přirozeného patogena různých hmyzích řádů). Tento toxin se specificky váže na střevní receptory některých druhů hmyzu a proto je pro ostatní živočišné druhy neškodný. Spory *Bacillus thuringiensis* obsahující Cry endotoxin jsou běžně využívány ekologickými farmáři jako biopesticid (Drobník a Sehnal, 2009), aplikovaný ve formě postřiků. Limitem jejich účinnosti je však nutnost zastihnout přímo larvální („housenkové“) stádium škůdce. Ani na vajíčka škodlivých motýlů či brouků, ani na dospělé již Bt toxin nepůsobí. Pokud mezi dobou aplikace Bt toxinu a vývojovým stadiem larev škůdce přijde dešť či silný vítr, je drahá ochrana zcela neúčinná. Genoví inženýři dokázali vpravit bakteriální BT gen přímo do genomu řady

kulturních rostlin – od Bt bavlníku po Bt kukuřici. Tyto plodiny rostou na milionech hektarů po celém světě a výrazně snižují ekologickou zátěž.

Výzkum v této oblasti stále pokračuje a již byly objeveny další proteiny (sekvence genů, které podmiňují tvorbu proteinů), které způsobují rezistenci na různé škůdce. GM plodiny další generace tak budou obsahovat širší spektrum transgenů.

Při výzkumech některých druhů hmyzu bývá široce využívána možnost snížení exprese specifických genů pomocí RNA interference (Price a Gatehouse, 2008). Metody založené na přímé injekci dvouvláknové RNA do rostliny nemají praktické uplatnění, ale její přímá exprese na základě vloženého transgenů prokazatelně působí proti různým hmyzím škůdcům a otevírá tak cestu pro nové rezistentní transgenní plodiny (Dunwell, 2011).

Když jsou rostliny napadeny hmyzími škůdci, jedním z jejich obranných mechanismů je vylučování těkavých látek, které přitahují nepřátele škůdců. Jako další možnost navýšení rezistence u některých rostlin bylo navrženo vytvořit tyto těkavé látky pomocí vložených transgenů. Uvedená strategie byla využita u kukuřice, kdy hmyzem poškozené kořeny začaly vylučovat signály, které následně přilákaly přirozené nepřátele škodlivého hmyzu (Degenhardt *et al.*, 2009).

Navýšení přirozené obranyschopnosti plodiny může snížit dopad fytopatogenů na zemědělskou produkci (Gust *et al.*, 2010).

1.1.7 Molekulární farmářství

Molekulární farmářství má ambici využívat celé organismy, orgány, tkáně či jednotlivé buňky jako bioreaktory pro tvorbu široké škály rekombinantních proteinů (Fischer *et al.*, 2000), které jsou využívány např. v humánní medicíně. Existuje množství systémů, které jsou využitelné v molekulárním farmářství. Každý systém nabízí určité výhody i nevýhody (manipulace; čas potřebný na tvorbu proteinu od začlenění genu, který jeho produkci podmiňuje; vhodné uspořádání do vyšších struktur; stabilita aktivních proteinů; bezpečnost a cena produktu). V závislosti na proteinu, který chceme vytvářet, vybíráme vždy nejvhodnější systém (Twyman *et al.*, 2003).

Problematice molekulárního farmářství je podrobně věnována moje bakalářská práce (Koblihová, 2010), zde tedy uvádím pouze doplňující informace.

Vzhledem k výhodným biologickým i technickým vlastnostem se v současné době jako jeden z lukrativních systémů produkce rekombinantních proteinů začíná prosazovat zelená

řasa *Dunaliella*. Její výhody spočívají v malých finančních nákladech na její zisk a pěstování, rychlém růstu, snadné manipulaci, možnosti fungování v bioreaktorech a schopnosti posttranslačních úprav (Barzegari *et al.*, 2012).

V roce 2011 se podařilo molekulárnímu farmářství vyprodukovat lidský kolagen v transgenní kukuřici, anti-HIV monoklonální protilátku vypěstovanou za 45 dní v listech GM tabáku, protilátku napadající protein β -amyloid (způsobující Alzheimerovu nemoc) vypěstovanou v GM rýži a mnohé další (molecularfarming.com, 2012).

1.1.8 Biofortifikace

Deficience vitamínu A je zdravotním problémem ve více než 100 zemích světa, především v Africe a jihovýchodní Asii. Největší problém představuje nedostatek vitamínu A pro malé děti, mladé lidi a těhotné ženy (Bay *et al.*, 2011). Celosvětově vykazuje deficienci vitamínu A 124 milionů dětí, mnohé z nich oslepnou. Téměř 8 milionů dětí v důsledku jeho nedostatku umírá v předškolním věku (Potrykus, 2010). Některé rostliny jsou přirozenými zdroji karotenoidů sloužících jako prekurzory syntézy vitamínu A. Nejdůležitější z karotenoidů je β -karoten (Bai *et al.*, 2011). Karotenoidy se přirozeně vyskytují v tmavě zeleném, žlutém a oranžovém ovoci a zelenině (pomeranče, brokolice, špenát, mrkev, brambory a tykve; Harrison, 2005). Pomocí genetických modifikací byl do rýže vložen gen pocházející z narcisu (vytvářející karotenoidy, pigmenty způsobující žluté zbarvení) a geny z bakterie (Ye *et al.*, 2000), které způsobily navýšení obsahu β -karotenu v rýži. Tato rýže získala název tzv. zlatá rýže (Golden Rice), protože její endosperm byl oproti běžné rýži žlutě zbarven⁴ (Potrykus, 2001). V praxi nebyla použita, protože nebyla přijata vládami rozvojových zemí, i když jim byla nabídnuta zdarma.

Zlatá rýže je příklad **biofortifikované** plodiny. Při biofortifikacích jsou do plodin vkládány geny, které navyšují jejich nutriční hodnotu. Kromě rýže byly karotenoidy navyšovány u kukuřice, pšenice, čiroku, řepky, květáku, mrkve, brambory, rajčete, manioku, manga, banánu, dýně, melounu a kiwi (Bai *et al.*, 2011; podrobně bakalářská práce Koblíhová, 2010).

Oproti konvenčnímu šlechtění mají genetické modifikace i v případě biofortifikačních programů výhodu jednak v rychlosti, dále v potenciálním začlenění více genů podmiňujících

⁴ podrobně viz Potrykus, 2001

několik nutričně výhodných složek v dané plodině a v neomezené možnosti začlenit různé geny do různých plodin (Zhu *et al.*, 2007).

Ve vyspělých zemích se provádí množství výzkumů, jak navyšovat či zlepšovat některé složky plodin, jako jsou lykopeny, vitamíny, isothiokynáty či polyfenoly (Goldman, 2011), které prospívají lidskému zdraví. Tak jako jiné GM plodiny, jsou však i ty biofortifikované přijímány veřejností velmi pomalu, kvůli obavě a strachu před možnými nežádoucími a nepředvídatelnými následky jejich konzumace (Goldman, 2011).

1.1.9 Legislativa platná v ČR

Americký systém posuzuje organismy podle jejich vlastností, nikoli podle způsobu jejich vzniku (Drobník, 2008). Evropská unie oproti tomu posuzuje organismy podle způsobu jejich vzniku a pro geneticky modifikované organismy (GM plodiny) platí velmi zdoluhavé a přísné legislativní postupy. Pro Evropskou unii existují závazné právní předpisy, které určují podmínky pro uvedení GM plodin do oběhu⁵ a dále definují opatření pro sledování a označování GM organismů. Tvůrce GMO (geneticky modifikovaného organismu) musí podávat rozsáhlou žádost, kde zhodnocuje velmi podrobně veškerá rizika – toxicitu, nutriční hodnotu produktu, vliv na životní prostředí i na jiné organismy apod. Žádost je posuzována v národních vědeckých a odborných subjektech (Křístková, 2009). V ČR jsou jimi především (Křístková, 2009, s. 5):

- *„Česká komise pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty⁶;*
- *Vědecký výbor pro geneticky modifikované potraviny a krmiva⁷;*
- *Komise pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy a produkty v resortu Ministerstva zemědělství.“*

Dále je žádost zkoumána GMO panelem Evropského úřadu bezpečnosti potravin (EFSA), jehož stanovisko slouží jako *„podklad pro rozhodnutí Evropské komise (EK), zda produkt navrhnout pro uvedení na trh či nikoliv. O samotném uvedení na trh pak mají možnost rozhodnout členské státy v příslušných výborech EK, případně na Radě EU kvalifikovanou*

⁵ směrnice EP a R 2001/18/ES, nařízení EP a R 1829/2003/ES, nařízení EP a R 1830/2003/ES

⁶ http://www.env.cz/cz/ceska_komise_pro_nakladani_gmo

⁷ <http://www.scgmff.cz/>

většinou. Pokud se tak nestane, o konečném uvedení na trh rozhoduje EK. (Křístková, 2009, s. 5)“

Jakmile se GM plodina uvede na trh, majitel souhlasu (v ČR u Bt kukuřice firma Monsanto) dále monitoruje (sleduje) potenciální vliv a rizika. Každý rok je povinen předložit EK a příslušnému členskému státu tzv. zprávu o monitorování (Křístková, 2009).

V ČR platí v současné době „zákon č. 78/2004 Sb. ze dne 22. 1. 2004, o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a produkty. Podrobnosti udává vyhláška č. 209/2004 Sb.“ (Drobník, 2008, s. 97). Zákon i vyhláška je dostupná na webových stránkách Ministerstva životního prostředí www.mzp.cz.

Jaké konkrétní GM plodiny (a jakým konkrétním subjektům) jsou v ČR povoleny se lze dozvědět z Registru povolených geneticky modifikovaných organismů, který je dostupný rovněž na stránkách Ministerstva životního prostředí. „Registr obsahuje seznam geneticky modifikovaných organismů, s nimiž je možno nakládat na základě udělení povolení MŽP podle zákona č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění zákona č. 346/2005 Sb.“ (mzp.cz, 2008-2012). Zákon č. 78/2004 Sb. rozlišuje tři druhy nakládání s GMO (Zákon č. 78/2004, 2004):

- a) **Uzavřené nakládání s geneticky modifikovanými organismy (uzavřené nakládání)** – což zahrnuje činnosti (pěstování, uchovávání, ničení aj.), které jsou prováděny v uzavřeném prostoru;
- b) **uvádění geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí (uvádění do životního prostředí)** – za což se považuje uvádění GMO do životního prostředí mimo uzavřený prostor;
- c) **uvádění geneticky modifikovaných organismů nebo genetických produktů do oběhu (uvádění do oběhu)** – což znamená „úplatné nebo bezúplatné předání nebo nabídnutí jiné osobě, nejde-li o předání nebo nabídnutí výlučně za účelem uzavřeného nakládání nebo uvádění do životního prostředí osobě oprávněné k tomuto způsobu nakládání“.

V roce 2005 byla poprvé komerčně pěstována Bt kukuřice v ČR, v roce 2008 dosáhla osetá plocha 8 380 ha. Produkce byla (a stále je) využívána jako krmivo pro dobytek, případně je zpracována na bioplyn. Další velmi známou GM plodinu sóju (tolerantní vůči herbicidu Roundup) – Roundup Ready sóju není možno v zemích EU pěstovat, ale může se vyskytovat v dovážených krmivech či v olejích, které jsou z ní vyrobeny (Doubková, 2008).

V ČR je v roce 2012 povolena k uvádění do oběhu (neboli komerčně pěstována) Bt kukuřice a brambora tzv. Amflora, která však nebyla v tomto roce vysazena a možná již vysazena nebude, jak ukazuje zpráva na agrárním webu agris.cz: „*Geneticky modifikované brambory Amflora se na tuzemská pole nevrátí. V roce 2010 je v Česku začal pěstovat německý koncern BASF, o rok později pěstování přerušil kvůli nedostatku sadby. Firma BASF nyní na dotaz ČTK uvedla, že kvůli odmítavému postoji Evropské unie ke geneticky modifikovaným plodinám zcela přesunula své aktivity v této oblasti do Severní a Jižní Ameriky*“ (agris.cz, 2012).

1.2 GM plodiny ve výuce na SŠ

1.2.1 Analýza problematiky v kurikulárních dokumentech (RVP G)

Od 1. září 2009 vyučují všechna gymnázia v České republice podle Rámcových vzdělávacích programů (vuppraha.cz, 2009). Rámcové vzdělávací programy (RVP) představují novinku v našem systému školství. Snaží se podporovat koncepci celoživotního vzdělávání. Požadují, aby bylo učivo provázáno s praktickým životem, aby se obsah učiva přizpůsoboval požadavkům společnosti (RVP G, 2007). RVP nestanovují konkrétní učivo, ale pouze rámec, na základě kterého si každá škola tvoří svůj vlastní Školní vzdělávací program (ŠVP). Vzhledem k tomu, že RVP neuvádí, co přesně by mělo být obsahem vzdělávání, tedy konkrétních předmětů či jaké předměty by vůbec měly (musely) být vyučovány, jednotlivé školy se stávají do značné míry autonomní. Školy se mohou snáze profilovat a uzpůsobovat svou výuku svým možnostem (technické vybavení, okolní prostředí apod.). Na druhou stranu může nejednoznačnost obsahu učiva představovat problém, protože studenti vychází ze škol s rozdílnými znalostmi a dovednostmi. Tento faktor se snaží eliminovat nově zavedená státní maturita.

1.2.1.1 Klíčové kompetence

RVP pracuje s novým pojmem „klíčová kompetence“. *„Klíčové kompetence představují soubor vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě“* (RVP G, 2007, s. 8).

Klíčové kompetence pro gymnaziální a střední odborné vzdělávání jsou (RVP G, 2007, s. 9):

- a) *„Kompetence k učení;*
- b) *kompetence k řešení problémů;*
- c) *kompetence komunikativní;*
- d) *kompetence sociální a personální;*
- e) *kompetence občanská;*
- f) *kompetence k podnikavosti.“*

Kompetence k učení. *„Žák kriticky přistupuje ke zdrojům informací, informace tvořivě zpracovává a využívá při svém studiu a praxi“* (RVP G, 2007, s. 9). **Kompetence k řešení problémů.** *„Žák kriticky interpretuje získané poznatky a zjištění a ověřuje je, pro své tvrzení nachází argumenty a důkazy, formuluje a obhajuje podložené závěry. Student je otevřený k využití různých postupů při řešení problémů, nahlíží problém z různých stran. Student zvažuje možné klady a zápory jednotlivých variant řešení, včetně posouzení jejich rizik a důsledků“* (RVP G, 2007, s. 9). **Kompetence sociální a personální.** *„Žák se rozhoduje na základě vlastního úsudku, odolává společenským i mediálním tlakům“* (RVP G, 2007, s. 10). O GM plodinách se lze dozvědět z mnoha zdrojů. Množství informací najdeme také na internetu. Autoři článků nemusí vždy podat přesné a objektivní informace, proto je potřeba každý článek kriticky zhodnotit. Není výjimkou, že články obsahují emotivně zabarvená sdělení, která nemají relevantní podklad. Studenti by se měli naučit odhalovat nepodložená tvrzení. Měli by být schopni pracovat s více zdroji informací a vždy si získané poznatky ověřit. Pokud si o něčem máme utvořit vlastní názor, potřebujeme o dané problematice něco vědět. Mnoho lidí vidí v GM plodinách hrozbu a bojí se jich jako něčeho nepřírozeného, aniž by dokázali vysvětlit, co GM plodiny jsou, jak vznikají a proč. Názory takových lidí budou pravděpodobně pokládány za méně hodnotné, než názory lidí, kteří jsou schopni tyto

procesy popsat a vysvětlit. Učitel (biolog) by měl být schopen rámcově studentům nastínit proces, jak GM plodiny vznikají, jakými mechanismy se předchází různým nežádoucím dopadům apod., aniž by vnucoval studentovi svůj vlastní názor. Student sám si má vytvořit svůj vlastní názor (pokud bude chtít).

1.2.1.2 Průřezová témata

RVP obsahuje mimo klíčové kompetence a vzdělávací oblasti (viz dále) také tzv. **průřezová témata**. Průřezová témata jsou taková témata, která jsou aktuální. Mají za úkol ovlivnit postoje a hodnoty studentů (RVP G, 2007). Zároveň by měla ovlivnit jejich jednání v různých životních situacích. Průřezová témata jsou definována již pro základní vzdělávání. Obsah jednotlivých průřezových témat je zpracovaný do tematických okruhů, které jsou dále členěny na konkrétní témata. Škola je povinna zařadit všechny tematické okruhy, ale jakým způsobem a do jaké míry tak učiní je v její kompetenci. RVP pro gymnázia obsahuje níže uvedená průřezová témata (RVP G, 2007, s. 65):

- a) *„Osobnostní a sociální výchova;*
- b) *výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech;*
- c) *multikulturní výchova;*
- d) *environmentální výchova;*
- e) *mediální výchova.“*

Téma GM plodin lze zařadit do průřezových témat: **výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech, environmentální výchova a mediální výchova**. Pokud chceme, aby studenti o problematice GM plodin uvažovali, působíme také na jejich postoje a hodnoty v oblasti **osobnostní a sociální výchovy**.

Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech. *„Současné globalizační a rozvojové procesy jsou podporovány šířením dalších moderních technologií (chemické technologie, biotechnologie, technologie v lékařství, průmyslové technologie), bez kterých není možný vědecký a společenský (udržitelný) rozvoj“* (RVP G, 2007, s. 70). Není příliš vhodné dívat se na téma GM plodin jen z jednoho úhlu pohledu. Potřebujeme na něj nahlížet komplexně, globálně. Toto průřezové téma by mělo *„žákovi pomoci vnímat dopady a důsledky globalizačních a rozvojových procesů, rozlišovat mezi nimi příznivé i nepříznivé prvky a jevy a učit se hledat kompromisy“* (RVP G, 2007, s. 70).

Environmentální výchova. *„Základním předpokladem nastoupení cesty k udržitelnému rozvoji je zvýšení ekologického vědomí lidí a jejich odborná připravenost na kvalitativně nové přístupy v celé technicko-ekonomické a sociální oblasti“* (RVP G, 2007, s. 75). Trvale udržitelný rozvoj, vyčerpání přírodních zdrojů, nerovnoměrný růst lidské populace aj. řeší environmentální výchova. Některé z těchto oblastí se týkají i GM plodin. Jedním z cílů GM produkce je navýšit množství potravy i v málo rozvinutých zemích. GM plodiny možná mohou být jedním z řešení, jak zabránit hladu při stále rostoucí lidské populaci na Zemi. Pokud lidé uvěří nepodloženým a nevědeckým fámám, nebudou mít GM plodiny možnost se prosadit. *„Žák by měl nahlížet různé aspekty ekologických problémů, vytvářet si vlastní názor a postoj“* (RVP G, 2007, s. 76). Pokud bychom pouze vyložili látku, jak GM plodiny vznikají a nedali studentům možnost se k tématu svobodně vyjádřit, jen těžko bychom naplňovali poslání tohoto průřezového tématu. Otázky vytvářející tematické okruhy environmentální výchovy *„Čím jsou významné organismy pro člověka, jaké jsou příčiny vzniku a zániku některých rostlinných a živočišných druhů?“* (RVP G, 2007, s. 76) a *„Jaké zdroje energie a suroviny člověk na Zemi využívá a jaké klady a zápory se s jejich využíváním a získáváním pojí?“* (RVP G, 2007, s. 76) mohou být přímo vztaženy ke GM plodinám. Jejich „tvorbou“ vznikají pozměněné, vylepšené, „nové“ organismy. Do jisté míry tvoří GM plodiny jednu z nejkontroverznějších „surovin“, kterou v současné době využíváme (nebo aspoň část světa využívá). Jejich klady a zápory jsou často diskutovány na vědecké i jiné úrovni bez jednoznačného výsledku. Důvodem „nesouhlasů“ jsou vesměs aspekty nevědecké - politické, ekonomické. Celosvětově neexistuje, navzdory již dvacetileté praxi, jediný vědecký důkaz o škodlivosti GM plodin pro lidské zdraví či ekosystém.

Mediální výchova. *„Současný člověk musí být vybaven poznatky a dovednostmi, které mu umožní orientovat se v masově mediální produkci, využívat ji, ale nepodléhat jí“* (RVP G, 2007, s. 77). Žijeme ve společnosti, která se dá nazývat mediální. Většina informací, která na nás působí, pochází z masových medií. Nacházíme se tak neustále pod jejich vlivem. Studenti by se měli naučit *„kriticky prověřovat mediální sdělení ostatními zdroji“* (RVP G, 2007, s. 78) a nalézt *„vztah vztah mezi mediálními produkty a skutečností (mediální „reprezentace“ skutečnosti, vztah zpravodajství a skutečnosti, vztah fikce a skutečnosti, „hra“ se skutečností, relevance a věrohodnost informačních zdrojů a informací)“* (RVP G, 2007, s. 80).

1.2.1.3 Vzdělávací oblasti

Vzdělávací obsah určují v RVP **vzdělávací oblasti** (RVP G, 2007), které obsahují vzdělávací obory, z nichž některé odpovídají tradičně vyučovaným předmětům. Vzdělávací oblasti a vzdělávací obory⁸ jsou následující (RVP G, 2007, s. 11):

- a) *„Jazyk a jazyková komunikace (český jazyk a literatura, cizí jazyk, další cizí jazyk);*
- b) *matematika a její aplikace (matematika a její aplikace);*
- c) *člověk a příroda (fyzika, chemie, biologie, geografie, geologie);*
- d) *člověk a společnost (občanský a společenskovědní základ, dějepis, geografie);*
- e) *člověk a svět práce (člověk a svět práce);*
- f) *umění a kultura (hudební obor, výtvarný obor);*
- g) *člověk a zdraví (výchova ke zdraví, tělesná výchova);*
- h) *informatika a informační a komunikační technologie (Informatika a informační a komunikační technologie).“*

GM plodiny nejspíše začleníme do oblasti **člověk a příroda** ve vzdělávacím oboru **biologie** a do oblasti **člověk a zdraví** ve vzdělávacím oboru **výchova ke zdraví**. Otázky týkající se ekonomických dopadů či morálních dilemat, která GM plodin vyvolávají, mohou spadat do oblasti **člověk a společnost** do vzdělávacího oboru **občanský a společenskovědní základ**.

Člověk a příroda. Vzdělávací oblast Člověk a příroda se snaží, podobně jako celé RVP, o praktické dopady výuky na život studentů. Každé přírodovědné poznávání se pokouší o odhalování přírodních zákonitostí. Pokud je budeme znát a chápat můžeme „*ovládnout různé přírodní objekty a procesy tak, abychom je mohli využívat pro další výzkum i pro rozmanité praktické účely*“ (RVP G, 2007, s. 25). Celá oblast vede studenty k „*předvídání průběhu studovaných přírodních procesů na základě znalosti obecných přírodovědných zákonů a specifických podmínek*“ (RVP G, 2007, s. 27). Pokud budou studenti aspoň zhruba rozumět procesům, které se v oblasti genetických modifikací provádějí, budou schopni snáze přijmout GM plodiny jako jednu z alternativ moderní doby. Vzdělávací obor **Biologie** bude nejspíše ze všech předmětů vyučovaných na škole nejvhodnější pro výuku genetických modifikací, molekulárního farmářství a rostlinných biofortifikací.

⁸ uvedeny v závorce

Člověk a zdraví. Vzdělávací oblast Člověk a zdraví je jednou z novinek, které RVP přinesly. Vzdělávacími obory této oblasti jsou **Výchova ke zdraví** a **Tělesná výchova**. Tělesná výchova je jedním z běžně vyučovaných předmětů na SŠ, oproti tomu oblast Výchova ke zdraví bývá začleněna v rámci některých témat do výuky biologie, chemie či jiných předmětů. Výchova ke zdraví zahrnuje taková témata jako první pomoc, zdravá výživa, vliv životních podmínek a životního stylu na zdraví člověka, psychohygienu ale i vztahy v rodině, pomoc nemocným a hendikepovaným lidem, civilizační choroby, sexuálně motivovaná kriminalita atd. (RVP G, 2007). Někteří odborníci na zdravou výživu nás mohou varovat i před potenciálně nebezpečnými GM plodinami. Pokud budou studenti chápat, co vlastně GM plodiny jsou a kde se s nimi ve formě potravy mohou setkat, může jim to pomoci svobodně se rozhodnout, zda je konzumovat chtějí či nikoliv.

Člověk a společnost. Občanský a společenskovědní základ. Jeden z cílů této oblasti je, že by měl student „*zhodnotit význam vědeckého poznání, techniky a nových technologií pro praktický život i možná rizika jejich zneužití*“ (RVP G, 2007, s. 42). GM plodiny můžeme považovat za novou technologii. Z tohoto hlediska by mohly být součástí i této vzdělávací oblasti.

1.2.2 Možnosti zařazení tématu GM plodin do výuky biologie na SŠ

Vzdělávací obor Biologie spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Biologie bývá běžně vyučovaným předmětem na středních školách gymnaziálního typu. Právě v tomto vyučovacím předmětu bude potenciálně největší možnost témat týkající se GM plodin vyučovat.

Rozsah výuky biologie záleží na každé konkrétní škole. RVP G stanovuje minimální časovou dotaci vzdělávacích oblastí za 4 roky (Obr. 1). Vzdělávací oblast Člověk a příroda (obsahující vzdělávací obor biologie) se dělí s oblastí Člověk a společnost o 36 hodin týdně. Vzdělávací obsah oborů ze vzdělávací oblasti Člověk a příroda musí být povinně zavedena v 1. a 2. ročníku. V následujících dvou ročnících závisí zařazení vzdělávacího obsahu na ŠVP. Variabilita v časové dotaci pro jednotlivé předměty je tedy poměrně značná. Školy se díky tomu mohou více profilovat než dříve.

Vzdělávací oblasti Vzdělávací obory	1. ročník	2. ročník	3. ročník	4. ročník	Minimální časová dotace za 4 roky
Jazyk a jazyková komunikace					
Český jazyk a literatura	P	P	P	P	12
Cizí jazyk	P	P	P	P	12
Další cizí jazyk	P	P	P	P	12
Matematika a její aplikace	P	P	P	V	10
Člověk a příroda	P	P	V	V	36
Fyzika					
Chemie					
Biologie					
Geografie					
Geologie					
Člověk a společnost	P	P	V	V	
Občanský a společenskovední základ					
Dějepis					
Geografie ⁴					
Člověk a svět práce	←—————→				X
Umění a kultura	P	P	V	V	4
Hudební obor					
Výtvarný obor					
Člověk a zdraví	P	P	P	P	8
Tělesná výchova					
Výchova ke zdraví	←—————→				X
Informatika a informační a komunikační technologie	V	V	V	V	4
Volitelné vzdělávací aktivity	V	V	P	P	8
Průřezová témata	←—————→				X
Disponibilní časová dotace					26
Celková povinná časová dotace					132

Časová dotace v jednotlivých ročnících musí být minimálně 27 hodin, maximálně 35 hodin.

Obr. 1: Časové dotace předmětů v jednotlivých ročnících

P - vzdělávací obsah oborů dané vzdělávací oblasti musí být zařazen v příslušném ročníku (ročnících)

V - zařazení vzdělávacího obsahu oborů dané vzdělávací oblasti do ročníku/ů stanovuje ŠVP

↔ - vzdělávací obsah vzdělávací oblasti (oboru) vymezený v RVP G musí být v průběhu vyznačeného období do ŠVP zařazen; ŠVP stanovuje, v jakém ročníku (ročnících) a jakým způsobem se vzdělávací obsah realizuje

X - časovou dotaci stanovuje ŠVP

(podle RVP G, 2006, s. 83)

Z uvedeného vyplývá, že se nedá jednoznačně určit, kolik vyučovacích hodin týdně je na školách v jednotlivých ročnících věnováno biologii. Konkrétní počty pro každou školu se dozvíme z jejího ŠVP. Např. víceleté gymnázium Gymnázium, Praha 5, Nad Kavalírkou 1 vyučuje v přírodovědné větvi v kvintě, sextě a septimě 2 hodiny biologie týdně a jednou za šest týdnů mají studenti dvouhodinová praktika, v oktávě je biologie vyučována 2 hodiny

týdně bez praktik (kavalirka.cz, 2009). Gymnázium Botičská⁹ vyučuje v 1. ročníku biologii 3 hodiny týdně, ve 2. a 3. ročníku 2,5 hodiny týdně, ve 4. ročníku si studenti vybírají volitelný blok (např. přírodovědný, humanitní atd.) a povinně mají 1 hodinu biologie týdně (gymbot.cz, 2011). Gymnázium Jana Vrchlického v Klatovech vyučuje v 1., 2. a 3. ročníku biologii/geologii 2,5 hodiny týdně a ve 4. ročníku 2 hodiny týdně (klatovynet.cz, 2011). Přibližně tak rozsah výuky biologie činí 2 hodiny týdně. Hodinové dotace, které v jednotlivých ročnících připadají na daný předmět, jsou důležité při formování výukového plánu.

Kromě hodinové dotace se musíme zaměřit na obsah výuky biologie v jednotlivých ročnících. I zde narážíme na nejednotnost mezi školami. Vzhledem k vlastní formulaci ŠVP na každé škole, mohou být probíraná témata řazena velmi libovolně. Nelze tedy přesně říci, v jakém ročníku by bylo nejvhodnější téma GM plodin vyučovat. Můžeme si však vypomoci konkrétními tématy, se kterými by bylo vhodné téma GM plodin spojit. V RVP můžeme ve vzdělávacím oboru Biologie najít tyto vzdělávací obsahy, se kterými bychom mohli téma GM plodin propojit: **Biologie bakterií, Biologie rostlin a Genetika** (RVP G, 2007). Blíže uvedené rozebírá kapitola **3.4.1 Začlenění do konkrétního učiva**.

Pro předkládání tématu GM plodiny studentům může být využito množství různých výukových metod. Je vhodné využívat takové metody, které studenty aktivizují. Je známo, že *„výborně si vybavujeme to, na co jsme sami přišli, co dovedeme vyjádřit vlastními slovy, případně i prakticky aplikovat“* (Říčan, 2005, s. 80). Uvedené skutečnosti se snaží moderní pedagogika využívat, a proto by neměla být studentům předkládána hotová fakta, která si pouze namemorují. Studenti by měli informace aktivně vyhledávat, zpracovávat a dále s nimi pracovat. Jedna z poměrně efektivních metod je metoda hraní rolí, kdy studenti předstírají, že jsou jinou osobou, řeší určitý problém či zastávají určitý názor. Tato metoda umožňuje hlubší porozumění učivu (problému) a rozvíjí i sociální dovednosti (Pasch, 2005). Tato i jiné aktivní metody jsou využity v kapitole **3.5 Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodin**.

⁹ Gymnázium Botičská je přírodovědné gymnázium.

1.3 Analýza úrovně znalostí, vědomostí a postojů ke GM plodinách u studentů středních škol

Zisk informací může být prováděn různými způsoby. Pedagogika pro své účely vytvořila tzv. pedagogickou diagnostiku. „*Pedagogická diagnostika je speciální pedagogická disciplína, která se zabývá objektivním zjišťováním, posuzováním a hodnocením vnitřních a vnějších podmínek i průběhu a výsledků výchovně vzdělávacího procesu*“ (Chráška, 1988, s. 5). Abychom mohli diagnostikovat, musíme dodržovat určitý postup. Etapy diagnostického postupu můžeme stanovit následovně (Dittrich, 1993, s. 11-12):

- a) *„Přesná formulace vstupní (subjektivní) hypotézy;*
- b) *zisk údajů pomocí adekvátních metod;*
- c) *zpracování údajů a jejich analýza;*
- d) *interpretace dat a hodnocení.“*

Výběr nejvhodnější metody zisku údajů představuje jednu z hlavních podmínek úspěšně provedené diagnostiky. Klasické metody, které má učitel k dispozici, jsou (Dittrich, 1993, s. 13-14):

- a) *„Pozorování;*
- b) *rozhovor;*
- c) *dotazníky;*
- d) *didaktické testy;*
- e) *ústní a písemné zkoušení;*
- f) *sociometrické metody;*
- g) *analýza pedagogické dokumentace;*
- h) *životopis.“*

Z výše uvedeného výčtu jsem pro své účely zvolila jako nejvhodnější prostředek diagnostického šetření znalostí a postojů studentů v oblasti GM plodin dotazník. Dotazník je řazen mezi tzv. explorativní metody, při kterých jsou informace získávány z vyjádření samotné sledované osoby neboli respondenta. Jedna z výhod dotazníku spočívá v možnosti jeho rozšíření k relativně vysokému počtu studentů v krátkém čase (Pelikán, 1998). Jedná se o poměrně objektivní metodu, kdy částečně eliminujeme subjektivní pohled zadávajícího. Následné zpracování vychází ze statistických metod. Studenti odpovídají písemně, čili většinou stručně a výstižně, což zpracování napomáhá. Nevýhody dotazníku mohou spočívat

v nejednoznačně položené otázce, v nepochopení otázky respondentem či v nepokrytí celé škály variant odpovědí nabízenými možnostmi. Výše uvedené negativa je třeba předem pečlivě uvážit a snažit se je eliminovat.

Otázky dotazníku můžeme řadit do tří kategorií: uzavřené, polouzavřené a otevřené (Pelikán, 1998). Uzavřené otázky nabízejí škálu variant, z nichž respondent vybírá. Při tvorbě nabízených variant bychom měli dávat pozor, abychom nepodsouvali správné odpovědi např. na první pohled nesmyslnou odpovědí. Výhoda uzavřených otázek je jejich snadná kvantifikace a následné zpracování. Nevýhoda již byla zmíněna výše, tedy nepokrytí celé škály odpovědí nabízenými variantami (měla by být nabídnuta alternativa „nevím“ či „něco jiného“) a náročnost při přípravě odpovědí (Boučková, 2003). Polouzavřené (polootevřené) otázky nabízejí baterii variant odpovědí, ale umožňují vyjádřit respondentovi důvod své volby či požadují, aby respondent svou volbu doplnil o další informace (Pelikán, 1998). Posledním typem otázek jsou otevřené otázky. Nenabízejí žádné varianty odpovědí a záleží tak pouze na respondentovi, jakým způsobem na danou otázku odpoví. Otevřené otázky mají velkou nevýhodu v následném zpracování, jelikož nelze odpovědi jednoznačně kvantifikovat. Řešením obvykle bývá (jako v případě mého zpracování) vytvoření kategorií, do kterých jednotlivé odpovědi začleníme. Vytváření kategorií a začleňování uvedených odpovědí se však opět stává do jisté míry subjektivní záležitostí zpracovatele. Odpověď na otevřenou otázku obvykle vyžaduje delší čas. Z toho důvodu někteří studenti takové otázky nevyplňují. Na druhou stranu mohou otevřené otázky přinést mnoho informací, které bychom nezískali, kdybychom studentům nabídli možnosti odpovědí (např. otázky typu: *Co si představíte pod pojmem...?*).

1.4 Teorie tvorby výukových materiálů

S rozvojem techniky dochází k velké variabilitě výukových materiálů na školách. V dřívějších dobách si učitel vystačil s tabulí, křídou, učebnicí případně s nástěnnými obrazy. Dnešní výukové materiály jsou mnohem rozmanitější, což do značné míry souvisí s rozvojem moderní techniky.

Mezi základní výukové materiály řadíme (Lepil, 2010, s. 8):

- a) „Učebnice;
- b) doplňující a pracovní literatura pro žáky;
- c) odborná a metodická literatura pro učitele;
- d) učební pomůcky v materializované podobě;
- e) materiály pro elektronickou prezentaci;
- f) informační zdroje na webu;
- g) materiály pro e-learning.“

Při snaze o zavádění nového tématu do výuky je jedním ze způsobů vytvoření doplňující a pracovní literatury pro žáky (studenty) a tvorba odborné¹⁰ a metodické literatury pro učitele¹¹.

Při tvorbě výukových materiálů je třeba dodržovat autorský zákon neboli „zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů“¹² Oddíl 3 - Bezúplatné zákonné licence - § 31 Citace - Do práva autorského nezasahuje ten, kdo ... c) užije zveřejněné dílo v přednášce výlučně k účelům vědeckým nebo vyučovacím či k jiným vzdělávacím účelům; vždy je však nutno uvést jméno autora, nejde-li o dílo anonymní, nebo jméno osoby, pod jejímž jménem se dílo uvádí na veřejnost, a dále název díla a pramen ...“ (Zákon č. 121/2000 Sb., 2000). Z uvedeného výňatku zákona vyplývá, že učitelé mohou použít různé zdroje informací, ale musí je vždy řádně citovat.

Při tvorbě výukových materiálů by měl autor myslet na jejich snadnou aplikovatelnost do praxe. Pokud bude vytvořen pracovní list pro studenty, je nutné k němu vytvořit autorské řešení pro učitele. Otázky a úlohy by měly být zadávány jednoznačně, aby bylo jasné, co se od studentů požaduje. Pracovní listy by neměly být přehlceny informacemi (Petty, 2008).

¹⁰ Odborný text pro učitele byl vytvořen v méj bakalářské práci: KOBLIHOVÁ, K. *GM plodiny, molekulární farmářství, biofortifikace – inovace gymnaziálního učiva biologie*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. Zdeněk Opatrný, CSc.

¹¹ Literatura pro studenty a metodické pokyny pro učitele budou součástí této práce. Literatura pro studenty bude uvedena ve formě studijního textu a pracovních listů. Metodické pokyny pro učitele jsou zpracovány ve formě návrhů na aktivity, činnosti a učební úlohy s tématem GM plodiny.

¹² jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 81/2005 Sb., zákonem č. 61/2006 Sb. a zákonem č. 216/2006 Sb. ve znění pozdějších změn provedených zákonem č. 186/2006 Sb., zákonem č. 168/2008 Sb., zákona č. 41/2009 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 153/2010 Sb., zákona č. 424/2010 Sb. a zákona č. 420/2011 Sb. (Zákon č. 121/2000 Sb., 2000)

Důležitá je formální úprava textu a jeho uspořádání (nadpisy, číslování otázek, zvýraznění otázek, odsazení apod.). Pracovní listy a jiné textové zdroje informací by měly být (stejně jako jakékoliv jiné metody práce) používány v rozumné míře. Není vhodné rozdávat za hodinu více než 1 až 2 oboustranně okopírované stránky formátu A4 (Petty, 2008). Vzhledem k tomu, že textové materiály bývají často kopírovány pro každého studenta, je vhodné vytvářet černobílé materiály, spíše jen s nezbytným množstvím obrázků (schémata místo fotografií). Materiály by měly být přehledné, ale zároveň by neměly obsahovat příliš zbytečného prázdného místa, z důvodu snahy šetřit zdroje papíru. Alternativou může být zasílání textových materiálů např. ve formátu pdf studentům na e-mail. V dnešní době mají studenti přístup k internetu a mohou si tak texty přečíst přímo na počítači či na elektronických čtečkách. Při využití uvedeného postupu ušetříme zdroje papíru i barvy v kopírkách pro jiné účely (testy apod.).

2. METODIKA

2.1 Dotazníkové šetření

Pokud chceme zavádět nové přístupy a novinky do školní praxe, měli bychom se zajímat o to, zda budou studentům přínosem. Jedním z cílů mé práce je snaha o zavedení nového tématu (především) do předmětu biologie. Pro tvorbu informačních textů a výukových materiálů bylo potřeba zjistit, kolik toho studenti již o tématu vědí a zda se o něm něco dozvědět chtějí. Nejsnadnější způsob, jak tyto poznatky získat od co největšího počtu studentů, je požádat o vyplnění dotazníku. Dotazník byl koncipován tak, aby bylo možné na základě jeho vyhodnocení zjistit nejen úroveň znalostí studentů, ale i jejich postoje a zájem. Otázky se týkaly především GM plodin jako takových.

2.1.1 Forma dotazníku

Na začátku dotazníku byla studentům poskytnuta krátká informace o cílech dotazníkového šetření a o jeho původu. Studenti byli upozorněni, že je dotazník anonymní a nebudou za své odpovědi ve škole hodnoceni. Studenti byli následně požádáni o uvedení typu školy a její adresy, o datum vyplnění dotazníku, o uvedení svého pohlaví, věku a třídy. Sami za sebe následně ohodnotili od 1 do 5 svůj zájem o biologii (1 = jeden z mých nejoblíbenějších předmětů, 5 = nemám biologii rád).

Dotazník jsem koncipovala tak, abych nejprve zjistila, zda studenti o dané problematice něco vědí sami od sebe (otevřené otázky). Postupně jsem se otázkami dostávala do užšího okruhu jejich znalostí. Otevřené otázky byly omezeny na minimum z důvodu obtížnějšího zpracování a porovnávání odpovědí. Mojí snahou bylo vytvořit jednoznačné a co možná nejkratší otázky a nabízené odpovědi. Před zadáním první série dotazníků do škol jsem přesně znění otázek a odpovědí několikrát konzultovala, abych se vyhnula nejednoznačným.

Dotazník byl sestavován tak, aby jej bylo možné vyplnit v relativně krátkém časovém úseku a i tento faktor znamenal snahu o minimalizaci otevřených otázek.

Dotazník obsahoval 17 otázek různého typu. Dvě otázky byly otevřené a studenti na ně odpovídali vlastními slovy. Ostatní otázky nabízely varianty a.) – e.). Počty variant se u jednotlivých otázek lišily a.) – c.); a.) – d.); a.) – e.). Studenti měli vybrat vždy jen jednu

odpověď, na což byli před vyplňováním první otázky dotazníkem upozorněni. Po vybrání odpovědi bylo u některých otázek požadováno další doplnění (otázky polouzavřené), které výběr zdůvodňovalo či doplňovalo např. otázka č. 8: *Pěstují se GM plodiny také v České republice? a) Ano, uveďte příklady.....*

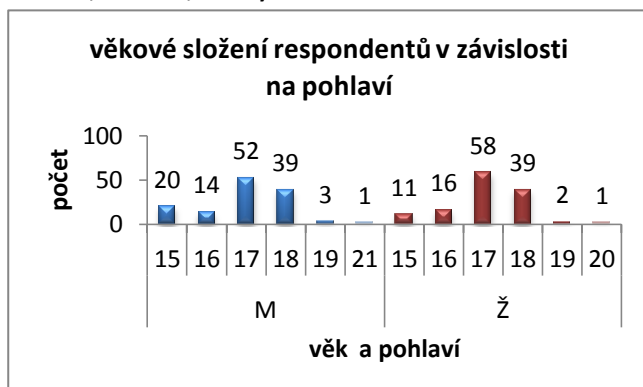
Dotazník obsahoval otázky týkající se studentových znalostí o genetických modifikacích (otázka č. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 13, 14), otázky zaměřené na jeho postoje a názory (otázka č. 1, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17) a jeho zájem (otázka č. 9, 12).

Dotazník ve formě, v jaké byl předkládán na školách, naleznete v **PŘÍLOZE: I Dotazník**.

2.1.2 Charakteristika prověřované skupiny



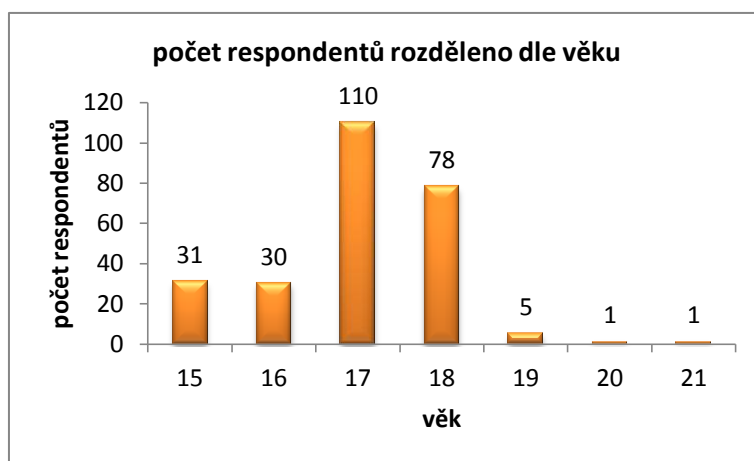
Graf č. 1: celkové zastoupení žen a mužů v dotazníkovém šetření; M=muži, Ž=ženy



Graf č. 2: věkové složení respondentů rozděleno dle pohlaví; M=muži, Ž=ženy

Dotazník nebyl cíleně zadáván jednomu či druhému pohlaví. Obvykle byl vyplněn celou třídou. Z celkového počtu 256 dotazníků, bylo 127 dotazníků vyplněno ženami a 129 dotazníků muži. Jedná se o poměr 50:50. Můžeme říci, že rozložení v počtu odpovědí od žen a mužů je vyvážené. Pohlaví respondenta nebylo v analýze otázek bráno v potaz. Vzhledem k tomu, že poměr pohlaví je 1:1, aniž by to bylo předem plánováno, můžeme usuzovat, že zastoupení mužů a žen je na gymnáziích, kde byl dotazník zadáván, vyvážené.

Téma GM plodin se dá začlenit do několika vzdělávacích obsahů v rámci hodin biologie, jak již bylo uvedeno výše. Nemůžeme proto jasně říci, zda budeme GM plodiny vyučovat v rámci 1., 2. či 3. ročníku¹³ čtyřletého gymnázia (odpovídá kvintě, sextě a septimě osmiletého gymnázia). Z tohoto důvodu byly dotazníky předkládány především studentům prvních tří ročníků vyššího gymnázia, ve kterých bývá biologie povinná. Přednostně však byli vybíráni studenti starší, tedy druhý a třetí ročník. Celkově byl dotazník zadán ve dvou prvních ročnících, třech druhých ročnících, pěti třetích ročnících a v jednom čtvrtém ročníku. U těchto studentů jsem předpokládala, že by mohli mít probrané některé kapitoly z biologie bakterií, rostlin a třetí ročníky i z genetiky. Nejvíce respondentů bylo ve věku 17 a 18 let (graf č. 3), což odpovídá průměrnému věku studentů druhých a třetích ročníků (viz graf č. 7).



Graf č. 3: celkový počet respondentů dané věkové kategorie

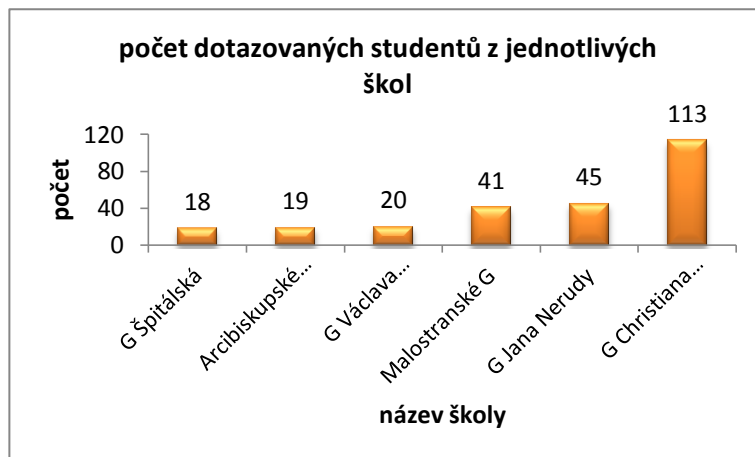
¹³ 4. ročník (oktáva) je záměrně z výčtu vynechán, obvykle již není biologie součástí povinných předmětů a pouze někteří studenti si volí seminář z biologie

2.1.3 Realizace dotazníkového šetření a zpracování výsledků

Cílem mé práce bylo vytvořit materiály, které by byly použitelné především pro výuku na SŠ gymnaziálního typu. Proto jsem dotazníky cíleně zadávala (či nechávala zadávat) na gymnáziích. Jelikož pro mě byla dostupnější pražská gymnázia, pochází veškeré dotazníky právě z víceletých gymnázií v Praze. Dotazník byl zadán na následujících gymnáziích:

1. Gymnázium Špitálská,
2. Arcibiskupské gymnázium,
3. Gymnázium Václava Hraběte,
4. Malostranské gymnázium,
5. Gymnázium Jana Nerudy,
6. Gymnázium Ch. Dopplera.

Graf č. 4 ukazuje počet respondentů z jednotlivých škol.



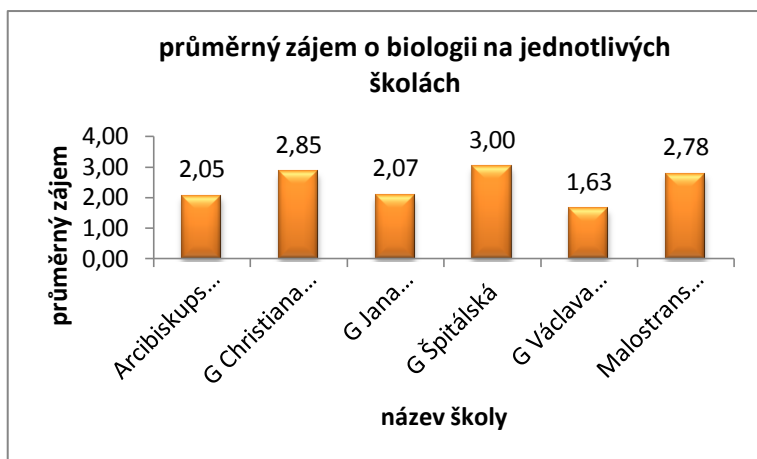
Graf č. 4: počet respondentů na jednotlivých školách; G = gymnázium

Dotazník byl na školy zadáván během října a listopadu roku 2011. Vyplnění dotazníku bylo dobrovolné a nebylo omezeno časem. Většina studentů stihla vyplnit dotazník do deseti minut. Vyplňování odpovědí bylo prováděno během vyučovacích hodin různých předmětů, nejčastěji během hodin biologie. Obvykle většina studentů dotazník vyplnila.

Vyhodnoceno bylo celkem 256 dotazníků. 4 dotazníky byly z vyhodnocení vyjmuty, protože neobsahovaly identifikátory o respondentech, nebo byla vybrána více než jedna odpověď u většího množství otázek. K vyhodnocování byl použit program Microsoft Excel. Většina informací je podávána ve formě grafů, které jsou komentovány. U grafů odpovídá barva na grafu příslušné variantě a až e. Označení 0 (barva šedá) označuje ty odpovědi, na které nebylo odpovězeno. Otázky byly vyhodnocovány ze tří hledisek. Prvním hlediskem byla celková četnost vybraného typu odpovědi, druhým závislost vybrané odpovědi na zájmu studentů o biologii (čím nižší hodnota zájmu, tím je zájem o biologii vyšší; studenti ohodnotili svůj zájem o biologii od 1 do 5 systémem jako je na škole obvyklý, tedy 1 = jeden z mých nejoblíbenějších předmětů, 5 = nemám biologii rád/a) a třetím závislost vybrané odpovědi na ročníku studenta.

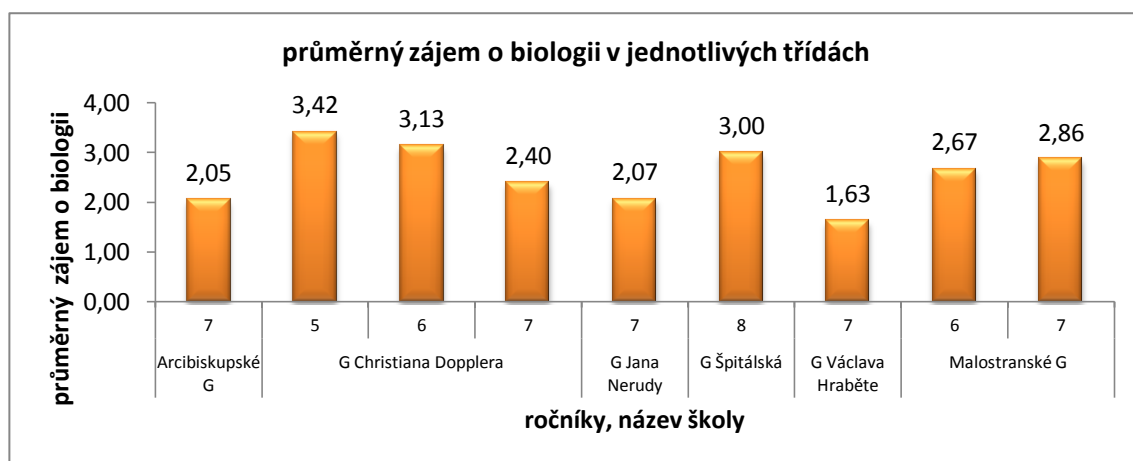
Vzhledem ke vztahování odpovědí k zájmu studentů o biologii uvádím graf průměrného zájmu o biologii (graf č. 5) na jednotlivých školách a dále v jednotlivých ročnících (graf č. 6).

Biologie nepatří mezi nejoblíbenější ale ani mezi nejméně oblíbené předměty, což dokazuje i graf č. 5. Největší zájem o biologii mají studenti Gymnázia Václava Hraběte,



nejnižší zájem vykazují studenti Gymnázia Špitálská a Christiana Dopplera. Gymnázium Christiana Dopplera je zaměřeno na výuku matematiky, fyziky, informatiky a jazyků (Gchd.cz, 2011), čímž by se dala malá popularita biologie na této škole částečně vysvětlit.

Graf č. 5: průměrný zájem o biologii na jednotlivých školách, čím je hodnota vyšší tím je zájem menší (studenti hodnotili svůj zájem od 1 do 5, 1= jeden z mých nejoblíbenějších předmětů, 5 = nemám biologii rád/a)

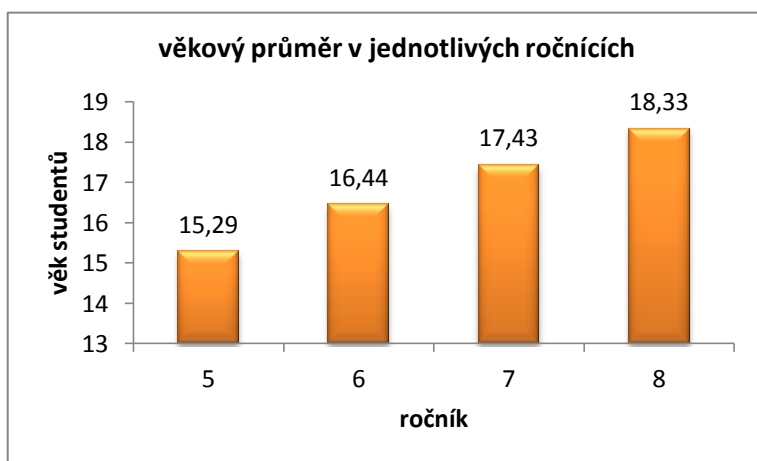


Graf č. 6: průměrný zájem o biologii v jednotlivých ročnících na školách, čím je hodnota vyšší tím je zájem menší (studenti hodnotili svůj zájem od 1 do 5, 1= jeden z mých nejoblíbenějších předmětů, 5 = nemám biologii rád/a)

Zájem o biologii se v jednotlivých ročnících i třídách poměrně liší. Nejnižší zájem o biologii vykazuje kvinta (první ročník čtyřletého gymnázia) na Gymnáziu Christiana Dopplera. Jedná se o soubor dvou tříd, z nich jedna je zaměřená matematicky a druhá jazykově. Septimy ze stejného gymnázia jsou také zaměřeny matematicky a jazykově a vykazují o

stupeň vyšší zájem o biologii. Jako zásadní považuji pro tento rozdíl vliv profesora, jelikož technické vybavení je pro všechny třídy stejné.

Kromě vztahování vybrané odpovědi k zájmu o biologii jsou odpovědi analyzovány i z pohledu ročníku studenta. U jednotlivých odpovědí je uveden průměrný ročník, který je vypočítáván z hodnot 5, 6, 7 a 8 tedy číselné označení kvinty, sexty, septimy a oktávy víceletého gymnázia. Pro doplnění představy, jak staří studenti dotazník vyplňovali, přikládám graf č. 7, který ukazuje věkový průměr respondentů v jednotlivých ročnících.



Graf č. 7: věkový průměr studentů v kvintě, sextě, septimě a oktávě

Věkové rozložení jednotlivých ročníků je dáno systémem našeho školství. Výchyly z běžného průměru představují studenti s odkladem, s přerušením studia ze zdravotních či jiných důvodů, studenti opakující ročník atd.

2.2 Příprava výukových materiálů

2.2.1 Informační text pro studenty

Při tvorbě informačního textu pro studenty bylo postupováno tak, aby se po jeho přečtení dostalo studentům základních informací a poznatků o tématu GM plodiny, molekulárního farmářství a rostlinných biofortifikací. Text se opírá o základní pojmy z oblasti genetiky (gen, genotyp atd.). Cílem textu je mimo jiné i motivovat studenty k zájmu o toto téma. Vzhledem k možnostem zasílání studentům materiály ve formě pdf (či jiných textových formátech), byly vytvořeny dvě verze informačního textu. Jedna z verzí obsahuje text o velikosti písma 10 tak, aby zaujímal co nejmenší prostor a bylo možné jej ve školních podmínkách vytisknout. Druhá verze je verze pro zaslání pdf formátu. Text obsažený v druhé

verzi je shodný s textem verze pro tisk¹⁴, ale je doplněn o obrázky, které mají za cíl zvýšit pochopitelnost a atraktivitu tématu. Text se snaží téma studentům přiblížit pomocí jim známých konkrétních příkladů aplikace. Často jsou v textu uváděny otázky, která mají studenty motivovat k zamyšlení.

Informační text v obou verzích naleznete v **PŘÍLOZE: III Informační text**.

Zdroje obrázků pro zasílání verze pdf: viz část **ZDROJE: Zdroje obrázků**

2.2.2 Pracovní listy

Využití pracovních listů je jednou z metod výuky. Pracovní listy jsou obvykle zadávány s cílem zopakovat si osvojenou látku či jako metoda předkládání látky nové. V této diplomové práci byly vytvořeny dvě verze pracovních listů. Jednak z důvodu možnosti zadat v jedné třídě obě verze (např. dle oddělení či po skupinách), jednak z důvodu vyšší variability cvičení. Učitel se sám rozhodne, jaká verze se mu zdá užitečnější. Je možné z jednotlivých verzí vzít jednotlivé úkoly a přetvořit je do jiné podoby či vlastního pracovního listu.

Pracovní listy obsahují variabilní úlohy typu výběr odpovědi z nabízených variant, práce s textem, práce s grafem a obrázky, přiřazování pojmů k textu apod. Při tvorbě úloh byl zohledněn styl nové verze maturity.

Pracovní listy verze A a B společně s autorským řešením naleznete v **PŘÍLOZE: IV Pracovní listy**.

2.2.3 Slovníček pojmů z oblasti GM plodin

Ovládnutí a porozumění pojmům z určité vědní oblasti je nutným předpokladem ke vzájemnému porozumění všech, kteří spolu v dané oblasti komunikují. Oblast genetických modifikací (obecně genetického inženýrství) je poměrně specifickým odvětvím a široké veřejnosti nemusejí být známy významy všech slov a pojmů, které vědci používají. Pokud chceme porozumět principům a problémům, které se ke GM plodinám pojí, bude pro nás osvojení určitých pojmů klíčové. Z tohoto důvodu byl vytvořen slovníček pojmů, který má za cíl seznámit studenty se základními pojmy, s kterými se mohou setkat ať už v odborných člancích a diskusích mezi odborníky či v médiích.

¹⁴ pouze v odstavci *Čím se liší „běžné šlechtění“ od tvorby GM rostlin?* neodkazuje verze pouze s textem na obrázek znázorňující tvorbu GM plodin (*Agrobacterium* a gen gun metoda)

Konkrétní pojmy byly vybrány na základě článků, které se vyskytly v médiích. Následně byly doplněny o základní pojmy z odborných článků a publikací. Slovníček nemůže pokrýt celou škálu výrazů, které jsou s tématem GM plodin spojeny. Snaží se postihnout pouze základní termíny, které jsou nezbytné pro pochopení dané problematiky. Pro snazší orientaci jsou pojmy řazeny v abecedním pořadí.

Slovníček naleznete v **PŘÍLOZE: II Slovníček pojmů**.

2.3 Ověření výukových materiálů

2.3.1 Charakteristika prověřovaných skupin

Využitelnost materiálů v praxi jsem ověřovala během března 2012 na Gymnáziu Christiana Dopplera. K ověření jsem vybrala dvě septimy: 7. M a 7. J.

Matematická třída 7. M je tvořena především studenty mužského pohlaví. Z 22 studentů jsou ve třídě pouze 3 studentky. Z celé třídy uvažují o maturitě z biologie 3 studenti. Zájem o biologii je v této třídě celkově poměrně nízký. Při první hodině ověřování bylo přítomno 20 studentů z toho 3 ženy a 17 mužů. Při druhé hodině ověřování bylo přítomno 14 studentů z toho 1 žena a 13 mužů.

Jazyková třída 7. J je tvořena 21 studenty - 7 mužů a 14 žen. O maturitě z biologie uvažují z celé třídy 2 studenti. I v této třídě je poměrně nízký zájem o biologii obecně. Při první hodině ověřování bylo přítomno 17 studentů z toho 13 žen a 4 muži. Při druhé hodině ověřování bylo přítomno 15 studentů z toho 12 žen a 3 muži.

2.3.2 Průběh ověřování

Byly ověřovány následující výukové materiály: informační text pro studenty, pracovní list verze A, pracovní list verze B. Se slovníčkem pojmů nebylo ani v jedné třídě pracováno. V průběhu ověřování nebyla využita didaktická technika.

V obou třídách probíhalo ověřování srovnatelným způsobem. Ověření trvalo celou 1 vyučovací hodinu a zhruba 20 minut z hodiny následující tedy celkově zhruba 65 až 70 minut.

Ověřování probíhalo ve dvou hlavních částech. V první části byli studenti rozděleni do skupin po 4 až 5. Následně byla každé skupině dána část z informačního textu. Každé skupině byl přidělen jiný úsek textu, který odpovídal jednotlivým kapitolám. Úkolem skupiny bylo

v přiděleném čase text zpracovat takovým způsobem, aby byla schopna ostatním ve třídě sdělit obsah textu. Záleželo na studentech, jak si práci ve skupině rozdělili a zda prezentoval ze skupiny pouze jeden student či se podíleli všichni. Někteří studenti vytvořili k mluvenému projevu grafické pomůcky (obrázky, schémata). V několika případech následovalo po prezentaci skupiny upřesnění či vyzdvižení podstatných informací z mé strany, případně se rozvinula krátká diskuse na téma, které bylo studenty představeno.

Informační text byl rozdělen do čtyř skupin následujícím způsobem. Každé kapitole byla přidělena dvě čísla. První číslo označovalo skupinu, která daný úsek textu zpracovávala, druhé číslo označovalo pořadí určující prezentaci jednotlivých kapitol. Kapitolám informačního textu byla přiřazena tato čísla:

1/1 Co jsou GM rostliny?

1/2 Šlechtění rostlin

1/3 Čím se liší „běžné šlechtění“ od tvorby GM rostlin?

2/4 Co genetické modifikace dokážou? Transgeny.

3/5 Geneticky modifikovaná kukuřice = smrt pro zavíječe!

2/6 Roundup – totální likvidátor všeho (?) zeleného

4/7 Ochočené rostliny vyprodukují cokoliv

4/8 Nemáme peníze a nemáme dostatek vitamínů, co s tím?

Tímto uspořádáním bylo zajištěno navazující pořadí předkládaných poznatků a vzájemně srovnatelné množství zpracovávaného textu jednotlivými skupinami¹⁵.

Druhá část ověřování byla tvořena vypracováváním pracovních listů. Nejprve studenti pracovali samostatně či ve dvojicích. V 7. M byl použit pracovní list verze A, v 7. J pracovní list verze B. Práce s pracovními listy byla v obou třídách zahájena na konci první z vyučovacích hodin, které se tématem GM plodin zabývaly. Druhá hodina s tématem GM plodin byla zahájena samostatným dopracováním pracovních listů, po kterém následovala společná kontrola. Studenti nahlas četli své odpovědi či názory a vzájemně je ve sporných otázkách konfrontovali.

¹⁵ **Skupina č. 1** se zabývala kapitolami: *Co jsou GM rostliny?*; *Šlechtění rostlin*; *Čím se liší „běžné šlechtění“ od tvorby GM rostlin?*, **skupina č. 2**: *Co genetické modifikace dokážou? Transgeny.*; *Roundup – totální likvidátor všeho (?) zeleného*, **skupina č. 3**: *Geneticky modifikovaná kukuřice = smrt pro zavíječe!* a **skupina č. 4**: *Ochočené rostliny vyprodukují cokoliv*; *Nemáme peníze a nemáme dostatek vitamínů, co s tím?*.

Po vypracování pracovních listů byl studentům rozdán krátký evaluační dotazník, kdy pomocí škálování¹⁶ od 1 do 5 hodnotili, zda se něco nového dozvěděli či zda je práce bavila. „Škálování slouží k vyjádření a hlavně měření postojů a názoru respondentů. Jde o techniku, kdy respondenti promítají své postoje na předloženou stupnici, čímž získáváme ze špatně měřitelných subjektivních znaku takové znaky, které již lze statisticky porovnávat“ (Kreisllová, 2008, s. 20).

Výsledky vyplývající z tohoto dotazníku naleznete v části **VÝSLEDKY**.

Pro zvýšení přehlednosti průběhu ověřování v jednotlivých třídách byly vytvořeny tabulky průběhu obou vyučovacích hodin uvádějící jednotlivé kroky učitele, studentů a časový průběh.

VH 1 třída: 7. M		
téma: GM plodiny – práce s informačním textem		
pomůcky: informační text – verze pro tisk – rozstříhán na jednotlivé kapitoly; pracovní list verze A		
počet studentů: 20		
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů
0	úvod hodiny, zápis třídní kniha a jiné organizační záležitosti	
3-11	úvod do tématu; vysvětlení práce s informačním textem ve skupinách; rozdělení do skupin; rozdání jednotlivých částí textu do skupin	samostatné rozdělení do 4 skupin po 5 studentech; sesednutí členů skupiny k sobě
12-22	obcházení jednotlivých skupin; kontrola, že se všichni zapojují; odpovědi na dotazy; rozdělení činností i systém zpracování přenechán na studentech	práce ve skupinách – rozdělení činností; zpracovávání informačního textu
23-35	naslouchání prezentací; doplnění a upřesnění informací; hodnocení 1 nebo + za práci v hodině	zástupci jednotlivých skupin prezentují, co se dozvěděli
36-41	závěrečné shrnutí nejdůležitějšího; pokyny k zpracování pracovních listů	studenti se vrací do lavic; rozdání pracovních listů
42-45	kontrola, zda všichni pracují + vysvětlení případných nejasností	samostatná práce či práce ve dvojicích s pracovním listem

Tab. 1: Schéma 1. vyučovací hodiny při ověřování výukových materiálů v 7. M

¹⁶ kromě jedné otázky: „Budou mi získané informace k něčemu“, kdy byly uvedeny pouze dvě možnosti ano/ne.

VH 2 třída: 7. M		
téma: GM plodiny – práce s pracovním listem		
pomůcky: pracovní list verze A		
počet studentů: 14		
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů
0	úvod hodiny, zápis třídní kniha a jiné organizační záležitosti	
3-10	doplnění případných dotazů	samostatná práce či práce ve dvojicích s pracovním listem
11-21	vyvolávání jednotlivých studentů; společná kontrola odpovědí	kontrola správnosti vypracovaných úloh; čtení odpovědí; diskuse nad zvolenými variantami
22	pokyny k vyplnění evaluačního dotazníku	rozdání evaluačního dotazníku
23-25		vyplnění evaluačního dotazníku
zbytek hodiny	jiná činnost	jiná činnost

Tab. 2: Schéma 2. vyučovací hodiny při ověřování výukových materiálů v 7. M

VH 1 třída: 7. J		
téma: GM plodiny – práce s informačním textem		
pomůcky: informační text – verze pro tisk – rozstříhán na jednotlivé kapitoly; pracovní list verze B		
počet studentů: 17		
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů
0	úvod hodiny, zápis třídní kniha a jiné organizační záležitosti	
3-7	úvod do tématu; vysvětlení práce s informačním textem ve skupinách; rozdělení do skupin; rozdání jednotlivých částí textu do skupin	samostatné rozdělení do 3 skupin po 4 studentech + 1 skupina po 5 studentech; sesednutí členů skupiny k sobě
8-18	obcházení jednotlivých skupin; kontrola, že se všichni zapojují; odpovědi na dotazy; rozdělení činností i systém zpracování přenechán na studentech	práce ve skupinách – rozdělení činností; zpracovávání informačního textu; tvorba doprovodného grafického materiálu - obrázky
19-31	naslouchání prezentací; doplnění a upřesnění informací; hodnocení 1 nebo + za práci v hodině	zástupci jednotlivých skupin prezentují, co se dozvěděli
32-38	závěrečné shrnutí nejdůležitějšího; pokyny k zpracování pracovních listů	studenti se vrací do lavic; rozdání pracovních listů
39-45	kontrola, zda všichni pracují + vysvětlení případných nejasností	samostatná práce či práce ve dvojicích s pracovním listem

Tab. 3: Schéma 1. vyučovací hodiny při ověřování výukových materiálů v 7. J

VH 2 třída: 7. J		
téma: GM plodiny – práce s pracovním listem		
pomůcky: pracovní list verze B		
počet studentů: 15		
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů
0	úvod hodiny, zápis třídní kniha a jiné organizační záležitosti	
3-23	jiná činnost	jiná činnost
24-30	doplnění případných dotazů	samostatná práce či práce ve dvojicích s pracovním listem
31-42	vyvolávání jednotlivých studentů; společná kontrola odpovědí	kontrola správnosti vypracovaných úloh; čtení odpovědí; diskuse nad zvolenými variantami
43	pokyny k vyplnění evaluačního dotazníku	rozdání evaluačního dotazníku
44-45		vyplnění evaluačního dotazníku

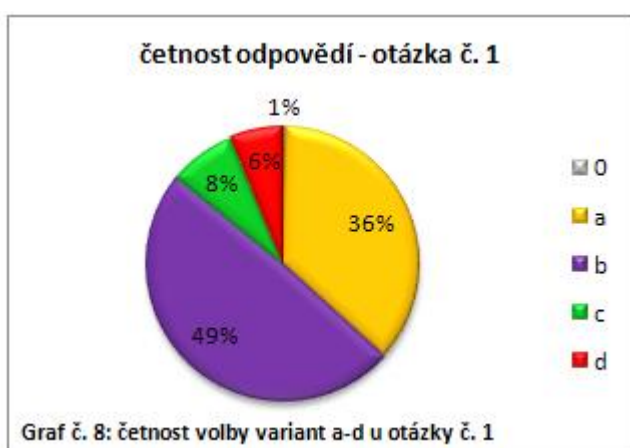
Tab. 4: Schéma 2. vyučovací hodiny při ověřování výukových materiálů v 7. J

3. VÝSLEDKY

3.1 Vyhodnocení dotazníkového šetření – analýza jednotlivých otázek

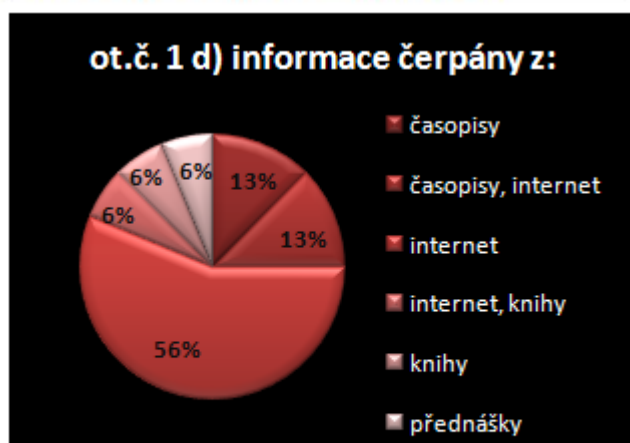
1. Domníváte se, že se ve škole dozvíte o současných biologických novinkách?

- a) Ano
- b) Ne
- c) Biologie mě nebaví, takže se o novinky nezajímám.
- d) Ne, ale informace si zjišťuji samostatně z (doplňte)



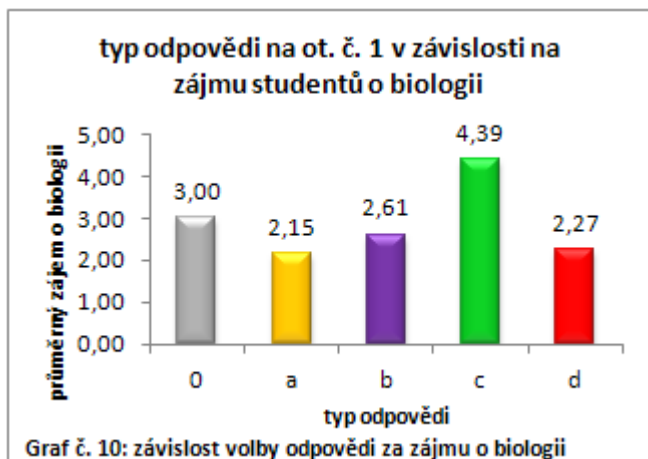
Více než polovina dotazovaných studentů se domnívala, že se ve škole nedozví o nových poznacích v oblasti biologie (odpověď **b + d**). Pouze 6 % z těchto studentů si novinky sama vyhledává.

Nejčastějším zdrojem pro vyhledávání novinek z oblasti biologie je pro studenty internet (75 %), který byl uveden buď jako jediný zdroj nebo v kombinaci s jiným zdrojem informací (časopisy, knihy). Druhým nejčastějším zdrojem informací byly časopisy. Většina z dotazovaných na tuto otázku odpověděla.



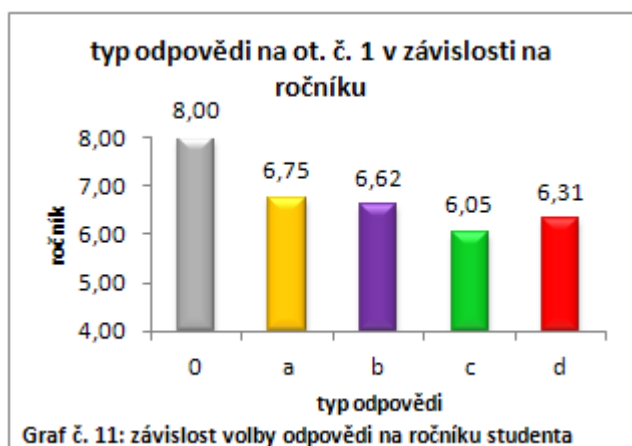
Graf č. 9: doplněk otázky 1 d), odkud studenti čerpají informace o biologických novinkách, pokud jim nejsou předkládány ve škole

Z grafu č. 10 lze vyvodit závislost odpovědí na otázku č. 1 a zájmu studentů o biologii. Studenti s největším zájmem o biologii (hodnota 2,15) volili nejčastěji odpověď **a**, tedy že se



novinky z biologie ve škole dozvídají. Naopak studenti s nejnižším zájmem o biologii volili nejvíce odpověď **c** – „biologie mě nebaví, takže se o novinky nezajímám“. Tato korelace odpovídá teorii. Pokud nemá student biologii jako svůj oblíbený předmět, nezajímají jej ani novinky ani běžný obsah učiva. Odpovědi **b** a **d** byly voleny studenty

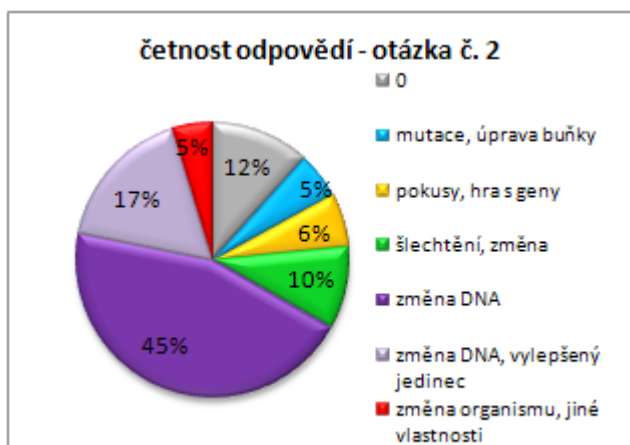
s průměrným zájmem 2,61 a 2,27. Studenti s vyšším zájmem z této dvojice volili odpověď **d** – „ne, ale informace si zjišťuji samostatně“. Tento výsledek opět odpovídá teorii, pokud má student o biologii zájem, bude doplňující informace vyhledávat spíše, než student s malým či žádným zájmem o daný předmět. Na otázku č. 1 neodpověděli studenti s průměrným zájmem o biologii rovnající se hodnotě 3,00.



Poslední graf, který se zabýval otázkou č. 1, ukazuje, jaký má vliv studentův ročník, na výběr odpovědi. Studenti z nejnižších ročníků volili nejčastěji variantu **c** – „biologie mě nebaví, takže se o novinky nezajímám“. Naopak studenti nejvyšších ročníků vybírali nejčastěji odpověď **a** – „ano,

dozvíme se ve škole o současných novinkách v oblasti biologie“. Důvodem této skutečnosti může být větší kritičnost studentů prvních ročníků čtyřletých gymnázií. Případně může být důvodem zaměření nejnižších ročníků na matematiku a jazyky, jelikož jsou z Gymnázia Christiana Dopplera. Na otázku neodpověděli studenti nejstarší. V tomto případě se jednalo o jediného studenta.

2. Co si představujete pod pojmem genetická modifikace?



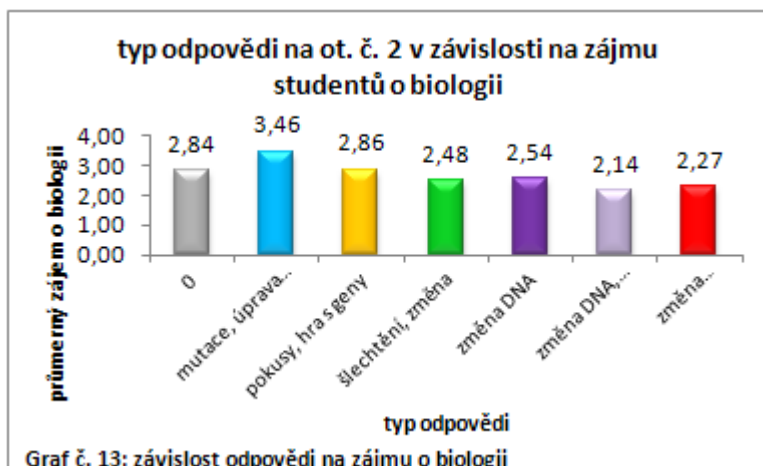
Graf č. 12: četnost odpovědí u otázky č. 2

Jednalo se o otevřenou otázku a studenti zde měli za úkol samostatně formulovat své odpovědi. Následně byly jednotlivé odpovědi rozčleněny a zahrnuty do jednotlivých kategorií.

Téměř polovina všech dotazovaných vysvětlovala pojem genetická modifikace jako **změnu DNA**.

Do této kategorie byly zahrnuty

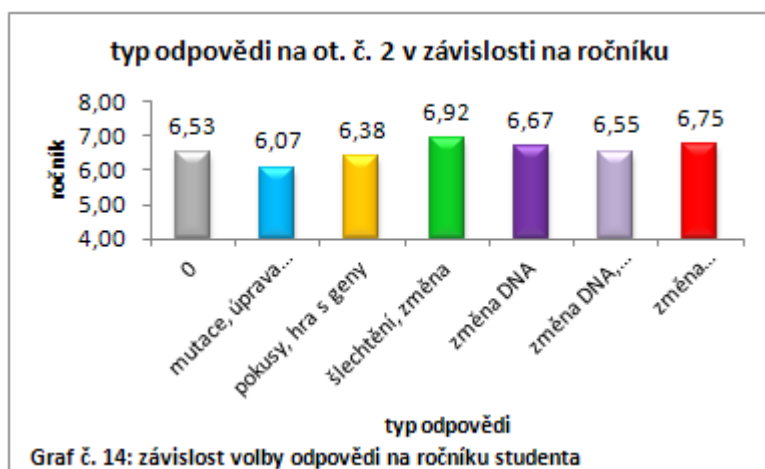
odpovědi typu: „přeměna genetické informace, úprava genů, umělá přeměna genetické informace, změna struktury genetické informace, přeměna DNA a RNA atd.“ Pokud byla v odpovědi zahrnuta ještě informace o nových „vylepšených“ vlastnostech jedince, byly tyto odpovědi shrnuty do kategorie **změna DNA, vylepšený jedinec**. V souvislosti s vylepšením jedince se nejčastěji objevovaly pojmy „výkonnější, produktivnější, odolnější, pro užitek atd.“ Tímto způsobem odpovědělo 17 % dotázaných a po odpovědi **změna DNA** se jednalo o druhou nejhojnější odpověď. Na třetím místě četnosti odpovědí se umístila kategorie **šlechtění, změna**. Kategorie **pokusy, hra s geny** zahrnuje odpovědi typu: „výroba mutantů, zásah do přirozeného vývoje, výroba zbraní, změna (bez bližšího upřesnění) atd“. Se stejnou četností (5 %) výběru skončily odpovědi **mutace, úprava buňky** a **změna organismu, jiné vlastnosti** (občas ve smyslu vylepšení vlastností). U mutací bylo velmi často uváděno, že je chemicky podmíněna. 12 % dotazovaných na tuto otázku neodpovědělo nebo nevědělo, co má odpovědět (zapsáno „nevím“).



Graf č. 13: závislost odpovědi na zájmu o biologii

Na následujícím grafu č. 13 je uvedena závislost druhu odpovědi otázky č. 2 na zájmu studentů o biologii. Studenti s nejvyšším zájmem o biologii odpovídali zároveň i nejspíšeji. Pod pojmem genetická modifikace si

představují změnu DNA, která vede k výkonnějšímu, odolnějšímu a výhodnějšímu jedinci. Studenti s nejnižším zájmem o biologii si představovali **mutaci, úpravu buňky**. Odpověď není úplně chybná. Studenti vědí, že dochází ke změnám na úrovni buňky. Mutaci chápou jako změnu, ale neuvědomují si, že k mutacím dochází běžně i bez působení člověka. Odpověď **pokusy, hra s geny** se objevuje nejvíce u studentů s průměrným zájmem v hodnotě 2,86. Tento výsledek odpovídá teorii, že studenti s malým zájmem o biologii budou mít spíše tendenci odpovídat bez hlubšího zamyšlení či chybně. **Změna DNA** byla odpovězena studenty s nižším zájmem o biologii, zatímco odpověď **šlechtění, změna** byla uváděna studenty s vyšším zájmem o biologii, přestože je tato odpověď mnohem nepřesnější. Odpovědi z kategorie **změna organismu, jiné vlastnosti** byla uváděna studenty s druhým nejvyšším zájmem o hodnotě 2,27. Na otázku neodpověděli studenti s průměrným zájmem 2,84.



Na grafu č. 14 vidíme, že odpovědi studentů z nejvyšších ročníků spadají do kategorie **šlechtění, změna**. Jedná se o značně nepřesnou odpověď, která by byla očekávána spíše u nižších ročníků. Nejmladší ročníky odpovídali nejčastěji **mutace,**

úprava buňky. Možná bude hrát úlohu nepřesné pochopení termínu mutace u studentů nižších ročníků, kteří se pravděpodobně s tímto termínem ve výuce ještě nesetkali.

3. Uved'te příklady organismů, o kterých víte nebo si myslíte, že jsou na nich prováděny genetické modifikace.

Otázka č. 3 byla druhou otevřenou otázkou dotazníku. Záměrem bylo zjistit, zda studenti znají některé konkrétní organismy, které jsou geneticky modifikovány.



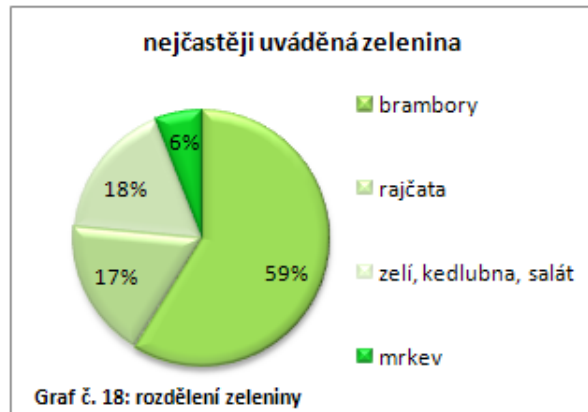
V odpovědích převažovaly rostliny nad živočichy. 11 % dotázaných na otázku neodpovědělo nebo neznalo žádný organismus, který by dle nich mohl být geneticky modifikován.

Následující grafy uvádí, jaké druhy rostlin a živočichů byly studenty jmenovány. Skupina mikroorganismy zahrnuje bakterie a viry, které byly uvedeny se stejnou četností.



Nejčastěji uváděnými rostlinami bylo obilí, kukuřice a rýže, souhrnně nazvány **jednoděložnými užitkovými plodinami**, které byly uvedeny v 43 % případů, jak ukazuje graf č. 16. Druhou nejčastěji uváděnou skupinou geneticky modifikovaných rostlin byla **zelenina** s 32 % a poté **ovoce** s 20 %. Poslední skupinou

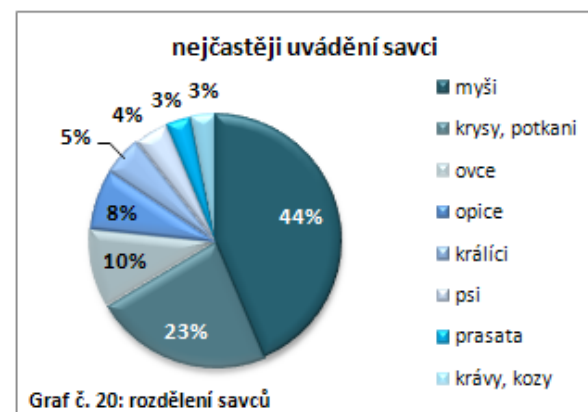
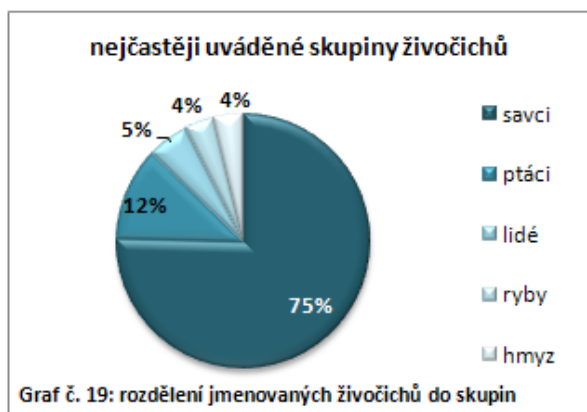
(pouze 5 % dotázaných) byly **luštěniny**, které zahrnují hrách a sóju. Sója je přitom jednou z nejrozšířenějších geneticky modifikovaných plodin na světě a její nepočtené uvedení studenty může poukazovat na jejich neznalost v této oblasti.



Nejčastěji uváděnou skupinou jednoděložných užitkových plodin (graf č. 17) bylo obilí (55 %), druhou kukuřice (36 %) a poslední rýže (9 %).

Na grafu č. 18 vidíme zastoupení jednotlivých nejčastěji uváděných druhů zeleniny. Téměř 60 % připadá na brambory, což může souviset se zprávami o nově geneticky modifikované bramboře Amfloře, na jejímž vývoji se podíleli i čeští vědci.

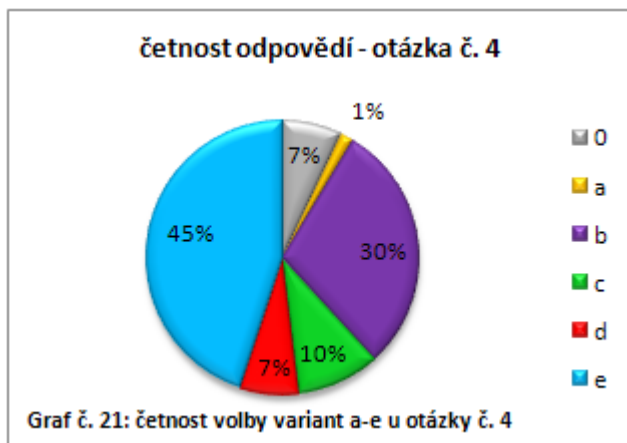
Následující dva grafy blíže zkoumají skupinu **živočichové**. Jmenovány byly tři třídy obratlovců (savci, ptáci a ryby), lidé (záměrně vyčleněni ze skupiny savců) a hmyz. Na grafu č. 19 můžeme vidět jasnou převahu skupiny savců, která byla jmenována v 75 % případů. Tato skutečnost úzce souvisí s grafem č. 20, kde vidíme značné zastoupení laboratorních zvířat, především hlodavců. Z ptáků byla nejčastěji zmiňována kuřata. Konkrétní druhy ryb a hmyzu se vyskytly jen v nepatrném procentu odpovědí. Poněkud překvapivý byl údaj o předpokládaných genetických modifikacích prováděných na lidech, který se objevil u 5 % dotázaných.



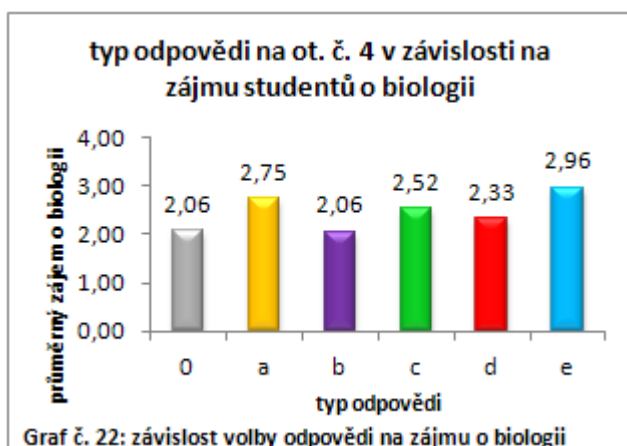
4. V čem spočívá tzv. transgenóza?

- a) Jedná se o genetickou techniku, kdy jsou zmanipulovány buňky organismu pomocí toxinu.
- b) Jedná se o vnesení cizí genetické informace do organismu, pro který není tato genetická informace původní.
- c) Jedná se o vnesení genetické informace do organismu, pro který je tato genetická informace původní. Jinak by došlo k nepřijetí této informace cílovým organismem
- d) Transgenóza se zatím provádí pouze na rostlinách. Jde o přenos pylu z jednoho druhu rostliny na jiný.
- e) Nevím.

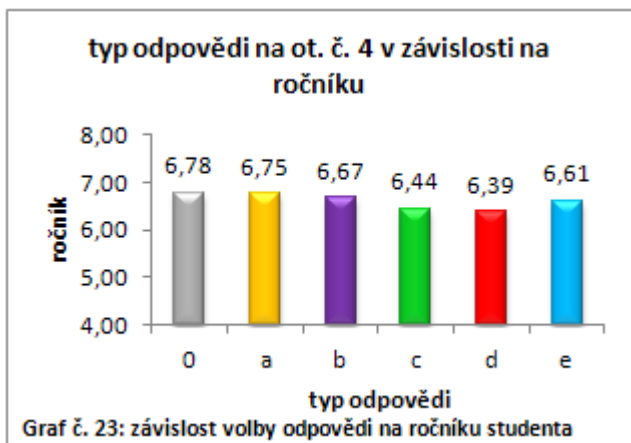
Otázka č. 4 měla za cíl prověřit faktické znalosti studentů o genetických modifikacích. Správná odpověď je podtržena, odpověď **b**.



Správně odpovědělo 30 % dotázaných. Téměř polovina studentů volila odpověď e – „nevím“. Ostatní varianty byly voleny s relativně malou četností



Graf č. 22 ukazuje, že studenti s největším zájmem o biologii odpovídali nejsprávněji, zatímco studenti s malým zájmem odpovídají většinou chybně či pojem transgenóza neznali.

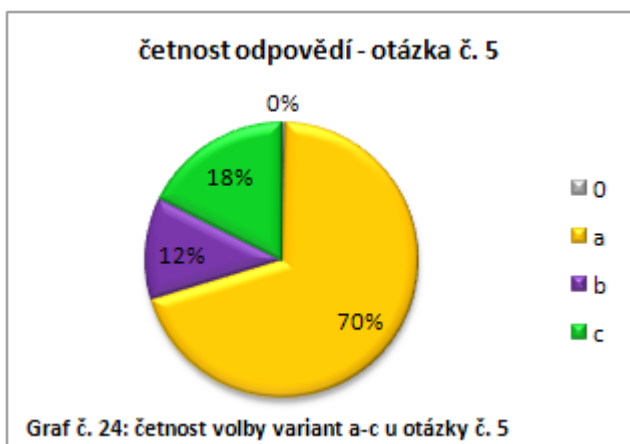


Správně odpovídali studenti s průměrným ročníkem 6,67. Vyšší hodnota 6,75 je u odpovědi **a**, ale pokud se podíváme na graf č. 21, zjistíme, že odpověď **a** byla vybrána 1 % dotázaných. Proto můžeme tento výsledek zanedbat a předpokládat, že nejspíše (odpověď **b**) odpověděli studenti z nejvyšších

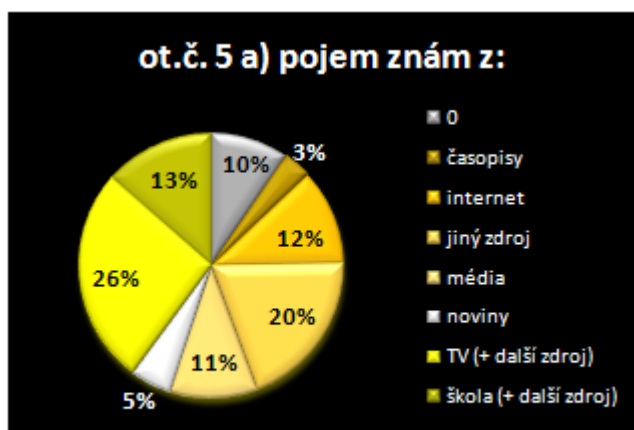
ročníků. Druhou nejobvyklejší odpovědí vyšších ročníků byla volba **e**. Studenti nižších ročníků odpovídali spíše špatně.

5. Slyšel/a jste někdy o geneticky modifikovaných (GM) plodinách (rostlinách)?

- a) Ano, tento pojem znám z/od (doplňte)
- b) Ne
- c) Nepamatuji si



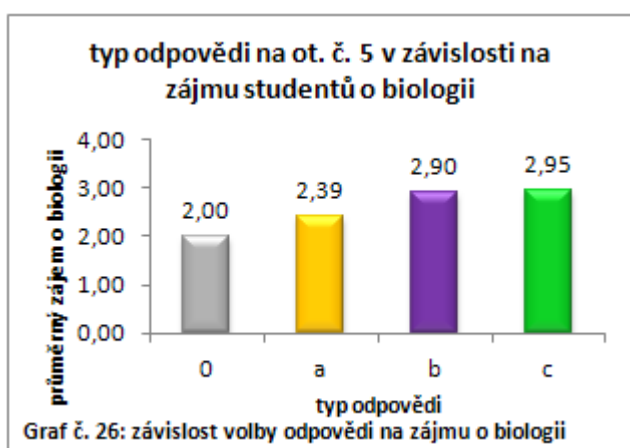
Cílem otázky bylo zjistit, zda se studenti s pojmem GM plodiny (rostliny) někdy setkali a pokud ano, kde. 70 % dotázaných studentů pojem znalo. 18 % studentů si nepamatovalo, zda o GM plodinách někdy slyšeli. Poměrně malé procento dotázaných o GM plodinách nikdy neslyšelo.



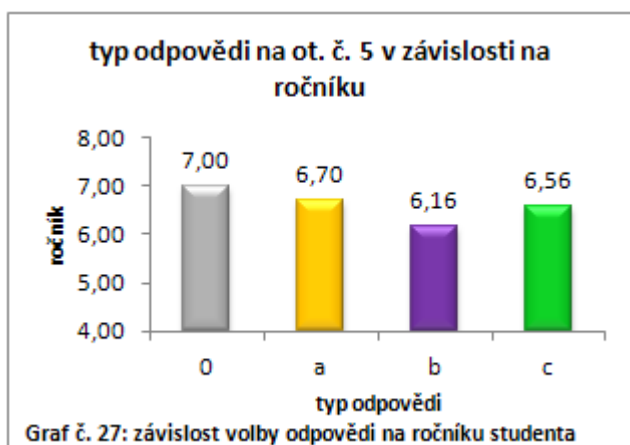
Graf č. 25: doplněk otázky 5 a), odkud studenti znají pojem GM plodina (rostlina)

Nejčastěji uváděným zdrojem (26 %) odkud byl pojem znám, byla **TV** případně **TV + další zdroj** (internet, časopisy). Na druhém místě skončila kategorie **jiný zdroj** (20%), která zahrnuje především příbuzné (hlavně rodiče) a informační letáky na potravinách. **Škola** a **škola + další zdroj**, **internet** a obecně **média** byla volena

přibližně se stejnou četností (rozmezí 13 % až 11 %). Ze školních předmětů byla nejčastěji uváděna angličtina, v rámci které se studenti o problematice GM plodin dozvěděli. Předpokládala jsem, že internet bude sloužit jako mnohem častější zdroj informací. Zřejmě studenti aktivně toto téma příliš nevyhledávají (nutné u informací z internetu), ale pasivně jej přijímají (televizní pořady, zprávy atd.). Tiskoviny – **noviny a časopisy** mají jako zdroj informací nejmenší zastoupení (5 % a 3 %). Obecně jsou odborné časopisy i noviny pravděpodobně méně studenty čteny, protože informace získávají buď prostřednictvím TV či internetu. 10 % studentů konkrétní zdroj nevedlo.



Graf závislosti zájmu o biologii na volené odpovědi ukazuje, že studenti s nejvyšším zájmem pojem GM plodiny znají. Studenti s nejmenším zájmem si nevzpomínali, zda se s pojmem někdy setkali.

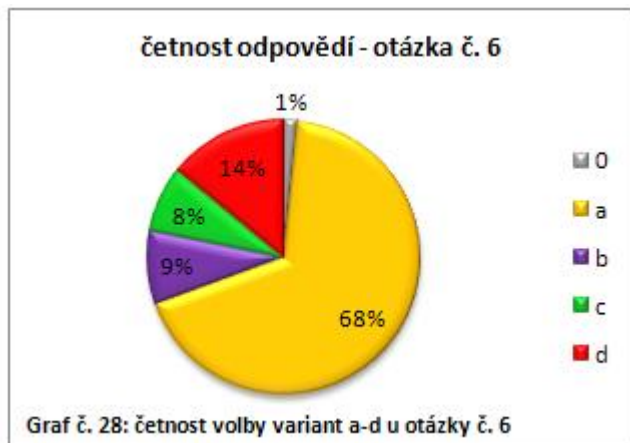


Graf č. 27 dokládá skutečnost, že se s pojmem GM plodiny setkalo více studentů vyšších ročníků. Naopak studenti nižších ročníků se s pojmem setkali v menší míře.

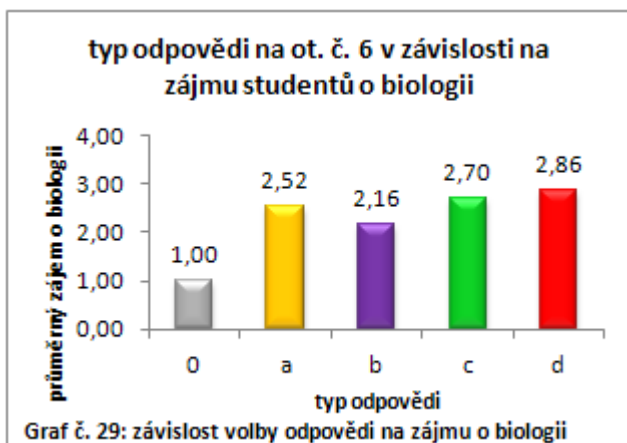
6. Co znamená, když se řekne, že je rostlina geneticky modifikovaná?

- a) Genotyp rostliny je cíleně změněn.
- b) Celé dva genotypy dvou rostlin jsou sloučeny dohromady.
- c) Příkladem genetické modifikace u rostlin je roubování.
- d) Nevím.

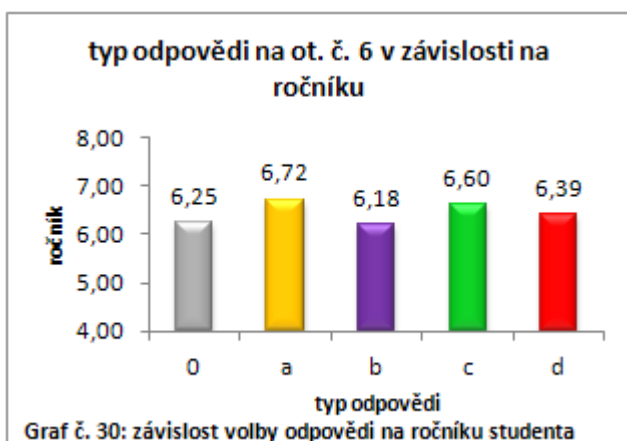
Otázka č. 6 měla za cíl prověřit faktické znalosti studentů, podobně jako otázka č. 4. Správná odpověď je podtržena, odpověď a.



Necelých 70 % studentů volilo odpověď a, tedy správnou variantu. Druhá nejčastěji volená varianta byla d – „nevím“. Zbylé dvě varianty b a c byly voleny přibližně se stejnou četností (9 % a 8 %).



Graf č. 29 ukazuje, že studenti s nejvyšším zájmem o biologii odpovídali nejsprávněji. Studenti s menším zájmem odpovídali chybně a studenti s nejmenším zájmem odpovídali, že nevědí.

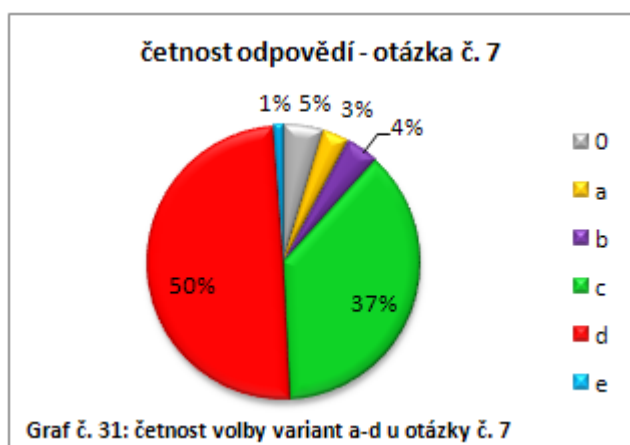


Graf č. 30 částečně potvrzuje teorii (6,72 volba varianty a, 6,60 volba varianty c), že správně by měli spíše odpovídat studenti vyšších ročníků než nižších.

7. Proč myslíte, že lidé začali genetické modifikace u rostlin provádět?

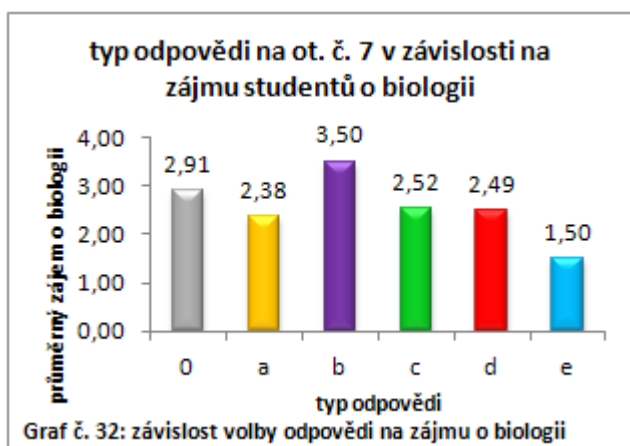
- Protože už nám docházejí zásoby semen rostlin, které nyní běžně pěstujeme.
- Myslím, že genetické modifikace probíhají pouze v laboratoři. Vědci se snaží zjistit, co daný gen zajišťuje. Na běžném trhu se takové rostliny neobjevují.
- Genetické modifikace mohou zajistit vyšší respiraci rostlin a tím navýšit energetické zisky, které z nich člověk získá.
- Z důvodu zvýšení odolnosti rostlin vůči různým stresovým faktorům. Rostliny poté vynášejí více biomasy či vytvářejí nové látky a tím se zvyšují zisky, které z nich člověk má.
- Aby se zemědělství stalo šetrnějším k přírodě.

U otázky č. 7 měli studenti opět dokázat své faktické znalosti.



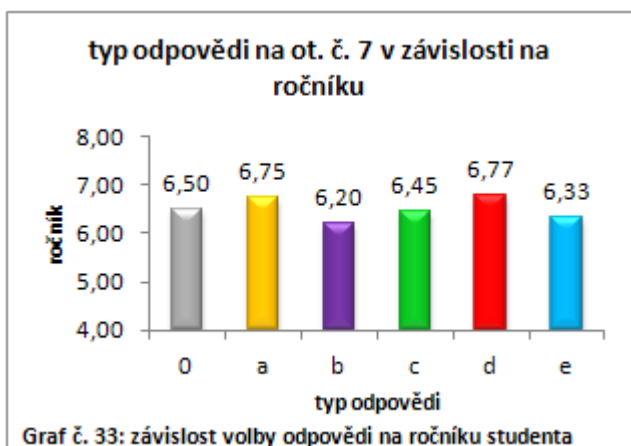
Přesně polovina dotazovaných odpověděla správně, volila variantu **d**. Druhou nejčastější variantou (37 %) byla varianta **c**. Studenty nejspíše zmátla informace o vyšších energetických ziscích pro člověka. Studenti tedy vědí, že genetické modifikace jsou prováděny z důvodu zvýšení výtěžku pro člověka.

Ostatní varianty byly voleny s poměrně malou četností. 5 % studentů na otázku neodpovědělo.



V grafu ukazujícím zájem o biologii vidíme, že studenti s nevyšším zájmem odpovídali chybně. Tento poznatek je však silně ovlivněn množstvím studentů, kteří variantu **e** zvolili. Jedná se o 1 % dotázaných, tedy o 3 studenty. Podobně je tomu i u druhého nejvyššího zájmu 2,38, kdy byla volena varianta **a**, ale

pouze u 3 % dotázaných. Správnou variantu **d** volili studenti s průměrným zájmem 2,49. Velmi blízkou hodnotu (2,52) má i průměrný zájem studentů, kteří volili variantu **c**. Nejnižší zájem vykazovali studenti, kteří volili variantu **b**.

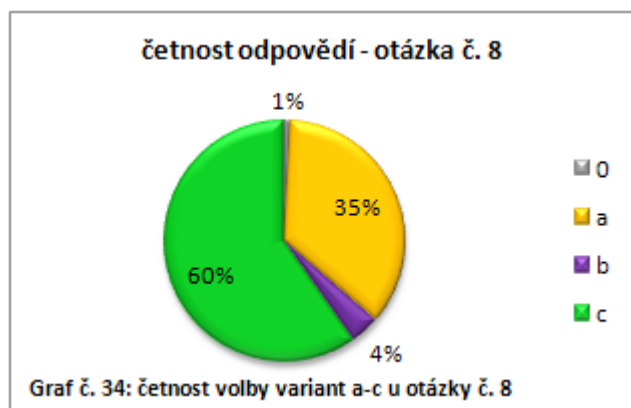


Studenti z nejvyšších ročníků (6,77 a 6,75) odpovídali na otázku variantami **d** a **a**. Odpověď **a** byla vybrána malým počtem studentů, tedy nejstarší studenti opět odpovídají nejspíše nejvíce.

8. Pěstují se GM plodiny také v České republice?

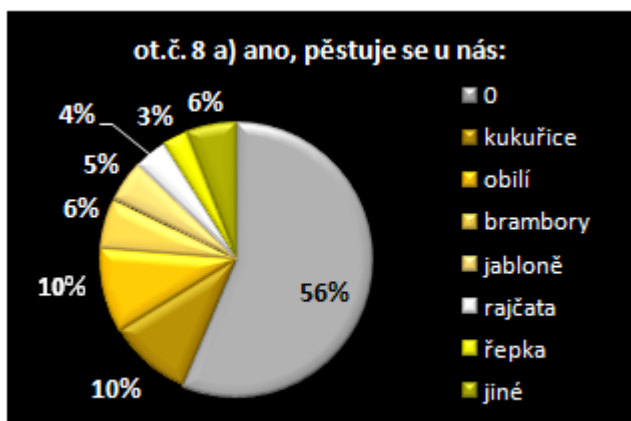
- Ano, uveďte příklady.....
- Ne
- Nevím

Otázka č. 8 měla zjistit, zda jsou studenti seznámeni s tuzemskou problematikou GM plodin a jejich pěstováním. V České republice jsou v roce 2011 povoleny pro volný oběh tyto plodiny: Bt kukuřice MON 810 a brambory Amflora (pouze pro hospodářské účely, není určeno ke konzumaci, ale v roce 2011 nebyly vysázeny). Pro polní pokusy neboli „uvádění do životního oběhu“ jsou povoleny následující plodiny: kukuřice, brambory, len, hrách, tabák, slivoň a ječmen. Laboratorní pokusy s GM rostlinami podléhají tzv. „uzavřenému nakládání“ a takové rostliny se nemohou dostat do životního prostředí (cizp.cz, 2011).

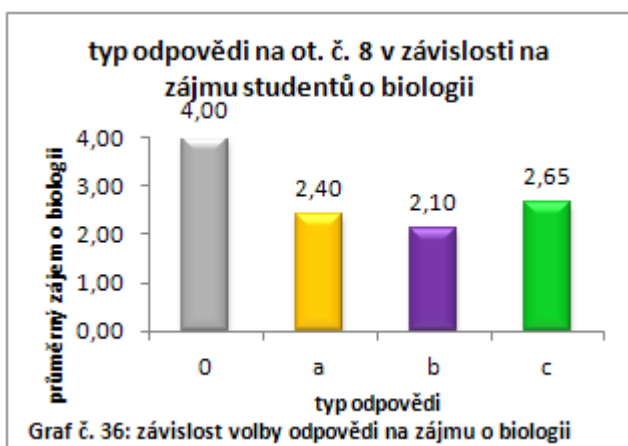


60 % studentů **nevědělo**, zda jsou u nás GM plodiny pěstovány či nikoliv. 35 % tvrdilo, že **ano**, ale konkrétní příklady uvádí jen necelá polovina z nich.

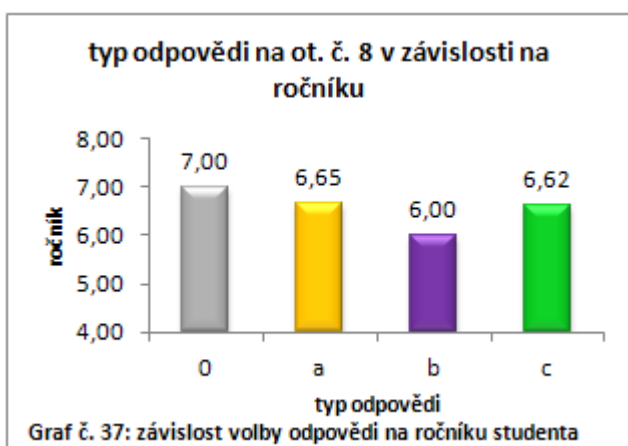
Nejčastěji uváděnými plodinami byly kukuřice (10 %) a obilí (10 %; často nerozepisovány konkrétní druhy, ale uvedeno pouze „obilí“). Ostatní plodiny byly uváděny poměrně s malou četností.



Graf č. 35: doplněk otázky 1 a), jaké plodiny jsou pěstovány v ČR



Graf č. 36: závislost volby odpovědi na zájmu o biologii



Graf č. 37: závislost volby odpovědi na ročníku studenta

Téměř 60 % studentů, kteří zvolili variantu **a**, nevedlo konkrétní druhy pěstované v České republice.

Dá se říci, že informace z této oblasti studenti příliš nemají.

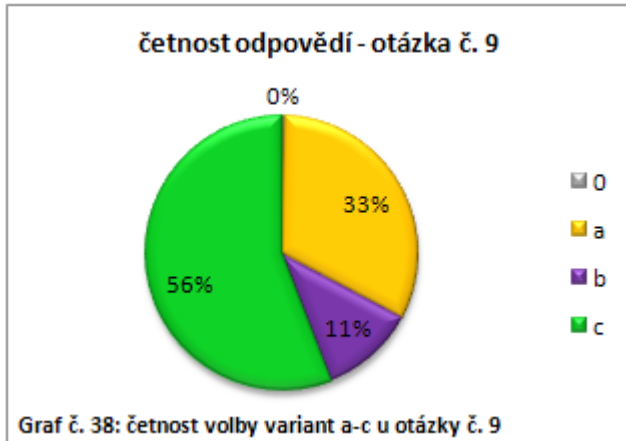
Graf č. 36 uvádí, že studenti s nejvyšším zájmem odpovídali chybně a volili variantu **b**. Jedná se však o malé procento dotázaných. Studenti s nejnižším zájmem buď na otázku neodpověděli vůbec, nebo odpověděli, že nevědí - varianta **c**. Správně volili variantu **a** studenti s průměrným zájmem o biologii 2,40.

Graf č. 37 ukazuje, že nejchybněji odpovídali studenti nižších ročníků (6,00). Studenti z vyšších ročníků odpovídali, že nevědí (6,62) nebo odpovídali správně (6,65). Na otázku neodpovědělo malé procento studentů z vyšších ročníků.

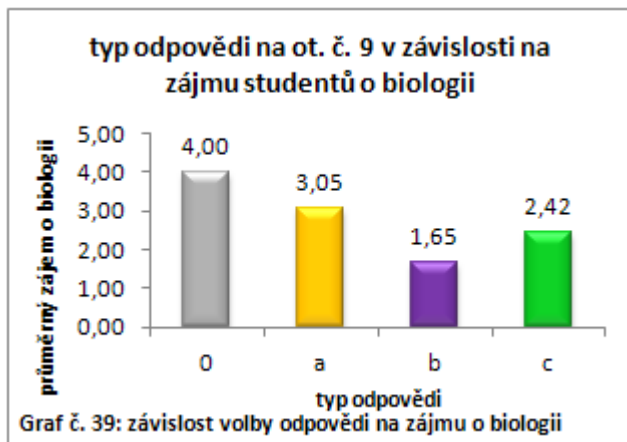
9. Zajímá Vás téma GM plodin?

- a) Ne
- b) Ano
- c) Jen okrajově

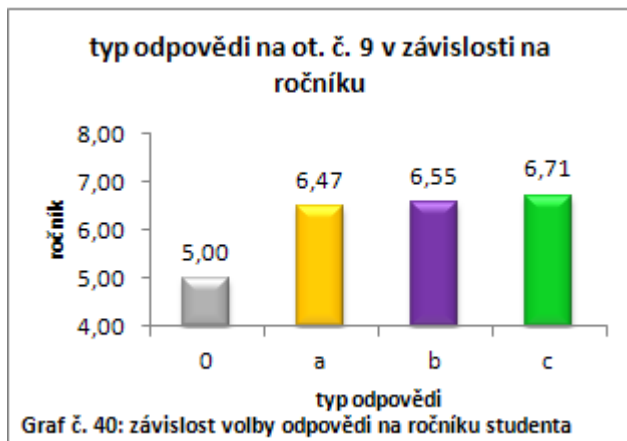
Otázka č. 9 měla za cíl zjistit studentův zájem o danou problematiku.



56 % studentů uvedlo svůj zájem jako okrajový. 33 % studentů nemají o problematiku GM plodin zájem a 11 % zájem má.



Dle grafu č. 39 můžeme usuzovat, že zájem o problematiku GM plodin úzce koreluje se zájmem o biologii obecně. Studenti s průměrným zájmem o biologii v hodnotě 1,65 nejčastěji uváděli, že je téma GM plodin zajímavé. Přesně opačný trend vykazují studenti s malým zájmem o biologii (3,05). Tito studenti nejčastěji uváděli, že je problematika GM plodin nezajímavá. Studenti s průměrným zájmem 2,42 považovali svůj zájem za okrajový.



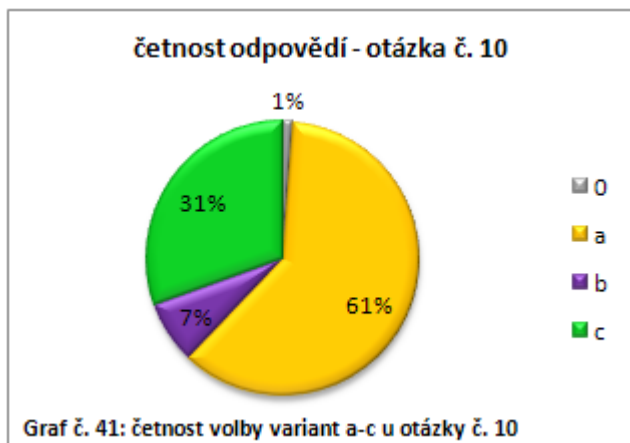
Studenti nejvyšších ročníků měli zájem okrajový a studenty nejnižších ročníků téma nezajímalo.

10. Domníváte se, že existují rizika spojená s genetickými modifikacemi rostlin?

- a) Ano, uveďte která.....
- b) Ne, uveďte proč.....
- c) Nevím

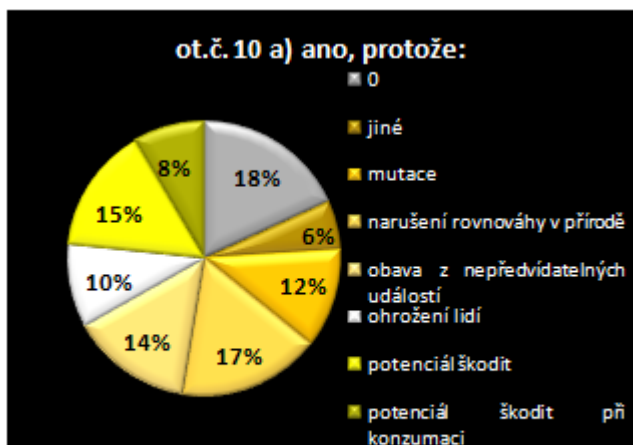
Otázka č. 10 neměla jednoznačně správnou či špatnou odpověď. Cílem bylo zjistit názor a postoj studentů k problematice GM plodin.

61 % studentů si uvědomuje jistá rizika, která s GM plodinami souvisí. 31 % nemá na



tuto otázku jasný názor. Jedním z důvodů bude nejspíš nedostatek informací. Pouhých 7 % dotázaných nevidí žádná rizika, které by s GM plodinami souvisely. 1 % respondentů na otázku neodpovědělo.

Grafy č. 42 a č. 43 blíže ukazují důvody, které vedly respondenty k výběru variant **a** a **b**.

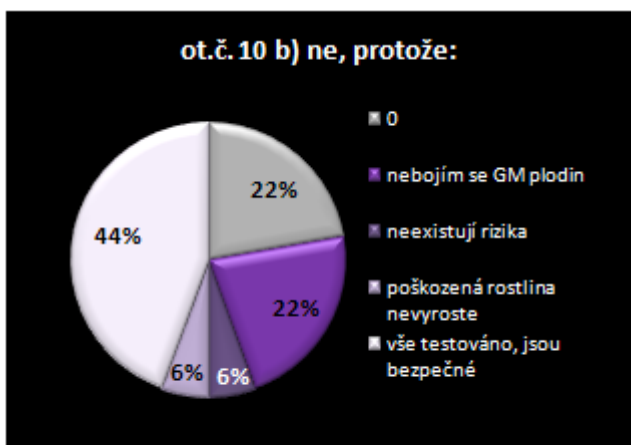


Graf č. 42: doplněk otázky 10 a), jaká existují rizika spojená s GM plodinami

Důvody, proč studenti považují GM plodiny za rizikové byly rozčleněny do 7 kategorií. Četnost jednotlivých kategorií se pohybuje od 17 % do 6 %. Největší riziko vidí studenti v **narušení rovnováhy v přírodě** (17 %), v **potenciálu škodit** (15 %) a v **obavě z nepředvídatelných událostí** (14 %). Do kategorie narušení rovnováhy v přírodě byly zahrnuty

následující názory: „vytlačení původních druhů, narušení plodnosti živočichů, snížení počtu druhů – klonování atd“. Kategorie potenciál škodit zahrnuje poměrně nejednoznačné důvody jako např.: „může to být nebezpečné, mohou být zdraví nebezpečné“. 10 % studentů se obává **ohrožení lidí** ve smyslu „vývin nové nemoci, mutace v naší DNA, požívání lidí rostlinami atd“. 8 % dotázaných se bojí **škodlivých účinků**, pokud budeme GM plodiny **konzumovat**. 6 % studentů má **jiné** než výše uvedené důvody, proč považuje GM plodiny za rizikové. Mezi nimi se objevily například následující důvody: „ztráta vitamínů v potravě, bio-

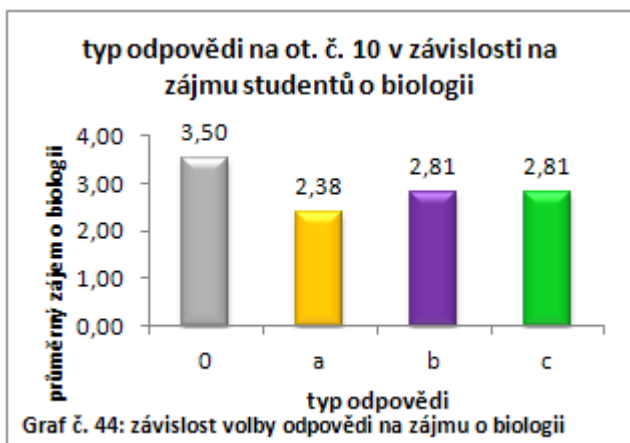
potravin jsou zdravější, vše umělé je špatné“. Neexistuje tedy jeden hlavní důvod, který by studenti uváděli. Některé kategorie se mírně překrývají. Poměrně velké procento studentů (18 %), kteří zvolili variantu **a**, nevedlo konkrétní příklady, v čem spatřují rizika GM plodin.



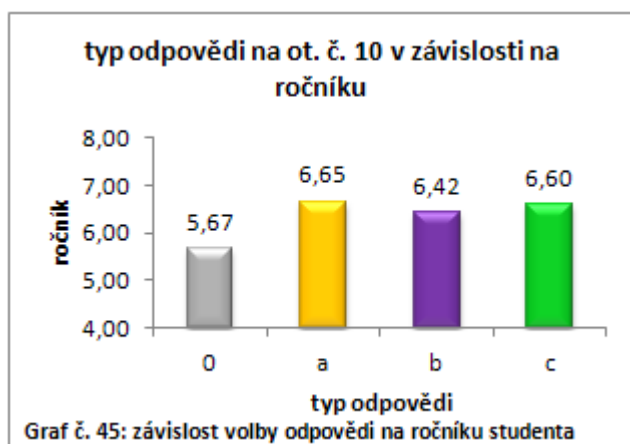
Graf č. 43: doplněk otázky 10 b), důvody bezpečnosti a nerizikovitosti GM plodin

poškozená rostlina stejně **nevyroste**, takže se nemusíme ničeho obávat. Poměrně velké procento studentů (22 %) volící variantu **b** nevedlo své konkrétní důvody.

Studentů, kteří rizika spojená s GM plodinami nevidí, bylo mnohem méně. Jejich důvody shrnuje graf č. 43. Nejvíce studentů (44 %) uvedlo, že je **vše zabezpečeno** a podrobně **testováno**, a proto není důvod k obavám. 22 % studentů se **nebojí GM plodin**. Stejnou četnost (6 %) měly odpovědi spadající do kategorií **neexistují rizika** a



Studenti s nejvyšším zájmem (2,38) volili variantu **a**. Ostatní dvě varianty byly voleny studenty se stejným průměrným zájmem o biologii (2,81).

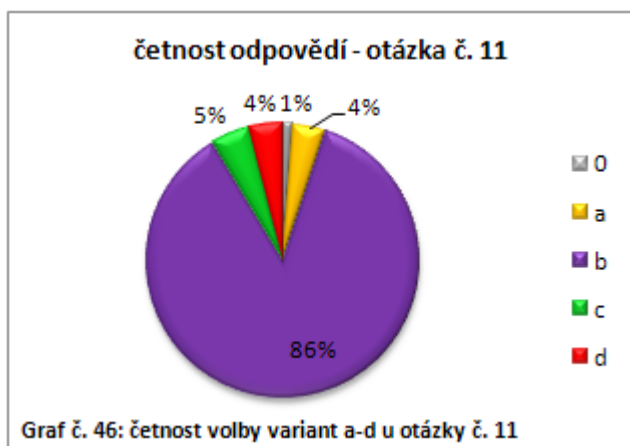


Dotazovaní s ročníkem 6,42 volili odpověď **b**, nemyslí si, že existují rizika spojená s GM plodinami. Vyšší ročníky rizika uvádějí (6,65) nebo nevědí (6,60).

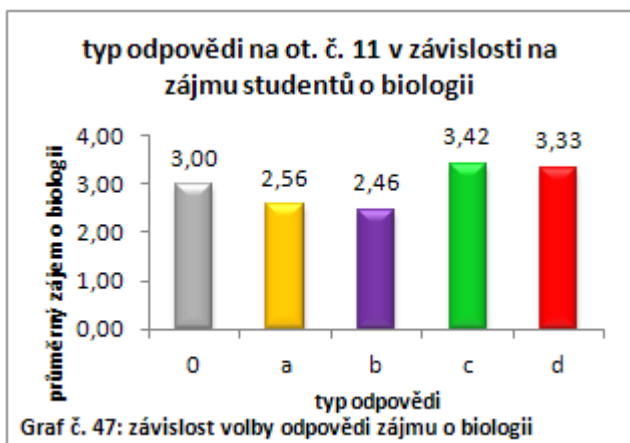
11. Myslíte si, že mohou být GM plodiny do budoucna lidstvem využívány?

- a) Myslím, že to k ničemu není.
- b) Myslím, že mohou být využity.
- c) Nezajímá mě to.
- d) Nevím, co jsou GM plodiny.

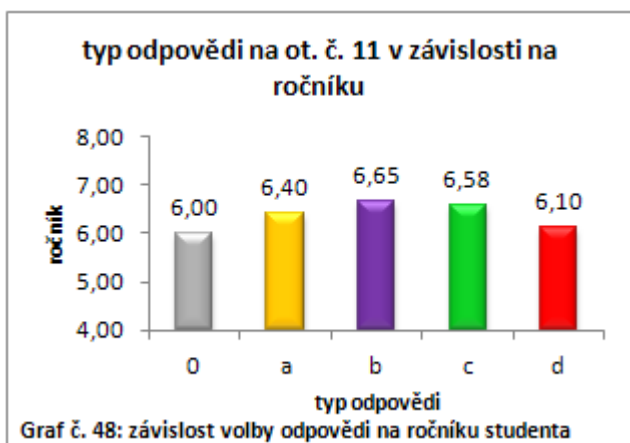
Otázka č. 11 se snažila zjistit názor studentů na využitelnost GM plodin, proto neměla jednoznačně správnou odpověď.



Necelých 90 % studentů volilo variantu **b** – **myslím, že mohou být využity**. 5 % studentů nemělo o téma zájem. Četnost 4 % měly varianty **a** a **d**. Pouhé 1 % studentů na otázku neodpovědělo.



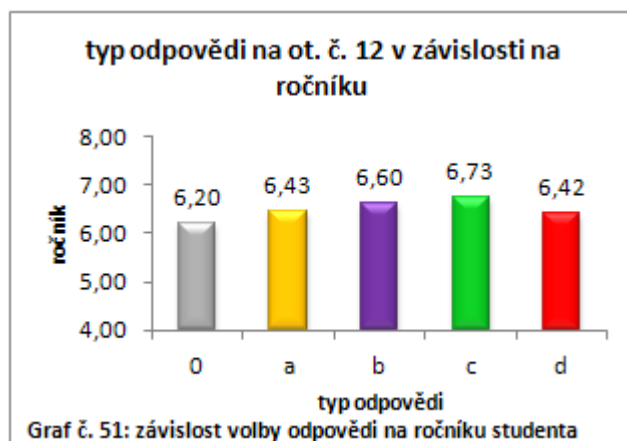
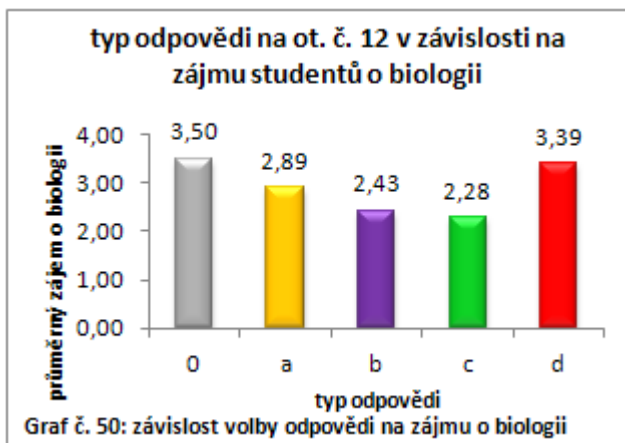
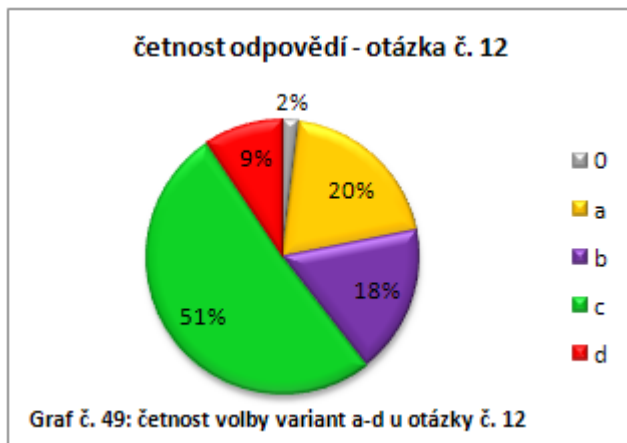
Studenti s průměrným zájmem o biologii o hodnotě 2,46 vybírali variantu **b**. Varianty **nezajímá mě to (c)** a **nevím, co jsou GM plodiny (d)** vybírali studenti s nízkým zájmem o biologii (3,42 a 3,33). Variantu **a** volili studenti s průměrným zájmem o biologii 2,56.



Studenti z nižších ročníků (6,10) nevěděli, co jsou GM plodiny – varianta **d**. Studenti s nejvyšším ročníkem (6,65) volili variantu nejčastější – **b**. Studenti s průměrným ročníkem 6,58 volili variantu **c** a s ročníkem 6,40 variantu **a**.

12. Myslíte si, že může být rostlinám pomocí genetických manipulací přikázáno, aby produkovaly látky, které by přirozeně nikdy neprodukovaly, např. lidské hormony?

- a) To těžko, ani náhodou.
- b) Ano, něco takového se již provádí.
- c) Zajímá mě to, ale nevím.
- d) Nezajímá mě to.



Otázka č. 12 byla zaměřena na molekulární farmářství, na faktické znalosti (varianta **a**, **b**) studentů, ale i na jejich zájem o dané téma (varianta **c**, **d**).

51 % dotázaných zajímaly manipulace na rostlinách, vedoucí k produkci nových látek, ale sami o nich nic nevěděli. 20 % studentů volilo variantu **a**, tedy možnosti molekulárního farmářství neznali. Téměř stejné procento studentů (18 %) volilo variantu **b**. Tito studenti o existenci molekulárního farmářství věděli. 9 % studentů vyjádřilo k otázce svůj nezájem.

Studenti s nejvyšším průměrným zájmem (2,28) volili variantu **c**. Studenti s nejnižším zájmem (3,39) volili variantu **d**. Studenti s průměrným zájmem 2,43 věděli o existenci molekulárního farmářství, ale studenti s nižším zájmem (2,89) jeho možnosti neznali.

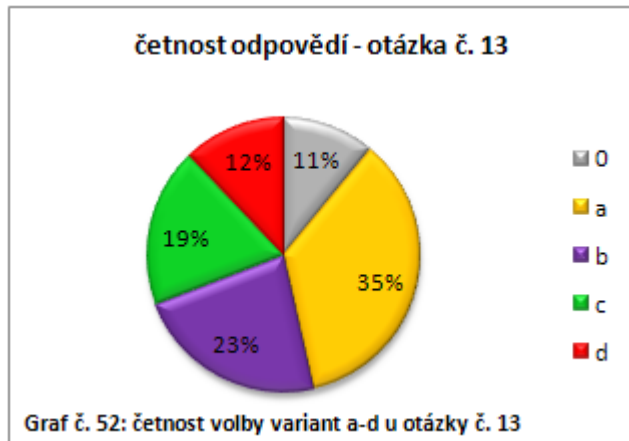
Nejvyšší ročníky (6,73) volily variantu **c**. Varianta **b** byla volena ročníky o hodnotě 6,60. Starší ročníky

buď molekulární farmářství znaly, nebo o něj projevily zájem. Nižší ročníky (6,42 a 6,43) volily varianty **d** a **a**. Projevily tak jednak svou neznalost a také nezájem.

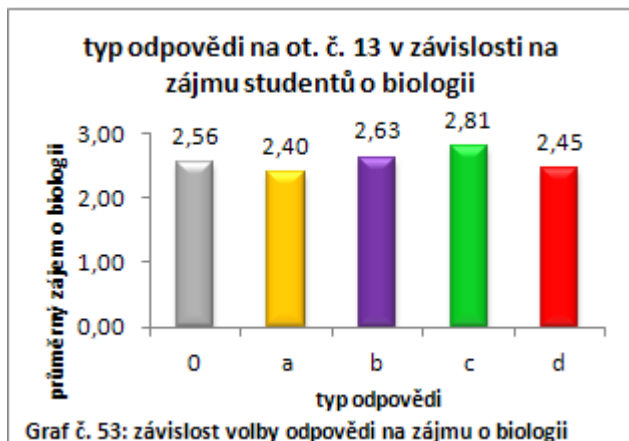
13. Co znamená pojem jedlá vakcína?

- a) Léčivo, které je zavedeno do některých poživatin, např. banánu či bramboru.
- b) Jakákoliv léčivá látka, která se podává ústy.
- c) Ovoce nebo zelenina, protože pomáhají předcházet některým nemocem.
- d) Nic. Vakcína nemůže být snědena, protože by ji rozložilo kyselé pH v žaludku.

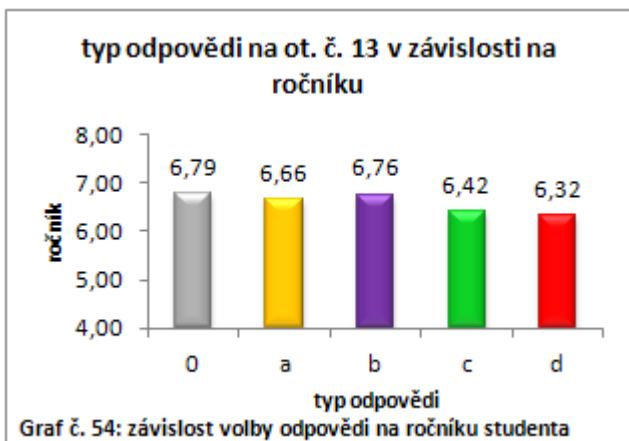
Výše uvedená otázka měla otestovat faktické znalosti studentů o dalším z pojmů, které se pojí ke GM plodinám. Správná odpověď je podtržena.



35 % dotázaných volilo správnou odpověď **a**. 23 % studentů zvolilo variantu **b**, 19 % variantu **c** a 12 % variantu **d**. Poměrně velké procento studentů na otázku neodpovědělo (11 %).



Rozdílnost hodnot průměrného zájmu se pohybuje u otázky č. 13 od 2,40 do 2,81. Studenti s nejvyšším zájmem odpovídali nejsprávněji – volba varianty **a**. Studenti s průměrným zájmem 2,45; 2,63 a 2,81 odpovídali nesprávně – volba variant **d**, **b** a **c**.

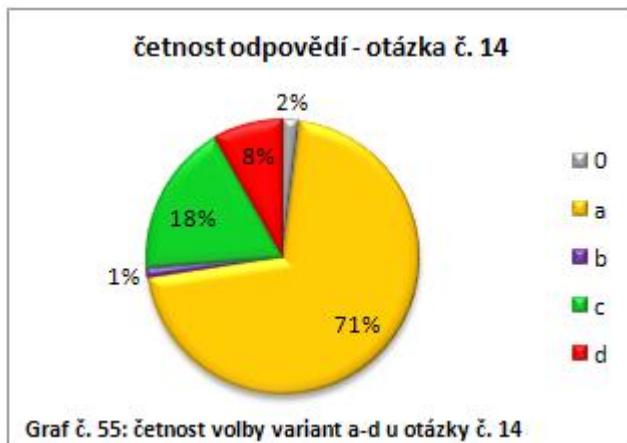


Nejvyšší ročníky (6,76) volily variantu **b**, tedy chybnou variantu. Ročník volící správnou variantu **a** se od hodnoty nejvyššího ročníku lišil pouze o 0,1 (6,66). Nižší ročníky volily nesprávné varianty **c** a **d** (6,42; 6,32).

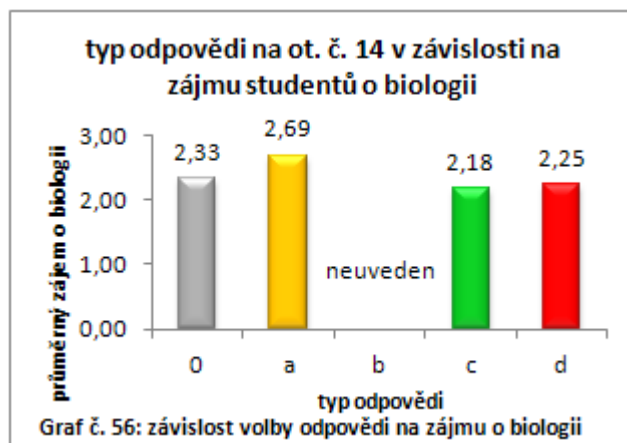
14. Slyšel/a jste někdy o tzv. zlaté rýži? Dokázal/a byste říci, co to znamená?

- a) Ne, nikdy jsem o tom neslyšel/a.
- b) Ano, jedná se o rýži, která je rychleji uvařená než normální rýže.
- c) Ano, jedná se o rýži, která obsahuje více beta karotenu (prekurzor pro retinol), což ve svém důsledku může zabránit slepotě.
- d) Ano, ale nevím, co to znamená.

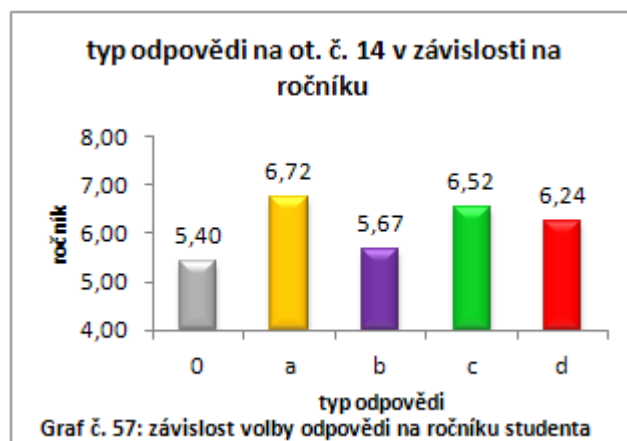
Otázka č. 14 byla jednou z dalších faktických otázek dotazníku, souvisejících s rostlinnými biofortifikacemi. Správná varianta je podtržena.



Většina respondentů (71 %) se s pojmem zlatá rýže nikdy nesetkala. Druhou nejčastěji volenou variantou (18 %) byla správná odpověď c. 8 % dotázaných pojem znalo, ale nevědělo, co znamená. Celkově o zlaté rýži někdy něco slyšelo 36 % dotázaných. Variantu b volilo pouze 1 % studentů. Na otázku odpovědělo 98 % respondentů.



Studenti s nevyšším zájmem o biologii (2,18) volili správnou variantu c. Studenti s nejnižším zájmem o biologii (2,69) volili variantu a. Studenti s průměrným zájmem 2,25 volili variantu d. Varianta b byla zvolena studenty, kteří neuvedli svůj zájem o biologii.

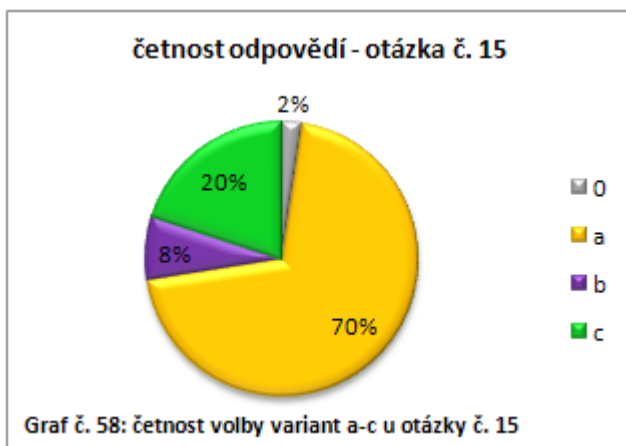


Studenti nejvyšších ročníků (6,72) volili variantu a, studenti nejnižších ročníků (5,67) volili variantu b. Správnou variantu c volili studenti s průměrným ročníkem o hodnotě 6,52. Varianty d byla vybírána studenty s průměrným ročníkem 6,24.

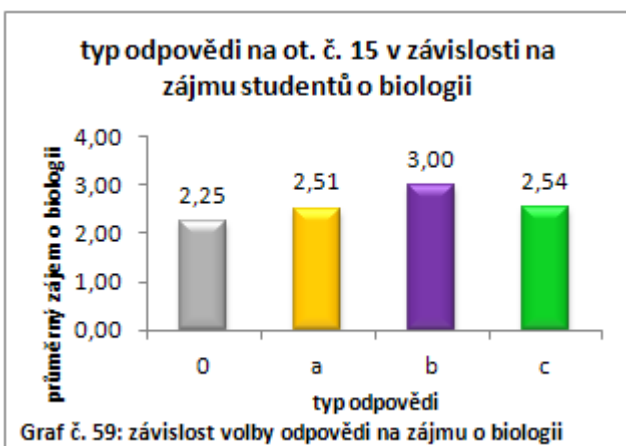
15. Domníváte se, že je správné provádět výzkumy v oblasti genetických modifikací rostlin?

- a) Ano
- b) Ne
- c) Nevím

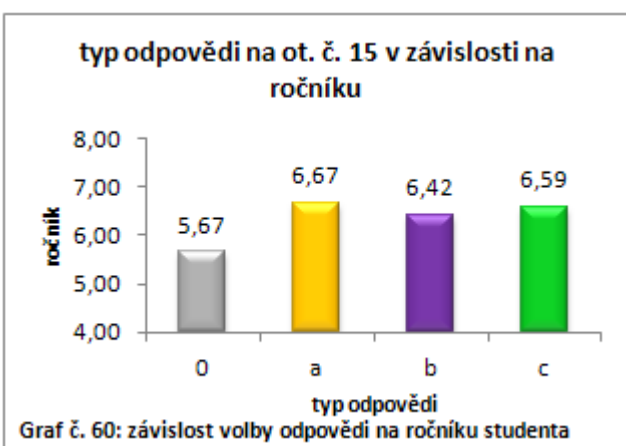
Otázka č. 15 měla za úkol zjistit názor studentů na provádění výzkumů v oblasti genetických modifikací rostlin.



Rovných 70 % studentů se domnívalo, že je správné provádět výzkumy v oblasti genetických modifikací rostlin. 8 % studentů zastávalo opačný názor. 20 % studentů nemělo na otázku jasný názor.



Studenti s nejvyšším zájmem o biologii (2,51) souhlasili s prováděním výzkumů. Studenti s nejnižším zájmem (3,00) nesouhlasili s prováděním výzkumů. Studenti s průměrným zájmem 2,54 nevěděli.

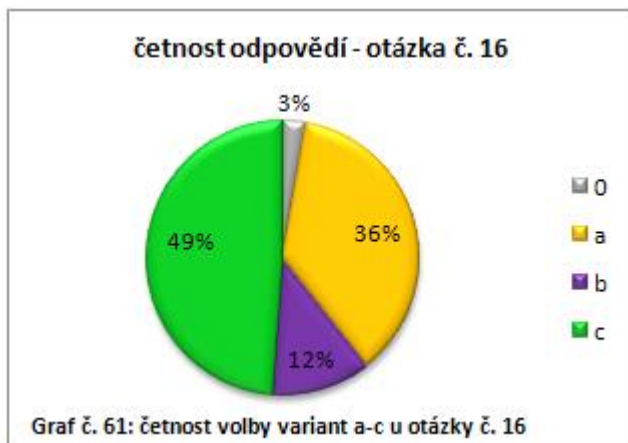


Studenti nejvyšších ročníků (6,67) souhlasili s prováděním výzkumů. Studenti nižších ročníků (6,42) nesouhlasili s prováděním výzkumů. Studenti s hodnotou ročníku 6,59 neměli názor.

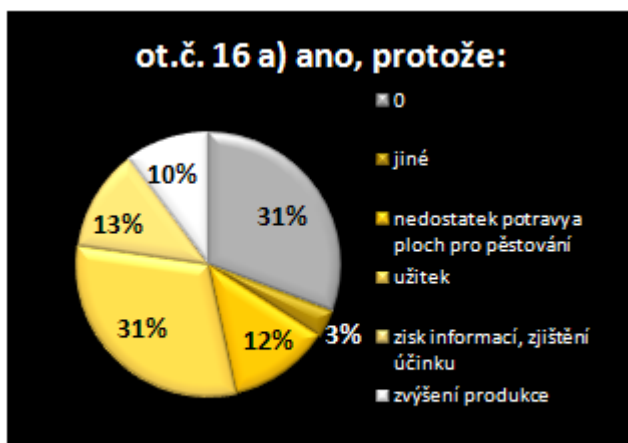
16. Domníváte se, že je vhodné zavádět výsledky výzkumu v oblasti genetických modifikací rostlin do praxe?

- a) Ano, protože (doplňte).....
- b) Ne, protože (doplňte)....
- c) Nevím

U otázky č. 16 neexistovala jednoznačně správná odpověď. Studenti by si zde měli uvědomit, že výzkum a praktické využití jeho poznatků jsou dvě odlišné záležitosti. Dotazovaní měli u varianty **a** a **b** uvést své důvody volby.



Téměř polovina respondentů (49 %) volila variantu **c** – **nevím**. Zavádění výsledků výzkumu by chtělo 36 % studentů. Naopak 12 % studentů nechťelo, aby byl výzkum aplikován do praxe. 3 % studentů na otázku neodpověděla.

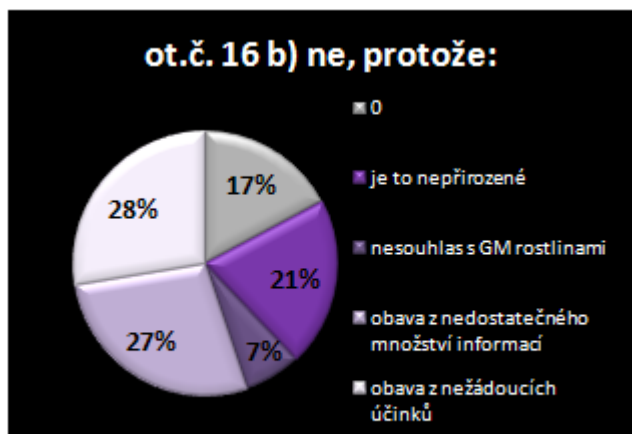


Graf č. 62: doplněk otázky 16 a), důvody proč zavádět výsledky výzkumů genetických modifikací rostlin do praxe

Na grafu č. 62 je blíže rozebrána varianta **a**. Důvody, proč se studenti domnívají, že je vhodné zavádět výsledky výzkumu do praxe, byly rozděleny do pěti kategorií. Nejčastěji uváděným důvodem (31 %) byl **užitek**. Velmi často se v odpovědích objevoval takto neurčitý pojem. V několika málo případech byla uvedena konkrétní podoba „výroby léčiv“. 13 % studentů uvádělo důvody spadající do kategorie **zisk informací, zjištění účinku**.

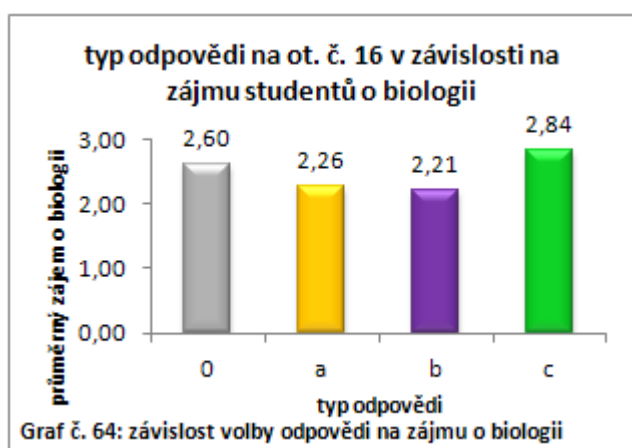
Dotazovaní tak vyjadřovali svůj názor, že pokud nebudeme zavádět výsledky do praxe, nikdy se nedozvíme, zda byl výzkum úspěšný či nikoliv. 12 % studentů vidí v GM plodinách potenciální pomoc při řešení problémů s **nedostatkem potravy a ploch pro pěstování plodin**. O dvě procenta méně studentů se domnívalo, že genetickými manipulacemi můžeme **zvýšit produkci plodin**, proto považovali za správné aplikovat výsledky výzkumu do praxe. 3 % studentů volila jiné důvody, jako např.: „zvýšení kvality

života na omezenou dobu, zvýšení kvality stravování“. 31 % respondentů, kteří volili variantu **a**, blíže nespecifikovali důvody své volby.

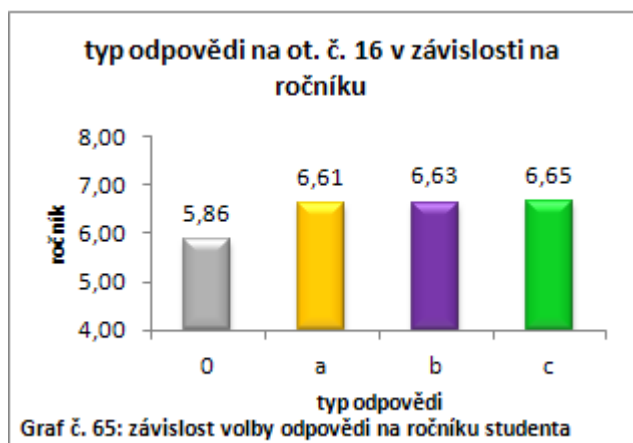


Graf č. 63: doplněk otázky 16 b), důvody proč nezavádět výsledky výzkumů genetických modifikací rostlin do praxe

nemáme dostatečné množství informací a proto bychom GM plodiny neměli zavádět do běžné praxe. 21 % studentů považovalo GM plodiny za něco **nepřírodního**. 7 % studentů vyjádřilo přímo svůj **nesouhlas s GM plodinami**. 17 % dotázaných blíže nespecifikovalo, proč volilo variantu **b**.



Graf č. 64: závislost volby odpovědi na zájmu o biologii



Graf č. 65: závislost volby odpovědi na ročníku studenta

Variantu **b** blíže rozebírá graf č. 63. Důvody nesouhlasu se zaváděním výsledků výzkumu do praxe byly shrnuty do čtyř kategorií. 28 % respondentů, volících variantu **b**, se obávalo **nežádoucích účinků** GM plodin. Ve většině případů nebylo uvedeno, o jaké nežádoucí účinky se přesně jedná. Pouze o 1 % méně dotázaných se bálo, že

Nesouhlas se zaváděním GM plodin do praxe vyjádřili studenti s nejvyšším zájmem o biologii (2,21). Souhlas vyjádřili studenti s průměrným zájmem o biologii o hodnotě 2,26. Studenti s nejnižším zájmem (2,84) nevěděli.

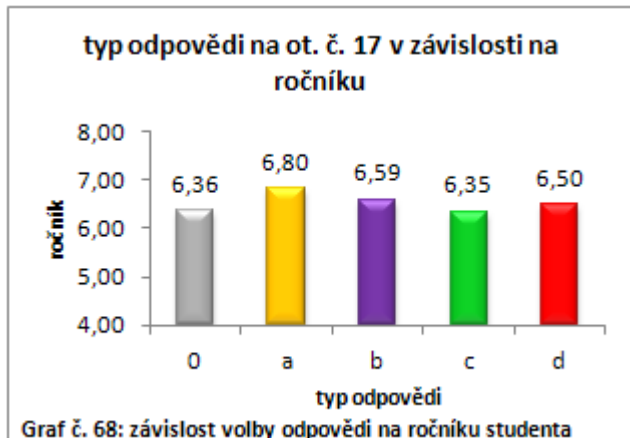
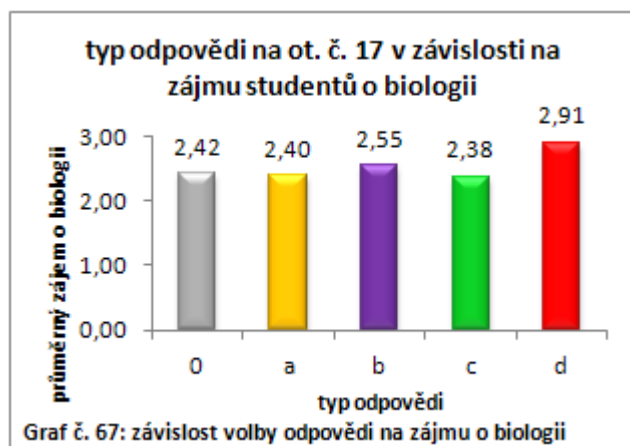
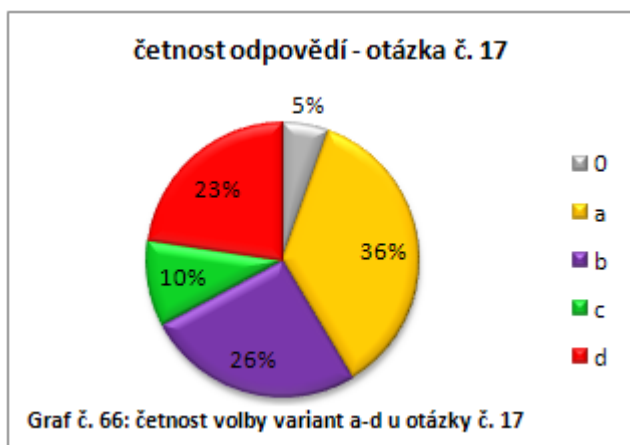
Hodnota ročníku studentů se pohybuje v rozmezí 6,61 až 6,65. Jedná se o velmi malý rozptyl. Můžeme říci, že není jasná závislost mezi volbou odpovědi a ročníkem studenta.

17. Většina Evropy má ke GM plodinám, na rozdíl od mnoha států Ameriky či Asie

odmítavý postoj. Myslíte si že:

- a) Evropané jsou uvážlivější a správně hodnotí možná rizika využití GM.
- b) Evropané věří spíše fámám o nebezpečnosti GM a nikoliv vědeckým faktům
- c) Pro Evropu nepředstavují GM žádný přínos ani ekonomický ani ekologický.
- d) Nevím o tom a nepovažuji za nutné o tom přemýšlet.

V poslední otázce měli respondenti zhodnotit přístup Evropy k otázce GM plodin. Otázka nemá jednoznačně správnou odpověď.



36 % dotázaných vnímalo postoj Evropy jako uvážlivější a správný. 26 % studentů tvrdilo, že Evropa věří spíše fámám než vědeckým faktům. Téměř čtvrtina dotázaných na otázku neznala odpověď ani nepovažovala za důležité nad ní přemýšlet. 10 % studentů se domnívalo, že pro Evropu nepředstavují GM plodiny žádný přínos.

Studenti s nejvyšším zájmem o biologii (2,38 a 2,40) volili nejčastěji varianty c a a. Studenti s nejnižším zájmem 2,91 nepovažovali za nutné o dané otázce uvažovat (varianta d). Varianta b byla volena studenty s průměrným zájmem o biologii 2,55.

Studenti nejstarších ročníků považovali chování Evropanů za uvážlivější. Studenti s průměrným ročníkem 6,59 volili variantu b. Studenti s průměrně nejnižším ročníkem 6,35 volili variantu c. Varianta d byla volena studenty s průměrným ročníkem 6,50.

3.2 Výsledky ověřování výukových materiálů

Ověřování porozumění informačnímu textu a jeho následovné využití bylo provedeno celkem na 37 studentech sedmého ročníku víceletého gymnázia. Studenti při svých prezentacích vybírali a prezentovali podstatná fakta, která se v textu dočetli. Jejich porozumění bylo ve většině případů 100 %. Studenti informace představovali ostatním srozumitelně. Pojmy residua a glyfosát bylo potřeba blíže vysvětlit, protože jim studenti nerozuměli.

Studenti si vzájemně naslouchali. Na některých studentech bylo vidět, že nejsou zvyklí mluvit před ostatními a není jim to příjemné. Tito studenti některé úryvky textu přímo citovali, místo aby vyjádřili podstatu vlastními slovy. Jiní studenti neměli s prezentací problémy a přidávali si vlastní doplňující informace (často zábavného charakteru), které však byly fakticky správné.

Až na 2 studenty ze 7. M, v obou třídách všichni ve skupinách pracovali. Pokud přímo text neprezentovali, alespoň jej četli a pokud jsem po nich chtěla doplňující informace, byli je schopni podat.

Zpracování pracovního listu nebylo v 7. M doprovázeno vysokou aktivitou a studenti spíše čekali, až společně odpovědi projdeme, než že by si je dopředu písemně připravovali. Pokud jsem však někoho vyvolala, odpověď jsem dostala ve většině případů správnou. V 7. J panovala při vyplňování pracovních listů mnohem vyšší aktivita. Téměř všichni studenti pracovní list písemně vypracovali před tím, než jsme jej společně procházeli. Odpovědi byly ve většině případů správné.

Následující tabulky ukazují výsledky z evaluačního dotazníku, který byl na konci tématu GM plodiny rozdán. Dotazník obsahoval sedm otázek. U šesti otázek měli studenti zakroužkovat od 1 do 5, zda s uvedeným tvrzením souhlasí hodně=1 či vůbec=5. U každé otázky je uveden vybraný celkový počet zvolené varianty od 1 do 5 a celkový průměr vypočítaný klasickými matematickými metodami s přesností na dvě desetinná místa. Poslední otázka „*Budou mi získané informace k něčemu*“ měla variantu ano či ne. Počet studentů, kteří vybrali jednu z možností, naleznete na konci tabulky.

7. M Otázky dotazníku:	hodně				vůbec 5	průměr
	1	2	3	4		
Téma GM plodin mě zaujalo	0	5	4	4	1	3,07
Dozvěděl/a jsem se něco nového	3	8	2	1	0	2,07
Bavilo mě číst si o GM plodinách v zadaném textu	0	0	9	2	3	3,57
Bavilo mě přednášet ostatním informace, co jsem se dozvěděl	2	1	4	5	2	3,29
Bavilo mě vyplňovat pracovní list	0	0	4	6	4	4,00
Považuji téma GM plodin za užitečné a chtěl bych se o něm ještě něco dozvědět	2	3	5	4	0	2,79
		ano	ne			
Budou mi získané informace k něčemu		4	10			

Tab. 5: Počty vybraných odpovědí ze škály u hodnotícího dotazníku v 7. M

Tabulka odpovědí ze 7. M ukazuje, že téma studenty zaujalo průměrně (3,07). Spíše pokládají získané poznatky za nové (2,07). Číst o GM plodinách studenty spíše nebavilo (3,57). Přednášení získaných poznatků ostatním studenty bavilo více než si o nich číst (3,29). Vyplňování pracovního listu bylo nejméně zábavnou částí a většinu studentů tato činnost nebavila (4,00), což bylo i pozorovatelné během hodiny. Studenti považují téma za užitečné a potenciálně zajímavé více než průměrné (2,79). 10 studentů ze 14 považuje získané informace za něco, co jim k ničemu do budoucna nebude.

7. J Otázky dotazníku:	hodně				vůbec 5	průměr
	1	2	3	4		
Téma GM plodin mě zaujalo	0	9	2	4	0	2,67
Dozvěděl/a jsem se něco nového	8	5	2	0	0	1,60
Bavilo mě číst si o GM plodinách v zadaném textu	1	4	7	3	0	2,80
Bavilo mě přednášet ostatním informace, co jsem se dozvěděl	2	5	6	1	1	2,60
Bavilo mě vyplňovat pracovní list	0	8	4	3	0	2,67
Považuji téma GM plodin za užitečné a chtěl bych se o něm ještě něco dozvědět	3	8	3	1	0	2,13
		ano	ne			
Budou mi získané informace k něčemu		9	6			

Tab. 6: Počty vybraných odpovědí ze škály u hodnotícího dotazníku v 7. J

Tabulka odpovědí ze 7. J ukazuje, že téma studenty zaujalo více než průměrně (2,67). Získané poznatky považují za nové (1,60). Číst o GM plodinách studenty bavilo trochu více než průměrně (2,80). Přednášení získaných poznatků ostatním studenty bavilo více než si o nich číst (2,60). Vyplňování pracovního listu bylo pro studenty zhruba na stejné úrovni, jako přednášet ostatním, co se dozvěděli (2,67). Celkově považují studenti téma za užitečné a chtěli by se o něm dozvědět něco více (2,13). 9 studentů z 15 považuje získané informace za něco, co jim k něčemu do budoucna bude.

3.3 Výukové materiály

Byly vytvořeny tyto materiály, které je možné využít při výuce:

1. Slovníček pojmů
2. Informační text pro studenty
3. Pracovní listy: verze A a verze B + autorské řešení

Všechny uvedené materiály naleznete v **PŘÍLOZE: II Slovníček pojmů; III Informační text; IV Pracovní listy.**

3.4 Návrhy na začlenění tématu GM plodiny do výuky biologie na SŠ

3.4.1 Začlenění do konkrétního učiva

Biologie bakterií. Jedním z očekávaných výstupů učiva Biologie bakterií je, že „*student charakterizuje bakterie z ekologického, zdravotnického a hospodářského hlediska*“ (RVP G, 2007, s. 32). Hospodářské hledisko přímo souvisí s GM plodinami. Bakterie využíváme jako jednu z možností začlenění cizorodé DNA do modifikované plodiny. *Bacillus tumefaciens* obsahuje ve svém genomu tzv. T-DNA neboli tumor-including, který umožňuje začlenění do hostitelské DNA a následné namnožení. Lidé *Bacillus* využívají podobným způsobem právě při genových manipulacích. Tuto souvislost bychom mohli při výkladu učiva bakterie využít, ale ostatní aspekty týkající se genetických manipulací rostlin bychom nejspíš zmiňovali v jiných kapitolách biologie.

Biologie rostlin. *Žák zhodnotí rostliny jako primární producenty biomasy a možnosti využití rostlin v různých odvětvích lidské činnosti* (RVP G, 2007, s. 32). Do uvedeného očekávaného výstupu můžeme GM plodiny zařadit. Ke škále běžně známých využití rostlin¹⁷ mohou studenti zařadit tvorbu látek, které by bez naší manipulace rostliny neprodukovaly, např. látky na bázi hormonálních přípravků, materiál podobný pavoučím vláknům. Pokud si studenti uvědomí, kde všude rostliny využíváme a v kterých oblastech našeho života jsou pro nás naprosto nezbytné, mohli by si uvědomit, že člověk se bez velké většiny jiných organismů

¹⁷ zdroj potravy, papír, nábytek, oblečení, léky a léčiva, estetické prožitky...

neobejde. Přes materiální zisky bychom tak mohli přistoupit k řešení např. otázek ochrany životního prostředí, udržitelného rozvoje.

Genetika. *Žák analyzuje možnosti využití znalostí z oblasti genetiky v běžném životě* (RVP G, 2007, s. 34). GM plodiny představují jednu z mnoha ukázek, jak je současná věda mocná. Znalosti o mechanismech, které probíhají v organismech i na genetické úrovni, nám umožňují přetvářet a ovlivňovat genomy rostlin (a jiných organismů). Aby studenti byli schopni pochopit, o čem se v tématu GM plodin jedná, musí být srozuměni se základními pojmy z genetiky. Z tohoto důvodu se domnívám, že právě výuka genetiky bude nejvíce v praxi propojitelná s GM plodinami, molekulárním farmářstvím a rostlinnými biofortifikacemi. V rámci výuky genetiky se jistě dostaneme na úvahy spadající spíše do oblasti morální či etické, kdy si budeme klást otázky, zda mají lidé právo genetické manipulace provádět, proč ano, proč ne a mnoho dalších. Domnívám se, že takovéto propojení exaktní vědy s osobními postoji je vhodné a bude nutit studenty o tématu více do hloubky přemýšlet. Zároveň přináší i další pozitivum, a to v podobě větší možnosti zaujmout i ty studenty, kteří jsou spíše humanitně zaměřeni.

3.4.2 Začlenění v rámci různých aktivit

Téma GM plodin může být jako jakékoliv jiné vyučované téma předneseno učitelem, zapsáno studenty do sešitu, naučeno nazpaměť, vyzkoušeno v testu a zapomenuto. Máme však mnoho různých možností, jak se uvedenému schématu vyhnout (referát, práce s textem, přednáška odborníka, video, hraní rolí...)

Studenti zpracují informace ve formě **referátu** a uvedou zdroje informací. Následně mohou před třídou své poznatky prezentovat. Rozšířením může být tvorba projektu, kdy spojí faktické znalosti s originální formou prezentace (např. propojení s výtvarnou výchovou či informatikou).

Na základě textů, které studentům poskytneme, je rozdělíme **do** několika **skupin**, ve kterých budou zastávat určitý názor, který se GM plodin týká. Následně vytvoříme mezi jednotlivými skupinami diskusi. Téma bude probráno z několika úhlů pohledu a získané informace si studenti mnohem lépe zapamatují, než kdybychom jim pouze o GM plodinách vyprávěli. Nejprve musí studenti číst předložený text tak, aby jeho obsahu dokonale porozuměli. Následně je potřeba získané znalosti zhodnotit a dokázat o nich ostatní

informovat. Při diskusi se rozvíjí nejen komunikační dovednosti, ale i vzájemný respekt a spolupráce.

Přednáška odborníka, který se genetickým modifikacím věnuje, následovaná diskusí se studenty, by byla jistě pro studenty zajímavým zpestřením. Studenti by si dopředu připravili otázky, které by je k tématu zajímaly.

Práce s reálným mediálním sdělením rozvíjí schopnost studentů kriticky posuzovat informace, vybírat to podstatné a vytvářet si vlastní názory. O GM plodinách bylo napsáno mnoho různých článků. Studenti mohou text analyzovat, mohou se snažit nalézt pasáže, kdy autor přechází z obecné roviny (vědecká fakta, podložené tvrzení atd.) do roviny spekulací, v kterých pasážích článek GM plodiny podporuje, kdy ukazuje rizika či zda je celý vytvořen pro či proti GM plodinám. Sami studenti mohou zkusit napsat co nejobektivnější článek na základě toho, co se o GM plodinách dozvěděli. Tímto způsobem můžeme elegantně propojit průřezové téma mediální výchova s biologií a českým jazykem. Rozhodně při těchto činnostech bude docházet k rozvoji mnoha klíčových kompetencí.

Využití výukového **videa** o GM plodinách je jednou z dalších možností, jak studentům téma přiblížit. Na internetu je možné nalézt celou řadu videí, které se GM plodinami a genetickými modifikacemi obecně zabývají. Z české produkce bych ráda uvedla pro každého dostupný 5 dílný dokument s názvem *Spor o geny*, který byl vytvořen v roce 2009 společností Biotrin. Biotrin je česká nezisková organizace tvořená předními českými vědci, kteří se snaží informovat širokou veřejnost o moderních biotechnologiích. Dokument názorně a vhodně vysvětluje základní aspekty genetických modifikací. CD s celým dokumentem *Spor o geny* je pro školy možné objednat zdarma (biotrin.cz, 2012). Dokument lze shlédnout i na internetu prostřednictvím uvedených odkazů (platné k 8. 4. 2012):

Celý dokument naleznete zde:

<http://www.biotrin.cz/czpages/Spor.htm>

Spor o geny 1/5: O problematice geneticky modifikovaných organismů a potravin z nich.:

<http://www.youtube.com/watch?v=qcrlw22XNJA>

Spor o geny 2/5: Gen pro obranu, nebo postřik insekticidem?:

<http://www.youtube.com/watch?v=00qu0a06aos>

Spor o geny 3/5: Co s pleveľy?:

<http://www.youtube.com/watch?v=VlI1ctskKd0>

Spor o geny 4/5: Cizí prvek v ekosystému?:

<http://www.youtube.com/watch?v=sA7ivvxzJts>

Spor o geny 5/5: Bojíte se bakteriálních genů na talíři? Přestaňte jíst!:

<http://www.youtube.com/watch?v=SMRJm9JDBAc>

3.5 Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodin

Příklad dvou vyučovacích hodin prakticky provedených naleznete v části **2.3.2 Průběh ověřování**.

Další čtyři návrhy naleznete v části **PŘÍLOHY: V Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodin**.

Uvedené návrhy nemohou pokrýt celou škálu možných aktivit, pomocí kterých je možno téma GM plodin studentům přiblížit. Nicméně se snaží ukázat jisté možnosti, které by byly v praxi proveditelné.

4. DISKUSE

4.1 Dotazníkové šetření

Dotazník obsahoval otázky jak zaměřené znalostně, tak otázky týkající se názorů studentů na téma GM plodin. Obecně bylo předpokládáno, že studenti vyšších ročníků a studenti s vyšším zájmem o biologii budou u znalostních otázek odpovídat správněji než studenti nižších ročníků a studenti s nižším zájmem o biologii.

GM plodiny patří mezi moderní téma. V učebnicích biologie se o něm uvádí poměrně málo (viz. KOBLIHOVÁ, K. *GM plodiny, molekulární farmářství, biofortifikace – inovace gymnaziálního učiva biologie* - kapitola 3.2 Analýza problematiky ve středoškolských učebnicích biologie. Praha, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. Zdeněk Opatrný, CSc.), proto jej můžeme řadit mezi biologické novinky. Na začátku dotazníku, jsem se studentů dotazovala, zda se obecně domnívají, že se ve škole dozví o současných novinkách v oblasti biologie. Předpokládala jsem, že v některých třídách se novinky probírají a v jiných příliš ne, především v závislosti na stylu výuky učitele. **Zhruba 40 % studentů si myslí, že se ve škole novinky dozvídá.** Domnívám se, že to není příliš velké množství, na druhou stranu, je potřeba přihlížet i k zájmu studentů o biologii. Pokud studenti zájem nemají, nebudou se o novinky zajímat.

Pojem genetická modifikace se ukázal jako poměrně známý. Pouze 12 % studentů na otázku, co jsou genetické modifikace, neodpovědělo. Většina studentů viděla v pojmu spojitost se změnou genetické informace (konkrétně DNA). Někteří uváděli, že smyslem změn je zlepšit vlastnosti organismu.

Z organismů, o kterých se studenti domnívali, že jsou na nich prováděny genetické modifikace, **byly uváděny nejvíce rostliny,** následovány živočichy a mikroorganismy. Vyšší procento uvádění rostlin může souviset s celkovým zaměřením dotazníku – GM plodiny, mohlo dojít k tomu, že se respondenti k zodpovězení otázky vrátili. Vzhledem k tomu, že v ČR jsou pěstovány GM plodiny, vyskytují se o nich články i v médiích, což může vést k vyšší informovanosti veřejnosti o GM plodinách než o GM živočiších.

Znalost transgenózy jsem předpokládala u studentů, kteří mají o biologii zájem či probírali tento pojem v rámci genetiky. **Téměř polovina všech studentů pojem transgenózy neznala.** Nejsprávněji odpovídali studenti s nejvyšším zájmem o biologii a studenti nejstarších ročníků.

Vzhledem k poměrné popularizaci tématu GM plodin v médiích jsem se domnívala, že studenti minimálně **pojem GM plodiny** budou znát. Skutečně se s pojmem **setkalo 70 % dotazovaných studentů**, což považuji za poměrně vysoké procento.

Otázka týkající se konkrétně **modifikace rostlin** „*Co znamená, když se řekne, že je rostlina geneticky modifikovaná?*“ **byla zodpovězena většinou respondentů správně**. Je zjevné, že studenti o genetických modifikacích určité povědomí mají.

Správné důvody, které vedly ke vzniku genetických modifikací u rostlin, byly zvoleny polovinou respondentů. Dalších téměř 40 % dotázaných vědělo, že se modifikace začaly provádět z důvodu navýšení zisků, ale ukázalo se, že neznají přesný mechanismus, jak k nim dochází. Můžeme tedy říci, že **většina studentů si uvědomuje důvody, které ke genetickým modifikacím lidstvo vedou**.

Poněkud překvapivý byl výsledek otázky, zda se **GM plodiny pěstují i v ČR**. Více než polovina dotázaných nemá z této oblasti informace. Necelých 40 % studentů uvedlo, že se GM plodiny v ČR pěstují, ale jen malé procento z nich uvedlo jaké konkrétně. Ze všech studentů **pouze 6 % uvedlo správné druhy**, což je poměrně malé množství.

Otázka týkající se **zájmu studentů o GM plodiny** dopadla poměrně nejednoznačně. Necelých **60 % studentů** se o téma zajímá **jen okrajově**. Okrajový zájem může být způsoben jejich obecným nezájmem o biologii, přírodu, zemědělství apod. či jen malým množstvím informací, které o tématu mají. Pokud studenti projeví o biologii na začátku dotazníku zájem, projevují zájem i o GM plodiny (u žádné jiné otázky nebyl u výběru odpovědi průměrný zájem o biologii nižší než 2; zde 1,65).

Studenti spojují s GM plodinami i jistá rizika. Necelých 10 % považuje GM plodiny za bezrizikové. Relativně vysoké procento studentů neví, zda GM plodiny představují či nepředstavují riziko. Domnívám se, že je vhodné, aby si studenti uvědomovali rizika, která jsou s GM plodinami spojena, ale měli by být rovněž informováni, jakým způsobem se je snažíme omezit na minimum. Studenti s nejvyšším zájmem o biologii si nejvíce uvědomují, že jsou s GM plodinami spojena rizika, což považuji za důkaz přemýšlení v širších „biologických“ souvislostech.

Velmi zajímavý výsledek přinesla otázka, zda si studenti myslí, že **mohou být GM plodiny do budoucna využívány**. **Téměř 90 % dotázaných se domnívá, že využity být mohou. (Jedná se o nejčteněji vybranou variantu celého dotazníku.)** Pokud se studenti domnívají, že budeme GM plodiny využívat (a domnívají se to i studenti, kteří neprojevili

zájem o téma GM plodin), předpokládám, že by bylo vhodné, aby o jejich vzniku, výhodách či rizicích byli informováni více, než je tomu doposud.

Otázka týkající se molekulárního farmářství byla zařazena z důvodu zjištění hloubky znalostí studentů. **Polovina studentů projevila o molekulární farmářství zájem, ale sama o něm neměla žádné informace.** Přesně 20 % studentů ukázalo, že o molekulárním farmářství nic nevědí a ani nevěří, že je možné „donutit“ rostliny k produkci látek pro ně nepřírodných. Přibližně stejné množství studentů dokázalo, že možnosti molekulárního farmářství znají. Myslím, že zájem o téma molekulárního farmářství je mezi studenty poměrně značný.

Ukázalo se, že **pojem jedlá vakcína není mezi studenty příliš rozšířen.** Pouze 35 % studentů volilo správnou variantu. Ostatní se nechali zmást nabízenými variantami.

Podobně jako jedlá vakcína dopadla i znalost tzv. zlaté rýže. Dle mého názoru se jedná o jeden z neznámějších případů rostlinných biofortifikací, a přesto není studentům známý. **70 % respondentů o zlaté rýži nikdy nic neslyšelo.** Co zlatá rýže je, věděli studenti s nejvyšším zájmem o biologii.

70 % studentů si myslí, že je správné provádět výzkumy v oblasti GM plodin. Striktně proti je necelých 10 % studentů. Z uvedeného je patrné, že studenti považují GM plodiny za vhodnou oblast výzkumu. Výsledek této otázky a otázky týkající se využitelnosti GM plodin do budoucna ukazují, že by bylo vhodné studenty s tématem GM plodin blíže seznámit.

Pokud bychom chtěli přenést výsledky práce v laboratořích do praxe, jsou studenti opatrnější. **Téměř polovina z dotázaných neví, zda je vhodné výsledky výzkumu uvést do praxe.** Je zřejmé, že mají z GM plodin jisté obavy a jsou opatrní s jejich zaváděním do životního prostředí. Necelých 40 % respondentů považuje za vhodné přenést výsledky laboratorních výzkumů do praxe.

Poslední otázka měla zmapovat pohled studentů na evropský postoj ke GM plodinám, který je do značné míry skeptický. Necelých 40 % studentů považuje postoj Evropy za správný. Domnívají se, že správně hodnotíme veškerá rizika.

Na závěr můžeme zhodnotit, že studenti o GM plodinách určité znalosti mají, ale nejedná se o příliš detailní a hluboké znalosti. Studenti s vyšším zájmem o biologii projevují v oblasti GM plodin hlubší znalosti než studenti se zájmem nižším. I studenti, které téma GM plodin nezajímá, se domnívají, že mohou být do budoucna využívány a je správné na nich provádět výzkum, jehož zavádění do praxe je třeba pečlivě uvážit.

Dle mého názoru by bylo vhodné téma GM plodin do výuky začlenit, aby byly ujasněny některé znalostní nepřesnosti, prohloubeny znalosti o potenciálu genetických modifikací a jejich přínosů pro budoucnost, uvedeny skutečná rizika a metody, jakým způsobem se jim snaží vědci předcházet.

4.2 Ověření výukových materiálů

Ověřován byl výukový text pro studenty a obě verze pracovních listů. Informační text byl koncipován tak, aby studenti po jeho přečtení pochopili základní principy, které se GM plodin týkají. Během ověřování studenti informace z textu pochopili a následně je byli schopni správným způsobem interpretovat. Z každého odstavce byly vybrány podstatné informace, které studenti pokládali za nejdůležitější. V žádné skupině se nestalo, že by byla vynechána klíčová informace. Text byl pro studenty pochopitelný a nevznášeli dotazy na informace, které se v textu nacházely. Pokud se studenti na něco ptali, byly to informace nadstavbové či jiné, než kterými se text zabýval. Domnívám se, že i když byl text předložen sedmým ročníkům víceletého gymnázia, jsou jej schopni pochopit i studenti mladší. Je vhodné, aby měli studenti základní znalosti genetiky, ale pod vedením učitele jsou základní principy schopni pochopit i studenti bez těchto znalostí. Pracovní listy obsahují úlohy, které byly studentům pochopitelné. Nikdo se neptal, jak byla úloha myšlena, či jakým způsobem má úlohu zpracovat.

Myslím, že ověřované materiály lze v praxi použít. Nejsou náročné na didaktickou techniku či jiné materiální vybavení. Je potřeba zvážit využití pracovních listů, protože ne vždy je zřejmě budou studenti nadšeně vyplňovat (tak jako v 7. M, kdy většinu studentů vyplňování pracovních listů nebavilo).

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem po odborné stránce zpracovala téma GM plodin, molekulárního farmářství a rostlinných biofortifikací. V diplomové práci jsem se snažila o částečné doplnění odborného textu, ale především jsem se zaměřila na implementaci poznatků do středoškolské výuky formou výukových materiálů – informačního textu a slovníčku pojmů pro studenty, pracovních listů spolu s jejich autorským řešením pro učitele a návrhů typových vyučovacích hodin s problematikou GM plodin, zaměřených především na aktivizaci studentů. Součástí práce je analýza znalostí, názorů a postojů studentů k tématu GM plodiny, molekulární farmářství a biofortifikace, z kterého vyplývá, že studenti určité povědomí o této problematice mají, ale bylo by potřeba jej doplnit a prohloubit. Ukazuje se, že mají o nové téma relativně zájem, což se mi potvrdilo i během praktického ověření některých výukových materiálů. Doufám, že uvedený text by mohl sloužit jako pomůcka pro aktualizaci a zpopularizování některých částí výuky (především) biologie.

Současná věda nabízí tolik informací a poznatků, že není v silách jedince vše pochopit. Vědci občas hovoří jazykem, který není pro většinu populace srozumitelný. Vzájemné nepochopení vytváří bariéru, která zabraňuje vzájemnému dialogu a výměně názorů. V současné době je snaha rozvinout v lidech globální myšlení a myšlení pro tzv. udržitelný rozvoj, jehož myšlenka by se dala vyjádřit: žijme tak, aby zde v podobných či lepších podmínkách mohli žít i naši potomci. Osobně pochybuji, že je reálné udržet minimálně současný stav, pokud se nezačneme zajímat o skutečné a vážné problémy životního prostředí, které nás obklopují. My je však přes naše osobní problémy nevidíme. GM plodiny nabízejí alternativu, jak pomoci zmírnit dopady našich nároků na planetu. Jsou odmítány kvůli nevědomosti a nevysvětlenému strachu. Brojí proti nim odpůrci na celém světě, ale jsou jednotliví členové pochodů na pole s GM kukuřicí schopni vysvětlit pojem transgenozy, transgen, molekulární farmářství, rekombinace DNA? Jsou schopni pojmenovat, popsat konkrétní nebezpečí či riziko, které pro ně, pro nás, pro přírodu taková „transgenní kukuřice“ představuje? A jsou schopni také připustit či odhadnout, jakému riziku se svět vystavuje, když tyto nové vědecké poznatky, techniky a praktické „produkty“ zavrhnou? Obávám se, že většina z nich nikoliv. Obava je pochopitelná, ale lidé se většinou bojí něčeho, čemu nerozumí. Pokud pomůžeme studentům porozumět, nebudou se bát a mohou pomoci dalším lidem přestat se bát.

ZDROJE

Seznam literatury

ALBERTS, B., D. BRAY, A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS a P. WALTER. *Základy buněčné biologie – Úvod do molekulární biologie buňky*. Vyd. 2. Ústí nad Labem: Espero Publishing, 1998. ISBN 80-902906-2-0.

BAI, CH., R. M. TWYMAN, G. FARRÉ, G. SANAHUJA, P. CHRISTOU, T. CAPELL a Ch. ZHU. A golden era - pro-vitamin A enhancement in diverse crops. *In Vitro Cell Development Biology*. 2011, č. 47, s. 205–221.

BARZEGARI, A., M. A. HEJAZI, N. HOSSEINZADEH, S. ESLAMI, E. M. AGHDAM a M. S. HEJAZI. Dunaliella as an attractive candidate for molecular farming. *Molecular Biology Reports*. 2010, č. 37, s. 3427–3430.

BLISS, F. A. Education and preparation of plant breeders for careers in global crop improvement. *Crop science*. 2007, č. 47, s. 250–261.

BOUČKOVÁ, J. *Marketing*. Vyd. 1. Praha: C. H. Beck, 2003. ISBN 80-7179-577-1.

CAPPELLANO, K. Influencing food choices: nutrition labeling, health claims, and front-of-the-package labeling. *Nutrition Today*. 2009, č. 44, s. 269–273.

CASTIGLIONI, P., D. WARNER, R. J. BENSON, D. C. ANSTROM, J. HARRISON, M. STOECKER, M. ABAD, G. KUMAR, S. SALVADOR, R. D'ORDINE, S. NAVARRO, S. BACK, M. FERNANDES, J. TARGOLLI, S. DASGUPTA, C. BONIN, M. H. LUETHY a J. E. HEARD. Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under waterlimited conditions. *Plant Physiology*. 2008, č. 147, s. 446–455.

DEGENHARDT, J., I. HILTPOLD, T. G. KÖLLNER, M. FREY, A. GIERL, J. GERSHENZON, B. E. HIBBARD, M. R. ELLERSIECK a T. C. J. TURLINGS. Restoring a maize root signal that attracts insect-killing nematodes to control a major pest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2009, č. 106, s. 13213–13218.

DITTRICH, P. *Pedagogicko-psychologická diagnostika*. Vyd. 2. Praha: H+H, 1993. ISBN 80-85467-06-02.

DOUBKOVÁ, Z. *Genetické modifikace – možnosti jejich využití a rizika: Geneticky modifikované organismy – využití ve světě a v České republice*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2008. ISBN 978-80-7212-493-0.

DROBNÍK, J. *Biotechnologie a společnost*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1484-7.

DROBNÍK, J., F. SEHNAL. *White Book genetically modified crops*. Vyd. 1. České Budějovice: Biology Centre of the Academy of Science of the Czech Republic, 2009. ISBN 978-80-86668-05-3.

- DUNWELL, J. M. Foresight project on global food and farming futures: Crop biotechnology: prospects and opportunities. *Journal of Agricultural Science*. 2011, č. 149, s. 17–27.
- EDMEADES, G. O. Drought Tolerance in Maize: an Emerging Reality. *Companion paper to Executive Summary ISAAA Brief No. 39*. 2008.
- FISCHER, R., K. HOFFMANN, S. SCHILLBERG a N. EMANS. Antibody production by molecular farming in plants. *Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents*. 2000, č. 14, s. 83–92.
- FONTANA, D. *Psychologie ve školní praxi: Příručka pro učitele*. Vyd. 3. Praha: Portál, 2010. ISBN 978-80-7367-725-1.
- GOLDMAN, I. L. Molecular breeding of healthy vegetables. *EMBO reports*. 2011, č. 12, s. 96–102.
- GUST, A. A., F. BRUNNER a T. NÜRNBERGER. Biotechnological concepts for improving plant innate immunity. *Current Opinion in Biotechnology*. 2010, č. 21, s. 204–210.
- HARRISON, E. H. Mechanisms of digestion and absorption of dietary vitamin A. *Annual Review Nutral*. 2005, č. 25, s. 87–103.
- CHINNUSAMY, V. a J-K. ZHU. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009, č. 12, s. 133–139.
- CHRÁSKA, M. *Metody pedagogické diagnostiky*. Vyd. 1. Olomouc: PedFUP, 1988.
- KOBLIHOVÁ, K. *GM plodiny, molekulární farmářství, biofortifikace – inovace gymnaziálního učiva biologie*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. Zdeněk Opatrný, CSc.
- KOČÁREK, E. *Genetika*. Vyd. 1. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-326-6.
- KREISLOVÁ, G. *Dotazníkové šetření*. Plzeň, 2008. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Kateřina Vokáčová.
- KŘÍSTKOVÁ, M. *Dosavadní zkušenosti s pěstováním geneticky modifikované Bt kukuřice v ČR*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009. ISBN 978-80-7084-871-5.
- KUMAR, S. V. a P. A. WIGGE. H2A.Z-containing nucleosomes mediate the thermosensory response in *Arabidopsis*. *Cell*. 2010, č. 140, s. 136–147.
- LEPIL, O. *Teorie a praxe tvorby výukových materiálů* [online]. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010 [cit. 2012-02-25]. Zvyšování kvality vzdělávání učitelů přírodovědných předmětů. ISBN 978-80-244-2489-7. Dostupné z: <http://zvyp.upol.cz/publikace/lepil.pdf>

- LICO, Ch., S. BASCHIERI, C. MARUSIC a E. BENVENUTO. Molecular farming for antigen (vaccine) production in plants. *Springer*. 2007, s. 417–433.
- LIU, J., J. V. MAGALHAES, J. SHAFF a L. V. KOCHIAN. Aluminum-activated citrate and malate transporters from the MATE and ALMT families function independently to confer Arabidopsis aluminum tolerance. *Plant Journal*. 2009, č. 57, s. 389–399.
- PAPDI, C., M. P. JOSEPH, I. P. SALAMÓ, S. VIDAL a L. SZABADOS. Genetic technologies for the identification of plant genes controlling environmental stress responses. *Functional Plant Biology*. 2009, č. 36, s. 696–720.
- PASH, M., T. G. GARDNER, G. M. LANGEROVÁ, A. J. STARKOVÁ a CH. D. MOODYOVÁ. *Od vzdělávacího programu k vyučovací hodině: jak pracovat s kurikulem*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7367-054-2.
- PAVLOVÁ, L. *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0985-1.
- PELIKÁN, J. *Základy empirického výzkumu pedagogických jevů*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 978-80-7184-569-0.
- PETTY, G. *Moderní vyučování*. Vyd. 5. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-427-4.
- POTRYKUS, I. Regulation must be revolutionized. *Nature*. 2010, č. 466, s. 561.
- POTRYKUS, I. Golden rice and beyond. *Plant Physiology*. 2001, č. 158, s. 1157–1161.
- PRICE, D. R. G. a J. A. GATEHOUSE. RNAi-mediated crop protection against insects. *Trends in Biotechnology*. 2008, č. 26, s. 393–400.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický, 2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
- RONALD, P. Plant Genetics, Sustainable Agriculture and Global Food Security. *Genetics*. 2011, č. 188, s. 11–20.
- RYAN, P. R., H. RAMAN, S. GUPTA, W. J. HORST a E. DELHAIZE. A second mechanism for aluminum resistance in wheat relies on the constitutive efflux of citrate from roots. *Plant Physiology*. 2009, č. 149, s. 340–351.
- ŘÍČAN, P. *Psychologie: příručka pro studenty*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-7178-923-2.
- STUDHOLME, D. J., E. KEMEN, D. MACLEAN, S. SCHORNACK a V. ARITUA. Genome-wide sequencing data reveals virulence factors implicated in banana Xanthomonas wilt. *FEMS Microbiology Letter*. 2010, č. 310, s. 182–192.
- ŠVECOVÁ, M., J. VÁŇA, V. VANČATA, J. PETR, I. MAZURA a K. BLAŽOVÁ. *Nové směry v biologických oborech a jejich speciálních didaktikách I*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1010-8.
- TINLAND, B. The integration of T-DNA into plant genome. *Trends Plant Science*. 1996, s. 178–184

TWYMAN, R. M., E. STOGER, S. SCHILLBERG, P. CHRISTOU a R. FISCHER. Molecular farming in plants: host systems and expression technology. *Trends in Biotechnology*. 2003, č. 21, s. 570–577.

YE, X., S. AL-BABILI, A. KLOTI, J. ZHANG, P. LUCCA, P. BEYER a I. POTRYKUS. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*. 2000, č. 287, s. 303–305.

ZHU C., S. NAQVI, S. GOMEZ-GALERA, A. M. PELACHO, T. CAPELL a P. CHRISTOU. Transgenic strategies for the nutritional enhancement of plants. *Trends of Plant Science*. 2007, č. 12, s. 548–555.

Seznam internetových zdrojů

agris.cz, 2012:

GM brambory se na česká pole nevrátí, BASF s nimi míří do Ameriky. *Agris.cz - agrární www portál* [online]. 7. 3. 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/174958>

biotrin.cz, 2012

Biotrin [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://biotrin.cz/czpages/index.htm>

cizp.cz, 2011

GMO 2011. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. 19. 8. 2011 [cit. 2011-11-28]. Dostupné z http://www.cizp.cz/3039_GMO-2011.

gchd.cz, 2010

Gymnázium Christiana Dopplera. *Gchd.cz* [online]. c2010 [cit. 2011-11-24]. Dostupné z <http://gchd.cz/matematika-a-zive-jazyky>.

gymbot.cz, 2011

Učební plán. *Gymbot.cz* [online]. 2007-2011 [cit. 2011-06-16]. Dostupné z: <http://www.gybot.cz/o-skole/ucebni-plan/>.

kavalirka.cz, 2009

Vybrané kapitoly ŠVP GV. 2009. Dostupné z: <http://kavalirka.cz/index.php?map=download>

klatovynet.cz, 2012

Informace o studiu. *Klatovynet.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-06-16]. Dostupné z: <http://www.klatovynet.cz/gymkt/user/2010/ucebniplany2010.pdf>.

molecularfarming.com, 2012

MolecularFarming [online]. 2012 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.molecularfarming.com/news2.html>

mzp.cz, 2008-2012

Registr povolených geneticky modifikovaných organismů. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/registr_povolenych_geneticky_modifikovanych_organismu

osn.cz, 2011

Svět sedmi miliard. *OSN.cz* [online]. 27. 10. 2011 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.osn.cz/zpravodajstvi/zpravy/zprava.php?id=1726>

vuppraha.cz, 2009

Gymnaziální vzdělávání. *Výzkumný ústav pedagogický* [online]. 28. 12. 2009 [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: <http://www.vuppraha.cz/ramcove-vzdelavaci-programy/gymnazialni-vzdelavani>

Zákon č. 78/2004 Sb., 2004

Zákon č. 78/2004 Sb.o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty. In: 2004. Dostupné z:

<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/538509b51d97a94fc125690b00263a23?OpenDocument>

Zákon č. 121/2000, 2000

Zákon č. 121/2000 Sb.: o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon). In: <http://www.zakonycr.cz/seznamy>. 2000. Dostupné z:

[http://www.zakonycr.cz/seznamy/121-2000-sb-zakon-o-pravu-autorskem-o-pravech-souvisejicich-s-pravem-autorsky-m-a-o-zmene-nekterych-zakonu-\(autorsky-zakon\).html](http://www.zakonycr.cz/seznamy/121-2000-sb-zakon-o-pravu-autorskem-o-pravech-souvisejicich-s-pravem-autorsky-m-a-o-zmene-nekterych-zakonu-(autorsky-zakon).html)

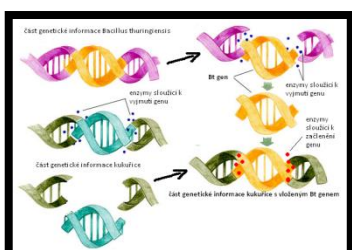
Zdroje obrázků použité v informačním textu



<http://www.osel.cz/index.php?clanek=188>



<http://gnosis9.net/view.php?cisloclanku=2005060015>



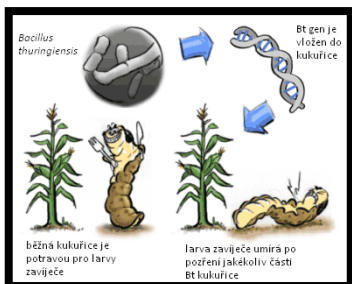
upraveno podle:

<http://www.ces.ncsu.edu/resources/crops/ag546-1/>



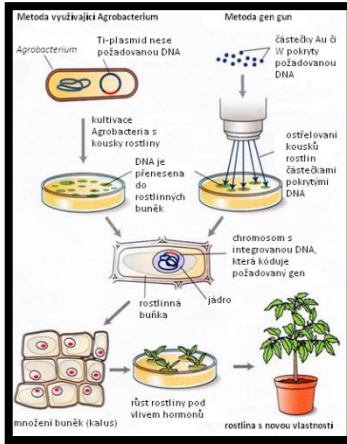
upraveno podle:

<http://alexneonakis.blogspot.com/2011/06/places-funding-reward-justin-ford.html>



upraveno podle:

<http://www.scq.ubc.ca/plant-breeding-versus-plant-genetics/>



upraveno podle:

<http://lifeofplant.blogspot.com/2011/04/recombinant-dna-technology.html>

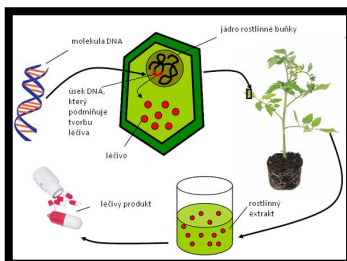


[http://www.dailymail.co.uk/news/article-](http://www.dailymail.co.uk/news/article-1284048/Minister-Britain-open-door-Frankenstei-food.html)

[1284048/Minister-Britain-open-door-Frankenstei-food.html](http://www.dailymail.co.uk/news/article-1284048/Minister-Britain-open-door-Frankenstei-food.html)



<http://thugtooth.net/2007/07/21/new-evidence-establishes-dangers-of-roundup/>



upraveno podle:

[http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-](http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-%E2%80%93-how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/)

[%E2%80%93how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/](http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-%E2%80%93-how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/)



<http://www.futurity.org/science-technology/global-effort-needed-to-feed-the-world/>

PŘÍLOHY

I Dotazník

Dotazník - Geneticky modifikované organismy

Prosím, o vyplnění následujícího dotazníku, který je součástí diplomové práce zpracovávané na katedře experimentální biologie rostlin PŘF UK v Praze. Cílem práce je vytvořit inovativní text pro studenty středních škol obsahující nové poznatky v oblasti biologie. Dotazník je **anonymní**.

Děkuji za Váš čas a spolupráci.

Kateřina Koblihová, PŘF UK, obor Učitelství biologie a chemie pro SŠ

Typ školy (G, SOŠ, SOU): Adresa školy:
Datum: Jste muž/žena. (Nehodící se škrtněte)
Věk: Třída:
Ohodnoťte od 1 do 5 svůj zájem o biologii (1 = jeden z mých nejoblíbenějších předmětů, 5 = nemám biologii rád)

U otázek s více možnostmi, vyberte prosím vždy **jen jednu odpověď**.

1. Domníváte se, že se ve škole dozvíte o současných biologických novinkách?

- a) Ano
- b) Ne
- c) Biologie mě nebaví, takže se o novinky nezajímám.
- d) Ne, ale informace si zjišťuji samostatně z (doplňte)

2. Co si představujete pod pojmem genetická modifikace?

3. Uveďte příklady organismů, o kterých víte nebo si myslíte, že jsou na nich prováděny genetické modifikace.

4. V čem spočívá tzv. transgenoz?

- a) Jedná se o genetickou techniku, kdy jsou zmanipulovány buňky organismu pomocí toxinu.
- b) Jedná se o vnesení cizí genetické informace do organismu, pro který není tato genetická informace původní.
- c) Jedná se o vnesení genetické informace do organismu, pro který je tato genetická informace původní. Jinak by došlo k nepřijetí této informace cílovým organismem
- d) Transgenoz se zatím provádí pouze na rostlinách. Jde o přenos pylu z jednoho druhu rostliny na jiný.
- e) Nevím.

5. Slyšel/a jste někdy o geneticky modifikovaných (GM) plodinách (rostlinách)?

- a) Ano, tento pojem znám z/od (doplňte)
- b) Ne
- c) Nepamatuji si

6. Co znamená, když se řekne, že je rostlina geneticky modifikovaná?

- a) Genotyp rostliny je cíleně změněn.
- b) Celé dva genotypy dvou rostlin jsou sloučeny dohromady.
- c) Příkladem genetické modifikace u rostlin je roubování.
- d) Nevím.

7. Proč myslíte, že lidé začali genetické modifikace u rostlin provádět?

- a) Protože už nám docházejí zásoby semen rostlin, které nyní běžně pěstujeme.
- b) Myslím, že genetické modifikace probíhají pouze v laboratoři. Vědci se snaží zjistit, co daný gen zajišťuje. Na běžném trhu se takové rostliny neobjevují.
- c) Genetické modifikace mohou zajistit vyšší respiraci rostlin a tím navýšit energetické zisky, které z nich člověk získá.
- d) Z důvodu zvýšení odolnosti rostlin vůči různým stresovým faktorům. Rostliny poté vynášejí více biomasy či vytvářejí nové látky a tím se zvyšují zisky, které z nich člověk má.
- e) Aby se zemědělství stalo šetrnějším k přírodě.

8. Pěstují se GM plodiny také v České republice?

- a) Ano, uveďte příklady.....
- b) Ne
- c) Nevím

9. Zajímá Vás téma GM plodin?

- a) Ne
- b) Ano
- c) Jen okrajově

10. Domníváte se, že existují rizika spojená s genetickými modifikacemi rostlin?

- a) Ano, uveďte která.....
- b) Ne, uveďte proč.....
- c) Nevím

11. Myslíte si, že mohou být GM plodiny do budoucna lidstvem využívány?

- a) Myslím, že to k ničemu není.
- b) Myslím, že mohou být využity.
- c) Nezajímá mě to.
- d) Nevím, co jsou GM plodiny.

12. Myslíte si, že může být rostlinám pomocí genetických manipulací přikázáno, aby produkovaly látky, které by přirozeně nikdy neprodukovaly, např. lidské hormony?

- a) To těžko, ani náhodou.
- b) Ano, něco takového se již provádí.
- c) Zajímá mě to, ale nevím.
- d) Nezajímá mě to.

13. Co znamená pojem jedlá vakcína?

- a) Léčivo, které je zavedeno do některých poživatin, např. banánu či bramboru.
- b) Jakákoliv léčivá látka, která se podává ústy.
- c) Ovoce nebo zelenina, protože pomáhají předcházet některým nemocem.
- d) Nic. Vakcína nemůže být snědena, protože by ji rozložilo kyselé pH v žaludku.

- 14. Slyšel/a jste někdy o tzv. zlaté rýži? Dokázal/a byste říci, co to znamená?**
- a) Ne, nikdy jsem o tom neslyšel/a.
 - b) Ano, jedná se o rýži, která je rychleji uvařená než normální rýže.
 - c) Ano, jedná se o rýži, která obsahuje více beta karotenu (prekurzor pro retinol), což ve svém důsledku může zabránit slepotě.
 - d) Ano, ale nevím, co to znamená.
- 15. Domníváte se, že je správné provádět výzkumy v oblasti genetických modifikací rostlin?**
- a) Ano
 - b) Ne
 - c) Nevím
- 16. Domníváte se, že je vhodné zavádět výsledky výzkumu v oblasti genetických modifikací rostlin do praxe?**
- a) Ano, protože (doplňte).....
 - b) Ne, protože (doplňte)....
 - c) Nevím
- 17. Většina Evropy má ke GM plodinám, na rozdíl od mnoha států Ameriky či Asie odmítavý postoj. Myslíte si že:**
- a) Evropané jsou uvážlivější a správně hodnotí možná rizika využití GM.
 - b) Evropané věří spíše fámám o nebezpečnosti GM a nikoliv vědeckým faktům
 - c) Pro Evropu nepředstavují GM žádný přínos ani ekonomický ani ekologický.
 - d) Nevím o tom a nepovažuji za nutné o tom přemýšlet.

II Informační text pro studenty

verze pro tisk

GM plodiny

Slyšeli jste už někdy o růžových banánech či chodících slunečnicích? Slyšeli jste o geneticky modifikované kukuřici, která zamořuje naše pole, obsahuje vysoce toxické látky a je pro každého řádného občana potenciální hrozbou? Ať ano, či ne nyní máte možnost se o těchto a jiných záležitostech dozvědět.

Co jsou GM rostliny?

Geneticky modifikované rostliny (GM rostliny) jsou takové rostliny, kterým je pomocí molekulárně-biologických technik cíleně uměle změněn genotyp. Jak již víme z genetiky, genotyp je soubor všech genů v buňce. Geny podmiňují různé vlastnosti jako je např. barva květů u rostlin, jejich velikost, reakce na stres apod. Geny jsou děděny z generace na generaci. Stejně jako jste si v některých rysech podobní se svými rodiči (barva vlasů, očí, tělesná výška atd.) i rostliny si předávají z generace na generaci určité vlastnosti. Genetické modifikace spočívají ve vkládání cizích genů (transgenů) do genotypu rostliny. Změnu genotypu jsme schopni provádět s jinými organismy (bakterie, kvasinky, živočichové).

Šlechtění rostlin

Proč lidé zasahují do přirozeného genového toku přírody a pletou se tak do věcí, které v mnohém přesahují jejich chápání? Vzpomeňte si, co je šlechtění rostlin a proč jej lidé začali před mnoha staletími provádět. Lidé odjakživa využívají rostliny k nejrůznějším účelům. Vypozorovali, že některé rostliny jsou lepší (vyšší, odolnější, produkující více semen, vytvářející větší plody....) než jiné. Takové rostliny opatrovali a cíleně je spojovali (křížili) s jinými výhodnými rostlinami. Tak se zrodilo šlechtění. Dnes prováděné genetické modifikace můžeme považovat za další krok šlechtění. Opět zasahujeme a měníme genetickou výbavu jen mnohem přesněji a rychlejšími metodami.

Čím se liší „běžné šlechtění“ od tvorby GM rostlin?

Běžné neboli konvenční šlechtění bylo v celé dosavadní lidské historii založeno na dvou základních technikách. Na využívání „přirozeně“ či „uměle“ vzniklých dědičných odchylek – mutací a na vzájemném, cíleném křížení rostlin. Pomocí UV záření či chemikálií můžeme ve velkém navozovat procesy, které jinak spontánně provádí „příroda“. Vyvoláváme v genotypu mutace. Tyto mutace způsobují změnu ve vzhledu rostliny, v reakci rostliny na stres nebo na změnu vnějších podmínek apod. Mutageneze je ale necílená, vzniklá změna je velmi často nežádoucí. U rostlin zatím skoro není možné ovlivnit, kde přesně (v jakém místě genetické informace) k mutaci dojde a co tedy způsobí. Tvorba GM plodin je prováděna pomocí plasmidu z bakterie *Agrobacteria*, do kterého je včleněn gen, který chceme do rostliny přenést. Druhá metoda spočívá v ostřelování buněk kuličkami zlata či wolframu, které jsou potaženy DNA, kterou chceme do rostliny začlenit.

Co genetické modifikace dokážou? Transgeny.

Ani v případě přípravy transgenních rostlin téměř neumíme umístit cizí gen na předem určené místo jejich genotypu. Ale přenášíme určitý, přesně definovaný gen, určitou známou vlohou. Dokážeme rostlinám podsunout naprosto cizí geny tzv. transgeny. Můžeme tedy pomocí takových genetických úprav přikázat rostlinám, aby dělaly, co chceme my. A co jim – a tedy i nám – bude k užítku. Změníme genotyp rostliny, zasadíme jí a ona se bude řídit námi naprogramovaným scénářem. Rozhodně to není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát. Vědci se potýkají s mnoha překážkami, které možná nikdy nezdolají. Pravděpodobně nikdy nenaučíme slunečnice chodit ani kukuřici požírat lidi. Naštěstí! Na druhou stranu umí dnešní věda s geny mnohé. Především se snažíme, aby změna, kterou vyvoláme dodáním jiného genu, způsobila, že bude změněná (transformovaná) rostlina odolnější a tím pádem bude produkovat více semen, plodů a biomasy obecně. Vytváříme tak rostliny odolné proti škůdcům, herbicidům, suchu.. Transgeny nejsou uměle vytvořeny vědci v laboratoři, ale jejich sekvence pochází z přírody od jiného organismu (jiný druh rostliny, bakterie, živočich).

Geneticky modifikovaná kukuřice = smrt pro zavíječe!

Připomíná vám zkratka **Bt** něco, co už jste v souvislosti s GM plodinami slyšeli? V České republice je od roku 2005 na některých polích pěstována Bt kukuřice. Jedná se o geneticky modifikovanou kukuřici, která ve svém genotypu obsahuje bakteriální gen pro Bt toxin. Nejedná se o žádný uměle vytvořený smrtící jed, ale o látku běžně se nacházející v přírodě. Pochází z bakterie *Bacillus thuringiensis*, (odtud zkratka **Bt**) častého parazita až hubitele různého hmyzu – motýlů, komárů, much, či brouků, zejména jejich larev. Tento toxin je specifický, to znamená, že je toxický jen pro některé organismy. Pro obratlovce a jiné bezobratlé je naprosto neškodný. My savci se tedy nemusíme ničeho bát, protože nám nemůže jakkoliv ublížit. K tomu, aby mohl Bt toxin škodit, potřebuje receptor, který se nachází ve střevě některých zástupců skupiny hmyzu *Lepidoptera* (motýli, můry – škodí hlavně jejich larvám). Právě ona vysoká specifita je důvodem, proč různé Bt postřiky jsou již desítky let doporučovány k použití i ekologickým zemědělcům, jako tzv. biopesticidy.

Larva zavíječe se zakousne do kukuřice, sousto putuje trávicím traktem larvy do střeva, kde narazí na příslušný receptor a za pár dní larva zemře. Proč vědci takový toxin vkládají do kukuřice a následně nás s ním krmí? Kukuřice je často napadána larvami zavíječe kukuřičného, který způsobuje obrovské ztráty výnosů a vytváří prostor pro infekci kukuřice jinými organismy např. plísněmi (ty produkují mykotoxiny, které pro nás opravdu jedovaté být mohou). Aby se zemědělci zavíječe zbavili, stříkají na pole neselektivní (nespecifické, široce působící) insekticidy, které kromě zavíječe hubí desítky dalších hmyzích druhů. Pravda, mohou použít i Bt postřik, který obsahuje výše zmíněný Bt toxin z *Bacilla thuringiensisa*, ten je ale jednak drahý, jednak účinkuje jen na určité stadium škůdce. A co když mezi tím zaprší či vítr postřik odfouká? Pokud si ale kukuřice po vnesení Bt genu vyrábí toxin sama, je pro škůdce hrozbou trvalou. Sama rostlina tak zavíječe zahubí. Jen pro úplnost dodejme, že Bt kukuřice pěstovaná v České republice neslouží k potravinářským účelům (čili naši farmáři nás nekrmí „toxickou“ kukuřicí), ale jako krmivo pro hospodářská zvířata či k technickým účelům (výroba bioethanolu, bioplynu). Dáte-li si ale v kině popcorn z kukuřice dovážené, můžete si být téměř jisti, že je to ta bétéčková. Celý svět ji konzumuje ve zdraví již téměř dvacet let

Roundup – totální likvidátor všeho (?) zeleného

Plodiny na polích mají kromě hmyzích parazitů a jiných živočichů ještě jednoho nepřítele a tím jsou ostatní rostliny. Jistě jste velmi nespokojeni, když vám na zahrádce mezi jahodami roste různý plevel. Možná už vás přestalo bavit neustále trávy a jiné rostliny vytrhávat a rozhodli jste se na ně použít chemii. Na polích zemědělci rozhodně netrhají jednotlivé rostliny plevele, ale plošně používají chemii – tedy herbicidy. Desítky let je využívána chemii, po které zůstávají v půdě různá residua a menšími či většími vlivy na okolní prostředí. Do určité míry rozeznávají používané herbicidy rostliny dvouděložné (většina plevelů) od jednoděložných (trávy, tedy hlavně obiloviny). Alternativním moderním herbicidem je např. Roundup (obsahující glyfosát), který patří mezi tzv. totální herbicidy, což znamená, že si nevybírám, která rostlinka mu padne za oběť, ale zničí je všechny. V půdě se však velmi rychle rozloží a nezanechá žádná „zdraví škodlivá residua“. Neuškodí ani nám, ani jiným živočichům. Chemicky se jedná o fosforylovanou základní aminokyselinu glycin. Pokud postříkáme pole s našimi plodinami Roundupem, zahynou samozřejmě také. Ale vědci již dokázali vytvořit řadu GM rostlin ke glyfosátu, či několika jiným totálním herbicidům, imunních. Z nich je asi nejznámější a na milionech hektarů ve světě pěstovaná Roundup Ready sója. V Evropě se téměř nepěstuje, ale bez GM sojové moučky z jižní či severní Ameriky by se naprosto zhroutila evropská živočišná výroba.

Ochočené rostliny vyprodukují cokoliv

Sami jistě vymyslíte, jakými různými způsoby rostliny využíváme. Používáme je jako zdroj potravy, vyrábíme z nich papír, nábytek, mícháme je do krémů a různé jiné kosmetiky, používáme je jako léčiva. Ve všech těchto případech ovšem využíváme látky, či suroviny rostlinám vlastní. Vědci ale zhruba před 25 lety přišli s nápadem využívat rostliny i pro syntézu látek „nerostlinných“. Využívat je jako továrnu, tvořící nejrozumnější metabolity podle cizorodých, bakteriálních, živočišných či dokonce lidských genů. Tak se zrodilo tzv. molekulární farmářství. Molekulární farmářství spočívá ve snaze donutit rostliny k velkoprodukcii látek, které buď přirozeně produkují, ale v malé míře, či k produkci látek, které by nikdy samy od sebe neprodukovaly.

Uvedeme si konkrétní příklady. Vezmeme si slunečnici, vložíme do ní transgen, který bude podmiňovat produkci lidského hormonu inzulínu. Slunečnice vyrostou na poli, sklídíme je a následně z nich vyizolujeme inzulín, který poté podáme pacientům s diabetem. Sci-Fi? Omyl. Výše popsáno je už realitou – zatím však bez konečného prodeje pacientům. Nebo něco jiného. Infikujeme špenát virem a on následně slouží jako vakcína proti vzteklině. Transformujeme rajče a můžeme jej použít jako orálně podávanou vakcínu proti hepatitidě B. Slyšeli jste o pavoučím vlákně, které unese obrovskou váhu např. letadlo? V tabáku, brambore a vojtěšce bylo syntetizováno pavoučí vlákno pavouka nefily kyjonohé (*Nephila clavipes*), které je svou obrovskou pevností známo. Rozšířili jsme repertoár využití rostlin.

Nemáme peníze a nemáme dostatek vitamínů, co s tím?

Celosvětově vykazuje více než 4 miliony dětí výživový nedostatek vitamínu A. Z nich 250 000 až 500 000 ročně částečně nebo úplně oslepne. V těhotenství je pro ženy dostatek vitamínu A nezbytný. V současné době má nedostatek vitamínu A v těhotenství přes 20 milionů žen rozvojových zemí, přičemž ročně na tento nedostatek umírá 600 000 dětí. Vědci se snažili situaci napravit. V rozvojových zemích je hojně konzumována rýže. Pomocí genetického inženýrství byla vytvořena tzv. zlatá rýže (Golden Rice), která obsahovala více beta-karotenu, než normální rýže (beta-karoten je červené barvivo; odtud název zlatá rýže – rýže se zbarvila vyšší koncentrací beta-karotenu do žluto-červena). Beta-karoten je provitamin vitamínu A. Jeho přestavbou vzniká v těle konzumenta vitamín A, který pozitivně působí např. na rhodopsin (zrakový pigment citlivý na světlo). Takovým zásahům, kdy se snažíme o navýšení výživové složky plodiny, říkáme rostlinné biofortifikace. Že tuhle rýži ještě na trhu nepotkáte, ač je „hotová“ již desítku let? Že proto dál miliony dětí slepnou či umírají? To ale již není dluh vědy, nýbrž politiky. A obecné neznalosti přínosů GM rostlin, vedoucí k snadné manipulaci veřejným míněním, zvláště tím evropským. Stojí vám za to se o GM technologiích dozvědět víc nebo ne?

GM plodiny

Slyšeli jste už někdy o růžových banánech či chodících slunečnicích? Slyšeli jste o geneticky modifikované kukuřici, která zamořuje naše pole, obsahuje vysoce toxické látky a je pro každého řádného občana potenciální hrozbou? Ať ano, či ne nyní máte možnost se o těchto a jiných záležitostech dozvědět.



Obr. 1 GM plodiny – hrozba ano či ne?

Co jsou GM rostliny?

Geneticky modifikované rostliny (GM rostliny) jsou takové rostliny, kterým je pomocí molekulárně-biologických technik cíleně uměle změněn genotyp. Jak již víme z genetiky, genotyp je soubor všech genů v buňce. Geny podmiňují různé vlastnosti jako je např. barva květů u rostlin, jejich velikost, reakce na stres apod. Geny jsou děděny z generace na generaci. Stejně jako jste si v některých rysech podobní se svými rodiči (barva vlasů, očí, tělesná výška atd.) i rostliny si předávají z generace na generaci určité vlastnosti. Genetické modifikace spočívají ve vkládání cizích genů (transgenů) do genotypu rostliny. Změnu genotypu jsme schopni provádět s jinými organismy (bakterie, kvasinky, živočichové).



Obr. 2 Běžná kukuřice X GM kukuřice. Kukuřice vlevo je běžná kukuřice, která je napadena parazity. Kukuřice vpravo je GM kukuřice (tzv. Bt kukuřice), která je vůči parazitům odolná.

Šlechtění rostlin

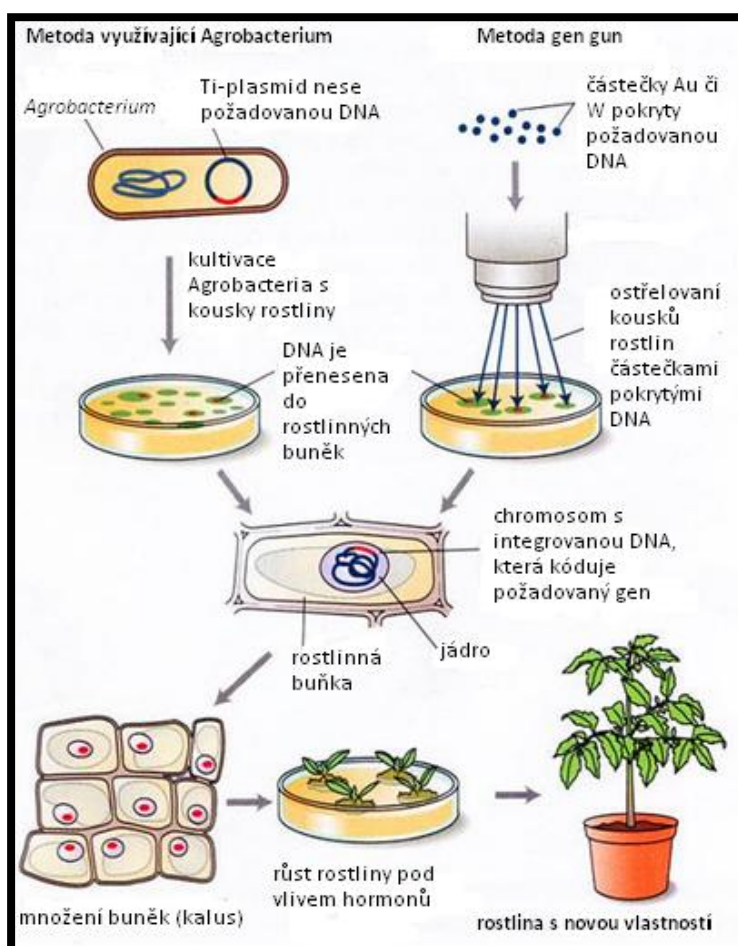
Proč lidé zasahují do přirozeného genového toku přírody a pletou se tak do věcí, které v mnohém přesahují jejich chápání? Vzpomeňte si, co je šlechtění rostlin a proč jej lidé začali před mnoha staletími provádět. Lidé odjakživa využívají rostliny k nejrůznějším účelům. Vyzorovali, že některé rostliny jsou lepší (vyšší, odolnější, produkující více semen, vytvářející větší plody...) než jiné. Takové rostliny opatrovali a cíleně je spojovali (křížili) s jinými výhodnými rostlinami. Tak se zrodilo šlechtění. Dnes prováděné genetické modifikace můžeme považovat za další krok šlechtění. Opět zasahujeme a měníme genetickou výbavu jen mnohem přesněji a rychlejšími metodami.



Obr. 3 Šlechtili jsme odjakživa.

Čím se liší „běžné šlechtění“ od tvorby GM rostlin?

Běžné neboli konvenční šlechtění bylo v celé dosavadní lidské historii založeno na dvou základních technikách. Na využívání „přirozeně“ či „uměle“ vzniklých dědičných odchylek – mutací a na vzájemném, cíleném křížení rostlin. Pomocí UV záření či chemikálií můžeme ve velkém navozovat procesy, které jinak spontánně provádí „příroda“. Vyvoláváme v genotypu mutace. Tyto mutace způsobují změnu ve vzhledu rostliny, v reakci rostliny na stres nebo na změnu vnějších podmínek apod. Mutageneze je



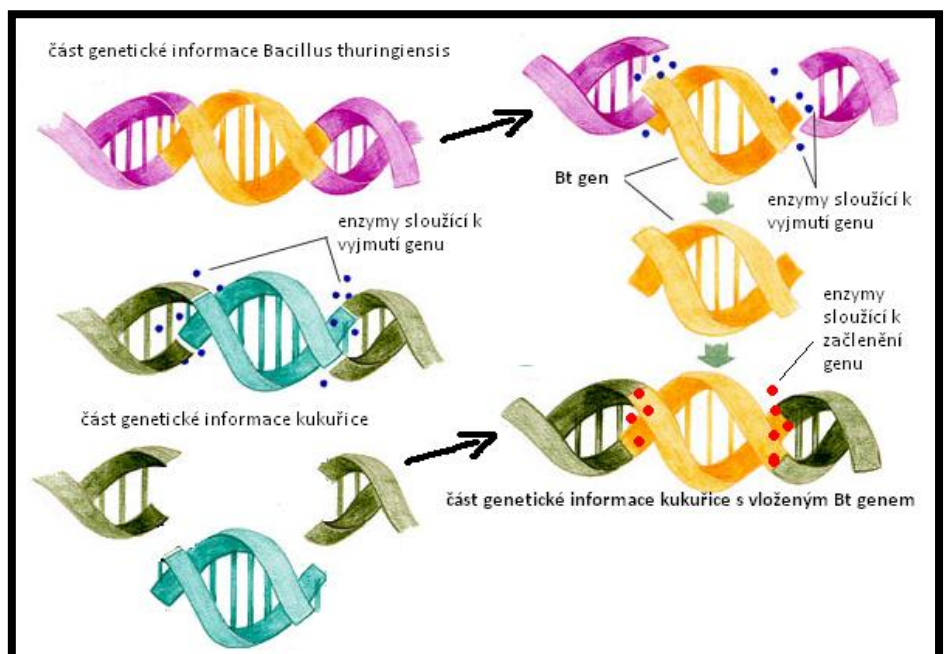
Obr. 4 Metody, kterými začleňujeme novou DNA do rostliny. *Agrobacterium* je běžná půdní bakterie vyvolávající pomocí tzv. Ti-plasmidu (Tumor including plasmid) nádory u rostlin. Při gen gun metodě dochází k ostřelování rychle letícími částicemi zlata či wolframu, které jsou pokryty DNA.

ale necílená, vzniklá změna je velmi často nežádoucí. U rostlin zatím skoro není možné ovlivnit, kde přesně (v jakém místě genetické informace) k mutaci dojde a co tedy způsobí. Tvorba GM plodin je prováděna pomocí plasmidu z bakterie *Agrobacteria*, do kterého je včleněn gen, který chceme do rostliny přenést. Druhá metoda spočívá v ostřelování buněk kuličkami zlata či wolframu, které jsou potaženy DNA, kterou chceme do rostliny začlenit.

Co genetické modifikace dokážou? Transgeny.

Ani v případě přípravy transgenních rostlin téměř neumíme umístit cizí gen na předem určené místo jejich genotypu. Ale přenášíme určitý, přesně definovaný gen, určitou známou vložku. Dokážeme rostlinám podsunout naprosto cizí geny tzv. transgeny. Můžeme tedy pomocí takových genetických úprav přikázat rostlinám, aby dělaly, co chceme my. A co jim – a tedy i nám – bude k užítku. Změníme genotyp rostliny, zasadíme jí a ona se bude řídit námi naprogramovaným scénářem. Rozhodně to není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát. Vědci se potýkají s mnoha překážkami, které možná nikdy nezdolají. Pravděpodobně nikdy nenaučíme slunečnice chodit ani kukuřici požírat lidi. Naštěstí! Na druhou stranu umí dnešní věda s geny mnohé. Především se snažíme, aby změna, kterou vyvoláme dodáním jiného genu, způsobila, že bude změněná (transformovaná) rostlina odolnější a tím pádem bude produkovat více semen, plodů a biomasy obecně. Vytváříme tak

rostliny odolné proti škůdcům, herbicidům, suchu. Transgeny nejsou uměle vytvořeny vědci v laboratoři, ale jejich sekvence pochází z přírody od jiného organismu (jiný druh rostliny, bakterie, živočich).



Obr. 5 Schéma vzniku GM plodin začleňováním transgenů. Do genetické informace kukuřice je vložen gen pocházející z bakterie tzv. Bt gen, který podmiňuje tvorbu Bt-toxinu

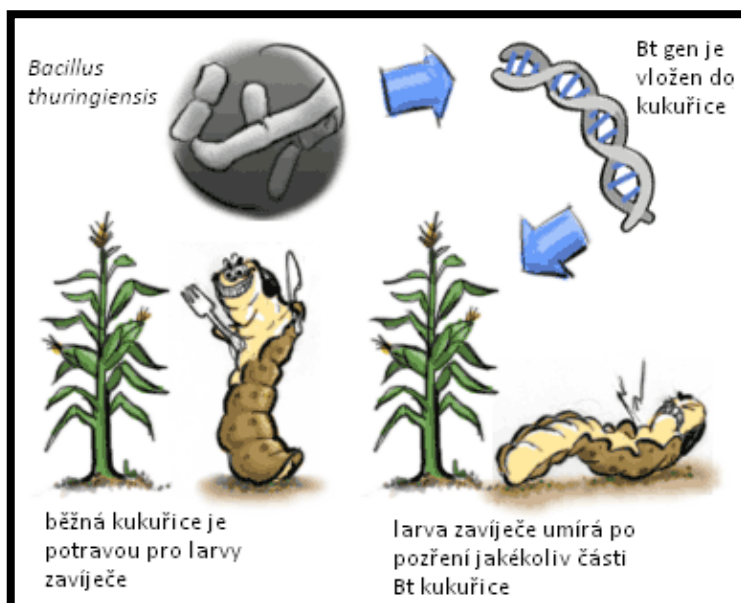
Geneticky modifikovaná kukuřice = smrt pro zavíječe!

Připomíná vám zkratka **Bt** něco, co už jste v souvislosti s GM plodinami slyšeli? V České republice je od roku 2005 na některých polích pěstována Bt kukuřice. Jedná se o geneticky modifikovanou kukuřici, která ve svém genotypu obsahuje bakteriální gen pro Bt toxin. Nejedná se o žádný uměle vytvořený smrtící jed, ale o látku běžně se nacházející v přírodě. Pochází z bakterie *Bacillus thuringiensis*, (odtud zkratka



Obr. 6 Larva zástupce *Lepidoptera* požírá kukuřici

Bt) častého parazita až hubitele různého hmyzu – motýlů, komárů, much, či brouků, zejména jejich larev. Tento toxin je specifický, to znamená, že je toxický jen pro některé organismy. Pro obratlovce a jiné bezobratlé je naprosto neškodný. My savci se tedy nemusíme ničeho bát, protože nám nemůže jakkoliv ublížit. K tomu, aby mohl Bt toxin škodit, potřebuje receptor, který se nachází ve střevě některých zástupců skupiny hmyzu *Lepidoptera* (motýli, můry – škodí hlavně jejich larvám). Právě ona vysoká specifita je důvodem, proč různé Bt postřiky jsou již desítky let doporučovány k použití i ekologickým zemědělcům, jako tzv. biopesticidy.



Obr. 7 Běžná kukuřice je potravou pro larvy zavíječe. Pokud larva pozře část Bt kukuřice, dojde k jejímu úhynu.

Larva zavíječe se zakousne do kukuřice, sousto putuje trávicím traktem larvy do střeva, kde narazí na příslušný receptor a za pár dní larva zemře. Proč vědci takový toxin vkládají do kukuřice a následně nás s ním krmí? Kukuřice je často napadána larvami zavíječe kukuřičného, který způsobuje obrovské ztráty výnosů a vytváří prostor pro infikaci kukuřice

jinými organismy např. plísněmi (ty produkují mykotoxiny, které pro nás opravdu jedovaté být mohou). Aby se zemědělci zavíječe zbavili, stříkají na pole neselektivní (nespecifické, široce působící) insekticidy, které kromě zavíječe hubí desítky dalších hmyzích druhů. Pravda,

mohou použít i Bt postřik, který obsahuje výše zmíněný Bt toxin z *Bacilla thuringiensis*, ten je ale jednak drahý, jednak účinkuje jen na určité stadium škůdce. A co když mezi tím zaprší či vítr postřik odfouká? Pokud si ale kukuřice po vnesení Bt genu vyrábí toxin sama, je pro škůdce hrozbou trvalou. Sama rostlina tak zavíječe zahubí. Jen pro úplnost dodejme, že Bt kukuřice pěstovaná v České republice neslouží k potravinářským účelům (čili naši farmáři nás nekrmí „toxickou“ kukuřicí), ale jako krmivo pro hospodářská zvířata či k technickým účelům (výroba bioethanolu, bioplynu). Dáte-li si ale v kině popcorn z kukuřice dovážené, můžete si být téměř jisti, že je to ta bétěčková. Celý svět ji konzumuje ve zdraví již téměř dvacet let ...

Roundup – totální likvidátor všeho (?) zeleného

Plodiny na polích mají kromě hmyzích parazitů a jiných živočichů ještě jednoho nepřítele a tím jsou ostatní rostliny. Jistě jste velmi nespokojeni, když vám na zahrádce mezi jahodami roste různý plevel. Možná už vás přestalo bavit neustále trávy a jiné rostliny vytrhávat a rozhodli jste se na ně použít chemii. Na polích zemědělci rozhodně netrhají jednotlivé rostliny plevele, ale plošně používají chemii – tedy herbicidy. Desítky let je využívána chemii, po které zůstávají v půdě



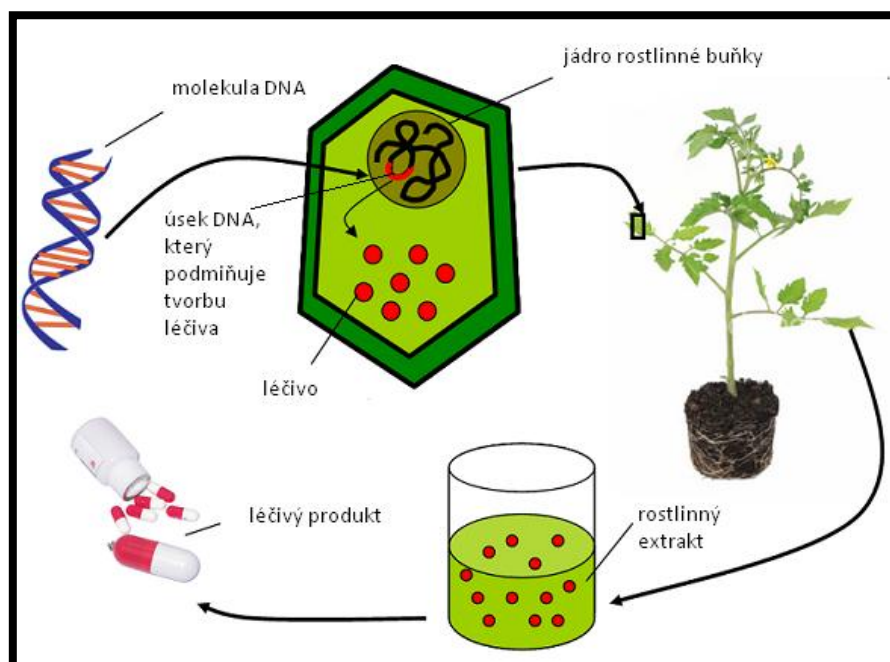
Obr. 8 Totální herbicid Roundup.

různá residua a menšími či většími vlivy na okolní prostředí. Do určité míry rozeznávají používané herbicidy rostliny dvouděložné (většina plevelů) od jednoděložných (trávy, tedy hlavně obiloviny). Alternativním moderním herbicidem je např. Roundup (obsahující glyfosát), který patří mezi tzv. totální herbicidy, což znamená, že si nevybírání, která rostlinka mu padne za oběť, ale zničí je všechny. V půdě se však velmi rychle rozloží a nezanechá žádná „zdraví škodlivá residua“. Neuškodí ani nám, ani jiným živočichům. Chemicky se jedná o fosforylovanou základní aminokyselinu glycin. Pokud postříkáme pole s našimi plodinami Roundupem, zahynou samozřejmě také. Ale vědci již dokázali vytvořit řadu GM rostlin ke glyfosátu, či několika jiným totálním herbicidům, imunních. Z nich je asi nejznámější a na milionech hektarů ve světě pěstovaná Roundup Ready sója. V Evropě se téměř nepěstuje, ale bez GM sojové moučky z jižní či severní Ameriky by se naprosto zhroutila evropská živočišná výroba.

Ochočené rostliny vyprodukují cokoliv

Sami jistě vymyslíte, jakými různými způsoby rostliny využíváme. Používáme je jako zdroj potravy, vyrábíme z nich papír, nábytek, mícháme je do krémů a různé jiné kosmetiky, používáme je jako léčiva. Ve všech těchto případech ovšem využíváme látky, či suroviny rostlinám vlastní. Vědci ale zhruba před 25 lety přišli s nápadem využívat rostliny i pro syntézu látek „nerostlinných“. Využívat je jako továrnu, tvořící nejrůznější metabolity podle cizorodých, bakteriálních, živočišných či dokonce lidských genů. Tak se zrodilo tzv. molekulární farmářství. Molekulární farmářství spočívá ve snaze donutit rostliny k velkoprodukci látek, které buď přirozeně produkují, ale v malé míře, či k produkci látek, které by nikdy samy od sebe neprodukovaly.

Uvedeme si konkrétní příklady. Vezmeme si slunečnici, vložíme do ní transgen, který bude podmiňovat produkci lidského hormonu inzulinu. Slunečnice vyrostou na poli, sklídíme je a následně z nich vyizolujeme inzulin, který poté podáme pacientům s diabetem. Sci-Fi? Omyl. Výše popsané je už realitou – zatím však bez konečného prodeje pacientům. Nebo něco jiného. Infikujeme špenát virem a on následně slouží jako vakcína proti vzteklině. Transformujeme rajče a můžeme jej použít jako orálně podávanou vakcínu proti hepatitidě B. Slyšeli jste o pavoučím vlákně, které unese obrovskou váhu např. letadlo? V tabáku, brambore a vojtěšce bylo syntetizováno pavoučí vlákno pavouka neřily kyjonohé (*Nephila clavipes*), které je svou obrovskou pevností známo. Rozšířili jsme repertoár využití rostlin.



Obr. 9 Schéma průběhu molekulárního farmářství. Genetická informace rostliny je upravena a obsahuje tak geny (červený úsek) podmiňující tvorbu např. léčivých látek. Každá buňka rostliny je tímto způsobem upravena. Z rostliny vytvoříme extrakt, ve kterém je obsaženo i léčivo, které dále zpracováváme.

Nemáme peníze a nemáme dostatek vitamínů, co s tím?

Celosvětově vykazuje více než 4 miliony dětí výživový nedostatek vitamínu A. Z nich 250 000 až 500 000 ročně částečně nebo úplně oslepne. V těhotenství je pro ženy dostatek vitamínu A nezbytný. V současné době má nedostatek vitamínu A v těhotenství přes 20 milionů žen rozvojových zemí, přičemž ročně na tento nedostatek umírá 600 000 dětí. Vědci se snažili situaci napravit. V rozvojových zemích je hojně konzumována rýže. Pomocí genetického inženýrství byla vytvořena tzv. zlatá rýže (Golden Rice), která obsahovala více beta-karotenu, než normální rýže (beta-karoten je červené barvivo; odtud název zlatá rýže – rýže



Obr. 10 Porovnání běžné rýže (vlevo) a zlaté rýže (vpravo).

se zbarvila vyšší koncentrací beta-karotenu do žluto-červena). Beta-karoten je provitamin vitamínu A. Jeho přestavbou vzniká v těle konzumenta vitamín A, který pozitivně působí např. na rhodopsin (zrakový pigment citlivý na světlo). Takovým zásahům, kdy se snažíme o navýšení výživové složky plodiny, říkáme rostlinné biofortifikace. Že tuhle rýži ještě na trhu nepotkáte, ač je „hotová“ již desítku let? Že proto dál miliony dětí slepnou či umírají? To ale již není dluh vědy, nýbrž politiky. A obecné neznalosti přínosů GM rostlin, vedoucí k snadné manipulaci veřejným míněním, zvláště tím evropským. Stojí vám za to se o GM technologiích dozvědět víc nebo ne?

III Slovníček pojmů

SLOVNÍČEK ZÁKLADNÍCH POJMŮ TÝKAJÍCÍCH SE GENETICKÝCH MODIFIKACÍ ROSTLIN

A

abiotický stres = stres (reakce na zátěžovou situaci), který je vyvolaný stresory fyzikální nebo chemické podstaty (záření, teplota, voda)

Agrobacterium tumefaciens = bakterie, která obsahuje plasmid s T-DNA (tumor vyvolávající DNA); pomocí této bakterie jsou prováděny přenosy transgenů pomocí vektorových technik

Amflora = geneticky upravená brambora se zvýšeným obsahem amylopektinu využívaná pro průmyslové účely

B

Bacillus thuringiensis = půdní bakterie obsahující toxiny, které působí specificky na některé druhy hmyzu; gen kódující toxin se používá k přípravě Bt modifikovaných plodin

biodiverzita = druhová rozmanitost

biofortifikace = obohacování rostlin o výživové složky

biotechnologie = technologie využívající organismy

biotický stres = stres (reakce na zátěžovou situaci), který je vyvolaný stresory biologické povahy (viry, bakterie, živočichové, okolní rostliny)

Bt kukuřice = kukuřice **MON 810**

Bt toxin = selektivní endotoxin pocházející z *Bacillus thuringiensis*, způsobuje mikropóry ve střevu a následnou smrt některých druhů hmyzu (např. dvoukřídlých)

D

dědičnost = schopnost dědit některé vlastnosti z rodičů na potomky

delece genu = vymazání/vyjmutí genu

DNA = deoxyribonukleová kyselina; ve své sekvenci nese genetickou informaci

E

ekologické zemědělství = organic farming; zemědělství omezující či zakazující využívání látek a postupů, které mohou znečistit životní prostředí, za ně považuje také konvenční minerální hnojiva a jakékoli pesticidy, vyjma „biopesticidů“; zakazuje využívání jakéhokoliv GM produktu a nesmí s ním přijít do kontaktu

F

fenotyp = vzhled organismu; ovlivněn genotypem a prostředím

G

gen gun metoda = nastřelování, biobalistická metoda; metoda začleňování cizí genetické informace do rostlinných buněk

genetická informace = kódována ve struktuře DNA či RNA; předurčuje určité vlastnosti organismu

genetická modifikace = genetická manipulace = cílená změna genetické informace vložením cizího genu, s využitím rekombinantních technik, za GM tak není považována např. mutageneze

genetické inženýrství = využívá metody, při kterých je zasahováno do genetické informace organismu (buňky)

genetický kód = univerzální zápis genetické informace

geneticky modifikovaná rostlina = rostlina pozměněna technikami využívajícími rekombinantní DNA

genom = kompletní genetická informace v buňce (u rostlin uložena v jádru, plastidech, mitochondriích)

genotyp = soubor všech genů v organismu

GFP = green fluorescent protein = zelený fluorescenční protein, je kódován reportérovým genem, který pochází z medúzy *Aequorea victoria*, která má schopnost světélkování, využívá se jako jeden ze způsobů označení modifikované buňky

glyfosát = složka herbicidu Roundup, která zajišťuje neselektivní hubení plevelů

GM plodina = geneticky modifikovaná plodina

GMO = geneticky modifikovaný organismus

H

herbicide = přípravek na hubení „plevelů“

hybridizace = křížení

I

insekticid = přípravek na hubení hmyzu

inserce genu = vložení genu

J

jedlá vakcína = rostlinná poživatina, která obsahuje vakcínu vytvořenou metodologií molekulárního farmářství

K

konvenční šlechtění = nevyužívá technologii rekombinantní DNA; je založeno na kombinacích mutagenese (spontánní či záměrně indukované radiací či chemicky), křížení a selekce

křížení = hybridizace; spojování dvou rozdílných genotypů pohlavní cestou

kukuřice MON 810 = geneticky modifikovaná kukuřice, která obsahuje gen kódující *Bt*-toxin na hubení larev zavíječe kukuřičného

L

ligáza = enzym, který je schopen spojit jakékoliv dva úseky DNA (úseky mohou pocházet i z jiných organismů)

M

modifikace = změna

molekulární farmářství = soubor molekulárně-biologických technik, vedoucích k tvorbě látek, které by rostliny přirozeně produkovaly v malé či žádné míře

mutace = přirozená nebo uměle vyvolaná změna v genu

mykotoxiny = toxiny, které jsou produkovány houbami, často plísněmi

P

plasmid = malá kruhová nejaderná molekula DNA vyskytující se zejména u bakterií; může být přenášen z jedné buňky do druhé

promotor = oblast DNA, která ovlivňuje genovou expresi

R

rekombinantní protein = protein uměle vytvořený s pomocí přepisu rekombinantní DNA

reportérový gen = přidáván spolu s genem našeho zájmu do transformovaných buněk; označuje, které buňky byly transformovány

Roundup Ready = rostlina tolerantní vůči jinak totálnímu herbicidu Roundup, který má účinnou složku glyfosát

rezistence = odolnost

S

selekce = výběr

stres rostliny = stav, při kterém rostlina reaguje na působení stresorů (zátěžové faktory)

T

T-DNA = „transferová“ DNA tumor indukující deoxyribonukleová kyselina; obsažena např. v Ti (tumor-indukujícím) plasmidu u bakterie *Agrobacterium tumefaciens*

transformace = přeměna

transgen = gen, který není pro daný organismus původní

transgenní rostliny = rostliny, které obsahují ve své genetické výbavě transgen či transgeny

U

uvádění do oběhu = ministerstvo zemědělství stanovuje podmínky, za kterých je možné geneticky modifikované plodiny komerčně pěstovat

uvádění do životního prostředí = za přísných a striktních podmínek jsou GM plodiny pěstovány v životním prostředí a je na nich prováděn výzkum, jedná se o tzv. polní pokusy

uzavřené nakládání = subjekt nakládá (pracuje) s GM plodinami tak, že se nemohou dostat do vnějšího (životního) prostředí, probíhá hlavně v laboratořích

V

vektor = přenašeč

Z

zavíječ kukuřičný = motýl, jehož larvy se živí pletivou (klasou, stonku) kukuřice

zlatá rýže = GM rýže se zvýšeným obsahem beta-karotenu v endospermu svých zrn

další pojmy můžete najít vysvětleny zde: <http://www.gmo-compass.org/eng/glossary/>

IV Pracovní listy

PRACOVNÍ LIST – GM ROSTLINY – verze A

1. Vyberte správné tvrzení. Co znamená zkratka GM?

- a) Genová Molekula
- b) Genetická Modifikace
- c) GenoMika

2. Uveďte tři důvody, proč je podle vás dobré genetické modifikace rostlin provádět nebo tři důvody, proč s genetickými modifikacemi rostlin nesouhlasíte.

souhlasím/nesouhlasím (nehodící se škrtněte) protože:

1.

2.

3.

3. Vyberte správné tvrzení. Roundup patří mezi totální herbicidy. Jeho účinnou složkou je glyfosát. Jaké změny nastávají u geneticky modifikované Roundup Ready sóji?

- a) Sója se stává vůči glyfosátu imunní a tím pádem není Roundupem zničena.
- b) Sója je na Roundup lépe připravená. Snadněji jej absorbuje do svého kořenového systému a dochází tak ke zvýšení úmrtnosti jejích parazitů,
- c) Sója se stává vůči Roundupu imunní, ale glyfosát ji přesto může zahubit.

4. **Přečtěte si výňatek ze zákona č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství: „...Sousedí-li ekologicky obhospodařované pozemky s pozemky, které nejsou obhospodařovány ekologickým způsobem, musí ekologický podnikatel přijmout taková opatření, kterými se riziko vlivů na jeho ekologicky obhospodařované pozemky sníží na nejnižší míru....na ekofarmě je zakázáno pěstovat či chovat geneticky modifikované organismy..... v ekologickém zemědělství je zakázáno používat geneticky modifikované organismy a produkty z nich pocházející...“ (Zákon č. 242/2000 Sb., <http://www.agronavigator.cz>, 20.3.2012) „**Od této chvíle budu vysazovat pouze Bt kukuřici, protože se nemusí postříkovat insekticidy. Ušetřím si tak mnoho práce a peněz!**“ Jste ekologický zemědělec, jehož souseď přišel s tímto sdělením. Vaše a jeho pole s kukuřicí je od sebe odděleno dvěma metry širokou polní cestou. V pěti větách napište, jak byste na takové sdělení zareagovali.**

5. a.) Vytvořte logické dvojice slov. Každé dvojici přiřaďte stejné číslo (2 až 7), které napíšete za slovo do rámečku vpravo. (př. Ti-plasmid - *Agrobacterium*)

Ti-plasmid 1	inzulin ze slunečnice	<i>Bacillus thuringiensis</i>
	Bt-toxin	GFP
		ekologické zemědělství
0 % GM rostlin	glyfosát	
		zlatá rýže
molekulární farmářství	reportérový gen	
		Roundup
<i>Agrobacterium</i> 1	biofortifikace	

- b.) Vyberte si dvě libovolné dvojice, napište je a vysvětlete, proč k sobě patří.

př. Ti-plasmid – *Agrobacterium*: Ti-plasmid je součástí bakterie *Agrobacterium* a slouží při genetických modifikacích k začleňování transgenů do genetické informace rostliny

1. dvojice:

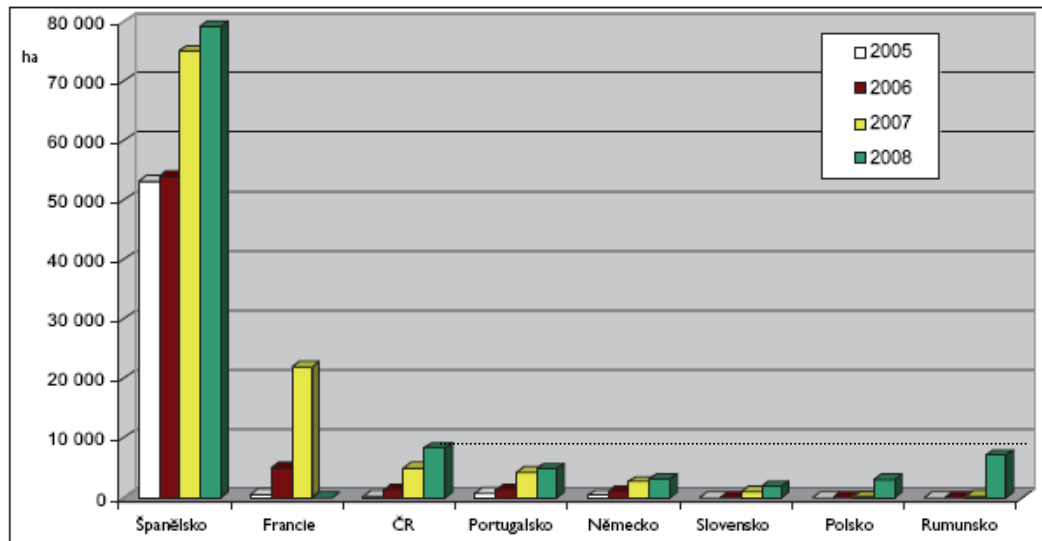
2. dvojice:

6. Vyberte správné tvrzení. Transgenní rostlina:

- má pomocí molekulárně-genetických technik geny uspořádány ve změněném pořadí
- má genotyp obohacen o gen, který není pro tuto rostlinu původní
- je složena pouze z cizích genů, čehož je docíleno během molekulárního farmářství a následného křížení

7. Pomocí Grafu č. 1 odpovězte na následující otázky. pozn. graf ukazuje všechny státy v Evropské unii od roku 2005 do roku 2008, které pěstují GM plodiny

Graf č. 1 – Vývoj ploch Bt kukuřice typu MON810 v EU



Zdroje: ministerstva zemědělství dotčených členských států EU, informace EK, Agrafacts, www.transgen.de

- A) Graf ukazuje, že se plocha pěstování Bt kukuřice, od roku 2005 do roku 2008
- ve všech státech zvyšuje
 - ve většině států snižuje
 - zvyšuje ve všech státech kromě Francie
- B) Česká republika zaujímá ve velikosti ploch s Bt kukuřicí v Evropské unii v roce 2008
- třetí místo
 - druhé místo
 - nelze z grafu určit
- C) V České republice dochází od roku 2005 do roku 2008
- k nárůstu ploch s Bt kukuřicí
 - k nárůstu ploch s Bt sójou
 - ke snížení ploch s Bt sójou a nárůstu ploch s Bt kukuřicí
8. Vyberte správné tvrzení. Rostlinné biofortifikace znamenají
- totéž co molekulární farmářství
 - navyšování koncentrací potravinově užitečných složek v poživatinách
 - odstraňování těžkých kovů z půdy pomocí rostlin

1. Vyberte správné tvrzení. Co znamená zkratka GMO?

- a) Geneticky Modifikovaný Organismus
- b) Genově Modifikovaný Orgán
- c) GenoMický Objekt

2. Spojte pojem s textem, který jej vysvětluje.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Bt-toxin | A. princip, kdy se snažíme rostliny „donutit“ produkovat pro ně nepřírodní látky |
| 2. molekulární farmářství | B. nepůvodní, cizí úsek genetické informace |
| 3. plasmid | C. specificky škodlivá látka působící na parazity např. v kukuřici MON 180 |
| 4. biofortifikace | D. snaha o navýšování nutriční hodnoty rostlin |
| 5. transgen | E. kruhová genetická informace, která se vyskytuje u bakterií |

3. Vyberte správné tvrzení. Odkud jsou získávány transgeny, které genetické inženýrství využívá ke genetickým modifikacím?

- a.) jejich sekvence jsou vymyšleny vědci v laboratořích a následně jsou uměle vytvářeny
- b.) jedná se o geny z organismu, který chceme transformovat, ale nachází se v oblasti, kde nejsou geny běžně překládány do sekvence proteinů
- c.) jedná se o geny pocházející z jiného organismu, než který chceme modifikovat

4. „Zásadní odmítám veškeré GMO! Nechci jíst žádné geny!“ Odborně argumentujte, proti uvedenému názoru. Využijte své znalosti z biologie, především z genetiky. Vysvětlete, proč je druhá z uvedených vět nesmyslem.

5. Představte si, že se snažíte být úspěšnými českými zemědělci. Vyberte si jednu plodinu, kterou budete pěstovat (zákon Vás nelimituje). Napište tři změny v její genetické výbavě, které byste považovali za nejvýhodnější s odůvodněním jejich výběru.

vybraná plodina:

	typ změny	odůvodnění
1.		
2.		
3.		

6. Vyvoďte závěry vyplývající z následujícího textu. Vyberte správné/á tvrzení:

„...Opatření koexistence dále reagují na přirozenou vlastnost rostlin rozšiřovat svůj genetický materiál (zejména prostřednictvím pylu) do okolí, proto jsou stanoveny určité plodinově specifické minimální odstupné vzdálenosti, které pěstitel GM plodiny musí dodržet vůči porostu s touž plodinou, která není geneticky modifikována. Minimální odstupné vzdálenosti mohou být nahrazeny obsevem – bariérou kolem GM plodiny – tvořeným stejnou, ale netransgenní plodinou ...“(DOSAVADNÍ ZKUŠENOSTI S PĚSTOVÁNÍM GENETICKY MODIFIKOVANÉ BT KUKUŘICE V ČR 2005–2009, MZE, 2009, str. 6)“

- A) Mezi jakými dvěma typy zemědělství principu koexistence by měla být vytvořena bariéra?

- a.) pěstitelé GM a ekozemědělci
- b.) pěstitelé GM a konvenční zemědělci
- c.) ekozemědělci a konvenční zemědělci

- B) Jaký genotyp může mít rostlina, která vytváří bariéru?

- a.) stejný jako GM rostlina, protože geny GM plodin jsou mnohem snáze včlenitelné do genomu než běžné geny
- b.) stejný jako běžná rostlina bez GM, protože GM plodiny se nemohou rozmnožovat a nevytvářejí tak ani pyl, který by modifikované geny mohl přenášet
- c.) hybridní neboli obsahuje jak geny GM rostliny, tak geny běžné rostliny bez GM

- C) Jaké plodiny by dle vás měly vytvářet bariéru na našich polích s GM plodinami?

- a.) brambory, kukuřice
- b.) sója, kukuřice
- c.) tabák, kukuřice

7. **Vyberte správné tvrzení. Proč je spolu s genem, který podmiňuje novou vlastnost v geneticky modifikované plodině, obvykle do rostliny zaváděn reportérový nebo tzv. selektivní gen?**

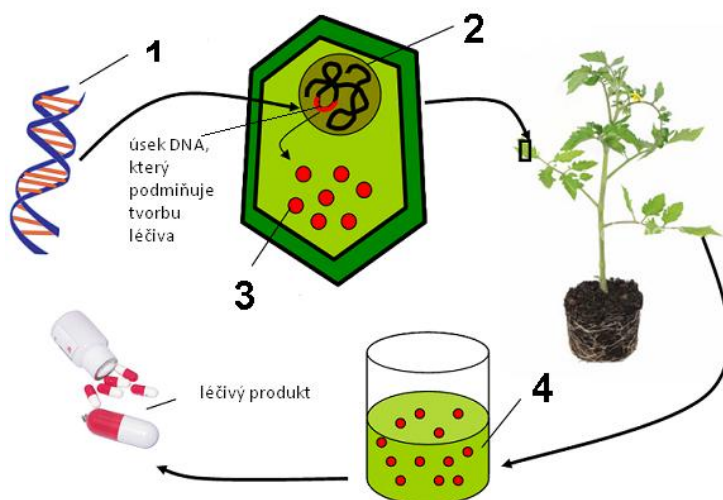
- a.) Aby bylo zajištěno, že se námi požadovaný gen do genomu rostliny začlení. Funguje tedy jako pomocník.
- b.) Do rostlinného genomu se reportérový ani selekční gen nezačleňuje. Toto se provádí pouze u živočichů, kteří po začlenění reportérového genu GFP zeleně svítí.
- c.) Abychom následně rozlišily, které rostliny jsou modifikované a které se modifikovat nepodařilo.

8. **Vyberte správné tvrzení. Bt kukuřice, která se komerčně pěstuje na polích v ČR, je využívána**

- a.) pro potravinářské účely
- b.) jako krmivo pro dobytek a pro technické účely
- c.) jako krmivo pro dobytek a do potravin

9. **Z nabídky vyberte jednotlivé pojmy a přiřadte je jako popisky chybějící v obrázku. Co obrázek zobrazuje?**

obrázek zobrazuje:



- a. rostlinný extrakt
- b. jádro rostlinné buňky
- c. molekula DNA
- d. plasmid
- e. léčivé látky
- f. nádoba s *Agrobacteriem*

odpovědi:

- 1 –
- 2 –
- 3 –
- 4 –

upraveno podle:

<http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-%E2%80%93-how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/>

10. Zákon v ČR rozlišuje tři způsoby používání GMO:

„...uzavřené nakládání s GMO, což je použití GMO v laboratořích, uzavřených sklenících, chovech zvířat a průmyslových provozech. Pod pojmem nakládání se rozumí nejen vlastní genetická modifikace, ale i uchovávání, pěstování a další manipulace s GMO

uvádění GMO do životního prostředí je jejich záměrné vnesení do životního prostředí mimo uzavřený prostor, a to za jiným účelem, než je uvedení do oběhu. Jde o polní pokusy s geneticky modifikovanými rostlinami na přesně definovaném pozemku, které podléhají přísným pravidlům, sklizené rostliny a semena se po skončení pokusu musí stanoveným způsobem zlikvidovat. Pozemek je i po následujících několik let kontrolován

uvádění GMO a produktů do oběhu je jejich předání jiné osobě za účelem distribuce nebo používání, pokud se nejedná o předání výlučně k uzavřenému nakládání nebo uvádění do životního prostředí. Jde o dovoz, prodej v obchodní síti, skladování, pěstování za účelem prodeje a zpracování, výrobu konečných produktů a podobně..“ (Legislativa v oblasti geneticky modifikovaných organismů, www.biotrin.cz, 12. 3. 2012)

Vyberte správné tvrzení. V ČR může být podle zákona č. 219/2003 Sb. ve volném oběhu pěstována:

- a.) GM kukuřice, GM sója, GM jabloň
- b.) GM kukuřice, GM brambora
- c.) GM kukuřice, GM řepka

AUTORSKÉ ŘEŠENÍ

Správné odpovědi jsou podtrženy a barevně zvýrazněny.

1. Vyberte správné tvrzení. Co znamená zkratka GM?

- a) Genová Molekula
- b) Genetická Modifikace
- c) GenoMika

2. Uveďte tři důvody, proč je podle vás dobré genetické modifikace rostlin provádět nebo tři důvody, proč s genetickými modifikacemi rostlin nesouhlasíte.

souhlasím/nesouhlasím (nehodící se škrtněte) protože:

otázka nemá jednoznačné řešení, jedná se spíše o vyjádření vlastního názoru studenta, než o jednoznačně správné či špatné důvody; nad uvedenými důvody se dá diskutovat

souhlasím např. zvýšení produktivity rostlin; zvýšení výnosů; možnost nepoužívat neselektivní insekticidy; zvýšení druhové diverzity na polích; možnost pěstovat rostliny na místech, kde by jinak nerostly; možnost zvýšení výživových kvalit poživatin (biofortifikace); možnost produkovat pomocí rostlin léčiva či jiné technicky využitelné látky (molekulární farmáštvi)...

nesouhlasím např. nebezpečné zasahování do přírody; nepředvídatelné události; vznik rezistentních druhů hmyzu a jiných škůdců; vznik superlevelů; ohrožení zdraví lidí při konzumaci GM plodin; možnost začlenění transgenů do DNA člověka...

3. Vyberte správné tvrzení. Roundup patří mezi totální herbicidy. Jeho účinnou složkou je glyfosát. Jaké změny nastávají u geneticky modifikované Roundup Ready sóji?

- a) Sója se stává vůči glyfosátu imunní a tím pádem není Roundupem zničena.
- b) Sója je na Roundup lépe připravená. Snadněji jej absorbuje do svého kořenového systému a dochází tak ke zvýšení úmrtnosti jejích parazitů,
- c) Sója se stává vůči Roundupu imunní, ale glyfosát ji přesto může zahubit.

4. **Přečtěte si výňatek ze zákona č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství: „...Sousedí-li ekologicky obhospodařované pozemky s pozemky, které nejsou obhospodařovány ekologickým způsobem, musí ekologický podnikatel přijmout taková opatření, kterými se riziko vlivů na jeho ekologicky obhospodařované pozemky sníží na nejnižší míru....na ekofarmě je zakázáno pěstovat či chovat geneticky modifikované organismy..... v ekologickém zemědělství je zakázáno používat geneticky modifikované organismy a produkty z nich pocházející...“ (Zákon č. 242/2000 Sb., www.agronavigator.cz, 20. 3. 2012) „**Od této chvíle budu vysazovat pouze Bt kukuřici, protože se nemusí postříkovat insekticidy. Ušetřím si tak mnoho práce a peněz!**“ Jste ekologický zemědělec, jehož souseď přišel s tímto sdělením. Vaše a jeho pole s kukuřicí je od sebe odděleno dvěma metry širokou polní cestou. V pěti větách napište, jak byste na takové sdělení zareagovali.**

Pro ekozemědělství platí přísný zákaz jakéhokoliv kontaktu s GM produkty. Pokud by byly nalezeny stopy GM v úrodě pocházející od ekozemědělce, mohl by mu být sebrán status ekozemědělství a dotace. Pravděpodobně by ekozemědělec nebyl nadšen, že se jeho pole ocitne v sousedství GM plodin. Bariéra, která musí být dodržena mezi jednotlivými typy zemědělství, je stanovena zákonem. Mohlo by být navrženo vysázet mezi obě pole kukuřici, která by se stala „hybridní“ či alespoň „genově kontaminovaná“ (obsahovala by jak geny GM, tak geny z kukuřice nemodifikované). Zabránilo by se tak přenosu GM genů na pole ekozemědělce.

5. a.) Vytvořte logické dvojice slov. Každé dvojici přiřaďte stejné číslo (2 až 7), které napíšete za slovo do rámečku vpravo. (př. Ti-plasmid - *Agrobacterium*)

Ti-plasmid 1	inzulin ze slunečnice 2	<i>Bacillus thuringiensis</i> 3
	Bt-toxin 3	GFP 4
0 % GM rostlin	glyfosát 6	ekologické zemědělství 5
molekulární farmářství 2	reportérový gen 4	zlatá rýže 7
<i>Agrobacterium</i> 1	biofortifikace 7	Roundup 6

- b.) Vyberte si dvě libovolné dvojice, napište je a vysvětlete, proč k sobě patří.

př. Ti-plasmid – *Agrobacterium*: Ti-plasmid je součástí bakterie *Agrobacterium* a slouží při genetických modifikacích k začleňování transgenů do genetické informace rostliny

2 – molekulární farmářství je schopno pomocí molekulárně-genetických technik „donutit“ rostliny k produkci farmaceuticky využitelných látek, již byly transformovány slunečnice, které poté produkovaly inzulin

3 – Bt-toxin pochází z bakterie *Bacillus thuringiensis*, slouží k specifickému zabíjení škůdců

4 – jedním z příkladů reportérového genu je GFP, pocházející z mořské medúzy

5 – množství GM rostlin obsažených v ekozemědělství je rovno 0 %

6 – účinnou složkou neselektivního herbicidu Roundupu je glyfosát

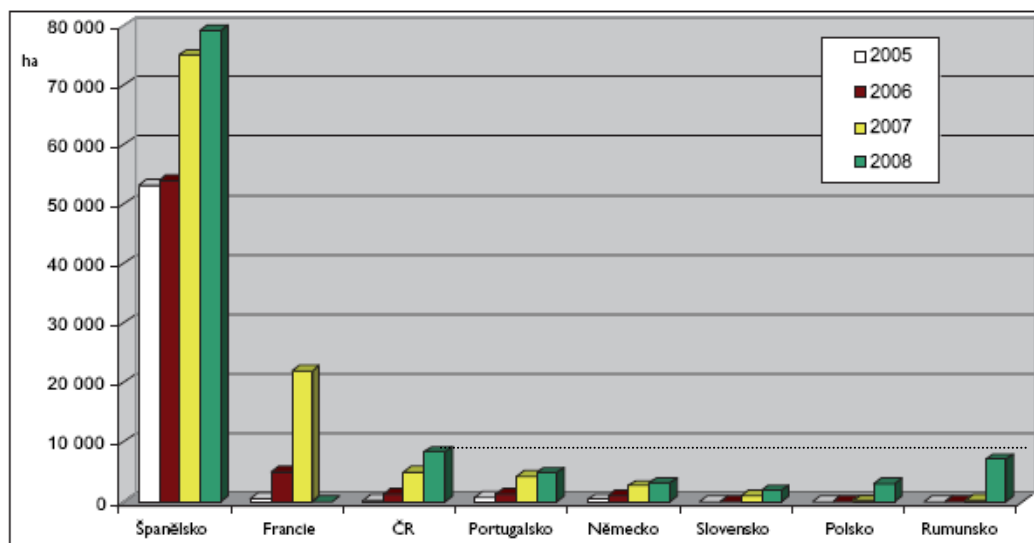
7 – příkladem rostlinných biofortifikací je zlatá rýže, která je obohacena o vitamín A

6. Vyberte správné tvrzení. Transgenní rostlina:

- a.) má pomocí molekulárně-genetických technik geny uspořádaný ve změněném pořadí
 b.) má genotyp obohacen o gen, který není pro tuto rostlinu původní
 c.) je složena pouze z cizích genů, čehož je docíleno během molekulárního farmářství a následného křížení

7. Pomocí grafu č. 1 odpovězte na následující otázky. pozn. graf ukazuje všechny státy v Evropské unii od roku 2005 do roku 2008, které pěstují GM plodiny

Graf č. 1 – Vývoj ploch Bt kukuřice typu MON810 v EU



Zdroje: ministerstva zemědělství dotčených členských států EU, informace EK, Agrafacts, www.transgen.de

- A) Graf ukazuje, že se plocha pěstování Bt kukuřice, od roku 2005 do roku 2008
- ve všech státech zvyšuje
 - ve většině států snižuje
 - zvyšuje ve všech státech kromě Francie
- B) Česká republika zaujímá ve velikosti ploch s Bt kukuřicí v Evropské unii v roce 2008
- třetí místo
 - druhé místo
 - nelze z grafu určit
- C) V České republice dochází od roku 2005 do roku 2008
- k nárůstu ploch s Bt kukuřicí
 - k nárůstu ploch s Bt sójou
 - ke snížení ploch s Bt sójou a nárůstu ploch s Bt kukuřicí
8. Vyberte správné tvrzení. Rostlinné biofortifikace znamenají
- totéž co molekulární farmářství
 - navyšování koncentrací potravinově užitečných složek v poživatinách
 - odstraňování těžkých kovů z půdy pomocí rostlin

AUTORSKÉ ŘEŠENÍ

Správné odpovědi jsou podtrženy a barevně zvýrazněny.

1. Vyberte správné tvrzení. Co znamená zkratka GMO?

- a) Geneticky Modifikovaný Organismus
- b) Genově Modifikovaný Orgán
- c) GenoMický Objekt

2. Spojte pojem s textem, který jej vysvětluje.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Bt-toxin | A. princip, kdy se snažíme rostliny „donutit“ produkovat pro ně nepřírodní látky |
| 2. molekulární farmářství | B. nepůvodní, cizí úsek genetické informace |
| 3. plasmid | C. specificky škodlivá látka působící na parazity např. v kukuřici MON 180 |
| 4. biofortifikace | D. snaha o navýšování nutriční hodnoty rostlin |
| 5. transgen | E. kruhová genetická informace, která se vyskytuje u bakterií |

1 – C; 2 – A; 3 – E; 4 – D; 5 – B

3. Vyberte správné tvrzení. Odkud jsou získávány transgeny, které genetické inženýrství využívá ke genetickým modifikacím?

- a.) jejich sekvence jsou vymyšleny vědci v laboratořích a následně jsou uměle vytvářeny
- b.) jedná se o geny z organismu, který chceme transformovat, ale nachází se v oblasti, kde nejsou geny běžně překládány do sekvence proteinů
- c.) jedná se o geny pocházející z jiného organismu, než který chceme modifikovat

4. „Zásadní odmítám veškeré GMO! Nechci jíst žádné geny!“ Odborně argumentujte, proti uvedenému názoru. Využijte své znalosti z biologie, především z genetiky. Vysvětlete, proč je druhá z uvedených vět nesmyslem.

Jakákoliv buňka, ať už rostlinného či živočišného původu, obsahuje ve své genetické informaci geny. Geny tak konzumujeme neustále. Lidé se obávají transgenů. Začlenění cizích genů do lidské DNA při konzumaci je téměř nemožné ať už z fyziologických (rozložení potravy enzymy) či molekulárně- genetických důvodů (pro začlenění je nutný vhodný replikační a enzymatický aparát, který se u nás nenachází).

5. Představte si, že se snažíte být úspěšnými českými zemědělci. Vyberte si jednu plodinu, kterou budete pěstovat (zákon Vás nelimituje). Napište tři změny v její genetické výbavě, které byste považovali za nejvýhodnější s odůvodněním jejich výběru.

vybraná plodina:

	typ změny	odůvodnění
1.		
2.		
3.		

[není jednoznačně správný typ změny a jeho zdůvodnění, záleží na samotném studentovi, co si vymyslí a jak uvedené odůvodní](#)

6. Vyvodte závěry vyplývající z následujícího textu. Vyberte správné/á tvrzení:

„...Opatření koexistence dále reagují na přirozenou vlastnost rostlin rozšiřovat svůj genetický materiál (zejména prostřednictvím pylu) do okolí, proto jsou stanoveny určité plodinově specifické minimální odstupné vzdálenosti, které pěstitel GM plodiny musí dodržet vůči porostu s touž plodinou, která není geneticky modifikována. Minimální odstupné vzdálenosti mohou být nahrazeny obsevem – bariérou kolem GM plodiny – tvořeným stejnou, ale netransgenní plodinou ...“ (DOSAVADNÍ ZKUŠENOSTI S PĚSTOVÁNÍM GENETICKY MODIFIKOVANÉ BT KUKUŘICE V ČR 2005–2009, MZE, 2009, str. 6)“

- A) Mezi jakými dvěma typy zemědělství principu koexistence by měla být vytvořena bariéra?

- a.) [pěstitelé GM a ekozemědělci](#)
- b.) [pěstitelé GM a konvenční zemědělci](#)
- c.) ekozemědělci a konvenční zemědělci

- B) Jaký genotyp může mít rostlina, která vytváří bariéru?

- a.) stejný jako GM rostlina, protože geny GM plodin jsou mnohem snáze včlenitelné do genomu než běžné geny
- b.) stejný jako běžná rostlina bez GM, protože GM plodiny se nemohou rozmnožovat a nevytvářejí tak ani pyl, který by modifikované geny mohl přenášet
- c.) [hybridní neboli obsahuje jak geny GM rostliny, tak geny běžné rostliny bez GM](#)

- C) Jaké plodiny by dle vás měly vytvářet bariéru na našich polích s GM plodinami?

- a.) [brambory, kukuřice](#)
- b.) sója, kukuřice
- c.) tabák, kukuřice

7. **Vyberte správné tvrzení. Proč je spolu s genem, který podmiňuje novou vlastnost v geneticky modifikované plodině, obvykle do rostliny zaváděn reportérový nebo tzv. selektivní gen?**

- a.) Aby bylo zajištěno, že se námi požadovaný gen do genomu rostliny začlení. Funguje tedy jako pomocník.
- b.) Do rostlinného genomu se reportérový ani selektivní gen nezačleňuje. Toto se provádí pouze u živočichů, kteří po začlenění reportérového genu GFP zeleně svítí.

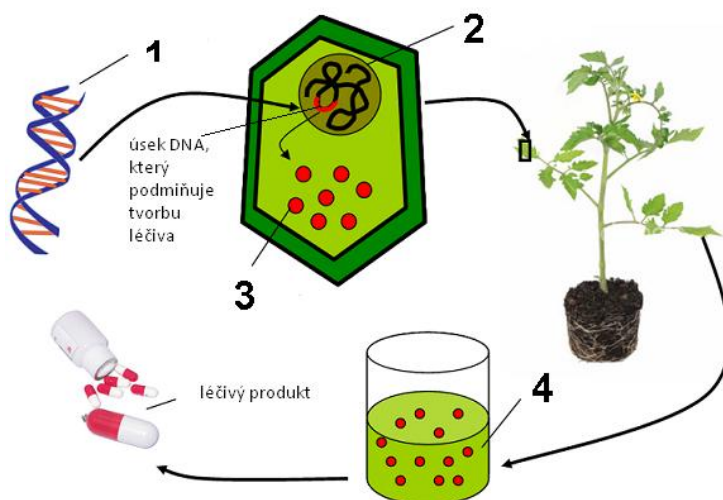
c.) Abychom následně rozlišili, které rostliny jsou modifikované a které se modifikovat nepodařilo.

8. **Vyberte správné tvrzení. Bt kukuřice, která se komerčně pěstuje na polích v ČR, je využívána**

- a.) pro potravinářské účely
- b.) jako krmivo pro dobytek a pro technické účely
- c.) jako krmivo pro dobytek a do potravin

9. **Z nabídky vyberte jednotlivé pojmy a přiřadte je jako popisky chybějící v obrázku. Co obrázek zobrazuje?**

obrázek zobrazuje: princip molekulárního farmářství



- a. rostlinný extrakt
- b. jádro rostlinné buňky
- c. molekula DNA
- d. plasmid
- e. léčivé látky
- f. nádoba s *Agrobacterium*

odpovědi:

- 1 – c
- 2 – b
- 3 – e
- 4 – a

upraveno podle:
<http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-%E2%80%93-how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/>

10. Zákon v ČR rozlišuje tři způsoby používání GMO:

„uzavřené nakládání s GMO, což je použití GMO v laboratořích, uzavřených sklenících, chovech zvířat a průmyslových provozech. Pod pojmem nakládání se rozumí nejen vlastní genetická modifikace, ale i uchovávání, pěstování a další manipulace s GMO

uvádění GMO do životního prostředí je jejich záměrné vnesení do životního prostředí mimo uzavřený prostor, a to za jiným účelem, než je uvedení do oběhu. Jde o polní pokusy s geneticky modifikovanými rostlinami na přesně definovaném pozemku, které podléhají přísným pravidlům, sklizené rostliny a semena se po skončení pokusu musí stanoveným způsobem zlikvidovat. Pozemek je i po následujících několik let kontrolován

uvádění GMO a produktů do oběhu je jejich předání jiné osobě za účelem distribuce nebo používání, pokud se nejedná o předání výlučně k uzavřenému nakládání nebo uvádění do životního prostředí. Jde o dovoz, prodej v obchodní síti, skladování, pěstování za účelem prodeje a zpracování, výrobu konečných produktů a podobně“ (Legislativa v oblasti geneticky modifikovaných organismů, www.biotrin.cz, cit. 12. 3. 2012)

Vyberte správné tvrzení. V ČR může být podle zákona č. 219/2003 Sb. ve volném oběhu pěstována:

- a.) GM kukuřice, GM sója, GM jabloň
- b.) GM kukuřice, GM brambora
- c.) GM kukuřice, GM řepka

V Návrhy na přípravu vyučovacích hodin s tématem GM plodiny

Téma: GM plodiny		forma:	VH
metody práce:	skupinová práce, práce s textem, diskuse, prezentace	čas:	45 min
cíle:	<ul style="list-style-type: none"> - student charakterizuje pojem geneticky modifikovaná plodina - student uvede tři důvody, proč se domnívá, že je vhodné genetické modifikace na rostlinách provádět - student uvede tři důvody, proč se domnívá, že není vhodné genetické modifikace na rostlinách provádět 		
pojmy opěrné:	gen, genotyp, rekombinace, genetické inženýrství...		
pojmy nové:	transgen, biofortifikace, molekulární farmářství, Roundup Ready, zlatá rýže, Bt kukuřice		
pomůcky:	informační text pro studenty rozdělen na 4 části, tabule		
počet studentů:		
scénář hodiny:			
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů	poznámky
0	organizační záležitosti		
3	úvod do hodiny; seznámení s tématem; pokyny k práci; rozdělení studentů do skupin	rozdělení do skupin	4 skupiny; rozdělení do skupin řídí učitel či si volí sami studenti
5-15	kontrola činnosti skupin	práce ve skupinách s textem o GM plodinách	text rozdělen na 4 srovnatelně dlouhé a obtížné části
16	ukončení činnosti skupin		
17-29	naslouchání a hodnocení výstupů skupin	skupiny prezentují, co se o tématu GM plodiny dozvěděli, skupiny odpovídají na případné dotazy spolužáků	k hodnocení vhodné použít +, - či malé známky za práci v hodině
30-35	shrnutí nejdůležitějších informací; upřesnění nejasností	studenti se vrací do lavic	
36-44	společné vypracování na tabuli plusů a mínusů využívání GM plodin; uvedeny rizika pro člověka a životní prostředí		na tabuli píše učitel pro zvýšení přehlednosti (či studenti pro zvýšení jejich aktivizace)
45	ukončení hodiny		

Tab. 7: Návrh č. 1 na vyučovací hodinu s tématem GM plodin

Téma: GM plodiny		forma:	VH
metody práce:	video, diskuse	čas:	45 min
cíle:	<ul style="list-style-type: none"> - student charakterizuje pojem geneticky modifikovaná plodina - student uvede princip genetických modifikací prováděných na rostlinách - student vysvětlí rozdíl mezi klasickým šlechtěním rostlin a genetickými modifikacemi - student zhodnotí vlivy genetických modifikací na životní prostředí 		
pojmy opěrné:	gen, genotyp, rekombinace, genetické inženýrství...		
pojmy nové:	transgen, Roundup Ready...		
pomůcky:	počítač, dataprojektor, internet		
počet studentů:		
scénář hodiny:			
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů	poznámky
0	organizační záležitosti		
3	seznámení s tématem; pokyny k práci		
5-25	video Spor o geny	sledování videa, dělání si poznámek	dostupné z: http://www.biotrin.cz/czpages/Spor.htm vybrané určité pasáže videa
26-30	zhodnocení nejdůležitějších aspektů	někteří studenti mohou číst své poznámky	
31-36	zadání samostatné práce	5 minut píšou, co si o videu myslí, jaké na nich zanechalo dojem	
37-44		někteří studenti čtou, co napsali	
45	ukončení hodiny		

Tab. 8: Návrh č. 2 na vyučovací hodinu s tématem GM plodin

Téma: GM plodiny		forma:	VH
metody práce:	práce ve skupině, práce s textem	čas:	45 min
cíle:	<ul style="list-style-type: none"> - student charakterizuje pojem geneticky modifikovaná plodina - student kriticky analyzuje článek z časopisu/novin/internetu - studenti vytvoří ve skupině odborně správný a objektivní článek pojednávající o tématu GM plodin za použití počítače 		
pojmy opěrné:	gen, genotyp, rekombinace, genetické inženýrství...		
pojmy nové:	transgen, Roundup Ready, zlatá rýže		
pomůcky:	vytištěné články, počítač pro každou skupinu		
počet studentů:		
scénář hodiny:			
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů	poznámky
0	organizační záležitosti		
3	seznámení s tématem; pokyny k práci, rozdělení článků jednotlivým skupinám	rozdělení do skupin	pro každého studenta jeho vlastní článek, ale v jedné skupině stejný článek
5-15	kontrola činnosti skupiny	nejprve individuálně analyzují zadaný článek, snaží se nalézt nepřesnosti či neobjektivně podávané informace; následně vzájemně ve skupině své názory konzultují	ideální počet studentů ve skupině 4 až 5
16-30	konzultace při případných nejasnostech	skupiny vytvářejí své vlastní články na oblast týkající se GM plodin, o které se dočetli v člancích z médií	nutný počítač pro každou skupinu
31-38	naslouchání a hodnocení práce skupin	jednotlivé skupiny čtou své články	články si učitel vezme na flash disk či si je nechá poslat e-mailem
39-44	otázky hodnotící vzájemnou spolupráci ve skupině; celkové hodnocení práce jednotlivých skupin	studenti hodnotí, jak se jim pracovalo, co jim přišlo lehké, co těžké apod.	
45	ukončení hodiny		
<p>Nutné zvolit relativně krátké a jednoduché články, aby studenti přepracování stihli. Možná modifikace na 2 VH – delší články, studenti vytváří článek i s doprovodným obrazovým materiálem, více času na vlastní práci i hodnocení, klidnější zpracování a hlubší pochopení celé problematiky, možná aktivita v rámci praktik – méně studentů, více času...</p>			

Tab. 9: Návrh č. 3 na vyučovací hodinu s tématem GM plodin

Téma: GM plodiny		forma:	VH
metody práce:	hraní rolí, práce ve skupině, diskuse	čas:	45 min
cíle:	- student věcně argumentuje při diskusi o využívání GM plodin na základě přidělené role		
pojmy opěrné:	Bt kukuřice, molekulární farmářství, biofortifikace, genetická modifikace, transgenozé, transgen, ekologické zemědělství....		
pojmy nové:			
pomůcky:	kartičky s jednotlivými rolemi, stopky		
počet studentů:		
scénář hodiny:			
čas (min)	činnost učitele	činnost studentů	poznámky
0	organizační záležitosti		
3	seznámení s tématem; pokyny k práci	studenti si losují kartičky, na kterých je napsaná jejich budoucí role při diskusi	kartičky s rolemi
5-12	kontrola činností skupin, případné usměrnění argumentů	studenti vytvoří skupiny dle vylosovaných rolí, vytvoří své argumenty a rozdělí si ve skupině funkce – zapisovatel, hlavní mluvčí apod. a připraví si podklady pro následující diskusi	
13-19	zahájení diskuse, moderátor diskuse	každá skupina (mimo poslanců) má 1 minutu, kdy vyloží své hlavní argumenty	časoměřič může být buď učitel, nebo některý z žáků
20-26	moderátor diskuse, zápis poznámek pro závěrečné hodnocení	skupina poslanců klade každé skupině jeden dotaz, který jim má napomoci rozhodnout se komu přidělit dotace	
27-35	moderátor diskuse, zápis poznámek pro závěrečné hodnocení	každá skupina (mimo poslanců) si vybere jednu z ostatních skupin a uvede hlavní důvod, proč by se podle nich neměli ucházet o dotace	
36-37		poslanci se radí o přidělení dotací	
38		poslanci uvedou skupinu, které přidělí dotace a uvedou důvod proč	
39-44	společné hodnocení činnosti; studenti uvedou, zda jim byli přidělené role blízké, co pro ně bylo obtížné; učitel hodnotí projev skupin a schopnost argumentovat		
45	ukončení hodiny		
Hodina navazující na hodinu, kdy se studenti dozvěděli fakta o GM plodinách.			

Tab. 10: Návrh č. 4 na vyučovací hodinu s tématem GM plodin

kartičky s rolemi

Jste: vědec vyvíjející nový typ GM plodiny, která bude odolná proti suchu, hmyzím škůdcům i herbicidům

Jste: zemědělec, který nedávno přešel k pěstování GM kukuřice, potřebuje peníze, aby se finančně vyrovnal se svým sousedem

Jste: poslanec, rozhodující o přidělení dotace ve výši 1 milionu korun

Jste: člen Greenpeace, který nemá základní biologické a ekologické znalosti, ale je zarytým odpůrcem GM plodin a chce peníze na svou kampaň

Jste: ekologický zemědělec usilující o zvýšení dotací

Jste: moderátor diskuse