

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Přehled výuky genetiky na ZŠ a gymnáziích

Diplomová práce

Bc. Markéta Machová

Školitelka: PaedDr. Martina Žurovcová, Ph.D.

Konzultantka: doc. PaedDr. Radka Závodská, Ph.D.

České Budějovice 2017

Machová, M., 2017: Přehled výuky genetiky na ZŠ a gymnáziích. [Genetics in secondary and high school education in the Czech Republic. Mgr. Thesis, in Czech.] – 163 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

This study analyses current and older Czech biology textbooks containing information and chapters about genetics. It also proposes suggestions for an update of textbooks content based on this analysis, and prepares methodical materials as help and possible inspiration for biology teachers.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené formě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 18. 4. 2017

.....

Markéta Machová

Poděkování

Tématem genetiky (ale i buněčné a molekulární biologie) ve vyučování ve školách a nejen v nich jsem se začala zevrubněji zabývat až ve chvíli, kdy jsem ve třetím ročníku bakalářského studia neslavně propadla u zkoušky z předmětu „Genetika“. V té době vyučovaném na naší fakultě docentem J. Břízou. Ačkoli mě na první pokus poslal domů s tím, že takové věci, co vypouštím z úst, si vůbec nemůžu dovolit před ním prezentovat, na druhý pokus mi do indexu snad až s jiskrným nadšením vepsal jedničku. V tu chvíli jsem si uvědomila, co je genetika.

Jedná se o velice složitý, až můžeme říct delikátní obor, plný vysoce odborných poznatků, které vyžadovaly dlouholetý intenzivní výzkum na vysoké úrovni. A přesto je to také věda, jejíž poznatky se dají velice snadno předat a vysvětlit téměř komukoli, pokud najdeme vhodnou cestu, jak to provést.

Stále mám před očima své spolužáky, kteří museli bojovat před zkouškou stejně jako já. Protože jim mnohem větší problém činilo prosté pochopení než snad kapacitní nedostatek paměti nebo času. Ale i je stačilo mnohdy jen lehýnce postrčit, aby uspěli. Stejně se to později ukázalo i s mladšími ročníky – žáky gymnázií a základních škol, které jsem měla možnost do tohoto tématu uvést nebo pozorovat při této práci své kolegy.

Pochopila jsem, že genetika je zbytečný strašák a že za vhodných podmínek je možné úspěšně do ní uvést i děti, které by v rámci školní docházky měly být zatím sotva seznámeny s existencí jádra buňky. Neboť její samotná podstata není vůbec složitá. Že je to obor nejen velice popularizovaný, ale za určitých předpokladů i velice populární a lákavý. Čili že je tak vlastně možné obraz této vědy zcela změnit a to velice snadno pouze změnou přístupu k ní.

Měla jsem možnost zkusit předat něco z poznatků této vědy (nejen) dětem různého věku a vidím zatím jediné dvě výrazné překážky ve vyučování: nezájem učitele o předávání vědomostí a nezájem žáka o jejich příjem. Ano, samozřejmě že detailní studium genetiky vyžaduje dobré studenty a je náročné. Raději snad řekněme jen náročnější, neboť není rozhodně nezdolné. Ale to není naštěstí nic, co by se týkalo základního a středního vzdělávání. Genetika je látka jako každá jiná, jen má svá specifika, která je nutné při výkladu brát v potaz. Právě proto jsem se rozhodla se jí zabývat, protože nevyžaduje nic víc, než abychom našli vhodnou cestu a prostředky, jak ji vyučovat.

Děkuji tedy docentu Břízovi za to, že se mu svým způsobem podařilo vykřesat ze mě jiskru nadšení pro tento obor, byť z vědeckého hlediska asi více teoretickou než praktickou. Děkuji za trpělivost všem malým přírodovědcům z letního tábora, kterým se nechtěla vyextrahovat DNA, neboť jsem spletla množství alkoholu nutného k pokusu. Děkuji svým spolužákům, že se mi asi vážně nikdy nesmáli za to, že končím s „přírodovědou“ a jdu na „pedák“. Děkuji všem učitelům, lektorům a kolegům za jejich (ne)veselé historky z vyučování, jmenovitě Jarmile Ichové, Kláře Dragové, Marušce Hanzalové, Markétě Francouzové, Janě Dragounové a dalším.

Děkuji své mamince, že nepoužila násilí, aby mě odvedla od studia pedagogiky, které se sama dlouhá léta věnuje. Děkuji tatínkovi, že mou maminku a ostatně i mě často uklidňoval. A děkuji moc svému drahému příteli Adamovi, neboť pomoc s vyhodnocením dat a přinesení pár kil učebnic bylo to nejmenší, co pro mě za tu dobu, co se známe, udělal.

A na závěr samozřejmě patří velký dík mé školitelce Martině Žurovcové a odborné konzultantce Radce Závodské za všechny jejich konstruktivní poznámky k mé práci a odborné vedení při jejím vzniku.

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce.....	3
3. Teoretická východiska práce	4
3.1. Koncept Rámcového vzdělávacího plánu (RVP).....	4
3.1.2. RVP z hlediska učiva genetiky.....	5
3.2. Učebnice a její pozice v českém školství	8
3.2.1. Učebnice v ČR před rokem 1989	9
3.2.2. Současnost učebnic v ČR	9
3.2.3 Učebnice přírodopisu a biologie v ČR.....	10
3.3. Charakteristika vybraných aktivizujících metod a forem výuky.....	10
3.3.1. Projektová výuka ve výuce genetických témat	11
3.3.2. Laboratorní úlohy a experimenty	12
3.3.3. Didaktické hry	13
4. Metodika.....	15
4.1. Analýza učebnic se zájmovým obsahem	15
4.1.1. Slovní hodnocení učebnic	15
4.1.2. Hodnocení obsahu pojmů a zpracování učebnic	16
4.1.3. Statistické hodnocení učebnic a jejich uživanosti	18
4.2. Příprava návrhů školních projektů, úloh a cvičení	19
4.2.1. Příprava návrhů projektového vyučování	19
4.2.2. Příprava laboratorních úloh, cvičení a didaktických her.....	19
5. Výsledky.....	21
5.1. Výsledky analýzy učebnic obsahujících učivo genetiky	21
5.1.1. Hodnocení jednotlivých dostupných titulů učebnic	21
5.1.2. Statistická analýza obsahu učiva zájmových učebnic	21
5.2. Návrhy pro výuku genetiky a jejich využití	29
5.2.1. Návrhy témat a postupů pro projektovou výuku.....	29
5.2.2. Návrhy experimentů a her s tematikou genetiky.....	29
5.2.3. Realizace vybraných zpracovaných námětů k výuce	30
6. Diskuze	32
6.1. Potenciální problémy současného konceptu RVP	32
6.2. Zhodnocení obsahu analyzovaných učebnic	32
6.2.1. Spektrum učebnic.....	32

6.2.2. Obsah učebnic	33
6.2.3. Grafická úprava učebnic.....	36
6.2.4. Soulad obsahu učebnic s požadavky RVP	38
6.3. Preference učebnic genetiky školami	38
6.4. Využití návrhů úloh, her a námětů projektového vyučování.....	39
7. Závěr.....	41
8. Literatura	42
8.1. Seznam použité literatury:.....	42
8.2. Seznam analyzovaných učebnic:	45
8.2.1. Učebnice obsahující genetiku.....	45
8.2.2. Učebnice neobsahující učivo genetiky.....	50
9. Přílohy	53
Příloha I.: Seznam analyzovaných učebnic se slovním komentářem.....	53
I.I. Učebnice pro druhý stupeň základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií	53
I.II. Učebnice pro čtyřletá gymnázia.....	61
I.III. Učebnice pro střední školy	65
I.IV. Učebnice smíšeného charakteru	67
Příloha II.: Detailní hodnocení vybraných učebnic s ohledem na vzhled a pojmy z učiva genetiky	71
Příloha III.: Návrhy témat a postupů projektové výuky v rámci učiva genetiky	120
Příloha IV.: Protokoly genetických pokusů a s pracovním postupem.....	126
Příloha V: Dokumentace realizace vybraných námětů k výuce genetiky	156

1. Úvod

Genetika je oproti dalším běžně vyučovaným vědním disciplínám jako například botanika nebo zoologie stále relativně mladá. Byť je člověkem prakticky užívána v rámci šlechtění už od Neolitické revoluce v dobách před 10 000 lety před Kristem (Stearns, 2009), slovo genetika se objevilo až dlouho poté v roce 1905 v soukromém dopise psaném biologem Williamem Batesonem (Craft, 2013). Veřejně prezentováno jím samým bylo až o čtyři roky později. Téhož roku představil pak Dán Wilhelm Johannsen slovo gen (Shepherd, 2010).

Se vznikem genetiky jako vědy prošlo lidstvo mnoha zásadními milníky. Těmi asi nejznámějšími jsou například odhalení pravidel dědičnosti J. G. Mendelem na základě jeho dlouhodobých experimentů s rostlinami hrachu v brněnském klášteře (Mendel, 1866) a jejich obohacení T. H. Morganem díky výzkumu mutací u modelového organismu *Drosophila melanogaster* (Morgan, 1910) nebo rozluštění struktury molekuly DNA J. D. Watsonem a F. H. Crickem v roce 1953 (Watson a Crick, 1953). Jedním z posledních a nejvýznamnějších kroků bylo publikování kompletní sekvence lidského genomu roku 2001 (Venter et al., 2001).

Poznatky této vědy jsou zcela zásadní. S jejím rozmachem jsme začali chápat zákonitosti přenosu nejen běžných fyzických znaků, ale především i onemocnění, a zároveň se nám tak do ruky dostal nástroj, který nám umožňuje výzkum jejich léčby. Došlo také k četnému přehodnocování uspořádání větví fylogenetických stromů. Genetika nám objasnila samotnou podstatu vlastního bytí.

Za více jak sto let své uznané existence jako samostatného vědního oboru se genetika stihla začlenit i do vyučovacích osnov a její zákonitosti jsou vštěpovány studentům po celém světě. Genetika je zahrnuta i v rámcových vzdělávacích plánech pro české školy (viz Rámcový vzdělávací plán MŠMT) a to jak v rámci druhého stupně základních škol, tak gymnázií a středních škol. V jakém rozsahu je ale vyučována, jak moc podrobně a je k tomu využito vhodných prostředků? Předáváme žákům skutečně správné informace, v srozumitelné a zajímavé podobě? A je možné genetiku vyučovat lépe než doposud?

Předložená práce se snaží na tyto otázky odpovědět analýzou stávajících vzdělávacích plánů a dostupných učebnic. Ke zhodnocení množství a rozsahu genetiky ve výuce byly jako referenční zdroje použity jak aktuální Rámcové vzdělávací plány aplikované v českém školství, tak především existující učebnice. Ty jsou kromě učitele tradičně výchozím zdrojem informací pro žáky (Maňák, 2007) a na českém trhu je jich dnes pestré spektrum. Vzhledem k jejich významu a množství je tak vhodné vědět, zda splňují nároky na vzdělání českých dětí. A pokud se v nich nacházejí nedostatky, zjistit, jaké to jsou.

Výzkumy učebnic přírodopisu a biologie byly již z hlediska některých aspektů provedeny. Proběhl výzkum náročnosti textů v učebnicích přírodopisu (Hrabí, 2005), didaktické vybavenosti učebnic (Jůvová, 2006), názoru žáků a učitelů na současné učebnice (Hrabí, 2007) i zhodnocení jejich grafické informace (Hrabí, 2006). Tato práce se však stejně jako například práce Müllerové (2015) zaměřuje na zcela konkrétní část učiva, která nebyla doposud zkoumána. Zároveň se snaží revidovat výsledky některých předchozích studií provedených na učebnicích jako celcích.

Genetika je v mnoha ohledech velice praktická věda, na druhou stranu pro žáky plná abstraktních pojmů. Ve snaze nenaučit žáky pouze prázdné pojmy je nutné umožnit jim důkladné osvojení znalostí a utvoření si správných představ o procesech s genetikou souvisejících. A to nejlépe za pomoci všech smyslů. V tom by měla učitelům pomoci sbírka v praxi ověřených laboratorních úloh, cvičení a didaktických her vytvořená v rámci této práce.

Cílem práce je poskytnout učitelům nástroje aktivizace žáků a pomoci s výběrem dalších vhodných podkladů k výuce témat z genetiky tak, aby byl výsledek vzdělávacího procesu maximálně efektivní

2. Cíle práce

- 1) Zjistit rozsah učiva genetiky v rámci současného RVP na vybraných typech škol. Osvětlit případné problémy koncepce RVP pro základní školy a gymnázia obecně i ve vztahu k učivu genetiky.
- 2) Provést analýzu současných i starších učebnic (a souvisejících komerčně dostupných učebních materiálů) z hlediska obsahu, tedy objemu zájmového učiva, ale i jejich grafického zpracování. Následně zhodnotit případné nedostatky a také současnou pozici učebnic ve školách.
- 3) Shrnout současné a navrhnout další výukové aktivity spojené s učivem genetiky. Připravit materiály a postupy jak pro školní výuku, tak i vhodné činnosti pro různé zájmové útvary a kroužky. A to tak, aby navržené výukové materiály a metody pomohli učitelům a lektorům lépe a praktičtěji demonstrovat problematiku oboru jednoduchými dostupnými prostředky.

3. Teoretická východiska práce

3.1. Koncept Rámcového vzdělávacího plánu (RVP)

V současnosti je rozsah učiva a výstupních znalostí žáků na základních a středních školách definován státem v Rámcových vzdělávacích plánech (RVP). Ty byly v ČR zavedeny v roce 2004 (zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (tzv. Školský zákon), aktuální novela z roku 2015 pod č. 82/2015). RVP zájmové pro tuto práci jsou:

- RVP pro základní vzdělávání
- RVP pro gymnázia
- RVP pro střední odborné vzdělávání

Ještě do školního roku 2015/2016 platilo také zvláštní RVP pro speciální vzdělávání, které bylo v roce 2016 zrušeno. Výuka žáků se speciálními vzdělávacími potřebami je nadále zajišťována podle RVP pro základní vzdělávání přes takzvané individuální vzdělávací plány (MŠMT, 2016).

Z dokumentů RVP následně vychází školy při zpracování vlastního Školního vzdělávacího plánu (ŠVP), který již definuje přímo formu, jakou se bude výuka na dané škole uskutečňovat. Minimální náplň ŠVP musí být plně v souladu s obsahem definovaným v RVP.

RVP se dělí na několik takzvaných vzdělávacích oblastí (pro základní školy devět oblastí, osm pro gymnázia) tvořené jedním nebo více blízkými vzdělávacími obory, které škola rozpracuje do vyučovaných předmětů. Vzdělávací obsah těchto oborů je definován dvěma základní prvky: učivo a očekávané výstupy z něj. Ty RVP pro základní vzdělání (MŠMT, 2016) definuje takto:

„Učivo je v RVP ZV strukturováno do jednotlivých tematických okruhů (témat, činností) a je chápáno jako prostředek k dosažení očekávaných výstupů. Pro svoji informativní a formativní funkci tvoří nezbytnou součást vzdělávacího obsahu. Učivo, vymezené v RVP ZV, je doporučené školám k distribuci a k dalšímu rozpracování do jednotlivých ročníků nebo delších časových úseků. Na úrovni ŠVP se stává učivo závazné.“

„Očekávané výstupy mají činnostní povahu, jsou prakticky zaměřené, využitelné v běžném životě a ověřitelné. Vymezují předpokládanou způsobilost využívat osvojené učivo v praktických situacích a v běžném životě...“

Určitá větší volnost, kterou RVP poskytuje, umožňuje učitelům přidávat do učebních osnov libovolné množství látky navíc oproti RVP na základě zkušenosti s jejich vlastními žáky. Umožňuje také manipulovat se vzdělávací obory ve smyslu jejich libovolného převedení na vyučovací předměty, čímž umožňuje tvořit i takzvané integrované vyučovací předměty složené z obsahu více vzdělávacích oborů.

Snahou nového konceptu vzdělávacího plánu bylo také definování tzv. klíčových kompetencí. A to v různé míře pro ZŠ a gymnázia. V rámci kurikulárních dokumentů je definován význam tohoto pojmu především takto:

„ ...specifický soubor znalostí, dovedností, zkušeností, metod a postupů, ale také například postojů, které jednotlivec využívá k úspěšnému řešení nejrůznějších úkolů a životních situací a jež mu umožňují osobní rozvoj i naplnění jeho životních aspirací.“ (Veteška & Tureckiová, 2008)

Kompetence je chápána jako výstup činnosti, tedy jako efektivně zvládnutá situace, které předchází schopnost k akci, tedy vkladu do této situace. Kompetence tak vychází ze všech oblastí lidského života a během života se mohou rozvíjet i ztrácet (Veteška & Tureckiová, 2008).

Nová vzdělávací koncepce má proto za úkol jejich rozvoj u žáků a zároveň posílení role školy nejen jako nástroje získávání informací, ale také jako místa, které zasahuje do života žáků v mnohem širším měřítku a tím je ovlivňuje. Obrazně bychom mohli říct, že jde vlastně o určité potvrzení lidského rozměru školy (stránky sociální, duchovní, morální, estetické, emocionální, včetně například uplatnění na trhu práce) (Skalková, 2007).

Klíčové kompetence se objevují i v zahraničních kurikulárních dokumentech (Skalková, 2007), v našich současných kurikulárních dokumentech pro ZŠ a gymnázia jsou pak vymezeny tyto konkrétní (podle RVP ZV 2016 a RVP G 2007):

- kompetence k učení
- kompetence komunikativní
- kompetence k řešení problémů
- kompetence sociální a personální
- kompetence občanské
- kompetence pracovní pro ZŠ / k podnikavosti pro gymnázia

Detailní obsahy jednotlivých kompetencí jsou v citovaných dokumentech, a není proto třeba je dále rozvádět. Stručně a zjednodušeně pouze připomenou několik zásadních bodů obsažených v klíčových kompetencích jako je práce s informacemi, rozvoj kritického myšlení, schopnost zodpovědného řešení problémových situací, schopnost efektivní komunikace, sebereflexe, odolávání tlaku médií, schopnost argumentace, společenská a enviromentální zodpovědnost a aktivní přístup k vlastnímu osobnímu rozvoji.

Problémem realizace je v tomto ohledu ale koncepce RVP sama, která klíčové kompetence pouze identifikuje, popisuje, ale nepomáhá učitelům v jejich začlenění přímo do běžné výuky. To vedlo pouze k zaujetí spíše odtažitého postoje k těmto inovacím nejen u učitelů (Straková, 2013). Tato část RVP tak žádá další rozvoj právě z hlediska pomoci učitelům k jejímu uchopení a přenesení do výuky. V rámci zájmového tématu se o to snaží i tato práce.

3.1.2. RVP z hlediska učiva genetiky

Dále uvádím pasáže týkající se učiva genetiky ze všech Rámcových vzdělávacích programů ČR pro zájmové stupně studia, podle kterých je následující text rozčleněn. Shrnut je obsah

učiva genetiky ve všech aktuálních národních kurikulárních dokumentech v ČR platných, a to pro základní a střední školy a gymnázia. Spolu se současnými je zde i obsah těch dokumentů, které pozbyly platnosti v nedávné době, takže může být ještě patrný jejich vliv ve výuce.

Adekvátnost požadavků RVP z hlediska věku žáků, souboru výstupních znalostí a obsah RVP z hlediska genetiky celkově je stručně diskutován níže (viz podkapitola 6.1.).

3.1.2.1. Obsah kurikula druhého stupně základní školy

Byť může být genetiky vnímána jako pokročilé učivo spíše pro střední školy, její základy se běžně objevují již na druhém stupni ZŠ, respektive v nižších ročnících osmiletých gymnázií.

Učivo zahrnující genetiku nacházíme v RVP ZV souhrnně pod vzdělávací oblastí „Člověk a příroda“, která obsahuje vyučované předměty fyzika, chemie, přírodopis a zeměpis. Přičemž obsah učiva a jeho výstupy jsou beze změny oproti staré verzi RVP platného od roku 2005 do roku 2013.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (verze platná od 1. 9. 2016), úplné znění upraveného RVP ZV (MŠMT, 2016)

- **Vzdělávací oblast:** Člověk a příroda
- **Vzdělávací oblast vzdělávacího oboru:** Přírodopis pro 2. stupeň
- **Tematický okruh:** Obecná biologie a genetiky
- **Učivo:** dědičnost a proměnlivost organismů – podstata dědičnosti a přenos dědičných informací, gen, křížení
- **Očekávané výstupy:**
 - žák vysvětlí podstatu pohlavního a nepohlavního rozmnožování a jeho význam z hlediska dědičnosti
 - žák uvede příklady dědičnosti v praktickém životě a příklady vlivu prostředí na utváření organismů

Původně obsahoval RVP ZV přílohu pro žáky s LMP z roku 2005. Ta je nově již neplatná, pro ilustraci ji ale uvádím. Učivo genetiky se v ní totiž také objevovalo, ač v menší míře:

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání – příloha upravující vzdělávání žáků s lehkým mentálním postižením (Praha: VÚP, 2005)

- **Vzdělávací oblast:** Člověk a příroda
- **Vzdělávací oblast vzdělávacího oboru:** Přírodopis pro 2. stupeň
- **Tematický okruh:** Obecná biologie a genetiky
- **Učivo:** dědičnost a proměnlivost organismů – podstata dědičnosti, přenos dědičných informací, vliv na vývoj organismů
- **Očekávané výstupy:** neobsahují žádnou zmínku

Na závěr je také vhodné zmínit, že v příloze upravující vzdělávání žáků s LMP byla u očekávaných výstupů uváděna oproti základnímu RVP ZV poněkud volnější formulace „žák by měl...“ (př. „žák by měl získat základní vědomosti o přírodě a přírodních dějích“). Samozřejmě tak bylo činěno s ohledem na možnosti žáků s LMP, jejichž výuka je o něco problematictější než u žáků zcela zdravých.

3.1.2.2. Obsah kurikula středních škol a vyššího stupně gymnázií

Střední školy můžeme v zásadě rozdělit na ty se zaměřením na všeobecné a odborné vzdělání. Všeobecným vzděláním rozumíme především gymnázia. Dále kromě středních odborných škol pak MŠMT definuje ještě programy pro konzervatoře a nástavbové studium.

3.1.2.2.1. RVP pro gymnázia

RVP pro gymnázia (RVP G) je určený pro gymnázia čtyřletá a vyšší stupně víceletých gymnázií. Obsah učiva genetiky a požadovaný výstup z něj je identický u všech typů RVP G, tedy dokumentů:

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (Praha: VÚP, 2007),

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou (Praha: VÚP, 2007),

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia v angličtině (Praha: VÚP, 2007),

Rámcový vzdělávací program pro dvojjazyčná gymnázia (Praha: 2015).

V rámci vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“ najdeme učivo týkající se genetiky ve dvou vzdělávacích obsazích:

➤ **Vzdělávací obsah: Chemie**

- **Tematický okruh:** Biochemie
- **Učivo:** nukleové kyseliny
- **Očekávané výstupy:** neobsahují žádnou zmínku

➤ **Vzdělávací obsah: Biologie**

- **Tematický okruh:** Genetika
- **Učivo:** molekulární a buněčné základy dědičnosti, dědičnost a proměnlivost, genetika člověka, genetika populací
- **Očekávané výstupy:**
 - žák využívá znalosti o genetických zákonitostech pro pochopení rozmanitosti organismů
 - žák analyzuje možnosti využití znalostí z oblasti genetiky v běžném životě

Přičemž vzdělávací oblast „Člověk a příroda“ zahrnuje v RVP G vyučované předměty: Fyzika, Chemie, Biologie, Geografie, Geologie.

3.1.2.2.2. RVP pro střední odborné vzdělávání

Ve středním odborném vzdělání se RVP třídí podle kategorií vzdělávacích oborů, kdy každý jednotlivý obor v dané kategorii má vlastní RVP. V současnosti existují tyto kategorie oborů:

- obory J
- obory E
- obory H
- obory L0 a M
- konzervatoře (obory M + P)
- nástavbové studium (obory L5)

Učivo genetiky se vyskytuje v rámci většiny oborů a je rozšířené v případě škol zaměřených na přírodovědné obory nebo zemědělství, rybníkářství a zahradnictví s důrazem na šlechtění rostlin nebo zvířat. Ve valné většině oborů (konkrétně všechny obory J, H, M a L, L5) je učivo genetiky zahrnuto v RVP takto:

➤ **Přírodovědné vzdělávání**

- **Vzdělávací oblast:** Biologické a ekologické vzdělávání
- **Učivo:** 1. Základy biologie – dědičnost a proměnlivost
- **Výsledky vzdělávání:** žák objasní význam genetiky

Výčet všech oborů spadajících pod danou kategorii a rozšíření genetického učiva u vybraných oborů je možno nalézt na příslušných webových stránkách MŠMT portálu NUOV (viz <http://www.nuov.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>). Jedná se o široké spektrum studentů (od kadeřnic, výtvarníků, obchodníků, po techniky, optiky a geodety), u kterých bychom měli předpokládat, že znalosti obecné genetiky mají.

3.2. Učebnice a její pozice v českém školství

I v současné moderní škole a výuce podléhající elektronizaci je učebnice důležitým médiem (Mazáčová, 2014), právě proto je i její výzkum neopomenutelným. Definice pojmu „učebnice“ se mírně liší mezi odborníky a laiky. Nejrozsáhlejší je samozřejmě její popis v pedagogické literatuře:

„Učebnice je druh knižní publikace uzpůsobené k didaktické komunikaci svým obsahem a strukturou. Má řadu typů, u nichž nejrozšířenější je školní učebnice. Ta funguje: 1. jako prvek kurikula, tj. prezentuje výsek plánovaného obsahu vzdělávání, 2. jako didaktický prostředek, tj. je informačním zdrojem pro žáky a učitele, řídí a stimuluje učení žáků.“ (Průcha et al., 2003).

To, jak je učebnice vnímána spíše veřejností, pak shrnuje například encyklopedický slovník Diderot (1999), který k heslu učebnice uvádí následující:

„Knižní publikace, která je informačním zdrojem pro žáky i učitele. Základní textová pomůcka. Obsahuje výklad učiva předepsaného učebními osnovami.“

Zajímavé srovnání pak nabízí popis učebnice na webové stránce jednoho z největších českých nakladatelství Fraus:

„Moderní učebnice je komplexní vzdělávací materiál, a to nejen na papíře, ... který obsahuje vedle verifikovaných a pečlivě vybraných základních informací úměrných věku dítěte hlavně a zejména pracovní prostředí pro moderní didaktické postupy. Právě didaktická složka, na jejíž přípravě se podílí tým odborníků, odlišuje kvalitní učebnici od toho, co může vytvořit jediný učitel, či od toho, co lze najít bezplatně na internetu.“ (Fraus, 2017)

Sjednocujícím prvkem všech idejí o tom, co je učebnice, je tak její význam ve vzdělávání jakožto specificky uzpůsobeného informačního zdroje. Vzhledem k širokým možnostem získávání informací v dnešní době se však klade důraz hlavně na didaktické hledisko učebnice a její vliv na aktivní učení žáka (Mazáčová, 2014).

V rámci českého školství prošel nejen obsah učebnic, ale především přístup k nim značnou proměnou v devadesátých letech minulého století vlivem pádu režimu a uvolnění možností tvorby učebnic i přístup k většímu množství zahraničních titulů (Greger, 2005). Tato změna byla natolik významnou, že je shrnuta v následující části.

3.2.1. Učebnice v ČR před rokem 1989

Produkce učebnic v období 50. až 80. let byla na rozdíl od té současné centralizovaná. Učebnice pro ZŠ a SŠ vycházely téměř pouze v rámci Státního pedagogického nakladatelství (SPN) a byly státem kontrolované (Průcha, 1996). (Nutno podotknout, že současné nakladatelství SPN a.s. pouze přejímá název, ale není pokračovatelem původního nakladatelství, které zaniklo v 90. letech (Kábrtová, 2006)). Pro každý vyučovací předmět existovala v každém ročníku daného typu školy pouze jedna učebnice (Greger, 2005). Učební texty pak tvořili hlavně čeští autoři, dále se u nás minimálně pro výzkumné účely objevovaly překlady děl především ruských, polských a německých učebnic (Maňák & Klapko, 2006).

Školy měly v té době mnohem menší možnosti zásahů do kurikula – nebylo možné si na základě státem daného rozsahu učiva utvářet neobvyklé koncepty vyučovacích předmětů a podobně. To může působit téměř dojmem, že učitel byl pouze prostým tlumočnickem předepsaných učebních materiálů. Na druhou stranu bylo cílem těchto materiálů také usnadnit náročný nástup nových učitelů do praxe a sjednotit výuku napříč školami stejného stupně.

3.2.2. Současnost učebnic v ČR

Po revoluci nastal rozvoj tvorby nových učebních textů a postupně se mezi pedagogy dostávala tehdejší západní literatura (Němcová, 2014). Objevilo se také čteně nových soukromých nakladatelství (Průcha, 1996). Stát si však ponechal funkci kontrolního orgánu.

V roce 1999 vyšel v platnost postup pro udílení tzv. schvalovací doložky MŠMT (s revizí postupu platnou od roku 2003). Tituly, které ji po zažádání a přezkoumání obdrží, mohou školy pořizovat na náklady státu a nikoli výhradně ze svých zdrojů (Greger, 2005). (Což ale hraje roli především na ZŠ, neboť na vyšších stupních studia, si učebnice již kupují sami žáci podle doporučení školy (Lepil, 2010).)

Původně se na školách používaly výhradně učebnice schválené doložkou MŠMT. Současný Školský zákon je benevolentnější k používání různých učebních materiálů ve výuce. Pokud učebnice nemá schvalovací doložku MŠMT, škola ji může pořídit, ale na vlastní náklady (Greger, 2005; Lepil, 2010). Dnes je tedy možné využít jakékoli materiály, které budou schváleny ředitelem školy a budou v souladu s RVP (viz Školský zákon).

System schvalovací doložky dále dovoluje vydávání více druhů učebnic pro jeden ročník. Od revoluce se tak na trhu objevilo nepřehledné množství titulů, ze kterých si školy mohou vybírat (Greger, 2005). Různé zdroje uvádí až překvapivě velká čísla – podle Lidových novin šlo v roce 2011 o téměř 900 titulů 45 nakladatelství pouze pro ZŠ (započteny přitom byly jen tituly se schvalovací doložkou MŠMT) (Kvačková, 2011).

3.2.3 Učebnice přírodopisu a biologie v ČR

V současnosti existuje hned několik ucelených řad učebnic pro ZŠ a gymnázia, stejně jako samostatné tituly specializované pouze na určité téma.

Krátce po roce 1990 se na trhu objevila edice přírodopisu pro druhý stupeň ZŠ nakladatelství Scientia, která vycházela ze starších textů SPN. Následovaly edice přírodopisu nového nakladatelství SPN a Ekologický přírodopis (první vydání jako „Poznáváme život“) nakladatelství Fortuna, které se dočkaly četných dalších revidovaných vydání. Obě edice jsou dodnes užívané. Mezi roky 1997-2000 se objevilo hned několik nových řad přírodopisu nakladatelství České geografické společnosti, Prodos, Jinan a původní edice nakladatelství Nová škola.

Po roce 2000 se objevuje zcela nová edice přírodopisu nakladatelství SPN a Nová škola, které jsou čteněji ilustrované a moderněji graficky zpracované. Na trh také vstupuje nakladatelství Fraus se svou edicí, která se již dočkala i nového vydání s podtitulem „Nová generace“. Zcela nejnovějším počinem je nová, moderně graficky zpracovaná edice přírodopisu nakladatelství Prodos, jejíž prozatím poslední díly vyšly v loňském roce.

Všechny tyto edice a jejich jednotlivé tituly byly zařazeny do analýzy učebnic provedené v rámci této práce a jejich kompletní seznam je možné najít v seznamu literatury (podkapitola 8.2.). O zhodnocení učebnic přírodopisu vydaných po roce 1990 se pak pokusily dílčí výzkumy zaměřené na obtížnost textu (Hrabí, 2005; Pytlová, 2009) a didaktickou vybavenost (Jůvová, 2006). Výzkumy se ale omezovaly pouze na učebnice 6.-7. ročníku ZŠ, v případě Pytlové (2009) pouze na učebnice přírodopisu nakladatelství Fraus pro 6.-9. ročník ZŠ, respektive nižších ročníků víceletých gymnázií.

I pro gymnázia vyšly ucelené edice učebnic, již ale v menším počtu. Původně vydaná edice „Učebnice do kapsy“ nakladatelství FIN publishing z první poloviny 90. let byla v úpravách později vydána v nakladatelství Olomouc. Dnes je nejznámější sloučená verze jednotlivých dílů pod titulem „Biologie pro gymnázia“ autorů Jelínka a Zicháčka (poslední vydání z roku 2014). V nakladatelství Tobiáš také vyšla část edice učebnic pro gymnázia, která však nikdy nebyla dokončena. Specifická je také edice titulů Gymnázia v Klatovech označených sice jako pracovní sešity, ale ve formě učebních textů.

Po roce 2000 se pak objevuje více titulů pro gymnázia a střední školy v nakladatelství Scientia. To se později pokusilo o ucelenější a moderní edici učebnic „Biologie pro gymnázia“, která opět nebyla zatím dokončena. Naopak velmi úspěšná se ukázala edice pro gymnázia nakladatelství Fortuna, která se ještě v posledních letech rozšiřovala o nové tituly a starší se dočkaly nových vydání.

3.3. Charakteristika vybraných aktivizujících metod a forem výuky

Ve školách i v současnosti stále převládá transmisivní pojetí výuky (Zormanová, 2012). Tradiční vyučování, založené především na metodách slovních a názorně demonstračních, je pak nejčastěji obohaceno aktivizujícími metodami, jakými jsou například didaktické hry, projektová výuka či problémově orientované laboratorní úlohy a experimenty (Honzíková & Novotný, 2006; Zormanová, 2012).

Všem aktivizujícím metodám je společné aktivnější zapojení žáků do výuky, jejich vlastní práce s předloženými informacemi a praktická činnost. Právě proto je vhodné jejich pravidelné zařazování do výuky (Zormanová, 2012). Vedou k lepšímu chápání a zvládnutí látky, včetně lepších výkonů v testech (Michael, 2006). Žáky samotné aktivizující činnosti jako diskuze, laboratorní cvičení, hry nebo skupinové práce také baví mnohem víc než například práce s učebnicí, výklad či přednáška (Zormanová, 2012).

Je ale nutné při použití takovéto metody její správné vedení, které vychází z jejich didaktických specifík, aby byla výuka efektivní. Tato specifika jsou popsána níže.

3.3.1. Projektová výuka ve výuce genetických témat

Projektová výuka je metodou s velkým potenciálem k pozitivnímu rozvoji klíčových kompetencí žáků skrze prakticky orientovanou, tvořivou a obvykle kolektivní činnost (Honzíková & Novotný, 2006). Její zcela přirozenou složkou je jak práce s informacemi a komunikace, tak i její výrazný sociální rozměr (Svoboda, 2014).

Definice projektového vyučování můžeme najít více. Například Průcha et al. (2009) v „Pedagogickém slovníku“ definuje projektovou metodu, na které zakládá projektové vyučování, následujícím způsobem:

„Vyučovací metoda, v níž jsou žáci vedeni k samostatnému zpracování určitých témat (projektů) a získávají zkušenosti praktickou činností a experimentem. Je odvozena z pragmatické pedagogiky a principu instrumentalismu, rozvíjené J. Deweyem a W. Kilpatrickem aj. V USA a dalších zemích je projektová metoda jednou z metod podporujících motivaci žáků a kooperativní učení.“ (Průcha et al., 2009)

Jedna z brzkých definic stojících na počátku rozvoje projektové výuky v českém školství pochází od Stanislava Vrány. Podle té je projekt podnik náročně organizované činnosti žáka s určitým cílem, za kterou žák přejímá zodpovědnost a stejně tak zdůrazňuje roli zájmu žáka při práci (Vrána, 1938).

Zásadním prvkem tohoto typu výuky je ale praktičnost a praktická činnost při tvorbě projektu. Pohybujeme se v rozmezí širokém a komplexním od rukodělné výroby, po schopnost práce s textem, diskuze a práce ve skupině. Předpokladem je tak mimo jiné určitá vyspělost žáků a těchto jejich schopností k zapojení do projektu nutných. Právě proto je projektové vyučování vhodnější spíše pro starší ročníky, na které tato práce cílí.

Žákovské projekty pak můžeme dělit podle mnoha kritérií jako je délka, počet řešitelů projektu, účel, prostředí, ve kterém bude projekt vypracováván, mezipředmětové vztahy v projektu a další (Jezrebová et al., 2011).

3.3.1.1. Příprava projektové výuky

Obecné hledisko přípravy na projektovou výuku shrnuje Pavlasová (2013) ve své publikaci „Přehled didaktiky biologie“, kde dělí proces přípravy na čtyři stěžejní prvky:

- **Záměr** – nebo jednoduše cíl, kdy učitel definuje konkrétní výstup projektu, volí vhodně jeho téma vzhledem k výuce a ŠVP a též vybírá vhodné didaktické metody

- **Plánování** – čili detailní příprava práce včetně stanovení časového rozvrhu práce, žákům jsou přiděleny úkoly a jsou definovány prostředky, kterými má být dosaženo výstupu projektu, žáci si jednotlivé kroky dále plánují sami podle pokynů, ale učitel by je měl v činnosti vhodně korigovat
- **Vlastní provedení** – ponecháno maximálně na žácích, učitel funguje jako poradce, motivační prvek, případně soudce sporů ve skupinách
- **Hodnocení** – výstup je pak nutné zhodnotit ať už v rámci třídy, nebo i širší veřejnosti a mělo by jít o takový výstup, který bude mít užitek nejen pro žáka (tedy užitečný například i v rámci celé školy, či dokonce obce)

Přičemž v literatuře bývá ještě zvláště vyčleňována položka prezentace projektu před jeho hodnocením a zdůrazněny různé možnosti představení výsledku užší i širšímu publiku (Kratochvílová, 2009).

Pokud se pak podíváme na tyto dílčí etapy, shledáme je samozřejmými. Dle mého názoru je ale právě špatné provedení některé z částí důvodem, proč je projektové vyučování neúspěšné a poté mnohdy zatracováno jako zbytečná ztráta času.

Je nutné zdůraznit, že projektová výuka může být pro učitele z hlediska správné organizace velice náročná (Mojžíšek, 1988; Honzíkova & Novotný, 2006; Jezrebová et al., 2011). Proto v případě, že učitel nedokáže vhodně naplnit základní body pro tvorbu projektu, neměl by být projekt vůbec organizován. Pro žáky je ve výsledku přínosnější dobře vedený frontální výklad než nevhodně organizované projektové vyučování.

3.3.2. Laboratorní úlohy a experimenty

Laboratorní úlohy a experimenty jsou klasickou doménou přírodovědných předmětů na všech stupních studia. Pomáhají demonstrovat teoretické poučky v praxi a jsou tak výborným nástrojem k efektivnějšímu učení především pro žáky, kteří mají problémy s abstraktními pojmy (Vališová & Kasíková, 2011). Navíc mají potenciál dalšího pozitivního dopadu na žáky. Jak zmiňuje Maňák v popisu výukových metod (Maňák & Švec, 2003):

„Laborování poskytuje příležitost k usuzování, rozvíjí technické myšlení, přispívá k výcviku organizačních dovedností, vytváří pracovní návyky.“

Laboratorní práce se mohou dále dělit na prostá pozorování a experimenty. U školních experimentů Maňák rozlišuje experimenty na žákovské a učitelské, přičemž v prvním případě žák aktivně vede experiment, v druhém případě jde spíše o demonstrační práci učitele (Maňák & Švec, 2003). V této práci je kladen důraz na experimenty žákovské, které mohou mít o něco větší dopad na žáky, neboť s materiálem pracují přímo (Pavlasová, 2013). Nutná je ale kontrola učitelem, zda jsou postupy správně prováděny.

Ačkoli laborování a související praktické aktivity bývají doporučovány spíše mladším žákům (žáci ZŠ) (Červenková, 2013), jsou vhodné i pro starší za předpokladu, že budou připraveny úlohy v odpovídající náročnosti a zajímavosti.

3.3.2.1. Příprava a průběh laboratorních cvičení a experimentů

Obvyklým úskalím všech laboratorních prací je jejich příprava – vždy musí být brán ohled na typ pokusu, nutný výchozí materiál (a jeho životnost a dostupnost), věk žáků a zařazení úlohy do probíraného celku. Učitel musí vše potřebné k úloze nashromáždit, zkontrolovat, připravit (Pavlasová, 2013).

Shrneme-li dostupnou literaturu (Maňák & Švec, 2003; Červenková, 2013; Pavlasová, 2013), zásadními kroky v přípravě jsou tyto:

- **Plánování úlohy** – tedy stanovení výukového cíle a způsobu realizace, ideální je pokus předem sám vyzkoušet a zhodnotit jeho možná úskalí a ty mít na paměti, stejně tak zvážit všechna případná bezpečnostní rizika s pokusem spojená
- **Příprava všech pomůcek** – s dostatečným předstihem připravit materiál tak, aby byl v den laboratorních prací vhodný k použití (např. rostliny čerstvé, senný nálev vhodného stáří), připravit všechny nutné pomůcky s ohledem na počet žáků a zkontrolovat jejich funkčnost
- **Příprava materiálů** – učitel musí mít připravený postup úlohy a teoretický úvod k ní, který žákům buď předloží formou nejlépe jednoduchého a srozumitelného bodového, nebo sám demonstruje, pokud jsou, předem připravit i pracovní listy

Provedení úlohy pak můžeme sumarizovat následujícími body:

- **Úvod** – připravení pracovních míst (pokud tak již učitel s žáky neprovedl předem), poučení o bezpečnosti, předání nebo demonstrování návodu na postup práce a zopakování teoretických východisek
- **Provedení práce** – vlastní práce obvykle spolu s vyhotovením protokolů se shrnutím výsledků činnosti nebo vyplněním pracovních listů, učitel žáky průběžně kontroluje
- **Vyhodnocení práce** – zhodnocení a zopakování vysvětlení výsledků činnosti, potažmo již opravení protokolů nebo pracovních listů, pokud je časově možné
- **Ukončení cvičení** – odevzdání vypracovaných listů nebo protokolů a úklid pracoviště

V rámci každé úlohy je nutné, aby učitel její průběh kontroloval, ale nechával co nejvíce na žácích samotných, spíše tedy vysvětloval postup, než sám pomáhal s prací. Pracovní listy jsou velice vhodnou pomůckou usnadňující žákům práci oproti běžné tvorbě protokolů. Je ale nutné k nim přistupovat obezřetně, neboť nebývají mezi žáky nejpoblíbenějším nástrojem – třetina žáků je hodnotí kladně vždy, polovina však pouze v závislosti na situaci (Zormanová, 2012). Úklid pracoviště je velice vhodné ponechat opět na žácích a kontrolovat správné provedení, což by nemělo být chápáno jako snaha o odlehčení práce pro učitele, ale jako nutné vštepování vhodných pracovních návyků.

3.3.3. Didaktické hry

Didaktická hra je specifickou vyučovací metodou založenou na přirozené roli hry v životě člověka. Jde o usměrněnou spontánní aktivitu dětí s didaktickým cílem, mají především motivační účinek a pomáhají stmelovat kolektiv žáků (Červenková, 2013). V díle „Pedagogika pro učitele“ je didaktická hra popsána takto:

„ ... didaktické hry záměrně evokují produktivní aktivity a rozvíjejí myšlení, neboť jsou zpravidla založeny na řešení problémových situací. Přitom opakování některých her nebo jejich etap (období, kol) lze přímo využít k učení.“ (Vališová & Kasíková, 2011)

Hra je obecně vyššími organismy využívána jako forma učení, i u člověka je prostředkem jak vzdělání, tak zábavy, což hraje jako taková dává dobrý potenciál k pedagogickému využití. Běžné je využití složitějších, s látkou úzce souvisejících, často částečně pohybových her s pravidly. Do spektra didaktických her zařazujeme ale i další oddechové zábavnější aktivity pro žáky jako křížovky, pexesa, přiřazování, šibenice, hraní rolí (divadlo, scénky apod.) i soutěže (Zormanová, 2012; Pavlasová, 2013).

3.3.3.1. Příprava a použití didaktických her

Příprava didaktických her závisí na jejich složitosti, podle které se orientuje materiální, časová i prostorová náročnost. Ze zkušenosti vyplývají některé zásadní body, které musí didaktická hra splňovat:

- **Didaktický cíl** – ten je nutno vytyčit a splnit, aby nešlo ve výsledku o „hru pro hru“ bez vlivu na učení a pochopení nebo zopakování látky
- **Jasná pravidla** – pravidla hry musí učitel jasně vytyčit a srozumitelně předat, dbát na jejich dodržování
- **Zábavnost** – pokud hra žáky nebaví, ztrácí se její motivační efekt a je spíše ztrátou času učitele než nástrojem výuky
- **Bezpečnost** – jelikož sem patří i hry pohybové, musí ty být dimenzovány tak, aby se minimalizovalo riziko zranění žáků

Didaktické hry by pak neměly být zařazovány do výuky zbytečně často právě proto, že jde spíše o doplňkovou aktivitu určenou k motivaci, částečně i pobavení a oddechu žáků od běžné frontální výuky.

Detailněji s ohledem na všechny typy her můžeme uvést přípravu didaktické hry podle Maňáka, která by měla splňovat následující body (Maňák & Švec, 2003):

- Vytyčení cílů hry
- Diagnóza připravenosti žáků
- Ujasněná pravidel hry
- Vymezení úlohy vedoucího hry
- Zajištění vhodného místa
- Příprava pomůcek, materiálu, rekvizit
- Určení časového limitu hry
- Promyšlení případných variant

Po ukončení každé nové i stávající hry by pak měl učitel evaluovat průběh a výsledek a případně hru pozměnit, pokud zjistí, že její běh není ideální. Hry je vhodné také během času modifikovat, aby žákům při opakování nezevšedněly. Vždy je nutné také zohledňovat časovou náročnost hry a delší hry zařazovat spíše méně, zatímco krátké hry jako křížovky je možné využívat pravidelněji i k odlehčenému opakování učiva během hodiny.

4. Metodika

V této kapitole jsou uvedeny postupy využití k dosažení vytyčených cílů práce, tedy postup při analýze učebnic a jejím vyhodnocení a následném návrhu projektového vyučování a úlohy jako doplnění k běžnému vyučování na školách.

4.1. Analýza učebnic se zájmovým obsahem

Pro účely analýzy jsem vytvořila seznam učebnic přírodopisu, respektive biologie a jim příbuzné učebnice ekologie a integrované výuky. Cílem bylo získat co nejúplnější přehled učebnic a učebních textů vydaných po roce 1989 v ČR s přírodopisným zaměřením. K tomuto účelu jsem využila katalog Národní knihovny. Vybíráno bylo z titulů zařazených jako učebnice přírodopisu nebo biologie.

Tyto tituly byly pak dohledány především v rámci sbírek Akademické knihovny JU a Knihovny PřF UK, případně jde o tituly ve vlastnictví autorky. V analýze jsou zahrnuty všechny učebnice v současné době používané na ZŠ a gymnáziích. Méně se práce věnuje učebnicím určeným pro střední odborné školy. Nezpracovány byly pouze dílčí tituly učebnic pro praktické školy a žáky se specifickými vzdělávacími potřebami vzhledem k velmi nízkému počtu titulů a jejich mnohdy špatné dostupnosti.

Práce hodnotí především aktuálně dostupné a užívané tituly. Analyzováno bylo i několik titulů z období 60. až 80. let 20. století. Cílem byla snaha o srovnání rozsahu a obsahu učiva genetiky v poválečném Československu a současné ČR, který bývá učiteli i laiky často diskutován. Vzhledem k malému počtu získaných děl nebyl dále rozsáhleji zhodnocen jejich konkrétní obsah, bylo ale provedeno srovnání jejich specifik s aktuálně užívanými tituly v rámci diskuze.

Všechny tituly použité pro analýzu jsou uvedené v seznamu literatury (kapitola 8.2.). Postup hodnocení a statistické zpracování výsledků analýzy jsou popsány v následující kapitole.

4.1.1. Slovní hodnocení učebnic

Pro účely hodnocení nebyly použity běžně užívané hodnotící metody (například měření didaktické vybavenosti, obtížnosti textu apod., viz Průcha, 1984), neboť nebyly z hlediska cíle práce vhodné. Ani návrh pro hodnocení učebnic ZŠ a SŠ (Sikorová, 2007) nebylo možné použít vzhledem k hodnocení pouze části textu, nikoli učebnice jako celku. Hodnocení v této práci použité vychází z diplomové práce Müllerové (2012) zaměřené na podobně úzkou problematiku tématu evoluce v učebnicích.

Postup hodnocení byl následující. Ve všech získaných učebnicích byl vyhledán obsah týkající se učiva genetiky a nejprve slovně zhodnocen s ohledem na několik kritérií širěji rozvedených v diskuzi práce a to:

- Obsah učiva a jeho rozsah
- Správnost a aktuálnost faktů
- Srozumitelnost látky
- Grafická úprava

V zásadě tato kritéria odpovídají tradičnímu způsobu hodnocení učebnic z hlediska měření didaktické vybavenosti jejích jednotlivých komponentů, u kterých Průcha (2006) uvádí tři hlavní kategorie, kterými jsou:

- „*Aparát prezentace učiva* – např. *výkladový text, shrnutí učiva, schémata, modely, statistické tabulky aj.*
- *Aparát řízení učení* – např. *otázky a úkoly k tématům, cvičení, užití zvláštního písma nebo barvy pro určité části učiva aj.*
- *Aparát orientace v učebnici* – např. *členění na lekce, živá záhlaví, rejstřík aj.*“ (Maňák & Klapko, 2006)

Kromě těchto kritérií byly zapracovány i další údaje. Pokud bylo dostupných více vydání učebnic, byla také tato vydání porovnána z hlediska zájmového obsahu. Dále jsem si všimla existence vydaných pracovních sešitů k učebnicím a úloh týkajících se genetiky v nich obsažených.

Některé základní údaje o analyzovaných učebnicích pak byly převedeny do tabulky k dalšímu statistickému zpracování. Kromě údajů bibliografických šlo o rozsah učiva genetiky. Tituly byly v rámci toho rozděleny do následujících kategorií:

- **Celá kniha** – celý titul je věnován pouze genetice
- **Kapitola** – titul obsahuje samostatnou kapitolu zaměřenou na učivo genetiky
- **Úsek** – v rámci učebnice se nachází víc odstavců textu pojednávajících o genetice
- **Zmínka** – učebnice obsahuje pouze několika větné zmínky, maximálně jeden odstavec
- **Zmínka „J“** – učebnice obsahuje výhradně zmínku o jádru jako nositeli dědičné informace (tato kategorie je v rámci statistiky sloučena s kategorií zmínka, je o ní ale pojednáno v komentářích k výsledkům)
- **Neobsahuje** – učebnice neobsahuje učivo genetiky

Dále bylo zaznamenáno také určení pro daný typ a ročník školy, které vycházelo z úvodů a bibliografických informací přiložených u každého titulu.

Bibliografické citace učebnic obsahujících učivo genetiky a nashromážděné poznatky o nich pak byly uspořádány podle stupně vzdělávání a ročníku, pro který jsou tituly určené. Celý tento seznam s komentáři k učebnicím je součástí příloh. Učebnice genetiky neobsahující jsou uvedené v seznamu literatury (kapitola 8.2.2.), nebyly ale více nijak hodnoceny.

4.1.2. Hodnocení obsahu pojmů a zpracování učebnic

Učebnice, které obsahovaly témata z oblasti genetiky (viz kapitola 8.2.1.), byly vybrány k detailnějšímu rozboru obsahu formou přehledové tabulky s širším spektrem genetických pojmů, ale i stručným zhodnocením vzhledu. Tabulky byly dále použity v rámci statistického zhodnocení míry rozpracování zájmového obsahu v učebnicích.

Učebnice byly zhodnoceny podle míry rozpracování vybraných faktů z oblasti genetiky. Ty byly vybrány na základě požadavků RVP ZV a RVP GV a nejčastějšího obsahu učiva ve zhruba 30 náhodně vybraných ŠVP pro různá česká gymnázia (osmiletá i čtyřletá). Jednotlivé položky byly rozděleny do několika následujících kategorií:

- **Obecné pojmy** – dědičnost, mitóza/meióza, genetika, gen, nukleová kyselina (DNA/RNA), DNA “packaging” (sbalení/kompaktace DNA), chromozom (a jeho struktura), diplo/haploidní organismus, genotyp/fenotyp, alela, dominance a recesivita, kodominance, heterozygot/homozygot, karyotyp, plazmid, mutace
- **Mechanismy dědičnosti** – Mendelovy zákony, vazba genů, mono/polygenní dědičnost, genové interakce, populační genetika
- **Využití genetiky** – genetika v lékařství, šlechtění, genové inženýrství, další disciplíny (kriminalistika, fylogeneze, ...)
- **Příklady** – monohybridní křížení, dihybridní křížení, Hardy-Weinbergova rovnováha, rodokmeny
- **Historie genetiky** – J. G. Mendel, T. H. Morgan

Nezařazení objevu struktury DNA Watsonem a Crickem do vyhodnocování obsahu historických reálií v rámci kapitol genetiky je dané jejich překvapivě malým zastoupením hlavně v učebnicích ZŠ.

Každé položce pak bylo uděleno hodnocení podle následujícího klíče:

- (*) – **zmíněno**: objevuje se pojem, ale není vysvětlen
- (**) – **stručně vysvětleno/popsáno**: objevuje se pojem, který je jednou/dvěma větami popsán a vysvětlen, vysvětlení je k pochopení podstaty dostačující
- (***) – **širěji rozvedeno a vysvětleno**: jsou rozvedeny detailní aspekty pojmu, případně i zajímavosti nad rámec základního učiva
- (x) – **opisem**: přímo daný pojem neobsahuje, ale zmiňuje opisem
- (!) – **ilustrováno**: daný pojem je zahrnutý v rámci alespoň jedné libovolné ilustrace (fotografie, schéma, graf, atd.)
- () – **chybí**: vůbec se neobjevuje ani opisem

Dále byl zhodnocen stručně i vzhled učebnice ze dvou hlavních hledisek: přehlednost textu a ilustrace. Zprvu přehlednost učebnice, která zdůrazňuje přehlednost optickou (resp. typografickou) a netýká se uspořádání textu (viz Sikorová, 2007). Šlo tedy o zjištění, zda se dá v učebnici rychle a dobře orientovat, text je přehledně koncipovaný na stránce, zásadní pojmy jsou v textu dobře viditelné a ilustrace neubírají na přehlednosti textu. Hodnocení je tvořeno podle následujícího klíče:

- (*) – **špatně přehledná**: ztížená orientace v textu, nevzhledná grafická podoba
- (**) – **víceméně přehledná s jistými nedostatky**: orientace v učebnici mírně ztížená některými grafickými prvky
- (***) – **výborně přehledná**: orientace v textu snadná, intuitivní, vhodně uspořádané grafické prvky

Druhou položkou vzhledu byly ilustrace (grafy, schémata, fotografie, kresby) – množství ilustrací v učebnici a jejich barevnost. Přičemž množství obrázků bylo hodnoceno v rámci dané části obsahující zájmové učivo s přihlédnutím ke vzhledu zbytku učebnice. Klíč hodnocení je následující:

- (!) – **málo**: průměrně méně než jeden obrázek na stránku
- (!+) – **četně**: obvykle více obrázků na stránku
- (x) – žádné
- (BW) – černobílé
- (RGB) – barevné
- (%) – ilustrace místy utlačují a zneřehledňují text

V tabulkách se dále objevují stručné dodatečné poznámky k některým jevům nebo popisům pojmů a jejich rozvedení v učebnici.

4.1.3. Statistické hodnocení učebnic a jejich užívanosti

Data získaná z analyzovaných učebnic byla dále vynesena do grafů za pomoci programu „R“ (R Core Team, 2016).

Cílem bylo vyhodnocení následujících parametrů získaných na základě předchozí analýzy obsahu učebnic:

- Celkové zastoupení učiva genetiky ve všech analyzovaných titulech
- Porovnání množství učiva genetiky v učebnicích v rámci jednotlivých ročníků ZŠ (6.-9. ročník)
- Vyhodnocení zastoupení a míry rozpracování vybraných stěžejních pojmů v učebnicích obsahujících větší množství učiva genetiky
- Grafická úprava učebnic především s ohledem na množství obrazového materiálu

Problémem při vyhodnocení souboru učebnic je samozřejmě duplikace některých titulů. Vzhledem k tomu, že některé učebnice vycházely v rychlém sledu, bývaly v dalších vydáních jejich obsahy různě přeskupovány. Téměř identické texty tak v některých případech vyšly několikrát pod jiným označením titulu (viz stará edice učebnic pro ZŠ od SPN, učebnice nakladatelství České geografické společnosti apod.). Fakticky se ale jedná o odlišný titul, což odpovídá i odlišnému ISBN číslu publikace. Proto byla nová vydání hodnocena jako samostatné tituly a nebyly slučovány stejné, respektive téměř stejné učebnice odlišného názvu dohromady.

Poté byl na základě náhodně vybraného vzorku gymnázií proveden průzkum užívanosti jednotlivých titulů. V internetovém vyhledávači Google byly vyhledány dostupné seznamy doporučených učebnic na českých gymnáziích pro školní rok 2016/2017. Zaznamenány pak byly všechny tituly doporučované pro jednotlivé ročníky a vyhodnocena častost jejich doporučení. Zaznamenány byly všechny doporučované tituly ať už určené přímo k výuce, nebo míněné jako doporučená literatura k maturitním zkouškám a k domácí přípravě.

Využitelná byla ale pouze data týkající se učebnic doporučovaných pro čtyřletá gymnázia, potažmo vyšší ročníky osmiletých gymnázií. Přičemž učebnice doporučované pro tyto dva typy studia jsou stejné. Dat o užívanosti učebnic na nižším stupni osmiletého gymnázia bylo příliš málo na širší vyhodnocení, zjištění jsou ale zmíněna v diskuzi (kapitola 6.3.).

4.2. Příprava návrhů školních projektů, úloh a cvičení

Na základě analýzy učebnic a rozboru dostupné literatury jak tištěné, tak internetových zdrojů jsem vytvořila sbírku návrhů k ozvláštňení a doplnění výuky genetiky na školách.

4.2.1. Příprava návrhů projektového vyučování

Vzhledem k pravidelnému užívání metody projektové výuky v českých školách v posledních letech (Honzíková & Novotný, 2006) byl vypracován i stručný přehled témat vhodných ke zpracování v rámci třídních/školních projektů či projektových dní. Podle zásad projektového vyučování bylo cíleno hlavně na témata dotýkající se přímo života žáků, témata s praktickým výstupem, ale také témata často medializovaná. Důraz byl kladen také na umožnění rozvoje klíčových kompetencí vymezených v RVP.

Jednotlivá témata byla připravena jako hrubé návrhy. Detailní průběh realizace bude ponechán na učitelích, kteří je mohou v rámci svých aktuálních možností libovolně rozpracovat, a to mimo jiné i s využitím přiložených úloh, cvičení a her. V rámci této práce byly některé projekty realizovány. V diskuzi je rozvedeno jejich využití ve výuce a přijetí žáky (kapitola 6.4.).

4.2.2. Příprava laboratorních úloh, cvičení a didaktických her

Koncept tvorby hlavní části úloh a cvičení vycházel z podoby úloh připravených pro projekt „Škola BOV“ Pedagogické fakulty JU (hlavní řešitel doktor Jan Petr, viz webová stránka <http://home.pf.jcu.cz/~bov/>). Tento koncept má především tu výhodu, že je velice vhodný pro učitele a jeho osnova obsahuje všechny potřebné informace. Přehled osnovy je následující:

- Název
- Shrnutí
- Cílová skupina
- Časová náročnost
- Prostorové požadavky
- Klíčové otázky
- Získané dovednosti a znalosti
- Návaznost na RVP
- Materiál
- Podrobné pokyny
- Možné modifikace úlohy
- Použitá literatura

Tato původní verze osnovy úloh byla mírně pozměněna pro účely práce pouze přidáním položky teoretická příprava, aby mohli úlohu provést nejen kvalifikovaní učitelé, ale i vedoucí zájmových útvarů s orientací na přírodní vědy či například žáci sami doma a stále přítom chápat teoretické pozadí vykonávané činnosti.

Při přípravě úloh byl kladen důraz také na to, aby mohly být provedeny s minimálním materiálním vkladem, neboť z osobní zkušenosti vím, že jsou stále školy, kde je vybavení pro

výuku přírodních věd trvale na velice špatné úrovni. Nejsou opomenuty však ani úlohy vyžadující alespoň minimální technické vybavení.

Úlohy jsou jak zcela nově vymyšlené, tak i převzaté z různých zdrojů a upravené tak, aby vznikla co nejpestřejší sada dlouho užívaných a prověřených úloh i těch neotřelých a inspirativních. Jsou zařazeny aktivizující úlohy i klasické početní úlohy z genetiky doplněné o dějovou linii. Ke každé úloze jsou vždy uvedeny zdroje a případné další odkazy, ze kterých je možno při přípravě úlohy čerpat.

5. Výsledky

V této kapitole jsou popsány výsledky všech dílčích částí práce, tedy analýzy RVP a učebnic a výsledné návrhy pro ozvláštnění výuky genetiky.

5.1. Výsledky analýzy učebnic obsahujících učivo genetiky

Kromě analýzy obsahu jednotlivých titulů obsahuje kapitola i celkové shrnutí hodnocení učebnic z několika stanovených hledisek týkajících se jejich grafického zpracování.

5.1.1. Hodnocení jednotlivých dostupných titulů učebnic

Celkem bylo zhodnoceno 133 titulů z toho 80 pro ZŠ a 52 pro vyšší gymnázia a střední školy. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v příloze II. Četné množství titulů vyšlo v několika vydáních, mnohdy bez větších změn obsahu (SPN, Scientia). Některé edice prošly slučováním jednotlivých dílů (SPN, Nakladatelství České geografické společnosti) nebo změny určení pro věkovou kategorii žáků („Ekologický přírodopis“ a jeho původní edice). Výslednou analýzu tak komplikuje existence různých titulů s téměř stejným obsahem.

U každého titulu je uveden slovní popis zahrnující komplexní zhodnocení obsahu i technické parametry knihy pro dokreslení její podoby.

5.1.2. Statistická analýza obsahu učiva zájmových učebnic

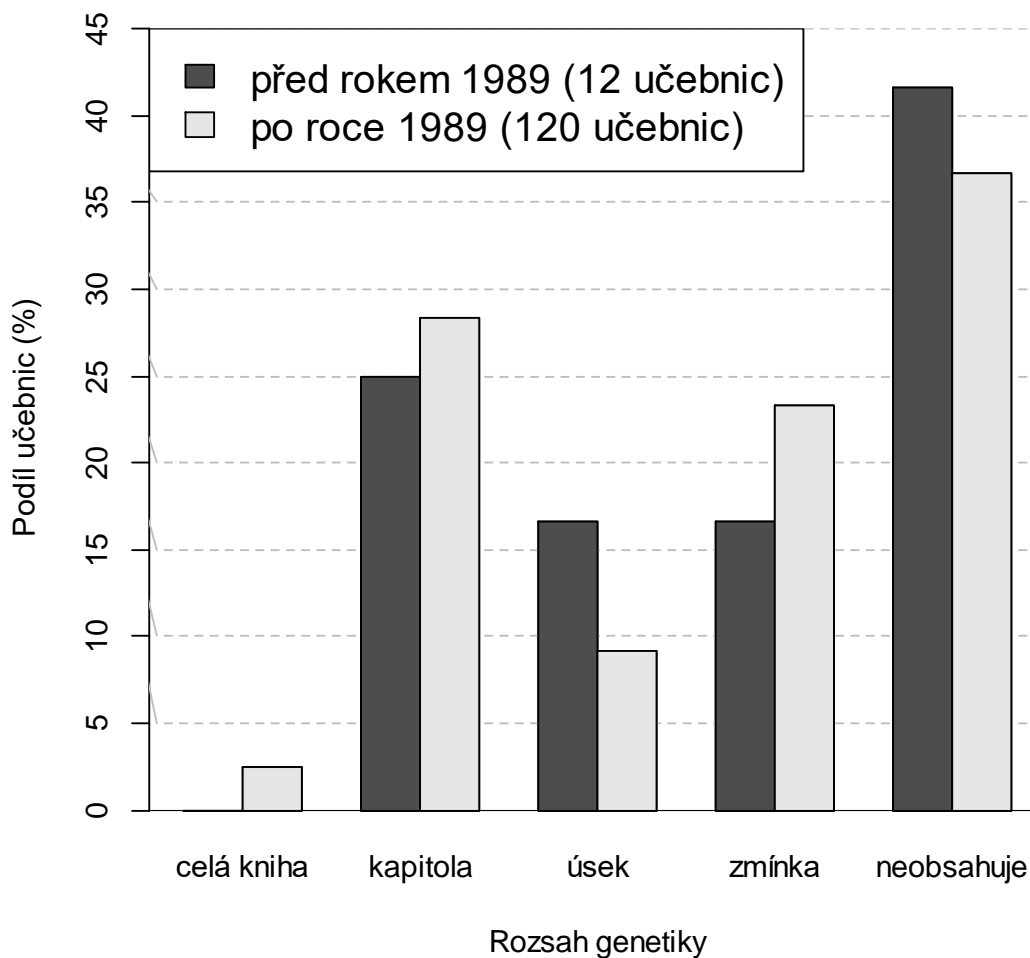
Na základě analýzy obsahu zkoumaných učebnic (viz příloha I a II) bylo provedeno jejich souhrnné zobrazení v programu „R“ (R Core Team, 2016).

5.1.2.1. Analýza z hlediska rozsahu učiva genetiky

Analýza zahrnuje celkem 132 různých titulů určených především pro ZŠ a gymnázia, menší část titulů byla určena výhradně pro střední školy (celkem 13). Z toho bylo 120 titulů vydaných po roce 1989 a 12 titulů před rokem 1989 (obr. 1).

Vzhledem k nízkému počtu starších titulů samozřejmě není možné vyvozovat pro ně obecně platné závěry. Je ale možné určité srovnání, které poukazuje na to, že starší tituly mají obdobný podíl genetiky jako současné. Jde především o učebnice určené pro vyšší gymnázia, v prvních ročnících druhého stupně ZŠ se genetika ve mnou zkoumaných učebnicích neobjevovala. Pokud ano, šlo především o buněčné dělení (meiózu a mitózu). Nenašla jsem také žádný titul starší roku 1989 určený pro gymnázia, který by se celý věnoval výhradně genetice.

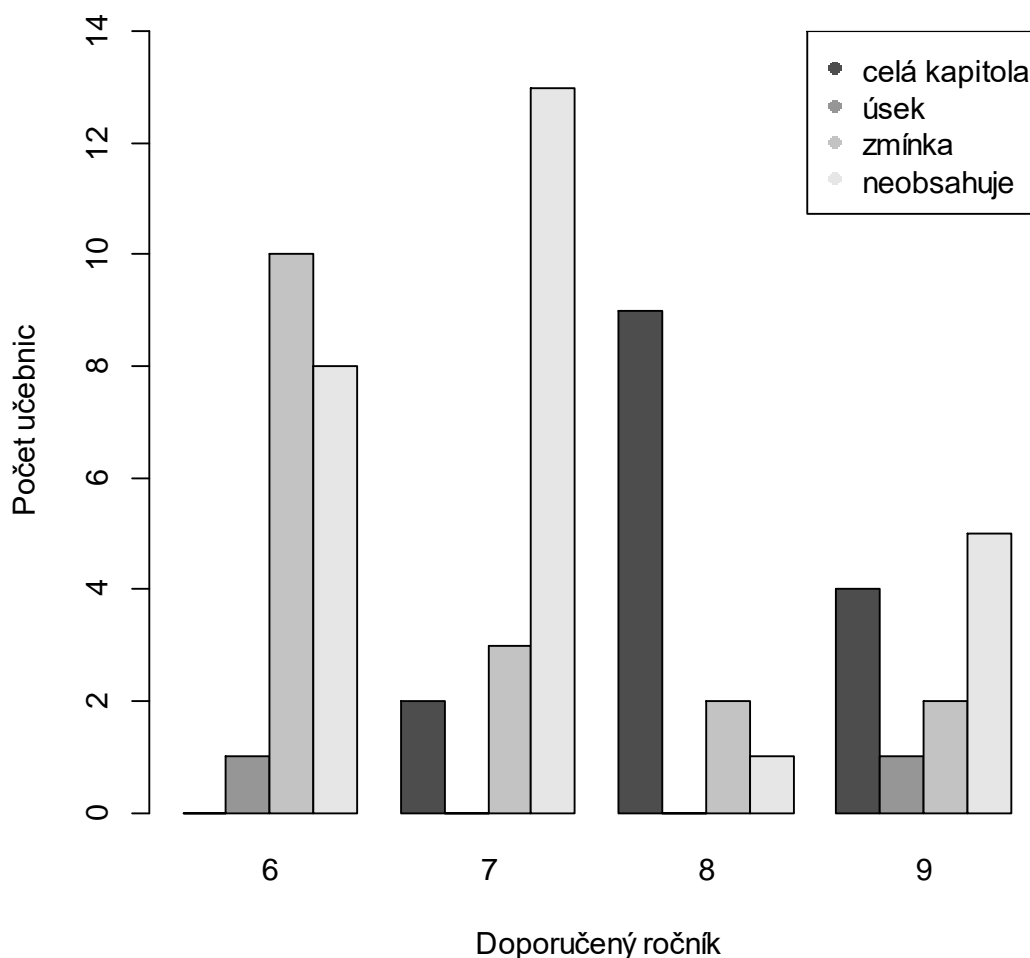
Podíváme-li se pak detailně na obsah učiva genetiky v učebnicích po roce 1989 vidíme, že téměř 2/3 titulů obsahují alespoň zmínku týkající se tématu.



Obr. 1: Rozsah genetiky v kompletním spektru hodnocených učebnic s porovnáním titulů po a před rokem 1989. (Počty učebnic v jednotlivých kategoriích pro díla vydaná po roce 1989: celá kniha – 3, kapitola – 34, úsek – 11, zmínka – 23, neobsahuje – 44.)

V kategorii „zmínka“ byla při výzkumu dále vyčleňována podkategorie učebnic, které obsahují pouze informaci o tom, že jádro je nositelem dědičné informace. Takových titulů bylo po roce 1989 celkem 7. Jde o poměrně běžnou praxi, kdy se především v šestém ročníku zavádí pouze popis buňky a jejích organel.

Po roce 1989 se nově objevují i celé specializované tituly zaměřené na učivo genetiky. Ty jsou však určeny především pro čtyřletá gymnázia a není jich příliš čteně. Velká část učebnic vydaných po roce 1989 má již celou kapitolu věnovanou genetice. Jde opět hlavně o učebnice pro vyšší ročníky druhého stupně ZŠ, respektive nižší ročníky víceletých gymnázií.



Obr. 2: Rozsah genetiky v analyzovaných učebnicích přírodopisu určených pro ZŠ vydaných po roce 1989 podle jednotlivých ročníků (6.-9. ročník).

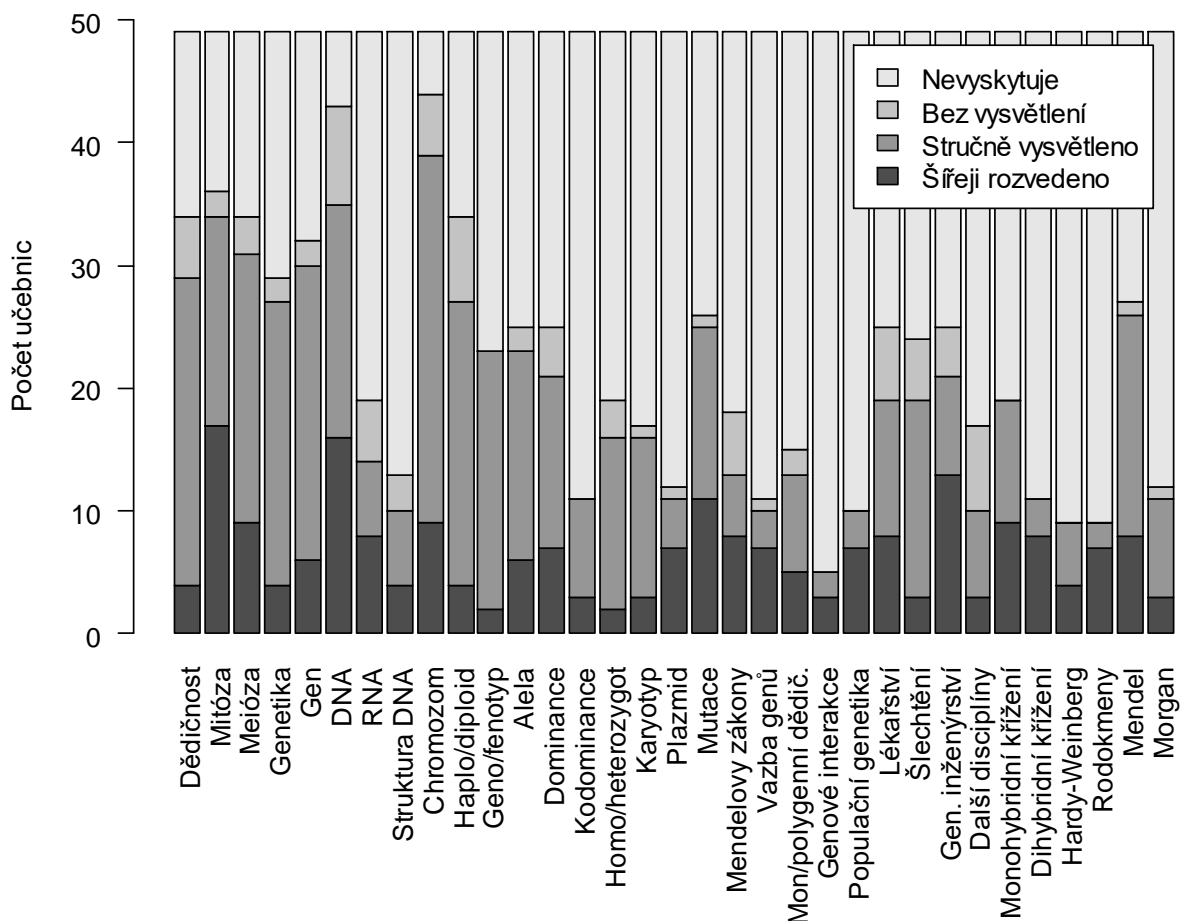
Množství učiva genetiky v závislosti na ročníku studia na ZŠ dobře reflektuje tradiční řazení témat učiva přírodopisu, kterého se i nové učebnice stále drží (obr. 2). V učebnicích pro 6. ročník ZŠ výrazně převyšují pouze zmínky o tématu, obvykle v rámci úvodu do studia buňky či obecné biologie. (Objevují se informace o jádru jako nositeli dědičné informace, někdy popis nebo ilustrace dělení buněk, zavedení pojmů chromozom či dědičnost.) V 7. ročníku se učebnice obvykle soustředí na učivo zoologie, botaniky či kombinace obojího. Genetika bývá zcela upozaděna, případně se může objevit jako součást učiva o buňce a buněčném cyklu.

Situace se výrazně mění v 8. ročníku, kde je téměř bezvýhradně zastoupeno učivo biologie člověka. Genetika logicky navazuje s dědičnými vlastnostmi nejen člověka a problematikou dědičných onemocnění. Většina učebnic věnuje tématu celou kapitolu. Někteří autoři se pak věnují genetice až v posledním 9. ročníku. Učebnice se ale téměř vždy zaměřují na učivo geologie, často doplněné o kapitoly z evoluce, ekologie. To někdy působí téměř dojmem snahy odkládat některá náročnější a abstraktní témata natolik, že nakonec vznikají tituly s příliš nesourodými celky informací, které postrádají odlehčenější pasáže (těmi bývá vnímána obvykle právě například zoologie, ke které mají žáci velmi pozitivní vztah apod.).

Samostatné tituly věnující se genetice se mezi učebnicemi pro ZŠ logicky nevyskytují a objevují se až mezi učebnicemi určenými pro gymnázia a SŠ. Proto se ani v grafu tato kategorie neobjevuje.

5.1.2.2. Míra zpracování vybraných genetických pojmů

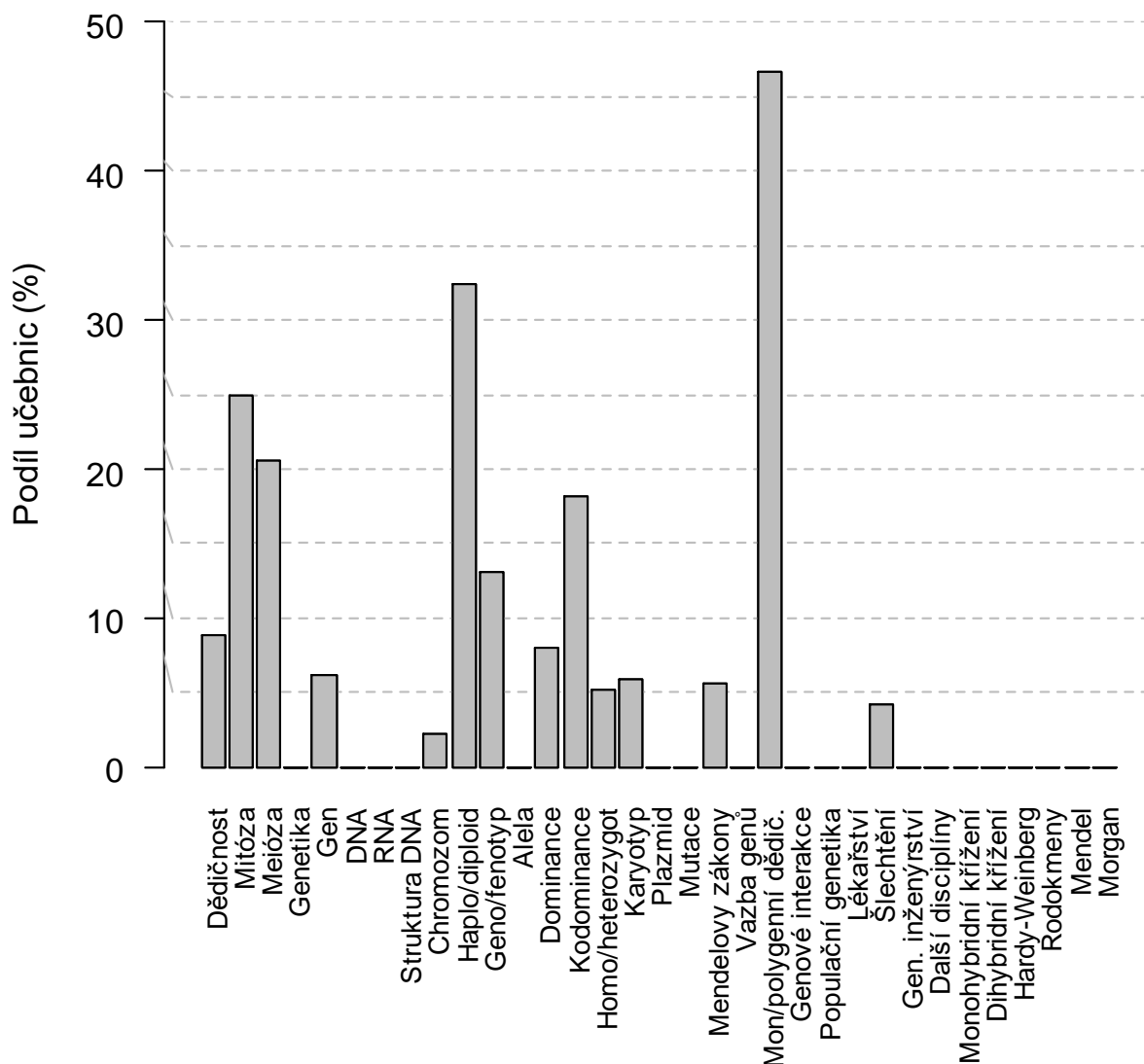
Dále bylo na základě detailního rozboru titulů s širším obsahem učiva genetiky (příloha II) vyhodnoceno rozpracování jednotlivých stěžejních pojmů týkajících se tohoto učiva (obr. 3).



Obr. 3: Míra vysvětlení pojmů ve všech vybraných učebnicích s větším rozsahem učiva genetiky (příloha I). V grafu jsou zahrnuty i ty pojmy, které jsou vysvětleny opisem. Legenda (pojmy) jsou obsáhleji definovány v kapitole 4.1.2.

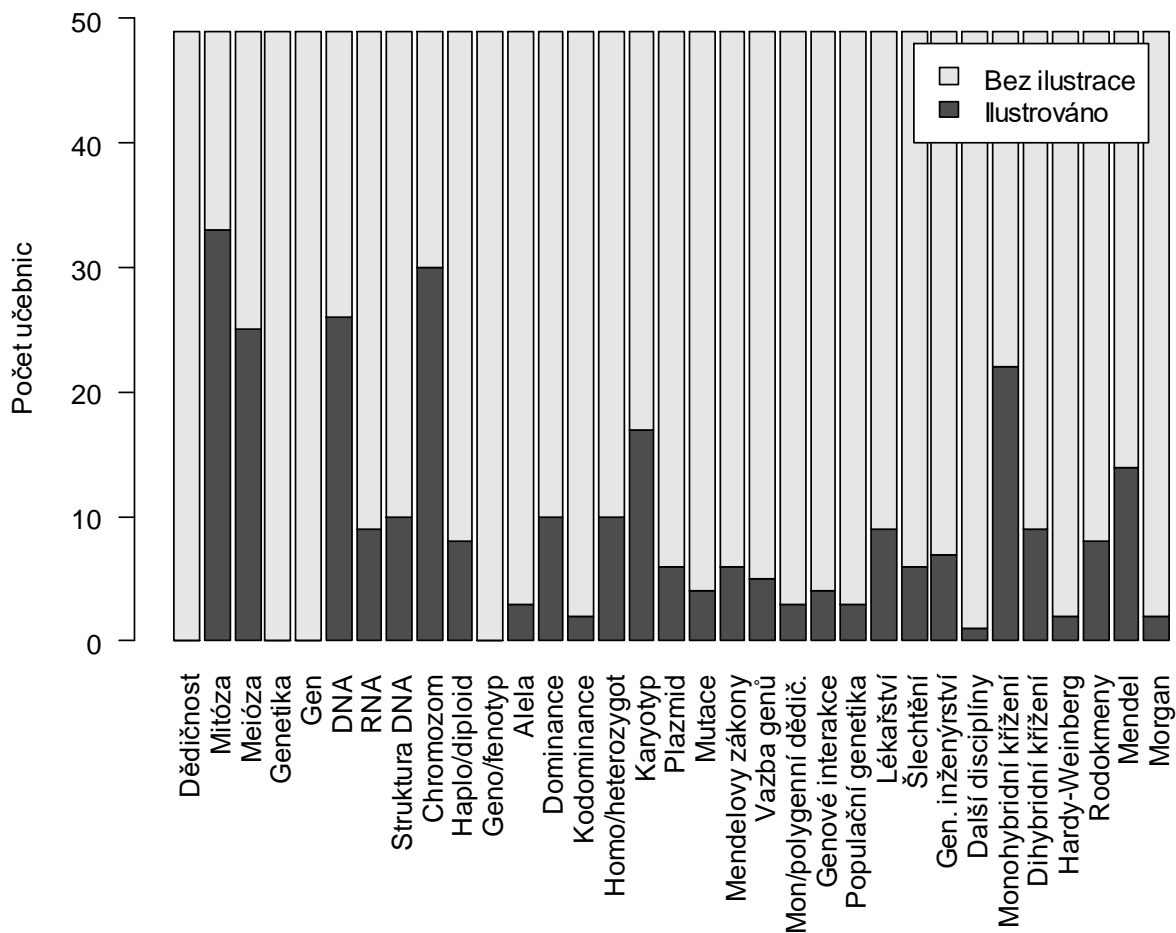
Pojmy týkající se pokročilých témat jsou zastoupeny mnohem méně než ty základní jako dědičnost, chromozom, gen atd. (obr. 3). To, jak moc je daný pojem v učebnicích rozveden, je často ovlivněno jeho povahou. Například u pojmů genotyp a fenotyp je vysvětlení podstaty stručné jednou větou, zatímco pojmy jako mutace se dají snadno obsáhleji rozvést (např. typy mutací, princip jejich vzniku atd.).

Dále bylo zjištěno, jaký je podíl pojmů, které jsou ve vybraných učebnicích vysvětleny opisem, a to z toho důvodu, aby bylo možné oddělit je od pojmů v textu přímo uvedených, tudíž mnohem spíše také určených k zapamatování (obr. 4).



Obr. 4: Podíl vysvětlení pojmu opisem u všech vybraných učebnic s širším rozsahem učiva genetiky pro jednotlivé sledované pojmy, respektive části učiva. Legenda (pojmy) jsou obsáhleji definovány v kapitole 4.1.2.

U některých pojmů není popis opisem vůbec vhodný, čemuž odpovídá množství pojmů, které v žádné z vybraných učebnic opisem popsány nebyly (např. DNA, RNA apod.). Naopak některé pojmy se zásadně uvádějí opisem. Zde převažují monogenní a polygenní dědičnost, která bývá dávána do souvislosti s vlivem prostředí na fenotyp. To je v učebnicích často zmíněno, samotná polygenní a monogenní dědičnost nebo kvantitativní a kvalitativní znaky z ní obvykle vycházející specifikovány nijak nejsou.



Obr. 5: Počet děl, ve kterých jsou vybrané pojmy doplněné i ilustrací. Za tu je považován jak obrázek, fotografie, tak i schéma nebo graf. Legenda (pojmy) jsou obsáhleji definovány v kapitole 4.1.2.

Četnost některých ilustrací vychází opět z důležitosti pojmů – toho, zda tvoří základní nebo spíše rozšiřující učivo (obr. 5). Základní pojmy jako DNA, chromozom, meióza a mitóza (častěji jako buněčné dělení nebo množení buňky) se objevují ve více než 20 učebnicích. Podobně ilustrace monohybridního křížení, které nemusí být doprovázeny širším vysvětlením v textu, ale ilustrují v učebnici přenos dědičných vlastností na potomky. Naproti tomu pokročilá látka jako dihybridní křížení, plazmidy a další se vyskytují v 10 a méně titulech.

U pojmu DNA a chromozom je pak nutné zmínit, že do ilustrací byly v tomto případě započítávány i obrázky jádra s velmi jednoduchým vyobrazením jaderné hmoty s odpovídajícím popisem. Čili nemusí jít ve všech případech o ilustrace pojem více popisující a přibližující. U osobností Mendela a Morgana jde výhradně o jejich portréty.

Samozřejmě jsou i určité typy pojmů, kde přímá ilustrace pojmu není buď možná, je velmi omezená, proto se v učebnicích nevyskytují (viz pojmy jako genetika, gen, dědičnost).

5.1.2.3. Analýza grafického zpracování učebnic

Zhodnocení vzhledu všech vybraných učebnic s větším zastoupením genetiky (příloha II) bylo provedeno ve třech kategoriích: množství ilustrací, podíl barevných ilustrací a přehlednost učebnice z grafického hlediska.

Kromě jednoho titulu obsahují všechny alespoň minimum obrázků. U většiny to je alespoň jeden obrázek, schéma či graf na 1-2 stránky. Ze všech podrobněji hodnocených titulů 10 obsahovalo málo obrázků a 38 četně, tedy běžně více obrázků na jednu stránku. Četnější obrazový materiál převažoval u učebnic určených pro ZŠ, naopak učebnice pro gymnázia nebývají tak ilustrované.

To se promítlo i na barevnosti ilustrací. Učebnice pro gymnázia mívají mnohem větší podíl obrázků pouze černobílých, učebnice pro ZŠ jsou zpravidla celobarevné s fotografiemi a kresbami. Celobarevných bylo v průzkumu celkem 22 titulů, stejný počet výhradně černobílých (menší část z toho s menšími barevnými přílohami). Dále bylo 5 titulů, kde byl poměrně stejný podíl černobílého a barevného obrazového materiálu.

Jelikož je v této podrobné analýze zahrnuto více starších titulů, je možné zhodnotit stručně i je. Všechny 6 titulů starších roku 1989 v širším hodnocení bylo černobílých. Ne všechny existující starší tituly jsou ale výhradně černobílé. Mnoho z nich hlavně pro nižší ročníky ZŠ, kde nebylo učivo genetiky přítomno, a proto nebyly ve statistickém hodnocení zahrnuty, obsahovalo barevné malby nebo kresby.

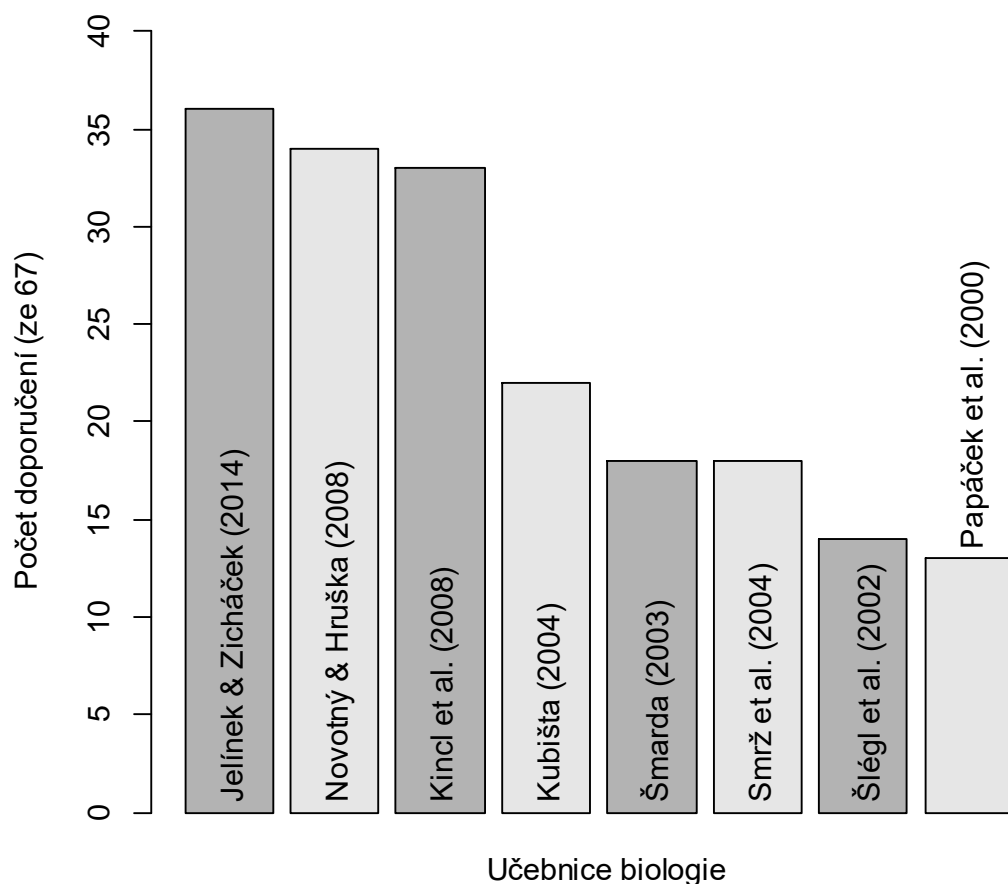
Přehlednost učebnic je spíše dobrá. V 11 případech ze 32 se ale objevuje problém znehlednění textu nevhodně vloženými ilustracemi. Je tomu tak často u učebnic pro ZŠ, kde je obrázků více. Po typografické stránce jsou učebnice v pořádku, jen výjimečně se objevuje nezvýrazňování pojmů nebo příliš dlouhé odstavce, což komplikuje orientaci v textu. Ze všech titulů, které se mi podařilo získat, byly zcela typograficky nevhodné pouze tituly vydané Gymnáziem v Klatovech, které měly špatně čitelné zdeformované strojové písmo.

5.1.2.4. Školami doporučované učebnice pro gymnázia

Vyhodnocení preferencí učebnic doporučovaných pro čtyřletá gymnázia a vyšší ročníky šestiletých a osmiletých gymnázií bylo provedeno na základě dat získaných od 67 českých soukromých i státních gymnázií (obr. 6) z celkového počtu 359 českých gymnázií (podle statistik MŠMT pro školní rok 2016/2017, viz <http://toiler.uiv.cz/rocenka/rocenka.asp>).

Zjištění potvrdila moje očekávání na základě vlastní zkušenosti s užívaností učebnic na gymnáziích. Vzhledem k tomu, že si studenti musí učebnice pořizovat na vlastní náklady, je výhodné pořizovat tituly souhrnné. Vzhledem k jejich současné kvalitě je školy i rády doporučují. Kromě „Biologie pro gymnázia“ od Jelínka a Zicháčka (nakladatelství Olomouc) se objevoval i do výzkumu nezařazený titul „Nový přehled biologie“ od Rozsypala a kolektivu (nebyl zpracován jako učebnice, nakladatelství Scientia). Dále se velmi často doporučuje ucelená edice pro gymnázia nakladatelství Fortuna, včetně specializované učebnice genetiky. Přičemž učivo genetiky je v těchto dílech rozpracováno široce, až nad rámec RVP. Dostatečně tak pokrývají státní nároky na kladené na rozsah učiva.

Nejčastěji doporučované tituly



Obr. 6: Nejčastěji doporučované tituly na čtyřletých a vyšších stupních osmiletých a šestiletých gymnázií v ČR (n = 67). Celé názvy titulů od nejčastějších: Jelínek & Zicháček – Biologie pro gymnázia (Olomouc), Novotný & Hruška – Biologie člověka pro gymnázia (Fortuna), Kincl et al. – Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií (Fortuna), Kubišta – Obecná biologie pro gymnázia (Fortuna), Šmarda – Genetika pro gymnázia (Fortuna), Smrž et al. – Biologie živočichů (Fortuna), Šlégl et al. – Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia (Fortuna) a Papáček et al. – Zoologie (Scientia). U titulů jsou uváděny roky nejnovějších vydání dostupných na trhu.

Vyhodnotit šířeji užívanost učebnic na vyšším stupni ZŠ, tedy i nižších stupních víceletých gymnázií nebylo možné z důvodu získání nízkého počtu škol s dostupnými údaji o používaných učebnicích. Ze 67 gymnázií totiž o učebnicích pro nižší ročníky poskytovalo informace pouze 25 z nich. Tato data jsou tak pouze stručně posouzena v diskuzi (kapitola 6.3.).

5.2. Návrhy pro výuku genetiky a jejich využití

Následující část obsahuje výčet připravených materiálů pro vyučující, které mají pomoci a usnadnit obohacení výuky genetiky na školách.

5.2.1. Návrhy témat a postupů pro projektovou výuku

Návrhy k projektové výuce byly zpracovány formou tematických návrhů s popisem vhodného postupu řízení aktivit. Návrhy jsou přiloženy v příloze III, zde uvádím pouze výčet témat:

- 1) **GMO** – medializované téma umožňující především procvičení klíčových dovedností komunikačních a informačních, rozvíjí schopnost argumentace u žáků a práce s textem
- 2) **Využití genetiky v praxi** – téma pokrývající výstupy RVP, zaměřuje se na práci literaturou i praktické poznání, objasňuje zkrácené medializované informace
- 3) **Dědičné choroby** – téma obsahující příklady z reálného života, umožňuje rozvoj nejen kompetencí informačních, ale v určitém ohledu i sociálních, učí žáky nejen práci s informacemi, ale i zdravotní prevenci a ohleduplnosti a toleranci k druhým
- 4) **Metody zpracování DNA** – vhodné především pro žáky motivované a se zájmem o přírodní vědy, uvádí do moderní vědecké práce
- 5) **Křížení rostlin/zvířat** – propojuje učivo s reálnými příklady a praktickým využitím, vhodně navazuje na požadavky RVP, potenciál k rozšíření rozličných žákovských dovedností (pěstitelství, chovatelství apod.)
- 6) **Historie objevitelů** – rozvíjí informační kompetence, zahrnuje prvky cílící na vnitřní motivaci, přináší inspirativní ideje do života žáků

Podrobnější rozpracování témat je ponecháno na učitelích podle jejich aktuální potřeby, náplně a cílů výuky. Ve většině případů jde o projekty v délce více než jedné vyučovací hodiny, jejich témata jsou ale vhodná i pro různé krátké diskuzní a argumentační aktivity. Učitel tedy může na základě zhodnocení svých časových a materiálních možností rozhodnout, jak dané návrhy rozpracuje v rámci vyučování (zda je například využije pouze k diskuzi v hodině, nebo je zpracuje v rámci blokové výuky apod.).

5.2.2. Návrhy experimentů a her s tematikou genetiky

Praktické přípravy experimentů, úkolů a her, které je možné zařadit přímo do výuky a které umožňují lepší převedení teorie do praxe, uvádím v příloze IV. Zde je prezentován jen jejich výpis:

- 1) **Jedlý model DNA – sladká genetiky**: vytvoření modelu dvoušroubovice DNA z bonbónů (případně jiného materiálu)
- 2) **Extrakce DNA z „živého“ materiálu – DNA z banánu**: klasický nenáročný pokus extrahování DNA
- 3) **Krvavá genetiky**: vysvětlení dědičnosti krevních skupin na úlohách s příběhovým kontextem s doplňujícím úkolem na tvorbu rodokmenu
- 4) **Proteinová továrna – lidská translace**: didaktická pohybová hra umožňující žákům zafixovat si znalosti procesu translace
- 5) **Králičí farma – křížení v praxi**: kombinace početních úloh a pohybové hry k procvičení Mendelovské genetiky

- 6) **Populační genetik v praxi – králičí farma na druhou:** upravená verze úlohy připravené pro biologickou olympiádu (Hájek et al., 2005) do formy zajímavější a uživatelsky přívětivější didaktické hry objasňující mechanismus genetického driftu
- 7) **Malá psí detektivka:** na základě detektivního příběhu procvičení příkladů na dihybridismus na reálném příkladu dědičnosti barev srsti u labradorů

Některé úlohy vycházely z již vytvořených úloh a snažily se je aktualizovat a rozšířit. V takovém případě jsou vždy v použité literatuře uvedeny odkazy. Mezi další na středních užívané praktické úlohy, které se ve této sbírce neobjevují vzhledem k materiální náročnosti a současné vysoké kvalitě zpracování, patří preparace polyténních chromozomů octomilky nebo pakomára a sledování fází mitózy v buňce cibule. Návody na ně je možné najít například v rámci učebnic biologie (Jelínek & Zicháček – Biologie pro gymnázia) a webové stránky Škola BOV (Analýza buněčného cyklu cibule kuchyňské (*Allium cepa*) – Magda Zrzavá / <http://home.pf.jcu.cz/~bov/tridy-detail.php?topicid=29>).

5.2.3. Realizace vybraných zpracovaných námětů k výuce

V rámci této diplomové práce připravené úlohy a náměty k vyučování prošly i krátkým testováním v pedagogické praxi. Vzhledem k omezené časové dotaci šlo pouze o testování nárazového charakteru bez systematické zpětné vazby účastníků. Účastnily se ho zájmové skupiny (přírodovědné kroužky, tábory) s výhodou menších kolektivů a větší časové dotace, než jaká je v rámci vyučování. Jistým problémem a výzvou zároveň byl ve většině případů nižší věk účastníků, než je při běžné školní výuce genetiky obvyklé.

Šlo o tyto akce s danými kolektivy a aktivitu v rámci nich vedené.

1) Přírodovědný tábor 2015

Účastníky byly kolektivy přírodovědně zaměřených zájmových oddílů (ve věku 9-18 let). Na jeden z táborových dnů byla vyhlášena delší přednáška o genetice (celkem asi 5 hodin výkladu dopoledne a odpoledne) procházející různé aspekty dědičnosti od základů molekulární genetiky po dědičná onemocnění a mutace. (Na základě této přednášky se poté formovala jednotlivá témata pro možné návrhy k výuce genetiky.) Účast převýšila desítku dětí různého věku, především 2. stupeň ZŠ a nižší ročníky víceletých gymnázií. Mnozí posluchači vytrvali po celou dobu a objevovaly se časté dotazy k tématu.

2) Přírodovědný tábor 2016

Vzhledem k intenzivnímu zájmu dětí o toto téma byl další rok na stejné akci zorganizován celý přednáškový kurz proložený experimenty a hrami. Přednášky byly vedeny na témata: Úvod do genetiky (s extrakcí DNA z rozličného materiálu rostlinného i živočišného původu), Využití genetiky v praxi (na závěr s Mendelovy zákony a didaktickou hrou „Lov králíků“) a Mutace a dědičná onemocnění (přednáška se musela pro úspěch opakovat). Přednášky byly dobrovolné, nicméně měly dobrou účast, obvykle více jak 10 dětí (v rámci celé akce nadprůměrná účast). Obou praktických aktivit se děti účastnily s nadšením, někteří dokonce v rámci extrakce DNA zkoušeli extrahovat více vzorků různým způsobem. Spolu s kurzem genetiky byl v rámci tábora veden i kurz základů molekulární biologie, který byl také v konkurenci dalších přednášek úspěšný a děti ho hodnotily kladně.

3) Letní tábor s přírodovědou 2016

V rámci Letního tábora s přírodovědou pořádaného PřF JU se uskutečnila jedna přednáška pro kolektiv asi 20 dětí 5.-9. ročníku ZŠ se zájmem o přírodní vědy. Cílila na molekulární podstatu dědičnosti (DNA a její struktura, tvorba bílkovin a jejich funkce, mutace) a byla spojená se stavbou modelu DNA z bonbonů. Větší teoretické zaměření (způsobené částečně i omezeným časovým rámcem) nebylo tak úspěšné, nicméně stavba modelu byla pro děti velmi atraktivní.

4) Příměstský tábor PřF JU 2016

Příměstský tábor na Přírodovědecké fakultě JU poskytl prostor pro přednášku kombinovanou s praktickými cvičeními pro kolektiv asi 15 dětí ve věku 8-13 let se zájmem o přírodní vědy. Výklad byl uzpůsoben nízkému věku dětí (důraz na obrazovou stránku a přiměřené zjednodušení tématu). Probrána byla ve stručné a jednoduché formě podstata dědičnosti a význam proteinů. Poté byl proveden pokus extrakce DNA z různých druhů ovoce. Děti pracovaly podle výběru samostatně nebo ve dvojicích na základě slovních pokynů lektora. Následoval další výklad o praktickém využití genetiky a šlechtitelství a chovatelství. Na závěr si děti zahrály hru „Lov králíků“. Kolektiv byl velice aktivní, děti měly četné otázky k tématu a byl vidět jejich velký zájem o téma.

5) Přírodovědný kroužek PřF JU 2017

V rámci dvou odpolední s mladšími dětmi z fakultního přírodovědného kroužku jsem se zaměřila na témata genetické modifikace organismů a dědičných onemocnění a mutací. Šlo o mladší žáky v rozpětí 9-13 let se zájmem o přírodní vědy.

Téma modifikace genetického materiálu bylo organizováno formou projektového vyučování. Děti dostaly krátký úvodní výklad o podstatě GMO s motivačním videem založeném na příkladu fenoménu GlowFish. Poté byly losováním rozděleny do skupin podle vylosovaného názoru na problematiku (fakta o GMO, pro, proti). V rámci skupin zpracovávaly úryvky z médií, obrazový materiál a další texty týkající se dané problematiky. Výstupem bylo přednesení získaných poznatků dalším skupinám. Na závěr se uskutečnila „pohybová diskuze“ na téma GMO, kdy děti zaujímaly takovou polohu v místnosti, která odpovídala jejich názoru na položenou otázku a poté svůj postoj vysvětlovaly. Vzhledem k tomu, že šlo o první setkání kolektivu, byl výsledek velmi dobrý a ke konci programu děti čile diskutovaly a pokládaly rozličné otázky k problematice.

Druhé odpoledne bylo spíše přednáškové a diskuzní, zaměřené na podstatu dědičnosti onemocnění a různé zajímavé i běžné typy dědičných onemocnění. Děti měly opět četné otázky či spíše postřehy k tématu, poměrně dobře se zapojovaly do diskuze a odpovídaly na kladené otázky. Vzhledem k více teoretickému zaměření byla znát menší kázeň dětí.

6. Diskuze

6.1. Potenciální problémy současného konceptu RVP

Rozbor současného RVP ukazuje, že ŠVP všech základních škol a gymnázií (včetně většiny oborů odborného vzdělávání) musí učivo genetiky obsahovat. Učitelé ale mají možnost učivo strukturovat do jednotlivých ročníků podle uvážení. To je potenciálním problémem hlavně na gymnáziích, kde je rozsah učiva obvykle největší. Běžné je zde otevírání seminářů ve vyšších ročnících, kam dochází pouze část třídy. Snadno se tak může stát, že velká část studentů nebude mít širší základy genetiky, pokud se učivo ve větší míře objeví až v rámci volitelného semináře a nikoli na běžných hodinách biologie. Jak jsem zjistila v rozhovorech se svými spolužáky na VŠ, na českých gymnáziích je to poměrně běžná praxe. Mnoho z nich se tak rozsáhlejší výuce genetiky vyhnulo. V současnosti platná ŠVP několika desítek českých gymnázií, se kterými jsem se seznámila, ale již učivo genetiky zahrnují v rámci pro všechny žáky povinného předmětu Biologie, často ale až v pozdějších ročnících (většinou septima).

Kromě toho je tu i problém dětí, které přecházejí během studia z jedné školy na druhou. Nechtěně tak kvůli odlišnému plánování učiva na jednotlivých školách mohou minout celý jeden blok učiva. Struktura učiva je nicméně na různých školách podle zkušenosti mé i mých spolužáků obvykle velice podobná. Tomuto zjištění odpovídají i současná ŠVP gymnázií v rámci této práce použítá jako referenční materiál. Hlavně na 2. stupni ZŠ a prvním cyklu osmiletého gymnázia jsou k výuce využívány učebnice, které se drží tradičního rozvrstvení témat během školních let (viz v práci analyzové tituly).

Z hlediska požadavků týkajících se učiva genetiky je RVP věku adekvátní, stručné, ale výstižné a pokrývá v zásadě to, co by si žák měl skutečně odnést do života. Nezodpovězenou otázkou je, zda je ve školách skutečně dáván dostatečný důraz právě na obsah těchto výstupů. To je vhodný námět budoucího výzkumu zaměřeného na hlubší analýzu cílů a učiva v jednotlivých ŠVP a na znalosti a schopnosti žáků, kteří již výuku genetiky absolvovali.

6.2. Zhodnocení obsahu analyzovaných učebnic

Na základě analýzy učebnic bylo provedeno zhodnocení jejich obsahu a jeho šíře, souladu s požadavky současného RVP a grafického zpracování.

6.2.1. Spektrum učebnic

Na trhu se aktuálně nachází několik ucelených řad učebnic pro ZŠ. Pro gymnázia existují jak ucelené řady (viz nakladatelství Fortuna), tak i jednotlivé učebnice s širěji rozvedeným obsahem k některým tématům (nejen genetiky). Kromě nich také vznikly souhrnné učebnice biologie (např. „Biologie pro gymnázia“ nakladatelství Olomouc) nebo koncipované jako příprava na maturitní zkoušku či přijímací zkoušky na VŠ (např. titul „Odmaturuj! z biologie“ nakladatelství Didaktis).

Objevují se nově i tituly vydávané jednotlivými školami (viz nakladatelství Gymnázia Klatovy) tvořené přímo učiteli. Vzhledem k přístupu Školského zákona k výukovým materiálům můžeme nadále očekávat, že takových publikací bude postupně přibývat.

6.2.2. Obsah učebnic

Na základě analýzy byl proveden i rozbor textu učebnic s ohledem na následující parametry:

- množství a typ informací
- faktickou správnost informací
- aktuálnost informací vzhledem k datu vydání učebnice
- lexikální stránku textu

Především faktickou správnost informací pak považuji za zcela klíčovou složku. Ta stejně jako aktuálnost učebnice může být ovlivněna rokem vydání titulu, ale neúplné nebo nesprávně uvedené údaje by neměly přesahovat míru neznalosti detailů daného tématu v době vydání.

6.2.2.1. Objem a typ informací

Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že téměř 2/3 všech analyzovaných učebnic genetiku v nějaké míře obsahují. Byť poměrně velká část (zhruba 1/3 z celku) obsahuje pouze zmínky o tématu. Specializované učebnice výhradně s učivem genetiky jsou málo četné a vznikají primárně pro studenty gymnázií.

Učebnice určené pro ZŠ (a nižší stupeň víceletých gymnázií) se řídí tradičním schématem rozložení obsahu učiva do jednotlivých ročníků studia – na začátku v šestém ročníku obecná biologie a biologie buňky, v sedmém ročníku navazuje zoologie a botanika, v osmém ročníku obvykle biologie člověka, v ročníku devátém geologie (v návaznosti ekologie, evoluční biologie). Tomu pak odpovídá i rozvrstvení a množství informací týkajících se genetiky.

Úvodní zmínky o dědičnosti se běžně objevují nejdříve v učebnicích pro šestý ročník ZŠ v rámci učiva o stavbě buňky (běžně alespoň zmínka o jádru jako nositeli genetické/dědičné informace). Celé kapitoly s učivem genetiky bývají obvykle zařazovány v rámci biologie člověka běžně probíraného hlavně v osmém ročníku (adekvátně v tercii osmiletého gymnázia). Někdy se objevují až v devátém ročníku, ne vždy zcela vhodně zařazené k tematice geologie a vzniku Země a života.

Při prohlížení ŠVP osmiletých a čtyřletých gymnázií jsem se nejčastěji setkávala se zařazením učiva genetiky nejdříve v tercii (odpovídá 8. ročníku ZŠ). Většinou šlo o toto učivo: základní pojmy genetiky, pohlavní rozmnožování a význam dědičnosti. Šířeji byla genetika zařazována ve většině případů až v septimě (odpovídá 3. ročníku SŠ), někdy pouze v rámci volitelných seminářů/předmětů. Učivo zahrnovalo již běžně příklady křížení, rodokmenů, mutace a samozřejmě buněčné procesy translace, transkripce, stavbu DNA apod.

Otázkou je, nakolik je toto rozvrstvení učiva genetiky vhodné. V rámci své práce jsem zjistila, že děti mají k tématu poměrně pozitivní vztah. Učivo navíc velmi dobře navazuje na látku probíranou v nižších ročnících. Bylo by tak možná vhodné zamyslet se nad dřívějším zaváděním pouze stručných základů genetiky v 6. a 7. ročníku, než odkládat celé učivo do vyšších ročníků. Umožnilo by to lepší provázanost jednotlivých částí učiva a zároveň by nedocházelo k tomu, co se stalo četným mým spolužákům na VŠ, že genetiku na ZŠ vůbec neprobírali (a důvodem může být jak nedostatek času na její vyučování, tak přímo nezařazení do osnov).

Z hlediska konkrétní informační náplně vycházejí všechny učebnice z podobného základu, tedy především uvedení základních pojmů genetiky a objasnění jejího významu. (Detailní odlišnosti jsou uvedeny v rámci tabulek jednotlivých učebnic v příloze II.) Za vhodné zmínění považují dvě věci. Prvně jde o užívání některých nepříliš známých příkladů například u dědičných onemocnění. Mnohem vhodnější by bylo v učebnicích zmiňovat dědičné aspekty barvosleposti, plešatosti, cukrovky či astmatu, spíše než onemocnění jako je fenylketonurie (viz „Přírodopis 8“ nakladatelství Nová škola). Zároveň by bylo dobré do učebnic ještě více zařazovat populárně naučným způsobem prezentované využití genetiky. Nové učebnice často akcentují klonování, což je sice vhodné, ale někdy je to přílišná snaha o fascinování žáka, která odklání od popisu významných témat jako šlechtění, identifikace osob v kriminalistice nebo témat jako GMO. Velmi málo se také objevuje význam genetiky ve vědeckých disciplínách jako je fylogeneze a dalších, což je vzhledem k rozšíření genetiky a molekulární biologie a výsledků těchto oborů v poslední době více než škoda.

6.2.2.2. Faktická správnost obsahu učebnic

V analyzovaných učebnicích nebyly shledány žádné výrazné faktické nedostatky. Pouze se pravidelně v rámci některých genetických úloh a příkladů objevovala chybně uvedená monogenní dědičnost u rolování jazyka nebo barvy očí (například učebnice pro ZŠ nakladatelství Nová škola nebo Fraus).

Výjimečně se hlavně v učebnicích pro vyšší ročníky ZŠ (potažmo nižší ročníky osmiletých gymnázií) objevovaly formulace, které působily zavádějícím dojmem. To úzce souvisí s jejich cílovou skupinou. Kapitoly v učebnicích pro ZŠ jsou stručné a autoři přizpůsobují text jeho maximální srozumitelnosti, což může vést k až příliš zkratkovitému výsledku se zavádějícími formulacemi základních informací.

Příkladem budiž problematická definice z učebnice „Přírodopis 8“ nakladatelství Fraus, autorů Vaněčková, et al. (2006), které zní:

„Některé geny jsou aktivní (dominantní), zatímco jiné zůstávají nečinné (recesivní).“ – přičemž recesivita a dominance jsou z genetického hlediska nevhodným opisem pro činnost a nečinnost, a to nejen v případě kodominance alel atd.

„Chromozómy mohou kromě genů řídicích běžné funkce také přenášet geny způsobující choroby. Tyto geny postihly náhodné změny (mutace) v důsledku působení různých faktorů prostředí (záření, chemických látek v potravě, nikotinu aj.).“ – tento odstavec zase může nechtěně vykreslovat mutace jako v zásadě pouze zdroj různorodé zhouby, což samozřejmě není pravda vzhledem k procentu tzv. silent mutací, které nemají vliv na translaci genu.

Podobně se určité problematické až vyloženě chybné pasáže vyskytují i v pracovním sešitu k učebnici. Následující texty úloh pochází ze sešitu k novému vydání označenému jako „nová generace“:

„Na obrázcích vidíš dva psy. Rozhodni, které plemeno vzniklo přírodním výběrem a které umělým výběrem prováděným člověkem.“ – tato úloha je doplněna o fotografii vlka a středního pudla. Přičemž vlk není psí plemeno, ale samostatný druh, tedy otázka je chybně položena.

Použití obrázků libovolných dvou psích plemen by pak vyústilo v bezpředmětnost otázky, neboť oba by byli produktem umělého výběru.

Diskutabilní je dále úkol, ve kterém má žák podle dvou fotografií muže negroidní rasy a ženy europoidní rasy vyjádřit: „*Co způsobilo zřetelné rozdíly v barvě kůže lidí na obrázcích?*“ Formulace otázky je vzhledem k žakovské kreativě poněkud nešťastná, neboť může vybízet k nevhodným rasistickým narážkám.

Ve starších učebnicích se pak objevují některá neužívaná označení jako například „Přírodopis 7“ Lince a kolektivu (1994) v nakladatelství Scientia uvádí úplnou dominanci jako dědičnost střídavou a neúplnou dominanci jako dědičnost smíšenou.

6.2.2.3. Aktuálnost informací v učebnicích

Většina základů genetiky je již dlouho známá, proto se nesetkáváme ani u starších učebnic s přílišnou neaktuálností. Nevyskytují se v nich například nové metody zpracování DNA (nová generace sekvenčních metod, Western a Eastern blot a další). Zároveň se zde můžeme občas setkat s informacemi o počátku nebo průběhu výzkumů, které již v současnosti skončily, viz jeden příklad za všechny vybraný z učebnice „Genetika“ nakladatelství Scientia autora Jana Nečáaska (1997):

„Celosvětový program HUGO (Humane Genome Organisation, tj. Organizace lidského genómu), již probíhá delší dobu. Očekává se, že se tímto způsobem objasní povaha genetického podkladu rozsáhlého souboru normálních a zejména patologických geneticky řízených znaků. ... Tento převratný pokrok v biologii člověka spolu se stejně převratným medicínským využitím přináší a dále přinese řadu závažných etických problémů, se kterými se bude muset vyrovnat celá společnost – nejen její vědecká část.“

Tento úryvek pochází z druhého vydání učebnice – svého konce se slavný HUGO dočkal až v roce 2000, sekvence lidského genomu byla pak v časopise Nature publikována na začátku roku 2001 (Venter et al., 2001). Takovéto problémy jednoduše vyřeší nové vydání učebnice. V dnešní době ale může takový text zároveň sloužit jako podnět k zamýšlení nad porovnáním představ a reálných dopadů některých historických událostí.

6.2.2.4. Užité lexikum

Slovní zásoba učebnic je obvykle dobře uzpůsobená ročníkům, pro které jsou určeny. Učebnice pro ZŠ mají běžně jednodušší slovní zásobu a preferují používání českých ekvivalentů některých pojmů, zatímco učebnice pro gymnázia působí více pracují s pojmy bez jejich českých ekvivalentů a používají složitější lexikum.

S užíváním českých ekvivalentů genetických pojmů se v učebnicích setkáváme pravidelně, někdy jsou dokonce přímo upřednostňovány. Běžně se ve starších dílech jedná hlavně o užití českého „vloha“ místo „gen“ a „podoba vlohy“ či jen „podoba“ pro pojem „alela“ (viz tabulkové rozborů děl v příloze II). I ve zcela nových učebnicích (viz „Přírodopis 8“ nakladatelství Fraus) se však české ekvivalenty běžně uvádějí alespoň v závorce.

Důvodem této praxe byl argument lepší srozumitelnosti těchto českých výrazů. V populárně-naučné i odborné literatuře (včetně novinových článků) jsou ale upřednostňovány pojmy v jejich původní podobě. Učení se jejich českých ekvivalentů tak naopak může žákům ztěžovat

jejich využití a zbytečně je mást. Zvláště pak v případě, kdy je jako ekvivalent použito slovo užívané v běžné komunikaci ale s odlišným významem (Song & Carhened, 2014). Nápomocným se pak ukazuje spíše než převádění pojmů do rodného jazyka, předávání jejich podstaty formou lexikálně přístupnější, tedy zprvu bez odborné terminologie, která umožní žákům lepší pochopení problému (Brown & Ryoo, 2008).

6.2.2.5. Srovnání obsahu učebnic před a po roce 1990

Navzdory přístupu minulého režimu ke genetice jako vědě se tato látka v učebnicích vydaných mezi lety 1966 a 1989 vyskytuje. Jde ale obvykle o tituly určené pro čtyřletá gymnázia nebo střední školy s přírodovědným zaměřením, nikoli určené pro ZŠ.

Na základě srovnání titulů před a po revoluční éry se ukázalo, že některá starší díla jsou kvalitně zpracovaná po obsahové stránce (např. „Biologie pro II ročník gymnázií“ od Bašovské a kolektivu vydané 1985 v SPN). Mohou tak nadále sloužit studentům různého stupně studia nejen jako doplňující materiál. Dostupný vzorek učebnic pro statistické vyhodnocení byl ale malý, a není proto možné vyvozovat obecně platné závěry o celkovém množství učiva genetiky ve starších dílech.

V některých starších titulech byly v rámci učiva genetiky nalezeny ideově laděné pasáže. Platí, že čím starší vydání, tím je tento jev výraznější. Četnější ale bývají v rámci jiných témat než genetiky (zpravidla ochrana zdraví a prevence, evoluce člověka a evoluční teorie a další). Viz například místy lehce ideově laděná učebnice „Přírodopis 7“ pro 7. ročník ZŠ autorů Fleischmana a kolektivu (1987) vydaná v nakladatelství SPN. Šlechtění demonstrováno na pěstování ukrajinských odrůd pšenice v ČR, mutace na změnách pigmentace mandelinky bramborové. Tato učebnice byla později přepracována a vydána v nakladatelství Scientia, kde se tyto pasáže již neobjevily.

Starší učebnice obvykle také dávají důraz na Mendela jako „národního“ vědce, zatímco jakékoli zahraniční osobnosti se vůbec neobjevují. V titulu „Přírodopis pro 9. ročník základních devítiletých škol“ autorů Pauka a kolektivu (1972) vydaném v nakladatelství SPN se pak objevuje i kapitola „Význam darwinismu pro šlechtitelství, I. V. Mičurin“, která byt' zaměřená na pseudoúspěchy pěstitelů sovětského svazu. Ovšem již zcela zamítá Lysenkovy ideje popírající genetiku.

6.2.3. Grafická úprava učebnic

Názory žáků potvrzují, že grafická podoba je velice důležitou součástí učebnic a ovlivňuje výrazně jejich přístup k nim (Szymanderska, 1978). Při srovnání více titulů se ukazuje, že vhodný vzhled učebnice zlepšuje její čtivost, přehlednost, může i zvyšovat atraktivitu učiva pro žáky nebo přispívat k jejich motivaci.

Obecně je možné říct, že současné učebnice mají z hlediska grafické úpravy četné klady. Větší část současných titulů je celobarevné nebo obsahuje alespoň v určité míře zastoupené barevné ilustrace (neuvažujeme pracovní sešity, které jsou černobílé). Ilustrace, barevné fotografie a schémata se ve větší míře už neobjevují pouze u učebnic pro ZŠ, ale i učebnic pro čtyřletá gymnázia alespoň v rámci širších obrazových příloh. Pokud například srovnáme „Biologii pro I. ročník gymnázií“ od Lenochové a kolektivu (1984) a „Biologii pro II. ročník gymnázií“ od

Bašovské a kolektivu (1985) s novými tituly nakladatelství Scientia edice „Biologie pro gymnázia“ nebo novou edicí učebnic pro ZŠ nakladatelství Prodos (2015, 2016), vidíme zcela markantní rozdíl v přístupu ke grafice učebnice.

Naproti tomu se staví rozličné nedostatky, které se objevují jak u starších titulů, tak úplně nových. Napříč četnými edicemi učebnic pro ZŠ se jedná hlavně o zastaralé ilustrace (fotografie i schémata). Například učebnice pro ZŠ řady „Ekologický přírodopis“ od nakladatelství Fortuna a částečně i řada učebnic pro ZŠ z konce 90. let nakladatelství Scientia, kde je typický problém používání viditelně starších fotografií nižší kvality, které nebyly v nových vydáních obnoveny. Donedávna běžné i u učebnic nakladatelství SPN, které však ilustrace s novými vydáními pomalu vylepšuje. Přesto například Hrabí ve svém výzkumu uvádí právě učebnice z řady „Ekologický přírodopis“ jako graficky zdařilé (Hrabí, 2006).

Zastaralost nebo horší kvalita ilustrací (především fotografií) byla v minulosti pochopitelná vzhledem k technologiím tisku, problematickému získávání a finanční náročnosti. Dnes už ale není sehnání vhodných ilustrací finančně náročné ani složité z hlediska jejich právní ochrany. Moderní fotografie a další grafické prvky se dnes dají sehnat pod licencemi „public domain“ nebo „royalty free“, které umožňují jejich komerční užití zcela zdarma, dokonce bez uvádění autora (viz například portály Pixabay, Wikimedia Commons a další). Ze zkušenosti navíc vím, že hlavně mladší děti reagují na zastaralé ilustrace nepřívětivě. Nicméně je nutné také zmínit, že v oblasti ilustrace kreslené a malované jsou české učebnice na velice dobré úrovni a tyto pak vhodně suplují nedostatky užívaných fotografií.

Řada učebnic pro gymnázia („Genetika“, „Biologie buněk“, „Biologie člověka“) nakladatelství Scientia je navíc dobrým příkladem toho, že nejen učebnice ZŠ, ale i středoškolské učebnice je vhodné doplnit nově zpracovaným barevným obrazovým materiálem. Právě v rámci tématu genetiky pomáhá obrazová složky žákům vstřebat někdy relativně abstraktní informace, například o buněčném dělení nebo stavbě dědičné informace. Bohužel většina učebnic pro gymnázia a střední školy, které byly analyzovány, obsahují hlavně obrázky kreslené, černobílé, často v malém množství (maximálně 1-2 na stránku).

Někdy se také objevuje hlavně u titulů z období 90. let problém s nedostatečnými popisky u obrázků a schémat, což je už závažnější nedostatek. Nebo se naopak objevuje v obrázku popisek něčeho, co není zmíněno v textu (například popisek chromozom bez uvedení pojmu v textu – viz „Ekologický přírodopis“ nakladatelství Fortuna). Tohoto si všímá ve svém výzkumu i Hrabí (Hrabí, 2006).

Obecně se dále setkáváme v různé míře s nepřehledností učebnice. V některých případech způsobené spíše nechtěně na pár stránkách kombinací zvoleného formátu a množství obrázků, kdy se text v ilustracích začíná ztrácet. Jako příklad je možné uvést titul „Biologie buněk“ nebo edici „Přírodopis“ nakladatelství Scientia. Jindy je problém komplexnějšího rázu, pokud učebnice využívá systém různých boxů s doplňkovými informacemi. Čím více typů a forem textu, tím složitější se stává jeho čtení. Z tohoto hlediska jsou například náročné učebnice řady nové přírodopisu nakladatelství Prodos nebo učebnice pro ZŠ a gymnázia Nakladatelství České geografické společnosti. Sice disponují již moderními ilustracemi a obrázky, ale výsledný vzhled je z hlediska typografického a kompozičního značně náročný, tím spíš pro žáka ZŠ.

To může vést k dojmu, že čím jednodušší je forma textu, tím je přehlednější. Opět ale záleží na formě provedení. Například graficky stručně vyvedený text učebnic menších formátů edice „Pro gymnázia“ nakladatelství Fortuna (zastoupené ve výčtu například titulem „Obecná biologie“ od V. Kubišty) je skutečně dobře přehledný. Naopak učebnice série „Přírodopis pro ZŠ“ většího formátu a obdobně stručného grafického provedení od nakladatelství Jinan se zdají velmi strohé, nepřehledné a na pohled odrazují od čtení. Obdobně starší řada učebnic přírodopisu pro ZŠ nakladatelství Prodos, která užívá ohromných bloků textu namísto krátkých odstavců.

Příkladem vhodně zpracované typografie pak mohou být novější učebnice nakladatelství SPN, starší vydání přírodopisu od nakladatelství Fraus či již zmíněná série pro gymnázia nakladatelství Fortuna.

6.2.4. Soulad obsahu učebnic s požadavky RVP

Z hlediska nároků na učivo učebnice požadavkům RVP víceméně vyhovují. Jediný vážnější problém je v položce „populační genetik“ u RVP pro gymnázia, která nebývá v učebnicích příliš rozvedená, pokud nejde o tituly vyloženě specializované na genetiku. Populační genetik se sice objevuje v rámci výuky ekologie, ale často opisem a bez spojení s principy na molekulární úrovni.

V RVP pro ZŠ i SŠ je kladen důraz na žákovo poznání a chápání praktického využití genetiky v životě. Nespecializované učebnice toto často zmiňují jen stručně a záleží tedy na vyučujícím, jak látku rozvede. Sama jsem se v rámci svých přednášek během realizace této práce přesvědčila, že žáci ZŠ a nižších stupňů gymnázia mohou mít problém některá odvětví spojit s genetikou. Častěji si vybavují využití genetiky v lékařství, hůře ale uvádějí konkrétní příklady. Obtížně propojují šlechtění a genetiku, dokonce mnohdy stěží vzpomínají na genetiku v kriminalistice, což může být překvapivé vzhledem například k popularitě moderních detektivních seriálů. Zcela neznámé je žákům obvykle využití genetiky ve vědě (např. fylogenetice) a nutno říct, že ani učebnice ho většinou vůbec nezmiňují. Nakonec i tak stručná formulace středoškolského RVP „žák objasní význam genetiky“ může zůstat bez výraznější odezvy.

6.3. Preference učebnic genetiky školami

Již dříve zkoumala preferenci učebnic na ZŠ Hrabí (2007), která provedla průzkum preferencí u učebnic přírodopisu cílený jak na žáky, tak učitele. Vzorek učitelů byl sice malý (pouze 22 učitelů), nicméně oni i žáci preferovali edice nakladatelství Scientia a SPN. (V případě SPN původní edici z 90. let.) Ve výzkumu byly ale pouze staré edice nakladatelství Jinan, Nová škola, Prodos, Scientia a SPN. Po roce 2007 ovšem vychází některé nové edice učebnic.

V mém výzkumu preferencí na nižších stupních osmiletých gymnázií se z výše zmíněných objevovala nakladatelství SPN (5 doporučení na starou a 4 na novou edici pro ZŠ), Scientia (4 dop.), Fortuna (2 dop. na edici „Ekologický přírodopis“), Prodos (2 dop. na starší edici), Nakladatelství České geografické společnosti (2 dop.), Nová škola (1 dop.) a převažovala edice nakladatelství Fraus (11 dop.). Ze 67 gymnázií ale pouze 25 z nich uvedlo informaci o učebnicích užívaných na nižším stupni. Vzhledem k malému vzorku jde tedy jen o pilotní

průzkum, ze kterého není možné vyvozovat obecně platné závěry. Ovšem fakt, že právě v učebnicích nakladatelství Fraus byly nalezeny významné chyby a nepřesnosti, neukazuje ani tento předběžný výsledek v dobrém světle.

Vzhledem k získanému vzorku více než pětiny českých gymnázií bylo pak možné provést poměrně rozsáhlou analýzu preference učebnic pro čtyřletá gymnázia a vyšší stupně osmiletých a šestiletých cyklů. Statistická analýza poukázala na jeden významný problém učebnic pro tyto školy, kterým je přílišná obsažnost některých kvalitních titulů. To se dá dobře demonstrovat na edici učebnic „Pro gymnázia“ nakladatelství Scientia. Jde sice o tituly kvalitně a odborně zpracované, s četným moderním obrazovým materiálem, na druhou stranu příliš objemné pro účely gymnazijní genetiky. Jejich obsah je již na úrovni rozsahu základů vysokoškolské genetiky a působí dojmem, že je určený spíše pro zájemce o další studium přírodních věd než pro běžného žáka. Navíc tyto dílové série také více zatěžují rodinný rozpočet.

Není tak žádným překvapením, že školy mnohdy preferují učebnice souhrnné, nejčastěji titul „Biologie pro gymnázia“ od Jelínka a Zicháčka nakladatelství Olomouc, někdy je ale doporučován i „Přehled biologie“ či „Nový přehled biologie“ od Rozsypala a kolektivu nakladatelství Scientia. Dále jsou mezi nejdoporučovanějšími učebnicemi vybrané díly z edice „Pro gymnázia“ nakladatelství Fortuna. Mezi nejdoporučovanější díla se naopak nové, navíc poměrně úzce specializované tituly Scientia nedostávají, což je výše odůvodněno.

Z mého pohledu je ale poněkud obtížné vybrat skutečně plnohodnotnou učebnici pro vyšší gymnázia. Fortuna sice vytvořila sérii s kvalitně zpracovanými texty s přiměřeným obsahem, nicméně chudší po obrazové stránce. A byť je souhrnný titul „Biologie pro gymnázia“ nejen obrazově bohatší a s každým vydáním propracovanější (viz hodnotící tabulka k dílu), nejen text ke genetice působí místy zkratkovitě.

Řešením by tak bylo doporučovat alespoň zájemcům o další studium přírodních věd „Nový přehled biologie“ od Rozsypala a kolektivu nakladatelství Scientia. Titul je dnes prezentovaný i jako studijní text pro maturanty, byť učebnicí primárně není, proto není zařazen ani v přehledu titulů této práce. Problémem může být jeho příliš široká obsažnost, náročnost a vysoká cena (dvojnásobná oproti titulu „Biologie pro gymnázia“, hodnoceno na základě portálu Heureka ze dne 28.2. 2017).

Podobně by pak mohl obstát titul nakladatelství Didaktis „Odmaturuj z biologie“. Ten je sice zkratkovitý, což je protiargumentem některých učitelů, na druhou stranu obsahuje celou základní látku, je již více ilustrovaný a ve spojení se zápisky z hodin biologie dostačující i jako podklad pro maturanty. Výhodou je také jeho nižší pořizovací cena, velmi dobrá přehlednost a zároveň i bezproblémová přenosnost (ve srovnání s mnohem objemnějším titulem „Nový přehled biologie“).

6.4. Využití návrhů úloh, her a námětů projektového vyučování

Zkušební testování připravených her a laboratorních úloh hodnotím vcelku pozitivně. Děti se do činností aktivně zapojovaly, mnohdy se jimi nechaly velmi snadno pohltnit. Stejně tak i

samotné přednášky na zájmové téma byly v kolektivech obvykle poměrně populární. Děti se nejvíce zapojovaly jako pasivní posluchači, ale aktivně se zapojovaly do diskuze.

Ověřila jsem si, že i děti mnohem nižšího věku, než v jakém se běžně žáci učí o genetice v rozsáhlejších celcích, jsou schopné toto téma v zásadě přijmout a alespoň částečně pochopit. (Byť míru porozumění je samozřejmě těžké ověřit bez komplexní zpětné vazby.) O téma jevíly mnohdy až pro mě překvapivě velký zájem, především však z hlediska jeho praktického užití nebo dopadů na život. Zcela nejlákavější a nejvíce diskutovaná byla dědičná onemocnění, mutace a genetické inženýrství.

Zásadní roli hrálo podání látky. Děti mladší (kolem 6. ročníku ZŠ) preferovaly přirozeně především kratší výklad proložený hrou nebo praktickým cvičením. Za pomoci příměrů některých principů genetiky k běžným věcem (genom jako kuchařka, geny jako recepty apod.) se jim dařilo i obtížné látky porozumět. Starší (od 8. ročníku výše) vydržely i delší přednášky poslouchat se zájmem. I oni ale velmi vítali možnost praktických úloh a jejich aktivní zapojení do her bylo až překvapivé vzhledem k věku.

Starší více než mladší děti oceňovaly možnost hlubší diskuze o tématu, která byla vždy přirozenou součástí každé konané přednášky. Dotazy starších dětí směřovaly často k detailům týkajících se praxe (např. „Slyšel jsem o takovémto onemocnění/mutaci – víte o něm něco víc?“). Mladší děti obvykle přispívaly dětinštějšími dotazy (např. „Co se stane, když zmutuju? Můžou mi vyrůst tři ruce?“ nebo „A může se stát, že mi vyrostou na zádech křídla?“ apod.), i to ale signalizovalo jejich zájem o věc.

Je však nutné dodat, že testování bylo prováděno na kolektivech s alespoň drobným zájmem o přírodní vědy. Jejich zájem a aktivní účast v projektech, byla například v případě dvou letních táborů zcela dobrovolná (děti měly možnost vybrat si vždy z více odborných přednášek ve stejnou dobu). Je tedy otázkou nakolik by se lišil zájem a zapojení běžného vzorku žáků ZŠ a gymnázií. Vzhledem ke zkušenostem bývalých i současných učitelů, se kterými jsem měla možnost hovořit, nemusí být pro ně genetika nijak lákavým tématem. Ani v těchto případech není ale jasné, nakolik byl dojem žáků ovlivněn způsobem podání této problematiky vyučujícím.

7. Závěr

Genetika prošla za více než století své existence výrazným vývojem a zařadila se po boku mnohem starších disciplín do učebních osnov už na základních školách. Tato práce měla za cíl zmapovat vývoj výuky genetiky v České republice, nároky kladené na žákovské znalosti tématu se týkající a zároveň zhodnotit současné učivo genetiky prostřednictvím výzkumu učebnic biologie, respektive přírodopisu.

Na základě mého výzkumu je možné říct, že nový koncept RVP pokrývá učivo genetiky v dostatečné míře. Stejně jako dostupné učebnice, neboť většina titulů obsahuje učivo genetiky alespoň formou malé zmínky. Velká část jí věnuje celou kapitolu. Nedostatky zjištěné u učebnic zahrnují místy příliš stručné nebo pouze výběrové zaměření na využití genetiky v praxi a její dopad na život. Obsah učebnic je nicméně fakticky správný a nedostatky se objevují jen v několika málo případech (hlavně nakladatelství Fraus). Do budoucna by tak bylo vhodné cílit právě na opravení těchto vesměs nevhodných formulací a větší šíři poznatků o genetice v praxi. Pro učitele ale celkově existuje dostatek učebních materiálů, které mohou použít a čerpat z nich. Záleží tedy pouze na nich, jak se jim podaří toto učivo podat.

Tomu má dopomoci i sbírka úloh a návrhy projektového vyučování zpracované v rámci této práce. Byť nebyl prostor pro jejich skutečně zevrubné otestování, pilotní zkouška ukázala, že žáky baví a motivují je k zájmu o danou problematiku. Je tak na místě použít je jako vhodnou oporu při plánování vyučování. A to nejen ve formě zpestření běžného výkladu, ale i jako prostředku k žádoucímu rozvoji klíčových kompetencí.

Na základě svých zkušeností při tvorbě této práce jsem si ověřila, že pokud je učivo genetiky pojato srozumitelnou, jednoduchou formou založenou na atraktivních aspektech této vědy, jde o pro žáky velmi zajímavé učivo. Navíc mu mnohem snáze porozumí a jejich zájem výrazně roste, pokud je látka obohacena o význam genetiky v běžném životě.

Naproti tomu se ale staví zkušenosti některých mě známých učitelů biologie i mé vlastní, že žáci gymnázií genetiku mnohdy vnímají jako složité a náročné učivo. Bylo by tedy vhodným předmětem dalšího studia ověření míry porozumění žáků ZŠ i gymnázií této problematice přímo na školách. Stejně jako otestování v rámci této práce vytvořených úloh a jejich možný příspěvek k vyučování.

Další testování je však nasnadě nejen v případě vytvořených úloh. Prozatím nebyla širěji experimentálně ověřena výstupní úroveň znalostí genetiky u žáků a její soulad s požadavky RVP. Zároveň je stále prostor pro rozšíření výzkumu učebnic s rozšířením spektra starších titulů. Především je také třeba zopakovat výzkum preferencí učebnic na ZŠ a nižších stupních gymnázií vzhledem k vydání některých nových edic učebnic (nová edice SPN a Prodos, edice Fraus), neboť i na základě menšího výzkumu v této práci je vidět, že se tyto edice na školách skutečně čteněji objevují. Této problematice bych se proto ráda věnovala v rámci své budoucí disertační práce.

8. Literatura

8.1. Seznam použité literatury:

1. Craft, J. (2013). Genes and genetics: the language of scientific discovery. Oxford English Dictionary.
2. Červenková, I. (2013). Výukové metody a organizace vyučování. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN: 978-80-7464-238-8.
3. Balada, et al. (2007). Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze. ISBN: 978-80-87000-11-3.
4. Benešová, et al. (1999). Velký slovník naučný m/ž: encyklopedie Diderot. 1. vydání. Praha: Diderot. ISBN: 80-902723-1.
5. Brown, B. A., & Ryoo, K. (2008). Teaching science as a language: A “content-first” approach to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (5): 529-553.
6. Fraus. (2017). Co je to vlastně učebnice? Nakladatelství Fraus. Publikováno: 5.3.2015. Staženo: 26.2.2017. Dostupné online: <https://www.fraus.cz/cs/o-nas/napsali-o-nas/co-je-to-vlastne-ucebnice-10393>
7. Greger, D. (2005). Proces schvalování učebnic v historickosrovnávací perspektivě. *Pedagogická orientace* 2005 (3): 112-117.
8. Hájek a kol. (2005). Zadání soutěžních úkolů: krajské kolo kat. A, B, BiO 2004-2005. Praha: IDM MŠMT.
9. Honzíkova, J., & Novotný, J. (2006). Projektové a problémové metody v praxi. *E-Pedagogium*, 4 (2): 28-40.
10. Hrabí, L. (2005). Učebnice přírodopisu a jejich obtížnost. *Pedagogická orientace* 2005 (3): 118-122.
11. Hrabí, L. (2006). Hodnocení grafické informace učebnic přírodopisu. *E-pedagogium* 2006 (1): 26-32.
12. Hrabí, L. (2007). Názory žáků a učitelů na učebnice přírodopisu. *Pedagogická orientace* 2007 (4): 28-34.
13. Jezrebová, R., et al. (2011). Žákovské projekty – cesta ke kompetencím: Příručka pro učitele středních odborných škol. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků. ISBN: 978-80-86856-77-3. Dostupné online: http://www.nuov.cz/uploads/KURIKULUM/zakovske_projekty_cesta_ke_kompetencim.pdf
14. Jůvová, A. (2006). Měření didaktické vybavenosti učebnic přírodopisu pro šestý a sedmý ročník základní školy. *Učebnice pod lupou*. Brno: Paido.
15. Kábrtová, J. (2006). Vydavatelé a nakladatelé: (Shoda a rozdíl ve vydávání periodik a neperiodik). Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta sociálních věd.

16. Kindlmannová, J. (2013). Cesta za žákovskými projekty: metodická příručka projektové výuky a zážitkové pedagogiky Prázdninové školy Lipnice. 1. vydání. Praha: Prázdninová škola Lipnice. ISBN: 978-80905502-0-9.
17. Kratochvílová, J. (2009). Teorie a praxe projektové výuky. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4142-4.
18. Kvačková, R. (2011). Jednotné učebnice? U nás prý nehrozí. Lidové noviny. Publikováno: 8.11. 2011.
19. Lepil, O. (2010). Teorie a praxe tvorby výukových materiálů. Olomouc. Dostupné online: <http://www.skolyprovenkov.ostrozska.cz/prilohy/skola18/lepil.pdf>
20. Maňák, J. (2007). Učebnice jako kurikulární projekt. In Hodnocení učebnic. 1. vyd. Brno: Paido, 2007: 24-30. Pedagogický výzkum v teorii a praxi, 7. ISBN: 978-80-7315-148-5.
21. Maňák, J., & Švec, V. (2003). Výukové metody. Brno: Paido.
22. MŠMT (2016). Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha: MŠMT. Dostupné online: http://www.nuv.cz/uploads/RVP_ZV_2016.pdf
23. Mazáčová, N. (2014). Vybrané problémy obecné didaktiky. Praha: Univerzita Karlova. ISBN: 978-80-7290-677-2-2.
24. Mendel, J. G. (1866). Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn 4: 3-47. Dostupné online: <http://www.christies.com/lotfinder/books-manuscripts/mendel-johann-gregor-versuche-uber-pflanzen-hybriden-5084282-details.aspx> / <http://www.mendelweb.org/MWGerText.html>
25. Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? Advances in physiology education 30 (4): 159-167.
26. Mojžíšek, L. (1988). Vyučovací metody. Praha: SPN.
27. Morgan, T. H. (1910). Sex-limited inheritance in Drosophila. Science 32: 120-122.
28. Müllerová, L. (2012). Pojem evoluce a jeho vnímání u žáků základních a středních škol. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
29. Müllerová, L. (2015). Termín „evoluce“ a jeho vymezení a použití v českých a britských učebnicích přírodopisu a biologie. Scientia in educatione 6 (1).
30. Němcová, B. (2014). Najednou přišla velká svoboda a někteří kantoři nevěděli, co učit. iDnes. Publikováno: 19.11. 2014. Dostupné online: http://plzen.idnes.cz/vyuka-dejepisu-pred-rokem-1989-a-po-nem-dv1-/plzen-zpravy.aspx?c=A141119_084519_plzen-zpravy_ban
31. Pavlasová, L. (2013). Přehled didaktiky biologie. Praha: Karolinum. ISBN: 978-80-7290-643-7.
32. Průcha, J. (2006). Učebnice: Teorie, výzkum a potřeby praxe. Učebnice pod lupou. Brno: Paido.
33. Průcha, J. (1996). Alternativní školy. 2. vydání. Praha: Portál.

34. Průcha, J. (1984). *Metody hodnocení školních učebnic*. Praha: SPN.
35. Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2003). *Pedagogický slovník*. 4. vydání. Praha: Portál. ISBN: 80-7178-772-8.
36. Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2009). *Pedagogický slovník*. 6. vydání. Praha: Portál. ISBN: 978-80-7367-647-6.
37. Pytlová, M. (2009). *Obtížnost textu v některých učebnicích přírodopisu*. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
38. Sikorová, Z. (2007). *Návrh seznamu hodnotících kritérií pro učebnice základních a středních škol*. In *Hodnocení učebnic*. Brno: Paido.
39. Shepherd, G. M. (2010). *Creating Modern Neuroscience: The Revolutionary 1950s*. Oxford University Press.
40. Skalková, J. (2007). *Kategorie cíle, kompetence, jejich vzájemný vztah a význam pro obsah vzdělávání v kontextu současnosti*. *Orbis scholae* 2 (1): 7-20.
41. Song, Y., & Carheden, S. (2014). *Dual meaning vocabulary (DMV) words in learning chemistry*. *Chemistry Education Research and Practice* 15 (2): 128-141.
42. Stearns, P. N. (2009). *World History in Brief: Major Patterns of Change and Continuity, Combined Volume*. 7th Edition. Pearson publishing.
43. Straková, J. (2013). *Jak dál s kurikulární reformou*. *Pedagogická orientace* 23 (5): 734–743.
44. Svoboda, M. (2014). *Projektové vyučování jako součást osobnostního a sociálního rozvoje*. *ACORát* 3 (1): 59-65.
45. Szymanderska, W. (1978). *Zum Einsatz der Schülerbefragung bei der Verifikation von Lehrbüchern*. *Informationen zu Schulbuchfragen* 31 (1): 84-92.
46. Vališová, A., & Kasíková, H. (2011). *Pedagogika pro učitele: 2. rozšířené a aktualizované vydání*. Praha: Grada.
47. Venter, J. C., Adams, M. D., & Myers, E. W. (2001). *The Sequence of the Human Genome*. *Science* 291 (5507): 1304-1351. Dostupné online: <http://science.sciencemag.org/content/291/5507/1304.full>
48. Veteška, J., & Tureckiová, M. (2008). *Kompetence ve vzdělávání*. 1. vydání. Praha: Grada.
49. Vrána, S. (1938). *Učebné metody*. 3. vydání. Brno: Ústřední spolek jihomoravských učitelů.
50. Watson, J. D., & Crick F. H. C. (1953). *Molecular structure for deoxyribose nucleic acid*. *Nature*, 171: 737–738.
51. Zormanová, L. (2012). *Výukové metody v pedagogice: s praktickými ukázkami*. Praha: Grada. ISBN: 978-80-247-4100-0.

8.2. Seznam analyzovaných učebnic:

8.2.1. Učebnice obsahující genetiku

1. Bašovská, M., Halášová, R., Nečas, O., Pastýrik, L., Trojanová, M., Šmarda, J., Boháč, I., & Stoklasa, J. (1985). *Biologie pro II. ročník gymnázií*. 1. vydání. Praha: SPN.
2. Benešová, M. (2003). *Odmaturuj! z biologie: Průvodce středoškolským učivem biologie*. Edice Odmaturuj. 1. vydání. Didaktis.
3. Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). *Odmaturuj! z biologie*. Edice Odmaturuj. 2. vydání. Didaktis.
4. Berger, J. (1994). *Biologie v otázkách*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš.
5. Berger, J. (1996). *Buněčná a molekulární biologie*. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN: 80-85808-42-0.
6. Berger, J. (1996). *Buněčná a molekulární biologie*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš.
7. Berger, J. (1998). *Ekologie: učebnice pro gymnázia a střední odborné školy*. 1. vydání. České Budějovice: KOPP. ISBN: 80-7232-013-0.
8. Berger, J., Petrásek, R., & Šimek, V. (1995). *Fyziologie člověka a živočichů*. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN: 80-85808-33-1.
9. Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). *Biologie 1 pro střední odborné školy*. 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN: 80-85937-74-3.
10. Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). *Biologie 2 pro střední odborné školy*. 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN: 80-85937-75-1.
11. Cílek, V., Matějka, D., Mikuláš, & R., Ziegler, V. (2000). *Přírodopis IV pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-204-9.
12. Cibis, N., Dobler, H., Lauer, V., Meyer, R., Schmale, E., & Strecker, H. (1996). *Člověk: učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy*. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-031-3.
13. Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Vaněčková, I. (2003). *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-211-X.
14. Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2003). *Přírodopis 3 pro 8. ročník základní školy: biologie člověka se základy etologie a genetiky*. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 85-85937-97-2.
15. Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2004). *Přírodopis 1 pro 6. ročník: zoologie, botanika*. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-7235-068-4.
16. Černík, V., Hamerská, M., Martinec, Z., & Vaněk, J. (2007). *Přírodopis 6 pro základní školu: zoologie a botanika*. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-374-3.

17. Černík, V., Martinec, Z., & Bičík, V. (1997). Přírodopis 2 pro 7. ročník ZŠ: zoologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-85937-56-5.
18. Černík, V., Martinec, Z., Vitek, J., & Vodová, V. (2010). Přírodopis 9 pro základní školu: geologie a ekologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-496-2.
19. Černík, V., Martinec, Z., & Vodová, V. (2009). Přírodopis 8 pro základní školy: biologie člověka. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-416-0.
20. Dančák, M., & Sedlářová, M. (2011). Přírodopis 6: vývoj života na Zemi – obecná biologie – biologie hub. 1. vydání. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-257-4.
21. Dobruka, L. J., Cílek, V., Hasch, F., & Storchová, Z. (1997). Přírodopis I pro 6. ročník základní školy. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-092-5.
22. Drozdová, E., Klinkovská, L., & Lízal, P. (2009). Přírodopis 8: Biologie člověka. Edice Duhová řada. Brno: Nová škola. ISBN: 80-7289-111-1.
23. Dobruka, L. J., Vacková, B., Králová, R., & Bartoš, P. (1999). Přírodopis III pro 8. ročník základní školy. 1. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-167-0.
24. Dostál, P., Řeháček, Z., & Ducháč, V. (1994). Kapitoly z obecné biologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-04-26070-5.
25. Fleischmann, J., Linc, R., Dostál, P., & Rošická, L. (1987). Přírodopis 7: pro 7. Ročník základní školy. 1. vydání. Edice Učebnice pro základní školy. Praha: SPN.
26. Hančová, H., & Vlková, M. (1997). Biologie v kostce I: obecná biologie, mikrobiologie, botanika, mykologie, ekologie, genetika. Edice Maturita v kostce. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN: 80-7200-059-4.
27. Hančová, H., & Vlková, M. (2009). Biologie v kostce: pro střední školy. Edice Maturita v kostce. 2. vydání. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN: 978-80-253-0606-2.
28. Havlík, I. (1998). Přírodopis pro 6. ročník. Brno: Nová škola. ISBN: 80-85607-77-8.
29. Chalupová – Karlovská, V. (2004). Obecná biologie: evoluce, biologie buňky, genetika s 558 řešenými otázkami. 1. vydání. Olomouc: Olomouc. ISBN: 80-7182-174-8.
30. Jelínek, J. (1996). Biologie člověka a úvod do obecné genetiky. 2. dopl. vyd. Olomouc: Olomouc. ISBN: 80-7182-027-X.
31. Jelínek, J. (1997). Vybrané kapitoly z obecné biologie: pro střední školy gymnazijního typu. 1. vyd. Olomouc: Olomouc. ISBN: 80-7182-047-4.
32. Jelínek, J. (2011). Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub. Olomouc: Olomouc. ISBN: 80-7182-026-1.
33. Jelínek, J. (1993). Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub. 1. vyd. Edice Učebnice do kapsy. Olomouc: FIN publishing. ISBN: 80-85572-33-8.
34. Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). Biologie pro střední školy gymnazijního typu (teoretická část). 1. vydání. Olomouc: FIN publishing.
35. Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). Biologie pro střední školy gymnazijního typu (praktická část). 1. vydání. Olomouc: FIN publishing.

36. Jelínek, J., & Zicháček, V. (2005). *Biologie pro gymnázia (teoretická a praktická část)*. 8. vydání. Olomouc: Olomouc.
37. Jeník, J., Pazourek, J., Roubal, J., Střihavková, H., & Šmídová, M. (1977). *Botanika pro II. ročník gymnázií*. 5. vydání. Edice Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy. Praha: SPN.
38. Jílek, L., Trávníčková, E., Fišer, J., & Suchý, J. (1982). *Biologie člověka pro IV. ročník gymnázií*. 6. vydání. Praha: SPN.
39. Kantorek, J., Jurčák, J., & Froněk, J. (2008). *Přírodopis 8*. Olomouc: Prodos. ISBN: 80-7230-040-7.
40. Kincl, L., Kincl, M., & Jarklová, J. (2008). *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií*. 4. přepracované vydání. Praha: Fortuna.
41. Kislínger, F., Laníková, J., Šlégl, J., & Žurková, I. (1995). *Biologie V.: Základy obecné biologie*. Gymnázium v Klatovech.
42. Kočárek, E. (2004). *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika*. 1. vydání. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86269-86-4.
43. Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1*. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86960-47-0.
44. Kočárek, E. (2012). *Biologie člověka 2*. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86960-48-7.
45. Kočárek, E., & Kočárek, E. (1998). *Přírodopis pro 6. ročník základní školy*. Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN: 80-238-2077-X.
46. Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). *Přírodopis pro 8. ročník základní školy*. Úvaly u Prahy: Jinan.
47. Kočárek, E. & Kočárek, E. (2001). *Přírodopis pro 9. ročník základní školy*. Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN: 80-86491-00-5.
48. Kubát, K., Kalina, T., Kováč, J., Kubátová, D., Prach, K., & Urban, Z. (2003). *Botanika*. 2. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-266-9.
49. Kubišta, V. (2000). *Obecná biologie pro gymnázia: úvodní učební text pro 1. ročník gymnázií*. 3. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-714-6.
50. Kvasničková, D. (1991). *Základy ekologie*. 3. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-04-26511-1.
51. Kvasničková, D. (2010). *Základy ekologie*. 3. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-902-5.
52. Kvasničková, D. (2014). *Základy biologie a ekologie*. 4. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-120-5.
53. Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1995). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 7. ročník*. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-274-8.

54. Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1997). Ekologický přírodopis pro 8. ročník základní školy. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-477-5.
55. Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1995). Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník – 2. část. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-222-5.
56. Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1999). Ekologický přírodopis pro 7. ročník základní školy – 2. část. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-440-6.
57. Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (1996). Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky gymnázií. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-374-4.
58. Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (2002). Ekologický přírodopis 9: pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-670-0.
59. Lenochová, M., Nečas, O., Dvořák, F., Vilček, F., & Boháč, I. (1984). Biologie pro I. ročník gymnázia. 1. vydání. Praha: SPN.
60. Linc, R., Dostál, P., & Machová, J. (1994). Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy. 4. vydání (1. vydání ve Scientii). Praha: Scientia. ISBN: 80-85 827-33-6.
61. Maleninský, M., Novák, J., Švecová, M., & Toběrná, V. (2006). Přírodopis pro 7. ročník – zoologie 2, botanika 2: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. 1. vydání. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-66-6.
62. Maleninský, M., & Smrž, J. (1997). Zoologie 1 – bezobratlí: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-14-3.
63. Maleninský, M., Smrž, J., & Škoda, B. (2004). Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-56-9.
64. Maleninský, M., & Škoda, B. (1997). Botanika 1 – bakterie, řasy, houby: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-12-7.
65. Maleninský, M. & Vacková, B. (2005). Přírodopis pro 8. ročník – Člověk: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-41-0.
66. Mudrychová, J. (2001). Maturitní otázky: biologie. Třebíč: Radek Veselý. ISBN: 80-86376-02-8.
67. Musilová, E., Koněpotský, A., & Vlk, R. (2007). Přírodopis 6: 1. díl – Úvod do učiva přírodopisu. 1. vydání. Edice Duhová řada. Brno: Nová škola. ISBN: 80-7289-083-2.
68. Navrátil, M. (2016). Přírodopis 8: člověk. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-359-5.
69. Nečásek, J. (1997). Genetika. 2. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-085-2.

70. Novák, J. A., & Jelínek, J. (1994). *Biologie člověka a úvod do obecné genetiky*. 1. vyd. Edice Učebnice do kapsy. Olomouc: FIN publishing. ISBN: 80-85572-57-5.
71. Novotný, I., & Hruška, M. (2008). *Biologie člověka pro gymnázia*. 4. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-007-9.
72. Odstrčil, J., & Hrůza, A. (2008). *Biologie pro zdravotnické školy*. 5. vydání. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
73. Papáček, M., Matěnová, V., Matěna, J., & Soldán, T. (2000). *Zoologie*. 3. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-203-0.
74. Pauk, F., Augusta, J., Dvořák, J., Smolíková, L., & Vodička, A. (1972). *Přírodopis 9: mineralogie, geologie, vývoj života*. 8. vydání. Učebnice pro základní devítileté školy. Praha: SPN.
75. Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., & Sejpka, J. (2014). *Přírodopis 6: učebnice základní školy a víceletá gymnázia – nová generace*. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7489-009-3.
76. Pelikánová, I., Skýbová, J., Markvartová, D., Hejda, T., Vančata, V. & Hájek, M. (2016). *Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia – nová generace*. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7489-307-0.
77. Stockley, C. (1994). *Ilustrovaný přehled biologie*. Ostrava: BLESK. ISBN: 80-85606-32-1.
78. Šlégl, J., Kislínger, F., & Laníková, J. (2002). *Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia*. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-828-2.
79. Šmarda, J. (2003). *Genetika pro gymnázia*. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-851-7.
80. Švecová, M., & Toběrná, V. (1998). *Botanika 2 – vyšší rostliny: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií*. 1. vydání. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-28-3.
81. Trávníček, T., & Janda, F. (1966). *Biologie člověka pro III. ročník středních všeobecně vzdělávacích škol, přírodovědná větev*. 2. vydání. Edice Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy. Praha: SPN.
82. Vaněčková, I., Skýbová, J., Markvartová, D., & Hejda, T. (2006). *Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-428-7.
83. Závodská, R. (2006). *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie*. 1. vydání. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 80-86960-15-3.

8.2.2. Učebnice neobsahující učivo genetiky

1. Berger, J. (1997). Systematická zoologie. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN: 80-85808-44-7.
2. Bergstedt, C., Dietrich, V., & Liebers, K. (2005). Člověk a příroda: půda. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-340-X.
3. Bergstedt, C., Dietrich, V., & Liebers, K. (2005). Člověk a příroda: voda. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-337-X.
4. Bergstedt, Ch., Horn, M. E., Mikelskis, H. F., Winter, R., Ditrich, V., & Liebers, K. (2005). Člověk a příroda: Energie. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-341-8.
5. Braniš, M. (2004). Základy ekologie a ochrany životního prostředí: učebnice pro střední školy. 3. aktualizované vydání. Praha: Informatorium. ISBN: 978807333024.
6. Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Vaněčková, I. (2005). Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-424-4.
7. Černík, V., Bičík, V., Bičíková, L., & Martinec, Z. (1999). Přírodopis 2 – zoologie, botanika: pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. 1. přepracované vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-7235-069-2.
8. Černík, M., Hamerská, M., Martinec, Z., & Vaněk, J. (2008). Přírodopis 7: zoologie a botanika pro základní školy. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-387-3.
9. Černík, V., & Martinec, Z. (1996). Přírodopis 1 – Botanika: 2. část. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-85937-06-9.
10. Černík, V., & Martinec, Z. (1997). Přírodopis 1 – Zoologie: 1. část. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-85937-05-0.
11. Černík, V., & Martinec, Z. (1997). Přírodopis 2 – Botanika, 2. část: pro žáky základní školy (7. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií. 2. část, Botanika. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-85937-57-3.
12. Černík, V., Vítek, J., & Martinec, Z. (1998). Přírodopis 4 – mineralogie a geologie se základy ekologie: pro žáky základní školy (9. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-7235-044-7.
13. Červinka, P. (2012). Ekologie a životní prostředí: učebnice pro střední odborné školy a učiliště. 2. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 978-80-86034-97-3.
14. Dančák, M., Mikulenkova, H., & Ševčík, D. (2015). Přírodopis 6: Rostliny. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-294-9.
15. Daněk, G., & Černý, W. (1966). Zoologie pro I. a II. ročník středních všeobecně vzdělávacích škol. Edice Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy. 2. vydání. Praha: SPN.
16. Ditrich, V., Mederow, G., Bergstedt, C., & Liebers, K. (2005). Člověk a příroda: vzduch. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-338-8.

17. Dobroruka, L. J., Gutzerová, N., Havel, L., Chocholoušková, Z., & Kučera, T. Č. (2003). Přírodopis II pro 7. ročník základní školy. 2. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-302-9.
18. Froněk, J., Máchal, A., & Vlašín, M. (1991). Přírodopis v sešitě: učební text pro 9. ročník základních škol. 1. vyd. Praha: Fortuna. ISBN: 80-85298-13-9.
19. Hainer, V., Hnízdo, A., Ličková, M., & Trávníček, T. (1972). Přírodopis pro 8. ročník základních devítiletých škol: biologie člověka. Edice Učebnice pro základní všeobecně vzdělávací školy. 8. vydání. Praha: SPN.
20. Havlík, I. (1999). Přírodopis pro 7. ročník. Brno: Nová škola. ISBN: 80-85607-98-0.
21. Hedbávná, H., et al. (2015). Přírodopis 7: 2. díl, Botanika. Edice Duhová řada. 2. aktualizované vydání. Brno: Nová škola. ISBN: 978-80-7289-647-9.
22. Chvátal, M. (2014). Geologie: pro gymnázia. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-124-3.
23. Jakeš, P. (1999). Geologie: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-30-5.
24. Janoušková, S., & Červinka, P. (2010). Ekologie a životní prostředí: základy přírodovědného vzdělávání pro SOŠ a SOU. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-085-7.
25. Jurčák, J., & Froněk, J. (1997). Přírodopis 6. Olomouc: Prodos. ISBN: 80-85806-47-9.
26. Jurčák, J., & Froněk, J. (1998) Přírodopis 7. Olomouc: Prodos. ISBN: 80-7230-015-6.
27. Klepel, G., Bergstedt, C., Ditrich, V., & Liebers, K. (2005). Člověk a příroda: zdraví. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-339-6.
28. Kočárek, E., & Kočárek, E. (1998). Přírodopis pro 7. ročník základní školy. Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN: 80-238-3544-0.
29. Kočárek, P., Mikulenková, H., & Ševčík, D. (2016). Přírodopis 7: Živočichové. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-296-3.
30. Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1994). Poznáváme život 6 – 1. část: Přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník ZŠ (7. ročník občanské školy) a nižší ročníky gymnázií. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-160-1.
31. Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1997). Ekologický přírodopis 6: pro 6. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-385-X.
32. Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (2004). Ekologický přírodopis 7 – 1. část: pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. 4. upravené vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-057-4.

33. Maleninský, M., & Novák, J. (1999). Zoologie 2 – obratlovci: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-33-X.
34. Matějček, T. (2007). Ekologická a environmentální výchova: učební text k průřezovému tématu Environmentální výchova podle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 978-80-86034-72-0.
35. Matyášek, J., & Hrubý, Z. (2015). Přírodopis 9: Geologie a ekologie. Edice Duhová řada. 3. aktualizované vydání. Brno: Nová škola. ISBN: 978-80-7289-741-4.
36. Pauk, F., Kühn, P., Slušík, S., Kočárek, E., & Kletečka, J. (1976). Mineralogie, petrografie a geologie pro 1. ročník gymnázií. Praha: SPN.
37. Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., & Sejpka, J. (2015). Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7489-038-3.
38. Roubal, J., & Zima, K. (1963). Zoologie pro 6. ročník základních devítiletých škol. Edice Učebnice pro základní devítileté školy. 1. vydání. Praha: SPN.
39. Rychnovský, B., Odstrčil, M., Popelková, P., & Kubešová, S. (2015). Přírodopis 7: 1. díl, Strunatci. Edice Duhová řada. 2. aktualizované vydání. Brno: Nová škola. ISBN: 978-80-7289-646-2.
40. Smrž, J., Horáček, I., & Švátora, M. (2004). Biologie živočichů pro gymnázia. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-909-2.
41. Šimonová, P., Činčera, J., Jančaříková, K., & Volfová, A. (2013). Ekologická a environmentální výchova: pro 2. stupeň ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7238-452-5.
42. Šlégl, J., Kislinger, F., Laníková, J. (2000). Biologie IV.: Základy ekologie. 2. vydání. Klatovy: Gymnázium Klatovy.
43. Švecová, M., & Matějka, D. (2007). Přírodopis 9 pro základní školy a víceletá gymnázia. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7238-587-4.
44. Šula, J. (1973). Botanika pro šestý ročník základních devítiletých škol. Edice Učebnice pro základní devítileté školy. 10. nezměněné vydání. Praha: SPN.
45. Vališ, J., Ďurovič, V., & Fediuková, E. (1993). Přírodopis 8: pro 8. ročník základní školy. Edice Učebnice pro základní školy. Praha: SPN.
46. Vilček, F., Lišková, E., Altmann, A., & Korábová, A. (1994). Přírodopis 6: pro 6. ročník základní školy. Praha: Scientia.
47. Vlk, R., & Kubešová, S. (2014). Přírodopis 6: 2. díl, Bezobratlí živočichové. Edice Duhová řada. 2. aktualizované vydání. Brno: Nová škola. ISBN: 978-80-7289-581-6.
48. Zahradník, G., et al. (2005). Člověk a příroda: Informace a komunikace. Edice Učebnice pro integrovanou výuku. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-342-6.
49. Zapletal, J., Janoška, M., Bičíková, L., & Tomančáková, M. (2000). Přírodopis 9. Olomouc: Prodos. ISBN: 80-7230-069-5.

9. Přílohy

Příloha I.: Seznam analyzovaných učebnic se slovním komentářem

Obsahuje podle typu školy a ročníku řazené učebnice, které obsahovaly alespoň krátkou informaci z učiva genetiky.

I.I. Učebnice pro druhý stupeň základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií

Pro lepší přehled učební látky předkládané v učebnicích je přehled v této kapitole navíc rozčleněn podle ročníku, na který titul cílí. V rámci jednotlivých ročníků jsou pak tituly řazeny chronologicky podle data vydání.

I.I.I. Učebnice určené pro 6. ročník ZŠ a primu víceletých gymnázií

Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1995). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník – 2. část. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-222-5*

Původní vydání Ekologického přírodopisu pro 7. ročník. Učebnice jsou obsahově identické.

Maleninský, M., & Smrž, J. (1997). *Zoologie 1 – bezobratlí: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-14-3*

Tenká učebnice A4, pouze zmínka o jádru jako nositeli genetické informace.

Maleninský, M., & Škoda, B. (1997). *Botanika 1 - bakterie, řasy, houby: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-12-7*

Učebnice sešitového formátu A4 s pouze okrajovou zmínkou o genetice v úvodu k buňce. Zmíněny pojmy chromozom, nukleová kyselina, DNA.

Dobruka, L. J., Cílek, V., Hasch, F., & Storchová, Z. (1997). *Přírodopis I pro 6. ročník základní školy. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-092-5*

Pouze v oddílu „Země – živá planeta“, kapitola „Rozmnožování“ při popisu dělení buněk zavedení pojmu chromozom jako nositele dědičné informace a v dodatečných poznámkách zmíněno, že za konečný vzhled organismu zodpovídají po rodičích zděděné vlohy. Učebnice je přehledná, srozumitelná, se zvýrazněním pojmů v textu tučně a četnými barevnými ilustracemi (pouze místy v dalších kapitolách lehce znepřehledňují text).

Havlík, I. (1998). *Přírodopis pro 6. ročník. Brno: Nová škola. ISBN: 80-85607-77-8*

Pouze v rámci slovníčku pojmů uvedena poněkud nešikovná formulace, že obsah jádra buňky určuje dědičnost.

Kočárek, E., & Kočárek, E. (1998). Přírodopis pro 6. ročník základní školy. Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN: 80-238-2077-X

Pouze stručné zmínky v rámci úvodu do studia buňky, bakterií a virů (zavedení pojmu nukleová kyselina a genetika). Znázornění mitózy pouze s popiskem „buněční dělení“ bez popsání přítomných chromozomů.

Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Vaněčková, I. (2003). Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-211-X

V kapitole „Projevy života“ zaveden pojem dědičnost, v kapitole „Základní struktura života“ zavedení pojmu chromozom jako částice v jádře, která přenáší dědičnou informaci, a pojmu ribozom. V kapitole „Přehled organismů“ uvedena nukleová kyselina, ale bez dalšího vysvětlení, pouze jako látka, která má význam pro rozmnožování virů. Učebnice je celobarevná, v textu zvýrazněny pojmy tučně, na konci kapitol shrnutí a otázky a úkoly.

Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2004). Přírodopis 1 pro 6. ročník: zoologie, botanika. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-7235-068-4

Pouze uvedena dědičná hmota obsahující dědičnou informaci jako obsah jádra buňky.

Maleninský, M., Smrž, J., & Škoda, B. (2004). Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. 1. vydání. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-56-9

Genetika zmíněna okrajově v rámci úvodu do buňky, nebuněčných organismů (virů) a rozmnožování. Zavedeny pojmy genetika, chromozom, DNA. Opisem zmíněn proces mitózy a struktura DNA. Co se týče vzhledu, důležité pojmy jsou zvýrazněny tučně, doplňkové informace menším písmem, část informací je vyčleněna v tmavších boxech (odbornější nebo detailnější části textu). Přiloženo je četně barevných ilustrací a fotografií, někdy na úkor jeho přehlednosti. Učebnice vychází z materiálů přejatých ze starších dílů „Zoologie 1“ (1997) a „Botanika 1“ (1997).

Černík, V., Hamerská, M., Martinec, Z., & Vaněk, J. (2007). Přírodopis 6 pro základní školu: zoologie a botanika. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-374-3

Pouze zmíněno jádro jako nositel dědičné informace, zaveden pojem nukleová kyselina. Text výrazně podobný původní edici SPN pro ZŠ, některé ilustrace převzaty.

Musilová, E., Koněpotský, A., & Vlk, R. (2007). Přírodopis 6: 1. díl – Úvod do učiva přírodopisu. 1. vydání. Edice Duhová řada. Brno: Nová škola. ISBN: 80-7289-083-2

Učebnice menšího formátu A4. Genetika zmíněna pouze v rámci kapitoly „Základní projevy živých organismů“ (vlohy, znaky, dědičnost) a v rámci stavby buňky dědičná informace jako obsah jádra. Učebnice je celobarevná, víceméně přehledná (místo komplikováno vložením obrázků). K učebnici vyšel pracovní sešit, v jedné z úloh zmínění jádra jako nositele genetického materiálu.

Dančák, M., & Sedlářová, M. (2011). Přírodopis 6: vývoj života na Zemi – obecná biologie – biologie hub. 1. vydání. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-257-4

Učebnice menšího formátu A4 se věnuje genetice jen okrajově v rámci úvodu do buňky (zavedení pojmu nukleové kyseliny a DNA). V doplňujícím textu v rámci kapitoly pak rozepsán objev Watsona, Cricka a Franklinové. Učebnice je celobarevná s moderními a četnými ilustracemi a fotografiemi. Text je kvůli množství obrázků místy hůře přehledný, pojmy zvýrazněny tučně, na konci kapitol opakovací otázky a box se shrnutím.

Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., & Sejpka, J. (2014). Přírodopis 6: učebnice základní školy a víceletá gymnázia – nová generace. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7489-009-3

Nová verze předchozího vydání z roku 2003, text zůstal nezměněný, učebnice pouze doznala úprav grafických (stejně jako další z edice).

1.1.1.1. Učebnice určené pro 7. ročník ZŠ a sekundu víceletých gymnázií

Fleischmann, J., Linc, R., Dostál, P., & Rošická, L. (1987). Přírodopis 7: pro 7. Ročník základní školy. 1. vydání. Edice Učebnice pro základní školy. Praha: SPN.

V rámci kapitol „Buněčná stavba organismů“ a „Dědičnost organismů“. Jde o srozumitelný a stručný text s množstvím názorných obrázků a schémat, větší důraz na využití genetiky v praxi (šlechtění rostlin i živočichů) a Mendela (učebnice z dob minulého režimu – důraz na české vědce a zemědělství). Pojmy v textu tučně, na konci kapitoly shrnutí a otázky.

Linc, R., Dostál, P., & Machová, J. (1994). Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy. 4. vydání (1. vydání ve Scientii). Praha: Scientia. ISBN: 80-85 827-33-6

Přepracovaná učebnice Fleischman (1987) s faktickými úpravami a odlišnými novějšími obrázky a grafikou. Celkem 8 stránek většího formátu A5 kapitoly „Rozmnožování a dědičnost organismů“. Oproti původnímu vydání došlo ke zkrácení některých praktických částí a kapitol jako proces rozmnožování buňky (místy vhodně, ale často také na úkor podstatných informací). Nově zavedení termínu gen k českému vloha.

Třetí vydání vyšlo ještě ve spolupráci s nakladatelstvím SPN roku 1991, obálka je odlišná od nového vydání, obsah je stejný.

Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1995). Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 7. ročník. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-274-8

Později vydaný jako „Ekologický přírodopis pro 8. ročník“. Obsahově identická díla.

Černík, V., Martinec, Z., & Bičík, V. (1997). Přírodopis 2 pro 7. ročník ZŠ: zoologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-85937-56-5

Pouze zmíněno jádro buňky jako nositel dědičné informace.

Švecová, M., & Toběrná, V. (1998). Botanika 2 – vyšší rostliny: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. 1. vydání. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-28-3

Zmíněno pouze jádro buňky jako nositele dědičné informace.

Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1999). Ekologický přírodopis pro 7. ročník základní školy – 2. část. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-440-6

Zmíněno jádro jako přenašeč dědičných vlastností, zaveden pojem chromozom (zcela ale bez vysvětlení jejich funkce nebo podstaty), popis mitózy a meiózy (haploidní a diploidní buňka), ale jen opisem bez zavedení pojmů. Srozumitelný text, víceméně přehledná učebnice, ale občas příliš mnoho obrázků utlačujících text. Ilustrace a schémata četné a barevné.

Jedná se o učebnici původně vydanou roku 1995 pro šestý ročník ZŠ pod názvem „Poznáváme život: Přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník – 2. část“. Další vydání z roku 2006 a 2009 jsou beze změn sledovaných částí. K učebnici vyšel i pracovní sešit.

Maleninský, M., Novák, J., Švecová, M., & Toběrná, V. (2006). Přírodopis pro 7. ročník – zoologie 2, botanika 2: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. 1. vydání. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-66-6

Učebnice obsahuje pouze zmínku o jádru jako nositeli dědičné informace. Texty a ilustrace přejaty z původní řady jednotlivých dílů „Zoologie 2“ (1999) a „Botanika 2“ (1998).

1.1.1.III. Učebnice určené pro 8. ročník ZŠ a tercie víceletých gymnázií

Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1997). Ekologický přírodopis pro 8. ročník základní školy. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-477-5

Učebnice je zaměřená na fyziologii obratlovců a člověka, genetika je v rámci kapitoly „Dědičnost u člověka“ (zaujímá pouze jednu stránku). Upřednostňuje se používání českých pojmů (vloha dominantní a recesivní, gen pouze v záorce), pojem chromozom (jen počet chromozomů v lidském karyotypu a jeho funkce jako přenašeče dědičné informace). Učebnice je přehledná, text srozumitelný s tučně zvýrazněnými pojmy a otázkami na procvičení a zamýšlení. Schémata a ilustrace barevné a četné, jen místy mohou lehce znepřehledňovat text.

Učebnice, která původně vyšla roku 1995 pod názvem „Poznáváme život: Přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 7. ročník“, přičemž obsah zájmových kapitol/vzhled zůstal nezměněn. V roce 2008 vychází se změněnou obálkou a mírně pozměněným uspořádáním textu, nicméně stejným obsahem až na dílčí změny obrazového materiálu (ilustrace karyotypu člověka). K učebnici vyšel i pracovní sešit.

Dobruka, L. J., Vacková, B., Králová, R., & Bartoš, P. (1999). Přírodopis III pro 8. ročník základní školy. 1. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-167-0

V rámci oddílu „Člověk – růst a vývoj jedince“, kapitoly „Za všechno mohou geny“ jsou tématu genetiky věnovány 4 strany A4. Zmíněny základy genetiky, i Mendel a ukázky dědičnosti na barvě květu, zavedení pojmů nukleové kyseliny, chromozom a gen (ovšem spíše užíváno v české alternativě vloha). Opisem zmíněna dominance a recesivita. Zmíněno využití genetiky v lékařství a šlechtění. Četné jsou barevné ilustrace a schémata, text je dobře srozumitelný (dle mého i mladším žákům, než je učebnice určena) a pojmy v textu zvýrazněně tučně, nechybí ani postranní boxy s doplňujícími informacemi k látce.

Pozdější druhé vydání z roku 2001 vyšlo nezměněné.

Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). Přírodopis pro 8. ročník základní školy. Úvaly u Prahy: Jinan.

Pouze v rámci tématu biologie člověka, kterému se celá učebnice věnuje, zmíněna velmi stručně lékařská genetika a problematika dědičných onemocnění.

Černík, V., Bičík, V., Martinec, Z. (2003). Přírodopis 3 pro 8. ročník základní školy: biologie člověka se základy etologie a genetiky. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 85-85937-97-2

Samostatná závěrečná kapitola „Základy nauky o dědičnosti (genetiky)“ s dotací tří stran A4. Kapitulu uvádí postavou Mendela, zavádí základní pojmy jako chromozom, gen, alela. Na příkladu barvy květů pak rozvádí vlohy dominantní a recesivní a neúplnou dominanci. Možná ne úplně vhodným způsobem je prezentován příklad dědičnosti krevních skupin (kodominance je zde spíše podána jako úplná dominance). Zmiňuje genetické poradny, genetické inženýrství (na tvorbě inzulinu) a umělý výběr při šlechtění. Stejně jako další díly této edice je učebnice dobře srozumitelná, přehledná s tučným zvýrazněním pojmů v textu a vhodně barevně ilustrovaná.

Maleninský, M. & Vacková, B. (2005). Přírodopis pro 8. ročník – Člověk: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií. Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN: 80-86034-41-0

Učebnice s tematikou člověka, obsahuje jen stručnou zmínku v rámci kapitoly „Vznik lidského jedince a jeho vývoj před narozením“ o chromozomech jako nositelích dědičné informace.

Vaněčková, I., Skýbová, J., Markvartová, D., & Hejda, T. (2006). Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 80-7238-428-7

4 strany menšího formátu A4, přehledná struktura stručnějšího textu s mírně těžší slovní zásobou. Genetika v rámci dvoustránkových kapitol „Tajemství genů“ a „Význam genetiky – změňte své geny“ (nutno podotknout, že tento název je poněkud zavádějící snaha o popularizaci). Z obsahu kapitol: jen zmínka o Mendelovi v poznámkách, zavedení základních pojmů včetně náležitostí křížení (dědičnost, genetika, gen, alela dominantní a recesivní), vysvětleno určení pohlaví u člověka a uvedeny příklady dědičných chorob včetně příkladu a

vysvětlení pohlavně vázaných příkladů (hemofilie, barvoslepost, Downův syndrom), v druhé kapitole uvedeno využití genetiky (šlechtitelství, GMO, klonování, genetické inženýrství, děti ze zkusavky a genetické poradny). Zvýraznění pojmů tučně a doplňující informace po krajích stránky, barevná schémata a fotky. Na konci kapitol vždy shrnutí látky a otázky k zamyšlení/opakování.

K učebnici vyšel i pracovní sešit s dvoustranou úlohou a metodická příručka, kde se genetice věnuje jedna dvoustrana, zahrnuje i doplňující informace pro učitele a další zdroje k prostudování.

Kantorek, J., Jurčák, J., & Froněk, J. (2008). Přírodopis 8. Olomouc: Prodos. ISBN: 80-7230-040-7

Zhruba formát B5, 3 strany kapitoly „Základy genetiky“. Obsahuje úvod k Mendelovi, zavedení základních pojmů (chromozom, gen s českým ekvivalentem vloha, alela, genotyp/fenotyp), příklad křížení na barvě rostlin (zavedení dominance úplné a neúplné, recesivity, heterozygot/homozygot, ale poněkud sporný pojem mozaikovitá dědičnost evokující kodominanci), lidské určení pohlaví. Zmíněno: struktura DNA a jednotlivých bází, dědičné choroby výčtem (barvoslepost, cukrovka, hemofilie, rozštěp patra; spolu s tím zaveden pojem mutace) a praktické užití genetiky (genetické inženýrství, GMO, kriminalistika, genetické poradny), Text s rozsáhlými odstavci, tučně zvýrazněnými pojmy a doplňujícími informacemi ve formě většího odstavce kurzívou, na konci kapitoly pak shrnutí látky.

K učebnici vyšel jak pracovní sešit (s příklady křížení koček, Punnetův čtverec na barvu srsti), tak metodická příručka pro učitele.

Černík, V., Martinec, Z., & Vodová, V. (2009). Přírodopis 8 pro základní školy: biologie člověka. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-416-0

4 strany A4 věnované genetice. Obsahuje úvod k Mendelovi, zavedení základních pojmů (dědičnost, gen, chromozom) a zjednodušené schéma mitózy a meiózy, určení pohlaví u člověka, probraný význam genetiky (genetické poradny, šlechtitelství, GMO, klonování). Přehledný text se zvýrazněnými pojmy a důležitými informacemi doplněný četnými barevnými schémata a fotografiemi, po okrajích stránky doplňující poznámky. Kapitola má na konci stručné shrnutí a otázky a úkoly.

Drozdová, E., Klinkovská, L., & Lízal, P. (2009). Přírodopis 8: Biologie člověka. Edice Duhová řada. Brno: Nová škola. ISBN: 80-7289-111-1

3 strany A4 obsahující úvod k Mendelovi, zavedení základních pojmů (gen, alela, chromozom), na příkladu rolování jazyka u člověka vysvětleno dědění dominantních a recesivních znaků (naneštěstí nejde o ideální příklad, neboť tento znak je pravděpodobně ovlivněn prostředím), praktické využití genetiky zmíněno (šlechtění, klonování, využití DNA k identifikaci člověka), v rámci krátkého odstavce o dědičných chorobách zaveden pojem mutace (rozveden Downův syndrom, zmíněna fenylketonurie a hemofilie). Doplněno četnými barevnými fotkami a ilustracemi i černobílými schémata, na konci kapitoly shrnutí a stručné opakovací otázky.

K učebnici vyšel i pracovní sešit s dvojstranou zajímavě a zábavně zpracovaných úkolů pro děti (odhalení otcovství, tajenka, přesmyčky, otevřené otázky, správnost tvrzení apod.), bohužel se zde opět objevuje ne zcela vhodným rolováním jazyka jako genetický příklad.

Navrátil, M. (2016). Přírodopis 8: člověk. Olomouc: Prodos. ISBN: 978-80-7230-359-5

Nejnovější učebnice z nové řady nakladatelství Prodos už v úvodu kapitoly „Základy genetiky“ popisuje praktické užití genetiky v rámci genetického inženýrství. Více praktického užití genetiky se ale objevuje pouze výčtem, lékařství zastoupeno tabulkou dědičných onemocnění. Učebnice cílí na základní pojmy a principy, z významných osobností se objevují Watson, Crick a Mendel.

Moderní zpracování je plně barevných ilustrací, schémat a fotografií, obsahuje úkoly, shrnutí a otázky pro žáky, četné boxy s rozšiřujícím učivem, pojmy v textu tučně zvýrazněny. Toto provedení naneštěstí je sice kvalitní, ale ve výsledku je učebnice nepřehledná a může působit až mírně chaoticky a nečitelně pro žáky (obecný problém nové edice Prodosu).

Pelikánová, I., Skýbová, J., Markvartová, D., Hejda, T., Vančata, V. & Hájek, M. (2016). Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia – nová generace. 1. vydání. Plzeň: Fraus. ISBN: 978-80-7489-307-0

Učebnice je revidovanou verzí původní edice nakladatelství Fraus pro ZŠ a gymnázia (viz výše). Text je obsahově stejný, ovšem nová grafická podoba viditelně zhoršila jeho přehlednost. Některé obrázky doznaly drobných úprav, některé fotografie změněny, ale bez dopadu na jejich vypovídací hodnotu.

K učebnici opět vyšla i příručka pro učitele. Problematický je pak pracovní sešit k učebnici vydaný – většina úloh v něm je vhodně vytvořená, ale objevují se i didakticky nesprávné formulace otázek, nebo otázky z faktické podstaty nevhodné.

III.IV. Učebnice určené pro 9. ročník ZŠ a kvartu víceletých gymnázií

Pauk, F., Augusta, J., Dvořák, J., Smolíková, L., & Vodička, A. (1972). Přírodopis 9: mineralogie, geologie, vývoj života. 8. vydání. Učebnice pro základní devítileté školy. Praha: SPN.

Učebnice se zabývá genetikou pouze okrajově v krátké ideologicky laděné kapitole „Význam Darwinismu, I. V. Mičurin“. Stručně je zde představena historie genetiky jako vědy, zmínka o Mendelovi, zbytek kapitoly se věnuje pouze I. V. Mičurinovi a jeho výzkumu, respektive šlechtitelským pokusům. Práce Lysenka je již otevřeně popřena jako zcela chybná.

Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (1996). Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky gymnázií. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-374-4

Později vydané beze změny obsahu jako „Ekologický přírodopis pro 9. ročník“.

Cílek, V., Matějka, D., Mikuláš, & R., Ziegler, V. (2000). Přírodopis IV pro 9. ročník základní školy. 1. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-204-9

V rámci oddílu „Historie Země“, kapitoly „Vznik života“ připomenut význam dědičné informace a struktura nukleové kyseliny. Zmíněn i pojem mutace. (Učebnice jinak vzhledově odpovídá předchozím dílům z edice.)

Kočárek, E & Kočárek, E. (2001). Přírodopis pro 9. ročník základní školy. Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN: 80-86491-00-5

Vydatná dotace 21 stránek A4 kapitoly „Dědičnost a rozmnožování organismů“ je trochu nešikovně situovaná k látce o vzniku Země a geologii. Obsahuje úvod k Mendelovi a Morganovi, objasnění funkce nukleových kyselin a procesů meiózy a mitózy, zavedení základních pojmů (genetika, chromozom, gen, alela), uvedení příkladů dědičnosti na barvě květů (dominance a recesivita v závorce, upřednostnění českých ekvivalentů převažující a ustupující) a kodominance na příkladu lidské krve. Velký důraz na praktické využití genetiky: zmínění využití v kriminalistice, rozsáhlá kapitola týkající se lékařství i s příkladem rodokmenu s hemofilií a uvedením dalšího příkladu dědičných chorob – Downův syndrom, diskutováno genetické vyšetření, popsán projekt HUGO (jako projekt „Lidský genom“). Další kapitola o šlechtitelství s popisem genetického inženýrství, klonování i biotechnologií.

Text je sice přehledný, nicméně objemný a nepříliš vzhledný, s tučně zvýrazněnými pojmy a (ne vždy příliš) důležitými informacemi spolu s doplňujícími informacemi a otázkami na zopakování kurzívou a zvýrazněným shrnutím na konci kapitol spolu se seznamem pojmů. Stručnější množství ilustrací tvoří z části černobílá schémata a barevné obrázky, ale nikoli fotografie.

Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (2002). Ekologický přírodopis 9: pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. 2. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-670-0

Kapitola zahrnující genetiku („Základ a trvání života“) je umístěna poněkud chaoticky do úvodu učebnice týkající se člověka, vývoje země, geologie a evoluce. Obsahuje informace o rozmnožování buněk, schéma dělení jádra s chromozomy, základy dědičnosti s detailním popisem Mendelových experimentů, na nichž jsou vysvětleny pojmy gen (v závorce stále uveden český ekvivalent vloha), fenotyp, homozygot a heterozygot, ve zjednodušené laické verzi pak i stavba DNA a proces replikace. Pojmy jsou v textu tučně zvýrazněny, obrázků je čteně ve formě schémat i barevných fotografií.

Text doplněn o otázky k zamyšlení a úkoly. K učebnici vyšel i pracovní sešit s několika genetickými úlohami – sestavení rodokmenů, monohybridní křížení i otázky na jednotlivé genetické pojmy.

Učebnice původně vyšla roku 1996 pod názvem „Poznáváme život: Přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií“, přičemž jak obsah zájmových kapitol, tak vzhled zůstal nezměněn. Třetí přepracované vydání učebnice z roku 2009 neseznalo příliš faktických změn (doplnění stručně o GMO), spíše změnu vzhledu, obměnu fotografií a lepší popisky a úpravu schémat.

Černík, V., Martinec, Z., Víték, J., & Vodová, V. (2010). Přírodopis 9 pro základní školu: geologie a ekologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 978-80-7235-496-2

V rámci kapitoly „Vznik a vývoj života na Zemi“ zaveden pojem nukleová kyselina v souvislosti s rozmnožováním.

I.II. Učebnice pro čtyřletá gymnázia

Jedná se o tituly s určitým omezeným množstvím látky, často buď určitým tématem, nebo navržené přímo pro konkrétní ročník daného typu školy.

Jeník, J., Pazourek, J., Roubal, J., Stříhavková, H., & Šmídová, M. (1977). Botanika pro II. ročník gymnázií. 5. vydání. Edice Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy. Praha: SPN.

Genetika okrajově rámci stavby rostlinné buňky. Popsána meióza a mitóza, objevují se pojmy chromozom, DNA, RNA.

Jílek, L., Trávníčková, E., Fišer, J., & Suchý, J. (1982). Biologie člověka pro IV. ročník gymnázií. 6. vydání. Praha: SPN.

Sešitový formát A4, bez samostatné kapitoly či širšího rozvedení. Objevují se pouze zmínky, pojmy jako chromozom, genetika, dědičnost a zmínka o Mendelovi.

Lenochová, M., Nečas, O., Dvořák, F., Vilček, F., & Boháč. I. (1984). Biologie pro I. ročník gymnázia. 1. vydání. Praha: SPN.

Překlad ze slovenského originálu „Biológia pre I. ročník gymnázií“ Slovenského pedagogického nakladatelství (Bratislava, 1984). Genetika se zde vyskytuje spíše okrajově jako součást úvodu do živých soustav a buněčné biologie. Zavedeny základní pojmy jako dědičnost, chromozom, chromatin, nukleotid a obě nukleové kyseliny, někdy ale popsány zkratkovitě. Zmínění i Mendela a Watsona s Crickem a jejich objevů. Text učebnice je dobře srozumitelný a přiměřeně odborný, pojmy v textu jsou upraveny pouze méně výraznou kurzívou. Obrázky jsou černobílé, obvykle vhodně popsané a relativně četné.

Bašovská, M., Halášová, R., Nečas, O., Pastýrik, L., Trojanová, M., Šmarda, J., Boháč, I., & Stoklasa, J. (1985). Biologie pro II. ročník gymnázií. 1. vydání. Praha: SPN.

Překlad slovenského originálu „Biológia pre 2. ročník gymnázií“ Slovenského pedagogického nakladatelství (Bratislava, 1985). Kapitole „Genetika“ je věnováno 53 stran A5 a další desítka stran příkladů a cvičení (včetně praktického laboratorního cvičení preparace polyténních chromozomů pakomára), ale bez řešení. Dále pak informace o syntéze DNA, RNA a proteinů v kapitole „Životní funkce na úrovni buňky“ – podkapitola „Syntéza důležitých látek v buňce“.

Učebnice slučuje látku životních funkcí buňky a vyšších organismů (člověk, rostliny a živočichové), dnes toto uspořádání může působit nezvykle, jde ale o velice smysluplné řazení. Části týkající se genetiky jsou dosti obsažné (včetně kapitol jako šlechtění, genetické aspekty

ekologie, četné příklady typů dědičnosti, populační genetika, molekulární základy dědičnosti, mimojaderná dědičnost, kvalitativní a kvantitativní znaky, ...) a jedná se tak o podstatnou část vysokoškolské genetiky.

Text učebnice je přiměřeně odborný a dobře srozumitelný, pojmy v textu odlišeny obvykle jen nevýraznou kurzívou, ilustrace a schémata četná, s dostatečným popisem a dobře názorná, ačkoli pouze černobílá.

Kislinger, F., Laníková, J., Šlégl, J., & Žurková, I. (1995). Biologie V.: Základy obecné biologie. Gymnázium v Klatovech.

Skripta pro SŠ a gymnázia z širší série zabývající se učivem biologie s dotací 28 stran A4 v kapitole „Dědičnost a proměnlivost (genetika)“ a částí látky týkající se buněčného množení v kapitole „Buňka (cytologie)“. Srozumitelný odbornější text ve formě stručných bodových zápisků doplněný o černobílá schémata a ilustrace, obsahuje jak základní pojmy, tak molekulární genetiku, genetiku populací a aplikovanou genetiku. Zcela zásadním nedostatkem učebnice je ale její vzhled, připomínající stará na stroji psaná skripta, který ji i částečně znepřehledňuje a činí pro studenty dnes v podstatě odpudivou.

Cibis, N., Dobler, H., Lauer, V., Meyer, R., Schmale, E., & Strecker, H. (1996). Člověk: učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-031-3

Český překlad německého titulu (1. vydání z roku 1983) učebnice vytvořené středoškolskými učiteli s odbornou konzultací především lékařů. Víceméně velká část vysokoškolského učiva ve srozumitelné formě na 30 stranách A5. Velká samostatná kapitola „Dědičnost“, zavádí všechny základní genetické pojmy, a to bez nutnosti jejich počestřování. Nechybí popsání výzkumy Mendela, Morgana, Watsona a Cricka. Problém je ale někdy v příliš stručném až pouze zmínkovitém vysvětlení pojmů. Obsáhlý, dobře srozumitelný text s množstvím obrázků a barevných schémat. Pojmy v textu jsou tučně zvýrazněny, nechybí doplňkové otázky a úkoly k tématu.

Jelínek, J. (1996). Biologie člověka. Olomouc: Olomouc. ISBN: 978-80-7182-027-7

Obsahuje prodlouženou verzi kapitoly (82 stran) „Úvod do studia obecné genetiky“, která se nachází v souhrnném titulu „Biologie pro gymnázia“ (Jelínek & Zicháček). Obsah je u obou děl shodný.

Nečásek, J. (1997). Genetika. 2. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-085-2

112 stran formátu A5 s výhradním zaměřením na učivo genetiky. Přehledná učebnice obsahující značnou část látky vysokoškolské genetiky ve velice dobře srozumitelném a přiměřeně odborném textu, doplněném o černobílá schémata a ilustrace, se zvýrazněním důležitých pojmů v textu a navíc s odstavci drobným písmem s dovysvětlením nebo rozšířením některé vybrané látky.

Zabývá se ve větší míře praktickým využitím genetiky (kapitoly „Genetické inženýrství“, „Šlechtění průmyslových mikrobů“, „Šlechtění rostlin“, „Šlechtění zvířat“) a přidává evoluční

aspekt (kapitola „Mechanismy evoluce a vznik druhů“). Na závěr je učebnice doplněna i o řádku úkolů, otázek k zamýšlení a příkladů, ale bez uvedených výsledků.

(V závěru učebnice pojednává o probíhajícím projektu HUGO – dnes již dokončeném. Druhé vydání má oproti prvním z roku 1993 jen několik aktualizací a doplnění v textu.)

Berger, J. (1998). Ekologie: učebnice pro gymnázia a střední odborné školy. 1. vydání. České Budějovice: KOPP. ISBN: 80-7232-013-0

Pouze okrajově ve velice krátké kapitole „Dědičnost a životní prostředí“ příklady evolučních adaptací (srpkovitá anémie, pigmentace u člověka) a rozvedení genotoxicity se základními genetickými pojmy, ale bez vysvětlení.

Kubišta, V. (2000). Obecná biologie pro gymnázia: úvodní učební text pro 1. ročník gymnázií. 3. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-714-6.

Učebnice je koncipována jako předchozí Šmardova „Genetika pro gymnázia“ ze stejné edice, v kapitole „Eukaryotní buňka“ najdeme asi 1,5 stránky formátu A5 týkající se jádra a syntézy bílkovin (včetně nových poznatků a zavedení v učebnicích se obvykle neobjevujících termínů jako solenoid, histon, telomera, zpětná transkripce). Pak je zde rozvedena celá kapitola „Bakteriální chromozom a jeho funkce“ (asi 6 stran) zabývající se především stavbou šroubovice DNA, transkripcí a replikací (také zaveden pojem plazmid).

Text je relativně odborně psaný, ale pro starší žáky, pro který je určený, je dobře srozumitelný. Byť by možná žádal místy asi více vysvětlivek a také obrázků (ty užité jsou ale dobře názorné, byť černobílé), nicméně je přehledný s tučným zvýrazněním hlavních pojmů v textu.

Nejnovější verze má oproti prvnímu vydání z roku 1992 lepší popisky obrázků a rozšířené opakovací otázky a úkoly. Text je většinou ponechán v původní podobě, ale došlo k vhodnému upravení a rozšíření kapitoly „Dělení eukaryotních buněk“, zvláště kladné je lepší vysvětlení haploidního a diploidního stavu buněk (stále ale chybí názvy fází mitózy, byť jsou popsány). Poznámky menším písmem jsou nově vhodně odděleny menší mezerou od hlavního textu.

Papáček, M., Matěnová, V., Matěna, J., & Soldán, T. (2000). Zoologie. 3. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-203-0

Učebnice zoologie obsahuje genetiku okrajově v úvodu k mnohobuněčným organismům v rámci rozmnožování (meióza a mitóza).

Šlégl, J., Kislínger, F., & Laníková, J. (2002). Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-828-2

Učebnice zavádí pouze pojem dědičnost a zmiňuje vliv UV záření na DNA a vznik mutací.

Kubát, K., Kalina, T., Kováč, J., Kubátová, D., Prach, K., & Urban, Z. (2003). Botanika. 2. vydání. Praha: Scientia. ISBN: 80-7183-266-9

Genetika je zde okrajově v rámci podkapitol stavby rostlinné buňky a buněčného dělení (nicméně poměrně rozsáhle popsaných).

Šmarda, J. (2003). Genetika pro gymnázia. 1. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-851-7

Celá učebnice (143 str. / A5) se věnuje pouze tématu genetiky, obsahuje objem látky na téměř vysokoškolské úrovni (s nevelkým rozšířením odpovídajícím přednáškám vysokoškolského kurzu), přesto srozumitelně zpracované, ačkoli je text odbornějšího vyznění. Titul je doplněn o značné množství schémat a dalších obrázků, které byť černobílé, jsou velice přehledné a dobře ilustrující. Učebnice obsahuje i množství genetických příkladů s řešením. Nicméně vzhledem ke svému rozsahu je spíše vhodná k samostudiu pro studenty se zájmem o přírodní vědy nebo studenty připravující se na přijímací zkoušky na VŠ. Případně je vhodná přímo pro studenty VŠ, kteří nebyli s danými tématy dostatečně seznámeni na nižším stupni vzdělání.

Kočárek, E. (2004). Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika. 1. vydání. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86269-86-4

Rozsáhlá učebnice zaměřená výhradně na téma genetiky a souvisejících oborů ve formátu větší A5 s dotací 211 stran. Text je přehledný, velice dobře srozumitelný, pojmy a důležité termíny zvýrazněny tučně, nechybí množství barevných obrázků, schémat a fotografií. Každá kapitola je doplněna o shrnutí látky, rozšiřující poznámky ve speciálních blocích, boxy s klíčovými pojmy, internetové odkazy, otázky k procvičení a zamyšlení a soubor testových otázek k zopakování se správnými odpověďmi v závěru.

Vzhledem k délce textu je zde prostor na rozšiřující poznámky, více historických faktů a zajímavostí. Obsah jinak zahrnuje větší část témat vysokoškolské genetiky v trochu méně obvyklém uspořádání, které bych nazvala více populárně naučným či příběhovým. Opět se jedná spíše než klasickou učebnici pro gymnázia, výbornou literaturu pro studenty i laiky se zvýšeným zájmem o tento obor.

Závodská, R. (2006). Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. 1. vydání. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 80-86960-15-3

Genetika se vyskytuje pouze okrajově v rámci témat buněčné biologie (mitóza, meióza, nukleové kyseliny a jejich struktura, jádro a v něm přítomné chromozomy), ta jsou ale rozvedena o něco více, než je v některých učebnicích obvyklé. Text je dobře srozumitelný a přiměřeně odborný s tučně vyznačenými pojmy a názornými moderními ilustracemi (někdy je problém při jejich vkládání do textu vzhledem k menšímu formátu učebnice – ve větším množství text zpřehledňují a utlačují). Učebnice je koncipována stejně jako Kočárkova „Genetika“, čili opět na konci každé kapitoly nechybí otázky a úlohy s řešením.

Novotný, I., & Hruška, M. (2008). Biologie člověka pro gymnázia. 4. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-007-9

Tématu genetiky se učebnice věnuje spíše okrajově v rámci stručné podkapitoly „Pohlavní chromozomy a pohlaví člověka“ na třech stranách A5, krátce pak ještě v rámci kapitoly „Zdraví“ delší odstavce o genetických chorobách. Zavedeny pojmy genotyp, fenotyp, chromozom a šířeji meiotické dělení. Doplněno o černobílé ilustrace, pojmy v textu tučně zvýrazněny, na závěr kapitoly doplňkové otázky k zopakování tématu.

První vydání téměř identického obsahu vyšlo v sešitové formě formátu A4 roku 1995. Nutno podotknout, že v případě biologie člověka měla sešitová forma výhodu ve větších ilustracích. Nová verze obsahuje oproti původní navíc rozšíření ve formě kapitol lékařského zaměření (léčba, onemocnění, vyšetření) a návrhy praktických cvičení.

Kincl, L., Kincl, M., & Jarklová, J. (2008). Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií. 4. přepracované vydání. Praha: Fortuna.

Genetika se vyskytuje jen okrajově – v rámci stavby jádra rostlinné buňky zavedeny pojmy chromozom a chromatin, zmíněno uložení části DNA i v mitochondriích, přehledná černobílá učebnice.

Kočárek, E. (2010). Biologie člověka 1. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86960-47-0

Učebnice vychází ve stejné úpravě jako zbylé díly edice (viz „Biologie buněk“ a „Genetika“). Genetika jen okrajové téma v rámci kapitoly „Od buněčného dělení k nádorovým chorobám“, kde je rozebrán buněčný cyklus a zmíněna i stavba chromozomu. Názorné barevné ilustrace, přehledný text se zvýrazněním pojmů.

Kočárek, E. (2012). Biologie člověka 2. Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN: 978-80-86960-48-7

Opět ve stejné úpravě jako zbylé díly edice (viz „Biologie buněk“, „Genetika“, „Biologie člověka“), tentokrát pouze v černobílém provedení. Rozvádí předchozí díl učebnice, zařazuje některé další pasáže. Genetika jen okrajově v rámci kapitoly „Mitóza, buněčný cyklus, nádorové choroby a jejich prevence“.

I.III. Učebnice pro střední školy

Tituly s různě širokým záběrem látky určené především pro střední školy s možným užitím pro vyšší ročníky ZŠ a další typy škol.

Trávníček, T., & Janda, F. (1966). Biologie člověka pro III. ročník středních všeobecně vzdělávacích škol, přírodovědná větev. 2. vydání. Edice Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy. Praha: SPN.

V rámci kapitoly „Vznik a vývoj lidského jedince“ zařazena kratší podkapitola „Dědičnost“. Zmíněny nukleové kyseliny a jejich role v dědičnosti, mutace. Pojmy v textu odlišeny pouze většími mezerami mezi písmeny (pseudokursíva), obrázků málo a černobílé.

Kvasničková, D. (1991). Základy ekologie. 3. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-04-26511-1

Vytvořena jako učebnice základů ekologie pro SOŠ a SOU ve spolupráci s nakladatelstvím Scientia. Text z části odpovídá novému vydání stejného názvu v nakladatelství Fortuna (obsahově víceméně stejný), obrázky jsou odlišné.

Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). Biologie 1 pro střední odborné školy. 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN: 80-85937-74-3

Učebnice formátu A4., zaměřená hlavně na biologii rostlin a živočichů s rozsáhlou kapitolou o buňce a jejím rozmnožování, kde je rozvedena stavba a význam nukleových kyselin. Učebnice je přehledná, důležité části textu zvýrazněny tučně, obrazový materiál poměrně četný, pouze černobílý. Konce dílčích podkapitol obsahují otázky, úkoly a shrnutí.

Původní vydání (např. rok 1990) vyšlo s jinou obálkou. Přes uvedení, že až od 4. vydání učebnici produkuje SPN, bylo uvedeno i jako nakladatelství i u starších vydání.

Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). Biologie 2 pro střední odborné školy. 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN: 80-85937-75-1

Učebnice formátu A4 s 38 stranami rozsáhlé kapitoly „Genetika“ zahrnující: základy genetiky, molekulární genetiky, cytogenetiku, genetiky mnohobuněčných, člověka a populací. Dále se genetika vyskytuje v rámci části „Reprodukce – rozmnožování organismů“ u dělení buněk. Učebnice je přehledná, důležité části textu zvýrazněny tučně, obrazový materiál četný, ale pouze černobílý. Konce dílčích podkapitol obsahují otázky a úkoly a shrnutí.

Původní vydání (např. rok 1984) vyšlo s jinou obálkou. Přes uvedení, že až od 4. vydání učebnici produkuje SPN, bylo uvedeno i jako nakladatelství i u starších vydání.

Odstrčil, J., & Hruža, A. (2008). Biologie pro zdravotnické školy. 5. vydání. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.

Tématu se věnuje především samostatná kapitola (20 stran A4) „Základy genetiky“. Zavádí všechny základní pojmy, mendelovskou genetiky, genetiky člověka, rozsáhleji se věnuje mutacím a genovému inženýrství, včetně širšího významu genetiky v praxi. Četně je také příkladových úloh na genetické jevy. Učebnice je přehledná se zvýrazněním pojmů v textu tučně, má ale velmi málo ilustrací a pouze schematické a černobílé. Kapitoly bez úkolů a shrnutí.

Kvasničková, D. (2010). Základy ekologie. 3. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 80-7168-902-5

Vydáno jako učebnice pro 9. ročník ZŠ a střední školy. Genetika krátce v rámci stavby buňky (dědičná informace, chromozom), krátké kapitoly „Trvání života“ (upřednostňování pojmu vlna před gen, krátce o využití genetiky, pomy genotyp, fenotyp a mutace) a kapitoly „Vlastnosti lidského organismu“ (zmínění dědičnosti a mutací u člověka). Ilustrace, text i jeho koncipování je podobné (místy stejné) jako u titulu „Základy biologie a ekologie“ stejné autorky. Učebnice je víceméně přehledná (občas komplikováno nevhodně vloženými obrázky), pojmy zvýrazněny tučně, obsahuje i otázky k procvičení a zamyšlení.

Kvasničková, D. (2014) Základy biologie a ekologie. 4. vydání. Praha: Fortuna. ISBN: 978-80-7373-120-5

Anotace učebnice uvádí její širší využití pro vyšší stupeň základních škol a školy střední, navazuje na řadu učebnic ekologického přírodopisu (určené pro 6.-9. ZŠ). Text vychází obsahově z Ekologického přírodopisu pro 9. a 8. ročník, obrázky jsou shodné. Dědičnosti se

stručně věnuje kapitola „Trvání života – dědičnost a proměnlivost“ a malá podkapitola „Dědičnost“ u biologie člověka. Upřednostňovány jsou české termíny vložka nad gen a podoba genu nad alela (odborná verze pojmu uvedena vždy v závorce). Relativně přehledná učebnice s tučným zvýrazňováním pojmů a důležitých částí v textu a barevnými kreslenými schémata či fotografiemi.

I.IV. Učebnice smíšeného charakteru

Jedná o učebnice určené pro více ročníků a typů škol. Obvykle učebnice shrnující širší látku vhodné především jako komplexní učebnice pro osmiletá nebo čtyřletá gymnázia či jako příprava k maturitě.

Stockley, C. (1994). Ilustrovaný přehled biologie. Ostrava: BLESK. ISBN: 80-85606-32-1

Netradičně pojatý titul z anglického překladu ve spolupráci s pedagogy Ostravské univerzity vydaný jako učební text pro žáky základních a středních škol. V rámci části „Reprodukce“ je kapitola „Genetika a dědičnost“ (základní pojmy, principy dědičnosti a Mendelovy zákony). V rámci kapitoly „Struktura buňky“ uvedeno více o jádru a dělení buňky. Text je přehledný, pojmy tučně zvýrazněny. Většina knihy obsahuje četné barevné, ke konci černobílé ilustrace. Přes moderní uspořádání ve stylu dětských encyklopedií obrázky přehlednost nesnižují.

Dostál, P., Řeháček, Z., & Ducháč, V. (1994). Kapitoly z obecné biologie. 1. vydání. Praha: SPN. ISBN: 80-04-26070-5

Učebnice formátu A4 je určena vyšším ročníkům gymnázia a středním školám, případně jako opakování k maturitní zkoušce z biologie. Genetika se objevuje v rámci biologie buněk a rozmnožování, přímo vyhrazená kapitola „Dědičnost a proměnlivost na buněčné úrovni“ má ale pouze necelé dvě stránky. Celkem obsahuje titul hlavně molekulární základy dědičnosti a historii genetiky jako vědy. Pojmy v textu zvýrazněny tučně, celkově je učebnice přehledná. Obrázků je poměrně čteně, jsou ale pouze černobílé a spíše schematické. Na konci kapitol zařazení ABCD testů s řešením, v závěru učebnice slovníček pojmů.

Berger, J., Petrásek, R., & Šimek, V. (1995). Fyziologie člověka a živočichů. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN: 80-85808-33-1

Pouze zmínění, že jádro obsahuje genetickou informaci a že mitochondrie mají vlastní DNA. Dále v rámci některých chorob ovlivňujících fyziologii udán jejich možný dědičný původ.

Berger, J. (1996). Buněčná a molekulární biologie. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN: 80-85808-42-0

Vzhledem ke špatné dostupnosti titulu je možné vycházet pouze z obsahu. Kniha zahrnuje v rámci metod studia buňky hybridizaci DNA, PCR a genové inženýrství, dále stavbu a obsah jádra (chromozomy, meióza a mitóza), mutagenezi a dědičná onemocnění a jejich léčbu. Forma učebnice odpovídá předchozím dílům edice.

Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). Biologie pro střední školy gymnazijního typu (teoretická část). 1. vydání. Olomouc: FIN publishing.

Sjednocení několika maloformátových učebnic do jednoho celku, poměrně rozsáhlá dotace 28 stránek A5 v rámci kapitoly „Úvod do studia obecné genetiky“, obsahově větší část zjednodušené látky VŠ genetiky (včetně látky jako regulace genů, operony, splicing, mimojaderná dědičnost i specifická imunita, ale chybí např. sekvenační metody). Celkově přehledné, černobílé ilustrace a schémata s mírně náročnějším textem, důležité pojmy zvýrazněné. Na závěr kapitoly pár genetických příkladů, ke kterým ale učebnice neuvádí nikde postup řešení ani výsledky.

Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). Biologie pro střední školy gymnazijního typu (praktická část). 1. vydání. Olomouc: FIN publishing.

Příručka s úkoly, testovými otázkami, příklady (vše s řešením) a laboratorními cvičeními vztahujícími se přímo k jednotlivým kapitolám učebnice „Biologie pro střední školy gymnazijního typu“, kapitola obsahující učivo genetiky zahrnuje 7 stránek A4, z toho část věnována jedné praktické úloze demonstrující populační genetiku a genetický drift.

Hančová, H., & Vlková, M. (1997). Biologie v kostce I: obecná biologie, mikrobiologie, botanika, mykologie, ekologie, genetika. Edice Maturita v kostce. 1. vydání. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN: 80-7200-059-4

Učebnice pro střední školy shrnující učivo obecné biologie, mikrobiologie, botaniky, mykologie, ekologie a genetiky (s dotací 12 stran formátu A4, relativně široký záběr látky). Forma je útlá sešitová, text tvořen jako dosti stručné, ale přehledné výpisky se zvýrazněním pojmů a zásadních informací, s menším množstvím černobílých schémat a perokreseb (omezený rozsah podle autorek vložení více ilustrací neumožnil). Vhodné k opakování učiva, koncipováno jako příprava k maturitě, nikoli ale jako plnohodnotná učebnice.

První vydání z roku 2005 má zcela identický obsah se starším vydáním, pouze odlišnou graficky novější obálku.

Mudrychová, J. (2001). Maturitní otázky: biologie. Třebíč: Radek Veselý. ISBN: 80-86376-02-8

Tenké sešitové vydání formátu A5 s 25 vypracovanými maturitními otázkami. Učivo genetiky zahrnuto širěji v otázkách „Prokaryota“ a „Dědičnost“. Obsahuje hlavně základní pojmy, meiozu/mitózu, krátce populační genetiku. Nutno podotknout, že na maturitní otázku příliš stručně zpracované s nevhodnými či přímo fakticky špatnými formulacemi. Text je přehledný, pojmy tučně zvýrazněny. Titul je zcela bez ilustrací.

Benešová, M. (2003) Odmaturuj! z biologie: Průvodce středoškolským učivem biologie. Edice Odmaturuj. 1. vydání. Didaktis.

Jak vyplývá už z názvu, učebnice je koncipovaná jako přehled učiva k maturitní zkoušce, učivu genetiky je věnováno 16 stran formátu B5. Text je tvořen s důrazem na přehlednost se zvýrazněním důležitých pojmů a s doplňkovými informacemi v postranních boxech každé stránky. Obsahuje všechny základní informace, leč nevýhodou je, že je text koncipován ve své

podstatě jako rozšířená forma výpisků, což ho sice příjemně zpřehledňuje, ale také v celku není tak obsáhlý. Zároveň ale nutno říci, že je dobře srozumitelný a v jádru postačující jako shrnutí hlavního učiva k maturitě. Ilustrace a schémata jsou též dobře volené a názorné, nicméně pouze černobílé.

Chalupová – Karlovská, V. (2004). Obecná biologie: evoluce, biologie buňky, genetika s 558 řešenými otázkami. 1. Vydání. Olomouc: Olomouc. ISBN: 80-7182-174-8

Středoškolská učebnice propojující v logické návaznosti látku vzniku Země a života, buněčné biologie a genetiky koncipovaná především jako studijní materiál pro přijímací řízení na vysoké školy pro zájemce o studium s genetikou souvisejících oborů. Tématu genetiky je věnována zhruba polovina dvou set stránkové učebnice. Text odbornější, ale psaný velice srozumitelně s vyznačenými pojmy, ilustrace a schémata v menším počtu a pouze černobílá. Každá kapitola/část textu je doplněna o sadu opakovacích testových otázek a příkladů s výsledky, která okamžitě ověří nabyté znalosti.

(Nutno také podotknout, že tato učebnice je dobrým úvodem nejen do studia genetiky, ale též i buněčné biologie, která bývá pro studenty přírodovědných oborů relativně problematickým úvodním předmětem.)

Jelínek, J., & Zicháček, V. (2005). Biologie pro gymnázia (teoretická a praktická část). 8. vydání. Olomouc: Olomouc.

Tato učebnice většího formátu A5 je sloučením všech jednotlivě vycházejících titulů v nakladatelství Olomouc (původně vydaných na začátku 90. let ve FIN publishing), tedy: „Biologie prokaryot, rostlin a hub“; „Biologie živočichů“; „Biologie člověka a úvod do obecné genetiky“ (pozdější „Biologie a fyziologie člověka a úvod do studia obecné genetiky“) a „Vybrané kapitoly z obecné biologie“. Původně existovala v nakladatelství FIN publishing jako dvě knihy – teoretická a praktická část (viz výše).

Text titulů byl sloučen a prošel už několikátou aktualizací a rozšířením, a to i o barevné obrazové přílohy. Podkapitola „Úvod do studia obecné genetiky“ obsahuje základní pojmy, molekulární úroveň dědičnosti, dědičnost znaků, genetiku člověka i populací, genové inženýrství a nově i metody studia DNA. Text je výborně přehledný, pojmy zvýrazněné tučně, obrazový materiál kromě příloh černobílý a četný.

Vydání 6. (stejně 8.) oproti staršímu z FIN publishing obsahuje v rámci zájmové kapitoly „Úvod do studia obecné genetiky“ obohacení o genetické inženýrství. Celková délka kapitoly činí 36 stran.

Zatím poslední 11. aktualizace získala doložku MŠMT. Zaměřuje se na doplnění nových poznatků z molekulární biologie, genetiky (doplnění informací o klonování) a také opravy pozměněné fylogeneze a tím také dalším velkým rozšířením barevných doplňujících stran. Kapitola „Úvod do studia obecné genetiky“ se tak dostává na rozsah 41 stránek, ač přes svá rozšíření si napříč vydáními kniha stále zachovává téměř konstantní délku 580 stran (sečteno bez příloh) a také stále členění kapitol a stejný text, pouze s doplněním a úpravami faktických nepřesností.

Hančová, H., & Vlková, M. (2009). Biologie v kostce: pro střední školy. Edice Maturita v kostce. 2. vydání. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN: 978-80-253-0606-2

Nové vydání staré Biologie v kostce sloučení obou svých dílů vyšlo roku 2009 v nové grafické podobě a menším A5 formátu již pouze pod názvem „Biologie v kostce“. Nutno podotknout, že toto vydání má sice velice graficky zdařenu obálku, nicméně provedení celého obsahu ve stylu oken systému Win98 opravdu nepřidává na atraktivitě. Nová typografie textu ale dodala na přehlednosti. Text nové verze je obsahově víceméně identický, místy spíše stylisticky upravený nebo přeskupený.

Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). Odmaturuj! z biologie. Edice Odmaturuj. 2. vydání. Didaktis.

Značně přepracované a rozšířené nové vydání původní verze se zachovaným konceptem vzhledu a přidáním barevných ilustrací a celkovou změnou barevného ladění a přidáním odkazů na poznámky po stranách přímo do textu a to ve velice vhodné formě. Genetice je věnovaný celý oddíl 16 stran formátu B5, což byť ve značné stručnosti dává základy většiny témat vysokoškolské genetiky, jinak kniha odpovídá svému prvnímu vydání.

Příloha II.: Detailní hodnocení vybraných učebnic s ohledem na vzhled a pojmy z učiva genetiky

Klíč k hodnocení jednotlivých položek v tabulce je uveden v kapitole 4.1.2. Celé citace učebnic jsou uvedeny v seznamu použité literatury v oddíle „Seznam analyzovaných učebnic“ (příloha I).

Tabulka I:

Trávníček & Janda. (1966). Biologie člověka pro III. ročník přírodovědné větve SVVŠ. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza		
Genetika		
Gen	*	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/**	Typy nukleotidů
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	*	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění	*	
Genové inženýrství	*	
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	! / BW

Tabulka II:

Jeník, et al. (1977). Botanika pro II. ročník gymnázií. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	***!/**	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*/*	Ještě jako DNK a RNK
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	*!	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka III:

Jílek, et al. (1982). Biologie člověka pro IV. ročník gymnázií. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza		
Genetika	**	
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	*	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	x*	Zmíněn vliv prostředí na jedince
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	Identifikace osob (v rámci krevních skupin)
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / BW

Tabulka IV:

Lenochová, M., et al. (1984). Biologie pro I. ročník gymnázií. SPN. (1. vydání)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	meióza bez jednotlivých fází, mitóza i s nimi
Genetika	*	
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**/**!	chybí názvy bází v textu, u obrázku přítomny
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	
Diplo/haploidní organismus	**/**	stručně uvedeno u meiózy
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp	!	neuvečen pojem, ale znázorněn lidský karyotyp
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
pozn.: bez tučnější pojmů	**	!+ / BW

Tabulka V:

Bašovská, M., et al. (1985). Biologie pro II. ročník gymnázií. SPN. (1. vydání)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	***	
Mitóza/meióza	**/**!	
Genetika	***	
Gen	***	i typy genů (strukturní, regulační, pro RNA)
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/**!	včetně bází, podrobně translace a transkripce
DNA "packaging"	*	
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	***!/**!	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	***	
Dominance a recesivita	***	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	***!/**!	
Karyotyp	***	
Plazmid	***!	zmíněno využití v genetickém inženýrství
Mutace	***	typy mutací rozvedeny
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	**	nejsou uvedeny, ale opisem vysvětleny
Vazba genů	**	nepřiliš rozvedena, Morgan neuveden
Mono/polygenní dědičnost	***/**	jako kvantitativní a kvalitativní znaky
Genové interakce		
Populační genetika	***	drift, inbreeding, selekce
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	neuvedeny příklady onemocnění
Šlechtění	**	i mikroorganismy, polyploidie
Genové inženýrství	**	uvedeny vektory, stručně princip
Další disciplíny	*	zmínění eugeniky
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	
Dihybridní křížení	***!	
Hardy-Weinbergova rovnováha	***	ukázkový příklad
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
pozn.: bez tučnější pojmů	**	!+ / BW

Tabulka VI:

Nečásek, J. (1993). Genetika. Scientia (Vydání 1.)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***!	
DNA "packaging"	***!	chromatin, histon, nukleozóm
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	***	
Dominance a recesivita	***!/***!	i neúplná dominance
Kodominance	***	krevní skupiny
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid	***!	rezistence k antibiotikům
Mutace	***!	včetně typů mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***!	
Vazba genů	***!	včetně ukázkového příkladu
Mono/polygenní dědičnost	χ^2 /***!	
Genové interakce	***!	komplementace u hrachoru, epistáze
Populační genetika	***	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	diagnostika, výzkum dvojčat
Šlechtění	***!	rostlin i živočichů
Genové inženýrství	***!	transgenní organismy, produkce hormonů
Další disciplíny	***	evo-devo, fylogeneze, eugenika
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	barva rajčat, barva květů nocenky
Dihybridní křížení	***!	barva srsti skotu
Hardy-Weinbergova rovnováha	**!	včetně ukázkového příkladu
Rodokmeny	***	hemofilie, plešatost atd.
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka VII:

Dostál, et al. (1994). Kapitoly z obecné biologie. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	**!/**!	Fáze mitózy pouze vypsány
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***	Typy bází, typy RNA
DNA "packaging"	**!	Nukleozom, histony
Chromozom (a jeho struktura)	***!	Rozeepsána struktura, pojmy jako chromatin apod.
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	*/*	
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	Typy mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	*	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	***	Princip výroby inzulinu
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka VIII:

Linc, et al. (1994). Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza		
Genetika	**	
Gen	**	Přednostně termín vložka
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**	Pouze jako nukleové kyseliny
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita	X**!	typy domin. jako dědičnost smíšená a střídavá
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	Poradny, dědičné choroby (pouze vypsané)
Šlechtění	**!	
Genové inženýrství	***!	Příklad biochemické výroby syřidla, inzulínu
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	!	Květy
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB + BW

Tabulka IX:

Stockley. (1994). Ilustrovaný přehled biologie. BLESK.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/**	Typy bází, nukleotid
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	Pojmy chromatida, homologické chromozomy
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**/**	Neúplná dominance
Kodominance	**	
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	**!	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB + BW

Tabulka X:

Cibis, et al. (1996). Člověk: učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	***!/**!	ilustrace meiózy pouze skrz chromozomy
Genetika		
Gen	**	jako nositel dědičnosti
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/**!	
DNA "packaging"	*!	jen naznačena četná spiralizace
Chromozom (a jeho struktura)	***!	
Diplo/haploidní organismus	/*	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	*!	
Dominance a recesivita	**!/**!	
Kodominance	**!	krevní skupiny
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	**!	uvedeny všechny tři
Vazba genů	**!	včetně návodu na chov octomilek
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**!	genealogie, dědičná onemocnění
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	***!	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XI:

Bumerl, et al. (1997). Biologie 1 pro střední odborné školy. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/**!	Popsány fáze mitózy
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/**	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	Popsána struktura, pojem chromatida
Diplo/haploidní organismus	-/**	V rámci meiózy
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XII:

Bumerl, et al. (1997). Biologie 2 pro střední odborné školy. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	I mimojaderná dědičnost
Mitóza/meióza	**!/**!	Upřednostňován pojem redukční dělení
Genetika	**	
Gen	**	Objevuje se české vložka
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***!	Nukleotidy, typy RNA
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	***!	Typy chromatinu, chromozomů
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**!/**!	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid		
Mutace	***	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***	
Vazba genů	***	
Mono/polygenní dědičnost	***	
Genové interakce	**!	Epistáze
Populační genetika	**!	Chybí jevy v populacích
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	Genetické poradny
Šlechtění	**	Účinky kolchicinu
Genové inženýrství	***	Klony, GMO
Další disciplíny	***	Hybridizace, eugenika
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	
Dihybridní křížení	***!	
Hardy-Weinbergova rovnováha	***!	
Rodokmeny	***!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XIII:

Dobruka, et al. (1997). Přírodopis I pro 6. ročník základní školy. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	x**!/x*	opisem zmíněn crossing-over
Genetika		
Gen	x*	zděděné vlohy jako určující pro vzhled organismu
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	znázorněn kruhový typ v prokaryotické buňce
Diplo/haploidní organismus	x**	pohlavní buňky jako obsahově poloviční / zygota
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XIV:

Dobruka, et al. (1997). Přírodopis III pro 8. ročník základní školy. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	x**!/**!	meióza uvedena jen jako redukční dělení
Genetika		
Gen	**	spíše české vložka
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*!	
DNA "packaging"	!	
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	x*/x*	počet chromozomů člověka, jako „2 soubory“
Genotyp/fenotyp	x*/x*	opisem zásadní vliv genotypu na fenotyp
Alela		
Dominance a recesivita	x*!/x*	ilustrována i neúplná dominance, nevysvětlena
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	!/!	Nezmíněno
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	*	zmíněny opisem genomové mutace a aberace
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	barva květu hrachu a nocenky
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XV:

Hančová, et al. (1997). Biologie v kostce I. Fragment.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	všechny fáze se stručným popisem
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**/*	
DNA "packaging"	**!	chromatin, nukleozóm, histony
Chromozom (a jeho struktura)	*!	
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	***/**	
Kodominance	***	příklad krve
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**	
Plazmid	***	zmínka o rezistenci k antibiotikům
Mutace	***	typy mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	**	
Vazba genů	***	
Mono/polygenní dědičnost	$\chi^{**}/**$	minor a major geny
Genové interakce	**	epistáze, komplementarita, kompenzace
Populační genetika	**	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	příklady dědičných chorob
Šlechtění	*	
Genové inženýrství	*	zmínka u plazmidů bez vysvětlení
Další disciplíny	*	zmínka o HUGO
Příklady		
Monohybridní křížení	**	ukázka na příkladu
Dihybridní křížení	**	ukázka na příkladu
Hardy-Weinbergova rovnováha	**	
Rodokmeny	**	hemofilie
Historie genetiky		
J. G. Mendel	*	
T. H. Morgan	*	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	! / BW

Tabulka XVI:

Kvasničková, et al. (1997). Ekologický přírodopis 8: pro 8. ročník základní školy. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	x!/x*!	
Genetika		
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela	*	jen jako vložka, v závorce trochu mylně gen
Dominance a recesivita	*/*	vložka dominantní a recesivní pouze v závorce
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	x!/x!	pouze znázorněno v rodokmenu bez označení
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	-/x*	jako jedna vlastnost podmíněna více vložkami
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	genetické poradny
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	!	ilustrace P, F1 a F2 srsti morčat
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XVII:

Berger. (1998). Ekologie: učebnice pro gymnázia a střední odborné školy. KOPP.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza		
Genetika		
Gen	*	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)		
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela	*	
Dominance a recesivita	*/x*	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	-/*	
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	Genotoxicita mutagenů
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny	**	Evoluční adaptace v metabolismu člověka
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	! / BW

Tabulka XVIII:

Kočárek & Kočárek. (1998). Přírodopis pro 6. ročník základní školy. Jinan.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	x*!/-	
Genetika	**	
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	x**	Jen jako nukleová kyselina, opisem význam
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	!	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny	X*	Výzkum příbuznosti organismů
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	! / BW + RBG

Tabulka XIV:

Kvasničková, et al. (1999). Ekologický přírodopis 7 – 2. část. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	x**!/x**!	opisem, pouze stručně vysvětlena podstata
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	*!	
Diplo/haploidní organismus	x*!/x*!	Opisem
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XX:

Cílek, et al. (2000). Přírodopis IV pro 9. ročník základní školy. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza		
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*!	stručně popsána struktura, opisem replikace
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)		
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	v rámci doplňujícího praktického úkolu
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXI:

Kubišta, V. (2000). Obecná biologie pro gymnázia. Fortuna. (Vydání 3.)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	***!/**	popsány fáze mitózy, ale bez jejich názvů
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!	
DNA "packaging"	*	
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	***/***	
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid	***	zmínění přenosu rezistence na antibiotika
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	*	pouze že Mendel objevil genetické zákony
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	
Šlechtění	**!	
Genové inženýrství		
Další disciplíny	*	evo-devo
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XXII:

Papáček, et al. (2000). Zoologie. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	*!/*!	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*/*	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)		
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XXIII:

Kočárek & Kočárek. (2001). Přírodopis pro 9. ročník základní školy. Jinan.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	Fáze popsány, nepojmenovány
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**	Pouze jako nukleová kyselina
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	
Diplo/haploidní organismus	**!/***!	Ilustrováno na lidských buňkách
Genotyp/fenotyp		
Alela	***	
Dominance a recesivita	***!/***!	Jako ustupující a převažující vlohy
Kodominance	X**	Na krvi, na fenotyp vliv obě alely
Heterozygot/homozygot	!	
Karyotyp	!	
Plazmid		
Mutace	***	Typy mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	X**	Vliv prostředí i dědičnosti
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	Různé choroby, určení otcovství, vyšetření plodu
Šlechtění	***!	
Genové inženýrství	***	Inzulin, šlechtění rostlin
Další disciplíny	**	Klonování, kriminalistika, justice
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	Barvy květu hrachu
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny	!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	! / RGB + BW

Tabulka XXIV:

Mudrychová. (2001). Maturitní otázky: biologie. Radek Veselý.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***/**	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	*	Užíván šířeji, ale není vysvětlena podstata pojmu
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp		
Alela	**	
Dominance a recesivita	*/*	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp		
Plazmid	*	
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika	**	Alo/autogamická populace, drift/migrace/selekce
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	X

Tabulka XXV:

Černík, et al. (2003). Přírodopis 3 pro 8. ročník základní školy. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	**!/x**!	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	x**/x**	nejsou zavedeny pojmy, ale popsáno
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**!/**!	i neúplná dominance
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**!/**!	
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	genetické poradny
Šlechtění	x**	umělý výběr
Genové inženýrství	**	umělá produkce inzulinu
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	hrách a nocenka
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXVI:

Kubát, et al. (2003). Botanika. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	***!/***!	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	Chromatida, centromera
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW (RGB příloha)

Tabulka XXVII:

Šmarda, J. (2003). Genetika pro gymnázia. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	***	
Mitóza/meióza	**/**!	
Genetika	***	
Gen	***	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**	
DNA "packaging"	**!	chromatin, histon, nukleozóm
Chromozom (a jeho struktura)	***!	typy chromozomů
Diplo/haploidní organismus	***/**	
Genotyp/fenotyp	***/**	
Alela	***!	
Dominance a recesivita	***!	i neúplná dominance
Kodominance	***	
Heterozygot/homozygot	***!/**!	
Karyotyp	***!	
Plazmid	***!	rezistence na antibiotika a dalších vlastnosti
Mutace	***!	typy, vznik, význam
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	χ***	neuvezeny názvem, ale interpretován obsah
Vazba genů	***	
Mono/polygenní dědičnost	***/**!	
Genové interakce	***!	jen komplementace (hrachor), epistáze (potkan), reciprocita (potkan)
Populační genetika	***!	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	genová terapie, dědičné choroby
Šlechtění	***!	zvířat i rostlin, mechanismy
Genové inženýrství	***!	transgenní rostliny, výroba hormonů
Další disciplíny	**	klonování, genetika člověka a její výzkum
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	nocenka, hrách (semena, plody), rajče
Dihybridní křížení	***!	srst u skotu
Hardy-Weinbergova rovnováha	***	dva řešené příklady
Rodokmeny	***!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XXVIII:

Chalupová – Karlovská. (2004). Obecná biologie: evoluce, biologie buňky, genetika s 558 řešenými otázkami. Olomouc.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***!/***!	Včetně všech fází s popisem
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***!	Typy RNA, nukleotid
DNA "packaging"	**!	Histon, nukleosom
Chromozom (a jeho struktura)	***!	Typy chromozomů
Diplo/haploidní organismus	-/**	
Genotyp/fenotyp	***/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**/**	
Kodominance	**	
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid	**!	
Mutace	***	Typy mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***	
Vazba genů	***!	
Mono/polygenní dědičnost	χ^{***}/χ^{***}	Kvalit. a kvantit. znaky, major/minor gen
Genové interakce		
Populační genetika	***	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	Výzkum dvojčat, onemocnění, vyšetření plodu
Šlechtění		
Genové inženýrství	***!	
Další disciplíny	**	HUGO
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	
Dihybridní křížení	***	
Hardy-Weinbergova rovnováha	**	
Rodokmeny	***!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	! / BW

Tabulka XXIX:

Kočárek, E. (2004). Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	***	
Mitóza/meióza	***!/***!	
Genetika	***	
Gen	***	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!	
DNA "packaging"	**!	chromatin, histon, nukleozóm
Chromozom (a jeho struktura)	***!	typy chromozomů
Diplo/haploidní organismus	**!/**!	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	***!	
Dominance a recesivita	***!/***!	i neúplná dominance
Kodominance	**!	krevní skupiny
Heterozygot/homozygot	**!/**!	
Karyotyp	***!	
Plazmid	***!	
Mutace	***!	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***!	
Vazba genů	***!	octomilky
Mono/polygenní dědičnost	**/**	
Genové interakce	***!	komplementarita a duplicita na hrachoru/pšenici
Populační genetika	***!	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	umělé oplodnění, genetické poradny, choroby
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	***!	plazmid k produkci enzymů, transgenní org.
Další disciplíny	***	eugenika, migrace živočichů, výzkum DNA
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	barva květů hrachu a nocenky (? - neuvedeno)
Dihybridní křížení	***!	semena hrachu
Hardy-Weinbergova rovnováha	***	dva ukázkově výpočty, další úkoly k spočtení
Rodokmeny	***!	spíše ilustrace než příklady, ale čteně
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	***!	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXX:

Maleninský, et al. (2004). Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1. ČGS.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	x**	
Mitóza/meióza	x**!/-	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	
DNA "packaging"	*	Zmíněna nutnost sbalení DNA
Chromozom (a jeho struktura)	**	Jako nositel dědičné informace
Diplo/haploidní organismus	x**/x**	Opisem, počty chromozomů zygoty a gamety
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXI:

Jelínek & Zicháček. (2005). Biologie pro gymnázia. Olomouc. (8. vydání)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	*	
Mitóza/meióza	**/**	
Genetika	**	
Gen	***	Typy genů, introny, exony, operon
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/**	Typy RNA
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	***!	Chromatida, centromera
Diplo/haploidní organismus	**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**/**	
Kodominance	**	
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid	***	
Mutace	***!	Typy mutací
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***!	
Vazba genů	***!	
Mono/polygenní dědičnost	***!	Kvantitativní a kvalitativní znaky
Genové interakce		
Populační genetika	***	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***!	Choroby a syndromy, krevní skupiny
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	***!	
Další disciplíny	**!	Klonování, sekvenování
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	Nocenka a hrách
Dihybridní křížení	***!	
Hardy-Weinbergova rovnováha	**	
Rodokmeny	***!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / BW (RGB příloha) / %

Tabulka XXXII:

Závodská, R. (2006). Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	χ**	zmiňováno předávání na dceřiné buňky
Mitóza/meióza	***!/***!	
Genetika	***	
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!	četné ilustrace struktury, mimojaderná DNA
DNA "packaging"	***!	
Chromozom (a jeho struktura)	***!	podrobně popsáno u eukaryot i prokaryot
Diplo/haploidní organismus	***!	
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid	**	v poznámce k textu
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství	**	na příkladu plazmidů s navázanými geny
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXIII:

Musilová, et al. (2007). Přírodopis 6: 1. díl – Úvod do učiva přírodopisu. Nová škola.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	x!/-	
Genetika		
Gen	x*	jako vlohy
Nukleová kyselina (DNA/RNA)		
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)		
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp	x*/x*	Opisem – z vloh znaky
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXIV:

Kantorek, et al. (2008). Přírodopis 8. Prodos.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	*	
Mitóza/meióza		
Genetika	**	
Gen	***	Uveden i český ekvivalent vloha
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	**/**	U člověka
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**/**	+ mozaiková dědičnost znaku
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**!/-	
Karyotyp	**!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	Choroby, genetické poradny
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	***	Na rostlinách
Další disciplíny	**	Identifikace osob
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	Na květech hrachu
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan	***	Pouze objev chromozomu, nikoli vazba genů
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	! / RGB + BW

Tabulka XXXV:

Novotný & Hruška. (2008). Biologie člověka pro gymnázia. Fortuna. (Vydání 4.)		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	*	
Mitóza/meióza	-/*	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**	zaměření na pohlavní chromozomy
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp	**	
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / BW

Tabulka XXXVI:

Černík, et al. (2009). Přírodopis 8 pro základní školy: biologie člověka. SPN.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	*	
Mitóza/meióza	$x^{**!}/x^{**!}$	opisem bez použití pojmů, jen buněčné dělení
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	obrázek s popisem částí
Diplo/haploidní organismus	x^*/x^*	opisem – pohl. buňky mají poloviční počet
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp	!	
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	genetické poradny
Šlechtění	**	umělý výběr
Genové inženýrství	***	klonování, GMO potraviny, příklad inzulinu
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXXVII:

Drozdová, et al. (2009). Přírodopis 8: biologie člověka. Nová škola.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	*	„Genetika je věda o dědičnosti.“
Mitóza/meióza		
Genetika	**	
Gen	**	Uvedeno i české vložka
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	Uvedeny názvy nukleotidů
DNA “packaging”		
Chromozom (a jeho struktura)	**	
Diplo/haploidní organismus	X**/X*	
Genotyp/fenotyp	X*/X*	„Projevem genu je znak.“
Alela	**	
Dominance a recesivita	**!/**!	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	X*/X*!	
Karyotyp	*!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	*	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	X**	Vliv prostředí i genů na vzhled
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**!	Hemofilie, fenylketonurie, Downův s.
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	**	GMO, klonování
Další disciplíny	*	Identifikace osob
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXXVIII:

Kvasničková, et al. (2009). Ekologický přírodopis 9: pro 9. ročník základní školy. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	X*/x*!	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	X*/x*!	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	***	
Dominance a recesivita	**/**	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**!/**!	
Karyotyp	X!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	X*!	Vliv prostředí na fenotyp
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění	**!	Ilustrace odrůdy brukve, plemena psů
Genové inženýrství	**	GMO
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	
Dihybridní křížení	**!	
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	***!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXIX:

Kočárek, E. (2010). Biologie člověka 1. Scientia.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	***!/-	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	Pojmy chromatidy, centromera
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp	**	
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXXX:

Kvasničková. (2010). Základy ekologie. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	$x^{**!}/x^{**!}$	Ilustrováno, krátce popsáno, ale bez pojmů
Genetika	**	
Gen	**	Preferován český ekvivalent vloha
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	!/!	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	
Šlechtění	*	
Genové inženýrství	*	
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	!	
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ /RGB / %

Tabulka XXXXI:

Odstrčil & Hrůza. (2010). Biologie pro zdravotnické školy. NCO NZO.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	***/**	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	Obrázek stavby
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	***/**	
Kodominance	X**	Ukázka dědičnosti krevních skupin
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid		
Mutace	***	Typy mutací, studium dvojčat
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	**	
Vazba genů	*	
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**	Zmíněna výroba léků, genetické poradenství
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	***	Klony, GMO
Další disciplíny	*	Hybridizace atd.
Příklady		
Monohybridní křížení	***!	
Dihybridní křížení	***!	
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny	**!	
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	! / BW

Tabulka XXXXII:

Dančák & Sedlářová. (2011). Přírodopis 6: vývoj života na Zemi – obecná biologie – biologie hub. Prodos.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza	x!/-	
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/*!	
DNA “packaging”		
Chromozom (a jeho struktura)		
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	Diagnostika chorob, určení otcovství
Šlechtění	*	
Genové inženýrství	*	
Další disciplíny	*	Identifikace osob
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXXIII:

Zicháček. (2012). Zoologie. Olomouc.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost		
Mitóza/meióza		
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***/*	Zmíněny typy RNA, báze DNA
DNA "packaging"	***	Nukleozom, histony
Chromozom (a jeho struktura)	*	
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	! / BW (RBG příloha)

Tabulka XXXXIV:

Benešová, et al. (2013). Odmaturuj! z biologie. Didaktis.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	***	
Mitóza/meióza	**/**	Stručně bez názvů jednotlivých fází
Genetika	**	
Gen	***	Včetně typů genů a operonů
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	***!/***!	Včetně bází a typů RNA, translace i transkripce
DNA "packaging"	***!	Zavedeny pojmy histon, nukleozom, chromatin
Chromozom (a jeho struktura)	***!	I typy chromozomů, určení pohlaví (typy)
Diplo/haploidní organismus	**/**	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**/**	
Kodominance	**	
Heterozygot/homozygot	**/**	
Karyotyp	**!	
Plazmid	**	
Mutace	***	Typy mutací (gen., genom., chromozom.)
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	***!	
Vazba genů	**	
Mono/polygenní dědičnost	**	Jako geny velkého a malého účinku
Genové interakce		
Populační genetika	***	
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***	Genetické poradenství, nemoci a poruchy
Šlechtění	*	
Genové inženýrství	**	Rekombinantní DNA, GMO opisem stručně
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	
Dihybridní křížení	**!	
Hardy-Weinbergova rovnováha	**	
Rodokmeny	***!	Polydaktilie, křivice
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**	
T. H. Morgan	**	
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	! / RGB

Tabulka XXXXV:

Kvasničková, D. (2014). Základy biologie a ekologie. Fortuna.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	X**	
Mitóza/meióza	**!/**!	
Genetika	**	
Gen	**	Upřednostňován český termín vloha
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	X*!/x*!	
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	Upřednostňován český pojem podoba (genu)
Dominance a recesivita	*/*	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp	X*!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	*	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost	x*!	Vliv prostředí na fenotyp
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	*	Léky
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	**	GMO
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení	!	
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Tabulka XXXXVI:

Pelikánová, et al. (2014). Přírodopis 6: nová generace. Fraus.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	x**!/-	Postup buněčného dělení – reálné foto
Genetika		
Gen		
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	*	
DNA “packaging”		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	Nositel dědičné informace
Diplo/haploidní organismus		
Genotyp/fenotyp		
Alela		
Dominance a recesivita		
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid		
Mutace		
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství		
Šlechtění		
Genové inženýrství		
Další disciplíny		
Příklady		
Monohybridní křížení		
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel		
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXXXVII:

Pelikánová, et al. (2016). Přírodopis 8: nová generace. Fraus.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza		
Genetika	**	
Gen	**	V závorce český ekvivalent vloha
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/-	
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	x*	fce nevysvětlena přímo
Diplo/haploidní organismus	x*/x	23 párů v jádře lidské buňky, jinak u pohlavních
Genotyp/fenotyp		
Alela	**	
Dominance a recesivita	**	Pojmy v závorce, nevhodné vysvětlení
Kodominance		
Heterozygot/homozygot		
Karyotyp		
Plazmid	*!	
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony		
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	***	Barvosl. + hemof., Downův s., gen. poradny
Šlechtění	**	Umělý výběr
Genové inženýrství	***!	
Další disciplíny	**	Klonování,
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	Ne zcela vhodný příklad barvy očí
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	*!	Pouze zmíněn jako zakladatel genetiky
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	***	!+ / RGB

Tabulka XXXXVIII:

Navrátil. (2016). Přírodopis 8: člověk. Prodos.		
Pojmy	Zpracování	Poznámky
Dědičnost	**	
Mitóza/meióza	**!/**!	
Genetika	**	
Gen	**	
Nukleová kyselina (DNA/RNA)	**!/	Uvedeny i typy bází
DNA "packaging"		
Chromozom (a jeho struktura)	**!	
Diplo/haploidní organismus	x^{**}/x^{**}	2n/n chromozomů v těl. a pohl. buňkách
Genotyp/fenotyp	**/**	
Alela	**	
Dominance a recesivita	**!/**!	
Kodominance		
Heterozygot/homozygot	**!/**!	
Karyotyp	**!	
Plazmid		
Mutace	**	
Mechanismy dědičnosti		
Mendelovy zákony	*	
Vazba genů		
Mono/polygenní dědičnost		
Genové interakce		
Populační genetika		
Užití genetiky		
Genetika v lékařství	**!	Tabulka dědičných onemocnění
Šlechtění	**	
Genové inženýrství	**	Klonování, GMO, oživení vyhynulých druhů
Další disciplíny	*	Jen výčet: určení otcovství, identifikace osob
Příklady		
Monohybridní křížení	**!	Květy hrachu, barva vlasů (nevhodné)
Dihybridní křížení		
Hardy-Weinbergova rovnováha		
Rodokmeny		
Historie genetiky		
J. G. Mendel	**!	
T. H. Morgan		
Vzhled učebnice:	Přehlednost	Ilustrace
	**	!+ / RGB / %

Příloha III.: Návrhy témat a postupů projektové výuky v rámci učiva genetiky

Ne vše s podtitulem genetiky je samozřejmě využitelné v projektové výuce a v mnohých případech se bohužel budeme muset spokojit s „papírovými projekty“, neboť je toto téma relativně abstraktní. Přesto jsou jeho součástí diskutovaná až ožahavá témata, která si jistě zaslouží pozornost.

Témata vhodná pro aktivní vyučování a jejich zpracování je popsáno níže:

1) GMO

Geneticky modifikované organismy jsou tématem pravidelně se vyskytujícím v médiích už pro dosti odlišný přístup k nim v různých zemích světa. Toho se dá velice dobře využít pro rozvoj především klíčové kompetence informační, ale i komunikativní a k řešení problémů.

Žákům znalým základů genetiky je vyučujícím představen základní princip genetické modifikace pomocí krátkého výkladu, ilustračního videa či obrázků. Úkolem žáků pak je na základě článků v různých médiích zjistit další podrobnosti. V rámci toho je vhodné žáky rozdělit do tří skupin, podle následujícího klíče:

- Faktické informace – zakotvení využívání a pěstování GMO plodin v legislativě jednotlivých zemí a společenství (USA vs EU), typy GMO plodin a připravované druhy, širší vysvětlení principu genetické modifikace u jednotlivých příkladů organismů, reálné příklady modifikovaných živočichů a další
- Důkazy „pro“ GMO – kladné vlastnosti tedy využití GMO v různých odvětvích jako zemědělství (výhody GMO plodin), lékařství (výroba léčivých látek GMO bakteriemi, léčba onemocnění přímo přes genetickou modifikaci postiženého)
- Důkazy „proti“ GMO – negativní dopady GMO tedy historie studií svědčících o nebezpečnosti GMO pro lidské zdraví a jejich přijetí odbornou veřejností, ekologická problematika tedy rizika narušení ekosystémů GMO plodinami a „jatečnými“ živočichy a jejich vliv na organismy ve svém okolí (rozšíření mimo pole, ze sádek...)

Toto jednoduché rozdělení preferujeme pro menší kolektivy, kde je zaručeno, že každý člen skupiny bude zapojen do práce. U větších skupin vytvoříme několik dílčích podskupin a každé zadáme pouze výsek shrnujícího tématu (například dvě skupiny po třech žácích zastávající negativní stanovisko – jedna se zabývá dopady na lidské zdraví, jedna ekologií GMO, atd.).

Úkolem žáků je pak práce s informacemi. V tomto případě jsou tři možné postupy:

- Prostředníkem učitel – učitel sám vybere vhodné materiály a předloží je skupinám, jde o časově náročnější práci, nicméně na téma GMO se dá najít četně internetových odkazů v médiích (idnes, novinky.cz), vědeckých časopisech a seriózních populárně naučných webech jako Scientific American, Osel a další, v případě práce delší je možné předložit články celé, u kratších projektů stačí předkládat citované úryvky s podstatnými informacemi
- Práce ve škole – žáci si pod dozorem učitele informace vyhledávají sami v počítačové učebně, učitel může v rámci toho využít i „zdrojů žáků“, pokud to školní řád umožňuje,

mohou být žáci v rámci projektu vedeni ke smysluplnému využití svých vlastních chytrých telefonů nebo tabletů pro vlastní vzdělání a získávání informací

- Práce doma – vyhledávání informací je možné zadat jako domácí, což nepovažují za zcela vhodné už kvůli tomu, že dojde k roztržení pracovní skupiny žáků a není možné průběžně kontrolovat postup jejich práce

Po shromáždění relevantních argumentů všemi skupinami následuje diskuze, při které každá skupina prezentuje (tedy ideálně každý jednotlivý žák část, nikoli pouze zástupce skupiny) výsledky svého bádání. Učitel by se měl vždy k informacím vyjádřit, upřesnit je pro zbytek třídy. Od žáků také požaduje zdroje, ze kterých čerpali – pokud nebyly jím již zadány – a ty okomentovat z hlediska vhodnosti a relevantnosti.

Na samotný závěr pak zařadíme „pohybovou diskuzi“, tedy pokládat žákům otázky s odpovědí ano/ne na téma GMO a nechat je měnit svoji polohu ve třídě podle jejich stanoviska (nesouhlasím = vpravo, souhlasím = vlevo apod.). Umožňuje to jednak vnést určitý relaxační prvek do sedavé práce a také to pomáhá žákům otevřeně hovořit o svém názoru, který svou polohou ve třídě musí jasně demonstrovat, i kdyby byli zrovna v daném případě nerozhodní.

Výstupem práce je ideálně série posterů vysvětlující hravou, jednoduchou a graficky poutavější formou tuto problematiku pro spolužáky, případně i dospělé. Podle toho volíme umístění plakátů. Běžné je vystavení ve škole, ideální je ale usilování o prezentaci na veřejném místě jako chodba městské knihovny apod., což žáky motivuje ke kvalitnější práci.

Žáci by během práce měli získat přehled o této složité problematice jak z hlediska vědeckého, tak i etického. Měli by být schopni pracovat s odbornými informacemi i články v médiích, posuzovat lépe relevantnost informačního zdroje, prezentovat svůj názor na tuto problematiku a být schopni s ní stručně a fakticky správně seznámit zcela neznalého laika.

Program na toto téma byl v rámci práce vyzkoušen na menším kolektivu a ukázal se úspěšným. Podrobnější vyhodnocení je zahrnuto v následující kapitole „Realizace vybraných zpracovaných námětů k výuce“.

2) Využití genetiky v praxi

RVP velmi silně akcentuje znalost praktického využití poznatků genetiky. Učebnice dnes již obvykle toto kritérium splňují, ale mnohdy poněkud povrchně, jak vyplývá i z mého výzkumu. Má tedy značný význam investovat čas právě do hlubšího probrání této problematiky. Zaměřit se je přitom možné pouze na určitá větší odvětví (zemědělství, lékařství) nebo využít velikosti třídního kolektivu a zpracovat praktickou stránku genetiky v celé šíři.

Program je možné vést zcela stejně jako u výše zmíněné problematiky GMO, kdy učitel buď sám dodá různé vybrané materiály, nebo nechá žáky informace zcela samostatně hledat. Žáky je pak možné rozdělit do skupin podle daných odvětví využití:

- zemědělství – šlechtitelství rostlin a zvířat (jednotlivé zajímavé odrůdy a mutace/změny v genomu způsobující jejich typické znaky), původ současných vyšlechtěných druhů a odrůd (původ současných obilnin, citrusů, odrůd brukví), umělý výběr a jeho vysvětlení,

- lékařství – testy otcovství, genová terapie a její výzkum na zvířatech, výroba léčivých látek prostřednictvím GMO organismů, genetické poradny (jejich význam při prevenci dědičných onemocnění), typy dědičných onemocnění
- věda – fylogenetika (její podstata a význam), sekvenování DNA (význam, „přečtené“ organismy), analýza exprese proteinů (význam, stručně průběh), klonování organismů a GMO (principy a výsledky)
- kriminalistika – identifikace osob na základě „DNA fingerprint“

Třídu rozdělíme na menší skupinky do tří žáků a přidělíme jim dílčí podtémata jednotlivých oblastí, aby bylo zajištěno rovnoměrné rozložení práce mezi žáky.

Opět by měla na závěr proběhnout prezentace výsledků všech skupin s nějakým vhodným výstupem využitelným ve škole jako postery, velmi vhodné je cílení na vytvoření výukových materiálů/podkladů pro mladší ročníky nebo informačních letáků pro spolužáky.

3) Dědičné choroby

Běžně se objevuje v rámci výuky jejich drobný výčet, není ale nutné omezovat se pouze na příklady diagnóz s obskurními následky. Dědičná onemocnění mají mnoho rozměrů od zdravotního, sociálního, po etický. V rámci této látky je možné učit žáky toleranci, pochopení, ale i prevenci v rámci vlastního zdraví.

Projekt vedeme opět podobným způsobem. Zaměřujeme se přitom na běžná onemocnění nebo vlohly vedoucí potenciálně k negativním dopadům na zdraví. Vhodné jsou tyto:

- obezita – najít důkazy pro dědičné vlohly vedoucí k nadměrné váze, zhodnotit vliv prevence a zdravého životního stylu na BMI člověka a vliv dědičných vloh
- cukrovka – porovnat různé druhy cukrovky, vliv onemocnění na život, prevence
- rakovina – zvážit míru dědičnosti různých druhů rakoviny (plic, varlat, tlustého střeva apod.), zhodnotit vliv prevence (nekouřit, zdravá strava), objasnit princip původu rakoviny
- barvoslepost – popsat princip dědičnosti, seznámit spolužáky s vlivem na viditelnost barevného spektra u postiženého
- plešatost – popsat typ dědičnosti, vysvětlit různost jeho dopadu na rozdílné pohlaví
- astma, epilepsie, cystická fibróza – popsat onemocnění, jeho původ a dopad, zhodnotit vliv dědičné složky
- intolerance k laktóze – vysvětlit princip a historický původ mutace, zhodnotit rozšíření ve světě, srovnat s dalšími organismy (problematické trávení laktózy u koček v dospělosti apod.)

Žáci se hlouběji seznámí pomocí studia literatury s tématem, které si ideálně sami vyberou, aby reflektovalo jejich zájem a měli větší vnitřní motivaci k práci. Úkolem žáků bude posoudit reálný vliv dědičnosti u těchto zdravotních obtíží a potvrdit nebo vyvrátit obecné mínění (například muži nedokáží rozlišovat barvy, obézní jsem po rodičích, cukrovku mají všichni staří lidé apod.). U onemocnění, kde dědičná stránka má vliv pouze částečný, pak navrhnout možnosti prevence a mírnění příznaků. Učitel přitom žáky směřuje k vhodné literatuře a podporuje jejich schopnost dobré orientace v informacích a informačních zdrojích.

Je vhodné ponechat žákům, kteří chtějí a mají tu možnost, referovat o něčem jim osobně známém. Může jít například o v dětství odoperovanou polydaktylii, chorobnou srážlivost krve, dědičné astma, epilepsii apod. Jistě by bylo možné namítat, že to může být pro žáka ponižující či jinak znevýhodňující odhalovat své soukromí. Právě proto toto rozhodnutí ponecháváme zcela na jeho vůli.

Pokud by byl jeho příspěvek dobrovolný, může z něj i benefitovat. Třída seznámená podrobně s jeho diagnózou může následně zaujmout k žákovi mnohem přívětivější postoj, být empatická a shovívavá k projevům jeho nemoci, kterým se často nemůže ve školním prostředí vyhnout. Žáci z mé zkušenosti často velmi oceňují, je-li jim vysvětlena zdravotní indispozice jejich spolužáka. Naopak bývají odtažití, pokud se důvod spolužákových obtíží tutlá. Výsledkem tak může být naopak i posílení vazeb v kolektivu, pokud je takový projekt veden vhodným způsobem.

Výstupem pak opět může pouhá prezentace před třídou, nebo postery vyvěšené ve škole pro informaci ostatních spolužáků, v odpoledních hodinách před shromážděnými rodiči či ve veřejném prostoru. Toto téma je možné rozpracovávat i v rámci integrované výuky, vhodné je její spojení s předmětem „Výchova ke zdraví“. Vzhledem k širším mezipředmětovým vztahům a tomu, že se téma bezprostředně dotýká běžného života žáků, je prezentace výsledků širší komunitě velmi vhodným výstupem.

4) Metody zpracování DNA

Jedná se o téma nepřilíš zastoupené v učebnicích, důvod je ale prostý – jde o již poměrně vysoce odborné znalosti, které mohou být pro žáky příliš abstraktní, zvláště v případě, že nemají možnost si je prakticky vyzkoušet. Hodí se především pro starší ročníky (9. ročník ZŠ a vyšší ročníky gymnázií). Zároveň musí učitel sám zodpovědně zhodnotit, zda takové téma bude právě pro jeho žáky dostatečně atraktivní.

Kromě již představeného postupu rozdělení kolektivu do skupin, kdy každá skupina bude mít za úkol zpracovat a prezentovat jinou metodu práce s DNA. Těmi jsou:

- elektroforéza – způsob provedení a význam při dalším zpracování DNA
- PCR („polymerase chain reaction“) – průběh a význam využití metody ve vědě i průmyslu
- sekvenování – vhodná Sangerova metoda (anglicky často jako „shotgun sequencing“)
- rekombinantní technologie – využití při genetické modifikaci organismů a genové terapii, stručně princip a dopad
- vektory/plazmidy – použití v rámci genetické modifikace organismů, význam v průmyslu

Vhodná je exkurze po domluvě se zařízením, které pracuje s genetickým materiálem. To může být značně místně specifické. V Českých Budějovicích například pravidelně slouží Biologické centrum AV ČR k exkurzím nebo přímo delším kurzům hlavně gymnáziím nebo středním zdravotnickým školám. Žáci si zde mohou vyzkoušet různé jednodušší metody práce s DNA. Jiné školy tuto možnost mít ve svém městě nemusí. Je ale možné například sestavit svépomocí pokročilou komoru pro elektroforézu. Existují již i podrobné anglické návody dostupné volně

na internetu (viz heslo „gel electrophoresis chamber“). Taková komora ale vyžaduje kromě gelu a podložky také zapojení do proudu, s čímž je nutné počítat.

5) Křížení rostlin/zvířat

Jedná se o pravděpodobně časově i materiálně nejnáročnější ale nejpraktičtější možnost seznámení žáků s principy genetiky. Vyžaduje ale od učitele určité širší znalosti, hlavně zkušenosti s pěstitelstvím, chovatelstvím a jeho schopnost dobře vést žáky a korigovat jejich činnost.

V příhodných podmínkách je možné provést například i v prostředí školního zařízení křížení octomilek (*Drosophila melanogaster*). Samotný chov není nijak náročný, problém ale může být se sháněním mutantních linií octomilek, které pak budou dávat vhodné štěpné poměry. Nicméně octomilky jako takové není problém zakoupit v lepších teraristikách, zverimexech a prodejnách s krmivem, nebo přímo nalovit.

Stačí k tomu ideálně do dvojic samce a samici žáky zvolené a dostupné mutace umístěné do větší platové zkumavky. Celý pokus je nutné zakládat s předstihem, neboť kladení a vývoj larev zaberou obvykle dva týdny. Zhruba po týdnu po oplodnění začnou samice klást velké množství vajíček, během čtyř dnů se vylíhnou projdou třemi larválními stádii a vylíhnou se z nich dospělci. Se zvířaty se poté manipuluje za pomoci pinzet a jemných štětců (stačí tenčí malířské štětce s měkkými štětinami) pod binolupou. Před manipulací se uspí přidáním lihu do zkumavky, kde je udržujeme. Poté je nutné rychle pracovat, aby se mušky nestihly probrat. Rozdělí se podle pohlaví a spočítá poměr mutantních a „divokých“ typů. Ten se následně vyhodnotí – hrubým odhadem nebo přímo za pomoci chí-kvadrát testu.

Chov octomilek je přitom jednoduchý. Základem jsou dobře uzavíratelné nádoby, ideálně větší plastové zkumavky nebo Erlenmeyerovy baňky. Jejich dno se pokryje 3-5 cm vrstvou živného média. To se dá snadno svařit z vody, želatiny, cukru a vloček nebo kukuřičného šrotu. Poté se nalévá na dno a dává zatuhnout. Snadno se tak nádobky předem připraví na chov. Chovná teplota postačuje pokojová 22°C, případně může být mírně vyšší, což může vývoj urychlit.

Obdobně se dá ale využít i rostlin hrachu a simulovat tak schéma Mendelova experimentu navíc při trvalé vhodné péči s „poživatelným“ výstupem. Tento experiment ale vyžaduje znalost vysazených linií rostlin, přenosu jejich genů a jistotu jejich původu. Navíc je poměrně dlouhodobý. Dá se ale provádět i s absencí školního pozemku či naopak umožnit mezipředmětovou výuku.

Další možností je nechat žáky sledovat nebo nashromáždit údaje u již událých množeních zvířat v jejich okolí. Například sestavení barevného rodokmenu rodinného domácího mazlíčka (morčete, kočky, psa, případně i koně), případně požádat známé. Pokud jde o jedince s rodokmenem (s průkazem původu, „PP“) stačí požádat chovatele o informace. Často jsou takové údaje i veřejně dostupné na webech chovatelů. Ti navíc mnohdy znají i genetické zákonitosti přenosu různých vlastností u svých zvířat. Důležité nicméně je samozřejmě to, aby příčinliví žáci neorganizovali nějaké nezodpovědné rozmnožování domácích mazlíčků svých

a spolužáků pro účel projektu. Učitel musí problém prezentovat jako záležitost pátrání po rodokmenu a ne jeho další rozvíjení.

Výstupem by mělo být ve všech případech vyhodnocení získaných výsledků – zda odpovídají genetickým zákonitostem, pokud ne, tak proč. Pokud nejde o celotřídní ale skupinový projekt, každá skupina svůj výstup vyjádří v rámci nějakého zápisu (posteru vhodného k vystavení nebo alespoň laboratorního protokolu). Žáci buď uvedou výsledky svého křížení, sestaví rodokmen zvířete s ohledem na sledovaný znak a vysvětlí jeho dědičnost, pokud je známá, nebo navrhnou hypotézu o její dědičnosti na základě zjištěných informací. Cílí se na propojení informace z učebního materiálu s praxí. Tento projekt pak může cílit nejen na rozvoj kompetence k řešení problémů, ale silně i na komunikativní kompetence.

6) Historie objevitelů (doplňit)

Životní osudy vědců, kteří významně přispěli k rozvoji genetiky, jsou často velmi spletité a zajímavé. Jejich detaily nabízejí možnost osobního obohacení a životní inspirace.

Mezi vhodné příklady patří například:

- J. G. Mendel – základem jeho výsledků byla dlouhodobá a pečlivá práce, krom toho se věnoval mnoha dalším vědeckým disciplínám, přesto stejně jako moderní umělci čelil tomu, že svým bádáním poněkud předběhl dobu a nebyl takovou autoritou, aby se jeho výzkum prosadil
- Watson, Crick a Franklinová – příběh objevu struktury molekuly DNA sebou přináší otázky týkající se etiky ve vědě a výzkumu, právech na duševní vlastnictví, ale spolu s osobou Franklinové zdůrazňují i postupně se měnící postavení žen ve vědě
- Morgan – podobně jako Mendel byl člověkem mnoha zájmů a ve své kariéře postupně vystřídal mnoho ne zcela příbuzných oborů, díky své pílí a intelektu ale ve všech vynikal, jeho výzkum je opět ukázkou dlouhodobé trpělivé práce za poměrně ztížených podmínek, která přinesla své výsledky až ve chvíli, kdy se jí autor začal pomalu vzdávat

Nejvhodnější je výběr laureátů Nobelovy ceny, ze kterých si žáci vyberou a v menších skupinkách zpracují daný objev a jeho pozadí. Mapování životních osudů vědců, kteří významně přispěli k rozvoji genetiky, umožňuje žákům nejen lepší orientaci v podstatě a významu zásadních výzkumů, ale obohacuje je i o náhled na realitu vědecké kariéry. Přináší životní inspiraci, neboť poukazuje na mnohé pozitivní aspekty dlouhodobé a zanícené práce. Zároveň může poutat k debatám o etice ve vědě a přeneseně i v dalších situacích běžného života. Výsledky mohou pak být opět prezentovány formou panelů vystavených nejen ve škole, ale například i v městské knihovně, což může být pro žáky velmi motivační.

Příloha IV.: Protokoly genetických pokusů a s pracovním postupem

Příprava návrhů pokusů je popsána výše v metodice práce. Jednotlivé pokusy jsou oddělené, zahrnují vlastní seznam zdrojů a použité literatury. Není-li uvedeno jinak jsou obrázky k úlohám zpracovány autorkou, nebo jde o díla s licencí k volnému užití pro komerční i nekomerční účely z webu Pixabay.com.

1/ Název: Jedlý model DNA – sladká genetika

Shrnutí: Jednoduchou a velice atraktivní formou díky jedlému výchozímu materiálu seznámí žáky se strukturou DNA a její funkcí v organismu.

Cílová skupina: nižší stupeň gymnázií, 2. stupeň základních škol (ideální hlavně pro mladší žáky, ale v případě zájmu vhodné i pro starší)

Časová náročnost: 45 minut

Prostorové požadavky: učebna

Klíčové otázky:

- Jak vypadá DNA a z čeho se skládá?
- Jaká je funkce genetické informace?
- Jak buňka se svou DNA pracuje?

Získané dovednosti a znalosti:

- Struktura DNA a její funkce
- Všechny sloučeniny obsažené v DNA a způsob jejich spojení
- Dopad mutací na šroubovici
- Průběh procesu replikace (kopírování) a transkripce (přepisu) DNA

Materiál: různé druhy vhodných barevných cukrovinek, párátko (případně možné použít i špejle a nitě nebo drátky)

Podrobné pokyny:

Abychom mohly náš model co nejvíce přiblížit předloze, je třeba vybrat tvarem vhodné druhy sladkostí. Je několik způsobů, jak si řetězec vystavět. Můžeme vytvořit zjednodušenou verzi a použít pouze tenčí dlouhé pendrekky, reprezentující vlákno, na které pomocí párátek připojíme vždy dvojici různobarevných bonbonů napíchnutých na párátko, které budou reprezentovat báze.

Můžeme ale vytvořit i věrnější model tak, že každou sloučeninu v molekule DNA bude reprezentovat určitá cukrovinka. Tedy nějaký menší kulatý gumový bonbon pro fosfát a větší pro cukr, které budeme postupně napojovat párátky, řadit na naostřenou špejli, nebo i prošívát nití, pokud budeme chtít mít model dobře pohyblivý. Teprve na bonbon reprezentující cukr pak báze na párátkách napojovat.

Na báze jsou vhodné například vybrané čtyři barvy gumových medvídků (nebo jiného želé stejného tvaru a různých barev), jedna zbylá se může hodit v případě, že budou žáci na základě svého modelu tvořit ještě RNA transkript vlákna. Použít se ale dají například i obarvené nebo přímo počátečními písmeny bází popsané pěnové bonbony (marshmallow).

Možné modifikace úlohy:

V případě badatelsky orientovaného vyučování je možné nechat dětem větší množství různých druhů sladkostí a nechat je popřemýšlet nad přiloženým obrázkem modelu dvoušroubovice, jak by na základě předloženého materiálu a pomůcek model vytvořili.

Žákům je také vhodné úlohu zkomplikovat předložením papírku, kde bude pomocí písmen nukleotidů naznačeno jedno z vláken a žáci budou muset svou molekulu zkonstruovat tak, aby správně vytvořili dané a k němu komplementární vlákno. Každá skupina může dostat vlákno jiné a poté diskutovat rozdíly.

Na hotových nebo vznikajících vláknech je pak možné demonstrovat některé druhy mutací, ale i průběh kopírování a přepisu vlákna (rozpojení, čtení šroubovice apod.). Žáci můžou dostat i za úkol na základě svého ve skupině vytvořeného vlákna připravit k podle něho přepsané vlákno m-RNA. Budou tedy muset nahrazovat Thyminovou bázi Uracilem (= jiná barva bonbónu) a především budou mít i usnadněnou práci tím, že budou tvořit pouze jedno vlákno.

Vzhledem k finanční náročnosti výchozího materiálu je možné přejít k použití například nakrájeného barevného ovoce nebo přímo pouze přírodního materiálu (bobule, proutí, kaštiny atd.). Materiál je pouze vhodný s ohledem na co nejjednodušší zpracování pro účely úkolu.

Teoretická příprava:

DNA je zkratkou pro chemickou sloučeninu zvanou deoxyribonukleová kyselina. Ta uchovává dědičnou informaci organismu. Molekula DNA je vždy tvořena dvoušroubovicí. Vyskytuje se v několika možných konformacích:

- A-DNA – pravotočivá dvoušroubovice, sklon párů bází k ose činí 20° , tvarem je tedy plošší a širší, vyskytuje se vzácněji
- B-DNA – pravotočivá dvoušroubovice, nejběžnější forma v živých buňkách (tzv. Watson-Crickovský model), sklon párů bází k ose činí $-1,2^\circ$
- Z-DNA – levotočivá dvoušroubovice, vyskytuje se vzácněji

Všechny konformace (tvary) DNA mají stejné chemické složení. Jedno vlákno šroubovice je tvořeno třemi základními částmi, které se v řadě opakují:

- Pětuhlíkatý cukr – konkrétně deoxyribóza (odtud název), vážou se na něj obě dvě zbylé části DNA
- Fosfát – jde o zbytek z kyseliny orthofosforečné vázající se na cukr přes jeho OH skupiny, pojí mezi sebou jednotlivé deoxyribózy do řetězce zvaného cukr-fosfátová kostra
- Nukleová báze – jedná se o heterocyklické sloučeniny s obsahem dusíku, které se pojí na první uhlík deoxyribózy, a jejich pořadí v řetězci tvoří onu informaci o dědičnosti, v DNA najdeme čtyři hlavní druhy a to báze tvořené sloučeninou purinem: Adenin a Guanin, a báze tvořené pyrimidinem: Cytosin a Thymin.

Toto vlákno se pojí s druhým za vzniku dvoušroubovice, což je dáno vlastnostmi právě nukleových bází. Každá báze tvoří takzvané vodíkové můstky s bázemi protějšího (komplementárního) vlákna, což jsou slabé vazebné interakce, které obě vlákna přimknou po celé délce k sobě. Vždy platí, že vazby vznikají mezi páry A-T a C-G a ne jinak. V případě páru Cytosin a Guanin jsou báze vzhledem k tvaru svých molekul spojeny třemi vodíkovými můstky, zatímco Adenin a Thymin pouze dvěma, jejich vazba je tedy o něco slabší. V případě, že se párování bází vymkne pravidlu A-T a C-G, jedná se obvykle o mutaci nebo jiný zhoubný proces v DNA.

Když se DNA kopíruje, tvoří se kopie obou vláken. Ze dvou vláken DNA se ale jen jedno používá jako předloha pro následný přepis (proces transkripce) do molekuly RNA, která již slouží jako přímý „návod“ na tvorbu bílkovin. Tomuto vláknu se říká anglicky leading, neboli vedoucí vlákno. Druhé nazýváme lagging, neboli opožďující se, protože proces jeho kopírování není z biochemických důvodů tak plynulý jako vlákna vedoucího.

Na základě těchto znalostí je pak už jednoduché model DNA vystavět. Pokud budeme chtít vytvořit co nejrealističtější verzi, můžeme vlákno vhodně spiralizovat podle znalosti, že B-DNA má průměrně 10,5 páru bází na každou jednu otáčku.

Použitá literatura:

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Bailey, R. (2016). How To Make a DNA Model Using Candy. About Education. Dostupné online: <http://biology.about.com/od/biologylabhowtos/ht/dnamodelcandy.htm>

Užitečné odkazy:

<http://www.hometrainingtools.com/a/dna-model-science-project/>

<http://teach.genetics.utah.edu/content/dna/HaveYourDNAandEatItToo.pdf>

<http://weirdsciencekids.com/dnamodelcandy.html>

http://www.glassbarn.org/media/pdf/highSchoolandMiddleSchoolLessonPlans/NEW_CandyDNA.pdf

2/ Název: Extrakce DNA z „živého“ materiálu – DNA z banánu

Shrnutí: Pomocí snadno dostupných látek a jednoduchého postupu ukázat žákům fyzickou podobu DNA extrahované z libovolného živého materiálu.

Cílová skupina: 6.-9. třída základních škol, gymnázia, přírodovědně zaměřené střední školy (věk ale v tomto případě nehraje roli, pokud jsou žáci již nějak obeznámeni s funkcí DNA z dřívějších let)

Časová náročnost: 30 minut, ideálně 45 minut i s úvodním výkladem základů buněčné genetiky

Prostorové požadavky: učebna s potřebným vybavením nebo laboratoř

Klíčové otázky:

- Kde se nachází dědičná informace organismů?
- Je možné extrahovat DNA z buněk? Jak?
- Je DNA viditelná bez použití mikroskopu?

Získané dovednosti a znalosti:

- Struktura DNA a její funkce
- Význam genetické informace v životě organismů
- „Reálná“ podoba DNA

Materiál:

- Materiál: ideálně banán, jahody, kiwi, meloun, broskve, rajče, okurka, ale je možné použít v podstatě jakékoli plody a části rostlin, přičemž zmíněné měkké plody jsou preferovány kvůli tomu, že se s nimi lépe zachází (neosvědčily se trávy, smetánka a jehličí), stejně tak se ale dobře pracuje například s mletými uzeninami
- Pomůcky/nádobí: vše potřebné na rozmělnění použité hmoty a práci s roztoky, což obvykle zahrnuje zkumavky, kádinky, filtrační papír či ubrousky nebo papírové kapesníky a utěrky, třecí misku s tloučkem nebo pevně uzavíratelný silnější plastový pytlík, ideálně také skleněné tyčinky nebo plastová míchátko, případně odměrný válec a váhy
- Chemikálie: destilovaná voda nebo ideálně měkká voda z kohoutku, kuchyňská sůl, prací prášek nebo prací mýdlo či tekutý prostředek na mytí nádobí (tedy libovolný detergent) nebo šampon se složkou EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid, polyaminokarboxylová kyselina), silně podchlazený líh (vhodný je denaturovaný, ale není problém použít i tvrdý alkohol jako je rum nebo vodka) nebo isopropyl alkohol (dostupný v i lékárnách)

Poznámka: Pokus lze provádět v mnoha materiálních obměnách, z nichž je uvedeno co největší možné množství. Změna jednotlivých druhů použitých látek a pomůcek nemá vliv na

výsledek, je tedy možné si vždy vybrat ze zmíněných věcí ty momentálně nejdostupnější. Použité látky také není nutné přesně odvažovat a odměřovat, stačí je smíchat ve zhruba odpovídajícím poměru a pokus se zdaří. Platí ale, že čím silnější roztok alkoholu máte (ideálně 100%), tím bude výsledek lepší. Teplota alkoholu na výsledek vliv nemá, ale silně podchlazený alkohol (tedy čerstvě odebraný „z ledu“) způsobí mnohem rychlejší vytvoření sraženiny.

V některých návodech se uvádí jako vhodná přísada i enzymatické činidlo jako například šťáva z ananasu. Pomáhá narušovat buněčné membrány podobně jako detergent, ale v pokusech se bez něj dá bez problému zcela obejít.

Podrobné pokyny:

Vybranou rostlinou složku (půlka jahody, 3 cm odlomek banánu a obdobné množství u dalších druhů) dobře rozmělníme v třecí misce na kaši. Měkké plody se snadno rozmělní i v uzavíratelném sáčku.

Připravíme si roztok, kde smícháme:

- Asi 30 ml vody
- Čtvrt malé lžičky soli
- Lžičku šamponu nebo půl lžičky pracího prášku

Roztok poté pečlivě smícháme v nádobě s rostlinou složkou a necháme pár minut odstát (5-10 min). Směs poté přefiltrujeme přes kapesník nebo filtrační papír a odlijeme z ní do zkumavky tak, aby tekutiny bylo zhruba 1 cm ode dna. (U zkumavky to činí asi 1 ml, v případě jiné nádoby bude větší objem, ale hladinu je třeba mít stejně vysoko, aby se mohlo dobře vytvořit rozhraní mezi látkami).

Do zkumavky/nádoby přilijeme asi čtyřnásobné (minimálně ale jednou tolik, co je filtrátu) množství vybraného podchlazeného alkoholu (ideálně při teplotě blízké 0°C).

Začne se rychle tvořit sraženina (DNA spolu s dalšími látkami jako proteiny) a stoupat ve sloupci z mlžného vodného roztoku do alkoholu k hladině. Někdy se sraženina pouze drží ve sloupci roztoku, po delší době obvykle vždy padá ke dnu. Sraženinu je možné namotat na použité míchátko a opatrně vytáhnout, případně sledovat pod mikroskopem. Pokud bude alkohol teplý, tvorba sraženiny může trvat delší dobu, až v řádu několika minut. Výsledná sraženina je v roztoku v otevřené nádobě velmi stabilní až po několik dní (testováno za výkyvů teplot 10–25°C).

Možné modifikace úlohy:

Ideální pro demonstraci ve škole je použití více výchozích surovin – dá se tak osvětlit, že DNA se opravdu nachází v každém typu organismu. V případě neúspěšnosti některých vzorků je ovšem dobré zdůraznit, že ne vždy se jí podaří uvolnit z tkáně za takto „polních“ podmínek.

Teoretická příprava:

Množství živých organismů, včetně námi použitých rostlin, se skládá z velkého počtu navzájem spolupracujících buněk. Uvnitř buňky v jádře (a v menším množství i v dalších organelách, jako jsou všechny typy plastidů a mitochondrie) se nachází DNA (deoxyribonukleová kyselina), která kóduje informace o tom, jak má daná buňka vypadat a z čeho má být vystavěna. Tato informace je zásadní pro všechny živé organismy – aby mohly vzniknout a zajistit, že i jejich potomci budou vypadat jako oni, potřebují mít v sobě jakýsi návod na vlastní stavbu (podobu). Tento návod v podobě DNA předávají z rodičů na potomky, tedy z mateřské buňky do všech dceřiných.

Bez tohoto návodu, by nebylo možné, aby buňky existovaly, neboť DNA obsahuje všechny informace nutné pro chod dané buňky. Na jejím základě buňka vytváří látky, ze kterých staví své organely, kterými zajišťuje opravu sebe sama při poškození, které používá ke komunikaci s ostatními buňkami atd. DNA je možné chápat jako jakousi kuchařku plnou receptů, ze kterých si buňka vybírá a vaří vše, co zrovna potřebuje. Výsledky jejího kuchařského umu ale nejsou její potravou, nýbrž jde o jakousi výrobu nástrojů a materiálu (cihly, malta, lžíce) v podobě proteinů, které pak používá ke své stavbě (idea buňky jako domu). (Proteiny je pak vhodné přiblížit tím, že bílkoviny tvoří maso, tedy svaly. Čili i pečínku, kterou budou mít žáci k nedělnímu obědu.)

Chceme-li DNA vidět, musíme ji nějak dostat ven z buňky. DNA je ale skryta za buněčnou membránou a navíc i dvojitou membránou jádra. Tyto struktury je tak nutné porušit a buňku tím zabít, aby se DNA uvolnila. Proto je nutné rostlinou hmotu pečlivě rozmělnit, čímž buňky narušíme. Přidané detergenty v použitých chemikáliích pak pomůžou uvolnit DNA z buněk ven a sůl funguje v tomto případě trochu jako náhrada odstředivky (zachovává osmotický tlak v kapalině), která oddělí DNA od zbylé buněčné hmoty, jako jsou organely apod.

DNA je ve vodě v rozvolněném stavu – proto projde přes filtr v roztoku – ale není takto rozvolněná v alkoholu. Když přilijeme podchlazený alkohol, DNA přejde do alkoholové fáze. (Díky přidané soli se také při styku s alkoholem úspěšně vysráží.) Na krátkou dobu nám vzniknou v nádobě i dvě viditelně oddělené fáze, než se alkohol plně smísí s vodou. Na dně nám zůstane zbytek filtrátu, nad ním se zformuje sražená DNA, která pomalu vyplave k hladině.

Tato DNA není zcela čistá. Nejde pouze o dvoušroubovici složenou ze dvou řetězců, jak ji známe z nákresů v učebnici, ale je sbalená a obsahuje další bílkoviny. Toto je vhodné zmínit především až starším ročníkům a demonstrovat jim v rámci toho způsob sbalení DNA. Tedy že jde o natolik dlouhou molekulu, že je nutné ji pečlivě poskládat, aby se do buňky vůbec vešla. K tomu slouží systém spiralizace vlákna a jeho obtočení na jakýchsi natáčkách, což jsou bílkoviny zvané histony. Kolem vysrážených vláken se také vyskytují další látky s podobnými vlastnostmi jako DNA, které reagovali na přidané chemikálie, proto se žákům může zdát nemožné, že by se takový velký kus do buněk, které jsme použili, vůbec vešel. Nejde totiž zcela jen o DNA jako takovou.

Použitá literatura:

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Helmenstine, A. (2015). How To Extract DNA. About Education. Dostupné online: <http://chemistry.about.com/od/biochemistry/fl/How-To-Extract-DNA.htm>

Smyčka, J. & Brožková, A. (2009). Kuchařka biologických pokusů. Dostupné online: http://www.gymnasiumkladno.cz/soubory/bio_kucharka.pdf

Bagley, M. (2016). Science Experiment for Kids: Seeing Your DNA. Purch – LiveScience. Dostupné online: <http://www.livescience.com/37252-dna-science-experiment.html>

Srour, M. (2013). Easy experiment to extract DNA at home (suitable for children). Dostupné online: <http://bioteaching.com/easy-experiment-to-extract-dna-at-home-suitable-for-children/>

Josephs, M. (2011). Find the DNA in a Banana. Bring Science Home. Nature America – Scientific American. Dostupné online: <http://www.scientificamerican.com/article/find-the-dna-in-a-banana-bring-science-home/>

Zrzavá, M. Jak izolovat DNA z kiwi pomocí věcí, které koupíte v supermarketu? Škola BOV. Dostupné online: <http://home.pf.jcu.cz/~bov/tridy-detail.php?topicid=25>

Užitečné odkazy:

<http://lifesadventures-amb.blogspot.cz/2012/01/teaching-dna-and-fun-experiments.html>

<http://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/strawberry-dna/>

<http://www.nuffieldfoundation.org/print/3152>

3/ Název: Krvavá genetika

Shrnutí: Dědičnost krevních skupin na ukázkových „detektivních“ příkladech.

Cílová skupina: přírodovědně zaměřené střední odborné školy, gymnázia, 2. stupeň základních škol

Časová náročnost: první dvě úlohy nejvýše 45 minut

Prostorové požadavky: učebna

Klíčové otázky:

- Jaké jsou typy alelové interakce (ve smyslu kodominance, neúplná dominance, úplná dominance)?
- Jak se dědí běžné krevní skupiny a jaké systémy dělení krevních skupin máme?
- Jakým způsobem sestavujeme lidský rodokmen?

Získané dovednosti a znalosti:

- Kodominance alel a jejich dědičnost.
- Dědičnost krevních skupin systému AB0.
- Správné značení a sestavení rodinného rodokmenu.

Materiál: pracovní listy nebo promítnuté zadání přes projektor apod.

Podrobné pokyny:

Úloha se sestává s dílčích podbodů, které se všechny týkají různých modifikací příkladů dědičnosti krevních skupin systému AB0 s případným zapojením dědičnosti i Rh faktoru krve. Úlohy jsou lehce detektivního charakteru, aby v žácích vzbuzovaly alespoň krapet zvědavosti a soutěživosti. Jména lidí v úlohách je vhodné měnit tak, aby se tam nevyskytovala jména dětí úlohu zpracovávající – učitel se pak jinak musí spíše než s vysvětlováním úlohy potýkat s rozjařenými žáky, kteří se posmívají spolužákům-jmenovcům.

Úloha 1)

Tereza a David tvoří šťastný pár. Spolu jsou už sedm let a mají malou dcerku Aničku. Jednoho dne se ale Tereza neovládne a opilá vyradí na firemním večírku své kolegyni o několik let starém milostném trojúhelníku, kdy o ni soupeřili dva bývalí zaměstnanci firmy. Její kolegyně nelení, a protože se zná s Davidem, při nejbližší příležitosti mu všechno otevřeně řekne. David se samozřejmě obává nejhoršího – bojí se, že daný románek zašel příliš daleko a tím pádem Anička nemusí být jeho dcera. Než by ale celou aféru začal příliš okatě řešit, rozhodne se nejdřív ověřit, zda má k obavám důvod jednodušší cestou – přes krevní skupiny.

David díky svým známým a přátelům postupně zjistil krevní skupiny všech zúčastněných a to včetně Rh faktoru krve. On sám má **krevní skupinu B+**, jeho **žena Tereza krevní skupinu AB-**, jejich **dcera Anička AB+**. Pak je tu ovšem řada možných nápadníků, kteří se kolem

Terezy v inkriminované době před otěhotněním pohybovali. V úvahu přichází tři: bývalý kolega Jan s krevní skupinou A-, bývalý kolega Michal s 0+ a nakonec dávný dlouholetý kamarád Terezy Josef s krevní skupinou B-.

Je David skutečně otcem malé Aničky, nebo je možné, že je to někdo jiný? Ověřte Davidovu teorii o otcovství přes znalost dědičnosti krevních skupin.

Řešení úlohy 1):

Osoba	Krevní skupina a Rh faktor	Genotyp
Anička (dcera)	AB+	$I^A I^B / Rr$
Tereza (matka)	AB-	$I^A I^B / rr$
David (otec?)	B+	$I^B i / R_$
Jan (mileneček?)	A-	$I^A_ / rr$
Michal (mileneček?)	0+	$ii / R_$
Josef (jen kamarád?)	B-	$I^B_ / rr$

Anička jakožto dcera Terezy musela nutně zdědit recesivní alelu pro Rh faktor (r) od své matky, ale jelikož je sama Rh pozitivní, musí mít tím pádem druhou alelu pro Rh faktor dominantní (R). To vylučuje, že by jejím otcem mohl být kdokoli z nápadníků, který má negativní Rh faktor, protože by od něj Anička dominantní alelu R nemohla podědit.

Zároveň je jasné, že pokud je Anička v systému AB0 jako krevní skupina AB, musela od jednoho z rodičů podědit alelu I^B pro antigen B a od druhého alelu I^A pro antigen A. Čili ani poslední z možných nápadníků Michal nepřichází s krevní skupinou 0 v úvahu, neboť nese pouze recesivní alelu i.

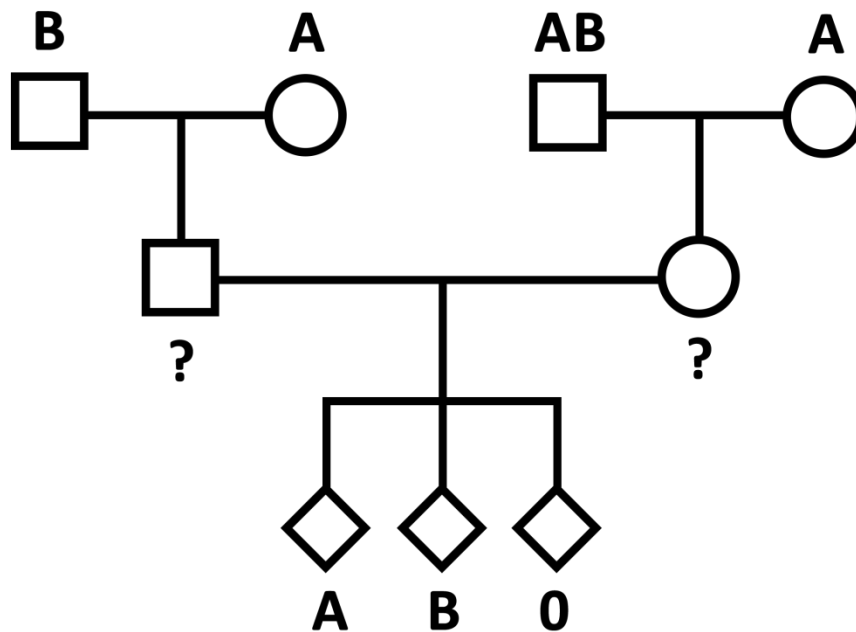
Naopak David je z hlediska dědičnosti ideální – Anička by od něj mohla dostat jak alelu pro antigen A (I^B), tak i dominantní alelu pro kladný Rh faktor (R). David si tedy může odechnout, protože ať už byla Tereza věrná nebo ne, je skutečně Aničky otec.

Úloha 2)

Petr se rozhodl vytvořit si rodokmen své rodiny – zaznamenával pro tyto účely leccjaké informace od zaměstnání jednotlivých příbuzných po jejich záliby, diagnózy, ale i krevní skupiny. Když se však ze svých poznámek snažil rodokmen sestavit, zjistil, že se mu někam ztratily údaje o krevních skupinách svých rodičů. Ať se snažil sebevíc, v sešítku s poznámkami je nenašel.

Petr by se sice mohl dát do hledání očkovacích průkazů rodičů nebo záznamů od lékaře, ale nepamatuje si, kde je schovávají. Ovšem s trochou znalostí dědičnosti krevních skupin je Petr ani potřebovat nebude. Pomozte Petrovi podle jeho poznámek a znalostí dědičnosti krevního systému AB0 určit krevní skupiny jeho rodičů.

Na následujícím obrázku je Petrův prozatímní rodokmen. Petr sám má krevní skupinu 0 a jeho dva sourozenci skupiny A a B. Všichni jeho prarodiče ještě žijí a jejich krevní skupiny si od rodokmenu také vyznačil. Jaké krevní skupiny a jejich genotypy mají jeho rodiče?



Řešení úlohy 2):

Podle krevních skupin dětí a prarodičů je už na základě kombinatoriky a znalosti dědičnosti systému AB0 pro všechny bystřejší žáky po chvíli snadné dojít k jedinému možnému výsledku. Vždy musí být od každého rodiče zděděna jedna alela a musí být zděděny takové alely, aby zajistili všechny existující kombinace u potomků. Tedy:

prarodiče	B ($I^B i$)	A ($I^A i$)	AB ($I^A I^B$)	A ($I^A i$)
rodiče	B ($I^B i$)		A ($I^A i$)	
děti	A ($I^A i$)		B ($I^B i$)	0 (ii)

Úloha 3)

Na základě znalostí krevních skupin sebe a svých příbuzných sestavte rodokmen vaší rodiny a na základě znalosti dědičnosti krevních skupin systému AB0 se pokuste u každého člena rodokmenu určit jeho genotyp podle krevních skupin jeho předků a potomků.

Možné modifikace úlohy:

Se znalostí dědičnosti systému AB0 se dá pracovat i dál a nechat žáky zkusit sestavit vlastní rodokmen s krevními skupinami. Samozřejmě je vždy sestavování rodokmenu přímo u rodin žáků trochu kontroverzní téma, neboť tak u mladších dětí může vždy hrozit, že se nedopatřením odhalí nějaké nezvyklé příbuznosti a nepříbuznosti v rodině, které neměly být odhaleny (osvojené děti, nemanželské děti apod.). U starších žáků jsou však obvykle tyto rodinné záležitosti již známé. Přesto se doporučuje v případě libovolných nesrovnalostí ubezpečit děti, že zákony genetiky nemohou existovat bez patričních výjimek, což obvykle zažehná většinu problémů a umožní tyto rodokmenové úlohy v rámci výuky zpracovat.

Rychlejšími studentům je možné na stejném principu připravit další příklad zahrnující vzácný Bombay fenotyp, který celou situaci v rodokmenech ještě drobně komplikuje, ale funguje na stejné bázi a studenti se navíc seznámí s dalším typem dělení krevních skupin.

Teoretická příprava:

Do dnešní doby bylo spolehlivě identifikováno na 33 typů krevních skupin nebo systémů, zahrnujících i systém AB0 a Rh faktor. Mezi další známější typy patří například MN, Diego, Duffy, Lewis a další. Každý systém je založen na rozdílnosti v přítomnosti různých typů chemických látek (glykoproteiny) na povrchu erytrocytu (červené krvinky). Přesto je v praxi zdaleka nejužívanějším systémem právě AB0, který umožňuje na základě antigenů na krevních buňkách erytrocytech určit, které typy krve se mohou mezi sebou mísit bez tvorby sraženin. Čili kdo může komu darovat svou krev. Znalost krevních skupin ale není zásadní jen v lékařství, může být nápomocná například i v kriminalistice a při určování příbuznosti.

Zprvu je nutné pochopit dědičnost krevních skupin systému AB0, která je vcelku jednoduchá. Každá krevní skupina je podmíněna dvěma alelami, přičemž víme, že u krevního systému AB0 jsou tyto alely ve vztahu kodominance – ve fenotypu (vnějším projevu) se bude objevovat vliv obou alel. **Systém AB0 zahrnuje alely:**

- (I^A) nesoucí informace pro tvorbu antigenu A a tvorbu protilátek proti antigenu B
- (I^B) pro tvorbu antigenu B a protilátek anti-A
- (i) recesivní alelu bez antigenů na povrchu buňky tvořící protilátky anti-B i anti-A

Z toho vyplývá, že genotypy jednotlivých krevních skupin můžeme zapsat následovně:

- A jako I^A _ zahrnující genotypy: $I^A I^A$ (možno zapsat i jako AA) a $I^A i$ (či A0)
- B jako I^B _ zahrnující genotypy: $I^B I^B$ (nebo jako BB) a $I^B i$ (tedy B0)
- AB vždy jako genotyp $I^B I^A$ (AB)
- 0 vždy jako genotyp ii (čili 00)

Dědičnost Rh faktoru není o moc složitější. **Podmiňuje ho alela R**, která podléhá úplné dominanci. Heterozygot (Rr) a dominantní homozygot (RR) budou mít vždy kladný Rh faktor, záporný Rh faktor budou mít jen recesivní homozygoti (rr).

Ve výsledku tedy například člověk s krevní skupinou A+, bude mít genotyp I^A _ R_, tedy přichází v úvahu kombinace $I^A i$ RR, $I^A i$ Rr, $I^A I^A$ RR a $I^A I^A$ Rr.

S těmito znalostmi je už dále snadné zpracovávat i rozsáhlé rodinné rodokmeny. Problém, který se může výjimečně vyskytnout, je existence tzv. Bombay fenotypu popsaného jako genotyp hh. Jedná se o další typ krevních skupin, ale natolik vzácný, že se s ním téměř nedá setkat zvláště v evropských podmínkách. (Podle pojmenování má relativně vyšší četnost v Indii, kde byl objeven. Ovšem pořád se bavíme o výskytu 1/10 000 obyvatel.)

Jelikož dominantní alela H podmiňuje tvorbu antigenů, lidé s genotypem hh v tomto systému netvoří žádný z antigenů A ani B a mohou tak svou krev darovat všem typům krevních skupin systému AB0 (ovšem musíme pořád brát ohled na kompatibilitu z hlediska systému Rh, který není Bombay fenotypem napadený). Oni sami se tak bez ohledu na genotyp v systému AB0

(tedy jedno jestli mají alely podmiňující skupinu A, B nebo jinou) jeví při vyšetření jako skupina 0, kterou ale reálně nejsou. U těchto lidí je tak nutné znát diagnózu, aby nedošlo k chybě při transfúzi cizí krve do jejich těla.


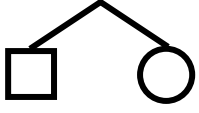

Bombay fenotyp tedy může zakrývat reálné predispozice ke krevní skupině a může se tak stát, že potomci páru, kde jeden z rodičů bude mít Bombay fenotyp, nebudou na první pohled odpovídat pravidlům dědičnosti systému AB0. Viz:

- Matka s genotypem AA RR hh – měla by mít krevní skupinu A+, ale vyšetření určí 0
- Otec s genotypem 00 RR HH – má fenotyp, tedy krevní skupinu 0
- Dítě bude mít genotyp A0 RR Hh – tedy fenotyp skupiny A+

Podle očekávání by dítě mělo mít krevní skupinu 0, jenže Bombay fenotyp matky neumožňuje expresi její krevní skupiny A. Alelu pro skupinu A ale dítě nutně musí zdědit, a jakožto heterozygot pro Bombay fenotyp se u něj již krevní skupina normálně projeví ve fenotypu.

Ve chvíli, kdy jsme obeznámeni s dědičností krevních skupin, je ještě třeba ovládnout práci s rodokmeny a hlavně pak v nich používaném značením. To je naštěstí jednoduché a poměrně intuitivní, tudíž ani žákům nejspíš nebude na rozdíl od samotného pozdějšího skládání rodokmenu činit větší obtíže. Legenda je následující:

Vyobrazení	Popis	Funkce
—	vodorovná čára	spojuje partnerské svazky (manželství)
==	dvojitá vodorovná čára	příbuzenský sňatek
	svislá čára	spojuje rodiče s potomky
□	čtverec prázdný	muž
○	kruh prázdný	žena
◇	kosočtverec	neurčené pohlaví
■ ● ◆	kruh/čtverec/kosočtverec plný	postižený/nemocný jedinec
◎	kružnice s kruhem uvnitř	žena přenašečka (není nemocná)
◻ ◯ ◊	-/-/- diagonálně přeškrtnuté	zesnulý jedinec

	-/-/- v závorce	adoptovaný jedinec
		dvouvaječná (dizygotní) dvojčata
		jednovaječná (monozygotní) dvojčata

V této tabulce jsou pouze hlavní vybrané značky, se kterými se pro účely výuky pravděpodobně vystačí. Mezi další označení v rodokmenu patří například i rozvod, potrat a další. Pro lepší porozumění legendě si můžeme značení demonstrovat na následujícím rodokmenu:

Použitá literatura

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Šípek, A. (2008). Genetika: Soupis kapitol ze stránek <http://genetika.wz.cz>. Dostupné online: <http://genetika.wz.cz/genetika.pdf>

Užitečné odkazy:

<https://dna.frieger.com/calc-quick.php>

<https://genealogists.com/2015/07/20-best-online-family-tree-builders/>

4/ Název: Proteinová továrna – lidská translace

Shrnutí: Za pomoci pohybové hry pomoci žákům pochopit proces translace RNA do proteinů. Ideální aktivita na hodiny koncem školního roku nebo jako táborová hra.

Cílová skupina: přírodovědně zaměřené střední odborné školy, gymnázia, 2. stupeň základních škol

Časová náročnost: 45 minut a déle, v závislosti na délce vlákna mRNA (= počtu aminokyselin řetězce)

Prostorové požadavky: školní hřiště nebo sečená louka

Klíčové otázky:

- Jak probíhá proces translace DNA?
- Vznik proteinu v buňce?

Získané dovednosti a znalosti:

- Složení proteinů a jeho vliv na následnou konformaci
- Fáze translace a látky účastníci se procesu (vysvětlení pojmů RNA, ribozom, aminokyselina, kodon, triplet)
- Význam proteinů v těle/buňce

Materiál: kancelářské svorky a papíry, případně papíry opatřené lepíky ze suchého zipu apod., aby se dal řetězec z papírků dobře spojovat, seznam kodonů v RNA

Podrobné pokyny:

Cílem hry je vytvořit translační mašinerii buňky – vyhrává ta skupina, která dokáže v co nejkratším čase vytvořit celý protein podle zadání, které se může u skupin lišit, nebo být stejné pro všechny.

Dva členové skupiny vytvoří malou a velkou podjednotku ribozomu, jejíž úkol je na základě předlohy ve formě vlákna mRNA vytvořit výsledný protein. Zbytek týmu reprezentuje antikodony tRNA, které nesou, respektive v našem případě vyhledávají, vhodné aminokyseliny pro stavbu proteinu a přináší je ribozomu ke spojení.

Každá skupina dostane zadání ve formě papírku s pořadím nukleotidů v mRNA (A-U-G-C-C-U-A-A-C-G-A apod.) a seznamem kodonů a aminokyselin, které tyto kódují. Po louce nebo hřišti jsou náhodně rozházené papírky s proteinogenními aminokyselinami. Úkolem dvojice tvořící ribozom je číst vlákno mRNA a identifikovat triplety. Zbytek týmu triplety vyhledává v tabulce a identifikuje aminokyseliny, které kódují. Ty postupně hledá na rozházených papírcích a nosí ribozomu, který je spojuje v protein.

Pravidla jsou taková, že aminokyseliny může spojovat pouze ribozom a hledá je pouze tRNA. Aminokyseliny je navíc třeba hledat přinášet v pořadí daném přidělenou mRNA a ne jinak.

Krom ztížení práce to také reflektuje reálnou translaci – tRNA musí přinášet aminokyseliny vždy popořadě, neboť rovnou nasedá podle antikodonu na mRNA a kdyby přinášela aminokyseliny na přeskáčku, vznikne špatný protein (= toto pravidlo zamezuje mutacím).

Vyhrává to družstvo, které podle svého vlákna s mRNA jako první vytvoří správně složený protein. Je tedy třeba mít připravené lístečky s výsledným pořadím aminokyselin pro všechny proteiny, aby mohla být skupiny, která se ohlásí jako vítězná zkontrolována a případně vyslána k opravě, pokud někde zařadí špatnou aminokyselinu. Hru je tedy možné hrát až do chvíle, než poslední skupina složí svůj protein, aby se určilo celkové pořadí.

Ideální je hrát po probrání látky týkající se úvodu do genetiky/obecné biologie, tedy když je již plně vysvětleno učivo translace a transkripce. Děti se při hře musí navigovat a neustále si tak opakuji názvy aminokyselin i kodony jim náležející, což jim pomůže si je v podstatě zcela bezděčně zapamatovat.

Možné modifikace úlohy:

Proces translace je v tomto případě trochu zjednodušený – žáci mají přímo tabulku kodonů s překladem do aminokyselin. V reálu by ale bylo nejprve nutné kodon spárovat s tRNA nesoucí správný antikodon a s ním i aminokyselinu. Tento krok se dá do hry vložit tak, že místo tabulky kodonů, předložíte tabulku antikodonů. Tým tak bude muset ještě správně „přeložit“ báze v mRNA, tedy spárovat kodon-antikodon, aby došel k výsledné aminokyselině, kterou je třeba napojit do řetězce.

Úlohu je také možné zkomplikovat posunutím start kodonu dále od začátku v přiděleném vláknu mRNA, stejně jako schováním stop kodonu kus od konce apod. Vždy ale s ohledem na to, aby byla relativní složitost pro všechny skupiny stejná a neovlivnila výsledky utkání.

Ukázka hry:

Tým dostane papírek s následující sekvencí bází: A-U-G-U-U-U-U-C-A-A-A-G-A-C-A-G-G-G-C-G-C-A-U-U-C-A-A-U-A-U-C-C-A-U-A-A	
Najde start kodon a oddělí si jednotlivé triplety od sebe pro lepší orientaci: A-U-G-/U-U-U/-U-C-A/-A-A-G/-A-C-A/-G-G-G/-C-G-C/-A-U-U/-C-A-A/-U-A-U/-C-C-A/-U-A-A	
Jednodušší verze:	Složitější verze:
	Poté triplety (kodony), přepíše do antikodonů: U-A-C-/A-A-A/-A-G-U/-U-U-C/-U-G-U/-C-C-C/...
Teď si v tabulce kodonů již může postupně vyhledávat jednotlivé aminokyseliny: Start (metionin) – fenyalanin – serin – lysin...	Teď si v tabulce antikodonů již může postupně vyhledávat jednotlivé aminokyseliny: Start (metionin) – fenyalanin – serin – lysin...
Vysílá hráče na hrací plochu pro jednotlivé aminokyseliny přesně v jejich pořadí	Vysílá hráče na hrací plochu pro jednotlivé aminokyseliny přesně v jejich pořadí
Představitelé ribozomu spojí aminokyseliny do vlákna	Představitelé ribozomu spojí aminokyseliny do vlákna

Teoretická příprava:

Pokud chce buňka využít informaci obsaženou DNA, musí ji nejprve vhodně zkopírovat, aby ji mohla zpracovat. Neboť DNA zůstává trvale v jádře, vytvořila buňka systém překlada DNA do tzv. RNA (ribonukleové kyseliny), která je mobilní a nese informaci ven z jádra, kde je zpracována. To znamená sestavení bílkoviny podle návodu v DNA. Bílkoviny jsou pak dále využívány jako stavební kameny buňky, mají různé transportní a signální funkce. V našem těle tvoří bílkoviny například viditelné struktury jako svaly, vlasy, kůži apod.

V jádře tedy nejprve musí dojít k přepsání informace do RNA – transkripci. Dvoušroubovice DNA se uvolní, na místě daného genu rozplete a umožní, aby se na něj dostala RNA-polymeráza, která zajistí vytvoření přepisu. Vznikne tím jednovláknová RNA. Říkáme jí mRNA, česky mediátorová nebo informační, anglicky messenger. Podle svého názvu tedy nese informaci, která se dostává ven z jádra skrz jaderné póry (otvory v jaderné membráně).

Toto vlákno se poté zachytí na ribozomu. Jedná se o útvar buď samostatně existující v cytoplazmě buňky, nebo přidružený k povrchu drsného endoplazmatického retikula. Je složený z rRNA. Jeho úkolem je přiřadit podle návodu v mRNA odpovídající aminokyseliny, ze kterých složí bílkovinu. To probíhá podle následujícího klíče.

V mRNA jsou zapsaná písmena genetické abecedy ve formě nukleotidů. Tři písmena tvoří dohromady tzv. kodon, což je kód jedné z aminokyselin. Každý kodon je kompatibilní (páruje se) s antikodonem. Antikodony jsou tak vlastně ve své podstatě totéž, co druhé vlákno ve šroubovici DNA. Obsahují stejnou informaci, jen zapsanou v podobě druhých bází do páru. Antikodony jsou tedy jako bychom vytvářeli druhé překopírované vlákno k mRNA.

Antikodony se nachází na vlákně tRNA (transferové RNA), která je smotaná do podoby čtyřlístku, na kterém je přichycená daná aminokyselina. Tento typ RNA je roztroušen v cytoplazmě. Při procesu translace se dostává k ribozomu a aminokyselina je od něj jako nosiče převzata a zařazena do řetězce, aby vytvořila bílkovinu.

Jak celý proces probíhá. Ribozom do sebe vtáhne vlákno mRNA, na kterém najde tzv. start kodon. Jedná se o kombinaci bází AUG, která označuje aminokyselinu methionin. Ta vždy začíná translaci a je tedy první aminokyselinou v řetězci bílkoviny. Postupně vždy po třech bázích prochází vlákno ribozomem a jsou k němu přidělovány nosiče tRNA s aminokyselinami. Nosič poté odpadá a aminokyseliny se řadí do vlákna, které poté utvoří bílkovinu. Proces je ukončen ve chvíli, kdy ribozom identifikuje stop kodon, neboli terminační triplet. Jde o kombinaci UAA, UAG nebo UGA, které nemají smysl (nedají se přeložit do žádné aminokyseliny). Translace se zastaví a hotová bílkovina se uvolní z ribozomu.

Použitá literatura

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

5/ Název: Králíčí farma – křížení v praxi

Shrnutí: Série úloh, která má za cíl objasnit dětem praktické využití genetiky v chovatelství hospodářských zvířat na fiktivním příkladu chovu různých variet králíků.

Cílová skupina: přírodovědně zaměřené střední odborné školy, gymnázia, 2. stupeň základních škol

Časová náročnost: 20-45 minut podle množství využitých úloh

Prostorové požadavky: školní zahrada nebo park atd. a libovolná učebna

Klíčové otázky:

- Jakým způsobem fungují Mendelovy zákony a jak vznikly?
- Jak se mendelovská genetik prakticky využívá v chovatelství zvířat?
- Jakým způsobem se predikují výsledky křížení dvou jedinců?

Získané dovednosti a znalosti:

- Vysvětlení, pochopení a užití pojmů alela, homozygot, heterozygot, fenotyp a genotyp.
- Poznání teorie postupu při cíleném rozmnožování zvířat v chovech.
- Pochopení a využití Mendelových zákonů.
- Výpočet příkladů na mono a dihybridismus.

Materiál: kartičky s různými barevnými varietami králíků nebo jinými domácími zvířaty (např. slepice, koně, krávy, myši, morčata), kdy na kartičce je vždy obrázek králíka s odpovídajícím fenotypem a jeho pohlavím (případně i genotypem), klíč z návodu k jednotlivým fenotypům zvířat nebo vlastní vymyšlený,

Podrobné pokyny:

Je nutné vždy sdělit, že genotypy použité v úloze jsou fiktivní a v realitě funguje dědičnost barev u králíků jinak (aby se děti nesnažily totéž praktikovat doma na vlastních mazlíčcích). Učitel buď může dětem tvorbu kartiček zadat, nebo je sám připravit. V obou případech je ale nutné mít kartičky připravené předem.

Kartičky jsou vytvořeny tak, aby bylo pro 20 dětí ideálně 100, maximálně zhruba 150 kartiček. Zvyšování počtu karet na dítě samozřejmě hru prodlužuje, takže pokud je cílem jen rychlý úvod k další fázi hry, je dobré kartičky ubrat. Naopak pokud je dost času a prostoru a zvláště, pokud jsou děti „příliš živé“, je vhodné kartičky namnožit.

Každá kartička obsahuje stejnou perokresbu vybraného zvířete (v ukázkovém případě vycházíme z králíků), která je vybarvena podle nějakého klíče. Vždy je nutné mít více typů zvířat, ideálně alespoň 6 fenotypů, přičemž vymyslet je možné mnoho variant. U králíků například: bílí s modrýma očima, albíni, strakáči, černí, světle a tmavě hnědí, šedí, bílí s černými tlapkami atd.

Vhodné je některé fenotypy mít zastoupeny v menším počtu, stejně tak u každého fenotypu není na škodu nemít rovný poměr pohlaví, které je na každé kartičce vyznačeno příslušným znakem.

Úloha 1: Lov králíků

Kartičky se zvířaty různých fenotypů se zamíchají a učitel je rozhází náhodně po celé ploše zahrady, dvorku či parku nebo kdekoli na bezpečném volném prostranství. Děti se rozdělí do skupin (vhodné jsou tři až pěti členné) a mají za úkol je sbírat a odnášet na předem vytyčené stanoviště své skupiny u startovní čáry.

Přičemž každé dítě může vždy sebrat a donést najednou jen jednu kartičku – toto pravidlo výrazně ztěžuje hru a více namáhá, je proto dobré nevolit u menšího počtu dětí a většího prostoru příliš velký počet karet. Také je vzhledem k tomu vhodné nakombinovat skupiny tak, aby v jedné nebyl výběr třídních sportovců a v další třídní peciválové. Obhájit toto pravidlo je možné tak, že bude dětem sděleno, že více než jednoho škrabajícího se králíka, by přece žádný chovatel neunesl.

Pokud jsou skupiny velké, děti si mohou zvolit jednoho člena jako „hlídače stáda“, bude sedět u startu, přebírat kartičky, třídit je a vydávat taktické pokyny sběračům. Vhodné je také zavést pravidlo, že kdo v litém boji o králíka zničí cedulku s jeho portrétem, způsobí smrt svého králíka a jeho tým přijde o body. Je to nejvhodnější způsob, jak zaručit, že cedulky budou použitelné ještě v alespoň jedné hře.

Po sesbírání všech kartiček z plochy se žáci vrátí na svá stanoviště a kartičky utřídí. Cílem je nasbírat co nejvíce typů fenotypů a vytvořit v rámci každého fenotypu co nejvíce párů, které se budou množit. Každá položka je přitom bodována a to následujícím způsobem:

- 1 bod za každého králíka/jedince
- 1 bod za každý druh fenotypu, maximální počet bodů odpovídá množství fenotypů ve hře
- 1 bod za každý pár králíků stejného fenotypu, např. černý samec a černá samice

Pokud budete chtít vytvořit hru zaměřenou o něco taktičtěji, je vhodné obodovat utvoření každého páru králíků se stejným fenotypem 2 body, což bude nutit děti nejen bezhlavě sbírat, ale mnohem více vybírat, co seberou. Hru to ale také trochu prodlužuje.

Výsledek je samozřejmý – vyhrává ta skupina, které se podaří získat nejvíce bodů.

Úloha 2: Chov králíků

Kartičky se mohou rovnou posbírat, nebo ponechat ve skupinách. Následně se dětem vysvětlí princip Mendelovské genetiky a popíší Mendelovy zákony. Děti si vyberou, s jakou barevnou varietou chtějí pracovat (černo-bílí / zlato-hnědí atd.) a poté si ze všech barev této variety vylosují jednoho samce a samici. Z vylosovaných fenotypů rodičů sestaví jejich genotypy. Poté na základě rodičů určí genotypy a fenotypy potomstva. Žáci s králíky pracují

podle učitelem představeného genetické klíče pro jednotlivé fenotypy. Jedna z variant může být:

Srst – varianta 1 (kodominance)

Albín – recesivní homozygot ss

Strakáč – heterozygot Ss

Černý s bílým břichem – dominantní homozygot SS

Srst – varianta 2 (neúplná dominance)

Hnědý – dominantní homozygot SS

Hnědý se zlatým lemem – heterozygot Ss

Zlatý – recesivní homozygot ss

Srst – varianta 3 (úplná dominance)

Šedý – heterozygot Ss nebo dominantní homozygot SS

Bílý – recesivní homozygot ss

Když žáci ovládnou práci s monohybridy, přejdou na dihybridismus. Stačí k barvě srsti přidat také alelu pro barvu očí a pracovat se dvěma znaky. Legendu je pak vhodné volit například takto:

Oči

Modré oči – recesivní homozygot bb

Hnědé oči – dominantní homozygot a heterozygot

Děti učíme pracovat primárně vhodnější „stroměčkovou metodou“ než větším Punnetovým čtvercem. Pokud někdo skončí práci dřív, vyzkouší si i práci s Punnetovým čtvercem na porovnání obou metod.

Možné modifikace úlohy:

Využit se dá dětská tvořivost – vybrat je možné například i fiktivní zvířata, jako jsou draci. Děti si pak sami sestaví tabulku znaků, které si navrhnou a nakreslí (vhodné hlavně pro mladší), a učitel jim dopomůže s doplněním genotypů jednotlivých zvířat a alel znaky podmiňujících tak, aby se daly v úloze vhodně využít. Další postup už pak odpovídá jednotlivým úlohám původní verze.

Je možné dát takovou úlohu například do skupinek za domácí úkol a nechat každou skupinku zcela libovolně využít fantazii nebo si pomoci reálnými příklady z knih a internetu. Důležité je výsledky jednotlivých skupin pak prezentovat v hodině, zkontrolovat výsledky a popsat je a vysvětlit ostatním žákům (především pokud někdo použije reálný příklad, bude stát za rozvedení).

Znaky není nutné tvořit jako stupňující se, ale může fungovat i pravidlo absence/prezence, kdy například pouze recesivní homozygot znak mít nebude apod. Pracovat se dá jak s monohybridy, tak dihybridy (zapojení pohlaví spolu s barvou srsti, nebo barva srsti i očí jako dva alelové páry). Dalším zesložitěním úlohy je podmínění jednoho znaku druhým (bílá srst způsobuje modré oči bez ohledu na přítomné alely pro jejich barvu apod.). Králíci jsou ideální v tom, že jejich fiktivní genetika umožňuje mnoho variant.

Příklad genotypů a fenotypů:

Barva šupin

Zelená – dominantní homozygot

Žlutá – recesivní homozygot

Modrá – heterozygot

Rohy

Rohy přítomny – dominantní homozygot, heterozygot

Rohy nejsou – recesivní homozygot

Tvar rohů

Dlouhé rohy – dominantní homozygot

Krátké rohy – recesivní homozygot, heterozygot

Další možné znaky: otrněný ocas, schopnost štít oheň, drápy (všechny velké / jeden velký, zbytek menší), barva očí, výrůstek na čenichu, tvar šupin...

Teoretická příprava:

Prvně budeme pro pochopení popisovaných jevů v úloze potřebovat znát základní pojmy genetiky. Ty jsou:

Genotyp – soubor všech genů organismu (návod na stavbu)

Fenotyp – soubor všech znaků organismu (jak reálně vypadá)

Gen – úsek DNA kódující jeden znak, bílkovinu...

Alela – forma genu, v populaci jich může být více (viz barvy očí), v jednom organismu je tolik forem genu, kolik je sádek chromozomů, člověk je diploidní a každý gen má tedy ve dvou formách

Homozygot, heterozygot – homozygot má vždy pár stejných alel (genotyp „AA“ nebo „aa“) buď obou recesivních nebo dominantních, heterozygot má alely různé (genotyp „Aa“)

Johan Gregor Mendel na základě svého výzkumu znaků hrachu setého formuloval zákony dědičnosti. Definují přenos znaků z rodičů na potomky. Do dnešní doby byly upraveny do tří pravidel. Tyto zákony jsou:

1. Mendelův zákon (o uniformitě hybridů / o samostatnosti alel) – alely fungují jako samostatné jednotky, nikoli párově
2. Mendelův zákon (o volné segregaci alel) – alely se rozcházejí do gamet náhodně, nejsou drženy pospolu vazbou, je tedy dílem náhody, jakou kombinaci rodičovský alel potomek zdědí
3. Mendelův zákon (o volné kombinovatelnosti alel) – alely se spolu mohou libovolně kombinovat, všechny možné kombinace alel mohou vzniknout a objevit se v potomcích

Pokud chceme zjistit, jaké kombinace potomků mohou vzniknout z daných rodičů a s jakou pravděpodobností, musíme vytvořit kombinační čtverec, kterému říkáme Punnetův čtverec. Jde o zápis, který vypadá takto:

alely	první alely otce	druhá alela otce
první alela matky	první alely matky a otce	první alela matky + druhá otce
druhá alela matky	druhá alela matky + první otce	druhá alela matky a otce

Pokud bychom si to chtěli ukázat na příkladu, můžeme použít ukázkou na základě dědičnosti pohlavních chromozomů. Jedná se sice o celé chromozomy, nikoli alely genu, ale funguje to v tomto případě stejně:

chromozomy	X	Y
X	XX	XY
X	XX	XY

Jak je z tabulky zřejmé, polovina potomků bude mužského pohlaví (XY) a polovina ženského (XX). Z toho můžeme vyvodit tzv. štěpný poměr. Tedy kolik je jedinců daného typu. V tomto případě je genotypový štěpný poměr 2 XY : 2 XX, po zkrácení 1:1. A skutečně se na světě rodí zhruba polovina dětí jako chlapečci a polovina jako holčičky. V tomto případě tedy genotypový štěpný poměr (geny zapsané v jádru buňky), odpovídají i fenotypovému štěpnému poměru (jak se geny projeví navenek), neboť ten bude opět 1:1 (polovina dívky, polovina chlapci). Stejným způsobem pak pracuje v případě monohybridů se zápisem jejich alel do tabulky a následným výpočtem štěpných poměrů.

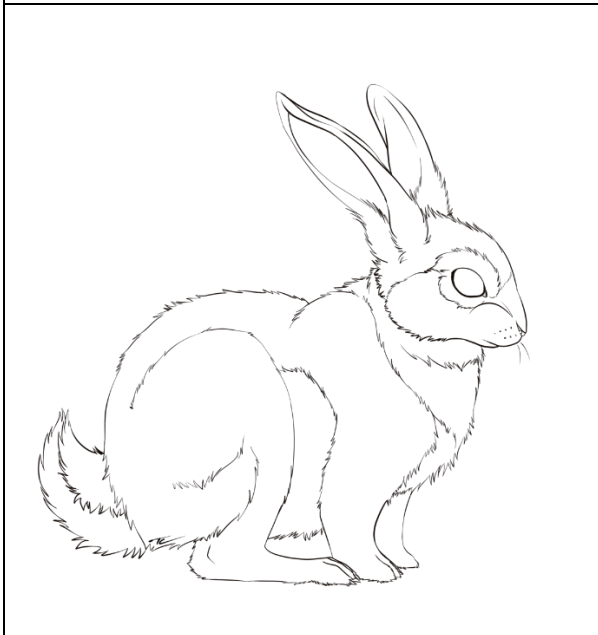
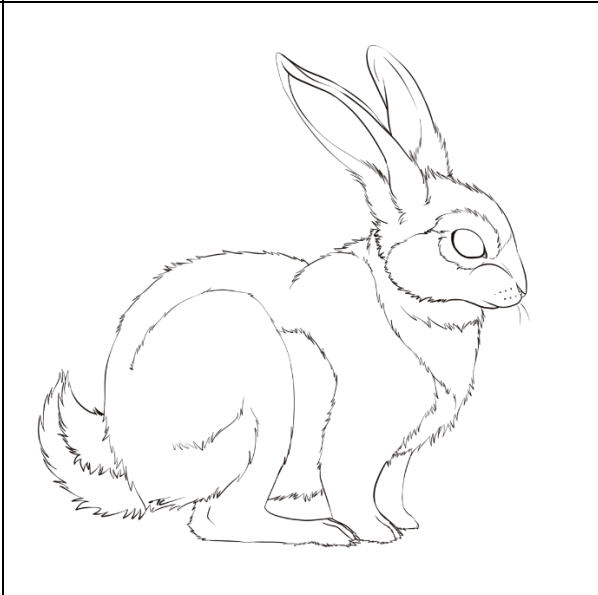
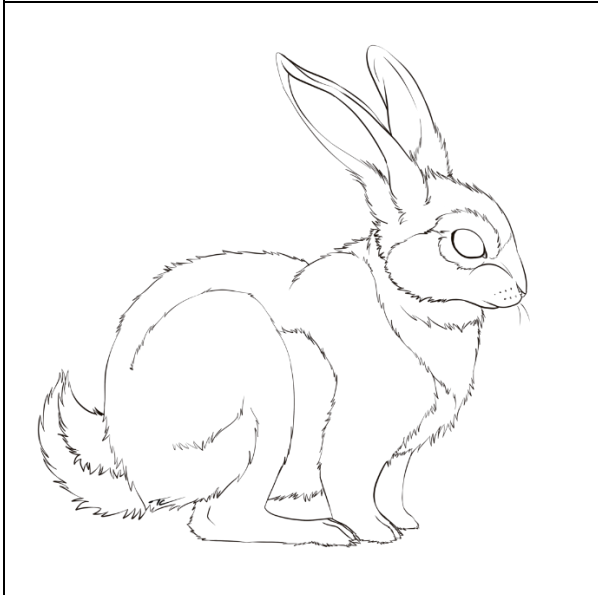
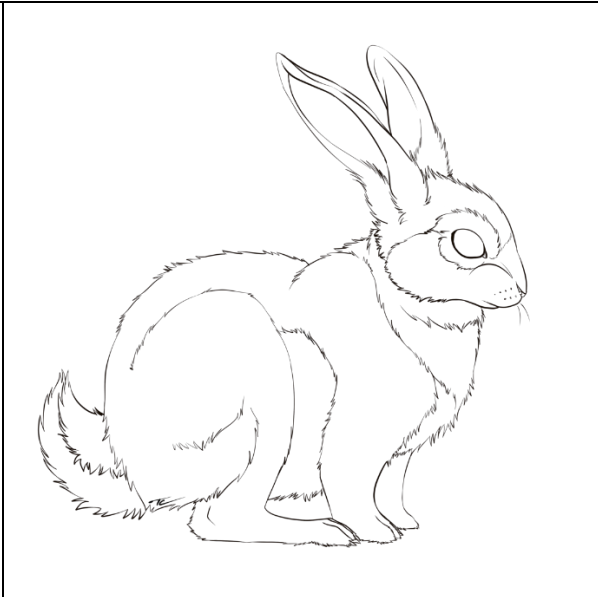
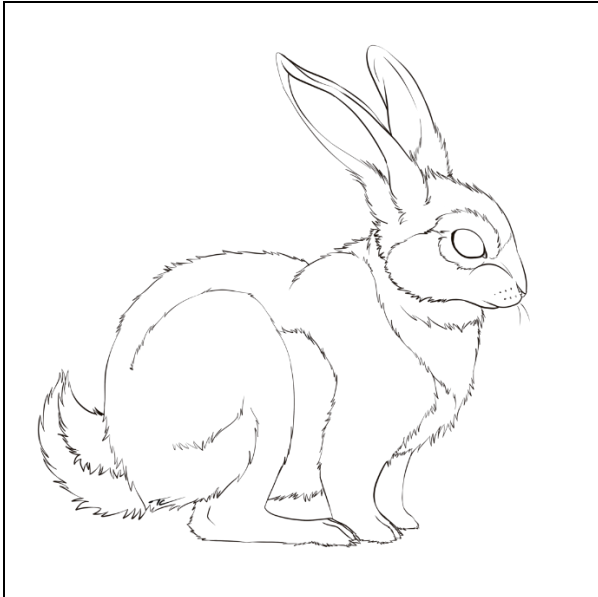
Výpočty pak vychází z úlohy 7 (Malá psí detektivka), viz teoretická příprava ke křížení dihybridů v rámci barev srsti labradora, kde je popsán postup „stroměčkové metody“.

Použitá literatura

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Příloha:

Lineart králíka vhodný k použití jako báze pro herní kartičky – vybarvení a označení je možné po tisku, obrázek je pod licencí k volnému užití pro nekomerční účely, zdroj: Reji Tsukoiyo – Rabbit lineart (free), Deviantart.com



6/ Název: Populační genetika v praxi – králičí farma na druhou

Shrnutí: Základní principy populační genetiky a vývoje populací v přírodě na příkladu variabilní hry.

Cílová skupina: přírodovědně zaměřené střední odborné školy, gymnázia, 2. stupeň základních škol

Časová náročnost: 30–45 minut

Prostorové požadavky: učebna, školní zahrada, nebo dvorek

Klíčové otázky:

- Co je to populační genetika?
- Jak se vyvíjí populace organismů v přírodě?

Získané dovednosti a znalosti:

- Základní principy populační genetiky a její fungování v praxi.

Materiál: vybarvené tištěné kartičky s různými varietami králíků (nebo jiných zvířat)

Podrobné pokyny:

Je třeba připravit dostatečnou zásobu žetonů, ideálně obrázků dvou barev (možné použít dvě barevné variety králíků z předchozích úloh). Děti se rozdělí do skupin 3-4 a dostanou vždy sérii 20 karet zvířat jedné barvy a 20 karet barvy druhé. Do prvního kola vezmou od každé barvy deset jedinců a rozmístí je náhodně po pracovní ploše.

Každá skupina si vybere nebo vylosuje způsob, jakým budou po dobu všech kol působit na svoji populaci. Možný výběr:

- Zemětřesení – skupina třese s pracovní plochou, dokud 10 karet nespadne (ideální pokládat karty na mikinu nebo velký kus papíru, se kterým je možné volně třást)
- Hurikán – vybraní členové skupiny dlouze fouknou do karet, dokud nezůstane jen 10
- Smrtelná infekce – jeden ze členů si zaváže oči a vybere dotekem jednu z karet na ploše, 9 k ní nejbližše ležících karet je vyraženo
- Sesuv půdy/výbuch sopky – žáci strefují kuličkami z papíru z určité dálky do karet, prvních 10 trefených karet je vyraženo
- Pád stromů – děti smotají z papíru trubičku, postaví ji do středu plochy a nechají volně padat, postup je možné opakovat, pokud netrefí 10 karet na poprvé

Samozřejmě je možné vymyslet další postupy nebo tyto opakovat. Aby byl výběr v rámci některých typů vlivů náhodný je vhodné karty otočit obrázkem dolů, nebo nechat děti zakrýt si oči.

Cílem hry je za pomoci vybraného způsobu vlivu na populaci v každém kole odstranit prvkem náhody 10 jedinců. V dalším kole doplníme počet zvířat opět na 20 kusů tak, že zbylé jedince každé barvy násobíme dvěma. Dětem vysvětlíme, že se zvířata během sezóny rozmnoží jen na tolik jedinců, kolik daná lokalita zvládne uživit. Různě barevná zvířata se mezi sebou nekříží a mohou mít jen tolik potomků, kolik odpovídá jejich počtu (samice víc neukrmí apod.). Výsledky každého kola si zapisujeme pod sebe do tabulky, tedy poměr králíků na začátku kole a stav na jeho konci.

Ukázka hry:

- Výchozí stav: 10 hnědých králíků / 10 černých králíků
- Po prvním kole: 4 hnědí králíci / 6 černých králíků
- Do druhého kola vkládáme: 8 hnědých králíků / 12 černých králíků
- Po druhém kole zůstane: 8 černých / 2 hnědí
- Do třetího kola postupuje: 16 černých / 4 hnědí

Ukázka zápisu:

Kolo	Před	Po
1. kolo	10 hnědých / 10 černých	
2. kolo		
3. kolo		
4. kolo		
5. kolo		

V po několika kolech, je hra zastavena a děti prezentují výsledky. Každá skupina bude mít výsledky pravděpodobně značně odlišné. Učitel vysvětlí, že to demonstruje náhodnost jevů v přírodě a jejich vliv na populace, jejichž složení se může takto měnit.

Možné modifikace:

Je možné přidat vliv pohlaví, kdy jsou kartička označeny symboly samice/samce a při odstraňování jsou položeny lícem dolů, aby byl výběr náhodný. Děti pak můžou sledovat vývoj populace ještě z druhého hlediska. Například bude určeno, že počet jedinců v populaci není limitován, ale každá samice může porodit do dalšího kola pouze 2 další králíčky. Vzhledem k možným početním poměrům je pak ale nutné dělat úlohu pouze zjednodušeně (například barevně označené natrhané papírky), neboť obrázkové kartičky nebudou postačovat.

Teoretická příprava:

Populací rozumíme skupinu jedinců jednoho druhu v určitém čase a místě. Například tedy stádo koní na louce nebo žáky ve třídě. Všichni jedinci v populaci jsou sice stejného druhu, ale vykazují určité odlišnosti, které jsou přirozenou variabilitou v rámci daného druhu. Koně mohou mít různou barvu srsti, stejně tak lidé různý odstín vlasů nebo očí. Jaký druh daného znaku (př. barvy očí) budeme mít záleží na tom, jaké alely (typy genů pro daný znak) máme v těle. Populační genetika pak sleduje předávání těchto alel z rodičů na potomky v dané populaci.

Některé populace mohou být velké – například všichni lidé na Zemi. V takové populaci je velký počet potomků a je tedy pravděpodobné, že se alely pro různé formy znaku dostanou do dalších generací a udrží. V malých populacích je nositelů pro konkrétní typ znaku méně. Pokud tedy těchto pár jedinců shodou nešťastných okolností zemře nebo ztratí možnost se rozmnožovat, alela se z populace nenávratně ztratí. Zatímco ve velké populaci je nositelů dostatek na to, aby i při katastrofické události někteří přežili a předali znak dál.

Vlivem toho jsou malé populace ohroženy ztrátou genetické diverzity (různosti genů). To, jak se tak může stát, je dobře demonstrováno v rámci hry. Některým skupinám se během pár kol podaří jeden z typů organismů zcela eliminovat, zatímco druhý převládne. Tomuto posunu v četnosti alel se říká genetický drift, česky tedy genetický posun. Tento jev popisuje situaci, kdy alely pro určitý znak mění v populaci vlivem náhody svou početnost.

Použitá literatura

Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Hájek a kol. (2005). Zadání soutěžních úkolů: krajské kolo kat. A, B, BiO 2004-2005. Praha: IDM MŠMT.

Petr, J. Hra na genetický posun. Škola BOV. Dostupné online: <http://home.pf.jcu.cz/~bov/tridy-detail.php?topicid=44>

7/ Název: Malá psí detektivka

Shrnutí: Na základě úlohy s detektivním akcentem si žáci procvičí křížení dihybridů na příkladu barev srsti plemene labradorský retriever.

Cílová skupina: přírodovědně zaměřené střední odborné školy, gymnázia, 2. stupeň základních škol

Časová náročnost: 15–30 minut bez teoretické přípravy v závislosti na množství zadaných úkolů

Prostorové požadavky: libovolná učebna

Klíčové otázky:

- Co je to dihybridismus a jak se v tomto případě postupuje při předpovědi filiální generace?
- Jaká může být podstata dědičnosti zbarvení srsti u některých zvířat?

Získané dovednosti a znalosti:

- Upevnění pojmů alela, gen, recesivita a dominance.
- Ověření schopnosti tvorby jednoduchého Punnetova čtverce.
- Schopnost teoretické předpovědi filiální generace u dihybridního křížení.
- Aktivní užití „stromčkové metody“ při výpočtu výsledku dihybridního křížení.
- Dědičnost barvy srsti u labradorů.

Materiál: tužky, papír a zadání úloh spolu s tabulkou barev srsti labradorů a jejich genotypu (vytištěnou, přepsanou na tabuli nebo promítnutou projektorem)

Podrobné pokyny:

Úloha vychází ze znalostí dědičnosti barev srsti u labradorů, se kterou je nutné se předem seznámit a žákům interpretovat (viz teoretická příprava). Je založena na jednoduchém principu, ale komplikuje ji fakt, že jde o dihybridismus.

Nultá úloha: Vyzkoušejte, zda žáci pochopili systém zápisu genotypu – obvykle se objevuje problém s chápáním pomlky místo vypsání konkrétní alely. Zadejte žákům, aby vypsaly všechny genotypy, jaké může mít černý pes. / Řešení: BbEe, BBEE, BbEE, BBee

Zadání úlohy:

Veterinář se potýká s nelehkým úkolem. Fence labradora patřící paní Novákové se narodil početný vrh štěňat, se kterým však v rodině nikdo nepočítal. Paní Nováková nemá z tohoto dárečku zrovna radost, a tak se snaží přijít na to, kdo je vlastně otcem té divé smečky. Paní Nováková podezírá hned několik svých sousedů, kteří také vlastní labradory. Jeden ze psů musel jistě utéct a spustit se s její fenkou, ale který? Veterinář naneštěstí ví, jak na to přijít. Zná totiž pravidla dědičnosti barvy srsti u tohoto plemene.

Paní Nováková se již dříve vychloubala, že její fena je zvláštní typ zlatého labradora se zlatým kožichem, ale zároveň i světlým čumákem, což odpovídá genotypu „bbee“. V sousedství se pak nachází tři psi: zlatý s černým čumákem, černý a hnědý. A feně se ve vrhu objevily všechny barvy štěňat: zlatá se světlým i tmavým čumákem, černá a hnědá. Kdo ze tří psů je tedy otcem?

Řešení úlohy:

Bbee x BbEe

Možné modifikace úlohy:

V případě, že žáci již cvičení na dihybridismus dobře ovládají, nebo pokud budou někteří žáci v práci rychlejší, je možné jim zadat na procvičení další variace stejné úlohy. Stejně tak to může být dobré procvičení v rámci dobrovolného domácího úkolu v případě, že se úlohy na dihybridismus objeví v písemné práci.

Úloha 1) Jaký genotyp musí mít rodiče, aby vzniklo potomstvo pouze jedné barvy s různým genotypem? (uvažujme hnědou matku, najděte alespoň jednu možnost)

Řešení pro matku bbEE: možní otci – bbEe, BBEE

Řešení pro matku bbEe: možní otci – bbEE, BBEE

Úloha 2) Najděte případ, kdy se mohou narodit se stejnou pravděpodobností štěňata všech čtyř barev? (uvažujme hnědou matku)

Řešení: matka – bbEe / otec – Bbee

F1/ BbEe:Bbee:bbEe:bbee

Úloha 3) Jaké všechny kombinace rodičů by mohly dát vzniknout štěněti vzácné kombinace „bbee“ – zlatý labrador se světlým čumákem, pokud rodiče nejsou zlatí? U kterých rodičů bude největší pravděpodobnost narození takového štěněte a jak velká?

Řešení A: b_Ee x b_Ee = BbEe x BbEe / BbEe x bbEe / bbEe x BbEe / bbEe x bbEe

Řešení B: nejvíc u bbEe x bbEe (1/4)

Teoretická příprava:

Dědičnost zbarvení srsti u labradorského retrievera je výborným příkladem pro ukázkou dihybridismu. Při dihybridismu jsou v příkladu zahrnuty (tedy jsou sledovány) vždy dva geny (lokusy). Značení při zápisu odpovídá postupu při monohybridismu.

V případě labradorů jsou za barvu srsti zodpovědné dva geny. Gen označovaný jako B (brown) zodpovídá za tvorbu enzymu, který přeměňuje prekursor melaninu (tmavého pigmentu) na barvu, tedy přímo na melanin. Dominantní alela B zodpovídá za vznik enzymu normální funkce, který prekursor správně přemění na tmavé barvivo, čili pes s alespoň jednou

dominantní alelou bude mít černou srst. V případě, že jsou obě alely genu recesivní, tedy genotyp bb, bude mít enzym sníženou funkci, což se projeví hnědou srstí psa.

Druhý gen označovaný jako E zodpovídá pak za distribuci barviva do srsti. Pokud je pes recesivní homozygot pro tento gen (genotyp ee), vytvořené barvivo se dostává pouze do kůže (viditelně tmavé pysky a čumák), ale již ne do srsti, která má pak velmi světlý až jasně zlatý odstín. Naopak pokud bude mít pes alespoň jednu alelu tohoto genu dominantní, bude zbarvený. Jeho barva bude odpovídat alelám prvního genu – bude tedy buď černý, nebo hnědý.

Tím získáváme všechny tři základní barvy retrieverů – zlatou, čokoládovou a černou. Speciálním případem je pak čtvrtý typ, kdy je pes recesivním homozygotem pro oba geny (genotyp bbee). Poté se u něj objevuje jak světlá srst, tak světlejší zbarvení kůže (jemnější růžovo hnědý odstín pysků, v okolí očí atd.).

Ve zjednodušené a názorné formě si můžeme barvy a jejich genotypy uvést takto:



Černá srst	Hnědá srst	Zlatá srst, černá kůže	Zlatá srst, světlá kůže
B_E_	bbE_	__ee	bbee
BBEE, BBEE, BbEe, BbEE	bbEe, bbEE	BBee, Bbee	bbee

Pak už zbývá jen vysvětlit, jak vhodně pracovat s dihybridy v rámci zjišťování výsledků genetických příkladů. Obvykle se začíná s rozšířenou variantou Punnetova čtverce, ale ačkoli je to samozřejmě metoda úspěšná, může dětem tak rozlehlá forma tabulky činit problémy. Proto se často prosazuje druhá varianta výpočtu dihybridních křížení, které se obvykle přezdívá „stromčková metoda“. Ta značně snižuje prostorové náklady v sešitech žáků a také je skrz ni možno rychleji vypočítat i pravděpodobnosti vzniku jednotlivých genotypů. Názorně předvedeno na příkladu:

P: BbEe x bbEE / F1:	$\frac{1}{2}$ bb	$\frac{1}{2}$ EE	= $\frac{1}{4}$ bbEE
		$\frac{1}{2}$ Ee	= $\frac{1}{4}$ bbEe
	$\frac{1}{2}$ Bb	$\frac{1}{2}$ Ee	= $\frac{1}{4}$ BbEe
		$\frac{1}{2}$ EE	= $\frac{1}{4}$ BbEE

Příklad počítáme postupně po alelových párech. Začneme tím, že vypíšeme všechny kombinace možných potomků pro gen „B“ a k nim přiřadíme hodnotu pravděpodobnosti

vzniku takového potomka. Poté ke každé možnosti přidáme všechny možné kombinace, které by vznikly u druhého genu „E“ a opět připišeme hodnotu pravděpodobnosti. Nakonec sepíšeme všechny možnosti a výslednou pravděpodobnost vypočítáme vynásobením dílčích pravděpodobností.

V podstatě tedy pracujeme tak, že tvoříme dílčí Punnetovi čtverce, které rozepisujeme lineárně a přidáváme k nim další podle počtu sledovaných genů. Práce je tak mnohem rychlejší a přehlednější. Snadno tak získáme genotypový štěpný poměr v F generaci, pouze ve sloupcovém zápisu.

Použitá literatura

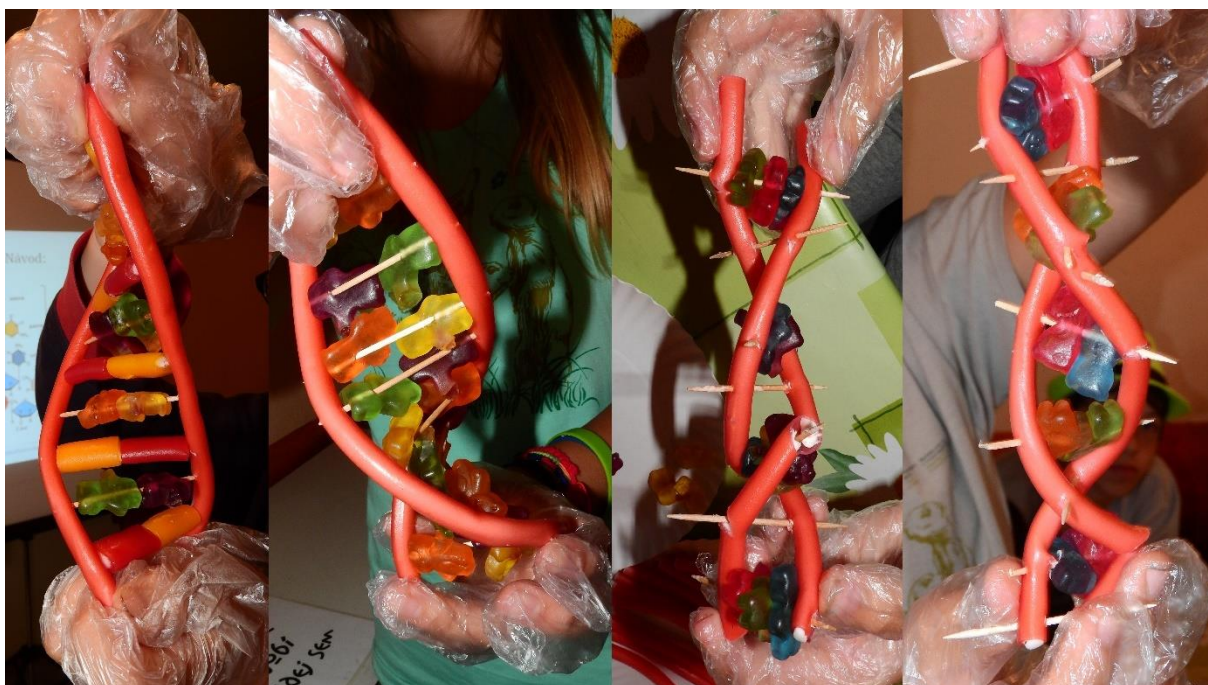
Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2009). Genetika. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 978-80-210-4852-2.

Příloha V: Dokumentace realizace vybraných námětů k výuce genetiky

V rámci několika akcí, kde jsem měla tu možnost vyzkoušet náměty k výuce v praxi, se podařila i skromná fotografická dokumentace výsledků práce dětí, kterou přikládám. K anonymizaci osob byly použity obrázky s licencí „public domain“ z webu Pixabay.com.



Obr. I: Práce na modelech DNA ze sladkostí v rámci „Letního tábora s přírodovědou“, 2016.



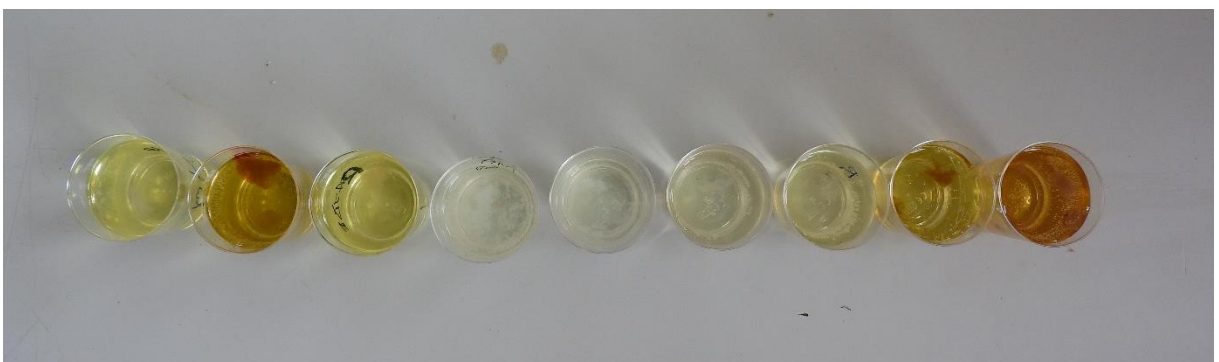
Obr. II: Ukázky zdařilých modelů DNA alpha-helix ze sladkostí.



Obr. III: Práce na extrakci DNA na přírodovědném táboře, 2016.



Obr. IV: Dokončování posledních kroků extrakce, práce s filtráty.



Obr. V: Série extrahovaných vzorků DNA z různých rostlinných a živočišných zdrojů.