GENETIKA VE VZTAHU K VARIABILITĚ U HMYZU

Genetics in relation to variability of insects

Jiří Pradáč

Když jsem dostal na letošním jarním výměnném dnu příležitost pokusit se říci v krátké přednášce o genetice to, co by mohlo zajímat i entomology amatéry, předsevzal jsem si, že připravím přednášku tak, aby jí mohli porozumět i lidé, kteří o tomto oboru nebo o příbuzných oborech, jako je biochemie nebo biofysika, nikdy nic neslyšeli. Že budu přednášet tak, abych nezneužíval velké množství pojmů, které si v průběhu vývoje genetika vytvořila a že neztížím výklad používáním poměrně složitých chemických vzorců s kterými pracuje molekulární genetika. Přitom jsem si byl ovšem vědom toho, že budu přednášet lidem, kteří mají bohaté zkušenosti s taxonomií a pozorováním chování té skupiny hmyzu, kterou si vyvolili k tomu, aby se jí zabývali ve volných chvílích. Poněvadž jsem věřil, že každý z těch, kteří si vyprávění o genetice přijdou poslechnout, se budou nejen snažit porozumět, ale že budou i přemýšlet o těchto nových poznatcích, rozhodl jsem se ponechat v podstatě na posluchačích, aby si z větší míry sami uvedli v souvislost genetiku a svůj obor entomologie. Výběrem materiálu na tak krátkou přednášku z hlediska, které jsem zde naznačil, vzniklo vyprávění o genetice, sice pravdivé, avšak zahrnující pouze zlomek toho, co dnešní genetika zná. Výtah z přednášky předkládám čtenáři. Kdo by se chtěl dozvědět o tomto oboru více, může si přečíst např. knížku J. KLEINA (1964). Základní poznatky jsou též v SEKLOVĚ Obecné biologii (1962) nebo v Molekulární biologii od BRESSLERA (1966). O vztahu genetiky k taxonomii je zatím referováno především v základních pracech, z nichž práce Teppnera uvádím na konci tohoto článku jako příklad.

Zprávy Československ. spol. entomol. ČSAV, Praha, 8, 1972.

Genetická informace v organismu

Každý složitější lidský výtvor bývá zhotoven podle určitého plánu. Plán zahrnuje informace nejen o tom, jak bude výtvor vypadat, ale také o tom, jak bude pracovat. Bývá uložen v archivu, aby jej bylo možno kdykoliv použít a je-li třeba, vytvořit nový výtvor shodný se starým, který již není k potřebě.

Avšak nejen lidské výtvory, ale všechny živé bytosti jsou vystavěny a chovají se podle určitého plánu, podle informací, které jsou uloženy v jádře každé živé buňky živočicha. Tedy každá z mnoha buněk např. střevlíka či tesaříka obsahuje jakýsi "archiv" se všemi informacemi o tvaru, barvě, vnitřní stavbě apod. a také o tom, jak bude brouk reagovat na podněty z okolí, jak se bude chovat. Uložit takové množství informací v tak malém prostoru, jaký zaujímá buněčné jádro, je skutečně nadlidský úkol. Lidská představa miniaturisace zde neobstojí ve srovnání s prostředky, které příroda k tomuto cíli vytvořila.

Informace o chemických strojích, kterými v podstatě živočichové i rostliny jsou, musí být zapsána opět chemicky, aby ji živé soustavy mohly využívat a také "přepisovat" a předávat dalším generacím. Je "zapsána" na submikroskopickém vláknu uloženém v jádře buněk, které je vlastně ohromnou makromolekulou nazvanou biochemiky desoxyribonukleová kyselina. Často se používá pro tuto látku zkratka DNK.

DNK je složena ze čtyř základních jednotek, malých molekul, pouze o něco větších, než je třeba molekula octové kyseliny. Tyto jednotky byly nazvány adenylová (A), guanilová (G), cytidilová (C) a thymidilová (T) kyselina. Jsou seřazeny za sebou v DNK asi tak, jako čtyři různé druhy korálků v náhrdelníku. Jejich pořadím je kódována zpráva, informace o jedinci podobně, jako zpráva v morseově abecedě je kódována pořadím tří základních jednotek: tečky, čárky a mezery. Taková část DNK může vypadat, vyjádřeno ovšem schematicky pomocí začátečních písmen základních jednotek, třeba takto: AAGTCGTTAC.....

Vlákno DNK není ovšem v jádře buňky uloženo chaoticky, ale je rozděleno a jednotlivé části tvoří útvary nazvané chromosomy. Ostatně také lidský archiv bývá rozdělen pro přehlednost a pořádek do oddělení. Rozdělení DNK v chromosomech má však ještě jiný účel, jak bude vidět v dalších odstavcích. Chromosomy jsou viditelné mikroskopem při zvětšení asi 2000 x před dělením buněk.

Jakmile genetici poznali souvislost mezi genetickou informací a chromosomy, které mohli přímo pozorovat, počali pilně zjišťovat je-

jich počet a tvar u řady druhů živočichů a rostlin. Mezi nimi byla např. i muška Drosophila melanogaster, která byla též použita Morganem a jeho žáky jako genetický model a v této úloze se velmi proslavila. Genetici zjistili, že počet a tvar chromosomů v jádře buněk normálních jedinců určitého druhu je s t á l ý . Není to vlastně nic tak překvapujícího když si znovu uvědomíme, že buněčná jádra téhož druhu obsahují totožné informace.

Chromosomy mívají tvar V, J, tvar rohlíčků, tyčinek zrn apod. Je zajímavé, že každý chromosom v jádře normální tělní buňky obou pohlaví má svého dvojníka přesně stejného tvarem i velikostí. V tomto ohledu je vyjímečný pouze jeden pár, který je u brouků a ostatních hmyzích řádů tvořen totožnými chromosomy pouze u samic. Chromosomy tohoto páru byly nazvány X - c h r o m o s o m y . Schematicky je tedy možno tento pár u samic znázornit XX. Obdobná dvojice chromosomů u samců však obsahuje pouze j e d e n chromosom totožný s X chromosomy samic. Druhý je odlišný, nebo u některých druhů úplně chybí. Tuto dvojici u samců můžeme znázornit schematicky XY nebo XO (O zde znamená - chybí). Pouze u motýlů je tomu naopak, samci mají dvojici XX, samice XY nebo XO. O této vyjímečné dvojici chromosomů bylo zjištěno, že obsahuje všechny informace o p o h l a v í jedince a tyto chromosomy byly proto nazvány p o h l a v n í chromosomy. Ostatní se jmenují n e p o h l a v n í nebo také a u t o s o m y. Představte si, kolik informace musí pohlavní chromosomy obsahovat třeba u druhů, které jsou sexuálně dimorfní.

Proč jsou však všechny nepohlavní chromosomy párové? Není to od přírody plýtvání materiálem? Odpověď je jednoduchá, i když smysl párových chromosomů překvapuje svou účelností. Párové nepohlavní chromosomy obsahují sice informace o t ě c h ž e vlastnostech živočicha, např. o barvě krovek, avšak zpravidla ve dvou různých alternativách. Takže na jednom chromosomu v určitém páru může být informace o tom, že krovky brouka budou třeba zelené, informace na druhém chromosomu proklamuje modrou barvu krovek. Pouze někdy se uplatní obě informace a pak vznikne jedinec jehož krovky budou modrozelené. Jindy však bývá jedna informace silnější než druhá a vznikne jedinec s čistě modrými nebo čistě zelenými krovkami. Potlačená informace však v buňkách brouka existuje a může být předávána potomkům. A setká-li se přitom s jinou, vzhledem k ní slabší informací, může se uplatnit. Té informaci, která se v jedinci uplatňuje říkáme d o m i n a n t n í , slabší informaci - r e c e s i v n í . Z posledních vět jistě vyplynulo, že dominantnost a recesivita informací pro určité vlastnosti je relativní, záleží na tom, s jakým partnerem se informace v jedinci setká.

Předávání genetické informace dalším generacím

Již jsem se zmínil o tom, že informace obsažená v chromosomech je předávána z generace na generaci. Podívejme se, jak se to stane.

Nejprve co se děje při tvorbě pohlavních buněk, spermií a vajíček. Obě vznikají z určitých tělních buněk. Přitom se nejprve v určitém stadiu vývoje tělní buňky sejdou chromosomy na rovníku jádra. Pak se členové párů chromosomů zcela náhodně rozejdou k jeho pólům. Jádro se potom zaškrtí a z každé poloviny vznikne nová buňka, ovšem pouze s polovičním počtem chromosomů. V samčím těle je to spermie, v samičím vajíčko. Takovému dělení tělních buněk se říká redukční dělení nebo také meiose. Všimněte si, že vzniklá spermie i vajíčko sice obsahují všechny informace o vlastnostech organismu avšak pouze v jednom provedení, v jedné alternativě.

Dojde-li ke kopulaci, spojí se vajíčko se spermií a tak v oplodněném vajíčku jsou opět kompletní páry chromosomů. Výběr členů párů chromosomů ovlivní tři náhodné děje. Náhodně se rozešly chromosomy při vzniku spermií a vajíček, jak o tom bylo v předchozím odstavci. Do jisté míry náhodou se setká určitý samec s určitou samicí a opět náhodou oplodní určitá spermie určité vajíčko. Tedy "náhoda na třetí", která ovlivňuje výběr informací o vlastnostech nového jedince. Je pomůckou, kterou bychom byli náchylni opatřit přívlastkem "geniální" kdyby šlo o lidský vynález. Všechno se totiž tímto způsobem vyzkouší, každá informace o vlastnostech organismu si přijde na své a má příležitost ukázat zda vlastnost dle ní vytvořená je k životu nebo k smrti jedince.

Ještě jak to je při redukčním dělení a při spojení vajíčka se spermií s pohlavními chromosomy? Zmínil jsem se již o XX složení pohlavního páru chromosomů např. u samice brouků a XY nebo XO u samců v normálních tělních buňkách. Při redukčním dělení se páry chromosomů, tedy i pohlavní páry, rozejdou a tak každé vajíčko vzniklé z tělní buňky samic dostane jeden X chromosom, každá spermie vznikající z tělní buňky samce dostane buď X nebo Y chromosom, nebo nedostane žádný, mají-li tělní buňky samce složení pohlavních chromosomů XO. A tak vždy zcela stejná vajíčka se setkávají se spermiemi, které se mohou lišit pohlavním chromosomem. Je lehké si domyslet, že vznikne zárodek samice, setká-li se vajíčko se spermií s X chromosomem a zárodek samce tehdy, obsahuje-li spermie oplodňující vajíčko pohlavní chromosom Y nebo neobsahuje-li jej vůbec. U brouků (a také u ostatních skupin hmyzu) tedy určuje spermie pohlaví budoucího jedince. Jen u motýlů je tomu naopak z důvodu, který jsem již uvedl.

Vajíčko je tedy oplodněné, dělí se a vzniká nový jedinec. Podívejme se opět, co se děje s chromosomy v buňkách. Nejprve se zdvojnásobí jejich hmota. Je to jakoby pilný písař přepsal zápisy ve všech odděleních archivu. Pak se zdvojnásobené chromosomy shromáždí na rovníku jádra podobně jako při redukčním dělení. Nyní se však rozejdou tak, že každá polovina jádra dostane stejnou část každého zdvojnásobeného chromosomu. Původní archiv a jeho kopie jsou odděleny. Vzniknou dvě nové buňky s k o m p l e t n í a ú p l n ě t o t o ž n o u chromosomální výbavou. Dělení buněk a tím růst brouka, motýla nebo jiného hmyzu pak pokračuje a každá jeho buňka obsahuje úplné a do všech podrobností stejné informace o novém jedinci.

To, co bylo popsáno v předchozím odstavci, platí samozřejmě i pro pohlavní chromosomy. Pouze někdy se polovina zdvojeného X chromosomu zárodku samice při dělení zpozdí a nedostane se do nové buňky. Ta se tím stane s a m č í buňkou (má pouze jeden X chromosom) a dále se jako samčí dělí. Párová buňka dostane však oba X chromosomy a dělí se proto dál jako samičí. Tak vznikne jedinec, jehož jedna polovina má samčí, druhá samičí znaky - gynandra. Není nesnadné si představit, že samčí a samičí znaky má jedinec v poměru 1:1 tehdy, nastane-li zmíněná porucha v rozdělování X-chromosomů při prvním dělení vajíčka. Nastane-li při druhém, bude mít jedinec 3/4 znaků samičích a 1/4 samčích apod. Vznik gynander je však poměrně vzácný a tak bývají předmětem úsilovně vyhledávaným některými sběrateli. Poruchu je prý možné, např. u motýlů, vyvolat mechanicky otřesy kukel v určitém stadiu vývoje.

Vyprávění se až doposud týkalo pouze rozdělování informace. Nic však doposud nebylo řečeno o tom, jak se tato informace využívá při stavbě organismu a při jeho reakcích vůči okolnímu prostředí.

Řízení činnosti organismu genetickou informací

Z DNK se pochopitelně nic nepostaví podobně, jako papír, na němž jsou nakresleny plány a inkoust nebo barva jíž jsou zapsány, neslouží jako materiál ke konstrukci strojů. DNK zůstává v jádře buňky tak, jako plány zůstávají uloženy v archivu. Má-li být něco v buňce postaveno, syntetisováno podle informace zapsané na DNK, musí se nejprve potřebná část informace "přepsat". Stane se to tak, že k pospojovaným základním jednotkám, které vytvářejí DNK a jejichž pořadí kóduje informaci, se přidávají stejné, zatím samostatné, nespojené jednotky a to tak, že k jednotce A (adenylová kyselina) se přiřazuje T (thymi-

dilová kyselina) a ke G (guanilová kyselina) se přiřadí C (cytidilová kyselina). Toto doplňkové, komplementární přiřazování je umožněno tím, že uvedené páry mají vzájemnou přitažlivost vyvolanou chemickými silami. Nově přiřazené jednotky, zatím ještě samostatné, se navzájem spojí a vytvoří nové, paralelní vlákno na němž je vlastně jakýsi negativ informace, té, která byla na přepisovaném úseku DNK. Nové vlákno se pak odpojí od DNK a přemístí se do prostoru buňky. Nazývá se r i b o n u k l e o v á k y s e l i n a (R N K) a poněvadž nese z jádra do buněčného prostoru informaci, nazývá se též informační RNK (iRNK). Někdo by snad nyní očekával, že pomocí iRNK se budou přímo vyrábět látky potřebné pro stavbu a chování organismu. Tak tomu ovšem není. Na iRNK se syntetisují teprve chemické "stroje" které potřebné látky umějí vyrábět. Tyto stroje se nazývají e n z y m y a jsou to v podstatě bílkoviny. Jsou složeny z jiných základních jednotek než DNK nebo iRNK, z dvaceti a m i n o k y s e l i n , seřazených v určitém, opět přesném pořadí. Pracují velmi specificky, každý umí vyrábět pouze určitou potřebnou látku, nebo uskutečnit určitý krok k její syntéze a právě pořadí aminokyselin v enzymu určuje, k čemu se bude enzym hodit.

Biochemikům a genetikům dalo mnoho práce než zjistili, jak mohou čtyři základní jednotky iRNK kódovat pořadí dvaceti aminokyselin. Jedna aminokyselina nemůže být kódována ani jednou ani dvojicí čtyř základních jednotek iRNK, poněvadž dvojic (s ohledem na pořadí ve dvojici) je pouze 16. Je jednoduché je vytvořit: AA, GG, CC, TT, AG, AC, AT, GC, GT, CT, TC, TG, TA, CG, CA, GA. Až trojic, s ohledem na pořadí jednotek v trojici, je 64, což je o mnoho víc než 20 aminokyselin. A skutečně bylo pokusně dokázáno, že na iRNK se syntetizuje enzym přiřazováním aminokyselin k t r o j i c í m základních jednotek na vláknu iRNK a později jejich spojením a oddělením hotového enzymu od vlákna iRNK.

Jak již bylo zmíněno, enzymy syntetizují nejen látky potřebné pro stavbu jedince, ale i takové substance, které reagují na podněty z okolí, ať již chemické, tepelné, tlakové, elektrické apod. a které tím určují chování jedince. Celý proces od přepisu informace by mohl být přirovnán k překopírování plánů strojů ze základního archivu, výrobě strojů podle této kopie a konečně k produkci výrobků těmito stroji.

Proces, tak jak byl zde popsán, je jistě dosti složitý. A ve skutečnosti je ještě mnohem komplikovanější. Leckoho by mohlo napadnout, proč příroda nesyntetizuje látky třeba přímo na DNK. Složitá cesta od základní informace na DNK k látkám potřebným k životu je však zřejmě nutná proto, aby se zvýšila schopnost regulace organismu

a to se jistě stane zvětšením počtu mezistupňů které se mohou navzájem ovlivňovat.

Ještě o jedné stránce přenosu informace se chci zmínit. Čtenáře již pravděpodobně znepokojilo jak je možné, že buňka využívá v určitém okamžiku pouze n ě k t e r é informace ze svého informačního "archivu". Dokonce specialisované buňky v těle brouka nebo motýla mnoho informací vůbec nikdy nevyužijí. Je to způsobeno tím, že vlákno DNK je kryto určitou látkou, pravděpodobně bílkovinou (nazývá se histon), která m a s k u j e informaci zapsanou na vláknu. Blokující látce se též říká r e p r e s o r . K odmaskování je třeba jiné sloučeniny, i n d u k t o r u , která se spojí s represorem a odstraní jej s povrchu DNK. Induktorem může být např. látka, která má být enzymy, vyrobenými podle doposud maskované informace, zpracována. Jindy je to nějaký hormon, k odmaskování některých genů může dojít sekundárně i působením fysikálních vlivů, jako osvětlení, zahřátí apod.

Z m ě n a g e n e t i c k é i n f o r m a c e , m u t a c e

Genetická informace zaručuje v organismech stálost znaků a u nižších živočichů, jakými je hmyz, i stálost chování. A přece se vlastnosti druhů mění, vyvíjejí se a změny, které nastávají u určitého druhu, mohou být dědičné. V tom případě se musí změnit genetická informace, tj. pořadí základních jednotek (A, G, C, T) v určitém úseku DNK. Naznačím, jak k tomu může dojít. Vlivem nějakého fysikálního či chemického zásahu se někdy p ř e m ě n í jedna základní jednotka v určitém místě v jinou (např. A v G). Jindy se může oddělit část DNK a opačným koncem se připojí ke zbytku vlákna. Může dojít i k překřížení dvou částí DNK a v místě překřížení k výměně fragmentů obou vláken. Ve všech případech dojde ke změně p o ř a d í základních jednotek v postiženém úseku. Nově vzniklá informace může být nesmyslná i smysluplná tak, jako ve zprávě zapsané Morseovou abecedou může vzniknout nesmysl i pozměněná zpráva třeba záměnou jedné tečky čárkou. Podle pozměněné informace na DNK vznikne odchylný jedinec, m u t a n t . Nová informace je jím pak vyzkoušena a buďto se osvědčí a pak životaschopný jedinec předává tuto informaci potomkům, nebo s ním zanikne.

Jaké vlivy mohou způsobit změnu informace? Především záření, zvláště krátkovlnější, tvrdší, jako je rentgenovo záření, pak γ - záření vznikající při rozpadu jader atomů, nebo kosmické paprsky. Že tomu tak je, zjistil Müller již v roce 1927. Jeho objev byl tak vý-

znamný, že za něj dostal Nobelovu cenu. Představte si, že byste si ozařováním vajíček nebo kukel brouků rentgenem mohli vytvořit libovolný počet dědičných odchylek, třeba aberací. Kosmické paprsky jsou pak asi nejčastější příčinou vzniku přirozených, lidským zásahem nezpůsobených mutací. Ovšem i ultrafialové záření a dokonce i tepelné dokáže způsobit mutace i když daleko méně často.

Změna genetické informace a tím vznik mutantů může být způsoben také chemicky. Mutaci přivodí třeba některé chlorované uhlovodíky, jako je např. yperit, bojová látka ze skupiny "Žlutého kříže". V nedávné době se zjistilo, že i chlorované uhlovodíky, používané jako insekticidy, mohou poškodit genetickou informaci a vyvolat mutace a to i takové, jejichž výsledkem je třeba růst rakovinných nádorů.

Jedna malá episoda. V Anglii poblíže North Durham začali sběratelé začátkem tohoto století nalézat tmavé odchylky motýla Ypsipetes trifasciata, které nebyly předtím známy, i když se tímto druhem sběratelé zabývali již řadu let. Během krátké doby asi deseti let nebylo možno v určitých oblastech vůbec nalézti původní světlou formu. Brzy se zjistilo, že takové oblasti jsou v okolí průmyslových měst. Prof. Harrison pak pokusně dokázal, že změnu informace světlý motýl - tmavý motýl způsobily v tomto případě ionty těžkých kovů, olova a manganu, obsažené v exhalacích vypouštěných některými továrnami.

Vedle neúspěšných mutantů se vždy vytvoří mutanti úspěšnější nebo alespoň stejně úspěšní jako původní jedinci. Může dojít i k tomu, že některý mutant dovede lépe snášet okolní podmínky, nebo dokáže vzdorovat i vlivům, které dříve v přírodě nepůsobily (např. vlivy zapříčiněné člověkem). Mutanti nemusí být vždy odlišní vzhledem od původní formy. Často má mutant pozměněné své vnitřní funkce. Jsou třeba mutanti mandelinky bramborové odolní vůči DDT nebo jiným insekticidům vnějšími znaky nerozlišitelní od původní formy. Přitom taková odchylka může být co do složitosti změny genetické informace rovnocenná barevné nebo tvarové odchylce. A tak by ve sbírce mohla být vedle typické formy odchylka označená třeba: mandelinka bramborová odolná vůči DDT.

V y u ž i t í g e n e t i k y v t a x o n o m i i

Nakonec se chci zmínit o tom, jak by i entomologové-amatéři mohli využít genetiku v taxonomii a především přispět k pokroku v této oblasti. O objevy by zde nebyla nouze, neboť genetici-profesionálové zpravidla nemají čas ani zájem studovat chromosomy mnoha druhů a vyhledávat jedince (larvy nebo kukly) hlavně vzácnějších druhů, aby

mohli pořídit preparáty chromosomů. Na druhé straně pořídit chromosomový preparát není tak obtížné a šikovnému pracovníku stačí základní mikroskopické pomůcky, slušný mikroskop a fixační a barvící roztoky. Je vítané, když se mikroskopické obrázky mohou fotografovat, neboť pak se negativ zvětší a obrazy chromosomů se vystříhají, seřadí a hodnotí se počet, tvar, rozměry, plocha chromosomů apod. Kriteriem při rozlišování chromosomů je také jejich barvitelnost, neboť některé části chromosomů se jinak barví určitými barvivy než jiné části, CHRZ, MICHALOVÁ, ČESKÁ (1972).

Různé skupiny např. brouků se liší svojí informační výbavou. Tak krasci mají 5, 7, 9, 10, 11, nebo 12 párů autosomů (nepohlavních chromosomů), u samic je pak ještě pohlavní pár XX, u samců XY nebo XO. U mandelinek je počet párů autosomů mezi 10 a 17 a pohlavní chromosomy jsou značně variabilní. Nosatci mívají celkem pravidelně 10 párů autosomů a samice ještě XX, samci XY nebo XO.

TEPPNER (1966, 1968) např. studoval chromosomy (tzv. karyotyp) u tesaříků. Nalezl, že např. Saphanini řazení k Aseminům mají 20 chromosomů (9 párů autosomů + XX nebo XY) a jsou tak bližší Lepturám (tentýž karyotyp) než Aseminům (11 párů autosomů + XX nebo XY). Autor pak zjistil, že i některé znaky (např. larvální) mají Saphanini společné s Lepturiiny. U Acanthocinů naproti tomu nevypadala morfologie larev jednotná, avšak u všech tří studovaných druhů je totožný karyotyp (10 párů autosomů + XX nebo XY). Spondylis je obecně řazen do tribu Asemini. Linsley (1962) však řadí Spondylis a Scaphinus do podčeledi Spondylinae. Spondylis sjednocuje primitivní znaky, z nichž je možno vyzdvihnout 5-ti členné tarsy a stavbu tykadel. Odpovídá to i odlišnému počtu chromosomů - 30. Rod Exocentrus je podle počtu chromosomů nejednotný. U dvou druhů je 22 chromosomů, u jednoho druhu je 26.

Údajů tohoto druhu je však zatím málo a jsou poměrně nedokonalé (i u citovaných prací) pro obecnější taxonomické studie nebo k tomu, aby mohla být určena korelace mezi fylogenetickým vývojem druhů a počtem a tvarem chromosomů, zkrátka ke zjištění, jak se chromosomální výbava při vývoji druhů mění. Mohlo by to posloužit i k zpřesnění dosavadních fylogenetických závěrů založených především na vývoji morfologických znaků. A k tomu by bylo právě potřeba velké množství údajů o karyotypu mnoha druhů hmyzu, k jehož získání by mohli přispět a v budoucnosti jistě přispějí i zasvěcení amatéři. Závěrem bych chtěl znovu upozornit na informativní charakter článku. Praktická metodika studia chromosomů u hmyzu bude uveřejněna v některém z příštích čísel.

Summary

The general information concerning to genetics in relation to the insect variability is presented. In the first part the code of genetic information, the transmition of genetic information to following generations and the control of an activity of the living organism are explained. The second part of the article deals with the origin of mutants. In the third part examples of the utilization of genetics in taxonomy are given.

Literatura

BRESLER S. J., 1966: Molekulární biologie, NČSAV Praha. - CHRZ R., MICHALOVÁ K., ČESKÁ J.; 1972: Nové metody stanovení lidských chromozomů, Vesmír, 51 (3): 73. - KLEIN J. 1964: Molekulární základy dědičnosti, Orbis Praha. - SEKLA B., 1962: Obecná biologie I. díl, SZN Praha. - TEPPNER H., 1966: Chromozomenzahlen einiger mitteleuropäischer Cerambycidae (Coleoptera), Chromosoma (Berl.), 19: 113-125. - TEPPNER H., 1968: Chromozomenzahlen einiger mitteleuropäischer Cerambycidae (Coleoptera) II, Chromosoma (Berl.), 25: 141-151.

Adresa autora: (Address of the author:) RNDr. J. Pradáč, CSc., Biofysikální ústav FVL KU Salmovská 3, Praha 2, ČSSR