

Zamyšlení nad inspirativní silou Mendelových objevů

Kdybychom význam Gregora Johanna Mendela (1822–84) hodnotili pouze podle počtu jeho vědeckých publikací, museli bychom ho považovat za meteorologa (blíže o jeho životě viz Živa 2012, 6: 266–268). Pro mnohé své současníky jím také opravdu byl. Na Mendelově úmrtním oznámení je uvedeno, že byl zakládajícím členem Vídeňského ústavu pro meteorologii a zemský magnetismus. Přesto nejdůležitějším vkladem Mendelova vědeckého působení zůstává nepochybně jeho práce o hybridech rostlin, která znamenala zásadní průlom ve studiu života, zcela rovnocenný s přínosem Charlese Darwina.

Pokusy s rostlinnými hybridy byly provedeny a publikovány již před Mendelem (Roberts 1929), ale většina těchto prací se snažila objasnit hybridizaci v procesu vzniku nových druhů a ne v dědičnosti samotné. Např. Carl Linné popsal pouze F1 hybridy (první generace potomků z křížení rodičů) druhů rodu kozí brada (*Tragopogon*) a při použití různých druhů nemohl jasně vidět štěpení, ale naopak spíše mísení znaků; na jeho práci navázal Joseph G. Kolreuter popisem sterility hybridů tabáku (*Nicotiana*). G. J. Mendel svým objevem popsal kontinuitu dědičné informace, i jakým způsobem se přenáší přes generace. Tím zásadně doplnil Darwinův popis evoluce, do té doby založený jen na kontinuitě vývoje forem živých organismů.

Tajemná hádanka dědičnosti

Jako chovatelé domácích zvířat a pěstitelé zemědělských rostlin měli lidé vždy mimořádný zájem na tom, aby získali co největší užitek z vlastností chovaných a pěstovan

vaných organismů. Člověka přirozeně zajímalo i vlastní potomstvo, jeho schopnosti, duševní a tělesné zdraví, jakož i samotné pokračování lidského rodu. Nepřekvapí tedy, pokud zjistíme, že již nejstarší starověká literatura obsahuje myšlenky o podstatě dědičnosti. Velmi zjednodušeně se tam praví, že „dědičnost je schopnost stejného plodit stejné“. Principem dědičnosti je tedy vytváření potomka jako kopie rodičů.

V antických lékařských textech *Corpus Hippocraticum* z 5. až 4. stol. př. n. l. je představa dědičnosti jako kopírování vyjádřena takto: „Dítě velkých rodičů jest přirozeně velké. Z člověka flegmatického vzniká flegmatik, z cholerického cholerik, ... z epileptika epileptik, z modrookého modrooký, ze slepého slepý, vůbec z člověka jakkoli zmrzačeného zmrzačený. Obecně se rodí z lidí zdravých zdraví, z nemocných nemocní, a to platí nejen o celém těle, nýbrž o každé jeho části. ... Podobně je tomu i u rostlin. Z dobrých se rodí dobří, z lepších lepší, z nejlepších nejlepší, ze špatných špatní, ze zbožných zbožní, z urozených urození atd. A právě tak tomu jest i s jejich osudy: ze šťastných se rodí šťastní, z nešťastných nešťastní, z vítězů vítězové, z králů králové.“



1

Nejdůkladněji pojetí dědičnosti jako kopírování promyslel Aristoteles, podle něhož má např. nejen člověk plodit člověka, ale protože pokládá samce za princip geneze, dokonce člověka pohlaví mužského a podobného otci: „Není-li tomu tak, narodí-li se místo chlapce děvče, aneb je-li plod podoben matce či vzdáleným předkům, je to anomálie.“ Z širšího pohledu podobné názory prostupují celými dějinami západních civilizací a často nacházejí své zastánce v nejrůznějších ideologických a politických vrstvách a kruzích mnohdy až dodnes.

Dědičnost a Darwin

Darwin rozpracoval tzv. pangenetickou teorii dědičnosti, která uvádí, že jsou za dědičnost odpovědné gemmuly – mikročástice jednotlivých orgánů, jež odcházejí do pohlavních orgánů a ovlivňují tvar a funkci orgánů potomstva. Na rozdíl od myšlenek Aristotela však Darwin uvažuje o tzv. slévání dědičného základu obou rodičů a důsledkem toho jsou vlastnosti potomstva směsí vlastností rodičovských. Jako bílá a černá tekutina spojená v jedné nádobě dává vzniknout tekutině barvy šedé, tak se u potomstva směřují vlastnosti obou rodičů. Avšak nutno podotknout, že Darwin si byl vědom nedostatku své hypotézy a považoval ji pouze za provizorní.

Další problém pro Darwina představovala zásadní otázka: „Odkud se bere nová vlastnost v populaci, z jakých kvalitativně nových vlastností má přírodní výběr vlastně vybírat?“ Bylo jasné, že pouhým kopírováním a sléváním vlastností rodičů se u potomstva tato požadovaná kvalitativně nová vlastnost objeví jen stěží. A pokud



2

1 Gregor Johann Mendel. Portrét z r. 1862

2 Klášterní zahrada a skleník, který nechal Mendel postavit. Snímek z r. 1902



Versuche über Pflanzen-Hybriden.

Van
Gregor Mendel.

(Verlegt in den Stämmen vom 8. Februar und 8. März 1865.)

Einleitende Bemerkungen.

Künstliche Befruchtungen, welche an Zierpflanzen deshalb vorgenommen wurden, um neue Farben-Varianten zu erzielen, waren die Veranlassung zu den Versuchen, die her besprochen werden sollen. Die auffallende Regelmässigkeit, mit welcher dieselben Hybridformen immer wiederkehrten, so oft die Befruchtung zwischen gleichen Arten geschah, gab die Anregung zu weiteren Experimenten, deren Aufgabe es war, die Entwicklung der Hybriden in ihren Nachkommen zu verfolgen.

Dieser Aufgabe haben sorgfältige Beobachter, wie Kölreuter, Gärtner, Herbert, Lecoq, Wichura u. a. einen Theil ihres Lebens mit unermüdlicher Ausdauer geopfert. Namentlich hat Gärtner in seinem Werke „die Bastardzeugung im Pflanzenreiche“ sehr schätzbare Beobachtungen niedergelegt, und in neuester Zeit wurden von Wichura gründliche Untersuchungen über die Bastarde der Weiden veröffentlicht. Wenn es noch nicht gelungen ist, ein allgemein gültiges Gesetz für die Bildung und Entwicklung der Hybriden aufzustellen, so kann das Niemanden Wunder nehmen, der den Umfang der Aufgabe kennt und die Schwierigkeiten zu würdigen weiss, mit denen Versuche dieser Art zu kämpfen haben. Eine endgiltige Entscheidung kann erst dann erfolgen, bis Detail-Versuche aus den verschiedensten Pflanzen-Familien vorliegen. Wer die Ar-

1* 4

dojde k jejímu vzniku, nemá na co působit přírodní výběr, a tedy nemohou ani vzniknout nové druhy!

Tento problém by podle Darwina měla řešit tzv. dědičnost získaných vlastností. Konceptci převzal od svých předchůdců, nikoli však od Jean-Baptiste Lamarcka, jak se někdy uvádí. Podle dědičnosti získaných vlastností vyvolává vznik nové vlastnosti tlak vnějšího prostředí, ve kterém organismus žije. Tato změna se pak stává dědičnou a přenáší se na potomstvo – např. pokud odstraníme myším ocásky, jejich potomstvo by se mělo rodit už bezocásé. To se však rovněž nepotvrdilo. (Myšlenka dědičnosti získaných vlastností má ale stále své příznivce; dnes lze její prvky nalézt v tzv. neolamarckismu, který bývá spojován s epigenetikou zabývající se změnami v genové expresi, tedy často i ve fenotypu.) S řešením otázky podstaty dědičnosti tak po staletích neúspěchů přichází až G. J. Mendel.

Mendelův přístup a objev

Mendel si všiml důležité okolnosti, která odporuje předpokladu, že se vlastnosti obou rodičů přenášejí na potomstvo sléváním. Pokud křížil rostliny hrachu setého (*Pisum sativum*) s dlouhým a krátkým stonkem, potomstvo mělo bez výjimky zase vždy buď dlouhý, nebo krátký stoněk. Stejně jako jeden nebo druhý z rodičů. To odporuje představě, že by mělo mít stonky dlouhé přesně v polovině rozdílu mezi délkou stonků obou rodičů. Taková situace nikdy nenastala. Mendel nebyl první ani v pozorování, ani ve výběru hrachu s kontrastními znaky. Thomas Andrew Knight publikoval už r. 1799 práci týkající se hrachu, v níž vyjmenoval důvody, proč si vybral právě tento druh – byly téměř stejné, a to včetně pořadí, v jakém je uvedl Mendel. Knight měl však malé počty hybridů, a tak nevyvodil obecné závěry. Také John Goss a Alexander Seton, oba z Anglie, zveřejnili studie (1820, 1822) o dominantní barvě květu a dělohy hrachu a popsali štěpení

znaků, ale také bez odvození obecných zákonitostí. Ani Thomas Laxton nemohl ze svých pokusů s hrachem (1872) vyvodit obecnější závěry – od F2 generace měl mnohem nižší počty jedinců, jež mu dovolily jen popsat štěpení.

O tom, že koncepce slévání vlastností je ve své podstatě absurdní, svědčí prostá úvaha o dědění pohlaví. I pohlaví znamená velmi důležitou a evolučně výhodnou vlastnost naprosté většiny mnohobuněčných organismů, která se po celé generace přenáší z rodičů na potomstvo, ale nepochybně se tak nemůže dít cestou slévání vlastností. Jen těžko si lze představit, jaká směs obou pohlaví by vznikla, ale je zřejmé, že by se pohlavní způsob rozmnožování okamžitě a radikálně změnil. Na rozdíl od ostatních si toho byl Mendel jistě vědom a musel předpokládat, že se takto vlastnosti nedědí. Začal tedy řešit, jak se dědí... a dědí se vůbec?

Po sérii dobře připravených a zpracovaných experimentů s hrachem Mendel došel k základnímu zjištění: místo vlastností se z rodičů na potomstvo přenáší dědičná informace (jeho slovy uspořádané elementy dědičnosti). Tyto Mendelovy dědičné elementy dnes nazýváme geny nebo přesněji dědičnou (genetickou) informací.

Mendel provedl celkem několik desítek tisíc pokusů především s hrachem, ale i s jinými rostlinami. Jako příklad můžeme zjednodušeně uvést křížení žlutého semene hrachu se zeleným. Samoopylením si vypěstoval homozygotní (se stejnou alelou daného genu od obou rodičů) generaci žlutého a stejně tak i zeleného semene. Ve spojení obou znaků se žlutý jevil jako dominantní, proto ho označil velkým písmenem (A). Zelený hrách se v tomto spojení neprojevoval, proto byl označen malým písmenem (a). Jak lze nyní předpokládat, hybridní potomstvo žlutého a zeleného hrachu bylo vždy žluté (Aa). Avšak cestou samoopylení bylo potomstvo tohoto hybridu rozděleno v poměru 3 : 1, tedy tři díly

3 Vyšší státní reálka v Brně v Jánské ulici, kde G. J. Mendel učil a sídlil zde také jeho Přírodovědecký spolek. Právě tady poprvé přednášel o svém objevu.

4 Mendel publikoval svůj objev v r. 1866 ve čtvrtém ročníku časopisu brněnského Přírodovědeckého spolku. Pod názvem Pokusy s hybridy rostlin (Versuche über Pflanzen-Hybriden) zveřejnil svou přednášku z předchozího roku, v níž referoval o výsledcích pokusů s hrachem setým (*Pisum sativum*). Snímky z archivu Mendeliana, Moravské zemské muzeum

žlutých semen ku jednomu dílu semen zelených. Tak jsou zde zastoupeny všechny možné kombinace – homozygotní žlutá (AA) a zelená (aa), i heterozygotní žlutá (Aa), (aA). Poměr 3 : 1 na úrovni fenotypu je na úrovni genotypu poměrem 1 : 2 : 1 (jeden dominantní homozygot AA, dva heterozygoti Aa, aA, jeden recesivní homozygot aa). To je možné pouze tehdy, pokud předpokládáme, že se nedědí hotové vlastnosti, ale uspořádanost dědičných elementů, tedy dědičná informace.

Přijetí a hodnocení Mendelova objevu

Někdy se setkáváme s názorem, že Mendel svými objevy předběhl dobu tím, že dovedně kombinoval šlechtitelství a statistiku. Jde však jen o povrchní postřeh. Ústředním bodem Mendelova objevu byl experiment, který ve svém uspořádání nese všechny znaky fyzikálního pokusu. Vedle statistického zpracování výsledků a jejich matematické generalizace šlo především o fakt, že jasně definoval výchozí podmínky. V experimentální fyzice, kterou studoval, to byl základní metodologický požadavek kritéria pro vyhodnocení výsledků, což však šlechtitelé dosud nedělali. A tak v Mendelově práci najdeme poprvé buňku pojmanou jako základní informační jednotku, první model (přenosu elementů dědičnosti) v biologii ověřený experimentálně.

Nejdůležitější ve vztahu k Mendelovu objevu je však pochopit, že nikdy nemohl pozorovat struktury, které studoval – struktury mechanismu splývajících pohlavních buněk při oplození. V té době neměl on (ani nikdo jiný) k dispozici žádné technické prostředky, které by umožnily tyto struktury sledovat, zviditelnit. Odhaloval příčiny ukryté v černé skříňce života. Měl jedinou možnost, jak si udělat představu o tomto skrytém mechanismu a principech jeho fungování: získat v průběhu experimentu kontrolu nad vstupy a výstupy. Jinak řečeno, přesně definovat výchozí podmínky tak, aby mohly být porovnány s danými výsledky. Mendel byl jediným vědcem své doby, který to dokázal. Jeho genialita spočívá ve smyslu pro přesnost a provedení, hodnocení a vyvození obecnějších závěrů; uměl aplikovat matematiku na biologický systém. Jak sám napsal: „V několika semenářstvích jsem odebral celkem 34 více či méně rozdílných odrůd hrachu a podrobil je dvouleté zkoušce. ... odrůdy daly naprosto stejné a konstantní potomky; v obou pokusných letech jsem aspoň neznamenal žádnou podstatnou změnu.“ Geniální na Mendelových pokusech je právě zaměření se na vnitrodruhovou variabilitu místo mezidruhového křížení, které prováděli jiní předtím včetně C. Linné.

Princip definování výchozích podmínek pro hybridizační experimenty představovaly výsledky testů na stálost vybraných znaků u potomstva. Jde o ty rostliny, které

se liší trvale v jednom či více sledovaných znacích, protože jejich potomstvo po dobu 4–6 generací zůstává v těchto znacích stále (konstantní). Z hlediska informační teorie a systémového přístupu tak měl Mendel vstupy pod přímou kontrolou.

Fenotyp hybridů hrachu vzniklých křížením definovaného materiálu můžeme označit za jakousi černou skříňku. Pomocí samoopylení hybridního hrachu ji lze přinutit k segregacnímu poměru 1 : 2 : 1 u potomstva ve sledovaných znacích. Srovnáním vstupů a výstupů Mendel došel k logickému závěru, že celý experimentální proces mechanismu dědičnosti a variability dokáže vysvětlit za předpokladu, že se z generace na generaci nedědí znaky, ale elementy (informační jednotky). Jejich podstatu definoval takto: „Tento vývoj probíhá podle konstantního zákona, který spočívá v materiální skladbě – struktuře pohlavní buňky (materielle Beschaffenheit) a uspořádání elementů (Anordnung der Elemente), které v buňce dosáhly životaschopného sjednocení.“

Mendel vědomě kladl důraz na strukturu biologického systému, na jeho uspořádání jako podstatu vztahů elementů, tedy to, co dnes chápeme pod pojmem informace.

Převratnost objevu však znamenala komplikovaný průběh jeho uznání světovou vědeckou komunitou. Jak známo, Mendel se plněho docenění nedožil. Jediný bezprostřední ohlas na jeho přednášky otiskl

brněnský deník *Neuigkeiten* 10. března 1865, podepsaný iniciálou Z.: „Poté, co p. Karl Theimer zahájil zasedání..., proslvil p. profesor G. Mendel svou druhou přednášku o hybridních rostlin. Navázal na své sdělení, které učinil dne 8. minulého měsíce na poslední spolkové schůzi a mluvil obecně o tvorbě buněk, oplození a tvorbě semen a zvláště o hybridních s odkazem na své pokusy s *Pisum* (hrachem), které konal s velkým rozhledem i úspěchem a ve kterých chce, jak oznámil, pokračovat také v příštím létě...“ Poprvé si vědecký svět uvědomil význam Mendelovy práce až v r. 1900, tedy plných 35 let po jejím zveřejnění a 16 let po badatelově smrti. Za tzv. znovubojvením Mendelova objevu stojí především tři významní badatelé Hugo de Vries, Carl Correns a Erich von Tschermak. Myšlenka nezávislých dědičných jednotek se objevila na počátku 20. stol. Correns získal v experimentech Mendelův štěpný poměr v r. 1899. Tschermak zahájil pokusy s hrachem podle svého tvrzení už r. 1898. Jeho práce přinesla štěpné poměry 8,3 : 3 : 2,6 : 1. Toto potvrzení Mendelova objevu položilo základy genetiky. Počáteční období jejího vývoje až do objevení struktury molekuly DNA bývá také nazýváno mendelismem. Od té doby se práce G. J. Mendela stala vedle Darwinovy pilířem moderních věd o životě.

Použitou literaturu uvádíme na webových stránkách *Živa*.

koordinaci výzkumu jihočeských a jiho-moravských mokřadů. Publikáční činnost paní doktorky byla úctyhodná. Syntézu výsledků jejich i spolupracovníků při studiu mokřadních ekosystémů v IBP shrnuje kniha *Pond Littoral Ecosystems, Structure and Functioning* (editoři D. Dykyjová a J. Květ, Springer-Verlag, Berlín 1978). Výběrové bibliografie prací přinášejí články k jejím jubileím v časopise *Preslia* (viz závěr tohoto příspěvku). Vždy si našla čas na propagaci ochrany třeboňské přírody a krajiny. Chráněná krajinná oblast a biosférická rezervace Třeboňsko hodně vděčí za svůj vznik její neúnavné a neohrožené veřejné činnosti v tomto směru. Okouzlení místními přírodními hodnotami, historií a krásou je patrné z její výpravné knihy *Třeboňsko. Příroda a člověk v krajíně pětilisté růže* (vydala nakladatelství *Carpio* v Třeboni pro ENKI, o. p. s., 2000). Ve vzácných chvílích oddechu se vracela ke své zálibě – pozorování našich orchidejí. Výsledkem byla ilustrovaná kniha *Ekologie středoevropských orchidejí* (Kopp, České Budějovice 2003). Záslužným editorským počinem paní doktorky se stala obsáhlá metodická příručka *Metody studia ekosystémů* (*Academia*, Praha 1989), ve své době mimořádná i ve světovém kontextu. K přípravě jejích jednotlivých kapitol podnítila mnoho kvalifikovaných autorů a sama do ní autorsky přispěla.

Na závěr této vzpomínky odkazujeme na některé podrobnější články v časopisech *Preslia*, *Vesmír* a *Živa* (*Preslia* 1974, 46: 366–369; 1984, 56: 180–182; *Vesmír* 1984, 63: 188; *Živa* 2004, 2: XVIII; 2009, 3: XXXVII; 2012, 1: VII).

Štěpán Husák, Jan Květ

K nedožitým 100. narozeninám Dagmar Dykyjové

Připomeňme si alespoň podstatná fakta ze života a práce RNDr. D. Dykyjové, CSc. Paní doktorka, jak jsme jí všichni říkali, (rozená Sajfertová) se narodila 12. dubna 1914 v České Bělé u Havlíčkova Brodu. Univerzitu Karlovu v Praze absolvovala v r. 1938. Potom působila na její Přírodovědecké fakultě do zavření českých vysokých škol nacisty na podzim 1939. Tehdy přešla do brněnské pobočky Výzkumného ústavu cukrovarnického a po válce nastoupila do výzkumného oddělení chemické továrny v Ústí nad Labem. Odtud dojížděla do Prahy jako externí vysokoškolská učitelka na tehdejší Vysokou školu zemědělskou a Biologickou fakultu UK, zde byla v letech 1954–57 kmenovou pracovnící na katedře fyziologie rostlin. V době svého vysokoškolského působení sepsala spolu s Rudolfem Dostálem hojně používanou učebnici fyziologie rostlin (*Zemědělská botanika 2*, Československá akademie zemědělských věd a Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1962). Z univerzity byla jako politicky nepohodlná přinucena odejít a azyl našla až do konce r. 1963 v Encyklopedické kanceláři (od r. 1959 institutu) Československé akademie věd. Díky nabídce ředitele Botanického ústavu Slavomila Hejného zakotvila od počátku r. 1964

na dlouhá léta v Třeboni v Botanickém ústavu ČSAV, kde v r. 1971 spoluzaložila jeho tehdejší Hydrobotanické oddělení (viz *Živa* 2012, 2: XXXIII–XXXIV) a odešla odtud teprve počátkem 21. stol. na zasloužený odpočinek nejprve ve Stříbřeci a posléze ve svém rodišti České Bělé. Tam šťastně prožívala, obklopena rodinnou péčí, poslední roky svého života a odtud, po krátkém pobytu v havlíčkobrodské nemocnici, odešla na věčnost 22. prosince 2011, v pozeňnaném věku téměř 98 let.

V době svého působení v Botanickém ústavu se D. Dykyjová stala průkopnicí ekologického výzkumu mokřadů v Československu. Svě studie zaměřila především na rybníční pobřežní mokřady v jižních Čechách, zvláště v Třeboňské pánvi. Pracovní základnu měla zpočátku na Novořecké rybářské baště, kde vedla podrobný deník (1963–71), nyní uložený v archivní ústavní knihovně v Třeboni. Poté využívala nově postavené „chatky“ v areálu Mikrobiologického ústavu ČSAV v Třeboni. Koordinovala veškerý produkčně ekologický výzkum suchozemských a mokřadních ekosystémů tvořící část československého podílu v Mezinárodním biologickém programu (IBP – International Biological Programme, 1965–74), v němž také měla na starosti