

Kvašení v pojetí Mendelova učitele F. Diebla v jeho učebnici z roku 1835

Fermentation as conceived by Mendel's teacher F. Diebel in his textbook from 1835

¹JIŘÍ ŠEBÁNEK, ²VRATISLAV PSOTA

¹ Mendelova univerzita v Brně, Ústav biologie rostlin, Zemědělská, 613 00 Brno / *Mendel University in Brno, Department of Plant Biology, Zemědělská, 613 00 Brno, Czech Republic*

² VÚPS, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno / *RIBM Plc, Malting Institute, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic*

Šebánek, J. – Psota, V.: Kvašení v pojetí Mendelova učitele F. Diebla v jeho učebnici z roku 1835. *Kvasny Prum.* 58, 2012, č. 11–12, s. 361–363.

V práci je podán výklad kvašení a klíčení semen v pojetí Mendelova učitele na brněnském filosofickém učilišti F. Diebla v jeho učebnici „Abhandlungen über die allgemeine und besondere Naturgeschichte, Brünn“, vydané roku 1835. Tento výklad pocházející ještě z doby před Pasteurovým objevem kvasinek přináší četná zjednodušení odpovídající době, kdy učebnice vznikla. Jsou charakterizována v poznámkách k Dieblu výkladu přiložených.

Šebánek, J. – Psota, V.: *Fermentation as conceived by Mendel's teacher F. Diebel in his textbook from 1835.* *Kvasny Prum.* 58, 2012, No. 11–12, p. 361–363.

This study presents the fermentation process and seed germination in the approach of F. Diebel, Mendel's teacher at Brno Philosophical Institute, in his textbook „Abhandlungen über die allgemeine und besondere Naturgeschichte, Brünn“, published in 1835. This explanation coming from the days before Pasteur's discovery of yeasts brings a lot of simplifications reflecting the time of the textbook origin. These are characterized in notes added to Diebel's explanation.

Šebánek, J. – Psota, V.: *Die Gärung in der Auffassung des Georg Mendel Lehrers F. Diebel in seinem Lehrbuch vom Jahre 1835.* *Kvasny Prum.* 58, 2012, Nr. 11–12, S. 361–363.

Im Artikel wird die Erklärung der Gärung und der Samenkeimung in der Auffassung des Georg Mendel Lehrers F. Diebel am Philosophischen Lehranstalt in Brno (Brünn), Tschechische Republik in seinem Lehrbuch „Abhandlungen über die allgemeine und besondere Naturgeschichte, Brünn, abgedruckt im Jahre 1835, gegeben. Aus der Zeit noch vor der L. Pasteur Erfindung der Hefe stammende Erklärung bringt zahlreiche Vereinfachungen, die der Zeit des Entstehens entspricht. Diese Vereinfachungen werden in zu den Erklärungen beigelegten Anmerkungen charakterisiert.

Klíčová slova: kvašení, kvasinky, učebnice
Keywords: fermentation, yeast, textbook

1 ÚVOD

Na brněnském filosofickém učilišti přednášel přírodopis a nauku o zemědělství prof. František Diebl. Pro přírodopis vydal v roce 1835 učebnici (Diebl, 1835). Zahnuje morfologii, fyziologii a systematiku rostlin, přičemž fyziologie je doplněna i kapitolou o „chemii rostlin“, v jejímž rámci je pojednáno o kvašení. Dieblův přednáška si v době svých teologických studií v Brně zapsal roku 1846 i Gregor Mendel (1822–1884), který pak v témže roce u Diebla složil i předepsanou zkoušku (Orel, 2003). Je poučné uvést si, v jakém stupni byla přírodověda v době, kdy ji studoval Gregor Mendel. Jeho jméno nese jedna z brněnských univerzit, dřívější Vysoká škola zemědělská v Brně, zaměřená svými fakultami převážně na biologii a její aplikaci na zemědělství, zahradnictví a lesnictví. Mendel získal v biologických vědách význam zcela zásadní svými experimenty s křížením hrachu, jimiž odhalil základní zákony dědičnosti a zasloužil se o vznik nového oboru biologie – nauky o dědičnosti (genetiky).

Dieblůva učebnice, která shrnuje obraz o biologii rostlin v době Mendelových studií, ukazuje, o jak nízkou úroveň biologických poznatků se Mendel jako vědec mohl opírat. Týká se to jak fyziologie rostlin a chemických pochodů v rostlinách, tak i procesu kvašení, který je Dieblem popisován ještě před Pasteurovým objevem kvasinek.

Uvedme nejprve, co o kvašení („Gärung“) Diebl ve své učebnici píše a připomeňme, že do tohoto pojmu zahrnuje nejen kvašení alkoholové, ale i „kvašení“ v klíčícím semeni („Keimgärung“) nebo ve zrajícím plodu. Odkazy na poznámky jsou v následujícím textu vyznačeny velkými písmeny.

2 DIEBLŮV VÝKLAD KVAŠENÍ

Poté, co jsou organické látky uvolněny z rostlinného těla po jeho smrti, vznikají různé sloučeniny proměňované v určité produkty. Jde o rozklad či proměnu pod vlivem chemických sil prostřednictvím zvláštních přirozených procesů, které nazýváme kvašením.

Požadavky nezbytné k tomu, aby kvašení mohlo probíhat, jsou:
– schopnost organických látek kvasit,
– ferment,
– přiměřená teplota a vlhkost a atmosférický vzduch.

a) Některé látky nejsou schopny kvasit, např. vosk, pryskyřice nebo uhlí. Mají totiž takovou vnitřní skladbu, která jim nedovoluje rozklad nebo přechod v nějakou jinou sloučeninu.

b) Ferment nebo jiný prostředek umožňující a zesilující („rozdmýchávající“) kvašení (A). Ten je buď v prostředí vystaveném kvašení (např. ve šťávě z hroznů révy nebo jiných plodů) je již přítomen nebo se kvašením vytváří. Někdy však musí být ferment do tohoto prostředí přidán (např. k bramborům, mouce, obilovinám, sladovému extraktu apod.), aby byl vyprodukován vinný líh, chléb nebo pivo.

c) Nedostatek správné teploty nebo vlhkosti zabraňuje nezbytné pohyblivosti látek, jejich spojování a vzniku látek nových v průběhu kvašení. Nepřiměřeně zvýšená teplota působí nežádoucí odpařování a tedy snížení vlhkosti. Nadměrné zvýšení vlhkosti je však také nežádoucí, protože příliš od sebe „vzdaluje“ jednotlivé složky kvasící látky a zabraňuje tak jejich propojování (slučování).

Při nedostatku vzduchu (B) nemůže vzduch sloužit k žádoucí látkové výměně ani jako látka ani jako příjemce kvašením vznikajících plynů. Nadbytek vzduchu však právě tak brání kvašení a pozměňuje je v oxidaci.

Tyto zákonitosti využíváme, abychom mohli proces kvašení zesílit či naopak zeslabit nebo mu zabránit. Přidáváme proto k mouce, bramborům či sladovému šrotu vodu, abychom kvašení umožnili. Různé látky, abychom jejich kvašení zabránili, sušíme, dáváme je do sklepa na led nebo do studni. Abychom jejich kvašení urychlili, vystavujeme je naopak teplu. K tomuto kvašení patří vinné kvašení, kvašení při klíčení semen a při zrání plodů.

Vinné alkoholové kvašení probíhá v prostředí získaném ze všech rostlinných částí obsahujících cukry. Jeho produktem je alkohol a kyselina uhličitá. Kvašení vystavená hmota se zahřívá, kalí, stává se neklidnou, uvolňuje bubliny se vzduchem, obsahujícím kyselinu uhličitou. Tekutina se brzy stává čirou, dříve sladké a lepkavé látky ztrácejí sladkost, získávají příjemnou kyselost a opojnost. Tímto kvašením se však nápoj nestává ještě zcela dokonalým a hotovým. Teprve

následující „tiché kvašení“ zcela promění i zbylé zkvasitelné látky v alkohol a kyselinu uhličitou. Tak se nápoje postupně stávají lepšími, tj. jsou příjemnější a alkoholem bohatší.

Alkohol neboli vinný líh („spiritus vini“) je těkavá, vznětlivá modrým plamenem hořící látka štiplavé chuti a vůně, po požití opojením vzrušující nebo způsobující opilost. Používá se jako vnitřní nebo zevní stimulační prostředek, bohužel často zneužívaný. Kyselina uhličitá dává nápojům příjemnou nakyslou chuť, s tekutinou se snadno spojuje a při mírně zvýšené teplotě se vyvíjí prchající vzduch obohacený kyselinou uhličitou. Nápoje musí být proto uchovávány v nádobách těsně uzavřených, dobře zazátkovaných. Od přimíšených látek získávají alkoholické nápoje i různé příchutě a barvy. Nejznámější tyto nápoje jsou víno, pivo, brandy, ruský kvas, tatarský klumys aj.

Octové kvašení (C) je pouhý oxidační proces alkoholu a nejde tedy o kvašení v pravém slova smyslu.

Hnití (D) je úplný rozklad organického těla na jeho složky. Je to druh kvašení, jehož podmínky jsou opět dány zkvasitelností, fermentem, přiměřenou teplotou i vlhkostí a přítomností vzduchu. Látky při něm vznikající unikají jako páry, nakonec zůstávají jen určité pevné zbytky, jež však podléhají následnému tichému hnilobnému kvašení rozkladem až na minerální složky. Hnilobné kvašení má několik stadií. V prvním se hnilící hmota zahřívá, její objem se zvětšuje, specifická váha snižuje, ve druhém stadiu se objem hmoty opět snižuje, měkké části se stávají kašovitými, zčásti ztrácí soudržnost (kohezi). Ve třetím stadiu ji zcela ztrácí, ztrácí také objem a váhu, získávají černou barvu a povahu orné půdy poskytující dobrou výživu rostlinám.

■ 3 DIEBLŮV VÝKLAD „KVAŠENÍ“ PŘI KLÍČENÍ SEMEN A ZRÁNÍ PLODŮ

Když se v klíčících semenech počne probouzet a vyvíjet klíček, probíhá v nich „klíčící kvašení“ („Keimgärung, belebte Gärung“) (E). Škrob semen se počne tímto kvašením zcukřovat tak, jak to pozorujeme u naklíčeného (sladovaného) obilí.

Klíčení je závislé na vlhkosti, teplotě a přítomnosti kyslíku jako aktivních faktorech vnějších. Pasivní vnitřní podmínkou klíčení je odpočinek semen (F). Klíčení škodí každý nedostatek nebo přebytek těchto podmínek. U jednotlivých druhů rostlin jsou velmi rozdílné požadavky na faktory vnější (aktivní). Teplem jsou klíčící kvašení a tím i výměna látek podporovány. Při nedostatku tepla semena mrznou nebo hnijí, při nadbytku klíčí příliš rychle, čímž se vytvářejí slabé rostliny. Při vysokém stupni teploty dojde k zasychání klíčků. Atmosférický vzduch a jeho kyslík je pro klíčení neobyčejně významný, neboť právě kyslíkem je rozpouštěn uhlík (G) a jeho přebytek je tak klíčícím rostlinám odnímán, což kdyby kyslík nebyl ve vzduchu smíšen s dusíkem, bylo by nadměrné a působilo by to škodlivě. Aby však toto působení nebylo rušeno, je při klíčení nezbytné omezit přístup světla, protože světlo působí na uvolňování kyslíku a fixuje uhlík. Je tedy klíčení snazší ve tmě než na světle. Kořen se světlu vyhýbá a proniká do půdy. V kultuře je to prostředkováno tím, že semena jsou překryta zeminou.

Klíčení začíná sáním vody do semen, jejich zbobtnáním, hmota semen se zkypruje a zcukřuje, embryo se zvedá zpravidla v podobě zobáku. Jeho část zvaná „rostellum“ se vyvíjí v kořínek, směřující dolů. Pírkou („plumula“) směřuje vzhůru a dá vzniknout lodyze (H). Na přechodu obou těchto struktur je „krček“ („Hälschen“) často málo zřetelný. Zde jsou obvykle připojeny dvě dělohy nebo jen jedna. Substance děloh slouží rostlině k výživě v první fázi jejího vývoje v době, kdy kořeny a listy nejsou ještě schopny rostlinu vyživovat z atmosféry nebo z půdy. Pokud rostlina není schopna ještě této výživy, je označována jako „foetus“.

Kvašení během zrání plodu probíhá v plodech již zralých, odpadávajících od mateřské rostliny, ale ještě ne zcela vyzrálých. Přetvářejí se trpce chutnající šťávy ve sladko-kyselé, sladké nebo nakyslé. Tvrdší pevné plody měknou, nabývají máslovitou nebo kašovitou konzistenci. Jde opět o výměnu látek a přeměnu v jiné sloučeniny (CH).

■ 4 POZNÁMKY K TEXTU V DIEBLOVĚ UČEBNICI

A. Diebl užívá termín „ferment“. Římané nazývali kvašení „fermentatio“, což je odvozené od latinského slovesa „fervere“, tj. vřítí. Kvas vře (Němec, 1942). V době vydání Dieblůvy učebnice bylo kvašení

považováno za zvláštní chemický proces. Diebl mluví o kvašení jako o proměně „prostřednictvím zvláštních přírodních sil“. Byla ovšem už známa zásadlou Gay-Lussacovou formulovaná rovnice kvašení ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$), ale teprve 5 roků po vydání Dieblůvy učebnice objevil Pasteur, že kvašení je působeno mikroorganismy, vřecatými houbami – kvasinkami. Poprvé však pozoroval kvasinky Anton van Leewenhoek, který popsal pomocí primitivního mikroskopu malé kuličky v pívě. Diebl ve své učebnici nezaznamenal, že už dva roky před jejím vydáním popsal Theodor Schwann v kvasící tekutině rozmnožující se kvasinky v podobě „cukerné houby“ (odtud je název rodový „*Saccharomyces*“). Pasteur je označil za živé „organizované, utvářené fermenty“. Trval na stanovisku, že kvašení nemůže probíhat bez živé hmoty kvasinkové buňky, a je tedy vázáno na její vitální sílu. Spor mezi Pasteurem a Liebigem, který to popíral, rozřešil německý chemik Eduard Buchner roku 1907 ve prospěch fermentů činných mimo živou buňku. Byla totiž získána bezbuněčná šťáva z vylisovaných kvasinek umožňující alkoholové kvašení „in vitro“, tedy bez vitální síly živé buňky. Tyto neživé fermenty – biokatalyzátory – štěpící organické látky i vně živých buněk označil pak německý lékař a přírodovědec Willy Kühne roku 1878 názvem enzymy. Ačkoliv výraz enzymy se později stal jednotícím názvem všech biokatalyzátorů, někdy i dnes se pro ně užívá označení „ferment“.

První pokusy, které později vedly k objevu enzymů, vykonal však už v polovině 18. století René Antoine Ferchard de Réaumur (1683–1757) známý v souvislosti s teplotní stupnicí. Zaujal kritický postoj k názoru, že potrava v žaludku je zpracovávána jen mechanicky a vyslovil předpoklad existence jiné zvláštní „transformační síly“ na trávení se podlejší. I pro Diebla byl „ferment“ pořád toliko blíž neurčený „prostředek rozdmýčavající kvašení z hroznů révy vinné nebo jiných plodů“. Připomíná ale, že k bramborům, obilovinám, mouce nebo k jiným škrob obsahujícím látkám musí být ještě ferment přidán, aby byl vyprodukován líh, chléb nebo pivo. Diebl ještě neví, že jde o kvasinkám chybějící enzym diastázu potřebný k hydrolyze škrobu. Škrob musí být tedy nejprve rozštěpen diastázou ze sladu a teprve vzniklý cukr může být zkašován (Dykyjová, 1962; Psota a Šebánek, 1999). Diebl toto nezaznamenává, ač jde o jeden z nejstarších enzymů – amylázu objevenou již roku 1833 (tedy 2 roky před vydáním Dieblůvy učebnice). Byla tehdy označena názvem „diastáza“. Jde o hydrolázu, tedy enzym katalyzující hydrolyzu jako rozkladnou reakci, jejímž výsledným produktem je voda a při štěpení škrobu jednodušší cukry.

B. K Dieblůvu hodnocení významu kyslíku pro alkoholické kvašení je třeba připomenout, že tento proces je anaerobní. Již Pasteur poznal, že kvašení je dílem živých buněk bez přístupu kyslíku (objev existence anaerobních organizmů). Za přítomnosti kyslíku se kvašení zastavuje a kvasinky počnou spotřebovávat cukr normálním aerobním dýcháním. Množení kvasinek pučením naopak vyžaduje dostatek kyslíku. Buňky kvasinek mohou tedy žít jak za přístupu kyslíku, tak i bez něho. Glykolyza, tj. rozklad glycidů katalyzovaný anorganickými fosfáty až na pyrohroznovou kyselinu, probíhá při dýchání stejně jako při kvašení a také při anaerobním dýchání vyšších rostlin vzniká CO_2 a ethanol jako při alkoholickém kvašení. Z Dieblůvých výkladů shrnutých v jeho stati o fyziologii rostlin vyplývá, že Diebl proto i dýchání vyšších rostlin považuje za formu kvašení (Dykyjová, 1962; Peklo, 1923; Šebánek, 1983; Procházka et al., 1989; Šebánek, 2012).

C. Diebl nepopisuje druhé nejrozšířenější kvašení cukrů, tj. kvašení mléčné, všimá si však oxidačního kvašení octového. Nemohlo mu však být ještě známo, že i zde jde o proces související s činností mikroorganismů, totiž bakterií (zvl. *Acetobacter pasteurianus* nebo *Acetobacter orleanensis*), kdy se ethanol produkovaný v alkoholickém kvašení oxiduje přes acetaldehyd na kyselinu octovou $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$ (Dykyjová, 1962; Peklo, 1923).

D. Dieblůvu výkladu hnití jako procesu kvasnému po podrobném popisu jeho fází schází bližší údaje o rozkladu bílkovin z odumřelých těl při uvolňování vodíku, metanu, amoniaku, aminokyselin, sirovodíku, kyanovodíku i volného dusíku. Tvorba NH_3 může činit až dvě třetiny dusíku původních bílkovin (Dykyjová, 1962; Peklo, 1923). Je zde také zřejmý v době psaní Dieblůvy učebnice zcela převažující a přeceňovaný výklad Thaerovy humusové teorie výživy rostlin zastíňující teorii minerální formulovanou Justus von Liebigem až 5 roků po vydání Dieblůvy učebnice. Podcenění minerální teorie výživy rostlin nápadně vyniká i z Dieblůva výkladu fyziologie výživy rostlin (Šebánek, 2012). Dieblůva zmínka o mineralizaci jako o konečném procesu hnití je z tohoto hlediska pozoruhodná.

E. „Klíčící kvašením“ je Dieblem míněn enzymatický proces, který při klíčení obílek představuje především štěpení škrobu na jednoduché cukry, jehož se zúčastňují amylázy, fosforylázy nebo maltáza (Psota a Šebánek, 1999; Šebánek a Psota, 1997).

To, co z pohledu Diebla spojuje kvašení a klíčení, je aktivita enzymů, o kterých ale nevěděl. Proto oba procesy spojoval. V případě kvašení jde ale o přeměnu cukrů (mono, di a trisacharidů) na alkohol a oxid uhličitý pomocí enzymů mikroorganismů za anaerobních podmínek.

Klíčení je však proces daleko složitější. Je též závislý na aktivitě enzymů, ale v tomto případě enzymů produkovaných živými částmi vlastního semene nebo plodu. V případě obilky ječmene jsou enzymy produkovány především buňkami aleuronové vrstvy a štitku. Nejprve musí dojít k odbourání buněčných stěn buněk škrobového endospermu, potom k degradaci bílkovinné matrice, která obklopuje škrobová zrna. Následně je přeměňován škrob na jednoduché cukry. Jednoduché cukry, aminokyseliny a další látky jsou prostřednictvím štitku transportovány do embrya, kde jsou využity pro vlastní proces klíčení. Pro jejich využití potřebuje klíčící rostlinka opět celou škálu enzymů.

F. Diebel za „klíčící kvašení“ („Keimgärung, belebte Gärung“) považoval především procesy, při nichž byl enzymaticky degradován endosperm, tzn., že se měnily jeho fyzikální vlastnosti.

Diebel nevěděl, že hloubka dormance neboli odpočinku semen je určována aktivitou fytohormonů, které klíčení inhibují nebo stimulují. Na počátku mléčné zralosti se hladina cytokininů v obilkách snižuje, ale zvyšuje se obsah IAA (indol-3-oxycarboxylová kyselina) (Wheeler, 1972) a aktivita giberelinů dosahuje svého maxima (Dundelová a Procházka, 1988). Gibereliny povzbuzují činnost α -amylasy a prodlužovací růst buněk, takže obilka v mléčné zralosti může vyklíčit (Podešva et al., 1975). Vosková zralost je charakterizována zvýšením obsahu zásobního škrobu, poklesem obsahu vody, poklesem aktivity giberelinů a auxinů (Dundelová a Procházka, 1988) a zvýšením aktivity přirozených inhibitorů přecházejících do obilky ze stárnoucích listů (Šebánek, 1968). Zároveň však v této fázi dochází k vzestupu cytokininů pravděpodobně v souvislosti s dělením buněk aleuronové vrstvy (Procházka et al., 1982). Nejnížší klíčivost je možno zaznamenat v období před plnou zralostí. V této době se aktivita giberelinů a auxinů výrazně snižuje a zvyšuje se obsah inhibitorů, dochází k útlumu syntézy α -amylázy a embryo je uvedeno do dormantního stavu (Dundelová a Procházka, 1988).

Dormance semen je endogenní faktor, který výrazným způsobem snižuje nebo úplně zastavuje schopnost klíčit i za podmínek pro klíčení vhodných. Například dormance ječmene je výrazně ovlivněna agronomickými a klimatickými podmínkami v době formování obilky (Simpson, 1990; Woods et al., 1994). Chladné a vlhké počasí v této době prohlubuje dormanci, vlhké počasí v době sklizně může vyvolat „sekundární dormanci“ způsobenou pravděpodobně silným nárůstem populace mikrobu na povrchu zrna (Briggs, 1995). Je pozoruhodné, že vedle známých vnějších podmínek klíčení uvádí Diebl i odpočinek semen jako „pasivní“ podmínku vnitřní. Ze stručné Dieblovy zmínky nelze ovšem soudit, mohl-li mít na mysli odpočinek nyní známý jako posklizňové dozrávání (Psota a Šebánek, 1999).

G. Proces aerobního dýchání $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ je Dieblem vykládán jako rozpouštění uhlíku kyslíkem, přičemž přebytek uhlíku je rostlinám odnímán. Vzpětí se Diebel dotýká opačného procesu, totiž fotosyntézy $6 CO_2 + 12 H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 + 6 H_2O$, když píše, že světlo působí na uvolňování kyslíku a fixuje uhlík. V době vydání Dieblovy učebnice bylo již známo o fotosyntéze, že jde o výměnu plynů (O_2 a CO_2) a je tu nezbytné světlo a voda (Nátr, 1998).

H. Morfologický popis embrya a jeho změn během klíčení je zakreslen tím, že radikulu zahrnuje Diebel do pojmu „rostellum“ („Schnäbelchen“). Zjednodušující je pak jeho popis „krčku“ a děloh. Schází pojem štitku („scutellum“) jako dělohy v embryu trav (a tedy i obilovin) a ovšem i jeho význam pro syntézu enzymů a fytohormonů objevený až v minulém století (Šebánek a Psota, 1997).

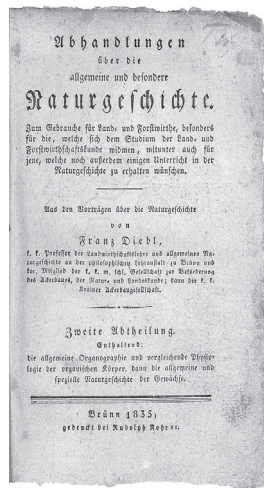
Dělohy neslouží vždy počáteční heterotrofní výživě klíčící rostliny (Dieblův „foetus“), neboť v případě děloh epigeických slouží již fotosyntéze a tedy výživě autotrofní.

CH. K procesu zrání plodů zdůrazňuje B. Němec (1942), že jakmile počnou zralé plody praskat, usidlují se na nich kvasinky. Plody pak počnou kvasit, čímž lákají hmyz a ten přenáší do plodů další kvasinky.

Z poznámek k textu v Dieblově učebnici je zřejmé, na jakém stupni poznání byla biologie a biochemie v době, kdy tento obor studoval pozdější zakladatel nauky o dědičnosti Gregor Mendel. Od roku 1865, kdy publikoval výsledky svých experimentů, muselo uplynout 35 let, než věda docenila jeho objevy vznikem mendelismu. Následoval objev funkce chromozomů, ale zásadní bylo v biologii poznání struktury DNA, regulace a exprese genů. Počal vývoj molekulární a buněčné genetiky. Došlo k objevu možnosti izolace genů a jejich

vnášení do buněk rostlin pomocí bakterie *Agrobacterium tumefaciens*. Nastal rozvoj genového inženýrství a vznik transgenních organismů. K zavedení cizorodé DNA do buněk hostitelského organismu slouží i molekuly DNA odvozené z kvasinkových plazmidů. Geneticky modifikované kvasinky jsou užívány v pivovarnictví a pekařství, ale i v jiných oblastech pro svou schopnost metabolizovat různé přírodní substráty a produkovat žádané sloučeniny.

V objasňování podstaty klíčení, o němž Dieblův text pojednává jako o „kvašení“, došlo k zásadnímu posunu pro poznání existence fytohormonů. Došlo k němu ve 30. letech 20. století objevem auxinu zaslouhou holandského fyziologa F. A. Went. Ve druhé polovině 20. století byly popsány funkce dalších fytohormonů. Pro klíčení semen jsou významné zvláště gibereliny. Podporují tvorbu hydrolytických enzymů, takže při klíčení (sladování) ječmene urychlují zcukřování škrobu v endospermu obilky. Současný výzkum funkce fytohormonů je rozvíjen na bázi molekulární biologie.



Literatura

- Briggs, D. E., 1995: Aspects of dormancy In: *Brewing Room Book 1995–1997*, Pauls Malt.
- Diebl, F., 1935: *Abhandlungen über die allgemeine und besondere Naturgeschichte* Brunn.
- Dundelová, M., Procházka, S., 1989: Hladina indolyl-3-oxycarboxylové kyseliny v obilkách pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) a ječmene jarního (*Hordeum vulgare*). *Rostlinná výroba* **35**(4): 381–386.
- Dykyjová, D., 1962: Fyziologie metabolismu. In: Dostál, R a Dykyjová, D: *Zemědělská botanika, II. Státní zemědělské nakladatelství Praha*.
- Nátr, L., 1998: Fotosyntéza, 124–173. In: Procházka, S. a kolektiv: *Fyziologie rostlin*, Academia Praha.
- Němec, B., 1942: Mrtvý a živý kvas, 285–303. In: *Život rostlin*. Sfinx Praha.
- Orel, V., 2003: Gregor Mendel a počátky genetiky. *Academia Praha*.
- Peklo, J., 1923: Dýchání a kvašení mikrobu. In: Peklo, J.: *Základy nauky o výživě rostlin*. Naklad. A. Píša, Brno.
- Podešva, J., Klejzarová, V., Hudecová M., 1975: Endogenní hladina růstových regulátorů ve vztahu k regulaci odpočinku obilovin. *Acta univ. Agric. Brno A*, **23**: 873–885.
- Procházka, S., Blažková, J., Dundelová, M., 1982: The activity of cytokinin during grain formation in spring barley (*Hordeum vulgare*). *Rostlinná výroba* **28**(4): 439–443.
- Procházka, S., Macháček, I., Krekule, J., Šebánek, J., 1998: *Fyziologie rostlin*, Academia Praha.
- Psota, V., Šebánek, J., 1999: Role fytohormonů v klíčení a sladování. *ÚZPI*.
- Simpson, G. M., 1990: *Seed dormancy in grasses*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Šebánek, J., 1968: Fyziologická podstata porůstavosti obilnin *Úroda* **16**(7): 243–245.
- Šebánek, J. (ed.), 1983: *Fyziologie rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Šebánek, J., 2012: Plant Physiology at Institute of Philosophy in Brno in the Mendel's Teacher F. Diebl Textbook from 1835. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun. LX*, No 5: 277–282.
- Šebánek, J., Psota, V., 1997: Rostlinné hormony a klíčení semen, 295–311. In: Procházka, S., Šebánek, J. a kol.: *Regulátory rostlinného růstu*, Academia Praha.
- Wheeler, A. W., 1972: Changes in growth substance contents during growth of wheat grains. *Ann. Appl. Biol.* **72**: 327–334.
- Woods, J. L., Favier, J. F., Briggs, D. E., 1994: Predicting the germinative energy of dormant malting barley during storage. *J. Inst. Brew.* **100**: 257–269.

Recenzovaný článek / Reviewed paper

Do redakce došlo / Manuscript received: 22. 5. 2012

Přijato k publikování / Accepted for publication: 21. 8. 2012