

VLADIMÍR ŮLEHLA a VLADIMÍR MORÁVEK:

Světlorůstová reakce bez fototropismu.

(3 obrázce v textu.)

On a photo-growth reaction without phototropical
curvation (with english summary).

I.

Ú v o d.

Málo je námětů, které by rostlinné fysiologie v posledních letech tak zaujaly a vyvolaly tolik názorů navzájem si odporujících, jako teorie Blaauwova. BLAAUW, 1914, 15, 18, 21 odpovídá na otázku, proč se rostlinné orgány kříví ke světlu, asi takto: Proto, že světlo vyvolává v rostoucích orgánech zvláštní reakci fotochemickou, která se projevuje tím, že se tempo růstové změny. Tato reakce, kterou Blaauw popsal a nazval reakcí světlorůstovou, je tedy primérním účinkem osvětlení. Že se orgán kříví ve směru osvětlení (reaguje fototropicky), je naproti tomu zjevem druhotným, nutně následujícím, když jednotlivé části orgánu jsou osvětleny nerovnoměrně a tudíž když vzniká řada lokálních, kvantitativně odlišných růstových reakcí.

Domyslíme-li tuto hypothesu do konce, pochopíme teprve zásadní její důležitost.

Světlosměrné (fototropické) pohyby rostlin kromě pohybů dotekových a těžných (geotropických) přede všemi jinými upoutaly pozornost fyziologů rostlinných. Na nich SACHS a PFEFFER rozvinuli svůj pojem dráždivosti rostlinné, což současně a nezávisle učinil též v Anglii Darwin 1880. Pojem onen, formulovaný v definitivní své podobě Pfeffrem roku 1893, byl neobyčejně plodný v teorii i v praxi fyziologie rostlinné. Z něho vycházeli přechetní fyziologové, kteří se snažili znázorniti jednotu nebo odlišnost života rostlinného a zvířecího,¹⁾ z něho vyplynul klasický a úspěchem korunovaný pokus o to, zjistiti smyslové orgány v rostlinném těle, který současně učinili Němec 1900, 01 a 02 a Haberlandt 1900, 03 a další, jakož i úsilí Němcovo, prokázati u rostlin též dráždivostní

¹⁾ Na př. Leitgeb 1884, Macdougall 1895, Noll 1892, Kniep 1916 a přemnezi jiní. Kritiku těchto srovnání viz Jost 1913, l. c. str. 218.

struktury vodivé. NEMEC 1901b.) A tyto důmyslné objevy vyvolaly zase nepřehledný počet prací. Stejně bohatá je literatura o tom, jak vnitřně souvisí a jak se člení dráždivostní řetěz, jak se podráždění vnímá, vede a jak se naň odpovídá. Základní studie, které provedli v tomto směru Darwin 1880, Rothert 1892, 94, Pfeffer,²⁾ Němec 1900—1904, Czapek 1900, 1901, Noll 1892, 1900, 02, Copeland 1900, 01, Jost 1902, Luxburg 1905 a přemnoží jiní, patří k nejzajímavějším a kontroverze k nim se připínající k nejduchaplnějším ve fyziologii rostlinné. V poslední době uzavírán je tento směr pracovní výsledky pozoruhodnými, které sdělili Boysen-Jensen 1910, 13, Paal 1918, Ricca 1916 a Stark 1921, 1922. Těmto autorům podařilo se vésti podráždění světelné nebo dotekové z amputované citlivé špičky orgánu do pahýlu neživou spojkou (gelatinou, vodu), tam pak vyvolati pohybovou reakci.

Tím je vedení podráždění nezvratně dokázáno. V čem však spočívá podráždění? Jak, podle jaké zákonitosti jest vnímáno? Při řešení této otázky doznal v posledním desetiletí klasický pojem dráždivosti (Pfefferův a Sachsův) značných změn.

Tento pojem vznikl hlavně na dvou předpokladech:

1. rostlina vnímá především směr dráždění, druhotně jen intenzitní rozdíly. Směru odpovídá směrný (tropistický) pohyb, intenzitě tropistická nálada (tonus);

2. intenzita dráždivého podnětu a intenzita reakce nejsou si úměrný, jakmile práh reakce (presentační doba) byl překonán.

První bod byl hned od počátku sporný. Klasický pokus Darwinův, že totiž koleoptile ovsy, podélně na půl počerněná, nekřiví se ve směru dopadajícího světla, nýbrž kolmo na ně a také pokusy Oltmannsovy o zvratu reakce u *Phycomyces* (OLTMANN 1892, 1897) dají se pochopiti snáze, předpokládáme-li, že rostlina vnímá rozdíly v intenzitě, již jsou ozářeny jednotlivé její hrany, než předpokládáme-li, že vnímá pouze směr.

Druhý naznačený bod byl úplně přeměněn zákonem o množství dráždění, který pro dráždění světelné objevili současně Blaauw 1908, 1909, a Fröschel 1908, 1909, pro dráždění těžné (geotropické), pak Maillefer 1909 a Rutten-Pekelharingová 1910. Zcela jinou představou pak bylo jej třeba nahraditi, když Arisz 1915 a Lundegardh 1918 a, b, 1919, 1921, 1922 zjistili řadu kvantitativních vztahů, které právě platí mezi intenzitou i dobou popudu a reakce.

Z tohoto hlediska Blaauw vidí ve své teorii poslední rozhodný krok, kterým se pojem tropistické dráždivosti odstraňuje docela. „...fototropismus je druhotný zjev, který nutně vzniká z nerovné růstové reakce hran nerovně osvětlených, rostlinné buňky to nedráždí, když světlo dopadá šikmo anebo když různé části organismu jsou různě osvětleny,³⁾ protoplasma nevnímá tedy ani směr světla, ani rozdíly v síle osvětlení, nýbrž světlo (ať působí všestranně nebo jednostranně) vždycky „dráždí“ v rostlině buňce, takže lze tento účinek zjistiti na nápadné reakci v růstu již za tři minuty.“⁴⁾

²⁾ Shrnutí 1904 II., kde také celá starší literatura.

³⁾ Blaauw staví se také proti teorii intenzitní, pokud by se chápala ve starším smyslu dráždivostním.

⁴⁾ BLAAUW 1914 I. c. str. 528—29. Fototropická reakce následuje mikroskopicky asi po deseti, makroskopicky až po třiceti minutách; viz však BRAUNER 1922.

A tak, co z fototropismu zbývá, je snůška „neurčitých výrazů“, za něž Blaauw zavádí představu, která kotví „na jednodušších a fysikálně-chemicky pochopitelných zákonech“.⁵⁾

Je patrné, že nelze vytrhnouti fototropismus z ostatního dráždivostního dění, aniž by nebylo zapotřebí chápat je také jinak. Není-li pohyb ke světlu reakcí dráždivostní, je-li to reakce čistě chemická, jak si to představoval již De Candolle 1832, pak také pohyby ve směru tíže zemské, koncentračního spádu, na dotek atd., nejsou orientační v tom smyslu, jako jsou orientací obdobné pohyby zvířat; rostlinám chyběla by pak čivost vůbec a dosavadní prohlubeň mezi oběma větvemi živých bytostí rozestoupila by se v propast pro dnešek sotva překlenutelnou.

K těmto závěrům nutí nás teorie Blaauwova, přijmeme-li ji, a není divu, že tolik badatelů neustále ji přezkoumává. Že světlorůstová reakce existuje, je ovšem nesporné. Současně a nezávisle s Blaauwem popsal týž jev Vogt 1915, znovu přezkoušeli jej a potvrdili Sierp 1917, 1918, 1919a, 1921, Lundegardh 1922, Renner 1922, jeho žák Brauner 1922 a jiní.⁶⁾

Nad to pak, což se ostatně dalo očekávat, ukázala Zollikoffrová 1921, že také křivení těžnému předchází zvláštní georůstová reakce a obdobný zjev pozoroval Walter 1921 při střídání vlhkosti a sucha.

Fakt sám je tedy nesporný. Aby však platila teorie, kterou Blaauw z něho odvozuje, bylo třeba dokázati:

1. že rostlina nereaguje na směr světelných paprsků, nýbrž na rozdíl intenzity,
2. že veškeré světlokřivé orgány současně reagují světlorůstově,
3. že křivka, znázorňující světlorůstovou reakci, korresponduje s křivkou světlosměrného křivení.

Co se prvního bodu týče, soudí Buder 1917, 1918 a 1920, i Guttenberg 1922 ze svých zajímavých pokusů, které částečně se opírají o zmíněný pokus Darwinův, že rostlina vnímá skutečně jen rozdíly v osvětlení a ne směr. Naopak zase dovozuje Lundegardh 1919, 1921 a 1922, že rostlina vnímá směr a že tudíž teorie Blaauwova není správná.

Co se druhého bodu týče, poukázal Guttenberg 1922⁷⁾ na to, že by bylo možno s Lundegardhem obrátiti soud Blaauwův tak, že světlorůstová reakce (při všestranném osvětlení) je jen součtem, resp. výslednicí tropistických reakcí jednotlivých hran a dále, že se sotva zdaří dokázati pro orgány v kloubech reagující správnost Blaauwova tvrzení. Konečně upozorňuje Guttenberg, že již Fitting 1907 nalezl v podděloží Paniceí orgán, který sice, byv všestranně osvětlen, růst zpomalí, ke světlu se však nekřiví po osvětlení jednostranném.

Co se konečně třetího bodu týče, tu se Lundegardh 1922 a Brauner 1922 pokusili současně a nezávisle na sobě zjištit, jak a zda souvisí obě křivky. Oba pracovali přesnou registrující metodou, oba brali střední hodnoty z velkého počtu jednotlivých měření, které prováděli oba za konstantních podmínek, a přece dospěli k výsledkům opačným:

⁵⁾ Blaauw 1915, l. c. str. 531.

⁶⁾ Literaturu do roku 1919 v souborném referátu viz Sierp 1919b.

⁷⁾ l. c. str. 187 a násl.

Lundegardh dochází k závěru, že „...podrobné přezkoušení ukázalo, že Blaauwova teorie fototropismu není průkazná.“⁸⁾ „Fototropická křivka a křivka světlorůstová podobají se sice nápadně, ale zákonných vztahů ve smyslu Blaauwově mezi nimi není.“⁹⁾ Za to Brauner tvrdí, že „...nalezl více méně dalekosáhlý souhlas mezi křivením (rozuměj fototropickým) a světlorůstovou reakcí jak v pozitivní, tak i v záporné části pohybové a to tak, že přibývá-li křivení, zpomaluje se růst a naopak.“¹⁰⁾ „Obě křivky souhlasí a tak možno z růstové reakce a z křivení vypočítati místo křivení.“¹¹⁾

Ve všech bodech jeví se nám tedy rozpory. Blaauwova teorie má velký význam heuristický, ale je patrné, že nelze ji nazvat správnou dosud ani v prvním přiblížení a tak jsou snad předčasné práce teoretiků, kteří na ní staví (Bremekamp 1918, 1921, Bakhuizen 1920).

Ale i kdyby se křivka světlorůstová a světlokřivná takřka kryly, soudíme, že je těžko považovati to za nezvratný důkaz pro Blaauwa. Neboť konec konců také pohyby fototropické jsou ve většině případů pohyby růstovými, rostlině stojí zřídka k dispozici jiné prostředky než čistě růstové a nebylo by tedy divu, kdyby se oba processy, světlorůstový i světlokřivný, rozmanitým způsobem překrývaly (superponovaly), i kdyby šlo v obou případech o projev zcela různého aparátu „vnímacího“. A zvláště se nám zdá, že právě u ovesa taková superposice byla tisíciletým výběrem osevním přímo sesilována. Ty rostliny, jejichž reakce světlorůstová i světlokřivná se kryjí, spotřebují totiž pravděpodobně nejméně energie, když se při klíčení orientují do obvyklé polohy a mohou tím více růsti. Každý malý náskok v růstu ze začátku udrží se však již až do konce, jsou-li jinak podmínky stejné, a spolurozhoduje při konečné váze. To ukazuje velmi zajímavě BLACKMAN 1919, který na tyto pochody aplikuje Thomsonův zákon o složitém úrokování.

Vtírá se nám tedy pochybnost, zda je správné řešení otázku tak základní důležitosti na materiálu, který právě ve vlastnosti studované představuje snad vývojový extrém. Blaauw vznesl tuto námitku také, ale přes to opustil svůj původní objekt, jednobuněčnou houbu *Phycomyces* a vybral si oves i slunečnici proto, aby rozšířil platnost svých nálezů.¹²⁾

Zdá se nám tedy, že otázka by se značně zjednodušila, kdybychom ji studovali na organismu, pro nějž je směr světla anebo světlo vůbec ekologicky indiferentní. Kdyby se pak podařilo nalézt organismus, pro nějž jedna ze složek světelného působení (směr anebo osvětlení) má ekologický význam, druhá ne, nebylo by podivno, kdyby i reakce jeho odpovídala tomuto rozrůznění. V určitém případě bylo by na př. možno, že by na osvětlení reagoval vždycky primérně, jak to líčí Blaauw, ale ve směru paprsků by se nekřivil, neorientoval. Čili, dával by světlo-

⁸⁾ l. c. str. 59—60.

⁹⁾ l. c. str. 41.

¹⁰⁾ l. c. str. 536.

¹¹⁾ l. c. str. 537.

¹²⁾ Sachsův výrok, k němuž se hlásí Němec 1908 se svou školou, že totiž cenu vědy určuje její metoda, nevztahuje se jen na techniku práce, nýbrž též na volbu materiálu. Vzpomínáme vděčně, že prof. Němec pronášel v rozhovorech často námitku i upozornění, právě pronesené, že totiž není správné hledati „normálních“ vlastností na objektech extrémně přizpůsobených. Za takový extrém považujeme však klíční rostliny obvyklých pokusných rostlin.

růstovou reakcí, ale nebyl by fototropický. Tím by byla otázka v principu rozhodnuta a byla by rozhodnuta proti Blaauwovi. Uvedli jsme již, že takovým orgánem dle Fittinga je snad podděloží pohankovitých. Ale to je asi zase už složitý, druhotně odvozený systém reakční. Jak řečeno, rozhodl by jednoduchý a ekologicky průhledný případ. Myslíme, že jsme takový jednoduchý případ světelného působení a reakce našli v houbě *Basidiobolus ranarum*.

I podáváme zde stručnou zprávu o kvalitativní stránce nálezu. Kvantitativně potřebuje ještě propracování, kterému se právě věnujeme.

II.

Materiál a metodika.

Na *Basidiobolovi* konáme pokusy, kterými chceme zjistiti, jak působí elektrolyty na některé základní úkony rostlinné buňky, hlavně na vztah mezi blanou buněčnou a plasmou.¹³⁾

K pokusům slouží nám stále týž kmen, který již po leta byl pěstován v ústavu profesora Němce v Praze a jež jsme přenesli do Brna. Za normálních okolností, které jsme si za takové označili,¹⁴⁾ roste tato houba v polokulovitých vločkách, které do dvou dnů dosáhnou průměru asi 7 mm a skládají se z hyf paprskovitě na všechny strany se rozbíhajících. Šířka hyf je přibližně 11—12 tisícín mm, délka vrcholových buněk při dělení asi 200 tisícín mm. Protože je z výzkumů Raciborského známo (*Raciborski* 1907), že *Basidiobolus* na sebe nepatrnější změny vnějších podmínek odpovídá změnami tvaru, uvádíme tato data jako kontrolní. Za minutu urostou vrcholové buňky na špiči 5—6 tisícín mm. Touže rychlostí rostla rasa *Raciborského*.¹⁵⁾

Dané pozorování vyšlo z tohoto námětu:

Vrcholové buňky normálně rostoucí mají na špiči tvar vytáhlého paraboloиду, podobají se na př. špičce na koleoptile ova. Stávalo se nám však někdy, že některé buňky v ústřížku, jež jsme přenesli na podložní skíčko a chtěli zkoumati, náhle, v málo minutách, se na špiči zaoblily do kulového vrchlíku, ba i kyjovitě nafoukly. Za dalších několik minut vyrazila z takové naduřeniny nová špiče paraboloidní, někdy i více takových špicí najednou, a ty rostly dále, dávající vznik větvení, při němž se nezřídka projevoval velmi zajímavý vztah jádra k růstu buněčnému. Než předpokládáme, že o tomto vztahu podá bližší zprávu Dr. Mal'kovský 1922, který se již dříve podobnou otázkou zabýval.¹⁶⁾ Nás tyto naduřeniny zajímaly proto, že hyfy jimi obdařené reagovaly jinak

¹³⁾ O svých pokusech podali jsme dosud dvě předběžné zprávy (Úlehla a Morávek 1922 a, b) a jeden z nás (Dr. Morávek) chystá právě zprávy další.

¹⁴⁾ Temperatura 18° C, kultura stará 48 hodin, pěstovaná v dvouprocentním roztoku peptonu Witte ve vodovodové vědě, výška peptonové vrstvy 1 cm, roste ve tmě.

¹⁵⁾ *Raciborski* 1907, l. c. str. 909, 911 a násl., s tím srovnaj naši tabulku č. I. Treba však podotknouti, že jsme nikdy neviděli změnu růstového tempa při dělení, jak ji měřil *Raciborski* velmi pravidelně. Jde tedy patrně o jinou rasu v našem případě, která ostatně je též *asperogenni*.

¹⁶⁾ Vyjde teprve.

na elektrolyty než hyfy normální a pozměňovaly tak střední hodnotu našich měření.

Reinhardt 1892 pozoroval takové naduřeniny na jiných houbách.¹⁷⁾

Nepochybujeme, že se týkají téhož jevu. Příčiny Reinhardt nehledá, praví, že časem z vnitřních důvodů zakolísá, resp. umenší se růst a to že má v zápětí takovou morfosu špice. Že se opravdu současně s duřením růst zastavuje nebo umenšuje, ukážeme níže. (Tabulka č. IV.) Ale že se to děje „z vnitřních důvodů“, t. j. dle našeho názoru vlastně bez důvodu, „z náladovosti“ zkoušeného organismu, to se nám po našich dosavadních zkušenostech na Basidiobolovi nezdálo pravděpodobným. Takový závěr byl by také vážně ohrozil objektivní průkaznost našich měření. Nechtěli-li jsme tedy prostě před „životním“ „Nevyzpytatelným“ projevem tímto ustoupiti, nezbylo než hledati, nekolísá-li některý vnější faktor, a neduří-li buňka v odpověď na toto kolísání. Poměrně pozdě zjistili jsme, že tímto faktorem je světlo. Proto pozdě, protože je k reakci oné zapotřebí vysoké intensity a paprsků kratší délky, jak jsme se přesvědčili později a protože takové podmínky byly v našich pokusech dány jen náhodou. Buňky, které se při preparaci dostaly do kužele světelného z osvětlovací koule anebo do přímého světla slunečního, reagovaly takto.

Další pokusy ukázaly, že červené paprsky intensity vysoké jevu nepůsobí.¹⁸⁾ Dokladem pro to je tabulka č. I. Mohli jsme proto při slabém červeném světle pohodlně měřiti i započítati pozorování, o nichž nyní promluvíme.

Uvažovali jsme o těchto rychlých a tak nápadných reakcích růstových a tvarových na krátké poměrně osvětlení a uvědomili jsme si, že jsme nikdy nepozorovali na celkovém růstu Basidiobolovy vložky nějakou asymetrii, která by svědčila o fototropické orientaci jeho vláken.¹⁹⁾

Konali jsme proto orientační pokusy s celými vložkami. Očkovali jsme Basidiobola do peptonu, kterým jsme naplnili dno planparalelní kyvety. Sterility této docílili jsme tak, že jsme ji vylívali 96% alkoholem a dali se pak tomuto vypařiti ve sterilisovaném skleněném termostatu. Kyvetu pokryli jsme kovovým poklopem, který nese na bocích pohyblivé zásuvky, takže možno pepton bočně osvětlovat a kolmo na směr paprsků houbu v peptonu horizontálním mikroskopem sledovat. V pokusech 14 až 20 dní trvajících, za nichž Basidiobolus dorostl hladiny, vložka jeho neuchýlila se v nejmenším od tvaru pravidelné polokoule a také jednotlivé hyfy, pokud jsme je sledovali horizontálním mikroskopem, dodržovaly přísně směr poloměru, jsouce při tom ke směru dopadajících bočních paprsků orientovány co nejružněji. Šlo nyní o to zjistiti, zda tento výsledný směr, který očividně je určován především chemotropicky, koncentračním spádem živného roztoku, dýchacích produktů, množstvím kyslíku atd., není provázen fototropickým křivením špice buněčné, která je později zase autotropicky, zmíněnou právě chemotropickou reakcí či nějak podobně napřimována. Bylo tedy zapotřebí registrovati pohyb špice

¹⁷⁾ Reinhardt l. c. str. 493 a tabule XXIII, fig. 4—11.

¹⁸⁾ Po tom, co sdělila Clara Zollikoferová 1920, není to již samozřejmo.

¹⁹⁾ *Vaucheria* sp., kterou pěstujeme již déle na pokusy, je fototropická a tudíž také celý její trávniček pěkně její takové směrné utváření.

při jednostranném osvětlení a při větším zvětšení. Nehledě ke krátké ohniskové vzdálenosti silnějších objektivů, nehodila se i mikrokryveta, kterou jsme si konstruovali, k takovým měřením proto, že zde nelze zameziti, aby osvětlením nebo prostě nárazy v budově nevznikalo stále jemné proudění a chvění, které přesnější měření činí nemožným. Nezbylo tedy nic jiného než pozorovati jednotlivá vlákna pod krycím sklíčkem. To má četné nevýhody. Basidiobolus je silně aërotropický a parciální tlak kyslíku rovněž pozměňuje rychlost růstovou. Nelze proto použití vlhkých komůrek s isolačním kroužkem, ani uzavřítí preparát vazelínou. Ve visutých kapkách vznikají z těchto důvodů rovněž růstové reakce. Postupovali jsme tedy tak, že jsme přichystali několik obyčejných preparátů v peptonu, ponechali jsme je 2—3 hodiny pod poklopem ve vlhké komoře a na to jsme současně kontrolovali růst pod mikroskopem. Vybrali jsme okrajovou hyfu, která ostatní předrostla a nyní volně a rovně rostla rychlostí s vrchu udanou. Takovou hyfu sledovali jsme pak ještě asi půl hodiny při velmi slabém červeném světle mikroskopem, upevněným na Zeissově optické lavici a zaznamenávali jsme přírůstek každé dvě minuty. K pozorování sloužil buď objektiv Reichert 8a s mikrometr. okularem III., nebo Zeiss apochr. 4 mm a mikrometr. okular 3. Byl-li růst po dobu naznačenou konstantní, osvětlovali jsme preparát světlem různé intensity i délký vlny. K tomu jsme používali obvyklých skel a roztoků jako filtrů, stínili jsme clonami na kondensoru i vsunutých čočkách a konečně měnili jsme dobu osvětlení mezi 5 až 30 vteřinami. Další růst sledovali jsme zase ve slabém červeném světle. Tepelné paprsky jsme odstraňovali roztokem síranu železnatého; kde šlo o světlo bílé, dvěma květami s vodou.

Za světelný zdroj sloužila nám jednak žárovka „Osram-Azo-Nitra“ 500 W, 110 V, která měla vlákna v kolmé rovině sblížená, jednak — pro vyšší intensity — Zeissova malá obloukovka, patřící k jeho optické lavici, na střídavý proud 110 V, 4 Amp. Žárovka zmíněná má dle měření Lummer-Brodhunovou kostkou 1695 hef. sv. metr, tedy značně více, než by odpovídalo označení. Dle ní jsme vyměřili všechny jiné intensity a to tak, že jsme pokládali na místo preparátu citlivý papír z aktinometru,²⁰⁾ osvětlovali jsme seriově a černání srovnávali.

Brzo se ukázalo, že Basidiobolus reaguje teprve na vysoké intensity paprsků delší vlny. Proto jsme užívali intensit vysokých (o desetitisících svíčkách) zpravidla a jen na srovnání intensit nižších. To odpovídá předpokladu, který jsme v úvodu naznačili: světlo není pro Basidiobola činitelem ekologickým, není u něho vyvinuta nějaká zvláštní citlivost svě-

²⁰⁾ Používáme „Imperial Duplex Exposure Meter for bright and dull light“ firmy Cricklewood, London, N. W. 2. V tabulkách i v textu zkracujeme bright light (silné světlo) na **S**, dull light (slabé světlo) na **s**. Nehledě k různým jiným nepřesnostem daným různou citlivostí na různou délku vln a na různou intensitu, je tato metoda pouze orientační proto, že na místě hyfy paruje zcela různé, a to mnohem slabší osvětlení než v ohnisku Abbeova kondensoru, Zeiss Aplanat 1,4, kde jsme k vůli jednotnému srovnání intensitu vždy měřili. Než pro kvalitativní srovnání je to přece metoda dostatečná a pro kvantitativní pokusy zabýváme se vypracováním přesnějších. Podotýkáme ještě, že „aktinometrtime“ (označíme jako **ÅC**) pro **S** 10 vteřin rovná se asi šestistům tisícům Hefnerových svíček na metr a odpovídá asi osvětlení prosincovým sluncem v poledne. **ÅC** s 10 vteřin rovná se asi jedné pětině této hodnoty.

telná a procesy světlem vyvolávané spíše se asi dají, jak naše pokusy ukáží, chápati prostě fyzikálně-chemicky.

Při těchto pokusech mohli jsme sice zjistiti, dává-li *Basidiobolus* světlorůstovou reakci, unikalo nám však, nereaguje-li snad současně fototropicky, neboť tento pohyb dál by se kolmo na rovinu zorného pole a mohl by býti potlačován skličky. Proto jsme v druhé serii pokusů konstruovali jednoduchý ultramikroskop. Namontovali jsme na optické lavici Zeissův stativ IB v obvyklé kolmé poloze tak, že svazek paprsků dopadal vodorovně z boku přímo na hranu horizontálního mikroskopického stolku. Těsně před stolek jsme umístili ve výši jeho jemnou horizontální šterbinu, zhotovenou v mechanické dílně naší fakulty, jejíž šířka dá se šroubem dobře regulovati. Na šterbinu promítali jsme úzký svazek paralelních paprsků. Šterbina vrhala nám uzounký vodorovný pás paralelních paprsků více méně přesně mezi podložní a krycí skličko preparátu. Tak vzniká pro pozorovatele svrchu temné pole, v němž hrana hyfy ku šterbině obrácená se ostře rýsuje, hrana odvrácená splývá s řadou interferenčních proužků, od dopadajícího světla do zadu přímočaře se šířících. Hyfa zde působí jako ohybová mřížka a je patrné, že je dán značný rozdíl intensity mezi oběma hranami jejími, přední a zadní, vzhledem k dopadajícím paprskům. Tento bod je velmi závažný, neboť takový rozdíl v intensitě předpokládá Blaauwova teorie tam, kde má dojít k fototropické reakci. Předpoklad je tedy zde dán. Před a po osvětlení sledovali jsme hyfu v těchto pokusech zase slabým červeným světlem, které jsme promítali ze spodu zrcátkem ze žárovky, kolmo na optickou lavici postavené. I toto světlo jsme chladili. V několika pokusech neměřili jsme přímo, nýbrž zakreslovali jsme hyfu každé dvě nebo tři minuty na pruh průhledného papíru po způsobu filmu Zeissovým kreslicím aparátem dle Abbeho. Tyto nákresy jsme pak vyměřovali. Příklad takového registrování podává obraz č. 1.²¹⁾

Od grafického znázornění našich pokusů pro úspornost prozatím upouštíme. Sdělujeme několik výsledků ve formě tabulek. V prvním sloupci tabulky uvedeno je běžné číslo pozorování, ve druhém čas od prvního sděleného pozorování v minutách, ve třetím vypočítaný přírůstek v μ za minutu. Tabulka č. I. sloužíž jako příklad pro přepočítání.

Úplné protokoly připojíme teprve ke zprávě o kvantitativní analýse této reakce, kterou podáme později.

III.

Výsledky pokusů a jejich diskuse.

Předběžné pokusy ukázaly, že ve světle slabší intensity a delší vlny je růst takřka konstantní. To znázorňuje tabulka č. I. Pozorování 1 až 11 dalo se při slabém již světle denním, v poledne, pozorování 12 a další

²¹⁾ Pro studium světlorůstové reakce, když již takto objektivním kreslením bylo prokázáno, že *Basidiobolus* není fototropický, ukázalo se nám však přesnějším přímé měření okulárnímikrometrem. Při optice Zeissově 1 dílek okularu rovnal se 3,4 μ , při Reichertově 2,5 μ . Odhadovali jsme přírůstek přesně na plus minus jednu desetinu dílku. To znamená při celkovém přírůstku průměrně deseti μ za dvě minuty chybu dvou až tří procent.

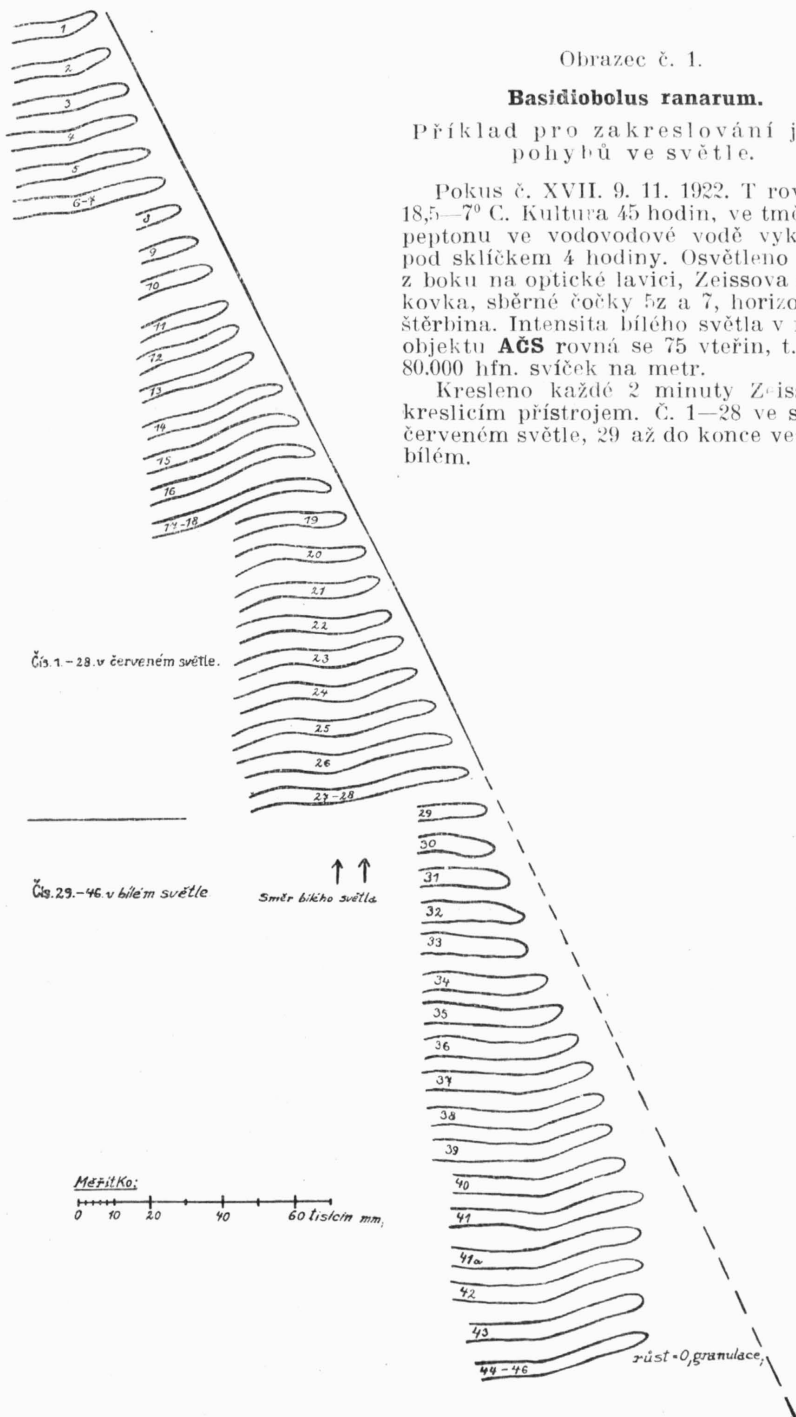
Obrazec č. 1.

Basidiobolus ranarum.

Příklad pro zakreslování jeho pohybů ve světle.

Pokus č. XVII. 9. 11. 1922. T rovná se $18,5-7^{\circ}$ C. Kultura 45 hodin, ve tmě v 2% peptonu ve vodovodové vodě vyklíčelá, pod sklíčkem 4 hodiny. Osvětleno trvale z boku na optické lavici, Zeissova obloukovka, sběrné čočky 5z a 7, horizontální štěrbin. Intenzita bílého světla v rovině objektu **AČS** rovná se 75 vteřin, t. j. asi 80.000 hfn. svíček na metr.

Kresleno každé 2 minuty Zeissovým kreslicím přístrojem. Č. 1—28 ve slabém červeném světle, 29 až do konce ve světle bílém.



Číslo	Čas v minu- tách	Délka v dílcích mikrometru	Růst: μ za minutu	Poznámka	Číslo	Čas v minu- tách	Délka v dílcích mikrometru	Růst 0,001 mm sec	Poznámka
1	5	81,8 90,8	4,5	Počáteční délka měřené buňky asi 250 μ	17	85	109,5 80,0	5,0	
2	10	98,5	3,6	Denní světlo †	18	90	90,5	5,3	Znovu zastaveno a přerušeno na 11"
3	15	90,0 98,5	4,3	Znovu zastaveno a přerušeno na 20"	19	95	100,5	5,0	
4	20	105,8	3,7		20	100	110,8	5,2	
5	25	79,0 86,0	3,7	Znovu zastaveno a přerušeno na 25"	21	105	80,5	5,3	Znovu zastaveno a přerušeno na 25"
6	30	92,0	3,5		22	110	91,0	5,3	
7	35	102,5	4,8		23	115	101,5	5,3	
8	40	111,0	4,3		24	120	111,3	4,9	
9	45	80,0 89,7	4,9	Znovu zastaveno a přerušeno na 11"	25	125	69,5 80,0	5,3	Znovu zastaveno a přerušeno na 22"
10	50	99,1	4,8		26	130	90,3	5,2	
11	55	70,0 79,8	4,9	Znovu zastaveno a přerušeno na 30"	27	135	100,5	5,1	
12	60	89,9	5,1	† Žluté světlo	28	140	110,5	5,0	
13	65	100,3	5,2		29	145	75,0 84,5	4,8	Znovu zastaveno a přerušeno na 43"
14	70	110,3	5,0		30	150	94,5	5,0	Celková délka 550 μ; pří- růstek asi 500 μ. Vytvořil přehrádku; prázdná buň- ka dlouhá asi 187 μ
15	75	79,0 89,0	5,0	Znovu zastaveno a přerušeno na 25"					
16	80	99,5	5,3						

Basidiobolus ranarum. Pokus č. III., 19. IV. 1922 Růstové tempo ve světle denním a umělém světle oranžovém. Kultura stará 36 hodin, 2% Pepton-Witte ve vodovodové vodě, vložka pod sklíčkem 2 hodiny před pozorováním. Osvětlení: slabé denní světlo a žárovka s eosinovou koulí osvětlovací jako filtr.

ve světle 100 svíčkové žárovky, filtrovaném roztokem eosinu. V denním světle rychlost růstová silně kolísá, patrně vlivem kratších paprsků, které zde byly přítomny, v umělém červeném byt i o intenzitě větší ihned se ustálí, současně pak se celkově poněkud zvýší. Slabé výkyvy od střední hodnoty odpovídají prostorovým nutacím buňky, které na měření nepříznivě působí. Na kolik takové růstové nutace jsou „autonomní“, těžko říci. Chýlíme se k názoru, že také ony jsou vyvolávány periodickým kolísáním nějakého vnějšího faktoru. Neboť naše tak zvané konstantní podmínky z daleka jimi nejsou pro mechanismus tak jemný a odstupňovaný, jako je buňka. V daném případě rostla poblíž jiná buňka a pozorovali jsme často, že dvě buňky *Basidiobola* působí na sebe repulsivně. Byly-li by jen dvě, rostly by tedy při podmínkách jinak stejných o 180° od sebe. Ale když je jich mnoho, kompensují se reakce tyto více nebo méně dokonale, projevem pak takových kompensací byly by tyto „autonomní“ růstové nutace. Než to se vymyká danému temat. Použijeme-li buňku pokud možno izolovanou, je růst také rovnoměrnější.

Na takové buňce sledovali jsme především účinek krátkého osvětlení bílým světlem ze spodu. Použijeme-li světla slabšího, silně odcloněného (AČS v ohnisku kondensoru = 15—20 vteřin, t. j. asi čtvrt milionu svíček) a osvětlíme-li 10—20 vteřin, ukáže se účinek asi takový, jak nám jej znázorňuje tabulka č. II.

T a b u l k a II.

I.	II.	III.	I.	II.	III.
1	2	5,3	9	18	5,3
2	4	5,3	10	20	6,9
3	6	5,3	11	22	5,6
4	8	5,3	12	24	5,6
5	10	7,2	13	26	5,6
6	12	5,0	14	28	5,6
7	14	5,0	15	30	5,6
8	16	5,0	16	32	5,6

***Basidiobolus ranarum*. Pokus č. VII. 8. VII. 1922.**

Positivní světlorůstová reakce.

Kultura 46 hodin, 2% Pepton-Witte ve vodovodové vodě. Pod sklíčkem 4 hodiny před počátkem pokusu. T na počátku 19°, na konci 19,2° C. Reichert obj. 8a. Ok. mikr. III. Zeissova optická lavice s kondensorem, sběrnou čočkou 7 a 5z v normální vzdálenosti. Chlazení siranem železnatým. Pozorováno a měřeno každé dvě minuty. V tabulce značí první sloupec číslo pozorování, druhý čas v minutách od prvního pozorování, třetí tučným písmem střední růstovou rychlost za minutu v tisícinách milimetru. Vesměs ve slabém červeném světle, jen mezi 4. a 5. pozorováním osvětleno 20 vteřin světlem obloukovky. Intenzita osvětlení: **AČS** rovná se 20 vteřinám, t. j. asi 250.000 hlín. svíček na metr. Měřeno v ohnisku Abbeho kondensoru, Zeiss Aplanat 1,4. ===== osvětlení.

Vidíme, že růst v nejbližších dvou minutách se zrychlil, na to klesl pod normál a setrval tak plných osm minut, než se ještě jednou (pozorování č. 10) zvedl, méně však již, nad normál, načež poklesl opět a na

tomto novém poklesu již setrval. Vidíme však dále, že nové růstové tempo (5,6) je poněkud vyšší než tempo původní. V daném případě trvalo to skoro hodinu, než se zvolna tempo snížilo zase na 5,3, což v tabulce již neuvádíme. Jindy setrvalo takové zvýšení tempa po dvě hodiny.

Vidíme zde jasně tytéž fáse světlorůstové reakce, jak je popisuje BLAAUW pro *Phycomyces*: zdvih, pokles, zdvih opět a ustálení. Je to dle Blaauwa pozitivní světlorůstová reakce, kterou *Basidiobolus* tedy dává. K nové růstové rovnováze, která po změnách tak okamžitých tak dlouho se udržuje, se ještě vrátíme. Zde budiž ještě učiněna zmínka o zajímavém morfologickém zjevu: současně jak poskočí růst po osvětlení, zúží se též poněkud buňka na špici. Jak již Reinhardt ukázal, rostou tyto vrcholové buňky vláknitých hub jen na špici²²⁾ a tak se každá změna tvarová, při růstu na špici vznikající, uchovává. Vskutku zůstane buňka na místě, kde byla špice v době růstového vzestupu, zúžena, buňka jeví zde krček. To je velmi důležité pro posouzení případu opačného, který v zápětí uvedeme.

Před tím však zmíníme se jen krátce o tom, jak působí osvětlení extrémně silné. Příklad pro to skytá nám tabulka č. III.

T a b u l k a III.

I.	II.	III.	I.	II.	III.
1	2	2,3	10	20	0,5
2	4	2,5	11	22	0,7
3	6	2,5	12	24	0,5
4	8	2,6	13	26	0,7
5	10	2,7	14	28	0,7
6	12	2,7	15	30	0,2
7	14	2,6	16	32	0,0
8	16	1,4	17	34	0,0
9	18	1,2			

Basidiobolus ranarum. Pokus č. I., 10. 20. VI. 1922.

Smrt po prudkém chvilkovém osvětlení.

Údaje z části jako v tabulce č. II. Na optické lavici, Zeiss obj. 4 mm. Ok. mikr. 3. T rovná se 20° C. Obloukovka, čočky jako v tab. II. Mezi pozorováním č. 5 a 6 osvětlen 30 vteřin bílým světlem, všechny clony otevřeny, intensita rovná se: **AČS** 1—2 vteřiny, t. j. asi 4—6 milionů hftr. svíček na metr, v ohnisku Abbeho kondensoru. Před a po sledován ve slabém červeném světle. Jinak čísla na tabulce v témže sledu jako na tabulce II. ===== osvětlení.

Zde jsme osvětlili buňku, která rostla v červeném světle normální rychlostí, dvakrát po sobě nejsilnějším světlem, kterého jsme na naší optické lavici mohli docílit, t. j. koncentrovaným svazkem paprsků ze zmíněné obloukovky beze clon. Aktinometrový čas pro silné světlo rovnal se jedné vteřině. (AČ. S 1 vteřina rovná se asi šesti milionům hefnerových svíček na metr, ovšem, v ohnisku kondensoru!).

²²⁾ Pro *Basidiobola* neplatí to úplně, než zde nemůžeme prozatím říci nic rozhodného o případech úchylných, které jsme někdy pozorovali.

Po prvním osvětlení, trvajícím 10 vteřin, růst silně poklesl, ustálil se však asi po půl hodině na tempu 2 μ za minutu (č. 1—5 tabulky). Současně následovala tvarová reakce, kterou však vyličíme až na příkladu příštím. Jakmile se růst ustálil, osvětlili jsme po druhé, tentokrát 30 vteřin. (Mezi č. 5—6.) Růst ihned poklesl a klesal neustále, až 20 minut po osvětlení ustal úplně (č. 16). Je velmi zajímavé, že tvar špice se nijak zvlášť neodchyloval od normálního, ačkoliv po prvním osvětlení dával prudkou tvarovou reakci, kterou, jak jsme řekli, vyličíme na příkladě následujícím. Potvrzuje to dle našeho mínění domněnku, kterou v závěru blíže rozvedeme, že v prvním případě jednalo se hlavně o reakci blány s dodatečnou regulací plasmy, v druhém osvětlení však též o reakci plasmy, a to irreversibilní, t. j. nekrotickou reakci. A vskutku se v další čtvrt hodině počala plasma znenáhla stahovat od špice, ustupovati velké vakuole a zrnitě se rozpadati. První fáse tohoto rozpadu plasmy velmi se podobala jevům, které předcházejí prasknutí buňky, k níž jsme přidali kyseliny.²³⁾ Analogie destrukčních procesů v obou případech, po prudkém osvětlení nebo po přidání kyseliny, poskytne nám ještě později námět k úvaze.

Nyní obdrželi jsme meze pro množství osvětlení, kterým můžeme ještě vyvolávat změny zvrtné. Konajíce v těchto mezích další pokusy, shledali jsme, že s rostoucím množstvím dráždění mění se původní reakce kladně světlorůstová v reakci zápornou. Kvantitativní vztahy vyličíme jinde, zde jen uvedeme opět příklad kvalitativní, znázorněný na tabulce č. IV. Buňka v tomto pokuse měřená rostla asi hodinu v červeném světle zcela rovnoměrně (č. 1—6). Na osvětlení první (č. 6—7), které se přibližně intenzitou, ne však dobou rovná osvětlení v tabulce č. II. (**AČS** rovná se 20 vteřin, t. j. asi čtyřstům tisícům svíčkám v ohnisku, doba osvětlení 30 vteřin), odpovídá buňka typickou pozitivní světlorůstovou reakci, jak jsme ji již vyličili. Jakmile se růst ustálil a to po počátek opět na indexu poněkud vyšším (č. 12—14), osvětlili jsme opět, tentokrát však 20 vteřin a prudkým světlem (**AČS** rovná se 5 vteřinám, t. j. asi million svíček v ohnisku) bílým (č. 14—15). Jako následek růstu po okamžitém stoupnutí neustále a vytrvale ubývá a to plných deset minut (č. 16—20). Na to se růst kolísavě zvedá a klesá a konečně znenáhla dosáhne normálu, který dokonce překročí (č. 46—49). Jakmile se na této hranici ustálil, dráždili jsme po třetí a po novém ustálení po čtvrté, užívajíce k dráždění třetímu (č. 49—50) a čtvrtému (č. 67—68) téže intensity i doby jako k dráždění druhému. Sledování čísel na tabulce ukáže, že se vždy jako reakce opětuje process právě vyličený, jenže po třetím dráždění je pokles růstový zvláště náhlý a ježto jsme zde nepopřáli reakci dozníti, je konečný růst dosud menší než počáteční. Ale je patrné, že opakováním se zde ničeho nemění, že jde o process reversibilní. O tom jsme se přesvědčili na řadě pokusů, probíhajících zcela stejně jako pokus vyličený. Růstová porucha je o tolik větší, oč je dráždění silnější a regulace trvá o to déle. Analogie s chemickými reakcemi je nasnadě. Nikdy se však při poruše reversibilní růst nezastaví docela. Klesne-li pod 0,3—0,2 μ za minutu, možno poruchu označiti již za irreversibilní. Růst se pak zastaví úplně a následuje smrt.

²³⁾ Úlehla a Morávek 1922, I. c. str. 8.

Tabulka IV.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
1	2	5,3	25	50	3,4	49	98	5,9	73	146	3,4
2	4	5,3	26	52	3,8	50	100	3,4	74	148	3,4
3	6	5,3	27	54	4,4	51	102	1,3	75	150	3,1
4	8	5,3	28	56	4,1	52	104	2,2	76	152	3,1
5	10	5,3	29	58	4,7	53	106	2,5	77	154	3,4
6	12	5,3	30	60	5,3	54	108	2,2	78	156	3,4
7	14	5,9	31	62	4,1	55	110	2,2	79	158	3,4
8	16	5,6	32	64	4,7	56	112	3,1	80	160	3,8
9	18	5,6	33	66	5,3	57	114	4,4	81	162	3,4
10	20	5,6	34	68	5,3	58	116	4,7	82	164	3,8
11	22	5,9	35	70	6,3	59	118	3,4	83	166	3,8
12	24	5,6	36	72	5,0	60	120	2,8	84	168	4,1
13	26	5,6	37	74	5,6	61	122	3,4	85	170	4,4
14	28	5,6	38	76	5,3	62	124	4,1	86	172	4,4
15	30	5,9	39	78	5,3	63	126	3,8	87	174	4,4
16	32	5,6	40	80	5,9	64	128	4,1	88	176	4,4
17	34	5,3	41	82	5,9	65	130	4,1	89	178	3,4
18	36	5,6	42	84	5,9	66	132	4,4	90	180	4,7
19	38	4,1	43	86	5,9	67	134	4,4	91	182	4,7
20	40	1,6	44	88	5,3	68	136	4,1	92	184	5,0
21	42	3,1	45	90	6,3	69	138	3,8	93	186	5,0
22	44	2,5	46	92	5,9	70	140	3,4	94	188	5,0
23	46	2,8	47	94	5,9	71	142	2,5	95	190	5,0
24	48	3,4	48	96	5,9	72	144	1,8	96	192	5,0

Basidiobolus ranarum. Pokus IX. 11. VII. 1922. T 18,1°—18,2° C.

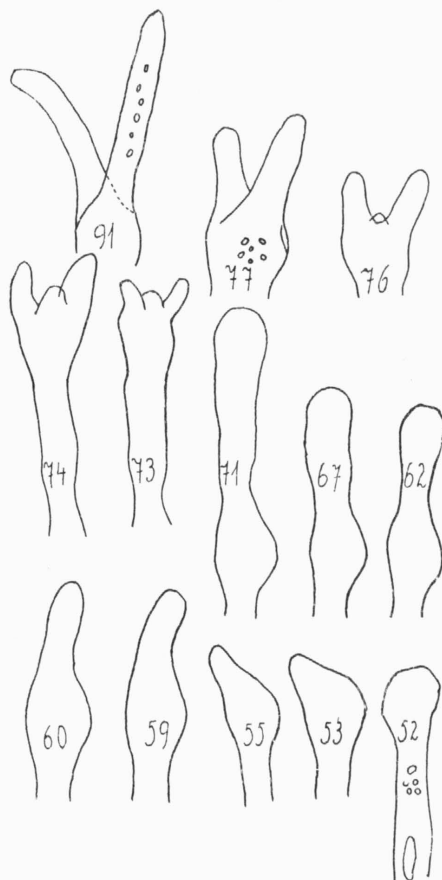
Světlorůstová a tvarová reakce na silné chvilkové osvětlení.

Aparatura jako v tabulce č. II. Osvětlováno ze spodu. Osvětleno po prvé mezi pozorováním č. 6 a 7 prostým odstraněním filtrů po 30 vteřin. Intensita: **ACS** rovná se 20 vteřin. Další osvětlení mezi č. 14—15, 49—50 a 67—68 stejná: **ACS** rovná se 5 vteřin. Osvětleno vždy 20 vteřin. Význam a sled čísel v této tabulce jako na tabulce II.

Těto tabulce odpovídá obrazec č. 2. Čísla na růstových stadiích, v onom obraze zakreslených, odpovídají přímo pořadovým číslům, označujícím číslo pozorování, která jsou uvedena v prvním sloupci této tabulky. osvětlení.

Zajímavé je nyní, že jak se růst po osvětlení zpomaluje, tak že současně špiče buněčná z rotačního paraboloidu přechází v kulový vrchlík. Když konečně poklesne růst na minimum, špiče počne se nafukovati kyjovitě a z tohoto kyje počne vyřazeti nová paraboloidní špiče, která opět rychleji roste, tím rychleji, čím dále je odsunována od místa poruchy, které zůstává nafouklé. Vzhled, tvar buňky je tedy odvislý od růstového tempa, pokud se toto reversibilně mění v odpověď na dráždění světelné. Tím jsou vysvětleny patrně též útvary, jak je kreslil Reinhardt (viz výše) a jak je i jiní autoři popsali. Obrazec č. 2 ukazuje tvarové tyto změny, jak se jevíly při pokuse v tabulce

č. IV. uvedeném. Čísla na skizzách, znázorňujících tvar špice měřené buňky, odpovídají číslům měření v dotyčné tabulce. Po čtvrtém dráždění vidíme, že z kyjovité nafoukliny vyrůstají dokonce tři nové paraboloidní špice. Kdežto střední již od počátku byla v růstu potlačena, rostly dvě krajní z počátku takřka stejně rychle, po chvíli však počala růsti rychleji



Obrazec č. 2.

Basidiobolus — tvarová reakce na krátké osvětlení.

Odpovídá tabulce č. IV. Nákresy ukazují, jak vypadala měřená buňka ve stadiích růstových. Čísla zakreslených stadií odpovídají číslům pozorování, uvedeným v prvním sloupci tabulky č. IV.

ona špice, do níž vepluly malé, lesklé vakuolky či zrnka, která se v rostoucí buňce Basidiobola ve vzdálenosti 25—28 μ od špice (za normální růstové rychlosti) vždy nalézají. Teprve později, když již dominující špice svého konkurenta značně předhlonila, veplulo do ní jádro, aniž se rozdělilo, jak tomu v jiných případech bývá. Prohlíželi jsme tento preparát

po 20 hodinách v temnu a shledali jsme, že špice převládající vyrostla zatím v hyfu o několika prázdných buňkách, kdežto špice bez jádra, odříznuta přehrádkou, obsahovala již jen zbytky rozpadlé plasmy. Tyto jevy nebyly by jistě bez významu pro řešení otázky, jak dalece účastní se jádro tvárných pochodů v buňce, otázky, o jejíž řešení kromě jiných autorů velkou zásluhu získal si Němec 1910. V tomto případě měřili jsme zprvu obě vyhánějící větve, později jen větev převládající. V tabulce uvádíme jen čísla převládající větve.

V mezích pokusy uvedenými naznačených pohybuje se růstová reakce *Basidiobola* na krátké osvětlení. Intensita i průběh reakce, pozitivní či negativní, je funkcí světelného dráždění. Dále pak je tvar rostoucí hyfy funkcí této reakce.

Jak je tomu nyní se směrem růstovým? Jak jsme již řekli, osvětlovali jsme, abychom to zjistili, buňku s boku. Osvětlení okamžitá vyvolávala světlorůstovou reakci, ne však křivení, aspoň pokud jsme mohli posoudit. Neboť rostoucí špice neustále nutuje a tu nebylo někdy dobře

Tabulka V.

I.	II.	III.	I.	II.	III.
1	3	6,1	20	63	3,4
2	6	6,1	21	66	2,8
3	9	6,1	22	69	3,7
‡ 4	12	5,8 ‡	23	72	5,1
5	15	5,4	24	75	4,1
6	18	5,1	25	78	4,4
7	21	4,0	26	81	4,4
8	24	4,0	27	84	5,4
9	27	4,4	28	87	5,8
10	30	3,7	29	90	5,4
11	33	2,7	30	93	6,1
12	36	0,7	31	96	6,4
13	39	1,4	32	99	6,8
14	42	2,4	33	102	8,1
15	45	0,7	34	105	8,5
16	48	1,0	35	108	8,5
17	51	1,4	36	111	8,8
18	54	0,7	37	114	10,5
19	57	2,0	38	117	9,5

***Basidiobolus ranarum*.** Pokus č. XIII. 3. X. 1922. T 18° C.

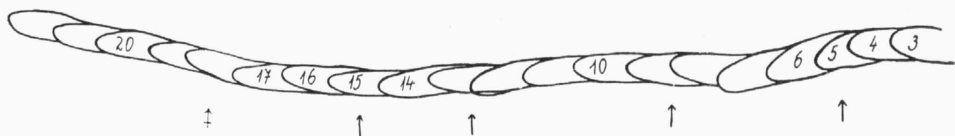
Růst ve slabém bočním osvětlení.

Osram-Azo-Nitro lampa, 1695 hfnr. svíček, paprsky sebrány Zeissovým kondensorem **a**, čočkou 7 na štěrbinu. Vzdálenost lampy od štěrbin 75 cm. Intensita za štěrbinou na mikroskopickém stolku v niveau optické osy mikroskopu: **AČS** rovná se 265 vteřin, t. j. asi 22.000 hfnr. sv. Kultura normální, 46 hodin stará, vybrána buňka volně rostoucí. 2% Pepton-Witte ve vodovodové vodě. T na počátku 18° C, na konci o dvě desetiny stoupla.

Prvé číslo v tabulce značí pozorování, druhé čas od prvního pozorování v minutách, třetí tučně tištěné střední přírůstek v tisícinách mm (mikronech) za 1 minutu. ——— osvětlení.

možno rozhodnouti, zda nutace nebyla sesílena či seslabena osvětlením. Abychom to rozhodli, použili jsme trvalého bočního osvětlení bílým světlem. Zde jsme přirozeně sáhli ke světlu slabšímu, než ukázalo se, že reakce na trvalé osvětlení, byť by i v hlavních rysech podobala se světlorůstové reakci na osvětlení okamžité, přece se od ní v mnohém liší a hlavně, že se zde dostavuje časem jakási, možno říci necitelnost, která dosahuje vysokého stupně. Jako příklad uveďme pokus, obsažený v tabulce č. V.

Buňka rostla v červeném světle nadprůměrnou rychlostí. Jakmile jsme osvětlili s boku světlem bílým (č. 4 a další), růst počal zvolna se umenšovat, dosáhl asi po půl hodině minima (č. 15), na němž chvíli kolísavě setrval a pak se začal zase zvolna urychlovat, až za necelé dvě hodiny (č. 37) dosáhl maxima, odtud se pak zvolna ustaloval kolem 8mi za minutu, tedy na tempu vyšším než v červeném světle. To je úkaz podivný a nemůžeme o něm dosud pronést definitivního soudu. Je jisto, že v trvalém osvětlení probíhá patrně řada reakcí, které se překrývají,



Obrázec č. 3.

Basidiobolus ranarum — osvětlen s boku trvalým světlem, dává reakci světlorůstovou, nereaguje však fototropicky.

Pokus č. XVI. 8. XI. 1922. T rovná se 18° C. Kultura stará 36 hodin, podmínky obvyklé. Osvětlení s boku na optické lavici, trvalé, počíná při č. 5 a trvá do č. 18. Před a po slabé červené světlo. Obloukovka Zeissova, sběrná čočka 7, horizontální štěrbina. Intensita v rovině objektu AČS asi 300 vteřin. Střední růstová rychlost v červeném světle 4,5 μ . Po osvětlení růst poklesne, ihned stoupne a ustálí se na vyšším tempu. Po zatmění vrací se do normálního tempa.

Přirůstky vidny z nákresů, které vždy po 3 minutách.

že zde zkrátka místo jednoduchého jevu, vyvolaného okamžitým drážděním, rozvíjí se process, který se nazývá „adaptace“. Process, hodný dalšího zkoumání. Co však je pro naše vývody nyní důležité, je, že přes tvarovou reakci, která se v minimu růstovém objevuje a přes veliké urychlení růstu, v zápětí následující, při čemž se zase špice silně ůží, směr buňky je stále též jako byl před osvětlením. Buňka nereaguje tedy tropisticky! Jen tolik se nám zdá, že nutace jsou poněkud sesilovány a to tak, že zprvu přikřiví se buňka směrem ke světlu asi o 20°, na to se zase asi o tolik od světla oddálí, načež ve výkyvech stále menších roste dále. Pokud můžeme souditi, s křivkou růstovou tyto sesílené nutace asi nesouvisí. Tento bod potřebuje ještě dalšího zkoumání.

Jako doklad pro to, že směr růstový v jednostranném světle se nemění, služíž ještě obrázec č. 3. Buňka v pokuse zde zobrazené rostla až do náčrtu č. 4 v červeném světle, pak od č. 5 až do č. 15 ve světle bílém, na to opět ve světle červeném. Jednotlivá kreslení následují po

třech minutách. Střední rychlost růstová v červeném světle byla 4,5 μ za minutu. Z toho plynou rychlosti ve světle bílém, jež možno přímo vyměřiti. Vidíme, že po osvětlení špice se poněkud přiklonila ke světlu, odklonila se však opět, znovu přiklonila (č. 12) a znovu odklonila (č. 15). Zde jsme schválně zatemnili, abychom viděli, zda podobný odklon nutační nenásleduje též na zatemnění. Zdá se, že ne, ale, jak jsme řekli, tento bod třeba dále zkoumati. Tolik je však vidno, že po reakci, kterou označujeme jako tropistickou, není zde ani stopy. Upozorňujeme ještě na obrazec č. 1, kde jsme sledovali buňku dlouho ve světle červeném, abychom ji pak osvětlili nejprudším světlem bílým, kterého jsme z boku mohli docílit. Vidíme, že růst napřed zvolna, pak náhle (č. 41) po posledním zdvihu ustává, až se úplně zarazí (č. 44). Brzo následovala v tomto případě granulace a smrt. Zajímavé je však, že zde, když růst ustával, nenafukovala se buňka! Tento fakt ukazuje k tomu, že plasma již byla poškozena a nebylo růstového tlaku ze vnitř, který by k nafouknutí vedl.

Zde můžeme navázati teorii, která se nám stále jasněji rýsuje a která, kdyby snad i nevystihovala plně skutečnost, patrně nepostrádá určité ceny heuristické, činíc také dle našeho názoru jevy vyličené snadno pochopitelnými.

Soudíme totiž, že je třeba přesně rozeznávati u rostlinných pohybů mezi „reakcemi“ blány buněčné a mezi reakcemi plasmy. Reakce blány buněčné jsou jednodušší, průhlednější než reakce plasmy a také rychlejší, takřka okamžité. Jsou to reakce v chemickém slova smyslu. Spočívají v tom, že se mění stupeň disperse v bláně buněčné, která reprezentuje koloidální systém značně složitý, neskonale však jednodušší než plasma.²⁴⁾

Stupeň disperse snadno se reversibilně mění, zakolísá-li na okamžik intensita některého z vnějších činitelů. Taková změna má však za následek, že se mění veškeré fyzikálně-chemické vlastnosti blány, co nás pak především zde zajímá, také její elasticita. Jakmile stupeň disperse klesá, blána se smrskává a naopak. Tím se mění tlak blány na protoplast a to má zase v zápětí změnu růstového tempa. Na tlak blány odpovídá plasma reakcí, která vrací blánu buď do původního stavu anebo ustaluje stav nový. Reakce ta je dotud primární, pokud nebyla zásahem vnějším dotčena též plasma. Tento jednoduchý případ v zakolísání rovnovážného stavu, resp. ustálení nového stavu rovnovážného v bláně jeví se tedy na venek jako stejně náhlá změna růstového tempa, jako růstová reakce v nejširším slova smyslu. Její speciální případ po prvé popsal Blaauw, v úvodu jsme se zmínili o jiných objevech analogických a nepochybíme asi, budeme-li postulovati takovou reakci téměř pro veškeré vnější činitele životní.

Něco zcela jiného je však reakce plasmy na vnější podnět. O té toho času můžeme říci málo určitého, neboť to jediné, co jsme dosud bezpečně mohli sledovati a měřiti, t. j. reaktivní pohyb, nyní bude dle naší hypotézy zapotřebí rozlišiti též v komponentu primární, z blány vyplývající, a na složku z dráždění protoplastu vyplývající.

²⁴⁾ Srovnej zajímavé objevy v tomto směru, jež sdělil HANSTEEN-CRANNER 1921.

Z tohoto hlediska bude se nám jevití světlorůstová reakce jako reakce blány, reakce tropická jako reakce plasmu a snad též blány. Obě nemají společného buď nic anebo ne mnoho, ale mohou se v pohybové části překrývat. To již při osvětlení okamžitým. Při osvětlení trvalém přidružují se, pokud osvětlení nepřesahuje životní meze, regulační processy plasmu v bláně i v plasmě samé. A konečně, jde-li o nekrosu, probíhají zase vedle sebe irreversibilní processy v bláně (koagulace až do isoelektrického bodu, ev. změna náboje, spojená s přeměnou chemickou) i v plasmě.

Co se nyní Basidiobola týče, možno naznačené hypotезy použití asi takto: Osvětlíme-li krátce, v určitých mezích intenzity, nezmění se v plasmě ničeho, v bláně se však naznačenými processy změni elasticita a zvýší nebo sníží se tlak na plasmu. Jak se rovnováha v tlaku poruší, tak se růstové tempo změni. Koaguluje-li blána na nejzazší špici více než v partiích přilehlých, plasma zde potřebuje více času k regulaci, tlak její vyvolává neúměrný růst těchto přilehlých stěn špicového paraboloidu: buňka se na špici nafoukne. Sekunderně pak vyreguluje se koagulace na špici: buňka roste v paraboloidu dále.

Stupeň koagulace je úměrný intenzitě osvětlení, růstové tempo i tvarové změny jsou zase úměrny stupni koagulace.

Osvětlíme-li intenzitou nad určitý stupeň, je zasažena také plasma, také ona částečně koaguluje, tlak její na blánu se snižuje; proto nedochází přes snížení růstového tempa k nafouklinám, buňka nereaguje, neboť je poškozena, po př. smrtelně. Zde další pokusy mohou přesně stanovit meze obou procesů.

Osvětlíme-li trvale, kromě naznačené reakce v bláně postižena je též plasma, v níž nyní odehrává se složitý proces „zvykání“, pokud intenzita nepřekročuje meze života. Výsledná křivka pohybová, růstového tempa, je dle toho složitější. Je možno, že se napřed vyreguluje plasma, t. j. že se buď vrátí do původního stupně disperse nebo se ustálí na stupni novém, anebo že se vyreguluje napřed blána. Dle toho bude probíhati růstová křivka, neboť dle toho bude na straně plasmu anebo blány přetlak. Tomuto pozvolnému definitivnímu vyrovnávání snad odpovídá pozvolný návrat do původního růstového tempa při světlorůstové reakci na okamžité osvětlení, z něho dá se asi též pochopiti, že růst v trvalém osvětlení určitých intenzit stoupne po prvotním poklesu vysoko nad „normál“, aby se konečně ustálil.

Při všech těchto reakcích chybí buňce Basidiobola něco, co je v míře tak vysoké vyvinuto na př. u klíčků trav, „nevnímá“ totiž směr světla nebo rozdíl v intenzitě osvětlení na různých hranách a neorientuje se ke světlu. Tato orientace, reakce tropická, nedá se tudíž dle našeho názoru svěsti na světlorůstovou reakci, která je procesem blány, nýbrž je to dle naší hypotезy reakce sui generis, v plasmě se odehrávající. Uvážíme-li, že si pro dráždění téžné vytvořily rostliny zvláštní recepční orgány, nebude nesprávně předpokládati s Bremekampem, že buď každá buňka nebo její určitá část, nebo konečně určité množství buněk reprezentuje jednotku, recepce světlosměrné schopnou. Světlo zde tedy působí skutečně dráždivě a dalšími processy je teprve sekunderně regulován jednostranně a z vnitřka tlak plasmu na blánu, i tlak blány, což

vede ke křivení, kdežto při reakci světlorůstové tato regulace je vyvolávána přímo zvenčí a bez směrného zabarvení i účinku.

Nebylo by obtížno rozváděti tuto hypotézu ještě dále, než stačí snad pro posouzení pokusů našich to, co jsme uvedli. Přenecháváme pak dalšímu zkoumání, na kolik se hypotéza osvědčí.

V Brně, 1922.

Ústav pro fyziologii rostlin Masarykovy university.

IV.

Výsledky pokusů.

1. Vrcholové buňky houby *Basidiobolus ranarum* nereagují na okamžité slabé osvětlení, na osvětlení silnější dávají však typickou světlorůstovou reakci, jak ji popsal po prvé Blaauw.

2. Světlorůstová reakce *Basidiobola* je až do určitých intensit pozitivní, při vysokých intensitách mění se však v negativní.

3. Současně se světlorůstovou reakcí mění se tvar špice. Tvarová změna je rovněž reakcí na okamžité osvětlení a nazvali jsme ji světlotvarovou reakcí.

4. Světlotvarová reakce je dvojitá:

a) zvýší-li se růst nad normál, zúží se konus paraboloidní špice. Na místě, v němž se nalézala špice buňky při dráždění, jeví se později na buňce krčkovité zúžení;

b) sníží-li se tempo růstové při dráždění světelném, zaobíí se paraboloidní špice do kulového vrchlíku a dokonce se kyjovitě nafoukne. Z nafoukliny vyrazí pak jedna nebo více špicí nových.

5. Ačkoliv reaguje *Basidiobolus* fotorůstově, přece nekřiví se ve směru jednostranného osvětlení ani ke světlu, ani od světla — není tudíž fototropický.

6. V trvalém jednostranném osvětlení, v němž *Basidiobolus* roste rovně, světlorůstová a světlotvarová reakce stávají se složitějšími a překrývá se zde pravděpodobně řada jednoduchých reakcí.

7. Z nálezu, že *Basidiobolus* dává reakci světlorůstovou, není však fototropický, soudíme, že Blaauwova teorie spočívá sice na faktu zjištěném, není však správná pro všechny případy.

8. Vyslovili jsme domněnku, že světlorůstová reakce je v prvé řadě reakcí blány buněčné, naopak proces fototropický že je v prvé řadě reakcí plasmy.

V.

Seznam uvedené literatury.

- ARISZ H. W., Untersuchungen über den Phototropismus. — Rec. trav. bot. Néerlandais **12**. 1915.
 Bakhuyzen, viz Sande-Bakhuyzen.
 BLAAUW A. H., Die Perzeption des Lichtes. Rec. trav. bot. Néerlandais **5**. 1909 (viz Went).
 — týž — Licht und Wachstum I. Ztschrft. f. Bot. **6**. 1914.
 — týž — Licht und Wachstum II. Ztschrft. f. Bot. **7**. 1915.

- týž — Licht und Wachstum III. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool Wageningen, **15**. 1918.
- BLAAUW A. H. and TOLLENAAR D., Light and dark-adaptation of a plantcell. Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam Proceedings **24**. 1921.
- BLACKMAN V. H., The compound interest law and plant growth. Annals of Bot. **33**. 1919.
- BOYSEN-JENSEN P., Ueber die Leitung des phototropischen Reizes in Avena-Keimlingen. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **28**. 1910—**31**. 1913.
- BRAUNER L., Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion. Ztschrft. f. Bot. **14**. 1922.
- BREMEKAMP C. E. B., Theorie des Phototropismus. Rec. trav. bot. Néerlandais, **15**. 1918.
- týž — Ueber den Einfluß des Lichtes auf die geotropische Reaktion. Rec. de trav. bot. Néerlandais, **18**. 1921.
- BUDER J., Zur Kenntniss der phototaktischen Richtungsbewegungen. Jahrb. f. wiss. Bot., **58**. 1917.
- týž — Die Inversion des Phototropismus bei Phycomyces. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., **36**. 1918.
- týž — Neue phototropische Fundamentalversuche. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., **38**. 1920.
- CANDOLLE DE, Physiologie végétale, **3**. 1832.
- COPELAND E. B., Studies on the geotropism of stems. Botanical Gazette, I. **29**. 1900, II. **31**. 1901.
- CZAPEK F., Ueber den Nachweis der geotropischen Sensibilität der Wurzelspitze. Jahr. f. wiss. Bot., **35**. 1900.
- týž — Ueber den Vorgang der geotropischen Reizperception atd. — Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **19**. 1901. Gen. Vers. Hft.
- DARWIN CH., The power of Movement in Plants. London 1880.
- FITTING H., Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen. — Ergebn. d. Physiol. IV. Wiesbaden. I. 1905, II. 1906.
- týž — Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen. — Jahrb. f. wiss. Bot. **44**. 1907.
- týž — Lichtperzeption und phototropische Empfindlichkeit atd. — Jahrb. f. wiss. Bot. **45**. 1907.
- FRÖSCHEL P., Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit. — Sitzgsber. d. Ak. d. Wiss. Wien. I. **117**. 1908, II. **118**. 1909.
- GUTTENBERG H. v., Studien über den Phototropismus der Pflanzen. — Beitr. z. allgm. Bot. **2**. 1922.
- HABERLANDT G., Ueber die Perzeption des geotropischen Reizes. — Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **18**. 1900.
- týž — Zur Statolithentheorie des Geotropismus. — Jahrb. f. wiss. Bot. **38**. 1903.
- JOST L., Die Perception des Schwerereizes in der Pflanze. — Biol. Centrblt. **22**. 1902.
- týž — Reizerscheinungen der Pflanzen. — Handwbch. d. Naturwiss. Jena. **8**. 1913.
- KNIEP H., Botanische Analogien zur Psychophysik. — Fortschr. d. Psychol. **4**. 1916.
- LEITGEB H., Reizbarkeit und Empfindung im Pflanzenreiche. — Graz 1884.
- LUNDEGARDH H., Ueber die Beziehungen zwischen Reizgröße und Reaktion bei der geotropischen Bewegung und über den Autotropismus. — Botan. Notiser 1918 a.
- týž — Das geotropische Verhalten der Seitensprosse. Lund's Akad. Arsskrft. **14**. 1918 b.
- týž — Die Bedeutung der Lichtrichtung für den Phototropismus. — Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **37**. 1919.
- týž — Die Beziehungen zwischen der Lichtwachstumsreaktion und dem Phototropismus. — Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **39**. 1921.
- týž — Ein Beitrag zur quantitativen Analyse des Phototropismus. — Arkiv för botanik. **18**. 1922.
- LUXBURG H. Graf, Untersuchungen über den Wachstumsverlauf bei der geotropischen Bewegung. — Jahr. f. wiss. Bot. **41**. 1905.

- MACDOUGAL D. T., Irritability and movement in plants. — Popular science Monthly for June 1895.
- MAILLEFER A., Étude sur le géotropisme. — *Bullet. de la soc. vaud. scien. nat.* **45**. 1909.
- týž — Étude sur la réaction géotropique. — *Bullet. de la soc. vaud. scien. nat.* **46**. 1910.
- MALKOVSKÝ K., Upon the effect of centrifugal force in *Basidiobolus ranarum* Eid. — *Vyjde ve „Sborníku I. sjezdu čs. bot.“* 1923.
- NĚMEC B., Ueber die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **18**. 1900.
- týž — Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — *Jahrb. f. wiss. Bot.* **36**. 1901 a.
- týž — Die Reizleitung und die reizleitenden Strukturen bei den Pflanzen. Jena 1901 b.
- týž — Die Perzeption des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **20**. 1902.
- týž — Einiges über den Geotropismus der Wurzeln. — *Beih. z. bot. Centrblt.* **17**. 1904.
- týž — Anatomie a fysiologie rostlin I. Praha 1908.
- týž — Das Problem der Befruchtungsvorgänge. Berlin 1910.
- NOLL F., Ueber heterogene Induktion. Leipzig 1892.
- týž — Ueber Geotropismus. — *Jahrb. f. wiss. Bot.* **34**. 1900.
- týž — Zur Controverse über den Geotropismus. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **20**. 1902.
- OLTMANN F., Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. — *Flora* 1892.
- týž — Ueber positiven und negativen Heliotropismus. — *Flora* **83**. 1897.
- PAÁL A., Ueber phototropische Reizleitung. — *Jahrb. f. wiss. Bot.* **58**. 1918.
- PFEFFER W., Die Reizbarkeit der Pflanzen. *Sep. z Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Aerzte*, Leipzig 1893.
- týž — Pflanzenphysiologie. II. díl, 2. vyd. Lipsko 1904.
- RACIBORSKI M., Ueber Schrittwachstum der Zelle. — *Extr. du Bulletin de l'Acad. des Scien. de Cracovie*. 1907.
- REINHARDT M. O., Das Wachstum der Pilzhyphen. — *Jahrb. f. wiss. Bot.* **23**. 1892.
- RENNER O., Die Wachstumsreaktionen bei Licht- und Schwerkraftreizung. — *Zeitschr. f. Bot.* **14**. 1922.
- RICCA U., Solution d'un problème de physiologie: la propagation de stimulus dans la sensitive. — *Arch. ital. de biologie*. **65**. 1916.
- ROTHERT W., Ueber die Fortpflanzung des heliotropischen Reizes. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **10**. 1892.
- týž — Ueber Heliotropismus. — *Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen*. **7**. J. 1894.
- RUTTEN-PEKELHARING C. D., Untersuchungen über die Perzeption des Schwerkraftreizes. — *Rec. de trav. bot. Néerlandais*. **7**. 1910.
- SACHS J., Ueber orthotrope und plagiotrope Pflanzenteile. — *Arb. aus dem bot. Inst. Würzburg*. **2**. 1879.
- SANDE-BAKHUYZEN H. L. v. d., Photogrowth reaction and disposition to light in *Avena sativa*. — *Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam Proceedings*. **22**. 1919.
- týž — Analyse der fototropische Stemmingsversijnsele. — *Diss. Utrecht*. 1920.
- SIERP H., Ueber den Einfluss des Lichts auf das Wachstum der Pflanzen. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **35**. 1917.
- týž — Ein Beitrag zur Kenntniss des Einflusses des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. *Zeitschr. f. Bot.* **10**. 1918.
- týž — Ueber den Einfluss geringer Lichtmengen auf die Zuwachsbewegung der Koleoptile v. *Avena sativa*. — *Ber. d. Deutsch. bot. Ges.* **37**. 1919 a.
- týž — Neuere Arbeiten über Photo- und Geotropismus. — *Zeit. f. Bot.* **11**. 1919 b.

- týž — Untersuchungen über die durch Licht und Dunkelheit hervorgerufenen Wachstumsreaktionen bei der Koleoptile von *Avena sativa* atd. — Zeitschrft. f. Bot. **13**. 1921.
- STARK P., Studien über traumatotrope und haptotrope Reizleitungsvorgänge. — Jahrb. f. wiss. Bot. **60**. 1921.
- STARK P. a DRECHSEL O., Phototropische Reizleitungsvorgänge bei Unterbrechung des organischen Zusammenhangs. — Jahrb. f. wiss. Bot. **61**. 1922.
- ÚLEHLA V. a MORÁVEK V., Ueber die Wirkung von Säuren und Salzen auf *Basidiobolus ranarum* Eid. — Ber. d. Deutsch. bot. Ges. **40**. 1922. a.
- tiž — On a new method of stating the physiological identity. — Vyjde ve „Sborníku I. sjezdu čs. bot.“, Praha 1923.
- VOGT E., Ueber den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. — Zeitschrft. f. Bot. **7**. 1915.
- WALTER H., Wachstumsschwankungen und hydrotropische Krümmungen bei *Phycomyces nitens*. — Zeitschrft. f. Bot. **13**. 1921.
- WENT F. A. F. C., On the investigation of Mr. A. H. Blaauw on the relation between the intensity of light and the length of illumination in the phototropic curvatures in seedlings of *Avena sativa*. — Separát z Koninkl. Akad. van Wetensch. to Amsterdam 1908, sezení z 26. IX.
- ZOLLIKOFER C., Ueber die tropistische Wirkung von rotem Licht auf Dunkelpflanzen von *Avena sativa*. — Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam. Proceedings. **29**. 1920.
- táž — Ueber den Einfluß des Schwerereizes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. — Rec. de trav. bot. Néerlandais. **18**. 1921.

VI.

S u m m a r y.

1. The top cells of the fungus *Basidiobolus ranarum* do not react on an instantaneous, weak illumination, if stronger illuminated, they give the typical photo-growth reaction as described by BLAAUW for the first time.

2. The photo-growth reaction of the *Basidiobolus* is positive up to certain intensity and changes in a negative one at higher intensities.

3. Simultaneously with the photo-growth reaction a change in the shape of the top is going on, which is also a reaction on an instantaneous illumination and is called by us a photo-formreaction.

4. There are two kinds of the photo-formreaction:

a) If the growth is faster than the normal, the cone of the paraboloidal top grows narrower. Where there was the top of the cell during the irritation a neck-like contraction appears later on.

b) If the rate of growth is diminished during the light irritation, the paraboloidal top grows round into a segment of a sphere and even swells to a cudgel. From this swollen part there are bursting forth one or more new tops.

5. Although the *Basidiobolus* shows the photogrowth reaction yet it does not bend itself in the direction of one-sided illumination, neither toward the light nor from the light, it is therefore not phototropical.

6. In the permanent one-sided illumination where *Basidiobolus* is growing straightly, without any phototropical curvature, the photo-growth- and photo-form-reaction get more complicated and very likely there are several simple reactions which superpose each other.

7. From the fact that *Basidiobolus* gives the photo-growth reaction but is not phototropical, we assume that BLAAUW'S theory is founded on an established fact but cannot be true for all cases.

8. We have put forward a hypothesis, that the photo-growth reaction is primarily a reaction of the cell membrane and the photo-tropical process on the contrary primarily a reaction of the plasma.
