

A DOHÁNYMAG CSÍRÁZÁS-ÉLETTANÁRÓL

GIMESI N., FRENYÓ V., MARÓTI M. és POZSÁR B.

Eötvös Loránd Tudományegyetem Növényélettani Intézete, Budapest

(Érkezett: 1951. június 27.)

A vetőmag csírázóképesége és a csírázás erélye számos tényezőtől függ. A dohánymagra pl. nagy mértékben hat a fény a csírázás serkentőjeként. A jó csírázás további feltétele a kellő levegőzés. E két kapcsolt kérdés — a fénygény és a levegőszükséglet kérdése — hosszabb ideje foglalkoztat bennünket. A következőkben újabb vizsgálatainkat ismertetjük ugyanebben a tárgykörben, de itt most a dohánymag levegőigényét nem tárgyaljuk.

1926-ban Busse [5] így kezdi a dohány csírázásáról írt dolgozatát: »Több mint harminc esztendeje a *Nicotiana tabacum*ot általában a fényen csírázók közé sorolják.« Már a bevezetésből is sejthető, hogy az említett szerző véleménye eltér előző kutatók — Lehmann, [22, 23, 24] Gassner [13] és mások — vonatkozó felfogásától. A dolgozat valóban kételkedő a régebbi megfigyeléseket illetően, s olyan adatok sorozatát tartalmazza, amelyek szerint csakugyan megindokoltnak látszik a dohányt a fényen csírázók közé sorolnunk, bár több fajta elég jól csírázott sötétben. Észrevehetjük azonban, hogy a számadatok rendszerint ugrásszerűen változnak a sötétben folyó kísérlet esetében, még pedig többnyire mindjárt az első leolvasást követően. Szinte tetszés szerint válogathatunk Busse táblázatán, és csaknem mindenütt felfedezhetjük ezt az észlelést. (Például a táblázat legelején, a 120. számmal jelzett dohány az ötödik napon 61%-ban csírázik világosságon és csak 4% csírázik sötétben. Három nappal később az arány tetemesen változik; az imént látott nagy különbség teljesen elmosódik, sőt szinte a sötétben csírázó sorozat csírázik jobban [85% a világosban és 86% a sötétben].

A 16. jelzésű dohány, ugyancsak az ötödik napon, 33%-ban csírázik a világosságon és csak 6% csírázik sötétben. Három nappal később ismét a sötétben fejlődők törnek előre; az arány ekkor 59% és 67% a sötétben folyó kísérlet javára. Újabb három nap múlva a sötét sorozat ismét előnyt szerez és 70%-ban csírázik a világosságon levők 66%-ával szemben.

A 103. jelzésű dohány az ötödik napon 50%-ban csírázik világosságon, s mindössze 1%-ban csírázik fény nélkül. Három nap múlva az arány ugyancsak erősen eltolódik, ha ez alkalommal nem is a sötétben levők javára [80% és 66%; s így tovább].

Az adatjegyzés természetesen nem világosságon történt, hanem, mint olvashatjuk, vörös fényben. Úgy látszik, az akkortájt már ismert koleoptilum-vizsgálatok szerint végezte az ellenőrzést a szerző, s nem ügyelt arra, hogy a vörös fény is hat a csírázásra.

A különböző hullámhosszúságú sugarak hatásáról később szólunk. Mindenekelőtt tisztáznunk kell, vajjon valóban érvényesül-e a közönséges fehér fény a dohány csírázásában. Annál szükségesebb ez, mert például legutóbb *Mándy* [25] adatai a kapadohányra vonatkozóan nem támogatták régebbi megfigyeléseinket.

A szakirodalom — mint ismeretes — határozottan megkülönböztet fényen csírázó növényeket, sötétben csírázókat és közömbösöket [3, 6, 7, 17, 22, 29, 35, 39]. Eszerint a fény serkenti pl. a következőket: *Apium graveolens*, *Chloris ciliata*, *Digitalis purpurea*, *Escholtzia patrinii*, *Epilobium angustifolium*, *Epilobium hirsutum*, *Epilobium parviflorum*, *Gnaphalium silvaticum*, *Lythrum salicaria*, *Nicotiana tabacum*, *Oenothera biennis*, *Poa pratensis*, *Ranunculus sceleratus*, *Rumex crispus*, *Salvia pratensis*, *Salvia verticillata*, *Saxifraga caespitosa*, *Verbascum thapsus* stb. (Ezek közül az *Apium graveolens*, *Epilobium parviflorum* és *Salvia verticillata* különösen igényesek, ugyannyira, hogy előzetes kezelés nélkül [fény, illetve KNO_3 , H_2SO_4 , HNO_3] sötétben egyáltalán nem csíráznak.)

Ezzel szemben a fény gátolja az alábbiak csírázását: *Amarantus caudatus*, *Cucurbita pepo*, *Nigella damascena*, *Nigella sativa*, *Phacelia tanacetifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Veronica Thurnefortii* (*persica*) stb.

A fény hatása a spórákon is érvényesülhet, amelyet egyéb vizsgálataink során például a Tilletiával kapcsolatban magunk is észlelhettünk [9, 10, 14].

Fentebb láthattuk, hogy az irodalom a dohányt általában a fényen csírázók közé sorolja. Meg kell jegyeznünk, hogy ez a sajátosság nem változatlan, hanem a magvak eredetével és korával kapcsolatosan változik. Mindenesetre megállapíthatjuk, hogy ismeretesek csírázásukhoz fényt igénylők, valamint olyanok, amelyek az előbbiekhöz hasonlóan részben sötétben is csíráznak. A kérdést tehát ilyen értelemben eldöntöttnek tekintjük, s a továbbiakban már a részletekre vonatkozó vizsgálatokat tárgyaljuk.

Sötét és világos maghéjú, dohányok csíráztatása közönséges fényben

A fényhatás elemzését több nézőpont szerint végeztük. Egyik esetben a maghéj fényszűrő szerepét vizsgáltuk, arra a kérdésre keresve feleletet, vajjon módosítja-e a maghéj színezettsége a fény serkentő hatását.

1. kísérlet. *Tavaly őszi (1950.) származó kapadohány fél-esztendő (barna színű) magvait színárnyalat szerint különválogattuk és csírázásukat összehasonlítottuk.* Az azonos tokból eredőket lehetőleg egymáshoz viszonyítottuk. Ez ter-

mészetesen nem mindig sikerült, mert szín tekintetében sokszor nem mutatkozott lényeges különbség, vagy csak egy-két világos árnyalatú mag akadt a sötétek között. Ilyen esetben több tokból gyűjtöttünk annyi világosabb magot, hogy csírázásukat százalékosan értékelhessük.

A csíráztatást árnyékolt oltószekrényben szobahőmérsékleten, Petri-csészébe helyezett nedves szűrőpapiroson végeztük. A kísérlet tartama 3 nap.

Megfigyelések : Gyenge szórt nappali fényben (kb. 1 lux) a világosabb árnyalatú magvak kb. 12 órával előbb csíráztak, mint a sötétebbek.

A csírázás különbsége világosabb helyen elmosódik. A kb. 1 luxnál csekélyebb mértékű megvilágítás szintén megszünteti a különbséget; egyben a csírázás erélye is csökken. A vizsgált magok csírázóképesége egyébként mindkét árnyalat esetében 94%-os.

Következtetések : A maghéj színe tehát némiképen hat a csírázásra. E hatás csak *gyenge* fényben észlelhető jól. A maghéj festékrétegének színszűrése kb. 1 lux intenzitású fehér fényben okoz különbséget a csírázás sebességében. Ilyen megvilágításban a fizikai és physiologiai határértékek találkoznak. A csírázás megindításához ugyanis bár csekély, de energetikailag jól érzékelhető impulsus szükséges. Amennyiben a maghéj fényelnyelése az impulsus érvényesülését gátolja, természetesen arra az eredményre jutunk majdnem, mintha sötétben csíráztatnánk. (Azért csak majdnem, mert a *határértékeket el nem érő hatások idővel összegeződhetnek.*) A határértéknél nagyobb fokú fény viszont a sötét héjon át is érvényesülhet, amidőn természetesen ismét elmosódik a különbség a világos és sötét héjú mag csírázásában.

Ebből a kísérletből még arra is következtethetünk, hogy a fehér fény csírázásélettani hatásának helye semmiképpen sem keresendő a maghéjban, hiszen akkor a nagyobb fokú fényelnyelés támogatná a csírázást, pedig ennek az ellenkezőjét észleltük (ugyanis a sötét maghéjúakra kevésbé hatott a fehér fény, mint a világos héjúakra).

A maghéj tehát nem élettani helye, de feltétlenül módosítója a fény hatásának, s ezért indokolt, hogy részletesebben foglalkozunk a maghéjjal is.

A maghéj szerkezete és színező anyaga

Vizsgálatunk következő szakaszán tanulmányoztuk a maghéj anatómiáját, majd pedig kémiai módszerekkel a festékanyagát.

A dohány-mag héja jellegzetesen recézett, illetve hálózatos felületű. Ezt a felületet az epidermis nagy (átlag 0,25 mm hosszúságú és szélességű) lapos sejtjei létesítik olyképen, hogy egymáshoz illeszkedésük helyén a sejtfal erősen megvastagszik, s kiemelkedik. A sejtek tangenciális helyzetű belső fala is vastagodott. A vele párhuzamos külső fal ellenben vékony, könnyen pusztuló hártya. Az epidermis alatt, belső integumentumként, vékonyfalú,

erősen összenyomott, lapos parenchyma következik, amely két, esetleg helyenként valamivel több sejtrétegű. Alatta mintegy 10μ vastagságú réteggént látható a perispermium, amely szorosan tapad a nagy (átlag 50μ átmérőjű), isodiametrikus sejtekből alkotott magfehérjéhez. Utóbbi egyszerű, kissé görbült embriót tartalmaz.

Bennünket elsősorban a maghéj színes tája foglalkoztatott, s ezért aránylag tüzetesebben vizsgáltuk a maghéjat és festékét.

A festék minőségének megállapítása céljából próbákat végeztünk *Anderson* [2] szerint. A barnás-fekete festék az általában használatos szerves oldószerekben oldhatatlannak bizonyult, így joggal gyaníthatjuk, hogy a növényvilágban nagyon elterjedt melaninnal van dolgunk. Nem rendelkezünk azonban a szükséges mennyiségű tiszta héjanyaggal, tehát a kérdést így nem oldhattuk meg. Ezért közvetett módszert alkalmaztunk.

A lélekzéssel kapcsolatban a chinonok fontos szerepére 1908-ban *Palladin* [31] figyelmeztetett első ízben és hangsúlyozta, hogy polyphenol-oxydasek biokatalitikus hatására képződnek. A polyphenoloxydase csoportjába tartozó tyrosinase szerepét *Nelson* és *Dawson* [28] tisztázták, amennyiben kiderítették, hogy a tyrosint 3-4-dioxyphenylalaninon (dopán) át dopachinon-ná oxydálja. A légzési láncban az enzima a légköri oxygént activálja. Utalnak az említett szerzők arra is, hogy a lánc végén a nagy moleculasúlyú, orthochinonpolymeriás melanin képződik.

Később *Mazza* és *Stolfi* [26] hallachromot izolált Polychaetákból, aminek *Friedheim* [11] megmérte a redox-potentiálját, s a már említett dopachinonból származtatta. *Hoffmann-Ostenhof* [16] a dopachinonhoz egy elméletileg köztes, három értékű phenolon keresztül a hallachromot, a decarboxylált hallachromot, majd az indol - o - chinont kapcsolta be a *Nelson, Dawson* schemába.

Ismerve a polyphenoloxydasek láncreactionját, arra gondoltunk, hogy a dohánymag héját színező kérdéses festék minőségét a tyrosinase activitas kimutatása útján döntjük el. A melaninképzés eléggé terjedelmes irodalmában [1, 15, 18, 37, 38] a dohány magjával és maghéjával kapcsolatosan nem találtunk e tekintetben említésreméltó adatokat.

Zbarszkij [43] két kvalitatív módszert közölt a tyrosinase kimutatására. Az egyik módszer szerint tyrosin substratumot oxydáltat, s a képződött rózsaszínvörös — barna — fekete színeződés melanin természetű anyagok keletkezésére utal. Ezt az elvet használtuk fel a maghéj tyrosinase tartalmának kvalitatív kimutatása céljaira.

2. kísérlet. A maghéj igen nehezen különíthető el a mag belső tartalmától. A tyrosin, illetőleg dopa substratumot gelatinban oldottuk. Merevedés után a ráhelyezett világos és sötét maghéj részletek körül létrejött sötétvörös-barna színű udvar mikroszkopos vizsgálata a maghéjban jelenlevő tyrosinasera utal.

Zbarszkij [45] guajakgyantasavas módszere a kísérletünkben szereplő anyag természete miatt nem értékesülhetett.

3. kísérlet. A minőségi kimutatás még nem győzött meg kellőképpen a szereplő enzima jelenlétéről. A Debreceni sötét maghéjú fajta (1949) és *Nicotiana rustica* világos maghéjú (1949) magvaiból készített vizes kivonatot ismételt centrifugálással és szűréssel tisztítottuk kvantitatív vizsgálatokhoz. Az enzima jelenlétét pH és hőmérsékleti optimumgörbékkel igazoltuk. Substratumnak 0,5%-os tyrosint használtunk (Zbarszkij nyomán) 0,01 n NaHCO_3 -ban oldva. A hőmérsékleti optimumgörbe megszerkesztéséhez az enzymatikus folyamatok meghatározását a tyrosin Millon-reagenssel felforralva adott sajátos, húsvörös színeződése alapján végeztük. A színeződést a tyrosin *oxydatiós* termékei nem adják. A színes oldatok fényabsorbtíóját 740 m μ hullámhosszúságon spektrophotométerrel határoztuk meg, s a reactio folyamán oxydálódott tyrosin mennyiségét %-os értékben fejeztük ki. A tyrosinase időben elég lassan oxidál [18], ezért 16 órás kísérleti időtartamot alkalmaztunk a következő eredménnyel:

10 C°	... 21,3%
20 C°	... 36,8%
30 C°	... 52,8%
35 C°	... 50,7%
40 C°	... 44,1%
50 C°	... 2,9%

A hőmérsékleti optimumgörbe 32—35 C° között jelez maximumot. Ez a megállapításunk Debreceni-fajta (1949) barna héjú magvaira vonatkozik.

A pH optimumgörbe meghatározásához Sørensen-féle tompító oldatokat használtunk (glycin-sósav, primaer-secundaer phosphat, glycin-natriumhydroxid). A tyrosinase aktivitás méréséhez a Millon-reagens nem használható a tompítók minősége miatt. A tyrosin mennyiségének mérését diazotált benzosulphanylsavval carbonátos közegben kapott narancssárga színeződés fényabsorbtíójával 740 m μ hullámhosszúságon spektrophotométerrel végeztük. A nyert festék nem indicator jellegű, levegőn sem színárnyalatát, sem intenzitását nem változtatja. A diphenolok közül az ortho- és a paradioxybenzolok (pyrocatechin és hydrochinon) diazotált benzosulphanylsavval készített festékei eleinte élénkszínűek (vöröslők), levegőn állva rövid idő alatt megfeketednek. A metadioxybenzol (resorcin) származék sárga és színét nem változtatja.

A reactió 12 órás időtartama alatt a sötétszínű Debreceni-fajta (1949) magvaiból készített enzima kivonattal a következő értékeket nyertük az aktivitást a substratum oxydatiojának %-ában kifejezve:

1,97 pH	... 4,3%
2,61 pH	... 4,7%
3,68 pH	... 13,7%
5,29 pH	... 19,1%
5,92 pH	... 27,8%
6,47 pH	... 36,4%
6,64 pH	... 38,7%
6,81 pH	... 45,5%

6,98	pH . . .	42,5%
7,17	pH . . .	35,2%
7,38	pH . . .	28,1%
8,04	pH . . .	13,0%
9,42	pH . . .	6,7%
10,17	pH . . .	4,6%

A világosabb maghéjú kivonat aktivitása méréseink értelmében csekélyebb. A pH optimum 6,64—7,17 tájékára esik; lényegében megegyezik az irodalomban [18] található értékkel.

Ez utóbbi kísérletekkel eldöntöttnek látjuk a kérdést, hogy a magvakban (maghéjakban) a polyphenoloxydasek csoportjába tartozó tyrosinase működése révén végső fokon a melanin képződése lehetséges. Feltevésünk indokoltnak átszik: a maghéjat színező barnásfekete festék melanin. Vélhető, hogy a maghéj színanyaga nem egységes, de melanin tartalma bizonyára kétségtelen.

Kísérleteink részben a fejlődés egyes fázisaival párhuzamosan arra irányulnak, hogy a festék fokozatos alakulását tanulmányozzuk. Ismeretes, hogy a magkezdemények világos színűek, s csak az érett mag héja sötétedik meg.

4. *kísérlet.* Különbéféle fajtájú (debreceni, hercegovinai stb.) dohányok éretlen és éredő tokjaiból kivettük a fejlődés más-más fokozatára jutott magvakat, s nedves szűrőpapíron, Petri-csészében, sötétben és világosságon csíráztatás és színesedés-próbákat végeztünk velük.

Megfigyelések. Csakis azok a magvak életképesek, amelyek a csaknem teljes fejlettségű (noha még zöld és zárt) tokból származnak. A tok csúcsrészében fejlődött magvak előbb válnak csírázóképesekké, mint az alantabb evők. A csírázás igen késlekedő szobahőmérsékleten 10—12 nap múlva kezdődik, s nagyon csekély mértékű; világoson 8%, sötétben 2%.

A maghéj időközben megbarnul, elsősorban a csírázásra képtelen, kezdetleges magvaké. Utóbbiak közül, a szűrőpapíron barnaszínű udvar keletkezik.

Következtetések. A magvak érése a vizsgált fajtákon a tok csúcsán kezdődik és lefelé halad. A jelek szerint tehát a magkezdemények éréseben is basipetális hullám figyelhető meg. A fényérzékenység a fejlődés teljes befejezése előtt megalakul.

A maghéj egyéb szerepe a dohánymag csírázásában

Tárgyalásunk elején a maghéj bizonyos értelmű színszűrő hatásáról szóltunk, s azzal kapcsolatban vizsgáltuk a maghéj festékét. Feltételezzük azonban, hogy a maghéj egyéb szerepet is visz a dohánymag csírázásában; hiszen mint zárt, burkoló réteg a magvak lélekzését kétféle vonatkozásban is módosíthatja. A maghéj akadályozza egyrészt a levegő közvetlen érintkezését

a mag belsejével, másrészt pedig a légzés közben termelt CO_2 kijutását gátolja. Ezek a hatások elkerülhetők a maghéj teljes vagy részleges eltávolítása útján. Amennyiben a gyököcske tájékán lévő »csirafedő« távolítjuk el, bizonyos mechanikai akadályt is megszüntetünk, ha viszont az ellenkező oldalon létesítünk nyílást a maghéjon, a gyököcske előtt az akadály éppúgy megmarad, mint a sértetlen mag esetén, csupán a levegőzést könnyítettük meg. *Kellő biztonsággal megállapítható, hogy a maghéj részleges vagy teljes eltávolítása — amennyiben a mag többi része nem sérült meg — fokozza a sötétben csírázás erélyét.*

5. kísérlet. Sötétben csekély, 4—5%-ban csírázó, 1 esztendőszabolcsi dohánymagot CaCl_2 felett, 170 órában át szárítottuk. Utána 6 napig sötétben csíráztattuk.

Megfigyelés. A sötétben csírázás %-a tetemesen fokozódott, mégpedig a szokásos 4—5%-ról 21%-ra; azaz négyszer, ötször annyi mag csírázott a kezelés hatására, mint anélkül.

A maghéj eltávolítása után is mutatkozik azonban még különbség (kb. 40%), a megvilágított sorozat javára. A maghéj fényszűrő és légzáró szerepe tehát még nem mutatja meg elegendően a dohánymag csírázása körülményeit. Magyarázatul szolgálhat azonban főként a változó légzáróképesség, pl. Mándy [25] adatait illetően, amelyek nem jeleztek olyan nagy különbséget világosságon és sötétben csíráztatott kapadohányok között, mint várnók. Amennyiben a maghéj — fajtától függően — kissé lazábban fedi a magot, vagy egyébként könnyen járható a levegő számára, ez támogatja a sötétben csírázást is. Hasonlóan értelmezhetjük — legalább részben — azt a tapasztalatot, hogy a dohánymag fényérzékenysége idővel csökken, illetve némi periódusosság mutatkozik időnk folyamán a csírázás erélye tekintetében. A fokozatos száradás következtében a mag belseje ugyanis megkisebbedik, s levegővel telt üregek képződnek a maghéj alatt, amely a sötétben csírázásra kedvező. Ugyanígy kedvező a maghéj intermicelláris víztartalma csökkenésével, azaz száradásával fokozódó légáteresztés, amely a légkör páratartalmával együtt kissé ingadozik.

A fény hatása a dohánymag belsejében

Az előbbieknél során arra következtettünk, hogy a dohánymag fényen csírázása főbb okait a mag belsejében kell keresnünk. Felvethető ugyan, hogy a maghéjban gátló anyagok is lehetnek, melyek a fény hatására megváltoznak; ezt a lehetőséget azonban az a körülmény cáfolja, hogy ha nyílást létesítünk a maghéjon, a sötétben csírázás fokozódik, jóllehet a maghéj most is érintkezik a *belsőbb szövetréteggel*.

A vonatkozó irodalom szerint [6, 7, 12, 14] talán valamely photochemiai folyamatot indít meg a fény a mag belsejében. Ehhez természetesen szükséges, hogy a fény abszorbeálódjék.

A közönséges kevert fehér fény különböző sugarai azonban más-más anyagban abszorbeálódnak. Arról kell tehát meggyőződnünk, hogy az összetett fénynek mely sugarai érvényesülnek a dohánymag csírázásában. E kérdésben részben irodalmi adatok [6, 7, 17, 20, 22, 39], részben saját kísérletünk alapján felelhetünk. A vizsgálatok sok hibaforrást tartalmaznak, amennyiben teljesen monochromatikus fényt nem használhattunk.

Ezek tudatában értékeltük kísérleteinket és az irodalmi adatokat. Utóbbiak közül *Kommerell* [20] és *Pincussen* [32] meggyőző kísérletei szolgáltak segítségünkre, főként technikai vonatkozásokban. Magunk részéről azonban nem csupán ellenőriztük a már régebben ismert megállapításokat, hanem az impulsusok összegeződését is figyelemmel kísértük.

6. kísérlet. Sötét burkolatú Petri-csészében 1 éves Szabolcsi dohánymagokat csíráztattunk. A burkolaton létesített nyílásra színszűrő lemezt helyeztünk. Szobahőmérsékleten (19—20 °C ingadozással) gyenge szórt, általában 1 lux intenzitású fényben végeztünk kísérleteket. A megvilágítás mértéke vagy napszakok szerint változott, vagy pedig 25—30 órai duzzadás után rövid ideig (fél másodperc) világítottuk meg a magvakat a megfelelő színes fényvel, utána pedig ismét sötétben maradtak. Az egész kísérlet időtartama változó, eleinte 150 óra, később csupán 80, illetve 60 óra.

Megfigyelések : A 60 óránál hosszabb ideig és állandóan színes fényben folyó kísérletekben a különbség látszólag elmosódik, s mindegyik színszűrő alatt egyformán, az ellenőrzésül szolgáló, fehér fényvel világított sorozathoz eléggé hasonló a csírázás. Ha csupán percekre világítjuk meg a sorozatokat a kérdéses fényvel, a különbségek a hibahatáron messze túlhaladnak. 15 percig világított sorozat csírázás eredményei télen, 19—21 °C szobahőmérsékleten gyenge szórt napfényen a következők :

Szín	Fehér	Vörös	Narancs	Sárga I.	Sárga II.	Zöld	Kék	Sötét
Csírázás százaléka	66	74	72	60	44	40	38	5

Kommerell [20] más dohánnyal, eltérő hőmérsékleten, más fényerővel, nyert adatai hasonlatosak abban a tekintetben, hogy a hullámhosszúság rövidülésével a csírázást megindító hatás is csökken :

Szín	Vörös	Narancs	Sárgászöld	Zöld	Kékeszöld	Ibolya	Sötét
Csírázás százaléka	36,3	32,2	29,6	26,7	22,5	22,7	3,7

Sötétben, 30 óráig 25 °C hőmérsékleten előduzzasztott Kerti (1950) barnahéjú dohánymagvakat más módszerekkel 33 cm magasból, 25 W-os tejizzóval, a megfelelő színszűrők közbeiktatásával, különböző ideig is megvilágítottuk.

A magvakat közvetlenül érte a fény. A 29 C° hőmérsékletet a kísérlet tartama alatt a lámpa nem emelte. A kezelés után 25 C°-on, sötétben, 5 nap elteltével a magvak a következő eredménnyel csíráztak :

	0,1	0,5	1	5	10	50	100 másodperc
Sötétvörös	7	36	56	60	50	66	76 százalék
Piros	—	—	82	88	56	72	74
Narancs	—	—	44	60	50	58	60
Sárga	—	—	64	68	54	56	64
Fehér	—	40	52	70	72	66	60
Zöld	—	—	12	14	14	42	38
Kék	—	—	12	42	50	54	42

Sötét : 12%

A fenti kísérlet megismételve, 32 C° hőmérsékleten történt exponálás különbségével a következő eredményeket adta :

	1	5	10	30	60	120	180	240	300 másodperc
Sötétvörös	60	72	88	90	82	90	86	90	92 százalék
Narancs	96	98	92	96	94	100	96	94	92
Sárga	80	80	82	86	92	98	100	96	96
Fehér	60	88	86	88	86	90	90	76	94
Zöld	20	30	68	60	40	64	78	80	68
Kék	58	72	76	90	78	90	90	88	78

Sötét : 8%.

Következtetések : A megfigyelés adatai szerint a dohánymag csírázását a különféle hullámhosszúságú fénysugarak közül leginkább a vörös serkenti. A duzzadással egyidejűleg a fényérzékenység is növekedik. 24—48 órai duzzadás után a legnagyobb a fényérzékenység, amennyiben igen rövid (1—5 másodperces) exposíciók is lényegesen fokozzák a csírázást. A hőmérséklet emelkedésének hatását a dohánymagvak sötétben csírázására később még tárgyaljuk. Az egy és a tíz másodperces megvilágításokhoz viszonyítva az öt másodperces színes fény exponálás nagyobb csírázási százalékot eredményezett, amiből — a Blackman-féle reactio analogiájára — arra következtethetünk, hogy a reactio másik része sötétben hathatósabban zajlik le.

A zöld fényvel végzett megvilágítás viszonylag gátló hatásúnak mutatkozott a vörös sugarakhoz képest, noha abszolút értékben emelte a csírázás százalékát (12—42%). A különbség az 1—10 másodperces megvilágítás esetében különösen szembetűnő. A további kísérleteinkben vörös és zöld színszűrőkkel külön-külön és együtt is exponáltunk — a fent részletezett módon előduzzasztott — csíranövényeket, s azok a következő eredménnyel csíráztak :

	1	5	10	50	100 másodperc
Fehér	52	70	72	66	60 százalék
Sötétvörös	56	60	50	66	76
Zöld	12	14	14	42	38
Sötétvörös+zöld	18	50	60	30	60

Sötét : 5%.

A vörös és zöld színszűrő együttes alkalmazásában az a meglepő, hogy a zöld fényen csírázókkal szemben magasabb ugyan a százalék, de lényegesen alacsonyabb a sötétvöröshöz viszonyítva. A zöld fény mérsékelt stimuláló hatását — a jelek szerint — megőrzi vörös fényben is.

Azt kérdezzük ezután, vajjon energia-tartalma, avagy pedig bizonyos anyagban fokozott abszorbeálódása magyarázza-e a vörös fény nagyobb hatékonyságát a dohánymag csírázásában?

Figyelemreméltó az a megállapítás [6], amely szerint a vörös fény által ugyancsak serkentett *Lactuca* magból chlorophyllt vonhattak ki. Tudjuk, hogy élő sejtekben a chlorophyll fő absorptió sávja 6700 Å körül található. Tehát a *Lactuca* esetében kapcsolat lehetséges a chlorophyll tartalom és a fényérzékenység között. E megállapítás nyomán megvizsgáltuk a dohánymag esetleges chlorophyll tartalmát.

Barna és fehér színű magvak zúzádkából vizes, alcoholos, acetonos, aethylaetheres és petrolaetheres kivonatokat készítettünk. A vizsgálatokat analysis lámpa 366 m μ szűrt fényében végeztük. A chlorophyllra jellemző tűzvörös fluorescentiát egyáltalán nem tapasztaltuk. Megfigyeléseink révén nem tétélezhető fel a chlorophyllnak tulajdonított fényabsorptio serkentő hatása.

Ezek a kivonatok azonban az analysis lámpa fényében fehéres fluorescentiát jeleznek, főként a hydrophobiás phasisban.

Különböző hullámhosszúságú fényvel végzett kísérleteink, melyek során néhány percre megvilágítottuk a sötétben duzzasztott magvakat, ugyancsak arra vallanak, hogy csak kellő energiával ható fényimpulsusok érvényesülhetnek. A hosszabb hullámú (vörös) sugarak általában hatékonyabbak a rövidebbeknél. A sötétben 40 óráig, 25 C°-on duzzasztott Virginia fajta (1950) barnahéjú magvait analysis lámpával kezeltük 5, 10, 15 percig 10 cm távolságról. Közben a csészék üvegfedőjét is levettük. Az utána következő csíráztatás 6 napig tartott, 25 C°-on.

Eredmények : 5 perc 69%, 10 perc 73%, 15 perc 61%. Ellenőrző kísérlet : 2%. A megvilágítás idején a hőmérséklet 29 C°. Az analysis lámpa fénye a környezet hőmérsékletét jelentékenyen nem emelte. A kísérletek folyamán mintegy 4 C° hőmérséklet emelkedést észleltünk, azonban minden kísérletünk a besugárzás időpontjától függően, mindig adott culminációs görbét. A közvetlen megvilágítás nemcsak a csírázás %-át, hanem erélyét is emeli. A maximum minden esetben a 10 perces megvilágításban mutatkozik.

Az infravörös sugárzás hatását is vizsgáltuk, szintén Virginia (1950) sötéthéjú magvain. A duzzasztás teljes sötétben 40 óráig 25 C°-on történt. Kezelés után 6 napos csíráztatás következett el. A megvilágítás idején a szoba hőmérséklet körülbelül 25 C°, a megvilágítás távolsága 100 cm. Soliput original Hanau lámpa segítségével. Besugárzáskor a hőmérséklet 30 C°-ra emelkedett.

Eredmények :

10 perc	67%
15 »	82%
20 »	65%
25 »	30%
Ellenőrző kísérlet	3%

A kezelések alatt a Petri-csészék fedelét levettük. A megvilágítás igen sötét fekete papíron át történt, hogy az infralámpa látható fényét kiküszöböljük. Minden jel szerint tehát a csírázást az infravörös sugarak és esetleg még hosszabb hullámú hatások is tetemesen serkentik.

Vonatkozóan még a következő érdekes kísérletet végeztük UV analysis-lámpával 85 cm távolságból 10 percig 29 C° hőmérsékleten a fentiekhez hasonló módon sugároztuk meg a 25 C°-on előduzzasztott magvakat.

Eredmények :

Üvegfedő + fekete papír	37%
Fekete papír	39%
Közvetlen megvilágítás	81%
Ellenőrző kísérlet	3%

Észrevettük azonban, hogy az analysis-lámpa nem csupán a 366 m μ ultraibolya sugárzást bocsátja ki magából, hanem az alkalmazott szűrő többé-kevésbé a nagyobb hullámhosszúságú sugarakat is átengedi. Részben ebből, részben a 4 C° hőmérséklet különbségből érthető a 38%-os stimulálás-többlet akkor, ha az analysis-lámpa ultraibolya sugárzásának hatását meggátoltuk az UV sugarakat át nem eresztő burkolattal, amelyen egy hosszabb hullámzás nyilvánvalóan áthatol. (A kísérletes körülmények változásainak oka eszközjeink eltérő berendezése, a nyert adatok azonban így is jól összehasonlíthatók.)

A fényimpulsus vegyi hatásokkal — elsősorban nitrátokkal és bizonyos savakkal (KNO₃, H₂SO₄, HNO₃) — helyettesíthető. Hasonló vizsgálatokkal idők folyamán igen sok szerző [8, 19, 27, 36, 40] foglalkozott.

A legrégebbek közül *Nobbe* [30], *Siegmund* [41], stb. általában úgy vélik, hogy e szerek a maghéj átjárhatóságát könnyítik meg, s ilyenképen segítik a csírázást.

Popoff [33] oxydatiós folyamatok élénkítésével magyarázza a jelenséget.

Mások, *Zlataroff* [44] az enzimatevékenység fokozódását észlelték.

Konsuloff [21] a plasma dispersitásának változásával kapcsolatos viscositás-változásokban keresi a megoldást — részben *Popoff* [34] későbbi elméletével csatlakozva.

Ismeretes az a felfogás [6], mely szerint a plasma belsejében lipoida filmek alakulnak meg, s ezek bizonyos esetekben elválaszthatják a fermentumot

substratumától, s ezzel utóbbinak a működését akadályozhatják, illetve szabályozhatják. Vajjon nem ilyen »filmek« okozzák-e azt, hogy egyes magvak valamilyen impulsusra szorulnak, hogy csírázásuk megkezdődjék? Bizonyos, hogy e különben nem indokolatlan kérdés csak részben vonatkoztatható a problémakörre, hiszen pl. a sötétben csírázók (*Phacelia* stb.) sajátosságát már nem jól magyarázná a lipoida-film fény-reactiója.

Vonatkozó vizsgálataink menete a következő: Dohánymagvakat különböző lipoida-oldószerekkel kezeltük, s azután csíráztatáspróbákkal ellenőriztük, fokozódik-e a sötétben csírázásnak induló magvak száma.

Modellkísérletképpen lecithinen összehasonlító oldás-próbákat végeztünk, amelyek alapján közelítő értékű fokozatokat állapítottunk meg az alábbiak szerint. A lipoida oldószerek közül csupán az alábbiakat alkalmaztuk:

Oldószer	Oldott mennyiség
Chloroform	1 gr
Petrolaether	1 »
Benzol	0,75 gr
Toluol	0,50 »
Xylol	0,50 »
Norm. butylalcohol	0,25 »
Isobutylalcohol	0,25 »

Azokat az oldószereket — pl. terpentín, methylalcohol stb. — melyek 10 perc folyamán a 0,25 gr-nál csekélyebb mennyiséget oldottak, nem használtuk a továbbiakban.

7. kísérlet. Egy éves muskotály, szabolcsi és kerti dohánymagvakat 1, 10, 20, 30, 38, 50, 60, 100, 200, 300 óra hosszúig kezeltük a fenti oldószerekkel. A különböző ideig zárt edényben áztatott magvakat a kezelés végeztével szobalevegőn annyi ideig szárítottuk, míg az oldószer teljesen el nem illant. Miután a magvak az oldószer nyomait sem tartalmazták, sötétben és világosan csíráztatás próbákat végeztünk.

A 100 órás kezelés ugyancsak a muskotály dohányra az alábbi adatokat szolgáltatta:

Oldószer	Csírázás	
	sötétben	világosan
Chloroform	7%	94%
Petrolaether	14%	95%
Benzol	13%	96%
Toluol	15%	91%
Xylol	25%	93%
Norm. butylalcohol	22%	92%
Isobutylalcohol	19%	95%
Kezeletlen	6%	97%

Adataink áttekintése és értékelése azt jelzi, hogy a lecithin lipoida-film elmélet eredeti alakban alig tartható. Megjegyezzük, hogy az alcohol és

aether hatása nem bizonyult reproducálhatónak kísérleteinkben. Az viszont tagadhatatlan, hogy az említett szerves oldószerek eléggé megtörik a sötétben és fényben csírázás határát. Most nem törekszünk még arra, hogy magyarázzuk a jelenséget, de meg kell állapítanunk a kétségtelen hatásokat. Ezek különösen akkor lesznek szembeötlők, ha a *nem* kezelt sötétben csírázó magvak számát hasonlítjuk össze a fent jelzett adatokkal: (kezeletlen sötét 6%, kezelt toluolos, xylolos mag 24, illetve 25%). Az említett igen erősen lipoida oldószerek hatása valószínűleg az ingerlékenységgel kapcsolatos és a protoplasma kolloidális szerkezetének reversibilis physikai állapotváltozásában megmutatkozó közvetlen ingerhatással hasonlítható össze.

A duzzadás hatása a fényérzékenységre

Vizsgálataink kapcsán fontossá vált annak a kérdésnek tisztázása, hogy a dohányvetőmag fényérzékenysége mikor jelentkezik először a csírázás folyamán. Előre feltételezhetjük, hogy a fényérzékenység csupán a magvak vízfelvétele után jelentkezik, ellenkező esetben ugyanis az egész kérdés tárgyaltalan lenne, hiszen a száraz vetőmagot a tokból kikerülésétől kezdve, — sőt már a tokban is — elegendően érheti fény.

A dohánymag vízfelvétele aránylag lassú, sőt némely fajta esetében úgy látszik, bizonyos fokig a fénytől is függ. 1 éves Tyk-Kulak vetőmagon ugyanis azt tapasztaltuk, hogy *sötétben* napok mulva sem repedt meg a nedves szűrőpapíron csíráztatott magvak héja.

8. *kísérlet.* A vízfelvételle, illetve duzzadásra vonatkozóan kísérletet végeztünk, amely során pl. kétesztendő Debreceni magja a következő átlagos értéket szolgáltatva: 1 g mag 12 óra folyamán száraz súlyánál valamivel több (1,17 g) vizet szívott, amikor is nedves súlya 2,17 g-re nőtt, azaz 117%-al gyarapodott. A térfogat gyarapodása 13%.

A fényérzékenység alakulását nem vizsgáltuk részletesen, mindössze néhány tájékoztató kísérletet végeztünk, amely eredményeképp megállapítottuk, hogy sötétben hosszabb ideig (3—4 napig) duzzasztott dohánymagvakra ugyanaz a fény mennyiség kevésbé hatott, mint az 1—2 napig duzzasztottakra. Ez természetesen csak azokon a magvakon észlelhető, amelyek fény igénye még nagyfokú és nem szűnt meg pl. a hosszú idejű tárolás közben. A duzzadás és fényérzékenység kapcsolatát egyébként *Bihlmeier* [4] részletesen tanulmányozta, s részben az ő adataival is támogatjuk megfigyeléseinket. Ezek szerint megállapítható, hogy 30—32 óra tartalmú duzzasztás növeli leginkább a fényérzékenységet, amikor is már egy másodpercig tartó megvilágítás elegendő ahhoz, hogy a csírázó magvak számát megnégyszerezze. A megvilágítás időtartamával fokozódik a csírázás erélye is, de hamarosan eléri a legmagasabb értéket, úgy hogy pl. 15 perces megvilágítás már teljes értékű csírázást ered-

ményez. Az érzékenység egyébként 5—6 órai duzzadás után jelentkezik, a duzzasztás tartamával az érzékenység egyre fokozódik, 30—32 óra után eléri maximumát és azt jelentékeny időn át megőrzi. A fényérzékenység bizonyos esetekben igen nagy és még 48 órás duzzadás után is 96%-ban csíráztak magvakaink 5 másodperc expositio után. A duzzadással a fényérzékenység eléggé arányos. A fényhatások összegeződnek. Ez a megállapítás a csírázás ingerphysiologiás jellegét támogatja.

Hőimpulsusok hatása a sötétben csírázó dohánymagvakra

Több kísérletünkkel kapcsolatosan arra gondoltunk, hogy megvizsgáljuk a sötétben kis százalékban csírázó dohányfajták csírázási százalékát a hőmérséklet-tényező függvényében. Így színes, az ultraibolya, de leginkább az infravörös sugarak hatása nyomán vált indokolttá a hőimpulsusok tanulmányozása.

9. kísérlet. A fent részletezett kísérletekhez hasonlóan 25—28 °C hőmérsékleten, 30 óráig sötétben előduzzasztott Debreceni magvakat néhány percre (5—30) sötétben magasabb hőmérsékletre (30—50 °C) helyeztük.

Megfigyelés: A sötétben csírázó magvak %-os értéke lényegesen magasabbra emelkedve (84—92%) bizonyos exponálások (35 °C 30 perc 92%; 40 °C 20 perc 84%; 50 °C 20 perc 87%) esetében *tulajdonképpen elérte a fényben csírázók %-át.*

A kérdés tanulmányozása nyomán szembeűnő a magasabb (30—50 °C) hőmérséklet-impulsusok *fényt helyettesítő szerepe.*

Összefoglalás

1. A dohány a fajták nagyobb részében fényen csírázó növény, azaz magja csírázása fényt igényelhet; ismeretesek azonban olyan fajták, amelyek sötétben is jól csíráznak.

2. A magvak érése a tok csúcsán kezdődik és basipetalis irányú.

3. A fényérzékenység a magvak fejlődésének befejeződése előtt megalakul.

4. A fényérzékenység csupán a magvak vízfelvétele után jelentkezik.

5. A dohánymag fényérzékenysége idővel csökken, illetőleg benne némi periodicitás mutatkozik, mely részben a maghéj légátjárhatóságával függ össze.

6. A maghéj nem élettani helye, de alakítója a fényben csírázásnak.

7. A maghéjban levő egyik festéket a tyrosinase aktivitásának mérésével melaninnak indikáltuk. Feltehető, hogy a maghéjban más festék is szerepel.

8. A világos maghéjúak előbb csíráznak, mint a barnák, de ez a különbség csak 1 lux-nyi szórt *fehér* fényben érvényesül.

9. A látható sugarak közül a magvak csírázásában tekintet nélkül héjuk színére, a vörös színtartományok érvényesülnek legjobban, megfelelő előkezelés és kellő expositio után.

10. A zöld fény a sötétben csírázókhöz viszonyítva gyengén, de reprodukálhatóan stimuláló, a vörös fénykezelésekhez képest viszont elenyészően csekély hatású.

11. Színes fényben hosszabb ideig tartó megvilágítás a fehér fényhez hasonló hatású.

12. A magvakban színes chlorophyll nem található, azonban a magvak vizes kivonataiban gyengén, fehéresen fluorescáló anyag jelenléte állapítható meg, főként a hydrophobiás phasisban.

13. A magvak sötétben csírázását mind az ultraiobolya (366 m μ), mind az infravörös sugárzások hatásai jelentékenyen támogatják.

14. Az ultraiobolya sugárzás értékelésében az említett hydrophobiás jellegű fluorescáló anyag szerepelhet.

15. A lipoida oldószerek alkalmazása, bár kis mértékben, de mégis érvényesül a sötétben csírázás javára.

16. A fény hatása a mag belsejében értékesülő folyamat, mert megfelelő előkezelés után csekély (1—5 másodperc) fényimpulzus is jól megindítja a csírázást.

17. Megfelelő előduzzasztás után alkalmazott hőimpulzusok (30—50 C°) a fény szerepét helyettesítik.

18. A fényhatások összegeződése, továbbá a magasabb hőmérséklet-impulzusok fényt helyettesítő hatása a csírázás ingerphysiológiás jellegére is utal és a plasma szerkezetének reversibilis physikai állapotváltozásban jelentkező ingerhatáshoz hasonlít.

IRODALOM

1. *Abderhalden, E.*: Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden (Berlin, III, 1910, pp. 1368).
2. *Anderson, C. G.*: Az introduction to bacteriological chemistry (Edinburgh, 1946, pp. 500).
3. *Becker, H.*: Über die Keimung verschiedenartiger Früchte und Samen bei derselben Species (Beih. Bot. Centralbl., XXIX, 1912, p. 21—143).
4. *Bihlmeier, M.*: Der Einfluss der Vorquellung und der Samenschale auf der Keimung nichtgeförderter Samen (Jahrb. f. wiss. Bot., LXVII, 1927, p. 702—736).
5. *Busse, W.*: Die Keimung des Tabaksamens in ihren Beziehungen zum Licht. (Zeitschr. f. Bot., XVIII, 1925, p. 65—97).
6. *Bünning, E.*: Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze (Berlin, 1948, pp. 464).
7. *Bünning, E.*: Die Physiologie des Wachstums und der Bewegungen (Berlin, 1939, pp. 267).
8. *Fassbender, P.*: Lichtkeimung und Säuresubstrat (Beih. Bot. Centralbl., XLI, 1925, p. 239—286).
9. *Frenyó, V.*: Csírázástserkentő és gátló szerek (Agrártud. I, 1949, p. 164—169).
10. *Frenyó, V.*: A csírázás hatóanyagai (Gyógysz., V, 1950, p. 267—271).
11. *Friedheim, E. A. H.*: Das Pigment von Halle parthenopea ein akzessorischer. Atmungs-Katalysator (Biochem. Ztschr., CCLIX, 1933, p. 257).
12. *Gardner, W. A.*: Effect of light on germination of light-sensitive seeds (Bot. Gazette, LXXI, 1921, p. 249—288).
13. *Gassner, G.*: Beiträge zur Frage der Lichtkeimung (Ztschr. f. Bot., VII, 1915, p. 609—661).
14. *Gimesi, N. Frenyó, V.*: Min alapszik a humusz serkentő hatása a kööszőg spórák kihajtására? (Agrártud., I, 1949, p. 252—253).

15. Glick, D. : Techniques of histo- and cytochemistry (Newyork 1949, pp. 531).
16. Hoffmann-Ostenhof, O. : Vorkommen und biochemisches Verhalten der Chinone (Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe, VI, 1950, p. 154—241).
17. Kinzel, W. : Lichtkeimung. Weitere bestätigende und ergänzende Bemerkungen zu den vorläufigen Mitteilungen von 1907 und 1908 (Ber. Dtsch. Bot. Ges., XXVI, 1908 p. 654—665).
18. Klein, G. : Handbuch der Pflanzenanalyse (Wien, III, 1936, pp. 1868).
19. Koernicke, M. : Über die Wirkung verschieden starker Röntgenstrahlen auf Keimung und Wachstum bei den höheren Pflanzen (Jahrb. f. wiss. Bot., LVI, 1915, p. 416—430).
20. Kommerell, E. : Quantitative Versuche über den Einfluss des Lichtes verschiedener Wellenlängen auf die Keimung von Samen (Jahrb. f. wiss. Bot., LXVI, 1927, p. 461—512).
21. Konsuloff, St. : Die Zellstimulation und ihre Erklärung (Zellstimulat. — Forsch., II, 1927, p. 113—130).
22. Lehmann, E. : Neuere Untersuchungen über Lichtkeimung (Ztschr. f. Bot., I, 1909, p. 122—125).
23. Lehmann, E. : Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur (Ztschr. f. Bot., IV, 1912, p. 465—529).
24. Lehmann, E. Rao, L. : Über die Gültigkeit des Produktgesetzes bei der Lichtkeimung von *Lythrum Salicaria* (Ber. Dtsch. Bot. Ges., XLII, 1924, p. 65—69).
25. Mándy, Gy. Bőjthe, G. Székelyhídi, Á.-né : Adatok a kapadohány csírázásélettani vizsgálatával kapcsolatban (előadás a Magyar Növénytani Társaság 100. szakülésén, 1951. ápr. 17.-én).
26. Mazza, F. P. Stolfi, G. : Untersuchungen über einen Farbstoff von *Halla parthenopea*, Costa (Chem. Zbl., I, 1933, p. 1462).
27. Moscov, B. Sz. : Növénynevelés mesterséges megvilágítással. Virascivenije rasztenij, pri iszkusztennom oszvescsenij (Agrobiol., II, 1950).
28. Nelson, J. M. Dawson, G. R. : Tyrosinase (Adv. Enzymol., IV, 1944, p. 99—106).
29. Niethammer, A. : Der Einfluss von den Reizchemikalien auf die Samenkeimung (Jahrb. f. wiss. Bot., LXVII, 1928, p. 223—241).
30. Nobbe, F. : Handbuch der Samenkunde (Berlin, 1876, pp. 631).
31. Palladin, W. : Atmungspigmente der Pflanzen (Hoppe Seyler's Ztschr. physiol. Chem., LV, 1908, p. 207—222).
32. Pincussen, L. : Methodik der biologischen Lichtwirkungen. Abderhalden, E. : Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden (Berlin, V, 1933, pp. 112).
33. Popoff, M. : Zellstimulation und ihre theoretische Begründung (Zellstimulat. — Forsch., I, 1924, p. 257—264).
34. Popoff, M. : Die Zellstimulation (Berlin, 1931, pp. 375).
35. Rao, L. : Quantitative Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung von *Lythrum Salicaria* (Jahrb. f. wiss. Bot., LXIV, 1925, p. 249—280).
36. Rippel, A. : Semipermeable Zellmembranen bei Pflanzen (Ber. Dtsch. Bot. Ges., XXXVI, 1918, p. 202—218).
37. Romeis, B. : Mikroskopische Technik (München, 1948, pp. 695).
38. Roulet, F. : Methoden der pathologischen Histologie (Wien, 1948, pp. 567).
39. Ruge, U. : Übungen zur Wachstums- und Entwicklungsphysiologie der Pflanze (Berlin, 1951, pp. 166).
40. Schanz, F. : Wirkungen des Lichts verschiedener Wellenlänge auf die Pflanzen (Ber. Dtsch. Bot. Ges., XXXVII, 1919, p. 430—442).
41. Siegmund, W. : Über die Einwirkung von Stoffwechsel-Endprodukten auf die Pflanzen (Biochem. Ztschr., CXLVI, 1924, p. 389—419).
42. Wieser, G. : Einfluss des Sauerstoffs auf die Lichtwirkung bei der Keimung lichtempfindlicher Samen (Planta, IV, 1927, p. 526—572).
43. Zbarszkij, B. I. Zbarszkij, I. B. Szolncev, A. I. : Biokémiai gyakorlatok (Budapest, 1950, pp. 172).
44. Zlataroff, A. : Untersuchungen über die chemische Stimulation der Samenkörner (Fortschr. d. Landwirtsch., I, 1926, p. 81—83).