

- (13) Kolorakordoj.
Farbe u. Lack 55(1949)(12)458
- (14) Nova metodo por la adicia produktado de lumkoloroj en filmado kaj fotado. Foto-Kino-Technik 1949(1)17
- (15) Fiziko kaj pentrado.
Natur u. Kultur 46(1954)(1)53
- (16) Beleclegoj en la tekniko.
Techn. Rundschau (Bern) 1955(13)5
- (17) La bazaj faktoj de la kolorspertado.
Psychophysikal. Z. 1(1955) n-o 5—6
- (18) La Goethe-a kolorsistemo en nova aspekto.
Psychophysikal. Z. 1(1955) n-o 5—6
- (19) Naturlegoj en la arto.
Psychophysikal. Z. 2(1956) n-o 2
- (20) Kun la okuloj de la pentristo.
Psychophysikal. Z. 2(1956) n-o 5 kaj 6
- (21) Kolorperspektivo.
Psychophösikal. Z. 7(1961) n-o 2
- (22) Kolorsimboleco.
Psychophysikal. Z. 7(1961) n-o 3
- (23) Kontraŭaj koloroj.
Psychophysikal. Z. 9(1963) n-o 2
- (24) Optimaj kolorparoj.
Psychophysikal. Z. 9(1963) n-o 3
- (25) Elekto de koloroj por nia ĉirkaŭaĵo.
Erfahrungswiss. Bl. 10(1964) n-o 6

SCIENCA REVUO, eldono de Internacia Scienca Asocio
Esperantista, Vol. 15, n-ro 3/4 (1965)

611+66.014:582.26

LA FLAGELOJ DE ALGOJ

(de Ralph A. Lewin, Usono)

(Teksto de invitita prelego ĉe la IXa Internacia Botanikista Kongreso, Montreal, Kanado; 1959. Dankoj estas esprimendaj al la Naciaj Institutoj de Saneco, Usono, pro financa subteno pere de Subvencio No. 1445. Tiam adreso de la verkinto: Marbiologia Laboratorio, Woods Hole, Massachusetts, Usono. Nuna adreso: Scripps Instituto de Oceanologio, La Jolla, California, Usono.)

1. Antaŭvorto

En ĉiuj algaj filonoj, kun esceptoj de la Cyanophyceae (blualgoj) kaj la Rhodophyceae (ruĝalgoj), troviĝas ĉeloj kiuj posedas flagelojn; flagelhavaj ĉeloj estas lastatempe raportitaj eĉ ĉe diatomoj (von Stosch, 1958). Ĉi tiuj organetoj, kiel tiuj de fungoj kaj aliaj vegetaĵoj — ankaŭ kiel ĉiaj cilioj kaj la voŝtoj de preskaŭ ĉiuj specoj spermatozooj — estas pli-malpli samgrandaj, 10 — 20 μ longaj kaj 0.4 μ larĝaj. Ĉar la larĝo havas la grandecon de ondo de lumo, flageloj estas iom studeblaj eĉ en vivaj preparaĵoj, precipe per fazokontrasta mikroskopio. (Ili neniel similas al la flageloj de bakterioj, kiuj estas nur 0.02 μ larĝaj, kaj tial tute ne videblaj per rektaj rimedoj.)

Tamen, estas precipe danke al la invento de la elektron-mikroskopo ke hodiaŭ pli kare oni agnoskas la kompleksecon de tiaj organetoj. Malgraŭ la granda diverseco de la organizaĵoj kiuj produktas ilin, ili malkaŝas sub la E-M tiel rimarkindan uniformecon de strukturo ke ĉi tio provizas forte konvinkan ateston pri la unufiloneco de ĉiuj nukleaj organismoj.

2. La strukturo de flageloj

Alga flagelo konstruiĝas ĉefe el cilindro de naŭ duoblaj fibretoj ĉirkaŭantaj centran paron da samgrandaj fibretoj. La tuta cilindro estas ĉirkaŭata de malpli densa, eble disfluema, matrico, ĉirkaŭita per glata membrano. Ĝi posedas nenian videblan spiralecon. Ĉe la fino ofte troviĝas pinto, kie la fibretoj finiĝas je malsamaj longoj, tiel formante pinteton aŭ, kiam la pinto estas pli longa, »vipŝnuron«. Ĉe la bazo la limiga membrano unuiĝas kun la membrano de la ĉelo mem. La naŭ eksteraj fibretoj etendiĝas malsupren 1 — 2 μ kaj formas bazan granolon aŭ blefaroplaston; la centra paro, kontraŭe, finiĝas proksime je la nivelo de la ĉela surfaco. En kelkaj ekzempleroj, transa diafragmo indikas la transiron inter la libera parto de la flagelo kaj ties baza korpo (Gibbs, Lewin kaj Philpott, 1958). En kelkaj specoj de algoj, ekzistas radiketoj kiuj penetras la citoplasmon sub la blefaroplasto (ekz., Manton, Clarke kaj Greenwood, 1955).

En kelkaj grupoj da algoj troviĝas, krom la supre priskribita strukturo, diversaj flankaj elkreskaĵoj sur la flageloj. Ekzemple, en **Euglena** longaj haroj dense ĉirkaŭas la flagelan cilindron (Houwink, 1951). Inter la Chlorophyceae (verdalgoj), kies flageloj plejparte estas glataj, tiuj de **Platymonas** same portas haretojn (Pitelka, kaj Schooley, 1955). (La Germanoj nomas tiajn flagelojn »Flimmergelseln«.) Sur naĝantaj ĉeloj de Phaeophyceae (brunalgoj) kaj de Chrysophyceae (oralgoj) kutime estas unu antaŭa, harporta flagelo, kun tre maldikaj haroj en du flankaj vicoj, kaj unu posta, senhara naĝilo (Manton, 1956). Krome, inter la nekutimaj trajtoj de la spermatozooj de brunalgoj estas, en **Himantalia**, flanka spino sur unu el la flageloj, kaj, en **Pelvetia**, regula serio da tuberkuloj sur unu el la naŭ ĉirkaŭaj fibretoj de la antaŭa flagelo (Manton, Clarke kaj Greenwood, 1953). La funkcio de neniuj el tiaj elkreskaĵoj estas ĝis nun rekonita.

3. La moviĝado de flageloj

La flagela moviĝado utilas ĉefe por tiri la ĉelojn tra la akvo — aŭ, por tiuj algoj kiuj havas flagelajn ĉelojn nemoveble fiksitajn, por fluigi akvon preter la ĉeloj. Kvankam ĉiuj flageloj estas interne similaj, iuj antaŭen pelas ĉelojn de malantaŭe, kiel la unuopaj remoj de gondoloj

(ekz., **Pedinomonas**); iuj irigas ilin de antaŭe, kiel la paritaj remoj de remboato (ekz., **Chlamydomonas**); kaj iuj batas flanko, kiel la remaroj de antikva triremo (ekz., **Volvox**). Ĉi tiuj moviĝoj, kvankam diversaj, havas kelkajn komunajn ecojn, kaj ŝajnas deveni de kombino de cirkla aŭ elipsa aksoturniĝo, kune kun ondado ek de la bazo al la pinto. Ekzistas nun sufiĉe da bona pruvo ke tiajn moviĝojn kaŭzas transsendo de energio laŭ la flagelo mem, kaj ke la flagelo ne estas nur pasiva vipo funkciigata de maljupre. Eble ondoj de kuntiriĝo kaj malrigidiĝo, pasante al la bazo iom spirale laŭlonge de la flagelo, ŝajne kaŭzas unu el ĝiaj metodoj de moviĝo, se ne ĉiujn (Bishop, 1962). Tamen, tiaj ondoj estas ankoraŭ neniel efektive demonstraciitaj. Ni eĉ ne scias ĉu estas la elektrondensaj fibretoj mem kiuj kuntiriĝas, aŭ kelkaj — eble ĉiuj — el tiuj funkcias sole kiel subteniloj, kontraŭ kiuj tiras neviditaj elementoj en la matrico, tiel kaŭzante la kliniĝajn momentojn (Pitelka, kaj Schooley, 1955).

Ĉiaokaze, estas certe ke iaj intraĉelaj sistemoj, eble funkciante tra la bazaj granoloj kaj iliaj radiketoj, regas la regulan kunagadon de la flageloj en paroj aŭ en pli grandaj grupoj, kiel en **Volvox** aŭ la zoosporo de **Vaucheria**, kaj por neegalaj moviĝoj ebligantaj taktan orientadon. Supozeble ili ankaŭ servas kiel fonto de energio por la movado de flageloj. Ronkin (1959) kalkulis ke konsumo de povo egala al 10 — 15 ĝis 10 — 16 vatoj ŝajne estas bezonata por movigi ĉelon de **Chlamydomonas** laŭ la observita rapido de proksimume 100 μ /sek. Eble la observita fakto ke la flagela funkciado estas daŭra en iuj flagelhavaj algoj (ekz. **Chlamydomonas**), kvankam ĝi okazas periode — interrompita per periodoj de trankvilo — en aliaj (ekz., **Platymonas**) iel rilatas al ties malsamaj manieroj aŭ rapidoj de povkonsumado.

Ĉiuj tiaj naĝaj moviĝadoj okazas kontraŭ la viskozeco de la fluida medio. Malpli bone konata moviĝo, kvankam ĝenerala ĉe flageloj, estas ties malrapida rampado (ĉirkaŭ 2 μ /sek.), kiun ili okaze faras tuŝante solidajn surfacojn (Ulehla, 1911). Ĉar tiel rampas eĉ glataj flageloj, al kiuj tute mankas flankaj haroj (ekz., tiuj de **Polytoma** aŭ **Chlamydomonas**), la kaŭzo de tia movado estas ankoraŭ ne klarigebla. Oni povus atribui ĝin al serio da kuntiriĝaj ondoj, kiaj movas vermon laŭ la tero; sed en tia okazo, la ondoj devus moviĝi de la pinto al la bazo, kontraŭe al tiuj postulataj en antaŭa paragrafo.

4. Kemiaj baroj al la movo de flageloj

La fiziologia regado de flagela moviĝado en algoj ne estas multe esplorigita. Ilia batado haltas en hipertonaĵoj (Lothring, 1935); tiu fakto sugestas ke eble por ili la turgeco, konsekvenco de semipermeablo de la limiga membrano, estas mekanika neceso por la movo. Kelkaj kemiaĵoj, kiaj kloralo (hidrato de kloraldehido) kaj arsenito, iom malpliigas la moviĝemon en **Chlamydomonas**; sed la plej multaj metabolistaj venenoj, kiuj ŝajne efektivas tion, efektive nur disigas la flagelojn de la ĉeloj.

Rimarkindan ekzemplon de detenado de la flagela moviĝo oni vidas kiam gamedoj de certaj specioj de **Chlamydomonas** pariĝas. Ekzemple, en **C. moewusii** la ĉeloj de la du sekstipoj, kvankam alie tute similaj, diferenciĝas dum la pariĝo per tio, ke la flageloj de la minusa pariĝanto ĉesas bati. Ŝajne la ĉesiga efekto estas transsendata trans protoplasma ponto inter la du ĉeloj, aŭ, pli precize, inter la bazaj granoloj de iliaj flageloj. Tiun ĉi konektaĵon la elektrona mikroskopo malkaŝas ĉe treege maldikaj tranĉaĵoj (Gibbs, Lewin kaj Philpott, 1958.). Plue, la observita konduto en sekskuniĝo de ĝemelaj ĉeloj, ne tute disiĝintaj post ĉeldivido, donas pluan subtenon por atribui tiun ĵus nomitan efekton al la transdono de ia detenanto el la plusa pariĝanto. (Tiaj ĝemelaj ĉeloj aperas en normalaj kultivaĵoj kiel maloftaĵoj rezultantaj de miŝdivido; ili estas pli oftaj en certaj mutacintaj rasoj). Post la seksa kuniĝo de unu el paro de tiaj ĝemelaj ĉeloj minusaj, la flageloj de ambaŭ ĝemeloj ĉesas moviĝi. Tamen, ĝis nun malsukcesis ĉiuj penoj izoli aŭ ekkoni la specifan kemian peranton.

5. Alfiksado de zoosporoj kaj gamedoj per siaj flageloj

Flageloj ofte ankras zoosporojn al surfaco ĝis la ĉelo konstruas pli firman alfiksilon (ekz., **Prasinocladus**; vidu Fritsch, 1935). Krom tio, per ili gamedoj kutime alfiksiĝas unu al la alia, kaj per ili en algoj kiel **Chlamydomonas** la kuntenantaj ĉeloj orientiĝas ĝis la eventuala amfluo de la citoplasmoj. Ĉi tiu altenanta forto inter la flageloj estas tre speciala, rilate ne nur al specio kaj al sekstipo, sed ankaŭ al la koncerna ĉelparto, tiel ke flageloj de agema minusa ĉelo de **C. moewusii**, ekzemple, alkraciĝas nur al flageloj de samspeca pariĝanto plusa, kvan-

kam ili neŭtrale kondukas al la ĉeloj mem. Ŝajne eĉ la direkto de alteniĝo estas difinita, tiel ke la pariĝo ĉiam okazas inter flageloj orientiĝintoj samdirekte. Normale la efekto de ĉi tiuj alteniĝaj fortoj daŭras nur kelkajn minutojn. Tuj post la estiĝo de protoplasma ponto inter la bazaj grandoj de la pariĝantoj, la ligaj fortoj nuliĝas kaj la flageloj reliberiĝas.

La algluemon de la flageloj de gamedoj influas diversaj internaj kaj eksteraj faktoroj, kiel la aĝo de la ĉeloj, ilia antaŭa allumigado (Lewin, 1956), kaj la ĉeesto de necesaj jonoj en la medio (Lewin, 1954). Kiam agemaj ĉeloj de unu sekstipo restas en fluidaĵo dum 12 — 24 horoj, eroj de la tiel nomita aglutinino iom disiĝas en la medion; kaj kiam tio okazas, la senĉeligita fluidaĵo, aldonata al suspensio de gamedoj malsame sekstipaj, povas kaŭzi daŭran »iso-algluadon« inter tiaj ĉeloj. Ĉi tiuj eroj estas videblaj per elektron-mikroskopo kiel globetoj, ĉirkaŭ 100 m μ diametre. Tiuj de **C. eugametos** (minusa raso) enhavas, krom iomete da proteino, karbohidraton kiu per hidrolizo donas galaktozon kaj arabinozon (Förster, Wiese kaj Braunitzer, 1956). Aglutininoj tiaj estas la unua ĥemia bazo por seksa diferenciĝo; kun siaj genoj, tiuj de aliaj faktoroj — ekzemple, la moviĝemo post pariĝo — evidente estas kunligitaj en diferenciga segmento de seksa ĥromosomo.

6. La kemia konsisto de la flageloj

Flageloj sen dubo enhavas diversajn kemiajn komponantojn, sed analizo estas malfacila ĉar nur malgrandaj kvantoj estas haveblaj. Ĉar ĉeloj de multaj flagelhavaj algoj forĵetas siajn flagelojn pro tiaj diversaj traktadoj kiaj milda hejtado (Desroche, 1912), malvarmigo (Jones kaj Lewin, 1960), aŭ la aldono de kloroformo (Tibbs, 1957), estas eble izoli purigitajn flagelojn per diferenca centrifugado de suspensioj de tiel ŝokitaj ĉeloj. Tamen, kvankam teorie la flageloj povus konsistigi ĝis 1% de la seka pezo de la ĉeloj, la kolektado de pli multe ol kelkdek miligramoj da flageloj estas malfacila. Analizoj de tutaj flageloj de **Polytoma** (Tibbs, 1957) kaj de **Chlamydomonas** (Jones kaj Lewin, 1960) indikas ke ili konsistas ĉefe el proteino, kies aminacidaj proporcioj malsimilas al tiuj de bakteriaj flageloj (Weibull, 1950; Kobayashi, Rinker kaj Koffler, 1959), ankaŭ de muskolaj proteinoj kiaj miosino kaj aktino

(Szent-Györgyi, 1951). Almenaŭ parto de la flagelo, kredeble la fibreta akso, restas nesolvita en medioj, kiaj alkalina tioglikolato kaj 8x M ureo, kiuj kapablas dissolvi aliajn fibrajn proteinojn. Tiu ioma nesolvebleco plue malhelpas nian komprenon de la fizika kaj biokemia konsistoj de flageloj.

Estas raportite ke la flageloj de **Polytoma** enhavas malgrandan kvanton de acido ribonuklea (Tibbs, 1957); ankaŭ ke flageloj montras enziman agemecon kiel adenosin-trifosfatazo (Tibbs, 1957). Tamen, ni ankoraŭ havas nenian klaran ideon pri kiel ĉi-tiuj eroj funkcias por produkti movadon.

7. Resorbado kaj formado de la flageloj

Jam dirite, flageloj kelkfoje estas disigitaj de la ĉeloj. Egale enigma estas la fakto ke certaj vivantaj ĉeloj povas resorbi ilin, fenomenon ofte vidata kiam zoosporoj ĉesas la naĝadon aŭ kiam gametoj kunfandiĝas. Ĉe **C. moewusii** tio estas facile observebla kiam individuaj paroj estas senmovigitaj sur agaro. La kunfandiĝo de la ĉeloj daŭras ĉirkaŭ 20 minutojn, dum la mallongiĝo de la flageloj ĝis kiam ili tute malaperas. Fine ili eble estas organike resorbitaj; tamen, elektronaj mikrografoj de **Vaucheria** zoosporoj montras ke almenaŭ iliaj fibraj elementoj (kune kun la centra paro) estas ankoraŭ rekoneblaj kvankam tute retiritaj en la ĉelon (Greenfield, 1959). La produkto de novaj flageloj, kio ŝajne dependas de la turgo de ĉelo, povas esti egale rapida (Lewin, 1953); je **Chlamydomonas** oni povas eksperimente ripeti la ciklon de forĵetado kaj rekreskado almenaŭ tri fojojn en unu tago. Kio malhelpas la daŭran plilongigon de flageloj, aŭ kiel la ĉelo ne plu elpuŝas flagelojn post formado de 12 μ da longo ilia, prezentas problemon de morfogena sinregado.

8. Efektoj de kelkaj mutacoj sur la flageloj

Kompreneble, la kreskado kaj movado de flageloj estas genetike regata. Inter la mutacintoj, kiujn oni povas izoli post radiigo de flagelohavaj ĉeloj, kiaj tiuj de la algoj **Chlamydomonas**, **Platymonas**, **Pandorina**, aŭ **Euglena**, estas klonoj kies ĉeloj estas tute senflagelaj. Kelkaj

el ili estas **Palmella**-similaj formoj, en kiuj la kutima ritmo de ĉeldivido kaj produktado de idaj ĉeloj estas tiom ŝanĝita ke moviĝeblaj ĉeloj neniam liberiĝas. Aliaj ŝajnas normalaj, escepte ke al ili mankas videblaj flageloj. En tiaj mutacintoj de **C. moewussi** malgrandaj stumpoj, tute ne utilaj kiel naĝiloj, povas esti vidataj nur per elektron-mikroskopo (Gibbs, Lewin kaj Philpott, 1958).

Ankaŭ troviĝas klonoj konsistantaj el parte aŭ tute paralizitaj ĉeloj, kies flageloj havas normalan longon sed nenian povon normale moviĝi. En **Platymonas** flageloj de tri tiaj mutacintoj estas senmove fleksitaj malantaŭen laŭlonge la ĉelo. En **C. reinhardi**, flageloj de du mutacintoj estas samaj, kvankam tiuj de ses aliaj mutacintoj etendiĝas ĉefe antaŭen; tio sugestas ke la procedoj de kuntiriĝo kaj de malrigidiĝo ĉe la flagelaj proteinoj estas aparte genetike difekteblaj. En **C. moewusii** neniu mutacinta klono kun rekliniĝaj flageloj estas trovita inter 30 diversaj paralizitaj tipoj ĝis nun studitaj (vidu tabelon I).

9. La fiziologio de paralizitaj klonoj

Ĝis nun malsukcesis ĉiuj penoj resanigi ĉelojn de paralizitaj mutacintoj per diversaj ekstraktoj el normalaj ĉeloj aŭ per kutime aĉeteblaj kemiaĵoj. Tamen, kiam iuj mutacintoj formas **dikarjonojn** (dunukleajn unuojn) frue dum citogamo antaŭ la formo de zigotoj, la flageloj kelkokaze regajnas sian normalan moveblon. En **C. reinhardi**, ĉi tiu efekto okazas rekte, kvankam ne daŭre; la gametoj de du malsamaj paralizitaj rasoj kuniĝas kaj kunfandiĝas, formante kvarflagelan, dunuklean ĉelon kiu povas normale naĝi. Tiu kondiĉo indikas kontraŭ aleleco, kiam du nekonataj paralizitaj rasoj estas tiel provitaj. En **C. moewusii**, ĉar la gameta kunfandiĝo nepre bezonas lumon, en mallumo oni povas studi, eĉ dum du aŭ tri tagoj la konduton de la dikarjonoj tiel formitaj. Tamen, la fenomeno estas komplikita per la jam menciita fakto ke la flageloj de la minusa gameto, ĉu paralizita ĉu ne, ĉiam ĉesas bati post pariĝo; tial oni povas observi moviĝon ĉe la flageloj nur de la plua pariĝanto.

Ne ĉiuj paralizitaj mutacintoj estas tiel »resanigeblaj«. Eble ekzistas diferencoj inter la kapableco de la necesaj faktoroj transiri la protoplasman ponton, kiu ligas la bazajn granolojn de la minusa

TABELO I

Mutacintoj de *Chlamydomonas moewusii* kun difektaj flageloj

Flageloj: longo (μ)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3	3	1
moveble	+	+	±	±	±	—	—	—	—	—	—	—
Seksa agluteno	+	—	+	+	—	+	+	+	—	+	—	—
Pariĝebla	+	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—
Resanigeblo je dunukleuloj	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Nombro de mutaciuloj trovitaj sov-4* aĝa	3	3	1	6	5	1	2	1	1	5	—	—

*Inkluzive de 1 spontana, de sovaĝa klono, kaj 1 UV-kaŭzita, de paraliza mutacinto M. 1002. Nepariĝeblaj klonoj devenis de ambaŭ sekstipoj.

Referencaro.

- Bishop, D. W. 1962. [Sperm motility]. *Physiol. Rev.* 42, 1-59.
- Desroche, P. 1912. Réactions des *Chlamydomonas* aux agents physiques. Schulz, Paris.
- Ebersold, W. T., Levine, R. P., Levine, E. E. kaj Olmsted, M. A. 1962. [Linkage maps in *Chlamydomonas reinhardi*]. *Genetics* 47, 531-543.
- Förster, H., Wieße, L. kaj Braunitzer, G. 1956. [Ueber das agglutinierend wirkende Gynogamon von *Chlamydomonas eugametos*]. *Z. Naturforsch.* 11b, 315-317.
- Fritsch, F. E. 1935. Structure and reproduction of the algae. I. Cambridge University Press.
- Gibbs, S. P., Lewin, R. A. kaj Philpott, D. E. 1958. [The fine structure of the flagellar apparatus of *Chlamydomonas moewusii*]. *Exp. Cell Res.* 15, 619-622.
- Greenwood, A. D. 1959. [Observations on the structure of the zoospores of *Vaucheria*. II.] *J. Exp. Bot.* 10, 55-68.
- Houwink, A. L. 1951. [An electron-microscopic study of the flagellum of *Euglena gracilis*]. *Proc. K. Akad. Wetensk. Amst.* (ser. C) 54, 132-137.
- Jones, R. F. kaj Lewin, R. A. 1960. [The chemical nature of the flagella of *Chlamydomonas moewusii*]. *Exp. Cell Res.* 19, 408-410.
- Kobayashi, T., Rinker, J. N. kaj Koffler, H. 1959. [Purification and chemical properties of flagellin]. *Arch. Biochem. Biophys.* 84, 342-362.
- Lewin, R. A. 1953. [Studies on the flagella of algae. II. Formation of flagella by *Chlamydomonas* in light and darkness.] *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 56, 1091-1093.
- Lewin, R. A. 1954. [Sex in unicellular algae.] *En Sex in microorganisms* (AAAS Symposium, red. D. H. Wenrich). pp. 100-133.
- Lewin, R. A. 1956. [Control of sexual activity in *Chlamydomonas* by light.] *J. Gen. Microbiol.* 15, 170-185.

- Lothring, H. 1941-42. [Beiträge zur Biologie der Plasmolyse.] *Planta* 32, 600-629.
- Manton, I. 1956. [Recent work on the internal structure of plant cilia.] *Proc. 3rd. Int. Conf. Electron Microscopy.* pp. 594-599.
- Manton, I., Clarke, B. kaj Greenwood, A. D. 1953. [Further observations with the electron microscope on spermatozooids in the brown algae.] *J. Exper. Bot.* 4, 319-329.
- Manton, I., Clarke, B. kaj Greenwood, A. D. 1955. [Observations with the electron microscope on biciliate and quadriciliate zoospores in green algae.] *J. Exper. Bot.* 6, 126-128.
- Pitelka, D. R. kaj Schooley, C. N. 1955. [Comparative morphology of some protistan flagella.] *Univ. Calif. Publ. Zool.* 61, 79-128.
- Ronkin, P. R. 1959. [Motility and power dissipation in flagellated cells, especially *Chlamydomonas*.] *Biol. Bull.* 116, 285-293.
- Stocker, B. A. D. 1956. [Bacterial flagella: morphology, constitution and inheritance. Bacterial Anatomy (Symposium No 6, Soc. Gen. Microbiol.)] Cambridge University Press. pp. 19-40.
- Szent-Györgi, A. 1951. [Contractile muscle proteins.] *Discuss. Faraday Soc.* 11, 199-204.
- Tibbs, J. 1957. [The nature of algal and related flagella.] *Biochim. Biophys. Acta*, 23, 275-288.
- Ulehla, V. 1911. [Ultramikroskopische Studien über Geißelbewegung.] *Biol. Zentralbl.* 31, 645-731 (vidu p. 695).
- von Stosch, H. A. 1958. [Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentralen Diatomeen. III. Die Spermatogenese von *Melosira mobiliformis* Agardh.] *Arch. Mikrobiol.* 31, 274-282.
- Weibull, C. 1950. [Investigations on bacterial flagella.] *Acta chem. Scand.* 4, 268-276.

VORTARO (Esp. — Ang.)

klono = clone	granolo = granule
mejozo = meiosis	haplojda = haploid
mitozo = mitosis	hipertona = hypertonic
mutaci = mutate (intrans.)	hipotona = hypotonic
mutaciga = mutagenic	agluteni = agglutinate
tetrado = tetrad	agluteno = agglutinin
turga = turgid	alelo = allele
zigoto = zygote	blefaroplasto = blepharoplast
fenotipo = phenotype	centromero = centromere
filono = phylum	cilio = cilium
gamedo = gamete	citogamo = cytogamy
geno = gene	diplojda = diploid
genotipo = genotype	enzimo = enzyme