

Stadi del ciclo evolutivo di un Ciliato, loro individualità e rapporto con analoghe manifestazioni nei Metazoi (**)

PREMESSA. — I *Ciliati*, per la loro struttura, rappresentano, tra i *Protozoi*, il gruppo più differenziato, ma poche ed incerte sono le conoscenze su i rapporti, che essi potrebbero avere con organismi di struttura più complicata. *Cryptochilum echini* ci offre però un caso singolare, in cui i fenomeni, che si svolgono in alcuni stadi del suo ciclo vitale, possono essere collegati a quelli osservati nei primi momenti dello sviluppo dei *Metazoi*.

Mentre nel nostro *Ciliato* la *differenziazione polare* e la successiva *divisione differenziale* della forma adulta, detta *Individuo misto*, perchè in essa, come nella *1^a cellula embrionale*, sono riuniti i nuclei dei due gameti, hanno riscontro in fenomeni analoghi nell'ovo fecondato di alcuni *Metazoi*, altri confronti, cennati in questo scritto, potrebbero ritenersi infondati ed arbitrari se non avessero una giustificazione nel fatto che non la *forma* ma la *funzione* è l'attributo fondamentale della sostanza vivente per un suo potere originario di *autoregolazione* ed *autoselezione* (*Neovitalismo* di Bunge e di Driesch). Ne danno esempio i processi di *maturazione* delle due cellule sessuali ed i fenomeni del loro differenziamento in elementi maschili e femminili nei *Metazoi* e quelli che compie il nostro *Ciliato* per produrre i gameti, processi tanto diversi per le manifestazioni formali, ma che possono essere affiancati ove si consideri nell'ontogenesi la funzione di tali elementi.

E' noto, difatti, che nei *Metazoi* gli *spermiozoni* e gli *ovogoni* compiono due successive divisioni (*meiotica* ed *equazionale*), per cui da ciascuno di essi hanno origine quattro cellule sessuali mature; senonchè, mentre il primo forma 4 spermatozoi, il secondo è destinato a formare un solo ovo, perchè gli altri tre elementi, di piccole dimensioni (*polociti*), ordinariamente sono distrutti per fornire, secondo quanto a noi è dato congetturare, alcuni materiali plastici all'elemento di maggior volume, che sarà quello femminile, atto ad essere fecondato, o all'embrione che da esso deriva.

In *Cryptochilum echini* il processo formale di maturazione potrebbe ritenersi diverso, in quanto i gameti, per divenire tali, non attraversano esattamente gli stadi sopra cennati; però, come nei *Metazoi*, mentre l'*Individuo misto maschile*, rappresen-

(*) Accademico nazionale.

(**) In questa Nota sono riassunte e meglio valutate le fasi dello sviluppo di *Cryptochilum echini* Mps., parassita nell'intestino di *Paracentrotus lividus* Mts., già illustrate e documentate con molti fotogrammi nelle pubblicazioni sotto segnate, alle quali si rimanda per i dettagli:

Russo A. *Ciclo evolutivo di Cryptochilum echini* Mps. (Ciliato parassita di *Paracentrotus lividus* Mts.) Mem. R. Acc. Naz. dei Lincei. Ser. 6^a, Vol. IV, Roma 1930.

Sul ciclo di sviluppo di *Cryptochilum echini* Mps. Atti dell'Acc. Gioenia, Catania 1914.

tante dello *spermogonio*, dividendosi, forma due gameti senza perdere alcuna parte della sua sostanza nucleare, quello femminile, che rappresenta l'*oocogonio*, sia nella 1^a divisione sia nella 2^a, emette dal nucleo in *cinesi* una parte della sua sostanza, che si dissolve nel circostante protoplasma, aumentando, analogamente, i poteri fisiologici del gamete femminile.

I fenomeni, che, in forma elementare, distinguono l'elemento maschile da quello femminile, la loro identità nell'*unicellulare* e nei *Metazoi*, potrebbero comprendere quello tanto complesso del differenziamento dei due sessi nelle forme adulte, riferito a diverso metabolismo, e far ritenere che una sola legge presieda a tali manifestazioni della vita sessuale, non ostante maggiori precisazioni si attendano dai progressi della *Microchimica*.

Il riconoscimento della natura somatica degli individui, che, nel nostro *Ciliato*, si formano dalla *zona polare anteriore* degli *Individui misti*, potrebbe sembrare anche arbitrario ove fosse fondato soltanto su l'analogo fenomeno della *divisione differenziale* dell'ovo di alcuni *Metazoi*, dopo la quale dalla stessa zona si formano i blastomeri del *soma*. Ma, poiché tali individui hanno anche potere germinale, come appresso si dirà, il riconoscimento nel *Ciliato* può esser meglio documentato ove si consideri che gli elementi, ritenuti somatici in *Cryptochilum*, hanno, fin dalla loro origine, una funzione germinativa, che, nel corso della loro evoluzione, si manifesta, oltre che con una *falsa copula*, con fenomeni nucleari, che non solo hanno corrispondenza con fenomeni analoghi nei blastomeri somatici dei *Metazoi*, ma quanto con quelli osservati nelle vere cellule germinali durante la maturazione ed il loro differenziamento sessuale. Questo, difatti, si compie, come sopra si è detto, con l'eliminazione di una parte della sostanza nucleare solo dall'elemento femminile, che è dominante sul maschile e che ha funzione prevalentemente germinativa.

L'eliminazione di tale sostanza, con modalità ed in momenti diversi, come appresso si dirà, compendosi negli individui somatici del *Ciliato* e nei blastomeri corrispondenti del *Metazoo*, fa ritenere che anch'essi, come la tipica cellula sessuale femminile, siano dotati di potere germinativo; potere confermato dalla produzione di una nuova serie di *gameti puri*, che rinnovano il *ciclo principale* nel *Ciliato*, dalla produzione di nuovi *germi* nei *Metazoi* e nei *Metafiti*, specialmente in questi, quando il *soma* sia messo in ambiente adatto.

I fatti, cui si è fatto cenno, inducono a ritenere che i vari individui di *Cryptochilum cchini* presentino delle analogie con le cellule sessuali e con i blastomeri, che da essi derivano nei primi momenti dell'ontogenesi di un *Metazoo*, e che la *vita germinale* si manifesti con fenomeni similari nel regno dei viventi, confermando l'unità delle leggi, che, fra tanta varietà di forme, ne regolano lo sviluppo.

Dati analitici essenziali

Individuo misto ♀ ed Individuo misto ♂ - protoplasma polare - apparato nucleare - divisione differenziale. Eliminazione di sostanza nucleare e diversa divisione nucleare nello sviluppo dei gameti. I gametogeni del Ciliato e gli ovogoni e gli spermigoni dei Metazoi. Valore degli Individui misti. Parte germinale e ciclo principale del Ciliato.

Il ciclo vitale di *Cryptochilum cehini* ha inizio da due individui di sesso diverso. Essi sono detti *misti* perchè in entrambi l'apparato nucleare è costituito da 4 nuclei, due dei quali derivati dal gamete femminile, due da quello maschile. Di tali nuclei uno, il *micronucleo*, ha valore germinativo, gli altre tre di maggiore volume, i *macronuclei*, sono ritenuti di natura trofica sol perchè hanno un'esistenza effimera, essendo destinati a dissolversi nel protoplasma, il quale, in ciascun individuo, è distinto in due zone, una al *polo posteriore*, ricca di granuli e di vacuoli, l'altra al *polo anteriore* quasi omogenea (fig. 1^a, n. 1 e 3).

Nei due *Individui misti* la quantità della sostanza nucleare è diversa in quanto il *micronucleo* ed uno dei *macronuclei*, entrambi derivati dal gamete femminile, come si osserva negli stadi finali della *cera coniugazione*, sono 1/4 nell'individuo femminile, 1/8 in quello maschile (fig. 1^a, n. 1, 3; fig. 2^a, n. 5).

I due *Individui misti* compiono una divisione, che s'inizia dal *micronucleo*, il quale, in quello femminile, si divide per mitosi con emissione di un filamento di sostanza nucleare (1), destinato a dissolversi nel protoplasma, in quello maschile per *amitosi* senza alcuna emissione di tale sostanza. Quasi contemporaneamente i *macronuclei* si portano in massa vicino ai due nuovi *micronuclei* e propriamente quello derivato dal gamete femminile, di maggior volume, al *polo posteriore germinale*, i due derivati dal gamete maschile al *polo anteriore somatico* (fig. 1^a, n. 2, 4). In seguito, con un taglio mediano, si formano due nuovi individui, che, per l'origine dei loro nuclei, hanno diversa costituzione: quello, formato al *polo posteriore*, avendo il *micro* ed il *macronucleo*, entrambi derivati dal gamete ♀ è una *forma pura*, dalla quale avranno origine gli individui, che compongono la *parte germinale* del Ciliato; quello formato dal *polo anteriore*, avendo il *micro* originato dal gamete ♀, i due *macronuclei* dal ♂, è una *forma impura*, dalla quale derivano tutti gli individui, che compongono la *parte somatica* (fig. 1^a, n. 2 e 4). I due nuovi individui (fig. 1^a n. 5, 6, 7, e 8) sono dei *gametogeni*, perchè da essi, con una seconda divisione, hanno origine i *gameti*, che saranno *gameti puri* quelli derivati dalla regione posteriore *germinale*, *gameti impuri* quelli costituiti dalla regione anteriore *somatica* (fig. 1^a n. 9, 10, 11 e 12). Sia nell'una sia nell'altra categoria di *gametogeni* la divisione dei *micronuclei* è anche diversa, in quanto quelli derivati dall'*individuo misto* femminile eseguono la *mitosi* con emissione di un altro filamento nucleare anche destinato a dissolversi nel protoplasma (n. 9 e 10), quelli, derivati dal maschile, si dividono per *amitosi* senza alcuna emissione (fig. 1^a n. 11 e 12).

(1) Il filamento non fu osservato adoperando i comuni mezzi di colorazione, ma solo con sovracolorazione all'Ematosillina ferrica. Sarebbe utile indagarne la natura chimica per metterla in relazione con il contenuto nucleare.

I fatti sopra riassunti danno opportunità a ravvicinamenti con analoghe manifestazioni nei *Metazoi*. La distinzione in due zone *polarì* degli *Individui misti*, dalle

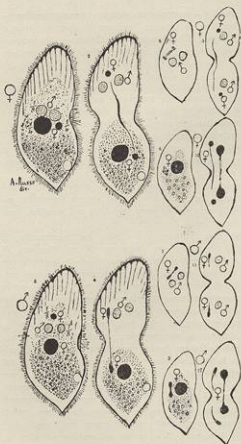


FIG. 1.

mancando nelle corrispondenti forme del sesso maschile, sia una peculiare manifestazione, analoga, sebbene tanto diversa, alla emissione, che compie l'*oörogeno*,

quali hanno origine individui con destinazione diversa, *germinativa* quelli del polo inferiore, *somatica* quelli del polo superiore, richiama la vasta letteratura, iniziata nel 1887 da Boveri (*) con lo studio dell'ovo di *Ascaris megalocephala*, nella quale si conferma la presenza delle due zone in diversi gruppi di animali e di vegetali.

L'origine dei gameti di *Cryptochilum* fa ritenere esista anche un rapporto con la maturazione delle cellule sessuali nei *Metazoi*. Nei *Ciliati* gli stadi di tale processo sono poco distinti per lo sviluppo accelerato e raccorciato; per cui, mentre gli *Individui misti*, contenendo i nuclei dei due gameti e compiendo la *divisione differenziale*, hanno l'equivalente nella 1^a cellula embrionale, con le successive divisioni per formare i gameti, subiscono tali mutamenti da far ritenere, come avanti si è detto, essi cumolino anche la funzione degli *oögoni* e degli *spermioögoni* dei *Metazoi*.

L'emissione di un filamento cromatico dal nucleo in mitosi nell'*Individuo misto femminile* e nei due gametogeni, che ne derivano (fig. 1*, n. 2, 5, 6, 9, 10), potrebbe far ritenere che l'eliminazione di una parte della sostanza nucleare,

(*) BOVERI TH., Ueber Differenzierung der Zellkern während der Furchung des Eies von *Ascaris megalocephala*, Anat. Anzeiger (1887).

quando passa allo stadio di *ovocite*, con i *polociti*, che, per lo più, anch'essi si disgregano.

L'origine dei gameti, direttamente dalle forme adulte di *Cryptochilum*, avvalorerebbe la concezione di Brachet (*), secondo cui l'*ovogonio*, che passa allo stato di *ovocite*, contenendo *zone organoformative* ed *organizzatori*, è la *cellula tipo della specie*, dalla quale, non dalla *segmentazione* dell'ovo fecondato, ha inizio lo sviluppo dell'embrione.

Coniugazione vera - Modalità e velocità diverse delle divisioni nucleari dei due gameti nella stessa unità di tempo - Momento del differenziamento sessuale e successiva indipendenza dei sessi - Anfimissi - Exconiuganti - Origine degli Individui misti.

L'origine dei 4 nuclei, che compongono l'apparato nucleare dei due *Individui misti*, come avanti si è detto, può essere riconosciuta seguendo gli stadi della *vera coniugazione*, che si compie dai *gameti puri*, originati dalla *parte polare germinativa* (fig. 2^a, n. 1). Essa si distingue da una *falsa coniugazione*, che non produce *Individui misti*, come si dirà nel seguente paragrafo.

Nella *vera coniugazione*, i micronuclei dei due gameti si moltiplicano con diverso processo, perchè quello del *gamete femminile* si divide due volte per *mitosi*, formando 4 nuclei, quello del *gamete maschile* una sola volta, nella stessa unità di tempo, con processo diverso, detto *atipico*, in quanto la cromatina si conforma in due fasci di fili paralleli, che, slittando fra loro, formano i due nuovi nuclei (fig. 2^a, n. 2, 3).

In fase successiva, mentre uno dei 4 nuclei nel gamete femminile si oblitera, mettendo ancora in atto l'eliminazione di una parte della sostanza nucleare, dei 3 nuclei residui uno emigra nel gamete maschile e gli altri due permangono al polo posteriore per trasformarsi in un *micro* ed un *macronucleo* dell'*Individuo misto* ♂, che si va costituendo (fig. 2^a, n. 4).

Mentre tali mutamenti avvengono nel *gamete femminile*, uno dei due nuclei, formati nel *gamete maschile*, emigra nell'opposto gamete, dove, anche con processo *atipico*, produce due *macronuclei*, che completano l'apparato nucleare dell'*Individuo misto* ♀ (fig. 2^a, n. 5 e fig. 1^a, n. 1).

Contemporaneamente, il nucleo, migrato dal gamete ♂, compie in quello ♀ la 3^a *mitosi*, la cui figura si dispone secondo l'asse verticale, di modo che uno dei suoi estremi sia nella zona polare posteriore, *vegetativa* o *germinale*, dove si trasformerà in *macronucleo*, mentre all'altro estremo dell'asse si costituirà il *micronucleo* (fig. 2^a, n. 5).

Il nucleo proprio del gamete ♂, rimasto immobile, si divide anche con *processo atipico*, formando anch'esso due *macronuclei*, che si dispongono in croce rispetto a quei due forniti dal gamete ♀ e che nell'insieme costituiscono l'apparato nucleare dell'*Individuo misto* ♂ (fig. 2^a, n. 5 e fig. 1^a, n. 2).

Con la 3^a *mitosi*, che il nucleo, migrato dal gamete femminile, compie in quello maschile, la quantità della sostanza nucleare dei nuclei germinativi, i *micronuclei*, è

(*) Di questo Autore, oltre ai vari lavori sperimentali, si consulti quello di sintesi: *L'Oeuf et les facteurs de Fécondation*, Gaston Douzet C., Paris, 1931.

l'una la metà dell'altra; per cui il rapporto, nei due *exconjuganti* e nei due *Individui misti*, che ne derivano, è ♀1:♂1/2, come avanti si è detto. Tale rapporto segna, in *Cryptochilum eckini*, il momento del differenziamento sessuale.

Da quanto si è detto risulta che, in *Cryptochilum e.*, l'*amfimissi* si compie non per fusione, ma per aggruppamento di nuclei appartenenti a gameti di sesso diverso. Tale

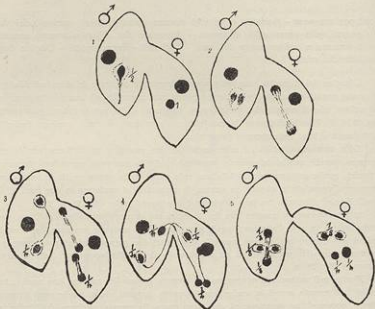


FIG. 2.

processo fecondativo non è unico, essendo stato rilevato in altre specie di *Ciliati*, come in *Colpidium colpoda* da Hoyer (*), in *Paramecium caudatum* da Dohrne (**), sebbene contrastato, e finanche in qualche *Metazoo*, come in *Cyclops strenuus*, nel cui ovo fecondato, secondo Rükett (***), i due pronuclei ♀ e ♂ non si fondono che nei primi stadi della segmentazione.

Dalla prevalenza del gamete femminile, nel corso della vera *coniugazione* di *Cryptochilum e.*, derivata dal fatto che esso fornisce il nucleo sessuale a quello maschile, potrebbero trarsi illazioni su le cause del differenziamento sessuale. Sta di fatto

(*) Hoyer, Arch. f. Mikrosk. Anatomie. 1889.

(**) DESHAZNE, Compt. rend. Acad. des Sciences, Paris. Vol. 152, 1914.

(***) RÜCKETT J., Arch. f. Mikrosk. Anatomie. 1886.

che nel *Ciliato*, la minore quantità di sostanza nucleare in tutti gli individui, che, nel ciclo, derivano dal gamete maschile, ha influenza sul metabolismo, che è sempre meno attivo di quello osservato nelle forme derivate dal gamete femminile. La diversa attività non solo è dimostrata dalla velocità diversa della divisione dei micronuclei nel corso della coniugazione, ma anche dalla particolare partecipazione del micronucleo del gamete maschile alla vita sessuale del *Ciliato*, essendo esso destinato soltanto a trasformarsi in macronuclei, che hanno prevalente funzione trofica, dissolvendosi nel protoplasma (7).

Parte somatica e ciclo accessorio - Gametogeni impuri e gameti impuri - 1^a e 2^a coniugazione falsa - Diminuzione della sostanza nucleare e scambio dei nuclei residuali - Formazione di nuovi gametogeni puri e gameti puri atti a rinnovare il ciclo principale - Divisione eguale ed eliminazione di sostanza nucleare filiforme come nello sviluppo dei gameti del ciclo principale germinativo.

Gli individui, costituitisi dalla zona polare anteriore dei due *Individui misti*, sono forme impure, avendo l'apparato nucleare di 3 nuclei, in parte derivati dal gamete ♀, il micronucleo, in parte da quello ♂, i due macronuclei (fig. 1^a, n. 2 e 4). Tali individui sono gametogeni impuri, che, dividendosi, producono ciascuno due gameti impuri, dai quali si inizia un ciclo accessorio o somatico, diverso da quello avanti descritto, che è principale e germinativo (fig. 1^a, n. 5, 9, 7, 11).

I due gameti impuri, entrambi con micronucleo globuliforme, prima di copulare, possono dividersi, dando origine ad altri gameti impuri con micronucleo virgiforme, atti anche ad accoppiarsi. Delle due false coniugazioni, che compiono le due serie di gameti, solo la prima è fertile, essendo la seconda abortiva.

La coniugazione fra gameti della 1^a serie è falsa, in quanto con essa non si ha anfimissi, come nella vera coniugazione, ma un rimaneggiamento della sostanza nucleare. Difatti, come si vede nella fig. 3^a, nei n. 1, 2, 3, 4 e 5, i micronuclei si dividono due volte per mitosi, nella stessa unità di tempo, formando ciascuno 4 nuclei, dei quali 3 si dissolvono nel protoplasma (n. 5, r), avverandosi il fenomeno della diminuzione cromatica, che è da ritenere analogo a quello che il Hoyer, sebbene in forma diversa, descrisse nei blastomeri somatici, costituitisi anche al polo animale dell'embrione di *Acartis megaloccephala* (fig. 7).

Il nucleo superstite in ciascun gamete, portandosi al ponte protoplasmatico, compie una 3^a mitosi (n. 5) e dei due nuclei derivati uno si porta nell'opposto gamete, l'altro all'estremo posteriore per essere anche riassorbito (n. 6). Dopo tale stadio, i due individui si staccano (n. 7 e 8), procedendo ognuno allo sviluppo di nuovi gameti (n. 9 e 10), che sono simili a quelli del ciclo principale germinativo.

(7) Tal fatto potrebbe indurre ad indagare quale sia la funzione originaria del gamete maschile e perché si producano nuovi organismi, assoggettando le uova a stimoli chimici, fisici o di altra natura, senza unirsi con lo spermio.

Nei *Meteori* lo spermatozoo, all'atto della fecondazione, oltre a concorrervi con il nucleo, che, unito a quello dell'ovo, ha funzione prevalentemente ereditaria, stimola ed avvia i processi fisico-chimici necessari all'embriogenesi. Tale funzione verrebbe solo disimpegnata dal gamete maschile di *Cryptosphaera*, in quanto il micronucleo del gamete femminile, come risulta dal contesto di questo lavoro, provvede da solo alla trasmissione dei caratteri della specie ed alla loro continuità.

Come a parte fu rappresentato nella fig. 4^a, il processo, per la formazione della nuova serie di *gameti puri*, ha inizio dai due nuclei migrati, in quanto quello, che dal gamete ♀ è penetrato in quello ♂, si divide due volte per *mitosi* con *emissione di un filamento cromatico* (fig. 4, A), analogamente a quanto fu osservato nella produzione

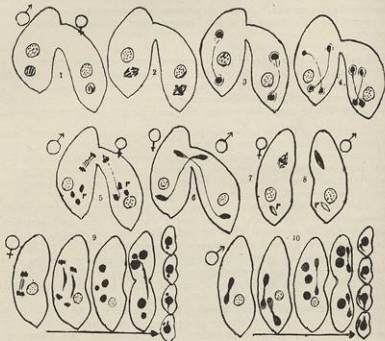


FIG. 3.

dei *gameti puri* dello stesso sesso nel *ciclo principale*, mentre per *amitosi*, senza eliminazione di sostanza nucleare, si divide anche due volte quello, che dal gamete ♂ è penetrato in quello ♀ (fig. 4^a, B). I 4 nuclei, così formati, si trasformano in 1 *micronucleo* e 3 *macronuclei* di uguale volume e variamente aggruppati in ciascuno dei due nuovi individui, detti *Gametogeni puri del ciclo accessorio* (fig. 4^a, a, b). Da essi derivano i nuovi *gameti puri*, a mezzo di un processo divisorio particolare, che fu detto *equale* per distinguerlo da quello *differenziale* degli *Individui misti* (*). Nella *divisione equale*, infatti, il *micronucleo* del *Gametogene femminile* della nuova formazione si divide per

(*) RUSSO A., *Divisione differenziale e divisione equale etc.* (con microfotografie). *Monitore Zoologico Italiano*. Firenze 1937.

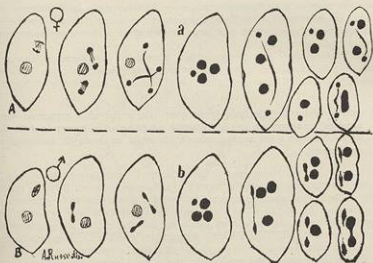


FIG. 4.

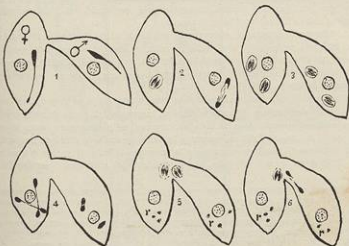


FIG. 5.

mitosi con emissione di un filamento cromatico, per *amitosi* quello del *Gametogene maschile*. I tre *macronuclei* si distribuiscono ugualmente nelle due divisioni successive per la formazione dei nuovi *gameti puri*, come chiaramente è rappresentato nella stessa figura 4*, nelle tre ultime fasi.

La 2ª *coniugazione falsa*, fra gameti con micronucleo virgoliforme, si arresta al momento dello scambio dei nuclei per attenuazione del potere germinativo, attestato dalla difficoltà che essi hanno a copulare (*) e dalle divisioni nucleari *atipiche* (fig. 5*).

Gli individui del ciclo principale (parte germinale) e del ciclo accessorio (parte somatica) compongono una individualità superiore - Collegamento delle due parti - Prevalenza del nucleo sessuale femminile ed analoghe manifestazioni nei Metazoi.

Gli individui, che compongono il ciclo vitale di *Cryptochilum cchini*, nel loro insieme, formano una individualità superiore, nella quale, come nei *Metazoi* e nei *Metastati* ed in forme protozuarie coloniali, si può distinguere una *parte germinale* ed una *somatica* (fig. 6*). La prima è composta dagli individui del *ciclo principale*, cioè dagli *Individui misti*, dai *Gametogeni puri* e dai *Gameti puri*, che danno origine alla *Coniugazione vera*, con la quale si ricostituiscono le forme adulte; la seconda dagli individui del *ciclo accessorio*, cioè dai *Gametogeni impuri* e dai *Gameti impuri*, che compongono una *coniugazione falsa* per ricostituire una nuova serie di *Gameti puri* (fig. 6*).

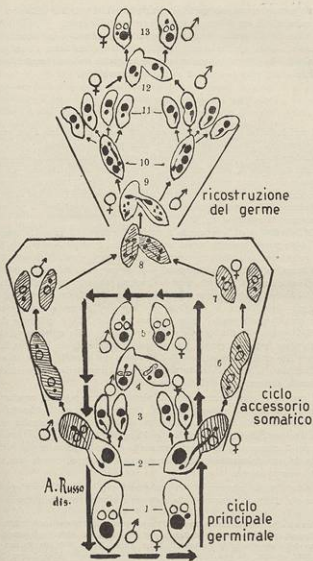
Le due parti sono legate fra loro dal nucleo germinativo, il *micronucleo* dei due *Individui misti*, che, compendosi la *divisione differenziale*, si ripartisce tra il *Gametogene puro*, dal quale ha inizio il *ciclo principale* (germinale), ed il *Gametogene impuro*, che inizia il *ciclo accessorio* (somatico).

A differenza di quanto si osserva nelle colonie di alcuni *Protozoi* e *Protofiti* (Volvocini ed altri), nelle quali i vari individui cellulari sono più o meno saldamente uniti fra loro, in *Cryptochilum* ogni individuo ha una propria individualità, potendo vivere a sé fino a che non trovi l'ambiente adatto a compiere la funzione particolare, cui è destinato nella vita collettiva.

L'insieme di tali individui costituisce una *individualità superiore*, una società sparsa, i cui soci trovano difficoltà a riunirsi, in quanto dall'esame di molte centinaia di preparati microscopici, non fu mai dato trovare, nello stesso oste, tutta la catena degli stadii dei due cicli. Il collegamento fu fatto seguendo le divisioni nucleari, che hanno permesso di riconoscere quale sia la sorgente delle forme *pure* e di quelle *impure*. Tale sorgente, si è già detto, è rappresentata dal *micronucleo del gamete fem-*

(*) Circa al valore biologico della *coniugazione falsa*, poichè ha per effetto la produzione di nuovi *gameti puri*, atti a rinnovare il ciclo principale e quindi ad assicurare maggiormente la continuità del ciclo biologico del *Ollista*, sotto altra forma, essa potrebbe trovare un confronto con il fenomeno di *endomitosi*, consistente nel rimaneggiamento della sostanza nucleare, osservato da Woodruff nelle culture di *Paramecium aurelia* (*Jonas exp. Zoology, 1911*) nel periodo della *senescenza*, che così potevano ringiovanirsi e riprendere il ritmo di riproduzione agamica.

Sia nell'uno sia nell'altro caso nulla si sa su la vera essenza dei due fenomeni, che solo i *Biostatici* ed i *Biochimici* potrebbero illuminare, indagando quali complessi molecolari (*enzimatici, ormonici, vitaminici, catalizzatori, plastici*, ecc.) ne dimostrino l'affinità o la diversità.



minile, che trasmette una sua parte al gamete maschile alla fine della vera coniugazione, al momento in cui si compie il differenziamento sessuale.

La prevalenza del gamete femminile, la sua indipendenza e la subordinazione di quello maschile sono manifestazioni normali nel *Ciliato*, che hanno riscontro in fenomeni analoghi dei *Metazoi*, particolarmente in quelli provocati artificialmente con mezzi diversi, fatti agire su le ova e su gli spermatozoi (14).

Conclusioni

1°) I vari individui di *Cryptochilum cokinii* formano una società i cui componenti vivono indipendenti, in stato diverso dello sviluppo della comunità.

2°) Analogamente a quanto si osserva in organismi pluricellulari, *Protozoi* e *Protofiti*, *Metazoi* e *Metafiti*, nella società di *Cryptochilum* si distinguono gli individui che compongono la parte germinale (ciclo principale) e quelli che compongono la parte somatica (ciclo accessorio). Le due parti hanno origine dagli *Individui misti*, i quali, con la divisione differenziale, formano dalla zona polare posteriore la germinale, da quella anteriore la somatica (fig. 6°).

3°) Gli *Individui misti*, contenendo i nuclei di entrambi i gameti e compiendo la divisione differenziale, possono essere omologati alla 1° cellula embrionale dei *Metazoi*, ma, poichè con tale divisione producono *Gametogeni* e quindi *Gameti*, è da ritenere essi cumulino la funzione di *ovogoni* e di *spermogoni*, dai quali s'inizia lo sviluppo dell'embrione nei *Metazoi*, secondo Brachet, e nel *Ciliato* quello della società.

4°) L'*Individuo misto* di sesso femminile ed i due *Gametogeni*, che da esso derivano, il puro o germinale, l'impuro o somatico, eliminano dal micronucleo in *mitosi*, sotto forma di un filamento, parte della sostanza nucleare, che è utilizzata dal protoplasma. Tale processo di eliminazione e di arricchimento della cellula sessuale femminile, sotto altra forma, si compie nell'*ovogonio* dei *Metazoi*, che, durante la maturazione, passa allo stadio di *ootocita* con la formazione dei *polociti* e con la successiva loro utilizzazione. L'*Individuo misto* maschile e le forme derivate non eliminano alcuna sostanza nucleare e si dividono per *amitosi*.

5°) I gameti, di sesso diverso, come in alcuni *Metazoi*, prima di copulare, differiscono per la quantità di sostanza nucleare, riferita ad 1 in quello femminile, ad 1/2 in quello maschile. Tale differenza induce una diversa attività metabolica negli individui dei due sessi, che in *Cryptochilum* è dimostrata nel corso della vera coniugazione, in cui il micronucleo del gamete femminile si divide due volte per *mitosi*, mentre quello del gamete maschile, nella stessa unità di tempo, compie una sola divisione con processo atipico.

6°) Le divisioni dei micronuclei dei due gameti, nel corso della vera coniugazione, non hanno per effetto la riduzione della sostanza nucleare, come fu ammesso per altri

(14) Notevoli quelli osservati da O. HEITWIG, Paula HEITWIG, G. HEITWIG (Arch. f. Mikrosk. Anat. 1912-1913), i quali, irradiando lo sperma di Echinodermi ed Anfibi, resi inattivi gli spermii, ottennero il fenomeno della *ginegesi*; da GONIEWSKI (Roux Archiv Entw. 1906), da BALZER (Arch. f. Zellforsch. 1910) ed altri, che, con le *fecondazioni eterogametie*, ottennero embrioni senza che vi prendessero parte i cromosomi del nucleo spermatico.

Ciliati, e ciò per il fatto che in *Cryptochilum* tale riduzione è già avvenuta nell'*Individui misti* e nei *Gametogeni*, che si dividono per formare i gameti prima della copula, come nella maturazione delle cellule sessuali dei *Metazoi* prima della fecondazione.

7° Alla fine della vera coniugazione, con la migrazione di uno dei nuclei, formati nel gamete femminile, dopo la 2° mitosi, e con la 3° mitosi, che esso compie dentro il gamete maschile, si ha il differenziamento sessuale, in quanto, mentre nel gamete femminile e negli individui, che da esso derivano, il micronucleo, formatosi dopo la 2° mitosi, è 1/4, nel gamete maschile, formatosi dopo la 3° mitosi, è 1/8, cioè l'uno la metà dell'altro, secondo la formula ♀ 1; ♂ 1/2 (Fig. 2°, 4 e 5).

8° La natura somatica degli individui, derivati dal polo anteriore degli *Individui misti*, è riconoscibile nel corso della falsa coniugazione, che compiono i gameti impuri. I micronuclei di tali gameti, a differenza di quelli puri, destinati alla vera coniugazione, si dividono, nello stesso tempo, 3 volte con processo mitotico, e dei nuclei derivati in ciascun gamete uno è superstito, che emigra nel gamete opposto, mentre gli altri si dissolvono nel protoplasma. In tal modo si compie il fenomeno della diminuzione cromatica, che, sebbene in forma diversa, è da ritenere analogo a quello descritto da Boveri nei blastomeri, formati al polo anteriore o animale dell'embrione.

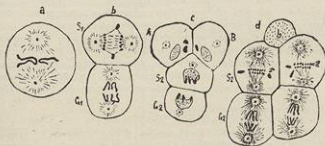


FIG. 7.

di *Ascaris megalocephala*, nei primi stadi della segmentazione, e destinati a formare le cellule del soma (Fig. 7).

9° I due nuclei superstiti dei gameti impuri, migrati nei gameti opposti, si dividono due volte nei due exconiuganti: per mitosi quello che dal gamete femminile è migrato in quello maschile, per amitosi quello maschile migrato nel gamete femminile, ciò che confermerebbe l'indipendenza funzionale della cromatina nucleare. I 4 nuclei derivati si trasformano in un micro e tre macronuclei, questi ultimi uguali fra loro e variamente disposti, a differenza dell'apparato nucleare degli *Individui misti*, anch'esso composto di 4 nuclei, che hanno posizione fissa e predefinita (Fig. 4°).

10° Gli individui, costituitisi dopo la falsa coniugazione, sono detti *Gametogeni puri del ciclo accessorio*, sia per l'origine unitaria dei loro nuclei, sia perchè da essi

si produce una nuova serie di *gameti puri*, atti a rinnovare il ciclo principale germinativo (fig. 4*, a, b).

11*) La natura germinale dei *Gametogeni del ciclo accessorio* viene attestata dal fatto che essi, nel costituirsi e nel dividersi per formare i nuovi *gameti puri*, ripetono i fenomeni nucleari, che si osservano nella produzione di uguali gameti dal polo posteriore vegetativo degli *Individui misti*. Difatti, anche il micronucleo del *Gametogene del ciclo accessorio*, che darà origine alla nuova serie di gameti femminili, si divide per mitosi con emissione di sostanza nucleare sotto forma di un filamento, che si rende indipendente e si dissolve nel protoplasma, mentre il micronucleo di quello, che darà origine a gameti maschili, si divide per amitosi (fig. 4*, a, b).

12*) L'identità dei fenomeni, che si osservano nelle divisioni dei micronuclei per la formazione dei *gameti puri*, sia nel ciclo principale germinativo, sia nel ciclo accessorio-somatico, dimostra, in mancanza di una prova sperimentale, che le cellule somatiche possono dare origine ad elementi riproduttivi.

13*) Tra le figure di divisione dei micronuclei, descritte nelle due coniugazioni false, possono scegliersi gli stadi che, oltre 50 anni fa (1889), servirono al MAUPAS per rappresentare in *Paramecium caudatum* le fasi divisorie dei micronuclei dei due gameti in copula. Come è noto, analogamente a quanto era stato osservato nelle cellule sessuali dei *Metazoi*, tali fasi avrebbero dovuto riprodurre il fenomeno della riduzione della sostanza nucleare per la formazione delle cellule sessuali mature, atte alla fecondazione, fenomeno che nei *Ciliati* condurrebbe alla formazione di due nuclei sessualmente diversi, il migrante maschile, il permanente femminile.

In *Cryptochilum* la stessa rappresentazione si ha allineando le figure 1, 2, 3, 4 e 6 della 1ª coniugazione falsa (fig. 3*) e le figure 5 e 6 della 2ª coniugazione falsa (fig. 5*), le quali non riguardano la riduzione maturativa degli elementi sessuali, ma la diminuzione cromatica, denominazione data da Herla nel 1895 al particolare fenomeno di eliminazione di cromatina dai blastomeri, destinati allo sviluppo delle cellule del soma (*).

Catania. — Istituto di Zoologia dell'Università, 1948.

(*) L. DÄN [Arch. f. Protistenk., (1900)], seguendo MAUPAS, H. HERWIG, C. HAMBURGER ed altri autori, ricostruì anche in *Cryptochilum echini* le fasi di una sola coniugazione, conforme a quella descritta dai predetti Zoologi; ciò che, tenendo presente i fatti riassunti in questa Nota, non è esatto e conferma quanto ho rilevato 30 anni or sono (Cfr. NATURA, Rivista di Scienze Naturali, Pavia 1918) su la necessità di una revisione dei processi di Coniugazione nei *Ciliati*, diffusi e variazionati nei Trattati di Zoologia.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

Fig. 1. - 1) *Individuo misto femminile*; 2) una divisione differenziale con emissione di sostanza nucleare sotto forma di un filamento durante la mitosi; 3) *Individuo misto maschile*; 4) una divisione differenziale per amitosi senza emissione di sostanza nucleare. *Gametogeni* derivati dalla divisione differenziale degli *Individui misti*; 5 e 6) derivati dall'Im. femminile; 7 e 8) da quello maschile. Divisione dei *Gameta-*

geni e formazione dei *gameti femminili* (9 e 10) con emissione di sostanza nucleare, e dei *maschili* (11 e 12) senza emissione. (Massimo diametro degli *Individui misti* μ 122,10 - minimo μ 75,48. Gli *Individui*, che da essi derivano, hanno relativamente minore dimensione).

Fig. 2. - Stadi della Coniugazione vera fra *gameti puri*. 1-2) Prima divisione, il micro-

nucleo del gamete femminile si divide per *mitosi*, quello del gamete maschile per *divisione atipica*; 2) Nella stessa unità di tempo, il micronucleo del gamete femminile compie la seconda *mitosi*, mentre quello del gamete maschile, completa la prima *divisione atipica*; 3) Migrazione dei nuclei; 4) Uno dei quattro nuclei del gamete femminile, migrato nel gamete maschile, compie la terza *mitosi* per formare il macro ed il micronucleo dell'*Individuo misto maschile*. I due nuclei, formati per *divisione atipica* nel gamete maschile, dividendosi entrambi stipeamente, formano ciascuno due micronuclei, che completano l'apparato nucleare dei due *Individui misti*.

Fig. 3. - Stadi della *Contigazione falsa* fra gameti impuri e ricostruzione di una nuova serie di gameti puri. 1-2-3-4) Stadi successivi di due divisioni mitotiche dei micronuclei dei gameti; 5) *Diminuzione cromatica* per degenerazione di tre nuclei in ciascun gamete e divisione del nucleo supersuliti; 6) Scambio dei nuclei; 7-8) Excoinganti e riassorbimento dei nuclei al polo posteriore; 9) Excoingante femminile il cui nucleo si divide per *mitosi* con emissione di sostanza sotto forma di un filamento cromatico, formazione del *gametogene puro* o sua divisione con emissione di altro filamento per formare 4 *gameti puri* femminili; 10) Excoingante maschile che, per *divisione amitotica*, forma il *Gametogene puro* e 4 *gameti puri* maschili.

Fig. 4. - Divisione degli excoinganti, formati dopo la prima *contigazione falsa*, come nella fig. 3. A, excoingante femminile, il cui nucleo si divide per *mitosi* con eliminazione di sostanza nucleare sotto forma di un filamento; B, excoingante maschile, il cui nucleo si divide per *amitosi*; a) *Gametogene puro* femminile e successiva divisione eguale per la produzione dei *gameti puri* femminili; b) *Gametogene puro* maschile o successiva divisione eguale per la produzione dei *gameti puri* maschili.

Fig. 5. - Stadi della seconda *contigazione falsa* abortiva fra gameti con micronucleo virgiforme. (2-3-4) *divisione atipica* del micro-

nuclei, alcuni dei quali simulano l'unione di due nuclei; (5) *divisione atipica* dei nuclei migrati, ritenuta fusione di due nuclei di sesso diverso; 6) stadio successivo, in cui uno dei nuclei si divide per slittamento dei due fusi; 7) resti dei nuclei eliminati per il fenomeno della *diminuzione cromatica*.

Fig. 6. - Rappresentazione degli *Individui* che compongono il ciclo evolutivo di *Cryptochilum echini*, distinto in una *parte germinale* (ciclo principale) ed in una *parte somatica* (ciclo accessorio). I nuclei in nero sono derivati dal gamete femminile, quelli in bianco dal maschile. I nuclei femminili, trasmettendosi dall'uno all'altro individuo, stabiliscono il collegamento fra la *parte germinale* e la *parte somatica*. 1) *Individui misti*, maschile (σ^m) e femminile (σ^f); 2) loro divisione differenziale; 3) gameti puri derivati dal *polo posteriore-germinativo*; 4) Stadio finale della vera *contigazione*; 5) nuovi *Individui misti*; 6) divisione dei Gametogeni impuri, originati dal *polo anteriore-somatico* degli *Individui misti*, dai quali ha inizio il *ciclo accessorio*; 7) gameti impuri; 8) prima *contigazione falsa*; 9) *diminuzione cromatica* e scambio dei nuclei; 10) *Gametogeni puri* ricostituiti dopo la *falsa contigazione*; 11-12) *Gameti puri* derivati, che compiono la nuova vera *contigazione*; 13) nuovi *Individui misti*.

Fig. 7. - a) Ovo fecondato di *Ascuria megaloccephala ussuriensis*; b) divisione dei due primi blastomeri; in quello al polo superiore, che darà origine alle cellule somatiche, il nucleo in *mitosi* elimina parte dei cromosomi, in quello al polo inferiore, che origina le cellule germinali, il cui nucleo conserva i cromosomi astriformi, non elimina alcuna sostanza; c) forma a T dell'embrione, i due blastomeri A e B, somatici, hanno i nuclei a riposo e mostrano i corpi cromatici eliminati nel processo di *diminuzione cromatica*; S_2 comprà la seconda divisione somatica, G_2 la seconda divisione germinale; d) stadio a 4 blastomeri di ovo centrifugato, S_2 blastomeri somatici con emissione di sostanza nucleare per la *diminuzione cromatica*, G_2 blastomeri germinali; b) residuo isolato di protoplasma. (da Boerer).