

Rosa Castaldo

**Ricerche sull'ultrastruttura
del *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler
dei Campi Flegrei (Napoli). ***

Il *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler è un'interessante alga unicellulare, termo-acidofila, che vive in ambienti caratterizzati da fenomeni di vulcanismo secondario. Pertanto le stazioni naturali in cui cresce presentano, come caratteristiche ecologiche dominanti, temperature elevate ed insieme forte acidità del substrato, come è stato osservato da vari AA. (COPELAND, 1936; HIROSE, 1950; BROCK, 1967 a, 1967 b; RIGANO & CONFORTI, 1967) e confermato dalle ricerche di laboratorio eseguite da FUKUDA (1958), ALLEN (1959), ASCIONE, SOUTHWICK & FRESCO (1966), RIGANO (1967), RIGANO & TADDEI (1967).

Il *Cyanidium caldarium* deve considerarsi, inoltre, un'alga cosmopolita, ad areale disgiunto, in quanto è diffusa nel continente asiatico (Giappone, Giava, Sumatra), in quello americano (Yellowstone Park, Martinica) ed in Europa (Campi Flegrei, nei dintorni di Napoli; RIGANO, 1965).

La sua posizione sistematica è da molti anni in discussione ed i pareri in proposito sono quanto mai incerti e contrastanti. Il *Cyanidium*, infatti, è stato incluso dai vari AA. ora tra le Cyanophyta, ora tra le Cryptophyta (LEWIN, 1961), le Rhodophyta, le Chlorophyta. Lo stesso HIROSE, dopo averlo classificato, nel 1950, tra le Chlorophyta (*Chlorella caldaria*), successivamente, nel 1958, in base ad ulteriori osservazioni di carattere fisiomorfo-

(*) Lavoro eseguito con un contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, nell'ambito del Comitato Biologia e Medicina, Gruppo « Ecologia », presso l'Istituto Botanico dell'Università di Napoli (Facoltà di Scienze).

logico, ne rivide la posizione sistematica, assegnandolo alle Rhodophyta col nome di *Rhodococcus caldarius*.

Questa disparità di opinioni non è stata eliminata neppure dai dati forniti dalle ricerche di microscopia elettronica sul *Cyanidium*. Infatti le osservazioni di ROSEN & SIEGESMUND (1961) ed ancor più quelle di MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962), su materiale proveniente dallo Yellowstone Park, avendo accertato la presenza di un nucleo morfologicamente definito e di organi citoplasmatici, hanno permesso di concludere soltanto che il *Cyanidium caldarium* non poteva essere ascritto alle Cyanophyta, come avevano suggerito in precedenza vari autori.

In definitiva, quindi, neanche l'acquisizione di queste conoscenze ultrastrutturali, venutesi ad aggiungere a quelle fisiologiche, ha consentito di dare una precisa collocazione sistematica al *Cyanidium*, presentando questo un complesso di caratteri tali, da farlo rassomigliare a gruppi diversi di alghe.

Nell'esaminare, perciò, al microscopio elettronico le caratteristiche morfologiche del *Cyanidium caldarium* dei Campi Flegrei mi sono proposta tre scopi:

- 1°) ricercare eventuali, ulteriori elementi che possano portare ad una migliore conoscenza dell'organizzazione cellulare del *Cyanidium* e, quindi, al chiarimento della sua posizione sistematica;
- 2°) approfondire lo studio di alcuni interessanti aspetti ultrastrutturali del *Cyanidium*, come, ad esempio, quello del cloroplasto con membrana limitante semplice;
- 3°) condurre, sulla base dei dati riportati da ROSEN & SIEGESMUND (1961) e da MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962) per il *Cyanidium* americano, uno studio comparato tra il ceppo dei campi Flegrei e quello dello Yellowstone Park.

MATERIALE E METODO

Il materiale, proveniente dai terreni fumarolici acidi dei Campi Flegrei, è stato fissato con una soluzione, non tampinata, di KMnO_4 al 2 %, per 1 h a 4° C.

Dopo lavaggio in acqua bidistillata, si è proceduto alla disidratazione con una serie di alcoli etilici a concentrazione crescente e, quindi, alla inclusione in Epon 812.

I blocchetti sono stati sezionati con un ultramicrotomo Ultrotome III della LKB.

Per le osservazioni e le fotografie delle sezioni, contrastate con acetato di uranile e citrato di piombo, si è utilizzato un microscopio elettronico Siemens Elmiskop 1A.

OSSERVAZIONI

Il *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler dei Campi Flegrei è un'alga unicellulare sferica con un diametro che oscilla tra 6 ed 8,5 μ (Fig. 1 e Tavv. I e II). Le sue dimensioni, quindi, superano quelle del *Cyanidium* dello Yellowstone Park (3-5 μ).

Le mie osservazioni al microscopio elettronico hanno rivelato, strettamente aderente al plasmalemma, una parete non omogenea, che presenta uno spessore complessivo di circa 0,2 μ ed è costituita di due strati: uno esterno (0,03-0,04 μ), più denso agli elettroni ed uno interno (0,12-0,17 μ), più trasparente (Tavv. II, A e III, A).

Una parte notevole della cellula è occupata da un unico cloroplasto, privo di pirenoide. Esso ha la forma di una coppa dai margini lobati (nelle mie microfotografie si possono contare fino a 4-5 lobi), facilmente ricostruibile facendo osservazioni in serie (Tavv. II, A, B e III, A). Questo cromatoforo accoglie, nella sua concavità, il nucleo o, più spesso, il vacuolo (Tav. II, A, B). ROSEN & SIEGSMUND (1961), invece, osservando evidentemente sezioni passanti attraverso i lobi del bordo, riferiscono di un cloroplasto a forma di salsiccia ricurva (« sausage-shaped »).

È molto interessante notare che *il cloroplasto è provvisto di una membrana limitante semplice*, che io ho trovato dello spessore di circa 85 Å (Tav. III, A, B, C, D). Questo particolare, già messo in evidenza da ROSEN & SIEGSMUND (1961) per il *Cyanidium* dello Yellowstone Park, non è stato finora mai segnalato

nelle altre alghe, né tanto meno nelle piante superiori (SCHÖTZ & DIERS, 1965; KIRK & TYLNEY-BASSETT, 1967; SIRONVAL, 1967). Per il resto il cloroplasto risponde alle caratteristiche di quelli di tipo lamellare. È costituito, infatti, di ampi tilacoidi paralleli, immersi in un denso stroma e distanti tra loro circa 750 Å. Nel

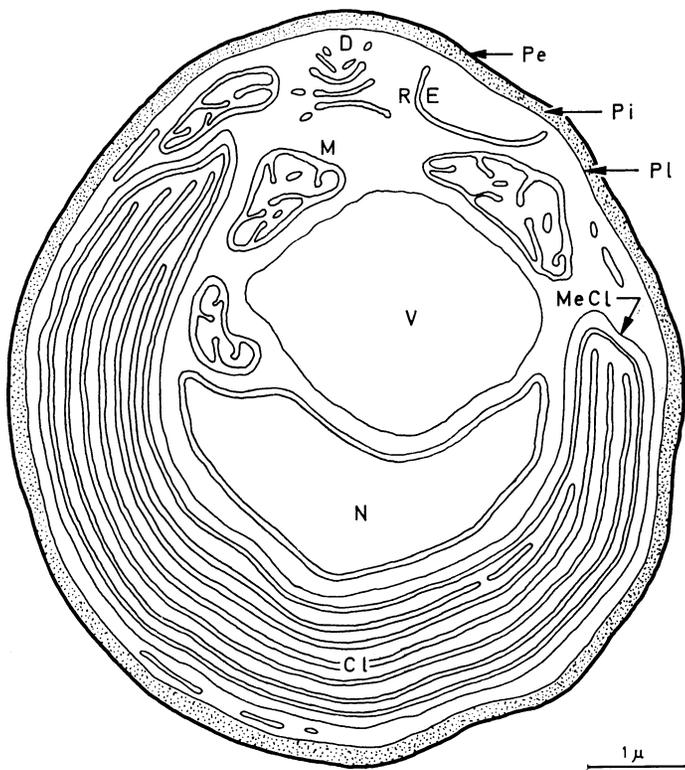


Fig. 1. — Disegno schematico di una cellula adulta di *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler.

Cl: cloroplasto; D: dictiosomi; M: mitocondrio; MeCl: membrana del cloroplasto; N: nucleo; Pe: strato esterno della parete; Pi: strato interno della parete; Pl: plasmalemma; RE: reticolo endoplasmatico; V: vacuolo.

corso delle mie osservazioni ho potuto constatare, inoltre, che le lamelle situate immediatamente al di sotto della membrana limitante si dispongono parallelamente a quest'ultima e si chiudono costantemente a formare una sorta di doppia membrana,

che circonda tutti gli altri tilacoidi. Solo in alcune sezioni, fatte a livello dei lobi del cloroplasto, ho avuto modo di osservare non uno, ma due strati di tilacoidi concentrici, situati immediatamente al di sotto della membrana limitante il cloroplasto e racchiudenti tutto il rimanente sistema lamellare. Questa disposizione dei tilacoidi ricorda molto da vicino quella dei cloroplasti delle Rhodophyta (KIRK & TYLNEY-BASSETT, 1967; MORRIS, 1967), dai quali, però, il plastidio di *Cyanidium* differisce sostanzialmente per la presenza di un involucro limitante semplice.

Il citoplasma è generalmente spinto alla periferia della cellula dall'unico grosso cloroplasto a coppa, nella cui concavità, come ho riferito precedentemente, sono alloggiati il vacuolo o, talvolta, il nucleo.

Nel citoplasma ho potuto osservare pochi mitocondri (4-5 per sezione), con un sistema di creste abbastanza sviluppato ed, inoltre, chiaramente riconoscibili, in alcune sezioni, anche se poco abbondanti, il reticolo endoplasmatico ed i dictiosomi (Tav. III, A, B, E). Questi ultimi, la cui assenza veniva sottolineata sia da ROSEN & SIEGESMUND (1961) che da MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962), presentano scarse vescicole e sono costituiti da non più di 4-5 cisterne sovrapposte.

Nelle mie osservazioni al microscopio elettronico non ho, finora, mai riscontrato amido o altro materiale di riserva, né nel cloroplasto, né in seno al citoplasma fondamentale.

Il *Cyanidium* dei Campi Flegrei si riproduce per endospore, come il ceppo americano. Mentre, però, per quest'ultimo vengono segnalate al massimo otto endospore, in quello dei Campi Flegrei io ne ho, in più sezioni, contate fino a tredici, il che fa supporre la presenza anche di trentadue endospore (Tav. V, A, B).

Le cellule madri di queste ultime sono facilmente riconoscibili al microscopio elettronico per le notevoli dimensioni, ma soprattutto perché, quando si preparano alla formazione delle endospore, subiscono particolari trasformazioni dei loro organuli. Si ha, infatti, una frammentazione del cloroplasto, preceduta dalla rottura dei tilacoidi, che appaiono molto più brevi e non più ordinatamente paralleli. Contemporaneamente i

mitocondri mostrano una matrice più densa, un sistema di creste più complesso ed, aumentando di volume, assumono caratteristiche forme allungate, che preludono alla loro scissione (Tav. IV, A, B).

Interessante è notare come in questo stadio tali mitocondri aderiscano ai frammenti del cloroplasto in divisione (Tav. IV, C, D). Ciò è in rapporto con la rottura e la successiva ricostituzione del sistema lamellare. Entrambi questi processi, infatti, richiedono un notevole consumo di energia.

Inoltre, durante la formazione delle endospore, è possibile osservare un aumento del reticolo endoplasmatico e dei dictiosomi, ovviamente in relazione alla formazione del fragmoplasto e della parete delle nuove cellule (Tav. IV, A).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Queste mie prime osservazioni sulla morfologia ultrastrutturale del *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler dei Campi Flegrei mi hanno consentito di rilevare i seguenti caratteri:

a) Una spessa parete costituita, almeno per quanto riguarda la opacità agli elettroni, di due strati ben netti e di diverso spessore.

Questo particolare risulta evidente anche nelle microfotografie di ROSEN & SIEGESMUND (1961) e di MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962). Non si comprende, perciò, la ragione per la quale i primi non ne facciano alcun cenno nel testo ed i secondi riferiscano soltanto di una parete cellulare omogenea.

b) Un nucleo, morfologicamente definito, caratterizzato dalla presenza di molti lobi (Tav. III, A).

c) Un cloroplasto lamellare circondato da una membrana limitante semplice. Questo importante aspetto ultrastrutturale, già notato da ROSEN & SIEGESMUND (1961) nel *Cyanidium* dello Yellowstone Park, appare anche nelle microfotografie pubblicate da MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962).

La presenza di una membrana limitante semplice, finora mai riscontrata nei cloroplasti delle altre alghe e delle piante superiori, ha, a mio giudizio, un'importanza ontogenetica e filogenetica notevolissima, in quanto farebbe supporre, per il cloroplasto di *Cyanidium*, un'origine diversa da quella proposta da FREY-WISSLING & MÜHLETHALER (1965) per i plastidi di tutti i vegetali. Infatti, l'ipotesi che i plastidi e i mitocondri si originerebbero entrambi da vescicole formatesi in seguito ad estroflessioni della doppia membrana nucleare non può ovviamente essere accettata per un cromatoforo con membrana limitante semplice.

d) Pochi mitocondri che, a differenza di quanto affermato da ROSEN & SIEGESMUND (1961) e da MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962), sono sempre facilmente riconoscibili, poiché in essi appare chiaramente sia la doppia membrana limitante, che il sistema di creste.

e) Uno scarso reticolo endoplasmatico ed un grosso vacuolo.

f) La presenza di dictiosomi, negata, finora, sia da ROSEN & SIEGESMUND (1961), sia da MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962). Questi ultimi autori, anzi, avevano addirittura considerato la assenza dei dictiosomi come una delle caratteristiche differenziali tra *Cyanidium* e *Chlorella*.

g) La mancanza, nel cloroplasto e nel citoplasma, di amido o di altro incluso di riserva. Ciò non esclude, però, che potrebbero essere presenti dei polisaccaridi non osservabili al microscopio elettronico, per la loro solubilità. Per cui, almeno per il momento, non esito a condividere l'ipotesi di HIROSE (1958). Questi, in proposito, osservando i cambiamenti di colore (rosso, rosso vino, rosso bruno) delle cellule di *Cyanidium* trattate con i reagenti allo iodio, suppone la presenza di un polisaccaride solubile, che, per la colorazione che assume, può ritenersi chimicamente molto vicino all'amido delle Florideae, al glicogeno, o alle destrine.

I suddetti caratteri, da me osservati nel *Cyanidium* dei Campi Flegrei, si riscontrano anche in quello americano. Le uniche differenze tra i due ceppi sono:

1) Le dimensioni leggermente maggiori delle cellule (6 - 8,5 μ contro 3 - 5 μ del ceppo americano).

2) Il numero delle endospore, per ogni cellula madre: fino a trentadue nel ceppo napoletano, non più di otto in quello dello Yellowstone Park.

* * *

In conclusione queste mie osservazioni, confrontate con quelle di ROSEN & SIEGESMUND (1961) e di MERCER, BOGORAD & MULLENS (1962), mi hanno permesso di:

a) confermare alcune caratteristiche già segnalate per il *Cyanidium* dello Yellowstone Park, come, ad esempio, la presenza di un unico cloroplasto lamellare, circondato da una membrana limitante semplice; di pochi mitocondri con un sistema di creste piuttosto semplice; di scarso reticolo endoplasmatico;

b) accertare, tra l'altro, l'esistenza dei dictiosomi;

c) condividere l'ipotesi di HIROSE (1958), circa la presenza, quale prodotto di riserva, di un polisaccaride solubile, chimicamente molto vicino all'amido delle Florideae, al glicogeno, o alle destrine.

Tali caratteri sono tutti tipici di un'organizzazione cellulare completa, ma relativamente semplice, in base alla quale, a mio giudizio, il *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler andrebbe incluso in un gruppo di eucariotiche molto primitive, che potrebbe comprendere forme intermedie tra le *Cyanophyta* e le *Rhodophyta*.

Nel corso di queste mie ricerche, inoltre, ho avuto modo di osservare, insieme col *Cyanidium*, un organismo unicellulare

molto piccolo (3μ circa) che, almeno per il momento, non mi risulta essere stato mai segnalato (Tavv. I e VI).

Le sue caratteristiche ultrastrutturali, ad una prima indagine, sono:

1) Una forte somiglianza col *Cyanidium*, anche se con una organizzazione cellulare ancor più primitiva.

2) Un cloroplasto con membrana limitante semplice e con caratteri tali da ricordare le « Cianelle » simbiotiche.

3) Un unico mitocondrio, così come si può stabilire da sezioni in serie.

L'interesse destato da queste prime osservazioni mi ha indotto ad approfondire lo studio di questa forma, per poterne dare una precisa interpretazione in un prossimo lavoro.

RIASSUNTO

Vengono riportate le prime osservazioni sulla morfologia ultrastrutturale del *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler dei Campi Flegrei.

Questa interessante alga unicellulare, termo-acidofila, presenta: a) una spessa parete cellulare, costituita di due strati ben netti e di diverso spessore; b) un nucleo morfologicamente definito; c) un cloroplasto lamellare, privo di pirenoide, circondato, come già osservato da ROSEN & SIEGESMUND (1961), da una membrana limitante semplice; d) pochi mitocondri con un sistema di creste piuttosto semplice; e) uno scarso reticolo endoplasmatico; f) un grosso vacuolo. È stata, inoltre, rilevata per la prima volta l'esistenza dei dictiosomi.

Per le suddette caratteristiche morfologiche il *Cyanidium* dei Campi Flegrei è molto simile a quello dello Yellowstone Park. Le uniche differenze riscontrate tra i due ceppi sono: 1) le dimensioni leggermente maggiori delle cellule (6-8,5 μ contro 3-5 μ del ceppo americano); 2) il numero di endospore, per ogni cellula madre: fino a trentadue nel ceppo napoletano, non più di otto in quello dello Yellowstone Park.

I dati sopraindicati, e soprattutto la conferma della presenza di un cloroplasto lamellare con membrana limitante semplice, rivelano, anche per il ceppo dei Campi Flegrei, un'organizzazione cellulare completa, ma relativamente semplice, in base alla quale l'autore suggerisce l'ipotesi che il *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler vada incluso in un gruppo di eucariotiche molto primitive, che potrebbe comprendere forme intermedie tra le Cyanophyta e le Rhodophyta.

Viene, infine, segnalata la presenza, nel materiale esaminato, di un altro organismo unicellulare, molto piccolo (3 μ circa), che, per lo meno ad una prima indagine, non risulta essere stato mai descritto. Un'interpretazione delle sue particolari ed interessanti caratteristiche ultrastrutturali, tra le quali un cloroplasto che ricorda le « Cianelle » simbiotiche, sarà data in un prossimo lavoro.

SUMMARY

Some first observations on ultrastructural morphology of *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler growing at Campi Flegrei are reported.

This interesting unicellular alga present: a) a thick cell wall, consisting of two distinct layers of different thickness; b) a morphologically well defined and multilobed nucleus; c) a lamellar chloroplast, without pyrenoid, bounded by a single limiting membrane, as described by ROSEN & SIEGESMUND (1961); d) a few mitochondria with an almost elementary system of cristae; e) a scanty endoplasmic reticulum; f) a large vacuole. The presence of Golgi bodies in this alga has been shown for the first time.

For such morphological characteristics the *Cyanidium* growing at Campi Flegrei is closely similar to the Yellowstone Park one. The only differences between the two strains are: 1) the slightly larger size of the cells (6-8,5 μ versus 3-5 μ of the American strain); 2) the number of endospores for each mother cell — up to 32 in the Neapolitan strain; no more than 8 in the Yellowstone Park one —.

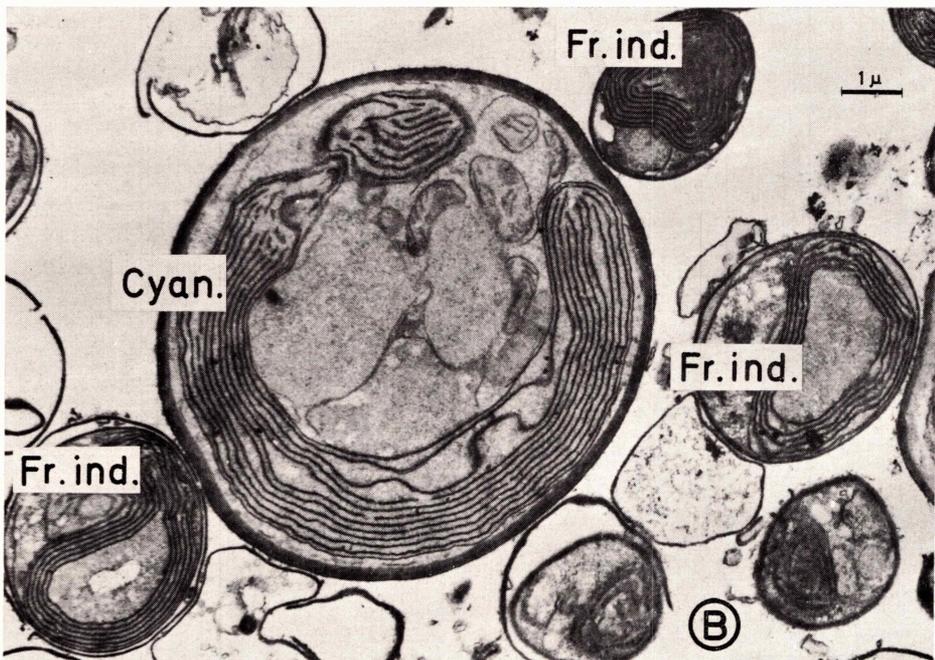
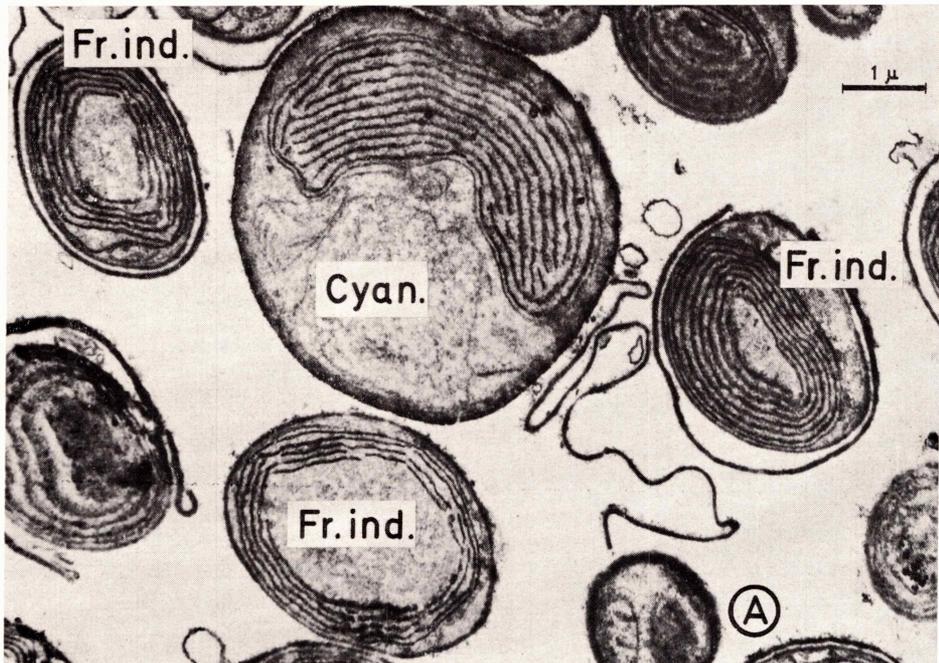
The above data, and chiefly the ascertained presence of a lamellar chloroplast with a single limiting membrane, show a complete but relatively simple cellular organization also for the Campi Flegrei strain. On the basis of these characteristic the author suggests that the *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler could be grouped with some very primitive eucaryotic algae, which could include intermediate forms between Cyanophyta and Rhodophyta.

Finally the paper reports on a very small unicellular organism — 3 μ about — which the author came across when examining the material and which does not seem to have been described as yet. An interpretation of its particular and interesting ultrastructural characteristics — among which a chloroplast reminding the symbiotic « Cianellae » — will be given in a future work.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, M. B., 1959. *Studies with Cyanidium caldarium, an anomalously pigmented chlorophyte*. Arch. Mikrobiol., **32**: 270-277.
- ASCIONE, R., W. SOUTHWICK & J. R. FRESCO, 1966. *Laboratory culturing of a thermophilic alga at high temperature*. Science, **153**: 752-755.
- BROCK, T. D., 1967a. *Micro-organisms adapted to high temperatures*. Nature, **214**: 882-885.
- , 1967b. *Life at high temperatures*. Science, **158**: 1012-1019.
- COPELAND, J. E., 1936. *Yellowstone thermal Myxophyceae*. Ann. New York Acad. Sci., **36**: 72.
- FREY-WISSLING, A. & K. MÜHLETHALER, 1965. *Ultrastructural plant cytology*: 227-229. Amsterdam.
- FUKUDA, I., 1958. *Physiological studies on a thermophilic blue-green alga Cyanidium caldarium Geitler*. Bot. Mag., **71**: 79-86.
- HIROSE, H., 1950. *Studies on a Thermal Alga, Cyanidium caldarium*. Bot. Mag., **63**: 107-111.
- , 1958. *Rearrangement of the Systematic Position of a Thermal Alga, Cyanidium caldarium*. Bot. Mag., **71**: 347-352.
- KIRK, J. T. O. & R. A. E. TYLNEY-BASSETT, 1967. *The Plastids*: 37-47. London.
- LEWIN, R. A., 1961. *Cyanidium caldarium — a Cryptococcalean?*. Phycological News Bulletin, **14**.
- MERCER, F. V., L. BOGORAD & R. MULLENS, 1962. *Studies with Cyanidium caldarium. I. The fine structure and systematic position of the organism*. Journ. Cell. Biol., **13**: 393-403.
- MORRIS, I., 1967. *An introduction to the Algae*: 133. London.
- RIGANO, C., 1965. *Presenza dell'alga unicellulare Cyanidium caldarium (Tilden) Geitler nei terreni fumarolici dei Campi Flegrei e di Ischia (Napoli)*. Delpinoa, n.s., **6-7**: 277-284.
- , 1967. *Azione del trattamento termico e del pH sull'attività di un enzima (nitrato riduttasi) estratto da Cyanidium caldarium (ceppo Pozzuoli), alga acidofila e termale*. Delpinoa, s.s., **8-9**: 75-83.
- & T. CONFORTI, 1967. *Ecologia e distribuzione dell'alga unicellulare Cyanidium caldarium (Tilden) Geitler nei Campi Flegrei (Napoli)*. Delpinoa, n.s., **8-9**: 1-11.

- & R. TADDEI, 1967. *Estrema acido-resistenza dell'alga Cyanidium caldarium (Tilden) Geitler vivente alla Solfatarata di Pozzuoli (Napoli)*. Delpinoa, n.s., **8-9**: 57-63.
- ROSEN, W. G. & K. A. SIEGESMUND, 1961. *Some observations on the fine structure of a thermophilic, acidophilic alga*. Journ. Biophys. Biochem. Cytol., **9**: 910-914.
- SCHÖTZ, F. & L. DIERS, 1967. *Differentiation processes within the limiting double membrane of the chloroplasts*. In: «Le Chloroplaste» di C. SIRONVAL: 21-29. Paris.
- SIRONVAL, C., 1967. *Le Chloroplaste*: 21-29. Paris.

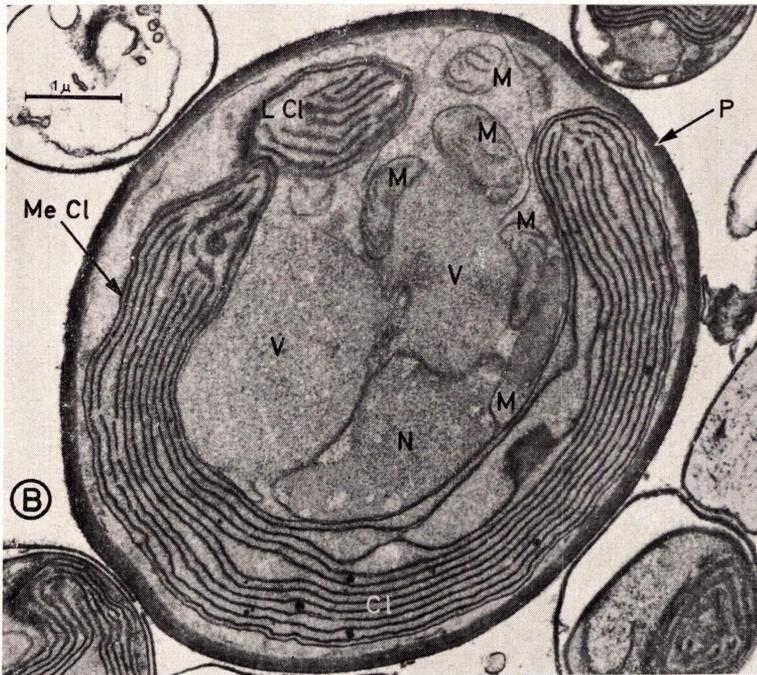
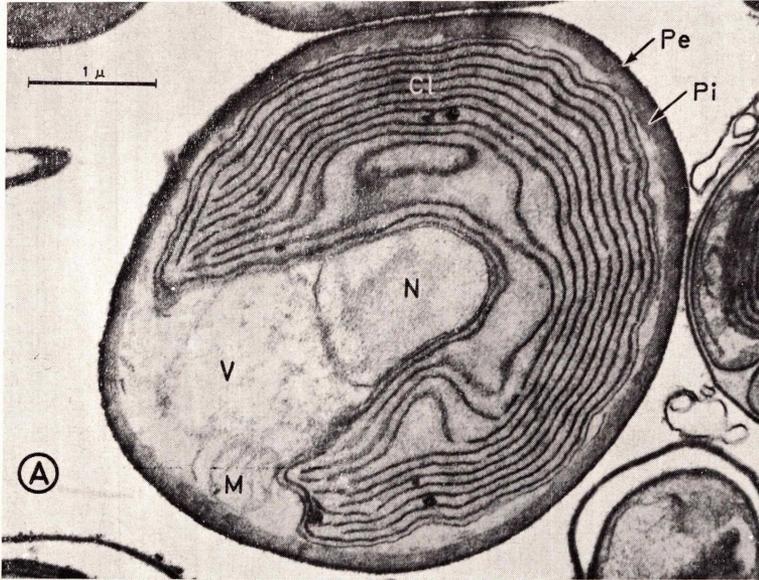


A: Cellula giovane di *Cyanidium caldarium* con altra forma non ancora determinata.

B: Cellula adulta di *Cyanidium caldarium* con altra forma non ancora determinata.

Cyan.: *Cyanidium caldarium*; Fr. ind.: forma indeterminata.

R. CASTALDO: *Ricerche sull'ultrastruttura del Cyanidium caldarium etc.*



A: Cellula giovane di *Cyanidium caldarium*. Si noti l'unico grosso cloroplasto a coppa, nella cui concavità sono alloggiati il nucleo ed il vacuolo.

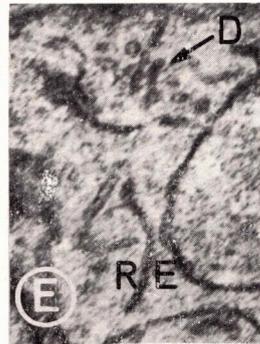
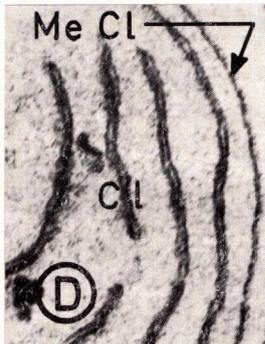
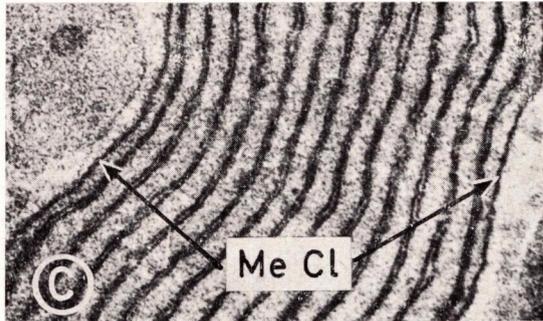
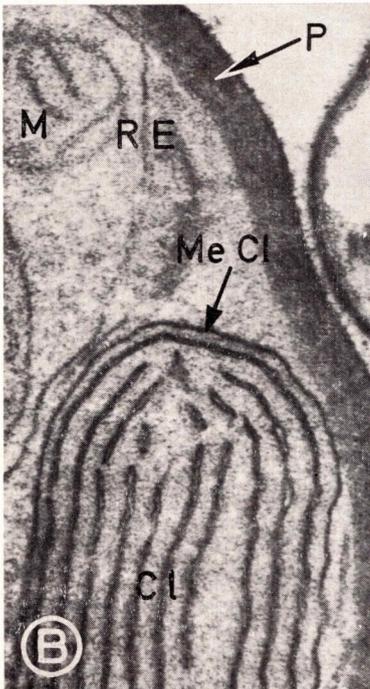
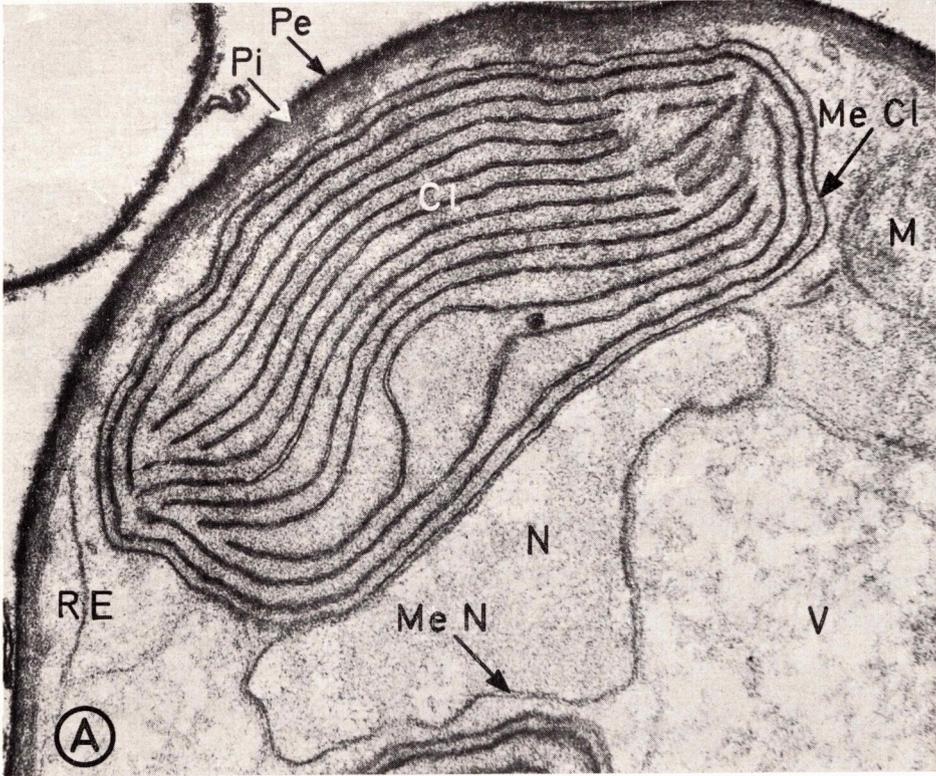
B: Cellula adulta di *Cyanidium caldarium*. È ben evidente uno dei lobi dell'unico cloroplasto a coppa.

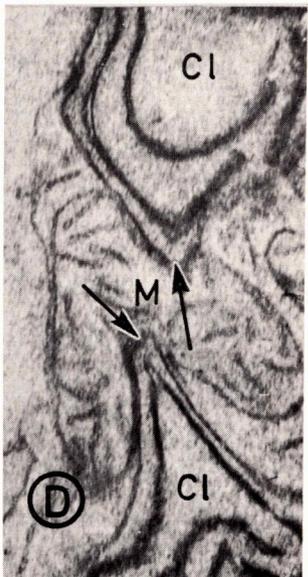
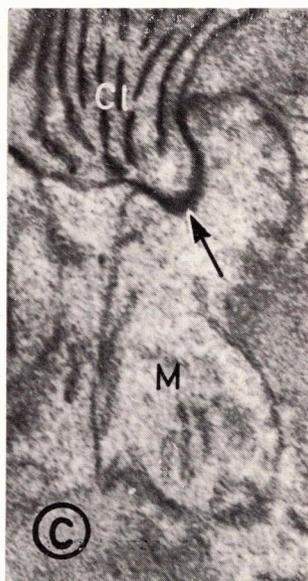
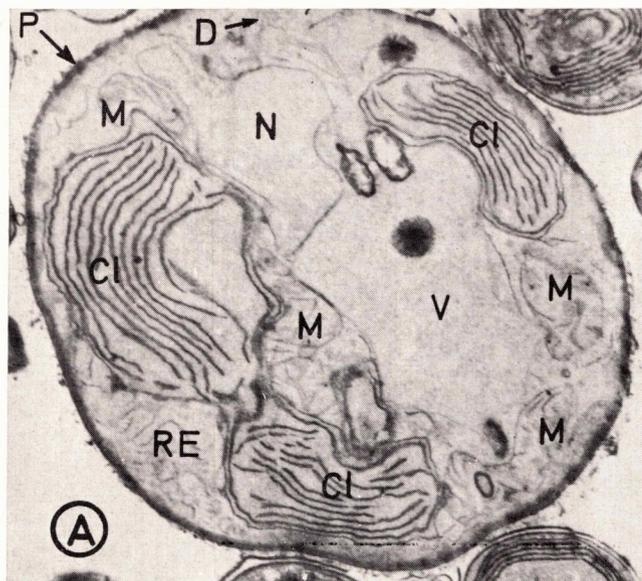
Cl: cloroplasto; M: mitocondrio; MeCl: membrana del cloroplasto; N: nucleo; P: parete; Pe: strato esterno della parete; Pi: strato interno della parete; V: vacuolo.

TAVOLA III

- A: Particolare di una sezione passante per un lobo del cloroplasto. Aderente ad esso il nucleo, caratterizzato dalla presenza di molti lobi ($\times 30.000$).
- B: Particolare di una cellula in cui è ben evidente la membrana semplice che circonda il cloroplasto ($\times 35.000$).
- C: Una porzione del cloroplasto mostrante il sistema lamellare e la membrana limitante semplice ($\times 37.000$).
- D: Alcuni tilacoidi e la membrana limitante semplice, visti a più forte ingrandimento ($\times 46.000$).
- E: Dictiosomi in una cellula adulta di *Cyanidium caldarium* ($\times 44.000$).

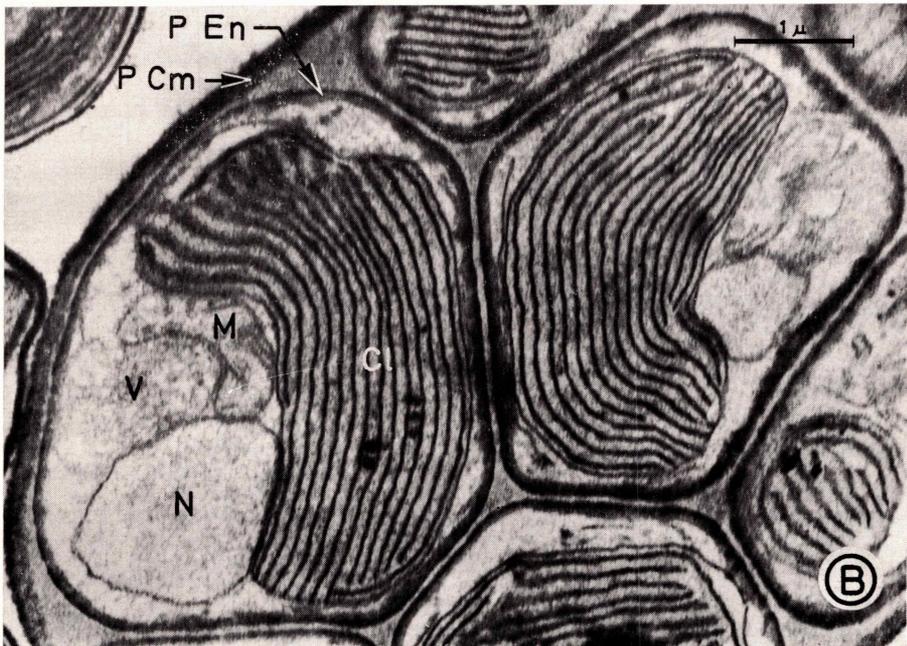
Cl: cloroplasto; D: dictiosomi; MeCl: membrana del cloroplasto; MeN: membrana nucleare; N: nucleo; P: parete; Pe: strato esterno della parete; Pi: strato interno della parete; V: vacuolo.





- A: Una cellula madre delle endospore. Si noti, in particolare, la frammentazione del cloroplasto preceduta dalla rottura dei tilacoidi che appaiono molto più brevi e non più ordinatamente paralleli ($\times 8.500$).
- B: Particolare del cloroplasto di una cellula madre delle endospore. E ben visibile la frammentazione dei tilacoidi ($\times 30.000$).
- C e D: Particolari di due cellule madri delle endospore nello stadio in cui i mitocondri, molto allungati, aderiscono strettamente ai frammenti del cloroplasto in divisione. Le frecce indicano i punti in cui i frammenti del cloroplasto si incastrano nei mitocondri. (\times di C: 41.000; \times di D: 25.000).
- Cl: Cloroplasto; D: dictiosomi; M: mitocondrio; N: nucleo; P: parete; RE: reticolo endoplasmatico; V: vacuolo.

R. CASTALDO: *Ricerche sull'ultrastruttura del Cyanidium caldarium etc.*

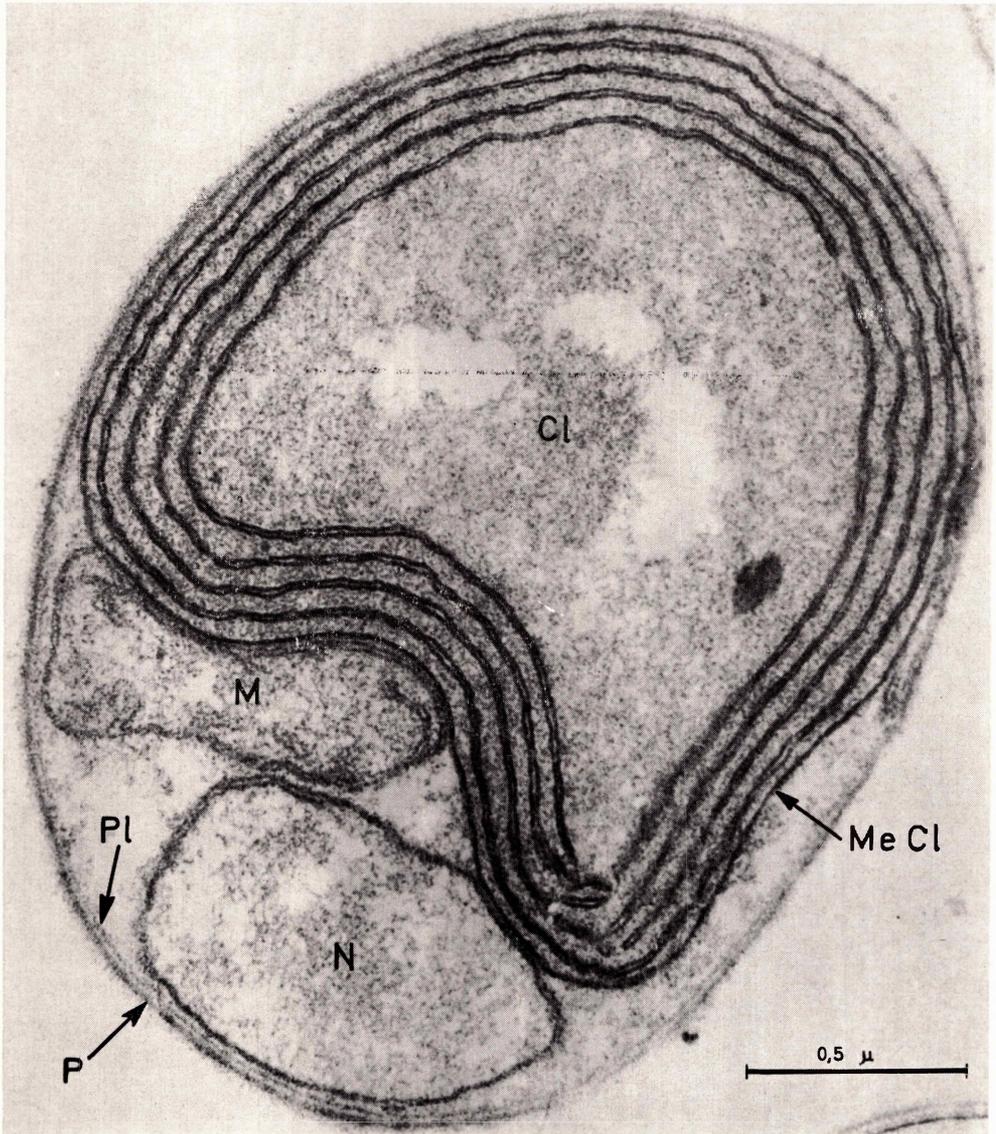


A: Cellula madre con endospore.

B: Particolare di una cellula madre con endospore.

Cl: cloroplasto; M: mitocondrio; N: nucleo; PCm: parete della cellula madre; PEn: parete dell'endospora; V: vacuolo.

R. CASTALDO: *Ricerche sull'ultrastruttura del Cyanidium caldarium etc.*



Forma non ancora determinata, di cui alla Tav. I. È da notare l'organizzazione cellulare assai semplice ed in particolare il cloroplasto che presenta caratteri tali da ricordare una «Cianella» simbiotica.

Cl: cloroplasto; M: mitocondrio; MeCl: membrana del cloroplasto; N: nucleo; P: parete; Pl: plasmalemma.