

Osservazioni Sull'Ultrastruttura Delle Cellule Cribrose di *Psilotum Nudum* (L.) Beauv.

Anna Maria Fabbri Tarchi & Carlo Francalanci

To cite this article: Anna Maria Fabbri Tarchi & Carlo Francalanci (1973) Osservazioni Sull'Ultrastruttura Delle Cellule Cribrose di *Psilotum Nudum* (L.) Beauv., *Caryologia*, 26:3, 425-456, DOI: [10.1080/00087114.1973.10796555](https://doi.org/10.1080/00087114.1973.10796555)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/00087114.1973.10796555>



Published online: 30 Jan 2014.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 37



View related articles [↗](#)

OSSERVAZIONI SULL'ULTRAISTRUTTURA DELLE CELLULE CRIBROSE DI *PSILOTUM NUDUM* (L.) BEAUV.

ANNA MARIA FABBRI TARCHI e CARLO FRANCALANCI

Istituto Botanico, Università di Firenze, Firenze, Italia

In Redazione: il 10 Marzo 1973

INTRODUZIONE

Il tessuto cribroso delle Pteridophyta, pur essendo stato studiato abbastanza estesamente al microscopio ottico (cfr. ESAU 1969), ha ricevuto fino a oggi scarsissima attenzione dal punto di vista ultrastrutturale. Sono stati pubblicati infatti soltanto una serie di lavori eseguiti al microscopio elettronico su *Polypodium vulgare* (MAXE 1964 e 1966; LIBERMAN-MAXE 1968 e 1971).

La microscopia ottica ha messo in luce che gli elementi cribrosi delle Pteridophyta, pur presentando molti caratteri in comune con quelli delle piante superiori, ne differiscono per altri, quali la mancanza di P-proteine e la presenza di sferule rifrangenti nel lume cellulare. Le indagini ultrastrutturali su *Polypodium vulgare* hanno confermato, almeno per questa specie, la mancanza di P-proteine e hanno messo in evidenza dei corpi attornati da una membrana con all'interno un globulo molto elettrondenso, riportabili alle sferule rifrangenti della microscopia ottica.

Col solo ausilio del microscopio ottico non possono essere accertate altre caratteristiche della cellula cribrosa delle Pteridophyta. In particolare non è stato possibile stabilire con sicurezza se i pori delle aree cribrose siano pervi o meno, a causa del loro piccolo diametro. I pori sono risultati pervi, attraverso le indagini al microscopio elettronico, in *Polypodium vulgare* (l.c.).

Nella presente nota vengono riferiti i dati emersi da una prima indagine sulle cellule cribrose di *Psilotum nudum* (L.) Beauv., sia allo stadio immaturo sia a quello adulto, nell'intento di portare ulteriori contributi per la conoscenza della struttura e dello sviluppo del tessuto cribroso delle Pteridophyta.

[*Caryologia*, Vol. 26, n. 3, 1973

MATERIALE E METODO

Lo studio è stato fatto su un esemplare di *Psilotum nudum* (L.) Beauv. coltivato in serra nell'Orto Botanico dell'Università di Firenze.

Pezzetti di ca. 1-2 mm delle zone più interne del caule sono stati prelevati da rami aerei, a diversi livelli, partendo dagli apici vegetativi fino alle parti più vecchie. I frammenti sono stati fissati per 1 ora in aldeide glutarica al 5% in tampone cacodilato 0,2 M a pH 7,2, quindi per 4 ore in una soluzione di OsO₄ al 2% nello stesso tampone. Dopo disidratazione con alcool etilico si è incluso in Epon 812 secondo LUFT (1961). Serie di sezioni longitudinali sono state eseguite con un ultramicrotomo Reichert e quindi contrastate con uranile acetato e con piombo citrato. Le micrografie elettroniche sono state effettuate a un Philips E.M. 300.

RISULTATI

I fusti aerei di *Psilotum nudum* presentano struttura actinostelica. Gli elementi cribrosi si trovano per lo più in corrispondenza dei poli del protoxilema e costituiscono delle file di cellule sovrapposte che, sia nelle sezioni trasverse sia in quelle longitudinali, appaiono isolate e circondate su tutti i lati da cellule parenchimatiche (Fig. 20). Non sono chiaramente distinguibili un protofloema e un metafloema (cfr. anche FORD 1904 e ESAU 1969).

Cellule cribrose giovani.

In prossimità degli apici vegetativi dei fusti aerei, le cellule cribrose ancora indifferenziate (Figg. 1 e 2) sono distinguibili dalle cellule parenchimatiche circostanti per la presenza nel citoplasma di caratteristici corpi molto elettrondensi e per le peculiarità della parete. Questi corpi, all'incirca sferici, risultano attornati da una membrana e presentano all'interno un globulo molto elettrondenso, di solito separato dalla membrana da un sottile spazio più elettrontrasparente (Figg. 4 e 6). Essi sono presenti nella cellula cribrosa in numero rilevante fin dagli stadi precoci. Talvolta ne è stato osservato qualcuno anche nelle cellule parenchimatiche circostanti.

Le pareti longitudinali delle cellule cribrose, a comune con quelle delle cellule parenchimatiche, presentano verso l'interno delle infossature regolarmente tappezzate dal plasmalemma (Fig. 3). Non sono stati osservati con sicurezza plasmodesmi a livello delle infossature.

Le cellule cribrose giovani hanno un grosso nucleo allungato dal contorno regolare e un citoplasma ricco di organuli; i vacuoli sono piccoli e numerosi (Figg. 1 e 2). Il reticolo endoplasmatico, liscio e ruvido, è abbon-

dante, soprattutto sotto forma di tubuli e di cisterne appiattite (Figg. 3-5). Si trovano anche numerosi ribosomi liberi, per lo più aggregati in polisomi (Figg. 3 e 4). I dittiosomi sono presenti, ma in numero esiguo e presentano, sia agli stadi precoci sia a quelli più avanzati, una proliferazione piuttosto modesta di vescicole (Fig. 4). I mitocondri, di forma allungata o rotondeggiante, hanno uno stroma più elettrondenso del citoplasma e presentano creste e tubuli poco sviluppati (Fig. 2). I plastidi, generalmente abbondanti, sono gli organuli che presentano le modificazioni più notevoli rispetto alle cellule circostanti, avendo spesso forma irregolare, tilacoidi scarsi e disposti senza ordine; nello stroma omogeneo, più elettrondenso del citoplasma, si trovano plastoglobuli e talvolta granuli di amido (Fig. 6). Le due membrane dell'involucro plastidiale sono evidenti.

La differenziazione della cellula cribrosa inizia probabilmente con un aumento in spessore della parete, giacché fin dagli stadi precoci non è raro che la parete sia più spessa di quella delle cellule circostanti e anche perché si osservano microtubuli in prossimità del plasmalemma (Fig. 4). Nel citoplasma i primi segni dell'inizio della differenziazione si notano a carico del sistema vacuolare. Infatti in alcune cellule, per il resto normali, il tonoplasto tende ad assumere in alcuni tratti un andamento convesso verso la cavità del vacuolo; in corrispondenza di queste zone il citoplasma appare omogeneo e privo di organuli (Fig. 7).

A un più avanzato stadio della differenziazione, le cellule cribrose si presentano prive di nucleo (Fig. 10). Non sono state colte le fasi della degenerazione nucleare, che, peraltro, deve realizzarsi piuttosto rapidamente. Il citoplasma fondamentale appare più chiaro e il reticolo endoplasmatico, benché ancora presente nella forma liscia e nella granulata, è assai più scarso e presenta dei tratti slargati (Figg. 8 e 12). Sono invece abbondanti le formazioni vescicolari di dimensioni variabili (Figg. 9 e 13). Sono presenti ribosomi liberi, soprattutto aggregati in polisomi (Fig. 9), e scarsi dittiosomi (Fig. 9). In prossimità del plasmalemma si notano microtubuli (Fig. 8). I mitocondri e i plastidi sono simili a quelli delle cellule indifferenziate (Figg. 8, 12 e 13); nei plastidi può essere presente l'amido (Fig. 12).

In queste cellule non si riconosce nessuna struttura riportabile ai vacuoli o al tonoplasto, ma mentre in alcune di queste gli organuli e le vescicole sono distribuiti in modo omogeneo nel lume, in altre gli organuli e le vescicole sono raggruppati e lasciano delle zone vuote, non limitate da membrane (Fig. 13). In alcune cellule sono state riscontrate delle grandi vescicole, la cui membrana è chiaramente in continuità col plasmalemma (Figg. 12 e 14).

Sulle pareti, soprattutto nelle trasverse, comunque in quelle comuni

a due cellule cribrose, sono state osservate delle zone di minor spessore con una serie di restringimenti, in corrispondenza dei quali può esservi un plasmodesma. Si tratta di aree cribrose non ancora perforate. Non si osserva calloso (Figg. 15 e 16).

Cellule cribrose mature.

A differenziazione ultimata, la cellula cribrosa di *Psilotum nudum* è un elemento allungato con pareti ispessite (Figg. 17 e 20). Nel lume cellulare, che appare elettrone trasparente, si trovano strutture membranose, in quantità assai diversa tra cellula e cellula; sono presenti i corpi elettrondensi, i mitocondri e i plastidi. I ribosomi e i dittiosomi non sono ma stati osservati; poiché questi organuli sono presenti nella cellula cribrosa di *Psilotum* fino agli stadi più avanzati della differenziazione, evidentemente la loro scomparsa avviene in un momento molto tardivo di questo processo.

Figg. 1-31. — Sezioni longitudinali di cellule cribrose di fusto aereo di *Psilotum nudum* (L.) Beauv. Prefissaz.: aldeide glutarica 5%; fissaz.: OsO₄ 2%; inclusione: Epon 812.

Figs. 1-31. — Longitudinal sections of sieve cells from aerial stems of *Psilotum nudum* (L.) Beauv. Fixation: glutaraldehyde 5%; postfixation: OsO₄ 2%; embedding: Epon 812.

Abbreviazioni

ac: area cribrosa; *cc*: cellula cribrosa; *cp*: cellula parenchimatca; *d*: dittiosoma; *g*: globulo; *m*: mitocondrio; *n*: nucleo; *p*: parete; *pd*: plasmodesma; *pl*: plastidio; *po*: poro; *pr*: polisoma; *re*: reticolo endoplasmatico; *t*: tonoplasto; *tr*: tracheide; *v*: vacuolo; *ve*: vescicola.

Abbreviations:

ac: sieve area; *cc*: sieve cell; *cp*: parenchyma cell; *d*: dictyosome; *g*: globule; *m*: mitochondrion; *n*: nucleus; *p*: cell wall; *pd*: plasmodesma; *pl*: plastid; *po*: pore; *pr*: polysome; *re*: endoplasmic reticulum; *t*: tonoplast; *tr*: tracheid; *v*: vacuole; *ve*: vesicle.

Figg. 1-7. — Cellule cribrose all'inizio della differenziazione.

Figs. 1-7. — Sieve cells at early stages of differentiation.

Fig. 1. — Cellula cribrosa con nucleo e globuli elettrondensi. ×1.680.

Fig. 1. — A sieve cell with nucleus and electron-opaque globules. ×1,680.

Fig. 2. — Cellula cribrosa con nucleo. Nel citoplasma si osservano globuli elettrodensi, plastidi, mitocondri e piccoli vacuoli. ×5.800.

Fig. 2. — A sieve cell with nucleus. Electron-opaque globules, plastids, mitochondria and small vacuoles are seen in the cytoplasm. ×5,800.

Fig. 3. — Particolare della Fig. 2, in corrispondenza di due infossature della parete cellulare; nel citoplasma si notano polisomi e abbondante reticolo endoplasmatico liscio e ruvido. ×23.940.

Fig. 3. — Detail of Fig. 2, showing depressions in the wall; abundant rough and smooth endoplasmic reticulum, and polysomes are present in the cytoplasm. ×23,940.

Fig. 4. — Particolare di cellula cribrosa con globuli elettrondensi, un dittiosoma, reticolo endoplasmatico e polisomi. In prossimità del plasmalemma sono presenti microtubuli (frecce). ×18.800.

Fig. 4. — Detail of a sieve cell with electron-opaque globules, a dictyosome, endoplasmic reticulum and polysomes. Close to the plasmalemma there are microtubules (arrows). ×18,800.

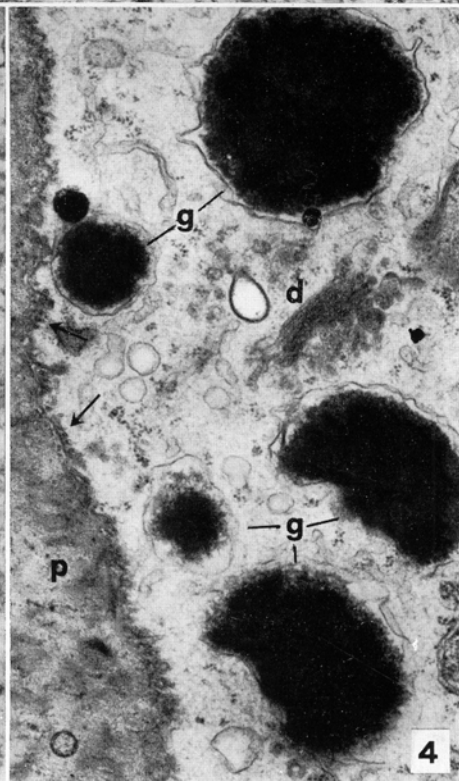
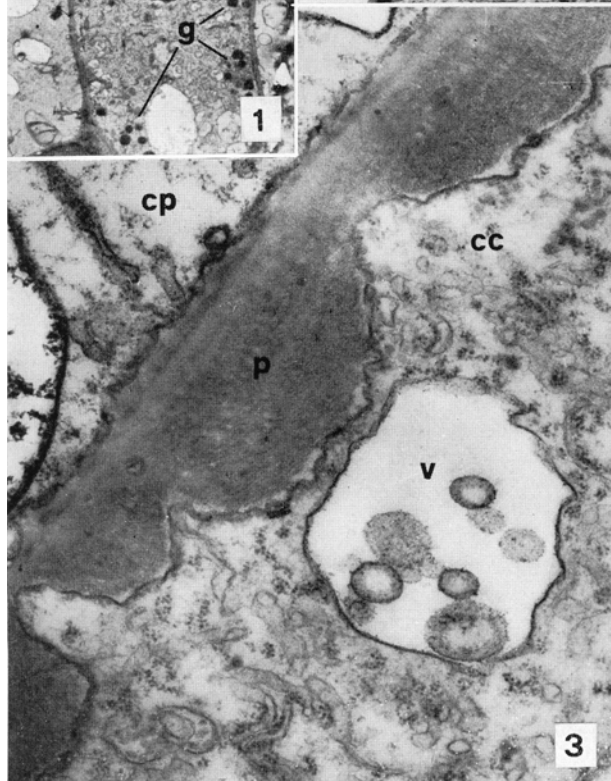
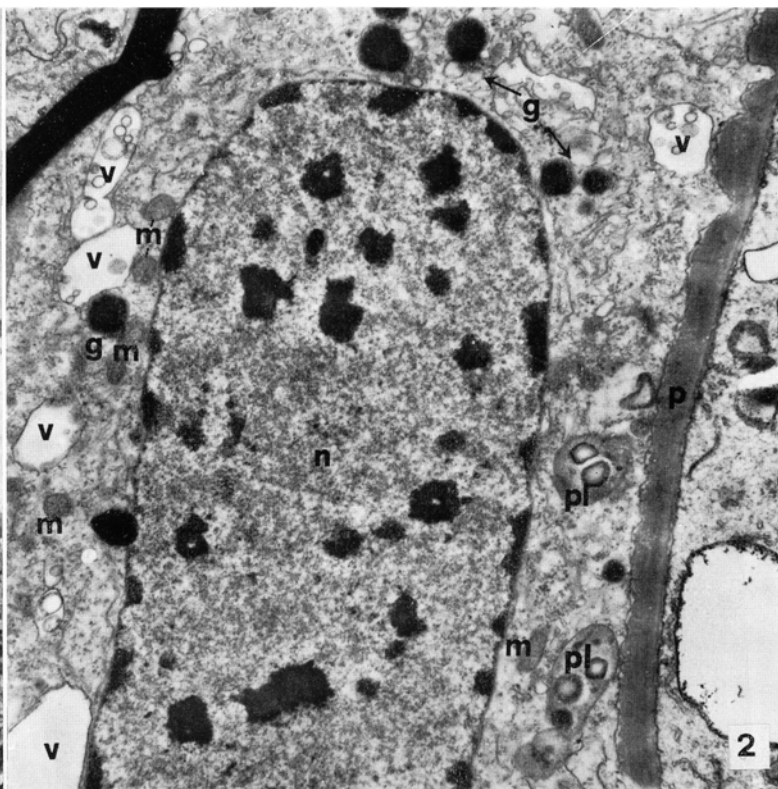
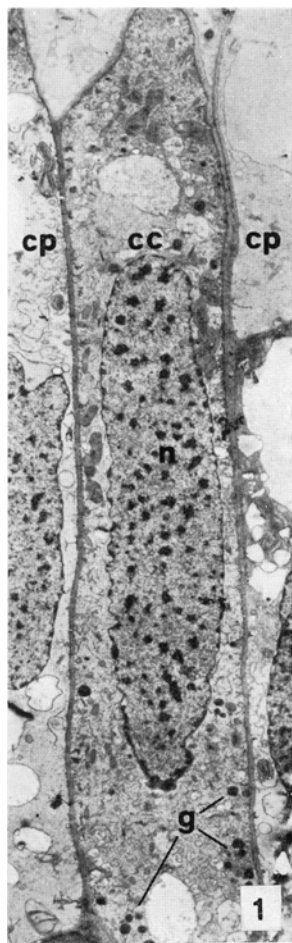


Fig. 5. — Particolare di cellula cribrosa con abbondante reticolo endoplasmatico tubulare. $\times 18,020$.

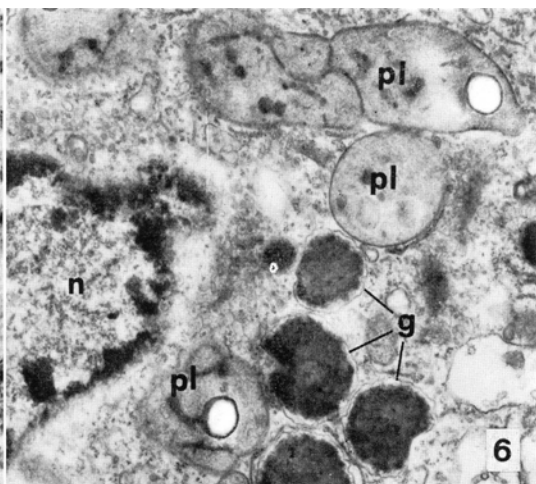
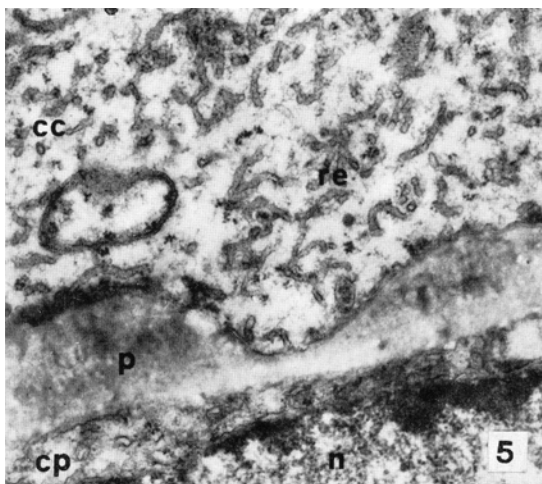
Fig. 5. — Detail of a sieve cell with abundant tubular endoplasmic reticulum. $\times 18,020$.

Fig. 6. — Particolare di cellula cribrosa. Si notano il nucleo, plastidi con amido e globuli elettrondensi. $\times 9,140$.

Fig. 6. — Detail of a sieve cell with nucleus, plastids with starch and electron-opaque globules. $\times 9,140$.

Fig. 7. — Porzione di cellula cribrosa. Il tonoplasto ha assunto una forma convessa verso il lume dei vacuoli. $\times 13,120$.

Fig. 7. — Sieve cell vacuoles; the tonoplast has separated from the cytoplasm. $\times 13,120$.



Figg. 8-14. — Cellule cribrose a uno stadio di differenziazione più avanzato.

Figs. 8-14. — Sieve cells at later stages of differentiation.

Fig. 8. — Particolare di una cellula cribrosa. Nel citoplasma si osserva un plastidio e tratti di reticolo endoplasmatico. In prossimità del plasmalemma sono visibili dei microtubuli (freccie). $\times 32,670$.

Fig. 8. — Detail of a sieve cell. A plastid and portions of endoplasmic reticulum are seen. Microtubules are next to the plasmalemma (arrows). $\times 32,670$.

Fig. 9. — Porzione di cellula cribrosa in cui sono evidenti numerosi polisomi, un dittiosoma e molte vescicole, in parte probabilmente di origine dittiosomica. $\times 17,550$.

Fig. 9. — Detail of a sieve cell showing many polysomes, a dictyosome and numerous vesicles; some of these may have originated from the dictyosomes. $\times 17,550$.

Fig. 10. — Porzione di una cellula cribrosa. $\times 6,280$.

Fig. 10. — Portion of a sieve cell. $\times 6,280$.

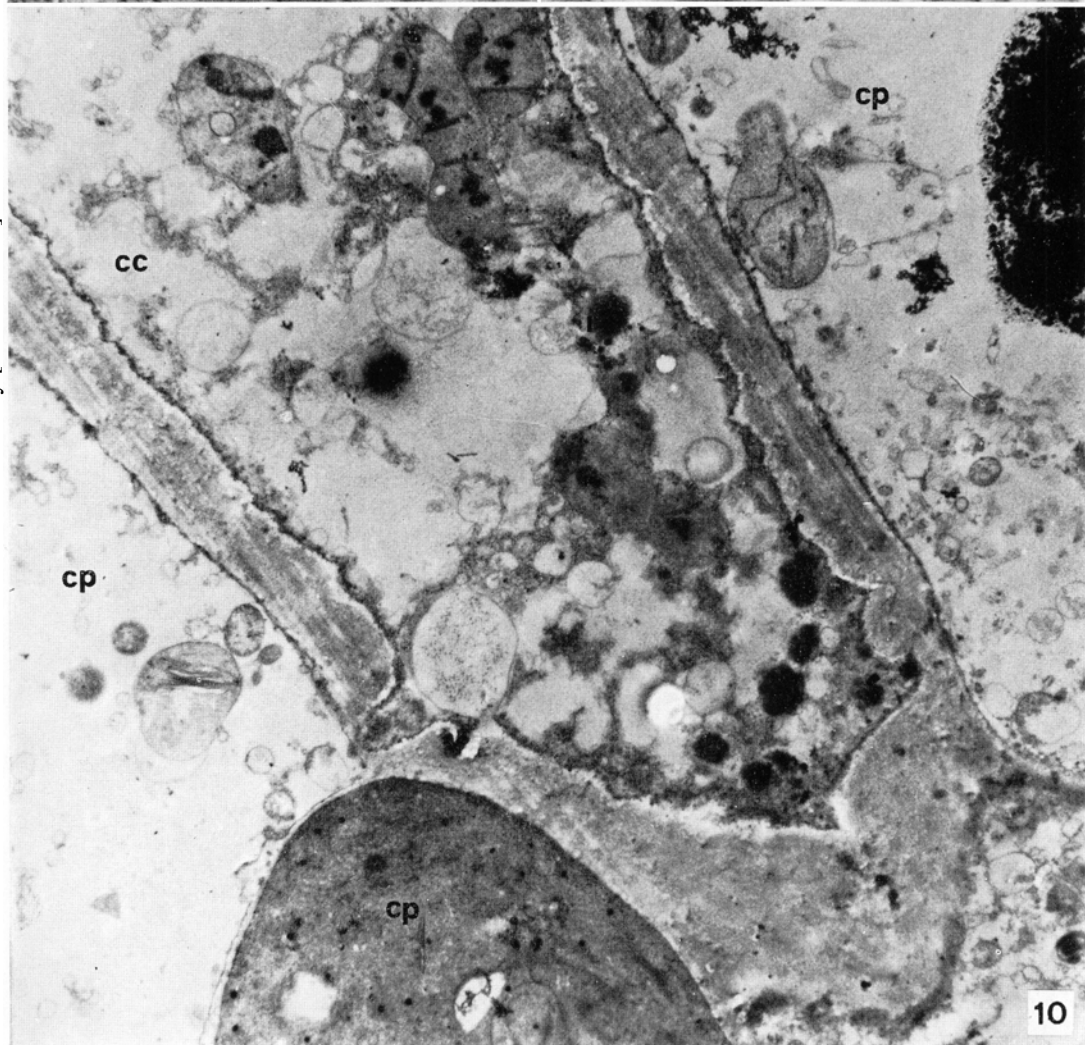
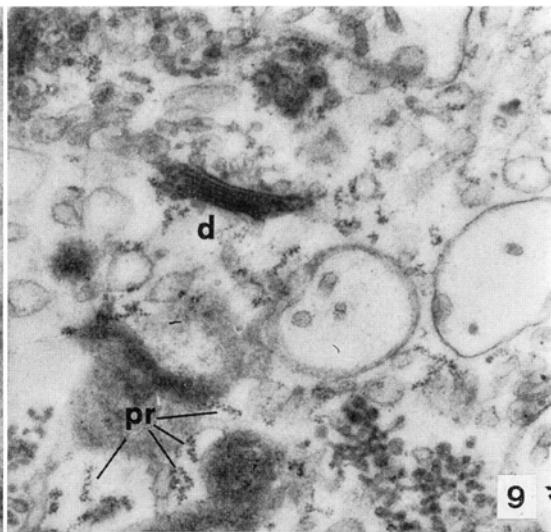
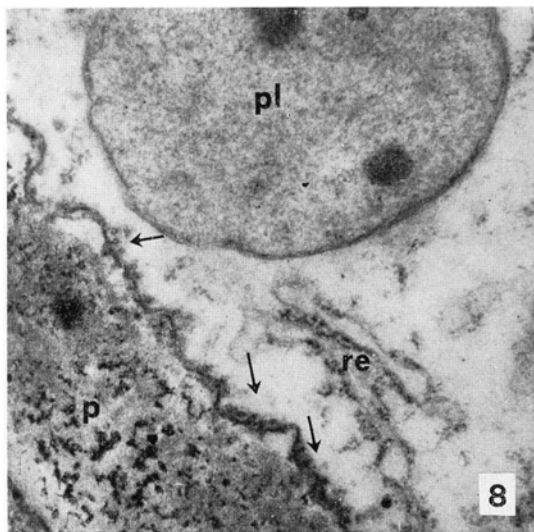


Fig. 11. — Cellula cribrosa il cui citoplasma è in parte occupato da grosse vescicole. In alcune di esse la membrana appare in continuità con il plasmalemma (freccie). $\times 5.170$.

Fig. 11. — A sieve cell. The cytoplasm is partially occupied by large vesicles, whose membrane may be continuous with the plasmalemma (arrows). $\times 5.170$.

Fig. 12. — Particolare della Fig. 11, in corrispondenza della freccia a sinistra più in alto. Il reticolo endoplasmatico presenta dei tratti slargati (freccie). Vicino al plasmalemma si notano alcuni microtubuli. $\times 17.550$.

Fig. 12. — Detail of Fig. 11. Some portion of the endoplasmic reticulum are enlarged (arrows). Next to the plasmalemma microtubules are seen. $\times 17,550$.

Fig. 13. — Particolare della Fig. 10; si osservano plastidi e vescicole di varie dimensioni; il citoplasma fondamentale appare otticamente vuoto. $\times 10.540$.

Fig. 13. — Detail of Fig. 10. Plastids and various-sized vesicles are observed. The hyaloplasm looks optically empty. $\times 10,540$.

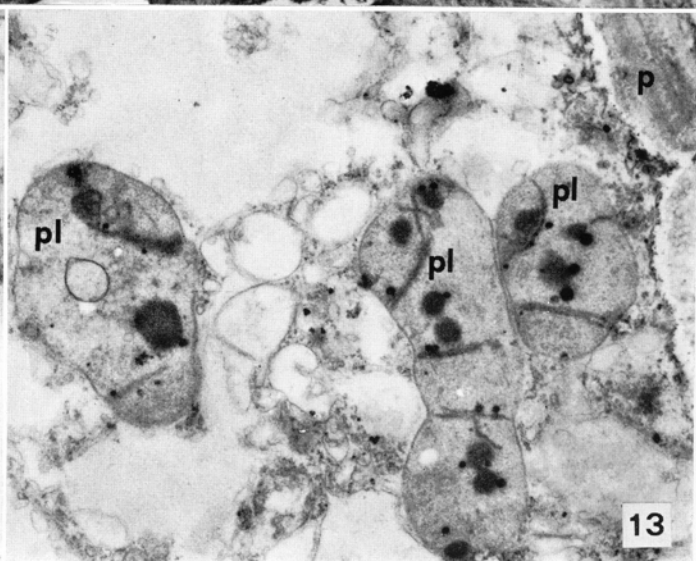
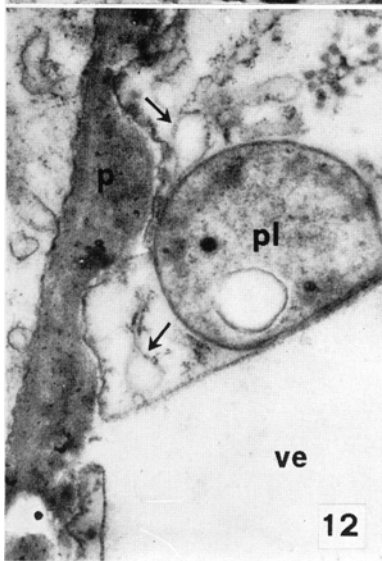
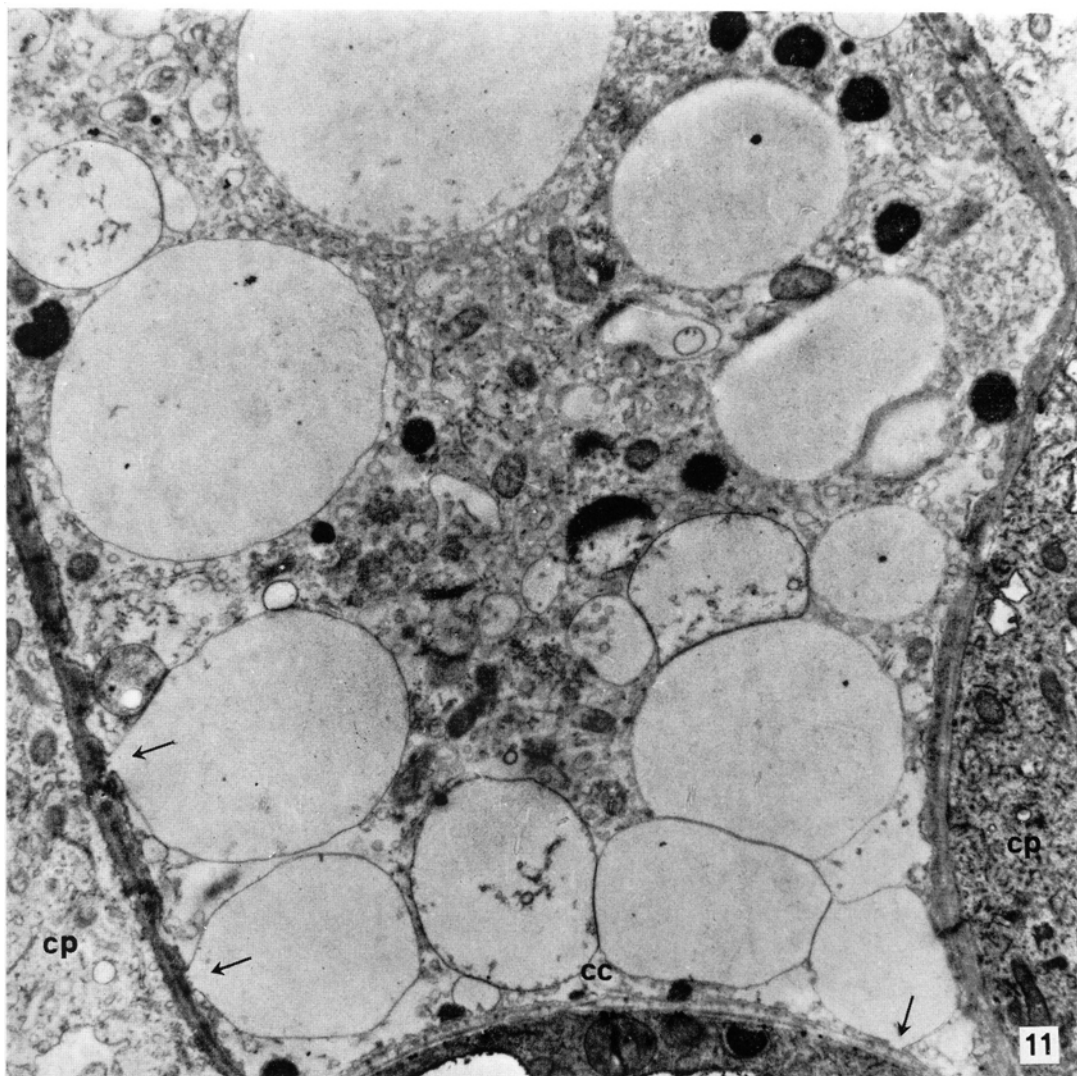


Fig. 14. — Particolare della Fig. 10. Il plasmalemma si introflette a formare una vescicola. $\times 12,820$.

Fig. 14. — Detail of Fig. 10, showing a vesicle whose membrane is continuous with the plasmalemma. $\times 12,820$.

Fig. 15. — Parte di cellula cribrosa a uno stadio di differenziazione precoce. Sulla parete terminale si osserva un'area cribrosa in formazione. $\times 3,390$.

Fig. 15. — Portion of an immature sieve cell with a developing sieve area on the end wall. $\times 3,390$.

Fig. 16. — Particolare di un'area cribrosa in formazione. In corrispondenza di un futuro poro si osserva un plasmodesma. $\times 19,150$.

Fig. 16. — Detail of a developing sieve area. A plasmodesma is seen where the perforation will occur. $\times 19,150$.

Figg. 17-31. — Cellule cribrose differenziate.

Figs. 17-31. — Mature sieve cells.

Fig. 17. — Porzioni di due cellule cribrose. Nel lume cellulare elettrone trasparente sono presenti vescicole, un plastidio e globuli densi. $\times 5,170$.

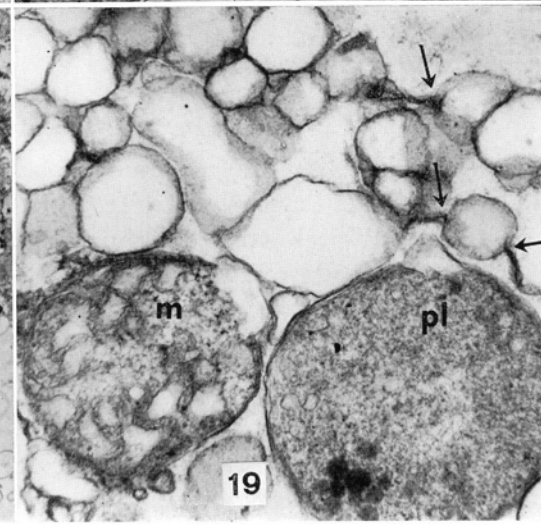
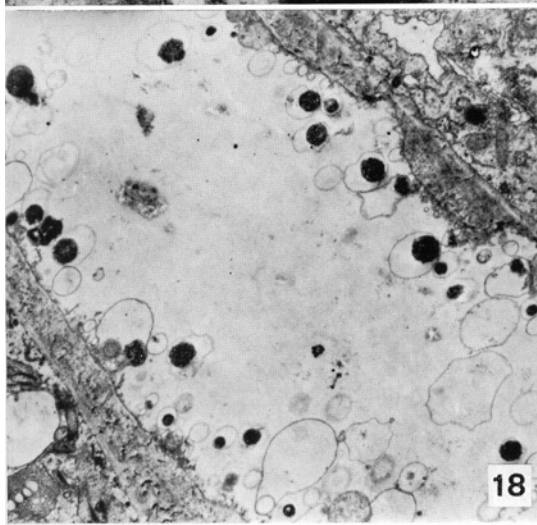
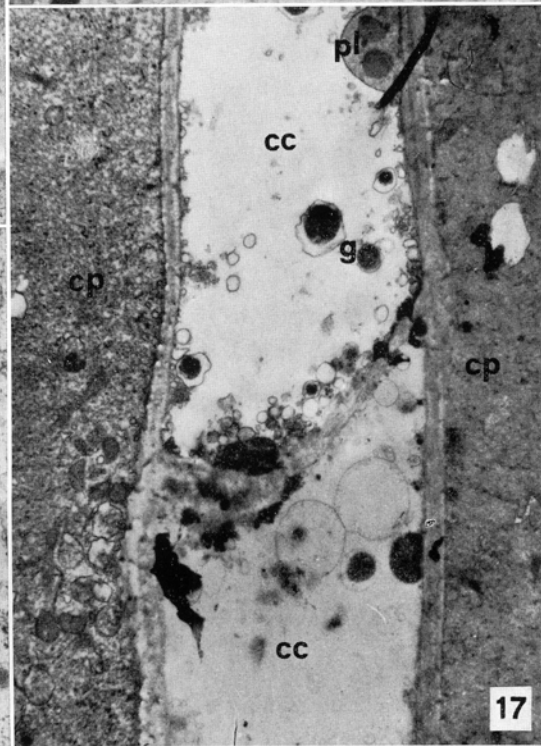
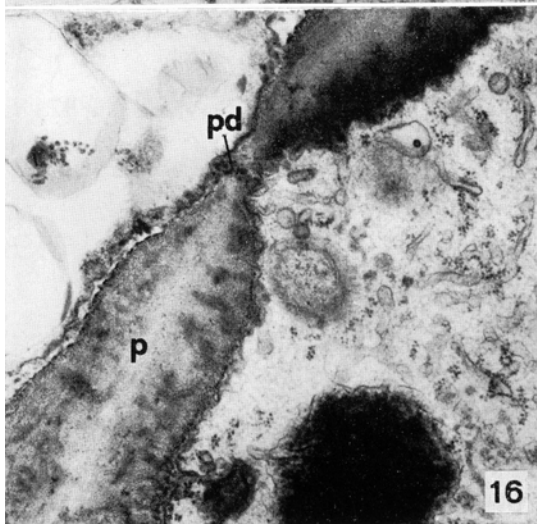
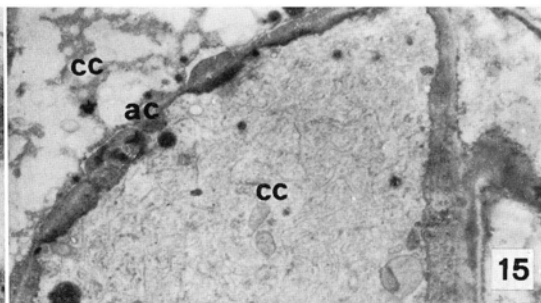
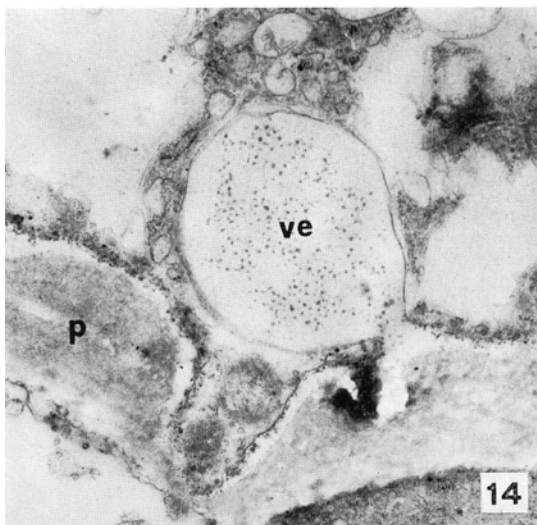
Fig. 17. — Portions of two sieve cells. The cell lumen is electron-transparent; in it there are vesicles, a plastid and electron-opaque globules. $\times 5,170$.

Fig. 18. — Porzione di cellula cribrosa con infossature sulle pareti. Nel lume si notano soprattutto vescicole e globuli densi. $\times 3,180$.

Fig. 18. — Portion of a sieve cell with depressions in the wall, vesicles and electron-opaque globules. $\times 3,180$.

Fig. 19. — Particolare di cellula cribrosa in cui si osserva un mitocondrio con creste slargate, un plastidio e numerose vescicole che sembrano derivare dallo slargamento di tubuli o di cisterne appiattite (frecce). $\times 25,080$.

Fig. 19. — Detail of a sieve cell showing a mitochondrion with swollen cristae, a plastid and numerous vesicles which are likely to have been originated by swelling of tubules or cisternae. $\times 25,080$.



Le strutture membranose si presentano con aspetti diversi. In tutte le cellule cribrose si trova, a contatto col plasmalemma, un sottile strato di piccole vescicole irregolari, disposte senza ordine. Altre membrane si trovano generalmente sia nel lume cellulare sia addossate alle pareti, in alcuni casi sotto forma di tubuli, di cisterne appiattite e più spesso di vescicole (Figg. 18 e 20). Talvolta si può osservare che i tubuli o le cisterne in certi tratti si dilatano a formare delle vescicole (Fig. 19). Spesso vescicole di dimensioni assai grandi sono sparse nel lume cellulare e, in alcuni casi, lo riempiono quasi totalmente (Fig. 21). Non di rado infine sono presenti degli agglomerati disordinati di membrane molto strettamente appressate.

I corpi elettrondensi citoplasmatici, che abbiamo visto essere caratteristici della cellula cribrosa fino dai primi momenti della sua differenziazione, nella cellula matura presentano il globulo elettrondenso attorniato da un largo spazio nettamente elettrontrasparente. La zona periferica del globulo interno appare leggermente meno elettrondensa, granulosa, talvolta quasi spugnosa (Fig. 27).

I mitocondri, sebbene in numero esiguo, sono una componente costante della cellula cribrosa; sono per lo più addossati alle pareti, a contatto con vescicole o membrane. La loro forma è sempre rotondeggiante, a differenza di quanto si osserva nelle cellule giovani. Le due membrane dell'involucro mitocondriale e le invaginazioni della membrana interna sono bene evidenti. Alcuni presentano delle creste molto dilatate, talvolta contorte (Fig. 19). Non è infrequente osservare a carico dell'involucro rigonfiamenti e rotture (Figg. 19 e 23).

Anche i plastidi, per quanto assai modificati rispetto a quelli delle cellule giovani, si riscontrano abbastanza regolarmente, situati in genere vicino alle pareti. Mancano del tutto di tilacoidi. La matrice talvolta appare granulata (Figg. 19 e 22), ma più spesso presenta numerose piccole zone chiare, rotondeggianti (Fig. 25), che appaiono delimitate da una membrana (Fig. 24). Sono frequenti i plastoglobuli; non è mai stato osservato amido. Alcuni plastidi presentano uno o due grossi corpi più o meno sferici, con elettrondensità maggiore di quella dello stroma (Figg. 22 e 25); in qualche cellula questi appaiono circondati da una membrana (Fig. 26).

Le membrane dell'involucro plastidiale sono bene evidenti in alcuni casi (Figg. 22 e 26); in altri se ne evidenzia una sola (Fig. 25), oppure esse non sono identificabili. Talvolta l'involucro per certi tratti del plastidio si allontana dallo stroma (Fig. 25).

La quantità dei plastidi nelle cellule adulte risulta essere inferiore a quella che si riscontra nelle cellule indifferenziate o in via di differenziazione. Raramente sono state osservate nel citoplasma di cellule cribrose di recente differenziazione strutture difficilmente interpretabili, che potrebbero essere considerate come plastidi in via di degenerazione (Fig. 27).

Le pareti delle cellule cribrose differenziate sono più spesse di quelle delle cellule parenchimatiche circostanti (Fig. 20). Mancano i microtubuli. Le connessioni con le cellule parenchimatiche sono rappresentate dalle infossature già descritte per le cellule immature, solo che a questo stadio risultano più pronunciate (Fig. 28). Sulle pareti, generalmente nelle terminali, che sono ben differenziate e hanno andamento obliquo o trasversale, si trovano le aree cribrose. Esse sono costituite da un aggruppamento di pori pervi, di diametro assai piccolo (200-500 nm), fittamente riempiti da materiale membranoso elettrondenso (Figg. 29-31). Le aree cribrose possono occupare una intera parete trasversa (Fig. 29), oppure una parte di questa (Fig. 31); in quest'ultimo caso la porzione di parete occupata dai pori è più sottile della rimanente. Non è stata osservata alcuna struttura di natura callosica. Intorno alle aree cribrose si addensano vescicole, corpi elettrondensi e talvolta anche mitocondri (Figg. 30 e 31).

Nelle cellule cribrose di *Psilotum nudum*, sia immature sia differenziate, non è mai stata notata la presenza di P-proteine, né diffuse né strutturate in corpi vari.

DISCUSSIONE

Il processo di differenziazione della cellula cribrosa di *Psilotum nudum* può essere così riassunto: (i) la cellula cribrosa giovane non differisce dalle parenchimatiche circostanti se non per la presenza nel suo citoplasma di caratteristici corpi contenenti all'interno un globulo elettrondenso e, in genere, per un maggiore spessore della parete; (ii) le prime alterazioni avvengono a carico del nucleo e dei vacuoli; (iii) a un ulteriore stadio della differenziazione le cellule si presentano anucleate e prive di vacuoli; il citoplasma fondamentale appare più elettrontrasparente e vi compare abbondante materiale membranoso sotto forme varie; (iv) gli ultimi atti del processo sono la scomparsa dei ribosomi e dei dittiosomi, e la perforazione delle aree cribrose. I plastidi vanno incontro a modificazioni.

Questa sequenza di eventi è simile a quella riportata da LIBERMAN-MAXE (1971) per *Polypodium vulgare*. L'assenza di strutture riferibili a P-proteine da noi riscontrata in *Psilotum* conferma quanto descritto da LIBERMAN-MAXE (1971) per *Polypodium vulgare* e per altre Pteridophyta in ricerche eseguite col microscopio ottico (cfr. ESAU 1969).

Il processo di ispessimento della parete inizia con probabilità assai preco-

Fig. 20. — Ricostruzione di una parte di cilindro centrale. Si osserva una cellula cribrosa a sinistra, e un elemento del legno a destra. Tra queste alcune cellule parenchimatiche. $\times 3,070$.
 Fig. 20. — Longitudinal section of vascular cylinder, showing a sieve cell on the left and a xylem cell on the right. Around them there are parenchyma cells. $\times 3,070$.

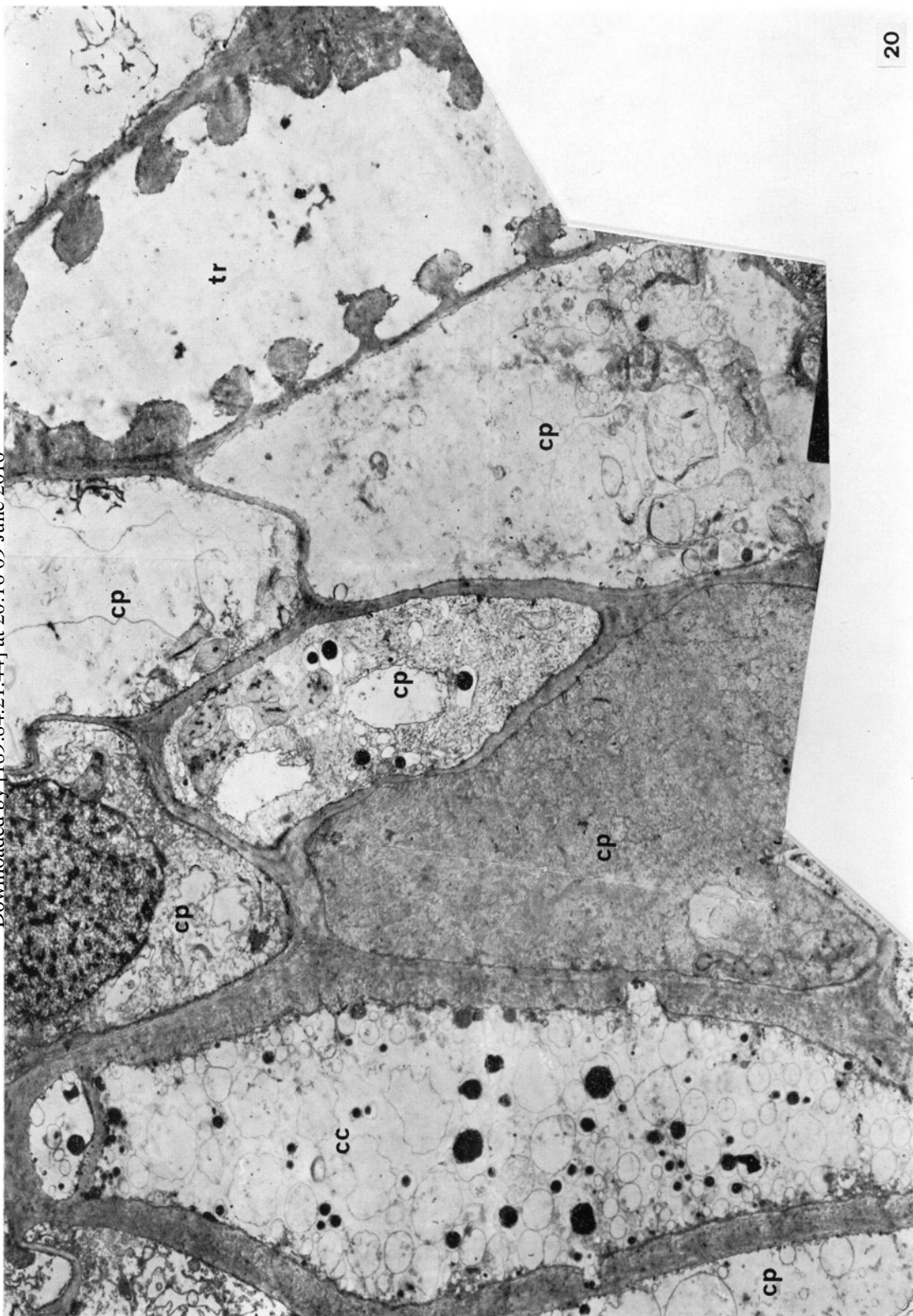


Fig. 21. — Parte di cellula cribrosa matura, nel cui lume si osservano mitocondri, globuli elettrondensi e molte grandi vescicole. $\times 4,160$.

Fig. 21. — Portion of a sieve cell with mitochondria, electron-opaque globules and numerous large vesicles. $\times 4,160$.

Fig. 22. — Plastidi contenenti grossi corpi rotondeggianti elettrondensi. $\times 45,045$.

Fig. 22. — Plastids with large, rounded, electron-opaque bodies inside them. $\times 45,045$.

Fig. 23. — Particolare di cellula cribrosa. In prossimità della parete si osservano tre mitocondri, il più in alto dei quali presenta un rigonfiamento e un distacco delle membrane esterne. $\times 23,940$.

Fig. 23. — Detail of a sieve cell. Close to the wall there are three mitochondria; the external membranes of one of them are swollen and detached. $\times 23,940$.

Fig. 24. — Plastidio con molte zone chiare e qualche plastoglobulo. $\times 36,960$.

Fig. 24. — A plastid exhibiting many clear areas and some plastoglobules. $\times 36,960$.

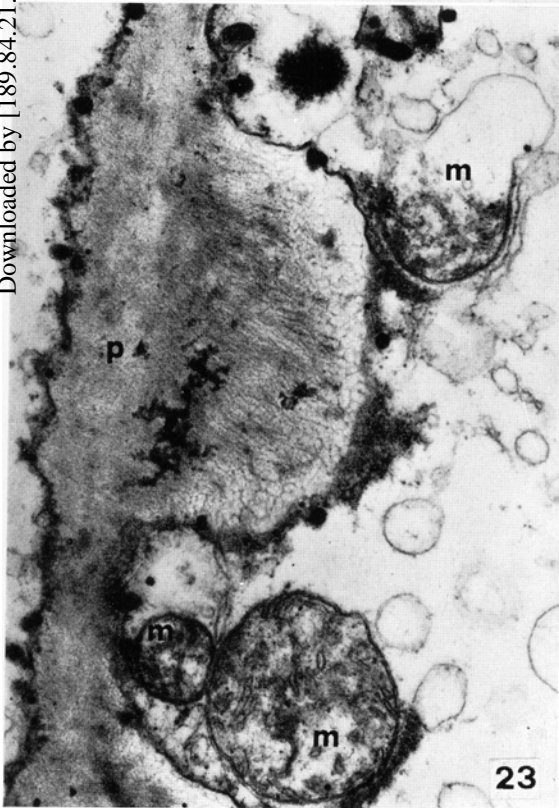
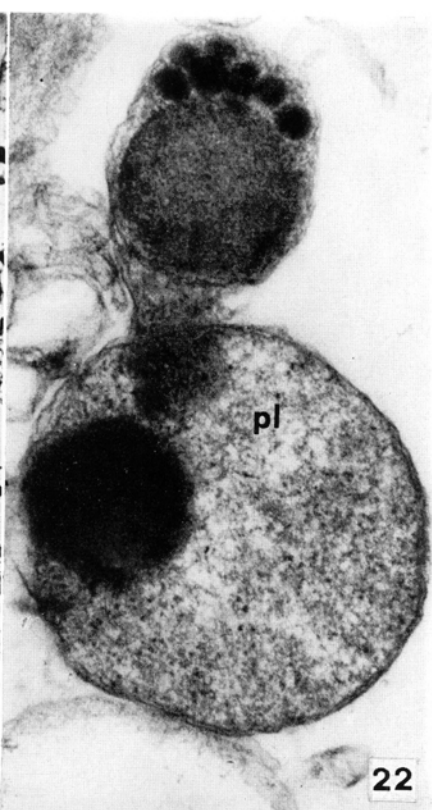
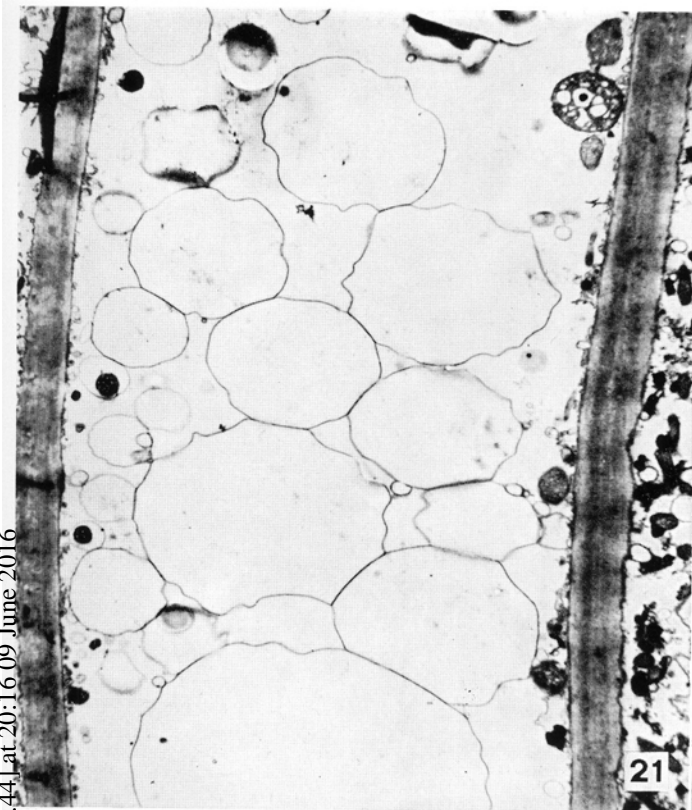


Fig. 25. — Plastidio con un grosso corpo elettrondenso e numerose zone chiare nella matrice. L'involucro plastidiale risulta costituito da una sola membrana che a tratti si distacca dallo stroma. $\times 26,730$.

Fig. 25. — A plastid with an electron-opaque body and many clear areas in the matrix. Only one external partially swollen membrane can be seen. $\times 26,730$.

Fig. 26. — Plastidio contenente un corpo più elettrondenso che sembra circondato da una membrana. $\times 57,170$.

Fig. 26. — A plastid with an electron-opaque apparently membrane-bounded body. $\times 57,170$.

Fig. 27. — Struttura delimitata da due membrane (forse un plastidio in via di degenerazione). In basso, alcuni globuli elettrondensi. $\times 17,780$.

Fig. 27. — An unidentified body with double membrane (possibly a degenerating plastid). Below there are some globules. $\times 17,780$.

Fig. 28. — Parete di cellula cribrosa con una infossatura. $\times 25,060$.

Fig. 28. — A depression in a sieve cell wall. $\times 25,060$.

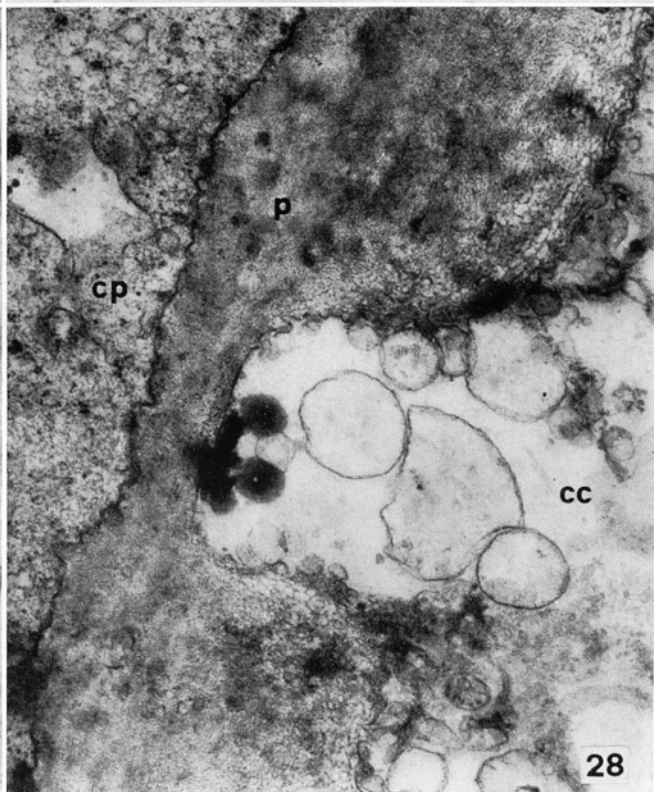
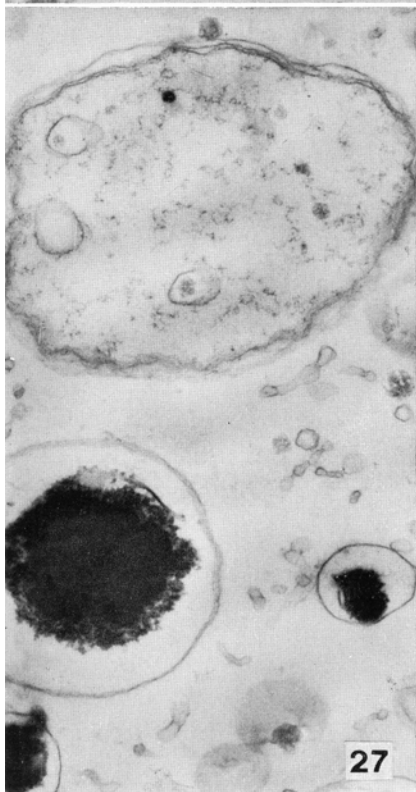
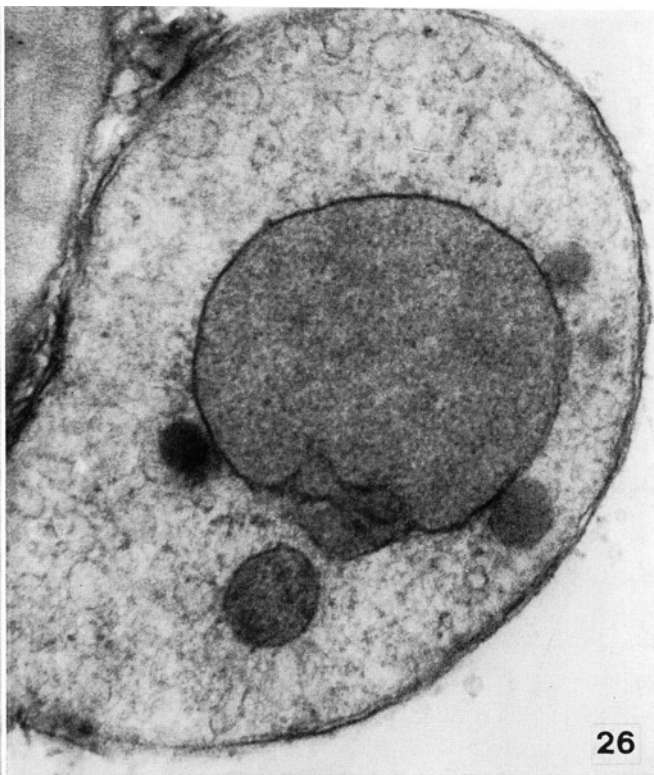
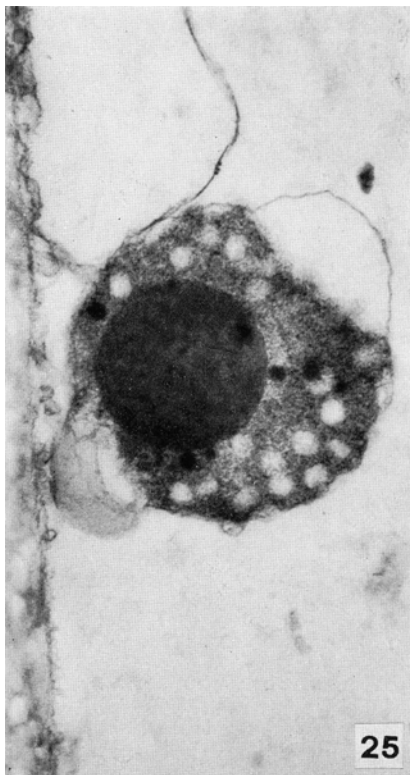


Fig. 29. — Area cribrosa. $\times 5,050$.

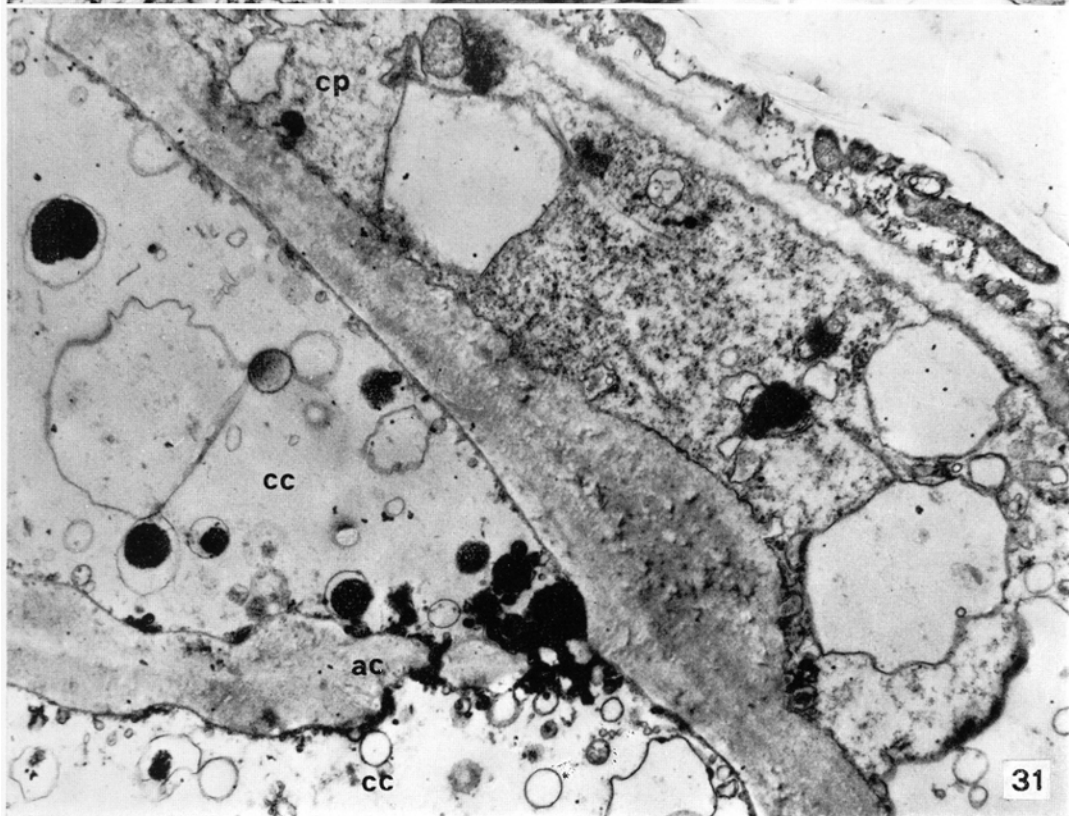
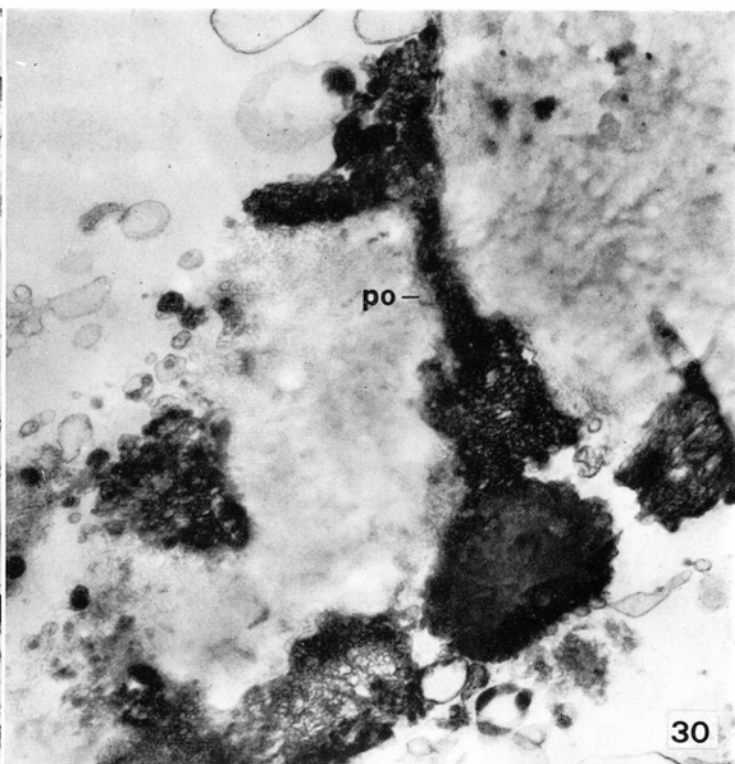
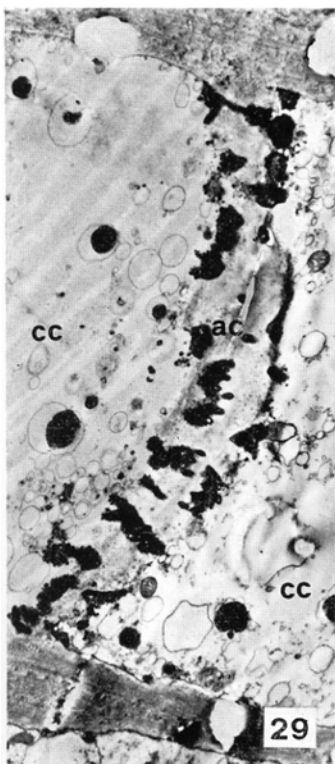
Fig. 29. — Sieve area. $\times 5,050$.

Fig. 30. — Particolare della Fig. 29. È visibile un poro che attraversa completamente la parete, ripieno di materiale elettrondenso, di natura apparentemente membranosa. $\times 26,730$.

Fig. 30. — Detail of Fig. 29, showing a pore continuous through the wall and filled with electron-opaque membrane-like material. $\times 26,730$.

Fig. 31. — Area cribrosa. $\times 9,050$.

Fig. 31. — Sieve area. $\times 9,050$.



cemente, dal momento che nella cellula indifferenziata la parete è generalmente già abbastanza ispessita, e che in prossimità del plasmalemma è frequente la presenza di microtubuli, i quali, secondo quanto ritenuto da diversi autori (ROELOFSEN 1965; LEDBETTER e PORTER 1963; CRONSHAW 1967; NEWCOMB 1969), sarebbero indice della deposizione di microfibrille di cellulosa, influenzandone essi l'orientamento. Microtubuli in cellule floematiche immature sono stati più volte descritti in diverse piante (BOUCK e CRONSHAW 1965; EVERT *et al.* 1966; LAFLÈCHE 1966; EVERT e DESPANDE 1969; LIBERMAN-MAXE 1971).

Il processo di ispessimento della parete continua per tutto o buona parte del periodo di differenziazione, dato che lo spessore della parete è massimo nelle cellule mature, e anche perché nelle fasi tardive del processo di differenziazione si possono ancora trovare microtubuli vicino al plasmalemma. Questi, d'altra parte, sono sempre assenti a differenziazione ultimata.

L'attività piuttosto scarsa dei dittiosomi da noi constatata in *Psilotum nudum* durante il processo d'ispessimento della parete della cellula cribrosa è in contrasto con quanto riportato da alcuni autori per altre piante (cfr. per es. BUVAT 1963; LAFLÈCHE 1966; NORTHCOTE e WOODING 1966; LIBERMAN-MAXE 1971).

Nelle infossature delle pareti che separano le cellule cribrose dalle parenchimatiche non sono state osservate evidenti connessioni citoplasmatiche attraverso plasmodesmi, a differenza di quanto descritto da LIBERMAN-MAXE (1971) per *Polypodium vulgare*. Simili depressioni nella parete, ma con plasmodesmi (punteggiature primarie) sono state osservate nelle Angiosperme (ESAU e CHEADLE 1965; EVERT *et al.* 1966; LAFLÈCHE 1966).

Per quanto non siano stati colti quadri chiari della degenerazione del nucleo, si ritiene che questo evento sia uno dei primi che hanno luogo nel corso della differenziazione, poiché tutte le cellule nucleate osservate si presentano normali per quel che riguarda gli organuli citoplasmatici.

L'unico componente cellulare che presenta segni di alterazione in cellule col nucleo intatto è il tonoplasto, che può assumere per certi tratti caratteristiche convessità verso il lume del vacuolo. La porzione di citoplasma che riempie questa convessità appare chiara e priva di organuli. Una situazione simile è riportata per *Cucurbita pepo* da BUVAT (1963), per *Phaseolus vulgaris* da LAFLÈCHE (1966), per *Typha latifolia* da BEHNKE (1969) e per *Polypodium vulgare* da LIBERMAN-MAXE (1971). Questi autori la interpretano come un distacco del tonoplasto dal citoplasma, con conseguente formazione di una zona citoplasmatica diluita in seguito al mescolamento del contenuto vacuolare col citoplasma fondamentale. Altri autori interpretano questi aspetti come artefatti, che sarebbero comunque indice di una situazione di anormalità.

Dopo la scomparsa del tonoplasto nel lume cellulare viene a trovarsi un

miscuglio di succo vacuolare e di ialoplasma (BUVAT 1963; ESAU e CHEADLE 1965; ENGLEMAN 1965*b*), riconducibile in certo modo al *mictoplasma* di ENGLEMAN (1965*b*), nel quale questo autore, riferendosi alle piante superiori, include anche le P-proteine. Questo particolare citoplasma fondamentale è elettrone trasparente e in esso compare una grande quantità di vescicole e di tubuli slargati.

Strutture simili sono state osservate da molti autori nel corso della differenziazione degli elementi cribrosi di diverse piante, e sono state considerate come modificazioni delle membrane citoplasmatiche, soprattutto del reticolo endoplasmatico (ESAU 1964; EVERT e MURMANIS 1965; ESAU e CHEADLE 1965; ENGLEMAN 1965*b*; EVERT *et al.* 1966). KOLLMANN e SCHUMACHER (1964) invece ritengono che possa trattarsi di artefatti dovuti alla delicatezza di queste membrane.

Le cellule cribrose di *Psilotum nudum*, come si è visto, sono assai ricche di strutture membranose, che compaiono dopo la disintegrazione del tonoplasto e che si mantengono sotto varie forme anche nella cellula matura. Queste strutture sono almeno in parte — le piccole e medie vescicole e i tubuli liberi nel lume e aderenti al plasmalemma — derivate dal reticolo endoplasmatico, come fanno ritenere anche i tratti di tubuli dilatati che si osservano in alcuni casi (Fig. 19). WARK e CHAMBERS (1965) e KOLLMANN e SCHUMACHER (1962*b*) riportano quadri analoghi rispettivamente per *Pisum sativum* e per *Metasequoia glyptostroboides*. È chiaro però che una parte delle vescicole sono di origine dittiosomica. Per i grossi ammassi disordinati di membrane, simili a quelli riportati da MAXE (1964) per *Polypodium vulgare* e da WOODING (1966) per *Pinus pinea* è più difficile risalire all'origine.

Di particolare interesse è il caso delle vescicole, spesso molto grandi, presenti in *Psilotum* nelle cellule cribrose in differenziazione, la membrana delle quali è in connessione con il plasmalemma. Esse pongono il problema dell'origine di quelle grosse vescicole, libere nel lume cellulare ma assai simili a queste, che si trovano frequentemente nelle cellule mature. Vescicole in continuazione col plasmalemma, ma di dimensioni inferiori, sono riportate per vari tipi di cellule da BUVAT (1958) in *Elodea canadensis*, da WALKER e BISALPUTRA (1967) in *Helianthus annuus* e da MESQUITA (1970) in *Allium cepa*. BUVAT (1963) ha osservato delle vescicole di questo tipo («vescicules membranaires») anche nel corso della differenziazione dei tubi cribrosi di *Cucurbita pepo*.

Non sono mai state osservate in *Psilotum nudum* quelle caratteristiche formazioni costituite da numerose membrane ordinatamente appressate, così frequenti nelle piante superiori (BOUCK e CRONSHAW 1965; EVERT *et al.* 1966; TAMULEVICH e EVERT 1966; ESAU e CRONSHAW 1968*b*; EVERT e

DESPANDE 1969; ESAU e GILL 1971), riscontrate anche in *Polypodium vulgare* (MAXE 1966; LIBERMAN-MAXE 1971: cfr. Tav. VII, b).

I corpi citoplasmatici elettrocondensi risultano essere una componente costante degli elementi cribrosi delle Pteridophyta. Infatti gli studi al microscopio ottico hanno messo in luce delle sferule rifrangenti, riconducibili a questi corpi, in tutte le Pteridophyta prese in esame (POIRAULT 1893; LAMOUREUX 1961; HÉBANT 1969). In *Psilotum* le sferule sono state osservate da FORD (1904). Secondo LIBERMAN-MAXE (1971), che per prima ha descritto questi corpi al microscopio elettronico, essi si formerebbero nelle estremità dilatate di cavità del reticolo endoplasmatico. La funzione di questi corpi non è nota. Le prove istochimiche hanno dimostrato che essi danno le reazioni delle sostanze proteiche (LAMOUREUX 1961; LIBERMAN-MAXE 1971).

L'assenza dei ribosomi e dei dittiosomi negli elementi cribrosi maturi riscontrata in *Psilotum nudum* trova conferma nei dati della letteratura (ESAU 1964; KOLLMAN e SCHUMACHER 1964; ENGLEMAN 1965*b*; ESAU e CHEADLE 1965; EVERT e MURMANIS 1965; EVERT *et al.* 1966; MURMANIS e EVERT 1966; EVERT e DESPANDE 1969; BEHNKE 1969; LIBERMAN-MAXE 1971).

Anche la persistenza dei mitocondri nelle cellule differenziate di *Psilotum* si accorda con quanto è stato osservato nelle piante superiori (BUVAT 1963; BOUCK e CRONSHAW 1965; ENGLEMAN 1965*b*; ESAU e CHEADLE 1965; EVERT *et al.* 1966; NORTHCOTE e WOODING 1966; WOODING 1966; ESAU e CRONSHAW 1968*b*; ZEE e CHAMBERS 1968). Tuttavia, per quanto ci consta, la persistenza di questi organuli nelle cellule cribrose delle Pteridophyta è stata stabilita solo dagli studi di LIBERMAN-MAXE (1971) al microscopio elettronico. Infatti ESAU (1969), passando in rassegna le notizie sul cribro delle Pteridophyta fornite dalla microscopia ottica, non ne fa menzione.

La forma sempre rotondeggiante dei mitocondri della cellula cribrosa matura, in contrasto con quella anche allungata della cellula cribrosa giovane, è stata riscontrata anche da LIBERMAN-MAXE (1971) in *Polypodium vulgare*. Le creste dilatate e una certa disorganizzazione interna del mitocondrio possono essere indici di uno stato degenerativo oppure possono essere da imputarsi ad artefatti, considerata la delicatezza di questi organuli (ESAU e CRONSHAW 1968*a*).

Anche i plastidi sono stati regolarmente osservati negli elementi cribrosi, immaturi e maturi, delle piante superiori (ENGLEMAN 1965*b*; BOUCK e CRONSHAW 1965; TAMULEVICH e EVERT 1966; NORTHCOTE e WOODING 1966; ESAU e CRONSHAW 1968*a*, 1968*b*; ZEE e CHAMBERS 1968), sia pure con qualche discordanza (ESAU e CHEADLE 1965; EVERT e MURMANIS 1965). La loro presenza nelle Pteridophyta è riportata da LIBERMAN-MAXE (1971).

Le notevoli modificazioni presentate dai plastidi della cellula cribrosa

matura di *Psilotum nudum* sembrano interpretabili come espressioni di processi degenerativi. La letteratura informa che fatti degenerativi nei plastidi degli elementi maturi del cribro sono stati osservati in tutte le piante prese in esame. Essi consistono generalmente in una diminuzione del sistema tilacoidale e in una rarefazione della matrice (BOUCK e CRONSHAW 1965; ENGLERMAN 1965b; ZEE e CHAMERS 1968; EVERT e DESPANDE 1969). In *Psilotum* però i plastidi delle cellule mature sono diversi dai plastidi degenerati già descritti: la matrice, entro la quale non si notano tilacoidi, si presenta granulata e non rarefatta e in essa, oltre a frequenti plastoglobuli, si notano delle vescicole elettrortrasparenti, sulla cui origine poco si può dire di accertato. Plastidi delimitati da una sola membrana sono stati descritti anche per *Polydium vulgare* (LIBERMAN-MAXE 1971).

Le grosse inclusioni elettrondense, riscontrate con una certa frequenza in *Psilotum* nei plastidi della cellula cribrosa e che appaiono talvolta contornate da una membrana, ricordano i « corpi opachi » descritti in plastidi di cellule non cribrose di alcune Angiosperme (GEROLA e DASSÙ 1960, in *Helianthus tuberosus*; PALANDRI 1967, in *Spathiphyllum wallisii*; PELLEGRINI e GEROLA 1969, in *Ocimum basilicum*). È stato prospettato che la presenza di queste strutture nei plastidi rappresenti « ...un punto di arrivo di una evoluzione svoltasi in maniera anomala a causa delle disadatte condizioni d'ambiente » (da GEROLA e DASSÙ 1960, pag. 73). Questa interpretazione potrebbe essere applicata anche ai plastidi del tessuto cribroso di *Psilotum*; deve tuttavia esser tenuto presente che nei casi precedentemente riferiti i plastidi con corpi opachi si erano mostrati suscettibili di una differenziazione normale, che avveniva in alcuni casi come processo naturale, in altri perché erano state create le condizioni sperimentali adatte. In cellule altamente specializzate come le cribrose sembrerebbe da escludersi che una simile potenzialità possa essere mantenuta.

La constatazione che delle vere perforazioni costituiscono le aree cribrose di *Psilotum* presenta un notevole interesse, poiché mette in luce che anche in questa Pteridophyta dai caratteri così primitivi le aree cribrose mostrano caratteristiche simili a quelle delle piante superiori. Nelle Pteridophyta la presenza di pori pervi era già stata osservata in *Polypodium vulgare* (MAXE 1964), che peraltro è meno primitivo.

Le aree cribrose sono localizzate in massima parte sulle pareti terminali; la quasi totale assenza di aree cribrose sulle pareti longitudinali è da imputarsi al fatto che in *Psilotum* le cellule cribrose sono solo molto raramente affiancate da altri elementi cribrosi ma comunicano tra loro quasi sempre solo attraverso le pareti terminali.

È notevole però, specialmente dal punto di vista filogenetico, l'osservazione che le pareti terminali su cui si formano le aree cribrose hanno un

andamento obliquo (Fig. 31) o addirittura trasversale (Fig. 29) e soprattutto che tali pareti sono ben differenziate dalle longitudinali. Nelle piante superiori — le più studiate riguardo all'evoluzione del tessuto cribroso — la differenziazione di una parete terminale e l'orientamento trasversale di questa sono considerati indici di un elevato grado evolutivo. È perciò notevole che questi caratteri si manifestino anche in *Psilotum*, soprattutto se si tiene conto che in altre Pteridophyta, che per altri aspetti si presentano più evolute, come *Lycopodium* e molte Felci, le pareti trasverse sono da oblique a molto oblique e talvolta neanche nettamente differenziate dalle longitudinali (ESAU 1969).

La presenza nelle cellule cribrose di *Psilotum* di pori perfettamente pervi e di pareti terminali con caratteristiche evolute ci sembrano pertanto caratteri degni di essere presi in considerazione per lo studio filogenetico delle Pteridophyta.

L'assenza del calloso nelle aree cribrose è stata più volte constatata in diverse Pteridophyta e in particolare anche in *Psilotum* (LAMOUREUX 1961).

Molto evidente è l'ostruzione dei pori per opera di materiale elettron-denso, che sembra essere di natura membranosa. Membrane nel lume dei pori sono state osservate in *Polypodium* (MAXE 1964) ed in alcune Gimnosperme (KOLLMANN e SCHUMACHER 1962a; MURMANIS e EVERT 1966; WOODING 1966). Sono state portate prove convincenti che nelle Angiosperme, dove il materiale che occlude i pori è costituito soprattutto da P-proteina (ENGLEMAN 1963; ESAU 1964; EVERT e MURMANIS 1965; TAMULEVICH e EVERT 1966; NORTHCOLE e WOODING 1966; CRONSHAW e ESAU 1967), i pori sarebbero aperti in vivo e verrebbero ostruiti in seguito a squilibri di pressione causati dal taglio (ESAU e CHEADLE 1965; ENGLEMAN 1965a; ANDERSON e CRONSHAW 1969; CRONSHAW e ANDERSON 1969; ANDERSON e CRONSHAW 1970a, 1970b). In *Psilotum*, dove i pori sono occlusi da materiale addensato molto fittamente, è probabile che per il medesimo fenomeno alcuni componenti citoplasmatici, probabilmente membrane, che si ritrovano in prossimità dei pori, vengano forzati dentro il lume di questi.

Ringraziamento. — Siamo molto grati al Prof. FERNANDO FABBRI, che oltre ad averci affidato l'argomento ci ha seguito col suo consiglio critico, sia durante l'esecuzione della ricerca sia durante la stesura di questa nota.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON R. and CRONSHAW J., 1969. — *The effects of pressure release on the sieve plate pores of Nicotiana*. J. Ultrastr. Res., 29: 50-59.
 —, 1970a. — *Sieve plate pores in Tobacco and Bean*. Planta, 91: 173-180.
 —, 1970b. — *Sieve element pores in Nicotiana pith culture*. J. Ultrastr. Res., 32: 458-471.
 BEHNKE D. H., 1969. — *Aspekte der Siebröhren-Differenzierung bei Monocotylen*. Protoplasma, 68: 289-314.

- BOUCK G. B. and CRONSHAW J., 1965. — *The fine structure of differentiating sieve tube elements*. J. Cell Biol., 25: 79-96.
- BUVAT R., 1958. — *Recherches sur les infrastructures du cytoplasme, dans les cellules du méristème apical des ébauches foliaires et des feuilles développées d'Elodea canadensis*. Ann. Sci. Nat. Bot. Biol. Veg. Ser. 11°, 19: 121-162.
- , 1963. — *Les infrastructures et la différenciation des cellules criblées de Cucurbita pepo L.* Portugal. Acta Biol., Ser. A, 7: 249-299.
- CRONSHAW J., 1967. — *Tracheid differentiation in Tobacco pith cultures*. Planta, 72: 78-90.
- CRONSHAW J. and ANDERSON R., 1969. — *Sieve plate pores in Nicotiana*. J. Ultrastr. Res., 27: 134-148.
- CRONSHAW J. and ESAU K., 1967. — *Tubular and fibrillar components of mature and differentiating sieve elements*. J. Cell Biol., 34: 801-815.
- ENGLERMAN E. M., 1963. — *Fine structure of proteinaceous substance in sieve tubes*. Planta, 59: 420-426.
- , 1965a. — *Sieve elements of Impatiens sultanii*. 1. Wound reaction. Ann. Bot., 26: 83-101.
- , 1965b. — *Sieve elements of Impatiens sultanii*. 2. Developmental aspects. Ann. Bot., 29: 103-118.
- ESAU K., 1964. — *Aspects of the ultrastructure of phloem*. In: « The Formation of Wood in Forest Trees », Ed. by Zimmermann, Academic Press, New York.
- , 1969. — *The phloem*. In: « Encyclopedia of Plant Anatomy », 5, Borntraeger, Berlin.
- ESAU K. and CHEADLE V. J., 1965. — *Cytologic studies on phloem*. Univ. Calif. Publ. Bot., 36: 253-344.
- ESAU K. and CRONSHAW J., 1968a. — *Plastids and mitochondria in the phloem of Cucurbita*. Can. J. Bot., 46: 877-880.
- , 1968b. — *Endoplasmic reticulum in the sieve element of Cucurbita*. J. Ultrastr. Res., 23: 1-14.
- ESAU K. and GILL R. H., 1971. — *Aggregation of endoplasmic reticulum and its relation to the nucleus in a differentiating sieve element*. J. Ultrastr. Res., 34: 144-158.
- EVERT R. F. and DESPANDE B. P., 1969. — *Electron microscope investigation of the sieve element ontogeny and structure in Ulmus americana*. Protoplasma, 68: 403-432.
- EVERT R. F. and MURMANIS L., 1965. — *Ultrastructure of the secondary phloem of Tilia americana*. Amer. J. Bot., 52: 95-106.
- EVERT R. F., MURMANIS L. and SACHS I. B., 1966. — *Another view of the ultrastructure of Cucurbita phloem*. Ann. Bot., 30: 563-585.
- FORD S. O., 1904. — *The anatomy of Psilotum triquetrum*. Ann. Bot., 18: 589-605.
- GEROLA F. M. e DASSÙ G., 1960. — *L'evoluzione dei cloroplasti durante l'inverdimento sperimentale di frammenti di tuberi di Topinambour (Heliantus tuberosus)*. N. Giorn. Bot. Ital., n.s., 67: 63-78.
- HEBANT C., 1969. — *Observations sur le phloème de quelque Filicinées tropicales*. Nat. Monsp. Sér. Bot., 20: 135-196.
- KOLLMANN R. und SCHUMACHER W., 1962a. — *Über die Feinstruktur des Phloems von Metasequoia glyptostroboides und seine Jahreszeitlichen Veränderungen. II. Vergleichende Untersuchungen der Plasmatischen Verbindungsbrücken in Phloemparenchymzellen und Siebzellen*. Planta, 58: 366-386.
- , 1962b. — *III. Die Reaktivierung der Phloemzellen in Frühjahr*. Planta, 59: 195-221.
- , 1964. — *V. Die Differenzierung der Siebzellen in Verlaufe eine Vegetationsperiode*. Planta, 63: 155-190.
- LAFLECHE D., 1966. — *Ultrastructure et cytochimie des inclusions flagellées des cellules criblées de Phaseolus vulgaris*. J. Microscopie, 5: 493-510.
- LAMOUREUX C. H., 1961. — *Comparative studies on phloem of vascular cryptogams*. Diss. Univ. California, (non cons. orig. in ESAU 1969).
- LEDBETTER M. C. and PORTER K. R., 1963. — *A « microtubule » in plant cell fine structure*. J. Cell Biol., 19: 239-250.
- LIEBERMAN-MAXE M., 1968. — *Differenciation des pores dans les cellules criblées de Polypodium vulgare (Polypodiaceé)*. Compt. Rend. Acad. Sci., 266: 767-769.

- , 1971. — *Etude cytologique de la différenciation des cellules criblées de Polypodium vulgare* (Polypodiaceae). *J. Microscopie*, 12: 271-288.
- LUFT J. H., 1961. — *Improvements in epoxy resin embedding method*. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 6: 507-512.
- MAXE M., 1964. — *Aspects infrastructuraux des cellules criblées de Polypodium vulgare* (Polypodiaceae). *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 258: 5701-5704.
- , 1966. — *Etude de la dégénérescence nucléaire dans les cellules criblées de Polypodium vulgare* (Polypodiaceae). *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 262: 2211-2214.
- MESQUITA J. F., 1970. — *Etude ultrastructurale des vésicules associées aux parois cellulaires dans les racines de l'Allium cepa L. et du Lupinus albus L. (vésicules plasmalemmiques et plasmalemmasomes)*. *Rev. Cytol. Biol. Veg.*, 33: 235-264.
- MURMANIS L. and EVERT R. F., 1966. — *Some aspects of sieve cell ultrastructure in Pinus strobus*. *Amer. J. Bot.*, 53: 1065-1078.
- NEWCOMB E. H., 1969. — *Plant microtubules*. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 20: 253-288.
- NORTHCOTE D. H. and WOODING F. B. P., 1966. — *Development of sieve tubes in Acer pseudoplatanus*. *Proc. Roy. Soc., B.*, 163: 524-537.
- PALANDRI M., 1967. — *Modificazioni ultrastrutturali presentate dai plastidi della spata nel corso dell'inverdimento in Spathiphyllum wallisii Regel*. *Caryologia*, 20: 273-285.
- PELLEGRINI S. and GEROLA F. M., 1969. — *Chloroplasts with an « opaque body » in Basil (Ocimum basilicum L.)*. *J. Submicr. Cytol.*, 1: 53-68.
- POIRAULT G., 1893. — *Recherches anatomiques sur les cryptogames vasculaires*. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 18: 113-256.
- ROELOFSEN P. A., 1965. — *Ultrastructure of the wall in growing cells and its relation to the direction of the growth*. *Adv. Bot. Res.*, 2: 69-149.
- TAMULEVICH S. R. and EVERT R. F., 1966. — *Aspects of sieve element ultrastructure in Primula obconica*. *Planta*, 69: 319-337.
- WALKER W. S. and BISALPUTRA T., 1967. — *The fine structure of vesicles associated with the cell surface in Helianthus shoot tissue*. *Can. J. Bot.*, 45: 2103-2108.
- WARK M. C. and CHAMBERS T. C., 1965. — *Fine structure of the phloem of Pisum sativum*. *Austr. J. Bot.*, 13: 171-183.
- WOODING F. B. P., 1966. — *The development of the sieve elements of Pinus pinea*. *Planta*, 69: 230-243.
- ZEE S. Y. and CHAMBERS T. C., 1968. — *Fine structure of the primary root phloem of Pisum*. *Austr. J. Bot.*, 16: 37-47.

RIASSUNTO

Vengono riferiti i primi risultati di un esame ultrastrutturale condotto sulle cellule cribrose allo stadio giovanile e adulto dei fusti aerei di *Psilotum nudum* (L.) Beauv.

In prossimità degli apici, la cellula cribrosa immatura, pur presentandosi assai simile alle cellule circostante destinate a divenire cellule parenchimatiche, si distingue da queste perché nel suo citoplasma si trovano dei corpi molto elettrodensi, propri delle cellule cribrose delle Pteridophyta. Le pareti inoltre sono generalmente più ispessite di quelle delle altre cellule.

Il processo di differenziazione comprende una sequenza di eventi simile a quella osservata in *Polypodium* (unica Pteridofita di cui la letteratura fornisca delle notizie a questo proposito), riportabile anche a quanto avviene nelle piante superiori. La degenerazione del nucleo e la disintegrazione del tonoplasto sono i primi atti del processo, seguiti dalla comparsa nel citoplasma fondamentale, che diviene sempre più elettronegativa, di materiale membranoso in quantità e forma variabile da cellula a cellula, almeno in parte derivato dal reticolo endoplasmatico; quest'ultimo perde sempre più il suo aspetto normale. I ditiiosomi e i ribosomi e, in prossimità del plasmalemma, i microtubuli sono presenti durante il processo di differenziazione.

La cellula matura è un elemento allungato, con pareti ispessite, nel cui citoplasma, che appare vuoto, si riscontrano, oltre a numerosi corpi elettronegativi, delle strutture membranose sotto forma di aggregati disordinati, tubuli e soprattutto vescicole. I ribosomi, i ditiiosomi e i

microtubuli non sono mai stati osservati. Sono presenti i mitocondri e i plastidi che appaiono tuttavia modificati rispetto a quelli della cellula giovane.

Le aree cribrose, che si differenziano a maturità, sono costituite da aggruppamenti di pori che sono delle vere perforazioni. Le aree cribrose si formano su pareti terminali ben differenziate con andamento obliquo o trasversale. La presenza di pori pervi e di pareti terminali ben differenziate sono caratteri interessanti dal punto di vista filogenetico.

Non è stato osservato calloso.

A conferma di quanto era stato osservato per mezzo della microscopia ottica in tutte le Pteridophyta, le P-proteine sono risultate assenti. La mancanza di P-proteine e la presenza di corpi elettrondensi sarebbero i caratteri distintivi degli elementi cribrosi delle Pteridophyta rispetto a quelli delle piante superiori.

SUMMARY

Observations on the ultrastructure of the sieve cells of Psilotum nudum (L.) Beauv.

In the present paper the results of an electron microscopic investigation on mature and immature sieve cells from aerial stems of *Psilotum nudum* (L.) Beauv. are reported.

In proximity of shoot apices, the immature sieve cells look alike the parenchymatous ones which surround them, but since the early stages of development, electron-opaque globules, which are a characteristic feature of the sieve cells of Pteridophyta, are found in their cytoplasm. Besides, walls are thicker than those of the other cells.

During the differentiation of the sieve cells, a succession of events takes place, similar to that observed in *Polypodium* (the only Pteridophyta whose developmental stages are reported in literature) and also recalling what happens in higher plants. Nuclear degeneration and tonoplast breakdown occur firstly; later, vesicles and other membranous material are found in the cytoplasm, which becomes electron-transparent. Endoplasmic reticulum is no longer present in its usual form, and it is supposed it has dissociated into vesicles. Ribosomes, dictyosomes and, close to the plasmalemma, microtubules are present during the differentiation.

The mature cell is an elongated element with thick walls; many electron-opaque globules and more or less abundant membranous material in form of disordered aggregates, tubules and vesicles are found in the cytoplasm, which is optically empty. Ribosomes, dictyosomes and microtubules have never been observed. Mitochondria and plastids, though modified, are present.

Sieve areas develop late during differentiation of sieve cells. The pores of the sieve areas are open, as their continuity through the walls has been ascertained. Sieve areas occur on end walls, which are oblique or transverse, and well differentiated from the lateral ones.

The occurrence of open pores and of differentiated end walls may be phylogenetically interesting characteristics.

P-protein is absent in the sieve cells of *Psilotum*. As the absence of P-protein has been regularly observed in Pteridophyta it may be considered, together with the presence of electron-opaque globules, a distinguishing feature of the sieve elements of cryptogams.

Direttore responsabile

Prof. Dr. ELEONORA FRANZINI CORTI

Redattore

Dr. EMILIA MESSERI CHIARUGI

Stampato a Firenze dalla Grafica Toscana s.a.s. - clichés della Fotoincisione « Florentia »

Decreto del Tribunale di Firenze n. 478 in data 13 luglio 1951