

ORESTE PELLEGRINI

Esperimenti chirurgici sul comportamento del meristema radicale di *Phaseolus vulgaris* L.

PREMESSA

Riguardo alla rigenerazione degli apici radicali è ben noto fin dalle classiche esperienze di FRANK (1868) e di LO PRIORE (1896) che essi possono rigenerarsi completamente quando vengono sottoposti a spacchi longitudinali mediani.

Negli anni più recenti, al fine di indagare la natura ed il comportamento del meristema radicale delle piante superiori, sono state compiute ricerche sperimentali con tecniche diverse. Così BRUMFIELD (1943) studia l'azione dei raggi X sui meristemi radicali di *Vicia faba* e *Crepis capillaris* concludendo che vicino all'asse dell'apice radicale vi sono circa tre iniziali giacenti l'una vicino all'altra in uno stesso piano orizzontale e che i derivati di ciascuna di queste iniziali possono formare una parte di tutti i tessuti della radice. Successivamente GUTTENBERG (1947), studiando lo sviluppo degli apici radicali delle dicotiledoni, ammette che all'estremità dell'apice radicale esiste, similmente a quanto si osserva in molte Pteridofite, una sola cellula iniziale centrale, la quale rappresenta il centro di sviluppo da cui derivano gli istogeni.

Tanto la teoria di GUTTENBERG quanto quella di BRUMFIELD vengono criticate da CLOWES (1950), il quale studiando il meristema radicale di *Fagus silvatica* postula l'esistenza di un «centro citogenerativo» o «promeristema» multicellulare. Siccome le iniziali delle varie parti del promeristema sono abbastanza distinte, Egli ritiene accettabile una teoria degli istogeni. Successivamente (1953, 1954), mediante tecniche chirurgiche Egli si

adopera a dimostrare la sua tesi su apici radicali di struttura diversa.

Molto recentemente infine BALL (1956a) studia dapprima l'origine della radice primaria in embrioni immaturi di *Ginkgo biloba* coltivati in vitro e trova che in questo stadio le iniziali del meristema situato all'estremità dell'asse ipocotile non rappresentano tutte il meristema della radichetta primaria, ma queste si originano dai tre quarti interni di tali iniziali. I successivi esperimenti eseguiti su tali embrioni (1956b) lo portano alla conclusione che non vi è predeterminazione nel differenziamento delle iniziali radicali. In tal modo, almeno nel caso esaminato da BALL, non risulterebbe dimostrata una teoria degli istogeni.

Come si può dunque dedurre da questo breve sguardo della letteratura, allo stato attuale le acquisizioni sulla natura ed il comportamento dei meristemi radicali delle piante superiori sono tutt'altro che concordi. Per tale motivo ho creduto utile studiare sperimentalmente il meristema radicale di embrioni di fagiolo, avvalendomi di tecniche chirurgiche, con la speranza di portare un contributo all'interessante argomento.

MATERIALE E METODO

Le operazioni, eseguite sugli embrioni di *Phaseolus vulgaris* all'inizio della germinazione, consistevano nel produrre dei tagli longitudinali sull'apice radicale, con l'aiuto di un microscalpello e di un binoculare da dissezione. Alcuni di questi tagli venivano fatti in un piano quasi perfettamente mediano in modo da attraversare la regione delle iniziali e dividerla in due parti approssimativamente uguali. Molte volte il taglio separava l'apice in due parti disuguali ed in questi casi la regione delle iniziali o veniva divisa anch'essa in due parti disuguali o addirittura capitava tutta nel mezzo apice più grosso. Talora invece di un taglio ne furono eseguiti due ad angolo retto in modo da dividere l'apice in quattro parti il più che possibile uguali.

Gli embrioni operati nel modo descritto vennero lasciati in capsula *Petri* e seguiti nel loro sviluppo per un periodo di tempo oscillante da cinque a dieci giorni, durante i quali l'apice radi-

cale veniva fissato ad intervalli di tempo regolari. Una parte del materiale non fu operato ma semplicemente fissato in vari stadi dello sviluppo a partire da una fase ancora immatura dell'embrione. Ciò per seguire il comportamento del meristema radicale in condizioni normali.

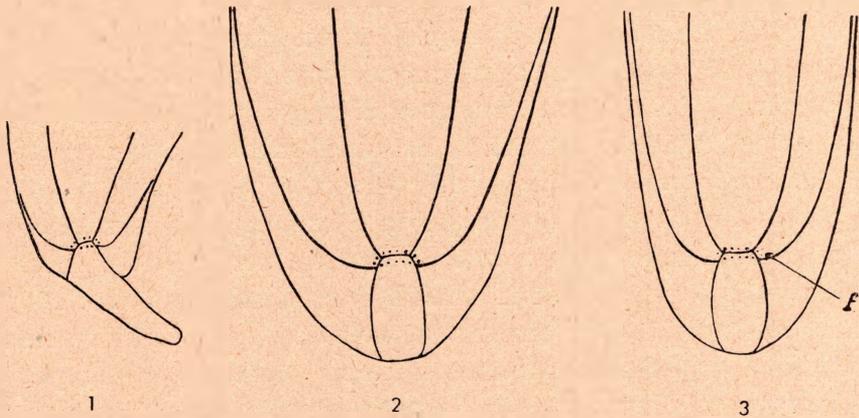
IL DIFFERENZIAMENTO DEL MERISTEMA RADICALE

La struttura dell'apice radicale di *Phaseolus vulgaris* è molto simile a quella già descritta da CLOWES per *Vicia faba* (1953). Il meristema radicale viene prodotto da un gran numero di iniziali, le quali costituiscono il promeristema. Queste iniziali intensamente cromofile sono riconoscibili in uno stadio ancora immaturo dell'embrione (Tav. I, 1), nel quale sono disposte intorno all'asse embrionale in due piani orizzontali pluricellulari, distinguibili l'uno dall'altro sia per la direzione delle segmentazioni cellulari, prevalentemente diversa, sia per la loro posizione rispetto ai tessuti meristemati che da essi derivano. Dal piano superiore si differenziano verso l'alto elementi che vanno a formare il pleroma, dal piano inferiore prendono origine per segmentazioni prevalentemente trasversali gli elementi della regione centrale della cuffia, la columella (fig. 1). Ai margini di questi due piani, nella figura lateralmente, si osservano le iniziali del periblema, da cui derivano anche gli elementi della regione periferica della cuffia e l'epidermide.

Successivamente, con la maturazione dell'embrione, il promeristema diventa molto più ampio per l'aumento del numero delle sue cellule (fig. 2; Tav. I, 2). In questo stadio dello sviluppo tali cellule non rappresentano ancora le vere iniziali dell'apice radicale, in quanto dalle iniziali del periblema e del pleroma si differenziano elementi che vanno a far parte dell'ipocotile in via di differenziamento. Con la germinazione dell'embrione l'apice diminuisce di ampiezza, ma non il promeristema, che rappresenta adesso il centro di costruzione della radichetta primaria (fig. 3).

EFFETTI DEI TAGLI LONGITUDINALI

Quando l'apice viene diviso in due metà approssimativamente uguali, ciascuna di esse si rigenera riformando la parte mancante. Tale rigenerazione in condizioni di temperatura di 20-25°C., può incominciarsi ad osservare macroscopicamente anche due giorni dopo l'operazione. Difatti dopo due giorni dal taglio, ciascun mezzo apice incomincia ad arrotondarsi alla sua estremità e nei giorni seguenti questo arrotondamento si estende gradualmente in direzione basifuga. Alcune ore dopo il taglio le due



Tre sezioni longitudinali mediane schematiche della regione radicale di *Phaseolus vulgaris* per mostrare il differenziamento della radichetta e del promeristema. Fig. 1: embrione ancora immaturo. Fig. 2: embrione maturo. Fig. 3: embrione all'inizio della germinazione. *p*, promeristema. (Spiegazioni dettagliate nel testo).

mezze radichette subiscono quei caratteristici movimenti di curvatura e di torsione descritte dal LO PRIORE e noti sotto il nome di traumatopismi. In alcuni casi tali movimenti sono molto accentuati e disturbano la rigenerazione dei mezzi apici, i quali si arrotolano a spirale l'uno sull'altro. Ad ovviare questo inconveniente si può interporre fra le superfici di taglio un setto separatore, come un frammento di mica.

E' interessante seguire la rigenerazione delle iniziali radi-

cali in rapporto a quella dei tessuti meristematici che da esse derivano, perchè in questo modo potrà essere chiarito il vero funzionamento dell'apice radicale e la parte che in esso hanno le iniziali e gli istogeni.

In una sezione longitudinale mediana normale al taglio, eseguita dopo ventiquattro ore dalla operazione (Tav. I, 5) si può osservare che le due parti hanno subito un certo accrescimento in lunghezza, ma l'attività rigenerativa è appena agli inizi. A forte ingrandimento (Tav. I, 6) si può però notare che nei tessuti meristematici situati al disotto della superficie di taglio parecchie cellule si trovano in attività cariocinetica e le divisioni avvengono secondo piani prevalentemente longitudinali. Nel promeristema si incominciano ad osservare in tutte le iniziali i primi segni di un'intensa attività segmentativa che porta a ripristinare il loro numero. I risultati di questa attività appaiono più chiari dopo due giorni, quando i due mezzi apici oltre ad essersi allungati notevolmente, presentano al microscopio le estremità quasi completamente riformate, sebbene si possa ancora riconoscere molto bene il lato originario del taglio. Infatti da questa parte (Tav. II, 7, a sinistra) gli elementi meristematici corticali si sono rigenerati per segmentazioni periclinali e le cellule appaiono allungate longitudinalmente. Inoltre lo spessore di questa regione è minore di quella del lato opposto ed i suoi limiti con il cilindro centrale sono meno netti di quelli che si osservano dalla parte non danneggiata.

L'attività in seguito alla quale si rinnova il promeristema non è limitata soltanto alla regione del taglio sebbene quivi sia più intensa, ma appare diffusa a tutti i suoi elementi. In seguito a questa prima fase della rigenerazione le iniziali della columella e specie quelle del pleroma vengono a trovarsi su piani non più trasversali ma alquanto spostati obliquamente (Tav. II, 7). I vari gruppi di iniziali sono però abbastanza distinti e conservano presso a poco gli stessi rapporti di posizione che si osservano in un apice intero. Malgrado questa distinzione, non mi è possibile affermare se le iniziali di un gruppo si sono rinnovate a spese delle stesse iniziali, ovvero hanno avuto origine indifferentemente da iniziali appartenenti ad un qualsiasi gruppo. Ciò che invece dalle presenti osservazioni appare incontestabile è il fatto che determinati tessuti meristematici, i qua-

li erano orientati verso un certo differenziamento, possono cambiare il loro destino. Nella fig. 4 della Tav. I, che rappresenta una sezione longitudinale mediana di un apice spaccato e fissato subito dopo, gli elementi che si trovano dalla parte del taglio rappresentano cellule di pleroma. Nella figura 6 che mostra lo stesso apice dopo ventiquattro ore, si osserva che gli strati superficiali del suddetto meristema, i quali avrebbero sicuramente fatto parte del cilindro centrale, si segmentano attivamente in direzione longitudinale e non c'è dubbio che essi si differenzieranno in cellule corticali.

Dopo tre giorni dalla operazione la regione terminale dell'apice si presenta quasi come nel normale. Le cellule corticali della parte del taglio riacquistano gli stessi caratteri di quelle della parte non danneggiata ed il promeristema, in seguito alla sua attività, che appare svolgersi intorno ad un nuovo centro, riacquista la forma simmetrica che presenta in un apice intero (Tav. III, 10, 11). Il diametro dell'apice rigenerato è inferiore a quello di un apice normale nel medesimo stadio dello sviluppo e ciò è dovuto al minor numero di strati cellulari prodotti dal promeristema. La fig. 12 della Tav. III mostra due mezze radichette ricostituite dopo quattro giorni dal taglio, che dovette essere quasi perfettamente mediano. Una sezione trasversale eseguita in una di esse ad una certa distanza dalla regione delle iniziali (fig. 13), dimostra che il cilindro centrale ha già differenziato ai suoi margini il tessuto procambiale, che si presenta completamente circondato dal periciclo e dalla endodermide. Si può ancora riconoscere il lato originario del taglio specie dal minore spessore che presenta la corteccia nella regione ricostituita e ciò per il fatto che la sezione è stata fatta ad una certa distanza dalla estremità.

Se il taglio viene eseguito in un piano perfettamente mediano ciascuno dei mezzi apici riorganizza il cilindro centrale secondo la normale struttura tetraarca e dopo circa una settimana dalla operazione, dal periciclo ricostituito ha inizio il differenziamento delle radici laterali.

Quando il taglio non separa l'apice in due parti uguali, quella più grossa rigenera molto presto la parte mancante e sviluppandosi prende il sopravvento sull'altra, la quale molto spesso dopo un lieve accrescimento arresta il suo sviluppo. Mi sono

potuto rendere conto che ciò accade quando il taglio non passa attraverso il promeristema oppure quando questo viene separato in due parti molto disuguali. La fig. 8 della Tav. II mostra un apice radicale dopo ventiquattro ore dal taglio che divide il promeristema in parti molto disuguali. Si può osservare che il mezzo apice povero di promeristema si è soltanto debolmente accresciuto ed i suoi tessuti presentano una meristemattività di gran lunga inferiore a quella presentata dall'altro mezzo apice, il quale è in via di attiva e rapida rigenerazione, dimostrata anche dalla intensa attività cariocinetica (fig. 9).

In molti casi ho eseguito sull'apice quattro tagli longitudinali mediani ad angolo retto, in modo da dividere il promeristema in quattro parti approssimativamente uguali. In nessuno di questi casi si è avuta la rigenerazione di qualcuna delle quattro parti in cui fu diviso l'apice, nelle quali dopo ventiquattro ore dai tagli si hanno intensi traumatropismi, dopo di che si ha il completo arresto del loro sviluppo. Questo risultato costituisce la prova che il meristema radicale per poter riformare l'apice ha bisogno di un certo numero minimo di iniziali.

DISCUSSIONE

L'apice radicale di *Phaseolus vulgaris* appare costituito da un *centro citogenerativo* o *promeristema* pluricellulare, similmente a quello descritto da CLOWES per *Vicia faba* (1953). Anche in stadi immaturi dell'embrione non ho mai osservato una sola cellula centrale o poche cellule iniziali, come affermano rispettivamente GUTTENBERG (1947) e BRUMFIELD (1943).

Le iniziali costituenti il promeristema e da cui derivano gli istogeni sono distribuite in due piani orizzontali pluricellulari. Da quello superiore prendono origine gli elementi del cilindro centrale, da quello inferiore si origina la regione centrale della cuffia o *columella*. Ai margini di questi due piani si osservano le iniziali della corteccia radicale, da cui derivano anche la regione periferica della cuffia e l'epidermide.

I tagli longitudinali eseguiti sul meristema radicale dimostrano che due mezzi apici possono svilupparsi ciascuno in una radichetta completa soltanto se il taglio passa attraverso il pro-

meristema. Se questo viene separato in due metà perfettamente uguali, la rigenerazione nei due mezzi apici si compie di pari passo ed essi si allungano ugualmente. Se il taglio, come più spesso accade, separa il promeristema in due parti non uguali, il mezzo apice più grosso si rigenera molto più presto dell'altro e le due radichette hanno uno sviluppo disuguale. Quando infine il promeristema capita tutto o quasi tutto da una parte, questa rigenera molto presto la parte mancante, mentre i tessuti del mezzo apice privo o povero di promeristema, dopo essersi debolmente accresciuti, perdono i loro caratteri meristemati ed arrestano il loro sviluppo.

Quest'ultimo risultato è importante perchè dimostra il ruolo che ha il promeristema nel funzionamento dell'apice radicale non soltanto nella produzione degli istogeni, ma anche nel mantenere in questi i caratteri meristemati. D'altra parte il fatto che il mezzo apice arresta il suo sviluppo anche se in esso capita il promeristema ma in piccola parte, costituisce la prova che il detto promeristema per poter funzionare ha bisogno di un certo numero minimo di iniziali. Questa tesi è confermata dall'esperimento dei due tagli longitudinali. Quando infatti l'apice e quindi il promeristema, mediante due tagli longitudinali mediani ad angolo retto, vengono divisi in quattro parti il più che possibile uguali, nessuna di queste è capace di rigenerarsi. Questi risultati sono d'accordo con il suggerimento di CLOWES (1953, 1954) secondo cui nel promeristema esisterebbe un «minimal constructional centre», necessario per mantenere i caratteri dei complessi cellulari.

Riguardo alla teoria degli istogeni posso affermare che i suoi elementi costitutivi derivati dalle corrispondenti iniziali, non hanno un destino predeterminato. Ciò è dimostrato dal fatto che in un apice spaccato longitudinalmente, elementi di pleroma, i quali certamente si sarebbero differenziati in cellule del cilindro centrale, cambiano il loro orientamento differenziandosi in elementi corticali. E' interessante rilevare il fatto che nel caso suesposto gli strati di pleroma all'inizio della loro attività rigenerativa vengono a trovarsi inferiormente in contatto con le iniziali corticali, le quali si trovano più avanti in questo processo di rigenerazione. Ciò induce a pensare che questi cambia-

menti nell'orientamento differenziativo dei meristemi possano essere indotti proprio dal centro citogenerativo.

Da quanto si è detto appare chiaro che la teoria degli istogeni, nella maniera concepita da HANSTEIN non può essere valida, in quanto questi tessuti meristemati, in determinate condizioni possono cambiare il loro destino, il quale sembra piuttosto dipendere dalle cellule del promeristema.

Ma proprio per quest'ultimo fatto ci si può allora chiedere se il problema non possa essere spostato dagli istogeni alle rispettive iniziali, a cui sembra condizionato il loro determinismo. Sono cioè queste iniziali totipotenti oppure vi è predeterminazione nella loro formazione? A questo proposito si possono riportare i risultati ottenuti da BRUMFIELD (1943). Questo Autore mediante applicazione di raggi X indusse nei meristemi radicali di *Vicia faba* e *Crepis capillaris* cariotipi aberranti ed osservando successivamente la distribuzione delle cellule derivate dalle iniziali si accorse di aver ottenuto delle chimere settoriali, nelle quali i cariotipi aberranti spesso si estendevano attraverso la stele, la corteccia e l'epidermide, fatto contrastante con la teoria degli istogeni di HANSTEIN. Basandosi su questi risultati BRUMFIELD concluse che ciascuna delle iniziali può formare una parte di tutti i tessuti della radice.

Io ho notato che i vari gruppi di iniziali di un apice in via di rigenerazione diventano subito abbastanza distinti gli uni dagli altri. Ciò nondimeno non mi è possibile affermare se iniziali appartenenti ad un determinato gruppo si rinnovano sempre a spese delle stesse iniziali. A me sembra più verosimile ammettere che esse siano totipotenti e che la differenziazione dei caratteri cellulari la quale comporta la loro distinzione nei vari gruppi, sia un fatto secondario dipendente da cause fisiologiche. Secondo BALL (1956b) in *Ginkgo biloba* la determinazione delle varie iniziali dipenderebbe dalla posizione che esse assumono nell'apice.

In ogni caso le precedenti osservazioni dimostrano chiaramente l'importanza che ha il promeristema nel funzionamento dell'apice radicale ed il fatto che da mezzo apice può essere costituito un apice intero con le medesime caratteristiche che esso presenta nel normale, deve proprio attribuirsi alle capacità regolative di questa regione. E' probabile che il promeristema

possa essere riguardato come il *centro organizzatore primario* dell'apice radicale, il quale anche in proporzioni ridotte, entro certi limiti, è capace di riformare in ogni sua parte la regione radicale.

RIASSUNTO E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalle presenti ricerche portano in primo luogo a concludere che il meristema radicale di *Phaseolus vulgaris* è determinato da iniziali pluricellulari, le quali costituiscono il *centro citogenerativo* o *promeristema*. Gli esperimenti chirurgici dimostrano quanto segue: i mezzi apici ottenuti da un taglio longitudinale mediano possono svilupparsi ciascuno in una radichetta completa soltanto se il taglio passa attraverso il promeristema. Se questo viene equamente ripartito nei due mezzi apici, le due radichette che si ricostituiscono subiscono un accrescimento ed un allungamento uguali; in caso contrario una di esse ha il sopravvento sull'altra nello sviluppo. Se invece il promeristema capita tutto o quasi tutto in un mezzo apice, questo si rigenera rapidamente, mentre la parte priva o povera di iniziali non è capace di mantenere nei suoi tessuti i caratteri meristemati ed è destinata ad arrestare il suo sviluppo. Quando infine l'apice e quindi il promeristema vengono divisi in quattro parti uguali per mezzo di due tagli longitudinali mediani, nessuna di queste parti è capace di rigenerarsi.

Questi risultati dimostrano l'importante ruolo che ha il promeristema nell'apice radicale, il cui funzionamento è condizionato da un certo numero minimo di iniziali, che possa innanzi tutto mantenere la meristemati nei tessuti da esse derivati. Ciò è d'accordo con il suggerimento di CLOWES (1953, 1954) secondo cui nel promeristema esisterebbe un « minimal constructional centre » necessario per mantenere i caratteri dei complessi cellulari.

Riguardo alla teoria degli istogeni, si può affermare che questi, in determinate condizioni, possono cambiare il loro orientamento differenziativo. E' stato così dimostrato che in un apice spaccato longitudinalmente, elementi di pleroma i quali certamente si sarebbero differenziati in cellule del cilindro centrale, cambiano il loro destino differenziandosi in elementi corticali.

Alcune osservazioni farebbero ritenere che tali cambiamenti possono essere indotti proprio dal centro citogenerativo, il quale molto probabilmente funziona da *centro organizzatore primario* dell'apice radicale: questo, anche in proporzioni ridotte, entro certi limiti, sarebbe capace di dirigere lo sviluppo dell'apice radicale che viene riformato in ogni sua parte.

SUMMARY

The surgical experiments show as follow: each of the halves apices obtained by a longitudinal median split can develop in a is derived of multicellular initials, which constitute the *cytogenenerative centre* or *promeristem*.

The surgical experiments show as follow: each of the halves apices obtained by a longitudinal median split can develop in a complete root only if the split passes through the promeristem. If this will be equally devided in the two halves apices, both of the roots which get reformed undergo an equal growth. If the promeristem will be devided into inequal portions the two roots undergo an unequal rate of growth. Should the entire or almost the entire promeristem reside in one of the two halves apices, this gets regenerated very quicqly, while the other one deprived or poor of initials is not capable to mantain in its tissue the meristematic characters and is destined to arrest its development. When finally the apex and therefore the promeristem get devided in four equal parts by two longitudinal median splits, none of these four parts is capable to get regenerated.

These results show the important part that the promeristem has in the radical apex; the action of which is conditioned by a certain minimal number of initials, which could before all mantain the meristematic characters in the tissues of it derived. This fact agrees with CLOWES, after which suggestion in the promeristem exists a *minimal constructional centre* necessary to mantain the characters of the cellular complexes.

What regards the theory of the histogens one can state that these in certains conditions may change their differentiation. So it has been demonstrated that in a longitudinally split apex, elements of pleroma which certainly would have become diffe-

rentiated in cells of central cylinder, change their destiny and get differentiated in cortical elements.

Some observations could cause one to think that these changes could get induced just by the cytogenenerative centre which most probably functions as a centre of organization of the radical apex: this, also in reduced proportions, within some limits, could be capable direct the development of the radical apex that becomes reformed in all of its part.

BIBLIOGRAFIA

- BALL E. - 1956a - Growth of the embryo of *Ginkgo biloba* under experimental conditions. I. The apex of the first root of the seedling in vitro. *Amer. Jour. Bot.*, 43, 488.
- BALL E. - 1956b - Growth of the embryo of *Ginkgo biloba* under experimental conditions. II. Effects of a longitudinal split in the tip of the hypocotyl. *Amer. Jour. Bot.*, 43, 802.
- BRUMFIELD R.T. - 1943 - Cell-lineage studies in root meristems by means of chromosome rearrangements induced by X-rays. *Amer. Jour. Bot.* 30, 101.
- CLOWES F.A.L. - 1950 - Root apical meristems of *Fagus silvatica*. *New Phytol.*, 49, 248.
- CLOWES F.A.L. - 1953 - The cytogenenerative centre in root with broad columella. *New Phytol.*, 52, 48.
- CLOWES F.A.L. - 1954 - The promeristem and the minimal constructional centre in grass root apices. *New Phytol.*, 53, 108.
- FRANK - 1868 - Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig.
- GUTTENBER. H. VON - 1947 - Studien über die entwicklung des Wurzelvegetationspunktes der Dikotyledonen. *Planta*, 35, 360.
- HANSTEIN J. - 1868 - Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen. *Festschr. Niederrhein. Ges. Natur. u. Heilkunde*, 109.
- LO PRIORE G. - 1896 - Regeneration gespaltener Wurzeln. *Nova Acta Ac. Leop. Carol.*, 66, 208.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

TAV. I

Fig. 1 e 2: due sezioni longitudinali della regione radicale di *Phaseolus vulgaris*, eseguite in un giovane embrione (fig. 1) e in un embrione

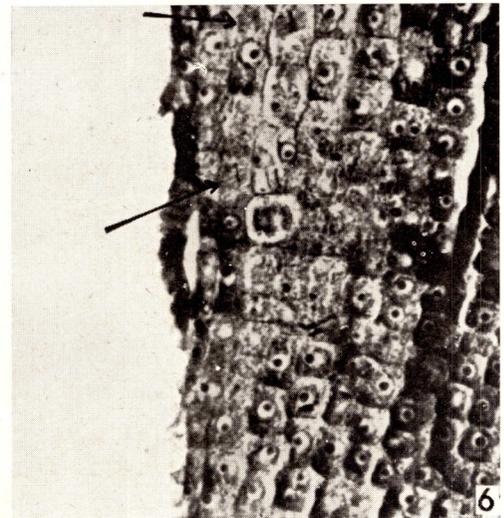
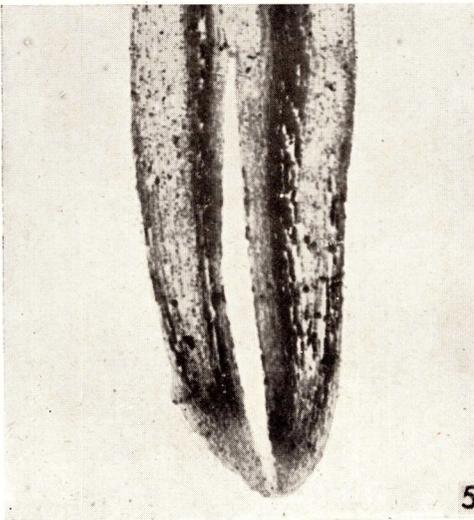
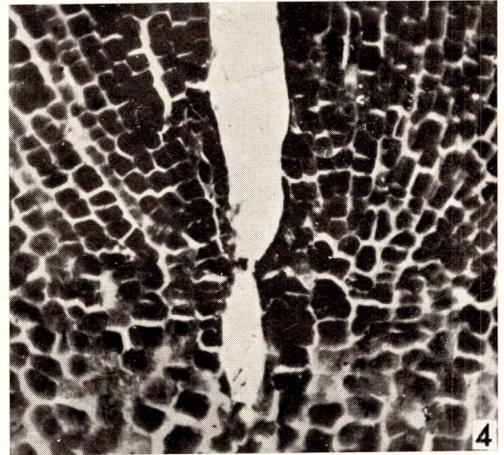
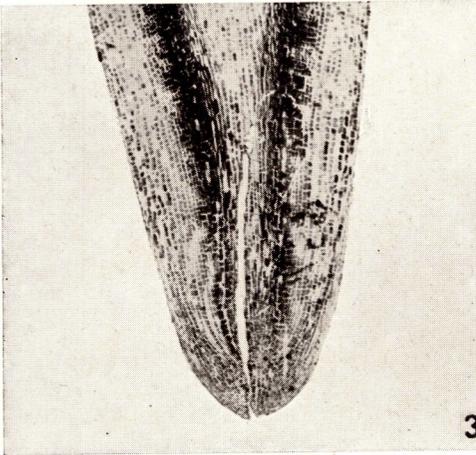
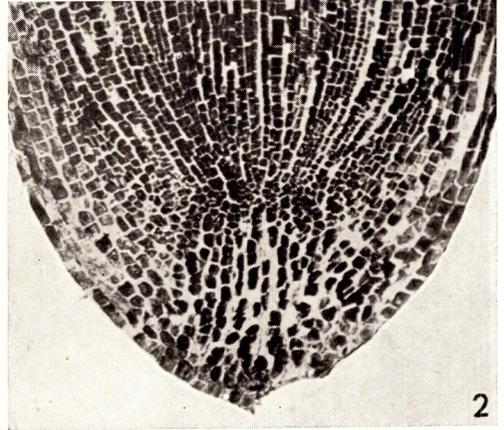
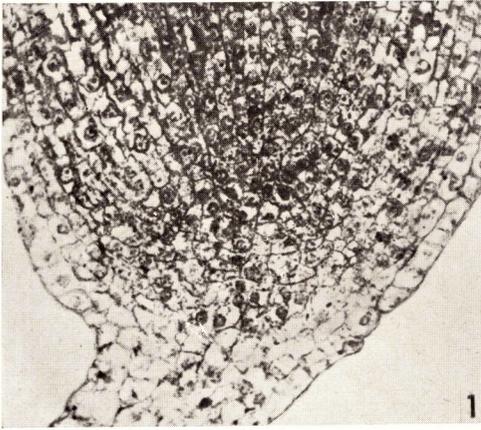
maturato (fig. 2), per mostrare il differenziamento del promeristema (cf. figg. 1 e 2 del testo). Fig. 3: radichetta spaccata in un piano longitudinale mediano e fissata subito dopo il taglio. Fig. 4: la stessa a forte ingrandimento, nella quale si osserva il promeristema separato in due porzioni presso a poco uguali. Fig. 5: sezione longitudinale di una radichetta fissata dopo ventiquattro ore dal taglio. Il processo rigenerativo è appena all'inizio. Nella figura 6 si può notare però che gli strati vicini alla superficie di taglio sono in attività segmentativa e si dividono di preferenza longitudinalmente. Queste cellule che facevano parte del pleroma ed erano indubbiamente destinate a differenziarsi in elementi del cilindro centrale, cambiano il loro destino differenziandosi in elementi corticali. Le frecce indicano alcune cellule in cariocinesi.

TAV. II

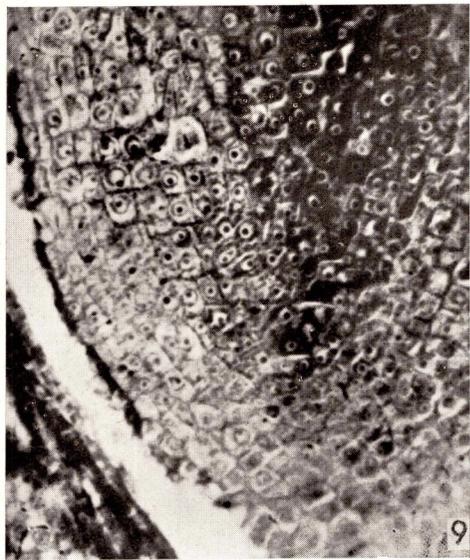
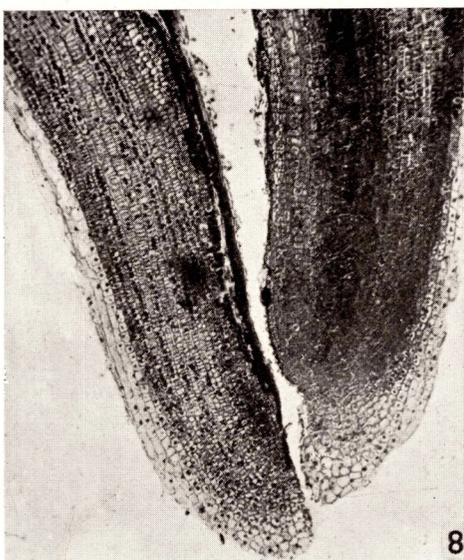
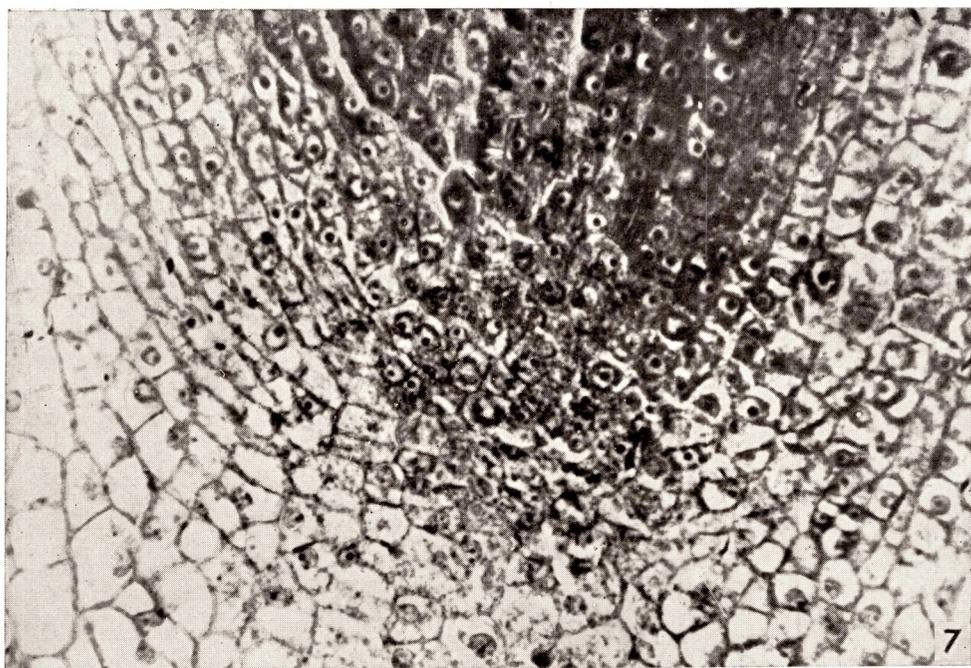
Fig. 7: regione del promeristema di mezzo apice radicale in via di rigenerazione, dopo due giorni dal taglio. A sinistra si può riconoscere l'originaria superficie di taglio dal modo di disporsi delle cellule. Si osserva inoltre che il rinnovamento del promeristema si compie, sebbene con minore intensità, anche nella regione opposta alla superficie di taglio. La rigenerazione del promeristema si svolge cioè intorno ad un nuovo centro. Fig. 8: radichetta nella quale il taglio separò il promeristema in due porzioni molto disuguali, fissata dopo ventiquattro ore dal taglio. Si può notare che il mezzo apice di destra è in via di rapida rigenerazione, mentre quello di sinistra, povero di promeristema, nel quale la rigenerazione è quasi nulla, sta per perdere i caratteri meristemati ed è destinato ad arrestare il suo sviluppo. Ciò è la dimostrazione che il promeristema per poter funzionare deve essere costituito da un certo numero minimo di iniziali. Fig. 9: particolare della figura 8, nel quale si osserva il mezzo apice di destra ingrandito in via di attiva rigenerazione con segmentazioni parallele alla superficie di taglio.

TAV. III

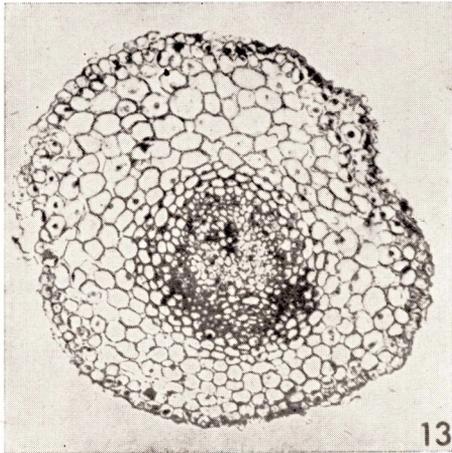
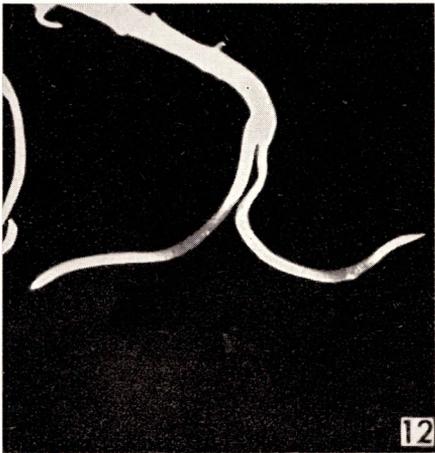
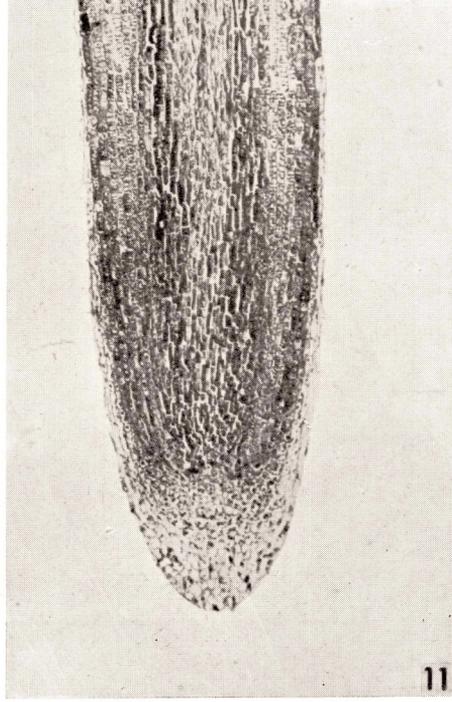
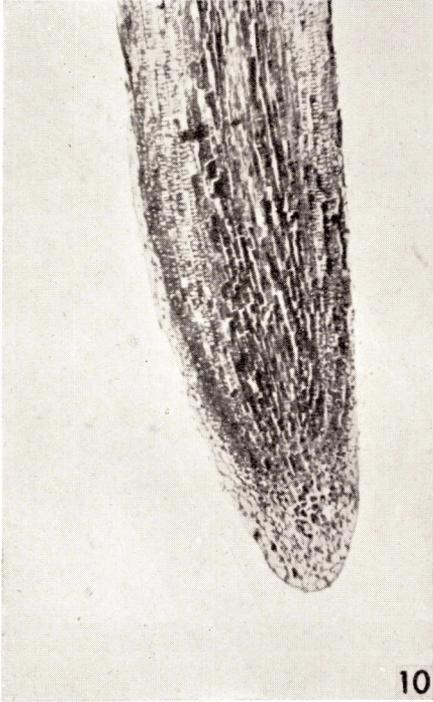
Figg. 10 e 11: sezioni longitudinali di due mezzi apici radicali quasi completamente ricostituiti dopo tre giorni dal taglio. Fig. 12: apice radicale dopo quattro giorni dallo spacco longitudinale, che dovette essere perfettamente mediano, dato che i due mezzi apici, rigenerandosi, si sono ugualmente sviluppati. Fig. 13: sezione trasversale di mezzo apice del preparato della figura 12, eseguita ad una certa distanza dall'estremità apicale. Il cilindro centrale è completamente ricostituito e circondato dal periciclo e dall'endoderme. A questo livello si può ancora riconoscere l'originaria superficie di taglio (in basso).



O. PELLEGRINI - Esperimenti chirurgici sul comportamento del meristema radicale di *Phaseolus Vulgaris* L.



O. PELLEGRINI - Esperimenti chirurgici sul comportamento del meristema radicale di *Phaseolus Vulgaris* L.



O. PELLEGRINI - Esperimenti chirurgici sul comportamento del meristema radicale di *Phaseolus Vulgaris* L.

