

ANOMALNA SEKUNDARNA GRAĐA KORIJENA  
ŠTRCALICE (*ECBALLIUM ELATERIUM* L. A.  
RICH.)

Mit deutscher Zusammenfassung

KATARINA DUBRAVEC

(Iz Botaničkog instituta Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno za štampu 21. X 1967.

Uvod

Na temelju literaturnih podataka ustanovila sam da je anatomija korijena vrste *Ecballium elaterium* slabije istražena (Zimmermann 1922, Solereder 1899). Zbog toga sam u ovoj radnji detaljnije proučila anatomsku građu korijena, zadržavši se pri tom osobito na analizi anomalnih pojava u korijenu.

Kod mnogih dikotiledona se korijen prilikom njihova rasta ne razvije normalno, već nastaju anomalije. Prema literaturnim podacima stariji korjenovi nekih predstavnika kukurbitaceja pokazuju razne anomalije (Pfeiffer 1926). Prva anomalija sastoji se u tome što nastaje u sekundarnom staničju više koncentričnih vaskularnih kambija. Poznato je da se slična anomalija pojavljuje u zadebljalom korijenu šećerne repe. Prema Pfeifferu (1926) ta se anomalija naziva *corpus lignosum circumvallatum*, a dolazi kod mnogih porodica (*Chenopodiaceae*, *Nyctaginaceae*, *Leguminosae*, *Polypodiaceae* itd.).

Van Tieghem (1891) smatra da ta anomalija nastaje tako da felogen stvara prema unutra obilnu felodermu od koje se od unutrašnjih slojeva kasnije obrazuje vaskularni kambij. Budući da taj kambij nastaje u felodermi, tj. u sekundarnom tkivu, naziva ga Van Tieghem terciarni kambij. Taj naziv je posve opravdan, jer se normalni vaskularni kambij, koji nastaje normalno u primarnom tkivu, označava sekundarni kambij. Nakon prvog prstena terciarnog kambija mogu se kasnije formi-

rati u felodermi novi prstenovi tercijarnih kambija. Tako nastaje u zadebljalom korijenju veći broj prstenastih vaskularnih kambija. U djelu Pfeiffera (1926) nalazimo navod, da ti tercijarni kambiji nastaju iz pericikla. Taj navod nije u suprotnosti s podacima Van Tieghema, jer se felogen i feloderma obrazuju u periciklu.

Što se tiče aktivnosti ovih kambija kod nekih porodica, kao npr. kod *Chenopodiaceae*, aktivnost starog kambija prestaje pojavom novog kambijskog prstena. Za razliku od toga kod porodice *Convolvulaceae* i nekih predstavnika porodice *Cucurbitaceae*, kao npr. kod vrste *Ecballium elaterium* aktivnost unutarnjeg meristema ne prestaje poslije pojave novih kambija koji su više periferno položeni (Van Tieghem 1891).

Iz rada Avette (1887, 101) proizlazi da je Van Tieghem (1882) zabilježio dvije anomalne pojave u debelim korjenovima vrste *Ecballium elaterium*. Prvu anomaliju već smo spomenuli: to je stvaranje koncentričnih kambijskih prstenova. Druga abnormalna pojava je u radu Avette dosta nejasno opisana. Prema tim podacima stvara se u starijem korijenu srčika u kojoj se obrazuju koncentrične žile sa floemom okrenutim prema centru, tj. s inverznim smještajem žila. Ove se tercijarne žile nalaze nasuprot sekundarnih normalnih žila.

Isti podatak o drugoj anomaliji susrećemo i kod Pfeiffera (1926, 133), koji navodi da se u srčiki vrste *Ecballium elaterium* obrazuju intraksilarne grupe floema, koje se kasnije mogu pretvoriti u obratno orijentirane fibrovazalne žile. Otkriće ove anomalije pripisuje Pfeiffer Lotaru. Iako smo radnju pažljivo pročitali, nismo mogli pronaći da Lotar (1881) uopće spominje tu anomaliju. Očito je Pfeiffer zabunom pripisao te navode Lotaru, jer oni potječu od Van Tieghema (1882).

Ovu drugu Van Tieghemovu (1882) anomaliju pokušao je Avetta tražiti u debelim korjenovima vrste *Ecballium elaterium*, koji su imali dijametar 5 do 6 cm, ali nije mogao naći formiranje takvih žila u blizini primarnih formacija. Čini se prema tome, da je Van Tieghem bio prvi istraživač, koji je opisao inverzne žile u korijenu vrste *Ecballium elaterium*.

### Primarna građa korijena

Za bolje razumijevanje sekundarne građe korijena vrste *Ecballium elaterium* iznijet ću najprije vlastita istraživanja primarnog korijena. Poprijeki presjek primarnog korijena pokazuje nepravilno eliptičan oblik. Na njemu možemo razlikovati: primarnu koru i centralni cilindar s triarhnom radijalnom žilom.

Korijen štrcalice je na površini prekriven rizodermom, koja se sastoji od jednog sloja stanica. Brojne stanice rizoderme su u izvjesnoj zoni korijena izvučene u korijenove dlačice. Kod primarne kore se s vanjske strane korijena nalazi više slojeva stanica eksoderme. Te stanice igraju naročitu ulogu kada obamru korijenove dlačice; tada se naime njihove membrane suberiniziraju, te tako zaštićuju korijen. Srednji sloj primarne kore je najdeblji, a sastoji se od velikih parenhimskih stanica, koje su bogate

rezervnim tvarima. Primarna kora s unutrašnje strane završava endodermom. Endoderma se kod štrcalice sastoji od jednog niza stanica (sl. 1). Stanice endoderme su kod korijena štrcalice u celuloznoj fazi, te na poprečnom presjeku pokazuju na radijalnim membranama Casparijeve tačke.

Stanice unutar endoderme čine centralni cilindar primarnog korijena. Ispod već spomenute endoderme se nalazi pericikl. Unutar pericikla nalazi se triarhna radijalna žila. Na temelju broja krakova ksilema radijalnih žila Lotar (1881) je uvrstio štrkalj u poseban tip korjenova kukurbitacea.

### Sekundarna građa korijena

Za studij sekundarne građe korijena upotrebljavali smo dijelove glavnog korijena čiji je dijametar iznosio od 2–4 cm. Glavni korijen vrste *Ecballium elaterium* je vretenastog oblika dužine do 25 cm; on se obično u donjem dijelu račva na dva dijela. Donji dijelovi glavnog korijena, koji su gotovo podjednako debeli, imaju manji dijametar od prilike 1–2 cm. Osim glavnog korijena mesnatu konzistenciju ima i bočno korijenje, koje je također zadebljalo i dugačko oko 10–20 cm.

Zadebljali korijen štrcalice ima karakter spremišnog organa. To se naročito vidi po tome što se u korijenu nalaze brojni parenhimski elementi, koji su ispunjeni škrobnim zrcima veličine 4–12  $\mu$ . Ovi se parenhimski elementi u drvu korijena štrcalice sastoje od više dijelova.

Naročito je interesantan raspored i svojstvo drva u sekundarnoj građi korijena štrcalice (usp. Fitting i dr. 1954, str. 107). Pod drvom razumijevamo sve ono tkivo, koje nastaje djelovanjem kambija prema unutra ili iznimno prema van te ima odgovarajuće histološke elemente karakteristične za drvo. Za razliku od korjenova koji imaju drvenastu konzistenciju, spremišni i sočni korjenovi imaju u drvu vrlo mnogo parenhimskih stanica s tankim celuloznim membranama (Troll 1948, str. 331). Ovaj parenhim pripada djelomično drvnom parenhimu, a djelomično parenhimu zraka srčike. Takve odnose nalazimo u korijenu štrcalice. Budući da u drvu korijena štrcalice nema libriforma, možemo pretpostaviti da su se ti elementi metamorfozirali u parenhimske stanice. Osim parenhima, koji čini najveći dio drva, nalazimo i izvjestan broj provodnih sudova, koji se pružaju u jednoslojnim radijalnim nizovima. Kako se vidi iz sl. 2 i 3, između provodnih elemenata u drvu nalaze se široki međuprostori koji su ispunjeni parenhimskim stanicama. Vrlo je teško prilikom promatranja drva ustanoviti da li ti dijelovi parenhima pripadaju drvnom parenhimu ili trcima srčike.

Prerežemo li poprečno glavni korijen debljine od nekoliko cm (sl. 2), vidi se da je veliki dio provodnih sudova koncentriran u centru korijena, gdje su oni najgušće raspoređeni. Na vanjskoj strani tog ksilema nalazi se jedan kambijski prsten, koji predstavlja jedini normalni kambij u ovom korijenu. U vanjskom dijelu korijena zapažaju se još i drugi kambijski prstenovi, koji su nastali naknadno a očito predstavljaju jednu anomalnu pojavu. Vanjski kambijski prstenovi koncentrično obavijaju unutarnji kambij. Takav tip anomalije, kako je već spomenuto, Pfeiffer (1926)

naziva *corpus lignosum circumvallatum*. Ovi vanjski kambiji nastaju naknadno tek nakon što je normalni kambij bio formiran i dok je već neko vrijeme djelovao. Vanjski prstenovi nastaju sukcesivno, i to tako da se pojavi najprije onaj koji je najbliže normalnom, a onda se izvan njega stvaraju novi kambijski prstenovi tako, da je uvijek najnoviji kambij ujedno najbliži periferiji korijena. Kada se pojavljuju novi periferno smješteni kambiji, onda stari kambiji zadrže još dugo svoje funkcije. Ovo svojstvo, tj. da stari kambijski prstenovi zadrže i dalje svoje djelovanje, karakteristično je za izvjestan broj biljaka, koji zadrže anomaliju *corpus lignosum circumvallatum*, kao npr. za vrstu *Ecballium elaterium* i za neke vrste porodice *Convolvulaceae* itd. Za razliku od toga, kambijski prstenovi kod šećerne repe, koja ima isti tip anomalije drva, aktivnost starih kambija prestaje odmah čim se pojave novi kambiji, tako da je aktivan samo jedan kambijski prsten, i to onaj koji je smješten najviše prema periferiji organa.

Kako je poznato, anomalija *corpus lignosum circumvallatum* dosta je raširena kod dikotiledona, a kao klasičan objekt za tu anomaliju u literaturi navodi se korijen šećerne repe. U tom korijenu vanjski anomalni kambiji koncentrično okružuju unutarnji i nikad ili vrlo rijetko postoji veza između kambija susjednih prstenova. Za razliku od toga, u korijenu štrcalice zapazili smo da se kambij prvog normalnog prstena povezuje s drugim kambijskim prstenom (sl. 2). Isto je tako prvi kambijski prsten povezan sa trećim. Četvrti anomalni kambij, koji se nalazi najbliže periferiji organa, ima oblik potpunog prstena.

Često smo u poprečnim presjecima štrcalice naišli i na anomalne kambijske prstenove, koji su bili na više mjesta isprekidani (sl. 3). Kako vidimo, prekidi kambijskih prstenova nisu uvijek u vezi s povezivanjem prstenova. Tako se na sl. 3 vidi da prekidi ne nastaju u vezi s povezivanjem susjednih prstenova, nego neovisno od toga. Osim te anomalije koja se zove *corpus lignosum circumvallatum* susrećemo u nekim korjenovima vrste *Ecballium elaterium* i drugačije odnose kambijskih prstenova. Tako npr. na sl. 3 vidimo, da se pored normalnog kambija koji okružuje ksileme u centru organa u obliku potpunog prstena nalazi još jedan kambij, koji ima oblik spljoštenog prstena. Taj drugi kambij je polumjesečasto savijen, a nalazi se u lijevom dijelu slike 3. Sličan oblik kambija nalazimo i u desnom dijelu slike, ali taj kambij za razliku od lijevog nema oblik posve zatvorenog prstena, nego je na jednom mjestu prekinut.

Prema tome na sl. 3 nalaze se pored centralnog prstena još kambijski prstenovi, koji su smješteni bočno od centralnog kambija. Takve odnose nalazimo kod anomalije drva, koja je poznata pod nazivom *corpus lignosum compositum*. Karakteristično je za tu anomaliju da pored centralnog kambijskog prstena postoji više kružnih kambija raspoređenih u perifernom dijelu organa. Za anomaliju *corpus lignosum compositum* karakteristično je da se kružni kambiji nalaze jedan pored drugog, dok kod anomalije *c. l. circumvallatum* nalaze se kružni kambiji smješteni jedan oko drugog.

U našem slučaju na sl. 3 nalazimo dva, odnosno tri prstenasta kambija, koji su smješteni jedan pored drugoga pa se u ovom slučaju anomalija približuje tipu *corpus lignosum compositum*. Ipak, na istoj slici nalazimo i elemente anomalije c. l. *circumvallatum*, jer su prvi i četvrti prsten koncentrično smješteni. Prema tome na sl. 3 odnosi su takvi da drvo pokazuje elemente obiju navedenih anomalija. Inače je anomalija c. l. *compositum* tipično razvijena kod vrsta roda *Serjania* i drugih.

Na poprečnom presjeku korjenova koje smo imali prilike pregledati drvo, koje je formirao prvi anomalni kambijski prsten, pokazuju inverznu orijentaciju. Taj je kambijski prsten sa drvom koji se razvije prema van drugi kambij od centra prema periferiji. Mogli bismo ovdje kazati da je inverzno formiranje drva treća anomalija u korijenu vrste *Ecballium elaterium*. Čini se da je ovu treću anomaliju, tj. obratno orijentirano drvo, opisao Van Tieghem (1882). Ovaj rad nisam imala u originalu, ali to zaključujem iz rada Avette (1887) koji navodi da je Van Tieghem (1882) opisao inverzne žile u korijenu vrste *Ecballium elaterium*. Prema literaturnim podacima inverzne bi se žile trebale pojavljivati u srčiki (Pfeiffer 1926, 133, Avetta 1887). Međutim, prema našim istraživanjima ove se inverzne žile nalaze u drugom kambijskom prstenu. Općenito, ovi su nam literaturni podaci čudni, jer je poznato da se u korijenu vrlo rijetko nalazi srčika. Prema našim istraživanjima u korijenu štrcalice nismo je mogli nikada zapaziti. Uvijek smo u centru korijena nalazili primarne elemente triarhne radijalne žile.

### O s v r t

Korijen štrcalice je mesnate konzistencije te ima karakter spremišnog organa u kojem se nalaze brojne parenhimske stanice ispunjene škrobnim zrnima. Posebno je interesantna građa sekundarnog korijena, koji pokazuje tri anomalije. Vrlo interesantan je u korijenu raspored kambijskih prstenova, koji su koncentrično smješteni oko normalnog kambija. Ovaj tip anomalije se prema Pfeifferu (1926) naziva *corpus lignosum circumvallatum*. Kambijski prstenovi nastaju u korijenu štrcalice sukcesivno, i to tako da se formira najprije onaj koji je najbliže normalnom. Kada se formiraju novi periferno smješteni kambiji, stari kambiji zadrže još dugo svoje funkcije.

U korijenu štrcalice zapaža se katkada da se kambij prvog normalnog prstena povezuje s drugim kambijskom prstenom, a isto tako i s trećim (sl. 2). Za razliku od opisanih, četvrti anomalni kambij, koji se nalazi najbliže periferiji organa, ima oblik potpunog prstena.

Druga anomalija nastaje na taj način da se povezuju drugi i treći kambij tako da nastanu spljošteni prstenasti kambiji smješteni jedan pored drugoga, a ne jedan oko drugoga. Takav odnos približuje se jednoj anomaliji drva poznatoj pod *corpus lignosum compositum*.

Interesantno je da ove dvije anomalije, koje kod drugih biljaka inače ne dolaze zajedno, u korijenu štrcalice susrećemo čak u istome presjeku, kao što se vidi na slici 3. U vezi s ovom drugom stoji treća anomalija, koju karakteriziraju inverzno orijentirani ksilemi. Ti ksilemi pripadaju kambijskom prstenu, koji predstavlja prvi anomalni kambij, tj. ujedno drugi kambij od centra prema periferiji organa. Time što je drvo ovog prstena inverzno orijentirano, tj. prema unutra, pružaju se provodni elementi jedni prema drugima. Budući da su osim toga ti anomalni kambijski prsteni međusobno na pojedinim mjestima povezani, okružuju oni svoje ksileme, te na taj način dolazi do stvaranja drva, koje je tim kambijskim prstenom potpuno okruženo. Ovakvo drvo ne pruža se kao kod tipa *c. l. circumvallatum* koncentrično, nego je položeno postrani normalnog drva. Prema tome, inverzno orijentirano drvo je treća anomalija u korijenu štrcalice, a stoji u vezi s drugom anomalijom. Čini se da je taj inverzni raspored drva opisao Van Tieghem (1882), ali to nismo mogli sa sigurnošću dokazati, jer nismo mogli nabaviti originalan rad navedenog autora. U toku rada nismo mogli ustanoviti srčike o kojoj se govori u radovima Pfeiffera (1926, 133) i Avette (1887).

### Zaključak

Primarni korijen vrste *Ecballium elaterium* ne pokazuje nekih osobitosti. U sekundarnom korijenu nalazimo tri anomalije. Prvu anomaliju (*corpus lignosum circumvallatum*) karakterizira pojava više anomalnih koncentrično smještenih kambija. Stari anomalni kambiji u korijenu štrcalice zadrže svoju aktivnost i nakon formiranja novih perifernih kambija. Druga anomalija sastoji se od toga, što se ponekad povezuju drugi i treći kambij, tako da nastanu soljošteni prstenasti kambiji, koji leže oko normalnog prstenastog kambija (*c. l. compositum*). U istim korjenovima dolaze ponekada obje anomalije zajedno. Treću anomaliju karakterizira inverzno orijentirano drvo, a nastaje djelovanjem prvog anomalnog kambija.

\*

Za mnogostranu pomoć pri izradi ove radnje srdačno se zahvaljujem prof. dru D. Miličiću. Pored toga dugujem zahvalnost prof. dru N. Plavšić i dr. V. Gaži na mnogim korisnim sugestijama.

## Literatura — Schrifttum

- Avetta, C.*, 1887: Contribuzione allo studio delle anomalie di struttura nelle radici delle Dicotiledoni. Ann. dell' Ist. Bot. Roma, 3, 91—106.
- Bary, A. De*, 1877: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig.
- Fitting, H., W. Schumacher, R. Harder i F. Firbas*, 1954: Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Lotar, H. A.*, 1881: Essai sur l'Anatomie comparée des organes végétatifs et des téguments séminaux des Cucurbitacées. Lille.
- Matek, K.*, 1965: Prilog poznavanju anatomske građe vrste *Ecballium elaterium* (L.) A. Rich. Magistarski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Metcalf, C. R.*, i *L. Chalk*, 1950: Anatomy of the Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford.
- Pfeffer, H.*, 1926: Das abnorme Dickenwachstum. Handbuch der Pflanzenanatomie. Bd. IX. Verlag Borntraeger, Berlin.
- Solereider, H.*, 1899: Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Verlag Enke, Stuttgart.
- Tieghem, Th. Van.*, 1891: Traité de Botanique. Paris.
- Troll, W.*, 1959: Allgemeine Botanik. Verlag Enke, Stuttgart.
- Zimmermann, A.*, 1922: Die Cucurbitaceen. Beiträge zur Morphologie, Anatomie, Biologie, Pathologie und Systematik. Gustav Fischer Verlag. Jena.

## ZUSAMMENFASSUNG

### ANOMALER SEKUNDÄRER BAU DER SPRINGGURKENWURZEL (*ECBALLIUM ELATERIUM* L. A. RICH)

*Katarina Dubravec*

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

Der primäre Bau der Wurzel der Springgurke weist keine Eigenthümlichkeiten auf. In dem sekundären Bau der Wurzel finden wir aber drei Anomalien. Die erste Anomalie (*corpus lignosum circumvallatum*) wird durch die Erscheinung von mehreren anomalen konzentrisch eingeschichteten Kambien charakterisiert (Abb. 2). Die älteren anomalen Kambiumringe in der Wurzel von *Ecballium elaterium* behalten ihre Aktivität auch nach der Bildung der neuen peripheren Kambiumringe. Die zweite Anomalie besteht darin, daß sich das zweite und das dritte Kambium manchmal so verbinden, daß sich um den zentralgelegenen normalen Kambiumring abgerundete abgeplattete Kambiumringe bilden, so daß die Wurzelstruktur dem *corpus lignosum compositum* ähnelt (Abb. 3). Auch in derselben Wurzel treten zuweilen beide Anomalien zusammen auf. Die dritte Anomalie wird durch entgegengesetzt orientierte Leitbündel charakterisiert, welche durch die Wirkung des ältesten anomalen Kambiumringes entstehen (Abb. 2 u. 3).

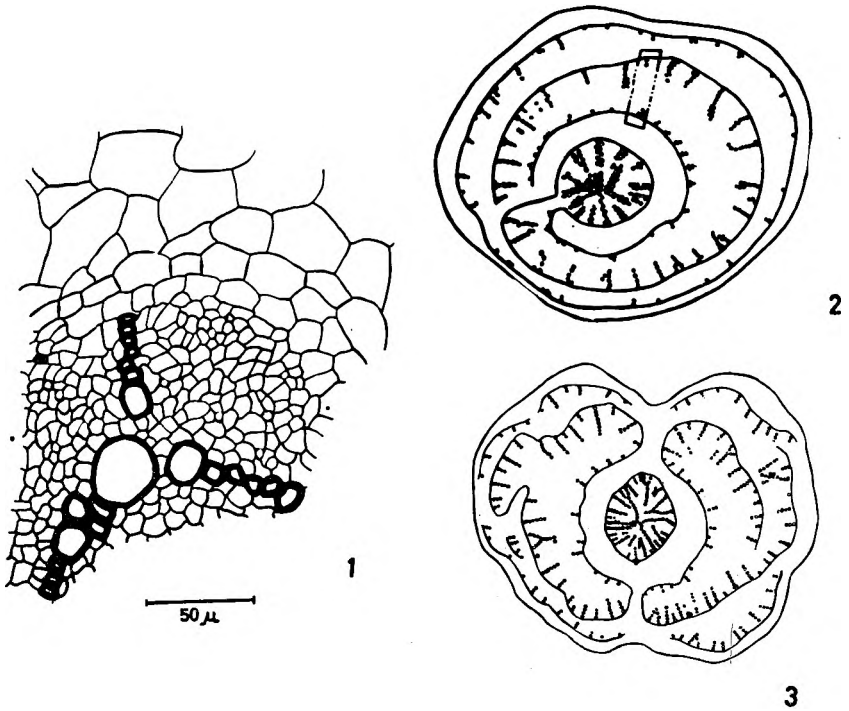


Tabla I — Tafel I

- Sl. 1. Dio triarhne žile u poprečnom presjeku  
 Abb. 1. Teil eines triarch-radialen Leitbündels (Querschnitt).
- Sl. 2. Shematska slika poprečnog presjeka korijena. Izvan prvog kambijskog prstena nalazimo još tri kambija. Radijalno nanizani kružići predstavljaju provodne sudove, a linije koje su većinom usporedne s površinom organa predstavljaju četiri kambija.
- Abb. 2. Querschnitt durch die Wurzel. Außerhalb des ersten Kambiumringes befinden sich noch drei Kambien. Radial angefädelte Kreischen deuten Leitbündel an, und die Linien, welche größtenteils parallel mit der Oberfläche des Organs verlaufen, stellen vier Kambien dar.
- Sl. 3. Shematska slika poprečnog presjeka starijeg korijena. Izvan prvog kambijskog prstena vidimo četiri kambije koji se pružaju usporedo sa površinom organa. Drugi i treći kambij međusobno se spajaju na više mjesta. Tako se u lijevom i slično u desnom dijelu slike vidi da su se obrazovali spljošteni i polumjesečasto savijeni prstenasti kambiji.
- Abb. 3. Querschnitt durch die Wurzel (schematisch). Außerhalb des ersten Kambiumringes sieht man mehrere Kambien, welche sich parallel mit der Oberfläche des Organs erstrecken. Das zweite und das dritte Kambium sind an mehreren Stellen miteinander verbunden. So sieht man auf der linken und ähnlich auch auf der rechten Seite der Abbildung, daß sich abgeplattete und halbmondförmige Kambiumringe gebildet haben.



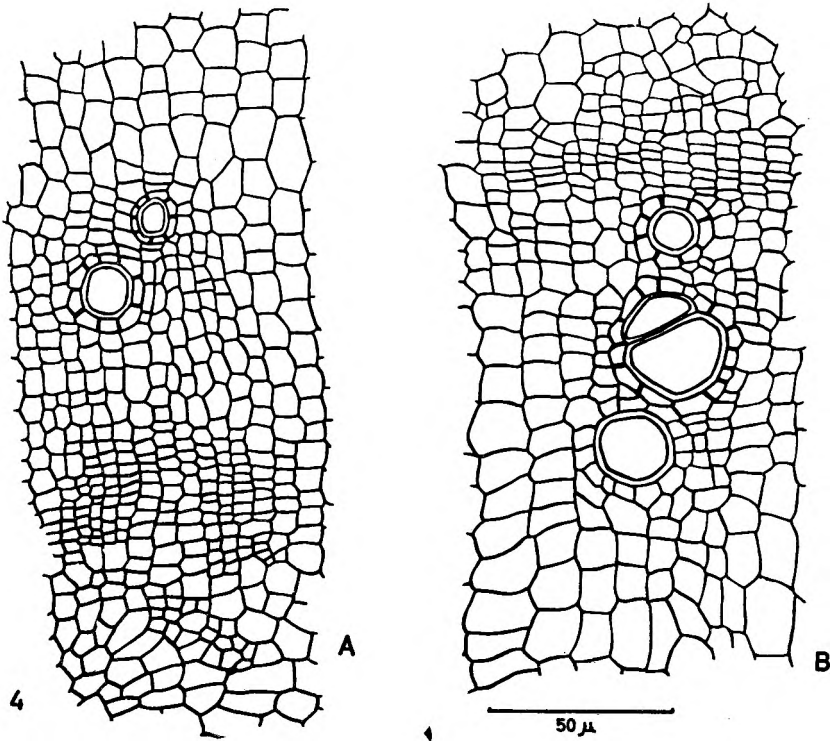


Tabla II — Tafel II

Sl. 4. Dio poprečnog presjeka starijeg korijena (iz slike 2) A — dio drugog kambijskog prstena, gdje su floemi okrenuti prema centru, a ksilemi prema periferiji korijena. B — dio trećeg kambijskog prstena s normalno orijentiranim žilama.

Abb. 4. Querschnitt durch die Wurzel (Detail der Abb. 2). A — Teil des ältesten anomalen Kambiumringes, wo das Phloem nach dem Zentrum, und das Xylem nach der Peripherie der Wurzel orientiert sind. B — Teil des nächstalten Kambiumringes mit normal orientierten Leitbündeln.