

ANATOMIA DA ORIGEM E DO DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES ADVENTÍCIAS EM ESTACAS DO MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis* Sims forma *flavicarpa* Degener)*

Antônio Carlos Torres
Rubens V. R. Pinheiro
Chotaro Shimoya**

1. INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento das raízes adventícias, em estacas de caule (5), pode dividir-se em 3 fases: (a) formação de grupos de células meristemáticas (as iniciais da raiz); (b) diferenciação desses grupos de células em primórdios de raiz reconhecível; (c) desenvolvimento e emergência das novas raízes, incluindo a ruptura de outros tecidos do caule e a formação da conexão vascular com os tecidos condutores da estaca.

As raízes adventícias podem originar-se de raízes mais grossas, do hipocótilo ou de caule mais ou menos idoso, sendo que o ponto inicial de formação ocorre no tecido que se localiza, mais ou menos profundamente, nos espaços intervasculares (8), podendo o tecido vizinho ou adjacente participar, ou não, na formação do esboço radicular. Em estacas de figueira (8) a formação do calo precede o desenvolvimento dos primórdios radiculares e estes últimos têm origem nas proximidades do liber-periciclo-córtex; no entanto, em estacas de videira (9) esses primórdios podem originar-se do prolongamento dos raios lenhosos, bem como da cicatriz da folha ou ramo, embora em nenhum dos dois casos tenha sido determinado com exatidão o seu ponto de origem. Por outro lado, nas plantas herbáceas, que são destituídas de câmbio, o início das raízes se verifica próximo aos feixes vasculares, junto ao floema (6).

De acordo com CHAPMAN (2) e FOUQUÉ (4), as estacas usadas no enraizamento do maracujazeiro devem ser obtidas nas regiões maduras da planta, apresentando dois (2) ou três (4) entrenós. No entanto, estes autores não definem claramente, nos seus trabalhos, o que se deve considerar como região madura. Outros autores (1) consideram que o melhor material para o enraizamento de estacas de maracujazeiro é obtido de regiões intermediárias, onde as gemas do caule principal formam ramos, com sua primeira gema vegetativa próxima à axila foliar. Além da posição da estaca na planta, o enraizamento depende, também, de outros fatores, tais como aplicação de substâncias reguladoras do crescimento,

* Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 04-05-1976.

** Respectivamente, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Professor Adjunto e Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa.

cofatores do enraizamento, lavagem, estratificação e época de preparo das estacas (10).

Na literatura consultada sobre a propagação do maracujazeiro, por estaquia, não se encontrou qualquer referência sobre a origem e o desenvolvimento de raízes adventícias. Realizou-se o presente trabalho com o objetivo de descrever a rizogênese em estacas lavadas e não lavadas de diversas porções do ramo do maracujazeiro-amarelo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O caule do maracujazeiro-amarelo foi cortado em três regiões da extremidade distal para a proximal, da seguinte maneira: I — Apical, formada pelo 7.º, 8.º e 9.º entrenós; II — Mediana, pelo 11.º, 12.º e 13.º entrenós, e III — Basilar, pelo 15.º, 16.º e 17.º entrenós. Estas estacas foram retiradas de plantas com aproximadamente 3 anos de idade, as quais se desenvolviam no campo, sem nenhuma adubação e no sistema de condução em latada. As estacas foram cortadas em bisel, próximo à gema da base e transversalmente próximo à gema da parte superior. As duas folhas inferiores das estacas foram removidas, ao passo que as superiores tiveram seu limbo foliar reduzido de 2/3.

Grupos formados por cem estacas de cada uma das regiões do caule tiveram suas bases mergulhadas em água corrente, a uma altura da região compreendida entre o segundo e o terceiro nós, durante 36 horas. Após esse período, estas estacas, juntamente com as da testemunha (100 estacas recém-cortadas de cada seção do caule), foram introduzidas em caixotes de madeira com areia esterilizada, até o ponto em que as duas gemas basais ficassem cobertas, no dia 24 de agosto de 1975. Estes caixotes foram mantidos numa câmara de nevoeiro na qual a água era aspergida durante 30 segundos, cada 4 minutos, das 6 às 18 h, diariamente. As observações histológicas das estacas foram iniciadas a partir do 5.º dia após o plantio, de 5 em 5 dias, durante um período de 45 dias. Algumas estacas sofreram cortes longitudinais e transversais com micrótomo, para exame do material fresco. Uma porção de aproximadamente 1,5 cm da base de outras estacas foi incluída em parafina para posteriores cortes e observações anatômicas. A espessura dos cortes variou de 20 a 40 μ . Empregou-se o fixador AFA (álcool etílico a 50%, formol e ácido acético na proporção de 10:1:1 v/v/v), tanto para exame do material fresco quanto para o que sofreu inclusão em parafina. Nos dois casos, parte dos cortes foi corada com safranina e parte com hematoxilina Delafield. Fotomicrografias foram obtidas com fotomicroscópio Mikroma da Zeiss.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações histológicas, durante o fenômeno rizogênico, foram concentradas no material com 37 dias após o plantio, aproximadamente. Nesse período, analisaram-se as estacas apicais, medianas e basilares da testemunha e daquelas que sofreram lavagem, verificando-se que elas apresentavam todos os estádios do desenvolvimento radicular, desde o início do calo até de raízes de cerca de 10 cm de comprimento.

A condição prévia, necessária para o sucesso do enraizamento de estacas, é que estas possuam pelo menos um anel lenhoso formado, ou seja, uma porção de tecido maduro (mais ou menos diferenciado) (Comunicação pessoal do Professor Chotaro Shimoya). Caso esta condição não seja satisfeita, o enraizamento não se processará, ocorrendo dissolução dos componentes anatômicos e morte. Essa exigência foi observada, também, na rizogênese de estacas do maracujazeiro (Figura 1).

Observou-se, neste estudo, que os primórdios radiculares nas estacas do maracujazeiro originam-se de duas localidades distintas: a) no seio do calo formado na base da estaca e b) endogenamente, no prolongamento dos raios lenhosos.

3.1. Origem dos Primórdios Radiculares no Seio do Calo Formado na Base da Estaca

Neste caso, a parte terminal ou basilar da estaca é revestida pelo tecido calooso (Figura 2), oriundo da dediferenciação de todos os tecidos vivos nesta região (Figuras 3, 4 e 5), os quais, subsequentemente, têm sua atividade mitótica acele-

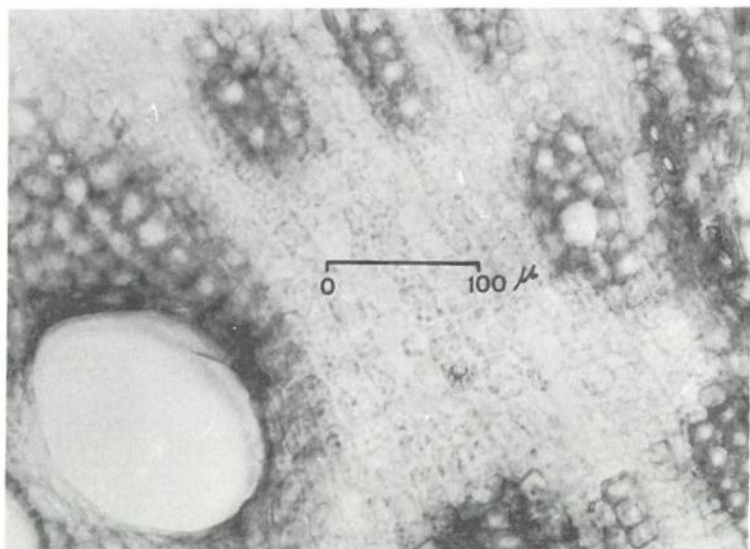


FIGURA 1 - Corte transversal na região do lenho adulto, mostrando o primeiro anel lenhoso maduro. Da esquerda para a direita, nota-se um vaso rodeado de fibras e parênquima, seguido de parênquima lenhoso abundante, com poucos grupos de elementos lenhosos, à semelhança do raio medular.

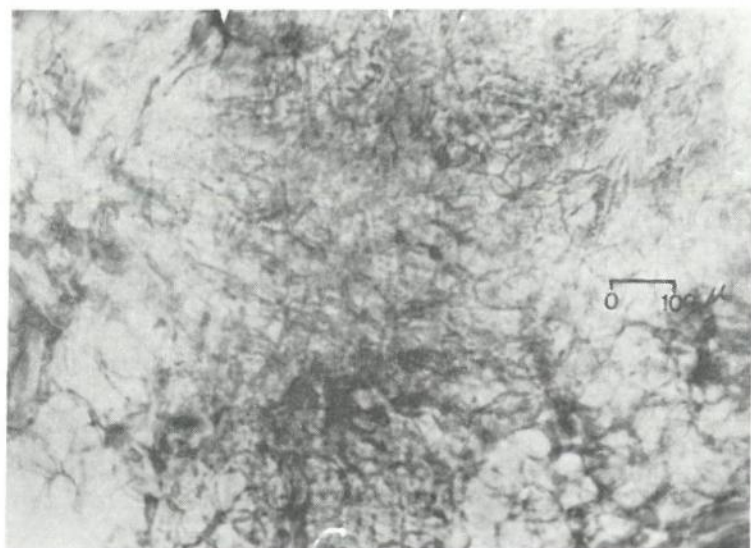


FIGURA 2 - Porção do calo da região basilar, cujas células se encontram em dediferenciação.

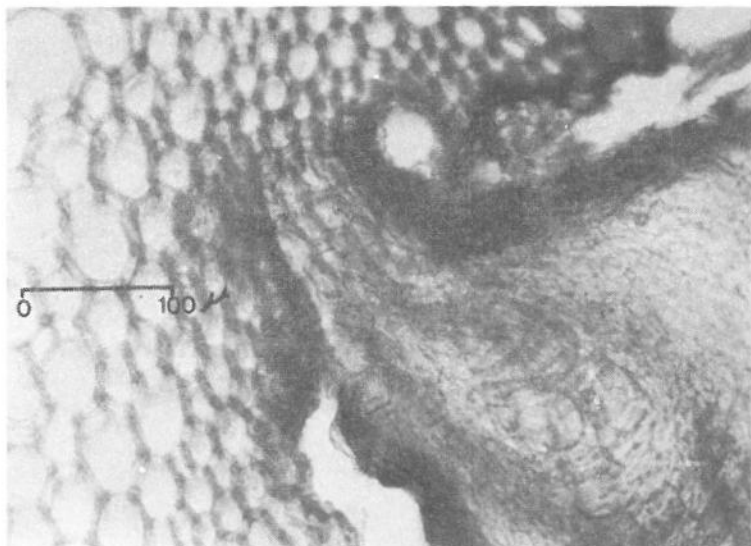


FIGURA 3 - Corte transversal na região da medula, mostrando a proliferação do parênquima medular em forma de "gota".

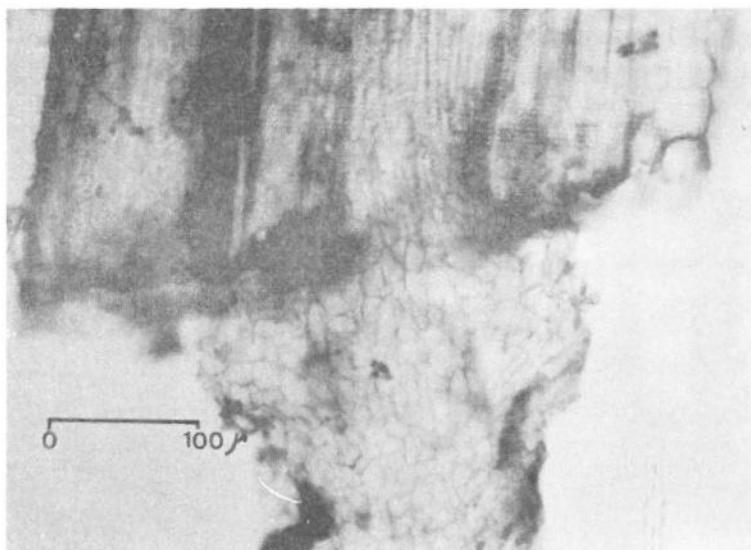


FIGURA 4 - Corte longitudinal da região basilar da estaca, mostrando abundante formação do parênquima caloso.

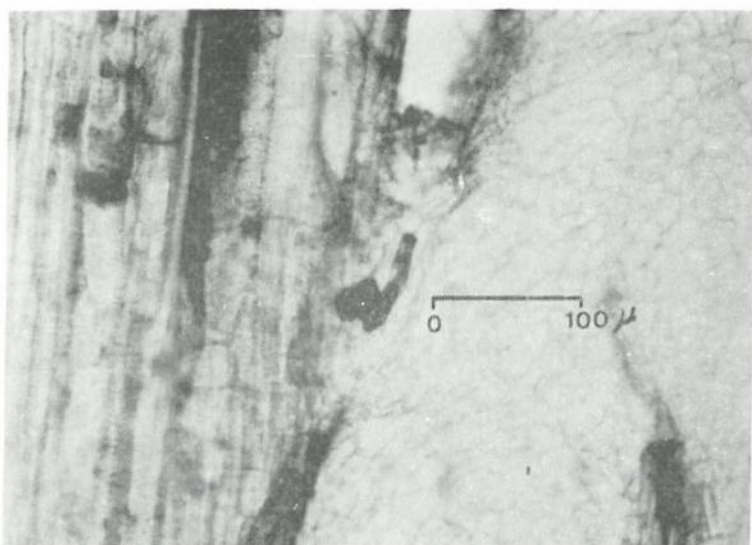


FIGURA 5 - Seção longitudinal da porção basilar da estaca, mostrando formação calosa cobrindo a porção do lenho.

da. Essa fase é marcada, citologicamente, por profundas alterações das células desta região, cujo citoplasma se torna mais abundante, com aspecto mais claro e núcleo mais nítido. Segundo os trabalhos de FAVRE (3), com a videira, é ao nível das formações líbero-lenhosas que essas transformações são mais acentuadas, o que concorda com as observações do presente trabalho (Figuras 4 e 5).

Os primórdios de raízes adventícias iniciam-se pelas diferenciações progressivas das células do calo, nas proximidades dos elementos vasculares. Seu desenvolvimento continua no sentido endógeno, em direção ao lenho, e exógeno, para a extremidade basal da estaca. No desenvolvimento endógeno, por ocasião da diferenciação dos elementos vasculares no primórdio, o desenvolvimento da vascularização progride em direção ao lenho, proporcionando a conexão dos tecidos do órgão em formação com os correspondentes da estaca (Figura 6). Essas observações são semelhantes às obtidas por SHIMOYA e GOMIDE (8), em figueira.

Nos primeiros estádios da rizogênese, uma parte do tecido caloso e os situados nas suas adjacências podem ser lisados e absorvidos pelo órgão em formação, semelhantemente ao observado em estacas de figueira (8). Esse aspecto é evidenciado pela presença de resíduos de tecidos nesta zona (Figuras 6 e 7). Antes da emergência do primórdio radicular já se podem evidenciar esboços tissulares da camada periférica (dermatogênio), da parte central (pleroma) e da porção intermediária (periblema) (Figuras 6 e 7). O órgão esboçado continua seu desenvolvimento, tendo lugar a formação da estrutura primária e, posteriormente, da secundária, concordando com o trabalho de SHIMOYA e GOMIDE (8). Os fenômenos de crescimento e de desenvolvimento continuam, e o sistema se organiza estruturalmente para sustentação do arcabouço vegetativo (Figuras 8, 9, 11 e 12).

3.2. *Origens dos Primórdios Radiculares, Endogenamente, no Prolongamento dos Raios Lenhosos*

Outra região onde se pode processar a rizogênese é a partir do periciclo, nos prolongamentos dos raios lenhosos, o que concorda com o trabalho de SHIMOYA

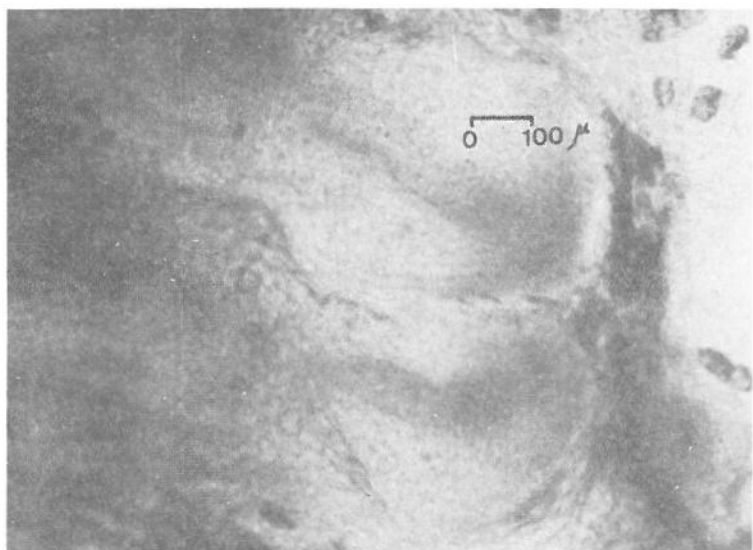


FIGURA 6 - Aspecto dos primeiros estádios da rizogênese, onde se observam dois primórdios radiculares em desenvolvimento, originados do tecido caloso, nos quais se evidencia a camada periférica (dermatogênio), a parte central (pleroma) e a porção intermediária (periblema).

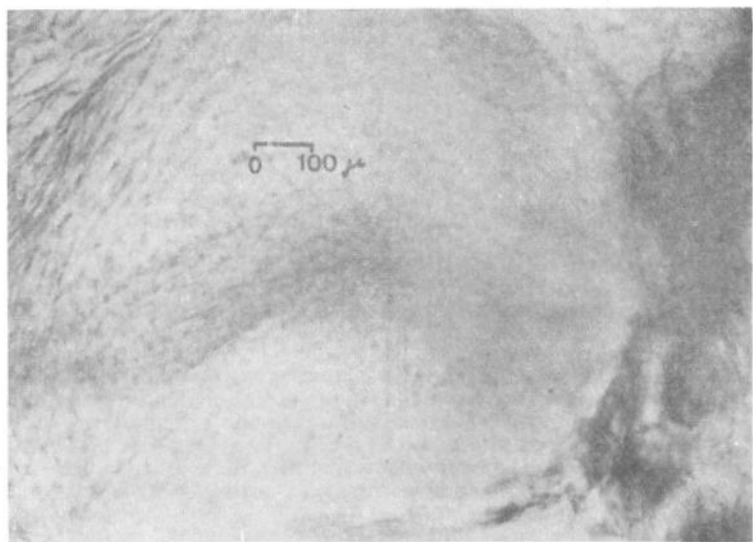


FIGURA 7 - Aspecto de um primórdio radicular, mostrando assimilação de tecidos no seu ápice.

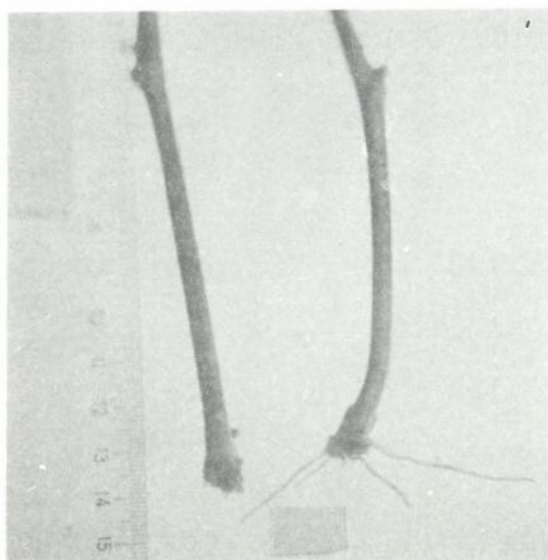


FIGURA 8 - Aspecto do desenvolvimento inicial de raízes em estacas apicais lavadas.

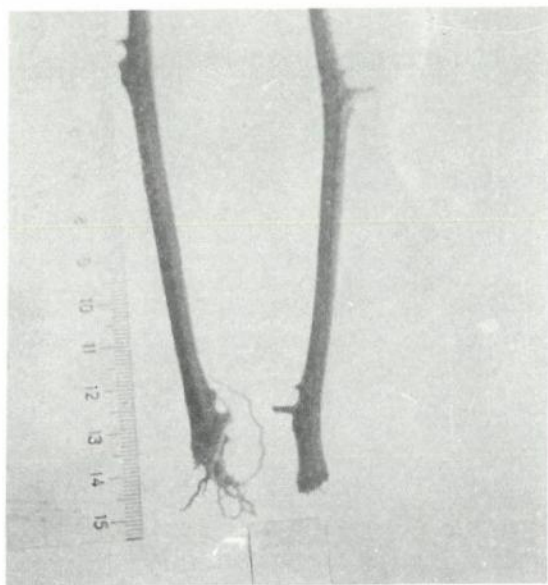


FIGURA 9 - Aspecto do desenvolvimento inicial de raízes em estacas apicais não lavadas.

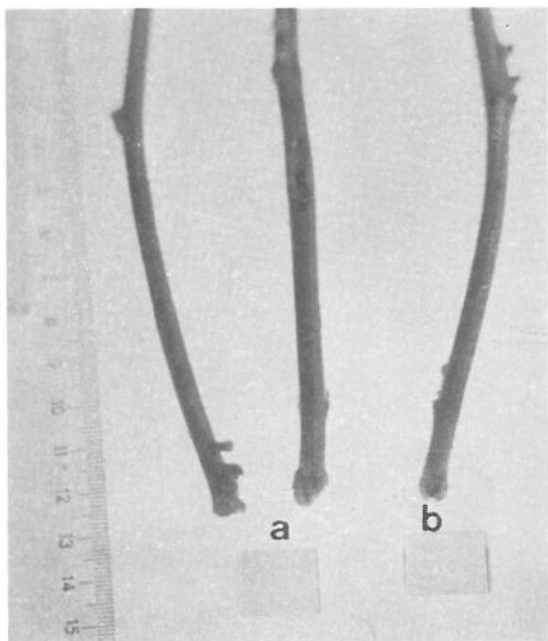


FIGURA 10 - a) Aspecto da formação de calo em estacas medianas lavadas. b) Idem, em estacas medianas não lavadas.



FIGURA 11 - Aspecto do desenvolvimento inicial de raízes em estacas basilares lavadas, onde se observa a emissão de raízes em roseta.



FIGURA 12 - Aspecto de duas estacas basilares não lavadas, observando-se, em uma delas, a formação de calo e, em outra, a emissão de raízes na extremidade do bisel.

et alii (9) e com as informações de JANICK (6).

A estaca apresentou o primeiro anel lenhoso formado e, ao redor dos vasos e entre eles notou-se abundância de parênquima e esclerenquima (Figura 1). Primeiramente, evidenciou-se uma diferenciação centripeta nos tecidos (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17). Nesse processo, o parênquima vasicentro passou através das pontuações para o interior dos vasos, formando tilose, que, no caso do maracujazeiro, são células vivas de importância ímpar, que atuam na dissolução da sua parede, fazendo com que a vascularização primitiva perca sua individualidade (Figuras 15, 16 e 17). Esse aspecto também foi observado por ZUNTI *et alii* (11), em eucalipto.

As fibras esclerenquimatosas vivas do periciclo podem sofrer diferenciações como os demais tecidos, voltando à condição parênquima-meristemática (Figuras 18 e 19), à exceção daqueles que se apresentam com grau de diferenciação mais avançado, que sofrem lise ou são eliminados no processo rizogênico.

Células do periciclo, situadas em oposição ao prolongamento dos raios lenhosos, têm a sua atividade mitótica estimulada. Mediante uma série de divisões periclinais e anticlinais, salienta-se, nesta região, o esboço do primórdio radicular, que se desenvolve tanto na direção centripeta quanto na centrífuga. Esses desenvolvimentos polares do primórdio facilitam a conexão dos tecidos em formação com os correspondentes da estaca. Assim, a região basilar do primórdio progride em direção aos elementos vasculares, com os quais se conectará, tornando, desse modo, perfeita a vascularização (Figuras 20, 21, 22, 23 e 24). Concomitantemente com esse fenômeno, à medida que o primórdio se dirige em direção ao córtex, as células deste se dividem periclinalmente e anticlinalmente, para facilitar a conexão desta região com a correspondente do órgão em formação. O primórdio assim esboçado continua o seu desenvolvimento normal.

Em síntese, tanto a região cortical quanto a região central da estaca sofre-

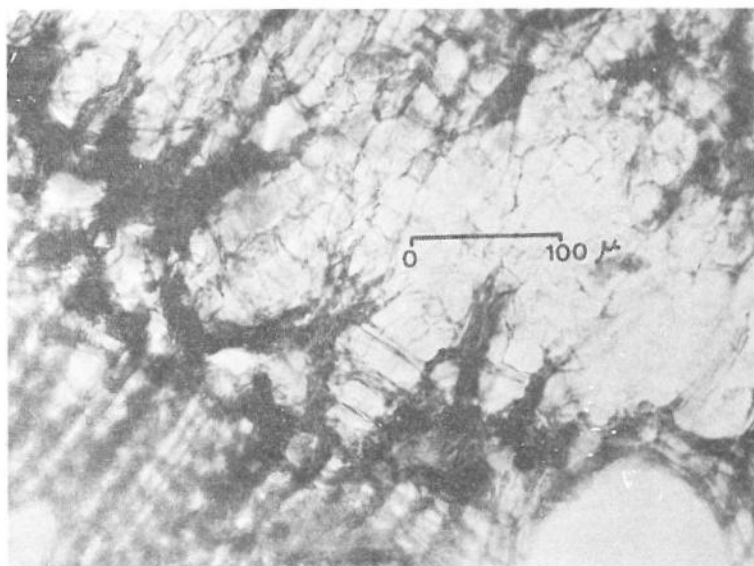


FIGURA 13 - Aspecto do corte transversal de uma porção de anel lenhoso, mostrando ação da dediferenciação.

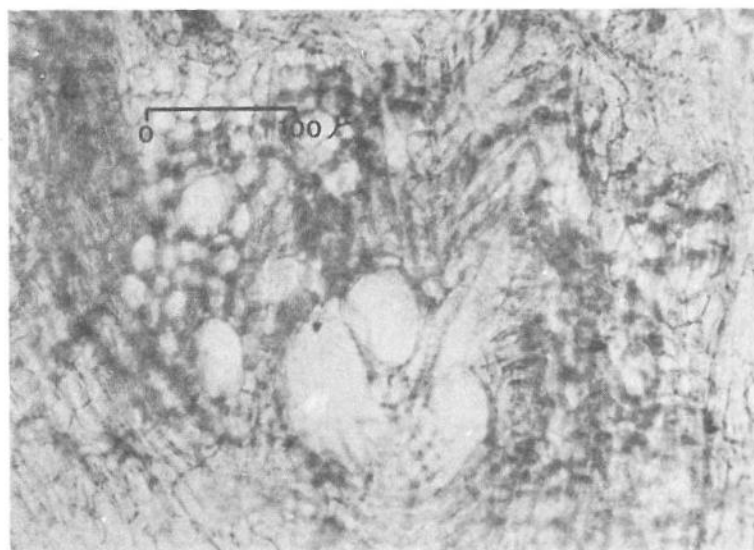


FIGURA 14 - Aspecto mais adiantado da dediferenciação de uma porção do anel lenhoso.

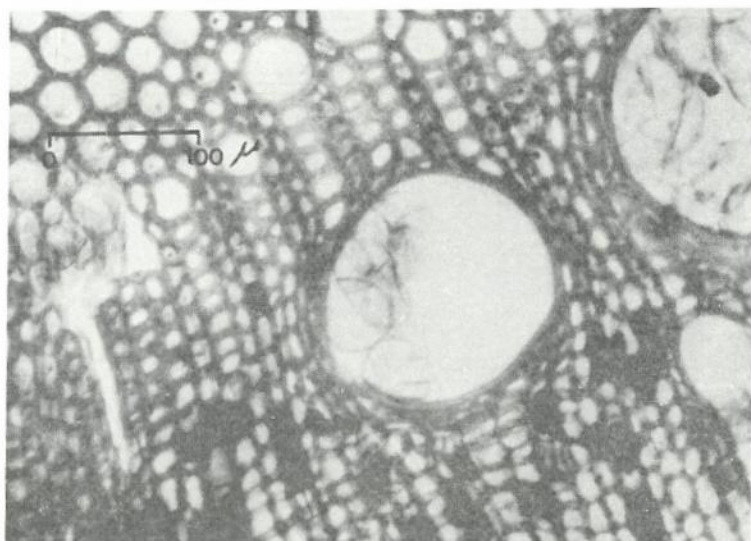


FIGURA 15 - Corte transversal, mostrando o aspecto do parênquima vasicentro que passa através das pontuações para o interior dos vasos, formando tilose. Notam-se, também, no lenho, células com abundância de mucilagem ou resina.

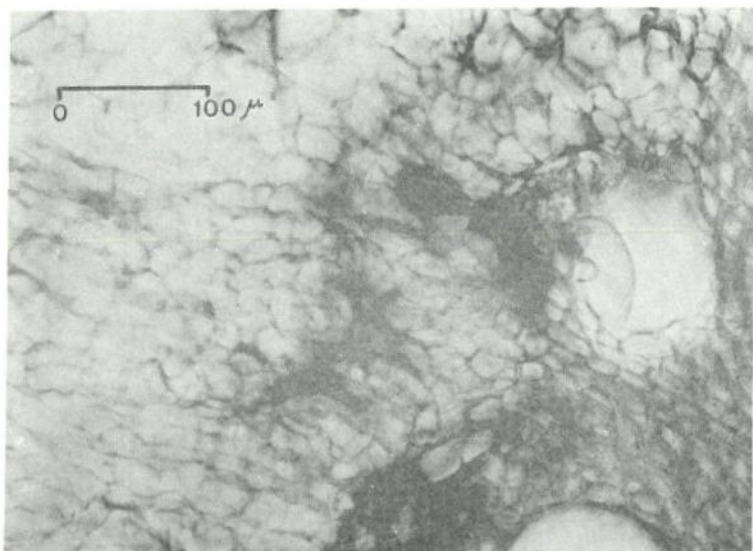


FIGURA 16 - Corte transversal, mostrando uma porção do anel lenhoso em estado bem avançado de dediferenciação. À direita, observa-se a desorganização da estrutura de um vaso lenhoso.

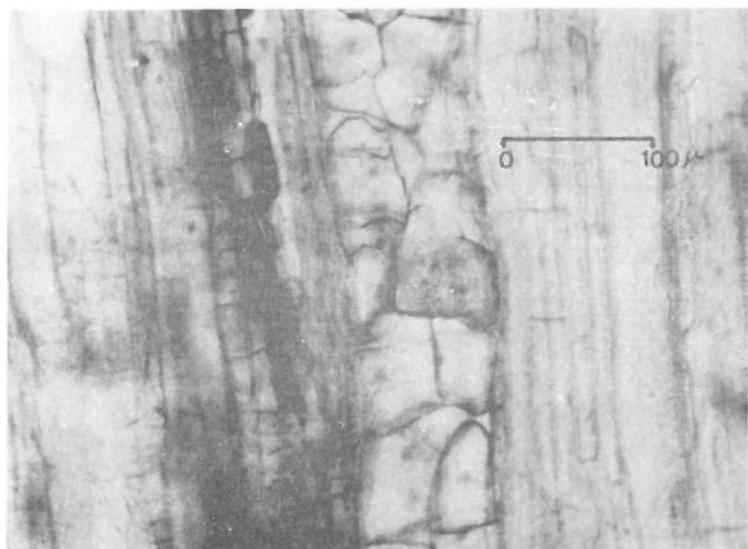


FIGURA 17 - Corte longitudinal na região do anel lenhoso, onde se observa, no centro, um vaso completamente ocupado por células polinucleadas provenientes da tilose.

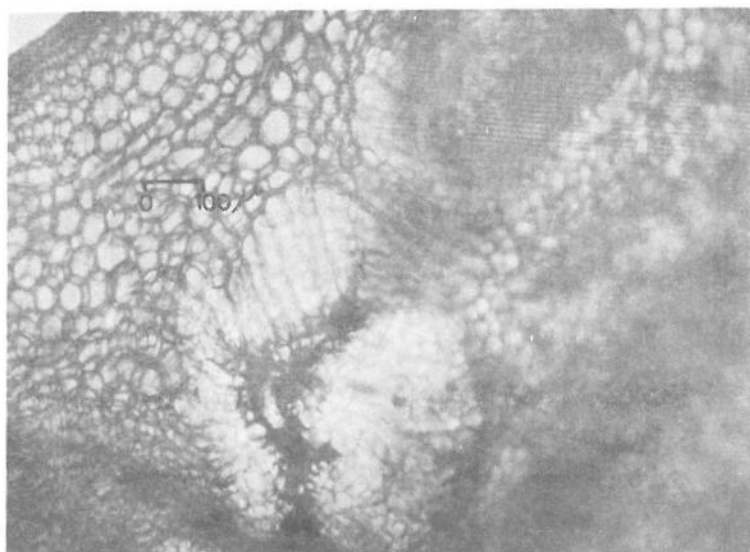


FIGURA 18 - Corte transversal na região do periciclo, onde se observam fibras em regressão.



FIGURA 19 - Aspecto do corte transversal na região do periciclo, onde se observa deslocamento de fibras.



FIGURA 20 - Corte longitudinal da estaca, onde se observa o desenvolvimento do primórdio radicular, cuja região basilar progride em direção aos elementos vasculares primitivos, a fim de conectar com eles, formando uma vascularização perfeita.

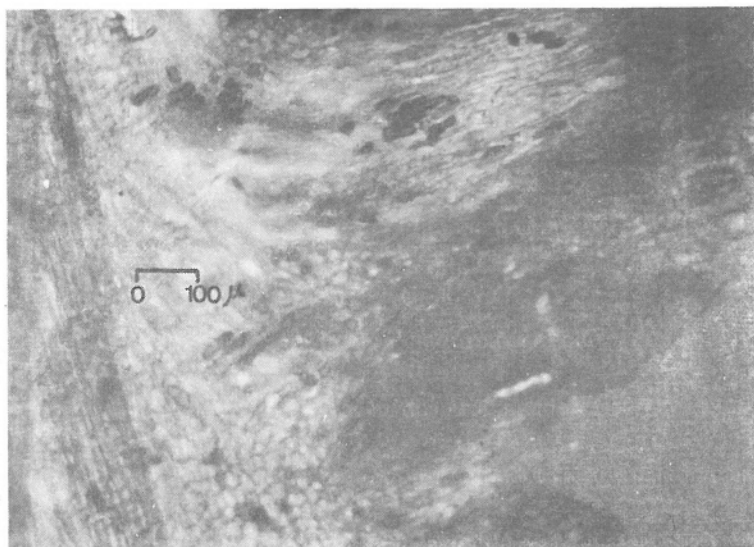


FIGURA 21 - Corte longitudinal da estaca, onde se observam duas raízes seccionadas em diferentes planos: tangencial para a superior e mediano para a do centro.

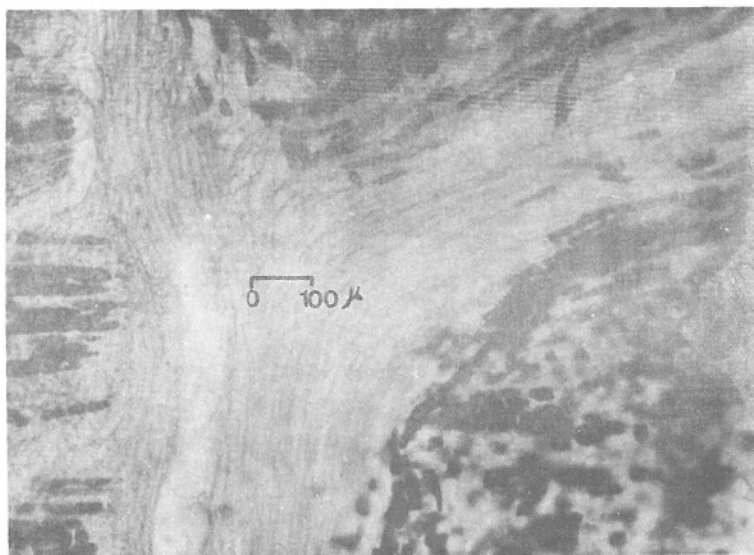


FIGURA 22 - Conexão dos tecidos vasculares do primórdio em desenvolvimento com os correspondentes primitivos.

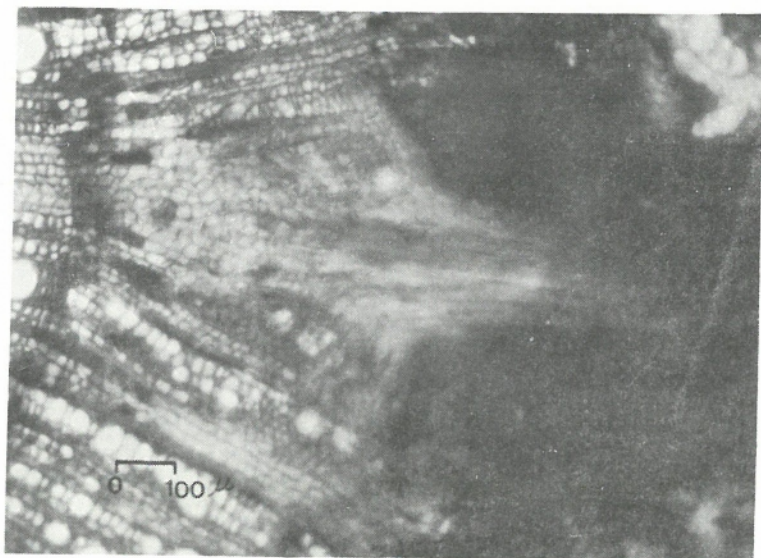


FIGURA 23 - Corte transversal da estaca, onde se observa o início da formação do primórdio radicular, partindo do anel lenhoso.

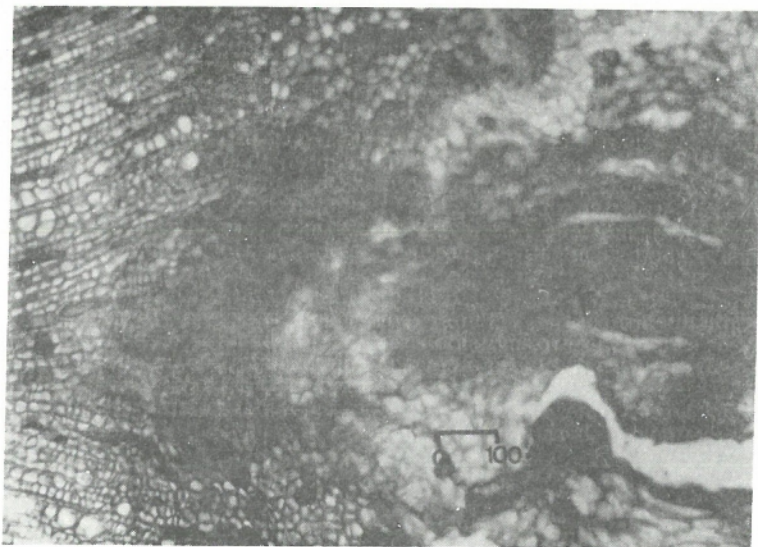


FIGURA 24 - Corte transversal da estaca, mostrando, à direita, o primórdio radicular cuja base está no seio da região liberiana.

ram profundas modificações em razão do processo da dediferenciação, e muitas de suas células voltaram à condição parenquimática ou parênquima-meristemática. Nesse ponto inicia-se o processo de estruturação da raiz a ser formada. Em outras palavras, o sistema de organização caulinar passa para o de radicular; portanto, todos os elementos estruturais sofrem mudanças mais ou menos profundas para realização da nova função.

Observou-se que nas estacas lavadas de origem apical e basilar o desenvolvimento inicial das raízes era mais pronunciado, em forma de roseta em toda a periferia da região seccionada, onde houve formação de calo (Figuras 8 e 11). Nas estacas não lavadas (testemunhas), apenas na extremidade do bisel é que a emissão de raízes se processava (Figuras 9 e 12), indicando com isso que a lavagem possivelmente promoveu um balanço adequado entre os fatores promotores e inibidores do enraizamento; na testemunha, esse balanço ideal e necessário só era obtido em determinados pontos, decorrendo, com isso, a emissão apenas nesses locais, de acordo com o proposto por LEOPOLD e KRIEDEMANN (7). Nas estacas lavadas e não lavadas da porção mediana do ramo observou-se apenas formação de calo (Figuras 10a e 10b).

Durante o período do experimento, as estacas do ápice foram as que melhor responderam à lavagem, em virtude de apresentarem um desenvolvimento radicular mais evidente e uniforme em relação às demais partes, ao contrário do que se diz na literatura (1). Entretanto, essas observações se restringem a curto período de tempo, não se podendo afirmar nada sobre o desenvolvimento posterior das estacas. Observou-se, no presente trabalho, que a época de obtenção das estacas e o tratamento dado a elas também influenciam, marcadamente, o seu enraizamento. As estacas lavadas em outubro morreram, ao passo que as não lavadas enraizavam normalmente.

4. RESUMO

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, e teve o objetivo de descrever a rizogênese em estacas lavadas e não lavadas de diversas porções do ramo do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener).

Utilizaram-se estacas das porções apical, mediana e basilar dos ramos. As bases destas estacas foram mergulhadas em água corrente, até a altura da região mediana do segundo entrenó, durante 36 horas; após esse tratamento, essas estacas, juntamente com as da testemunha (não lavadas), foram plantadas em caixotes com areia esterilizada, sendo o conjunto mantido numa câmara de nevoeiro. De 5 em 5 dias após o plantio algumas estacas eram retiradas para observações histológicas.

Foi observado que os primórdios radiculares originam-se de duas localidades distintas: a) do seio do calo formado na base da estaca e b) endogenamente, do prolongamento dos raios lenhosos. No primeiro caso, a formação da estrutura anatômica do primórdio radicular inicia-se pelas diferenciações progressivas das células do calo, nas proximidades dos elementos vasculares; seu desenvolvimento continua no sentido endógeno, em direção ao lenho, e exógeno, para a extremidade seccionada, fazendo, desta maneira, a conexão dos seus tecidos em formação com os correspondentes na estaca. No segundo caso, as células do periciclo localizadas no prolongamento dos raios lenhosos têm a sua atividade mitótica estimulada, salientando, então, nesta região, o esboço do primórdio radicular, que se desenvolve tanto na direção centripeta quanto na centrífuga, proporcionando, desta maneira, a conexão dos tecidos do órgão em formação com os correspondentes da estaca.

Constatou-se que a lavagem das estacas promove um desenvolvimento inicial de raízes mais rápido e pronunciado e que a porção apical do caule enraizou melhor, ao contrário do que tem sido sugerido na literatura.

5. SUMMARY

The object of this study was to describe rooting of washed and unwashed cuttings from various parts of the stem of the passion fruit, *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener.

Cuttings from apical, median, and basal portions of the stem were used. The

bases of the cuttings were immersed in running tap water up to the middle of the second internode for 36 hours; after that treatment, those cuttings, along with the controls, were struck in Wooden boxes containing sterilized sand and were placed under intermittent mist. Every 5 days after striking some of the cuttings were taken up for histological observation.

The root primordia originate in two distinct regions: a) in the callus lump formed at the base of the cutting and b) endogenously along the wood rays. In the first case the formation of the anatomic structure of the root primordium is initiated by the progressive differentiation of callus cells in the vicinity of the vascular elements. The development of the root primordium continues endogenously in the direction of the wood ray and exogenously toward the end of the sectioned material, creating in this way the connection between the developing tissues and corresponding ones in the stock. In the second case the mitotic activity of the cells of pericycle located along the wood rays was stimulated, the outline of this root primordium then appearing in this region, developing equally in centripetal and centrifugal directions, and establishing in this manner the connection of tissues of the developing organ with corresponding ones in the stock.

It was determined that washing of the cuttings promoted a more evident and pronounced initial development of roots and that the apical portion of the stem was the one which responded best to washing.

6. LITERATURA CITADA

1. AKAMINE, E. K. *et alii*. *Passion fruit culture*. University of Hawaii, 1954. 23 p. (Ext. Circ. Univ. Hawaii, 345). In: F.A.O. CONFERENCE ON PROPAGATION OF TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS. London, 1969. Notes and annotated bibliography on propagation techniques used or recommended for *Passiflora* spp., Passion Fruits, Granadillas, etc. Kent, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation crops, s/data, 16 p.
2. CHAPMAN, T. Passion fruit growing in Kenia. *Economy Botany*, 17(3):165-168. 1963.
3. FAVRE, J. M. Influence de facteurs internes sur la cinétique d'enracinement de la vigne cultivée in vitro. *Revue Generale de Botanique*, 77:519-562. 1970.
4. FOUQUÉ, A. Espèces fruitières d'Amérique tropicale. *Fruits*, 27(5):369-382. 1972.
5. HARTMANN, H. T. & KESTER, D.E. *Propagación de plantas*. México, Compañía Editorial Continental, S.A., 1975. 810 p.
6. JANICK, J. *A Ciência da Horticultura*. Rio de Janeiro. Agência Norte-americana para o Desenvolvimento Internacional, 1966. 485 p.
7. LEOPOLD, A. C. & KRIEDEMANN, P. E. *Plant growth and development*. New York, MacGrow-Hill, 1975. 545 p.
8. SHIMOYA, C. & GOMIDE, C. J. Desenvolvimento anatômico da raiz adventícia em estaca de figueira (*Ficus carica* L.), *Revista Ceres*, 16(87):41-56. 1969.
9. SHIMOYA, C., GOMIDE, C. J. & FORTES, J. M. Estudo anatômico do enraizamento e da soldadura do enxerto em estaca-enxerto de videira (*Vitis* spp). *Revista Ceres*, 18(96):85-102. 1971.
10. TRIONE, S. O. & AVELLANEDA, M. O. Enraizamento en alamo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 10 (1-2):61-87. 1963.
11. ZUNTI, A. C., SHIMOYA, C. & PINHEIRO, R. V. P. Anatomia da soldadura do enxerto tipo garfagem em *Eucalyptus saligna* Smith. 14(4):95-115. 1972.