

FLOEMA TERMINAL EM FEIXES VASCULARES
DO MESOFILO DE *SYRINGA VULGARIS* E
BOERHAAVIA COCCINEA

BERTA LANGE DE MORRETES

...the ... of ...

FLOEMA TERMINAL EM FEIXES VASCULARES DO
MESOFILO DE *SYRINGA VULGARIS* E
BOERHAAVIA COCCINEA *

BERTA LANGE DE MORRETES

Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

Introdução e Agradecimentos

Fazendo a revisão bibliográfica existente a respeito de estudos feitos em floema, verificamos que a maior parte dos conhecimentos atuais exatos a respeito deste tecido condutor, é devido a Esau. São também desta pesquisadora as duas revisões feitas sobre os trabalhos concernentes ao assunto que apareceram até o ano de 1950 (2, 3) e é da última revisão (3) que transcrevemos textualmente o seguinte trecho: "topics to which no new informations has been added, are entirely omitted. Such topics are — histological data; ontogenetic transformations of sieve elements; interconnections of the phloem cells, and the phloem in vein endings of leaves". E, desde a data em que foi publicada esta revisão, pouquíssimas pesquisas foram realizadas no campo particular das terminações das nervuras, no que diz respeito à estrutura do floema.

No presente trabalho, segundo de uma série por nós planejada, procuramos esclarecer a estrutura e composição celular do floema nas terminações de nervuras no mesofilo.

Desejamos deixar consignados nossos agradecimentos aos Departamentos de Botânica da Universidade da Califórnia — Davis e da Faculdade de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo pela determinação das espécies e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela subvenção concedida.

* Entregue para publicação em Abril de 1965.

Material e Métodos: — As espécies analisadas foram *Syringa vulgaris* L. e *Boerhaavia coccinea* Mill. .

Empregamos em nossa pesquisa folhas de aproximadamente igual tamanho e idade, colhidas em uma mesma época do ano e provenientes de um mesmo nó. As folhas foram cortadas sob água, levadas à bomba de vácuo para a retirada do ar dos espaços intercelulares e a seguir transferidas para o fixador, Craff III para *Syringa vulgaris* e Craff II para *Boerhaavia coccinea* (15).

Parte do material assim preparado foi submetido a técnica de clarificação segundo o método de Foster (7) e parte foi incluída em Tissuemat e parafina. Os cortes seriados foram feitos para-dermica e transversalmente, com 8 μ . de espessura no caso de *Syringa vulgaris* e 10 μ . no de *Boerhaavia coccinea*.

Os processos de coloração empregados foram: ácido tânico-cloreto de ferro e azul de resorcina, segundo técnica de Cheadle, Gifford e Esau (1), safranina e verde rápido e hematoxilina e eosina (15,9). Os desenhos foram feitos com o auxílio da câmara clara e completados em seus pormenores apenas com o microscópio, empregando-se freqüentes vêzes para a compreensão final da estrutura cortes a mão livre, feitos de material vivo. Em ambas as espécies, iniciamos as observações com a análise das folhas clarificadas.

Observações: — *Syringa vulgaris* L. apresenta nervação do tipo reticulado, em que nervuras de maior porte delimitam no mesofilo aréolas poligonais, nas quais se encontram as terminações dos feixes vasculares. O tamanho das aréolas varia, e a disposição básica corresponde a descrita por Wylie (17) para *Ricinus communis*. De uma nervura de pequeno porte, que delimita a aréola no mesofilo, partem as terminações de feixes, geralmente duas ou mais. Estas, podem ou não apresentar ramos laterais, de acôrdo com a classificação estabelecida por Fischer (6). Na Fig. 1, podemos observar em vista frontal duas aréolas completas de uma folha clarificada de *Syringa*, em que são visíveis as terminações principais e as laterais; estas últimas em muito menor número. As nervuras que delimitam as aréolas, apresentam uma bainha parenquimática, de células muito alongadas, providas de plastos e núcleo grande. A Fig. 2, representa um corte paradérmico em que a bainha descrita é

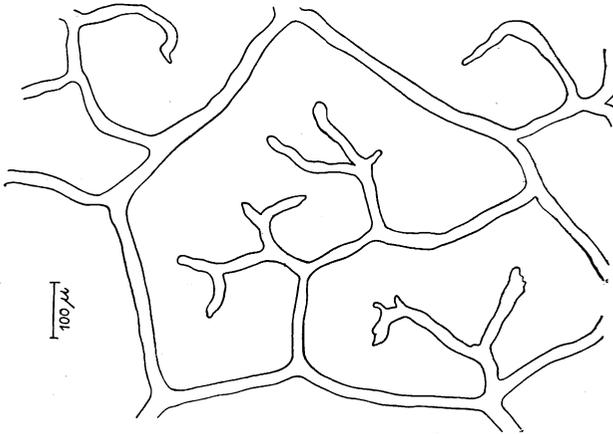


Fig. 1 — *Syringa vulgaris*. Vista frontal da lâmina folhear clarificada. São visíveis as terminações principais e as laterais que ocorrem em aréolas delimitadas por nervuras de maior porte.

visível em vista frontal. As células do parênquima assimilador lacunoso envolvem a bainha do feixe.

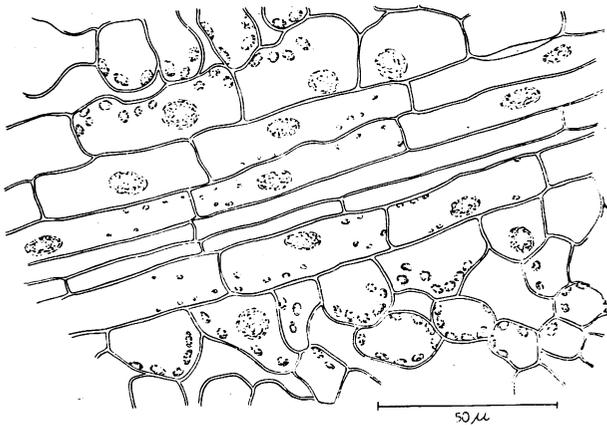


Fig. 2 — *Syringa vulgaris*. Vista frontal de uma parte da nervura que delimita a aréola. O corte paradérmico revela a bainha do feixe, constituída por células alongadas, providas de plastos.

Ao nível das terminações dos feixes, a bainha é representada por células que se assemelham às do parênquima assimilador lacunoso. É comum que tais células apresentem seus plastos na face

oposta a que se justapõe as traqueides terminais. Ao nível do floema, os plastos ocupam qualquer posição no citoplasma celular.

As terminações de nervuras em *Syringa vulgaris* apresentam geralmente um par de traqueides, podendo no entanto ocorrer uma apenas na ponta do feixe. As Figs. 3 e 4, representam cortes parадérmicas da lâmina folhear em que uma terminação é vista em corte longitudinal. Na Fig. 3 são visíveis as traqueides terminais e no corte imediatamente abaixo, Fig. 4, podemos reconhecer o vaso liberiano e suas células companheiras. Em *Syringa*, a descrição ora feita, corresponde a que encontramos em *Capsicum annuum* (11), isto é, o vaso liberiano na maioria dos casos, atinge junto com o xilema a terminação do feixe. O vaso liberiano apresenta pequeno diâmetro e placas crivadas foram encontradas freqüentes vêzes em seu último segmento. Geralmente duas células companheiras flanqueiam um elemento componente do vaso crivado. As células companheiras apresentam citoplasma denso, ricamente granulado e núcleo grande, muitas vêzes oval.

Elementos componentes do vaso crivado e células companheiras apresentam geralmente igual comprimento, o que fala a favor de uma mesma origem, ou seja, uma célula do procâmbio dará origem aos elementos referidos (13).

Nas regiões em que ocorrem ramificações laterais o floema pode apresentar maior número de células companheiras. Estas, em muitos casos apresentam formatos diferentes, podendo ser triangulares e menores do que as companheiras restantes. Conservam no entanto as mesmas características citoplasmáticas.

As Figs. 5 e 6, obtidas de cortes parадérmicos sucessivos, revelam uma ponta de nervura em que ocorrem uma terminação principal e uma lateral. Na Fig. 5, são visíveis as traqueides terminais e na Fig. 6, o liber representado pelos vasos liberianos e por suas células companheiras. Ao nível da saída da terminação lateral, ocorre uma célula quase triangular do tipo acima descrito. Os dois vasos liberianos correm paralelamente até a altura da ramificação. Também nestas duas figuras é visível a disposição dos plastos nas células da bainha.

A Fig. 7, obtida de cortes transversais de uma nervura de pequeno porte, revela a composição do feixe. Sete traqueides e dois

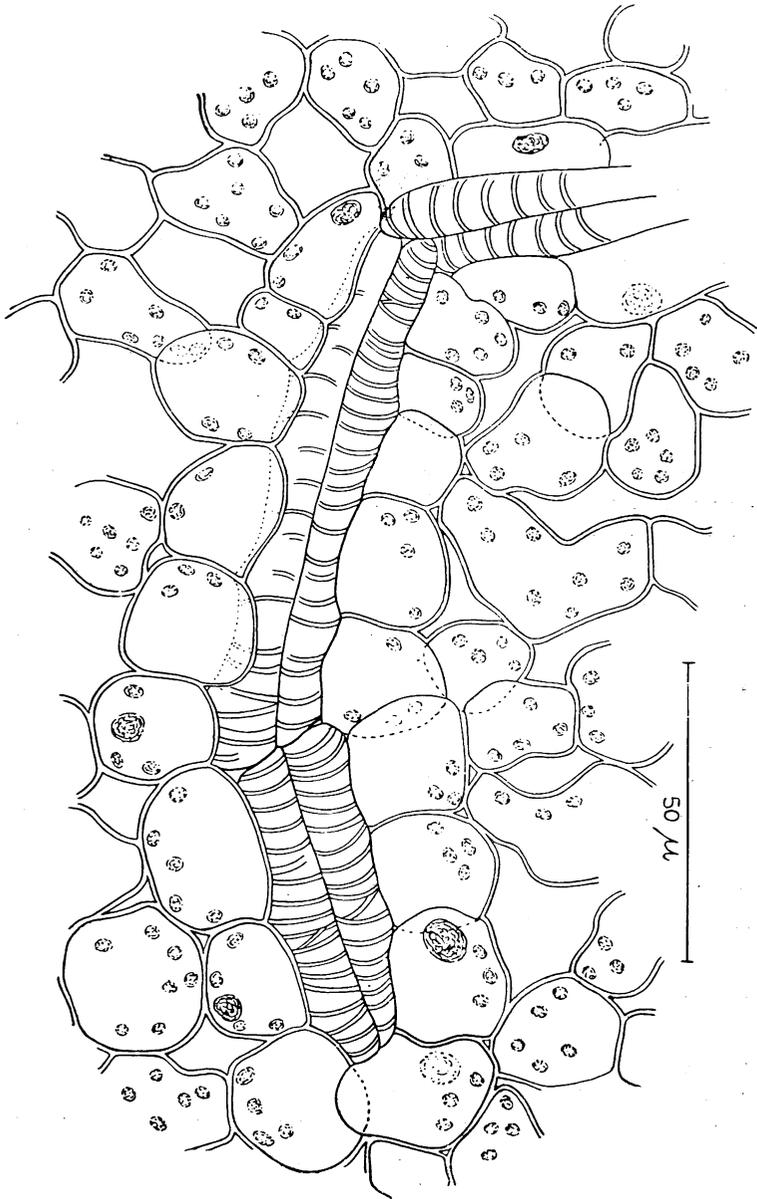


Fig. 3 — *Syringa vulgaris*. Corte longitudinal de uma ponta de feixe, em que são visíveis os pares de traqueides que ocorrem na região terminal. As células da bainha, apresentam os cloroplastos localizados na parede oposta a que limita as traqueides.

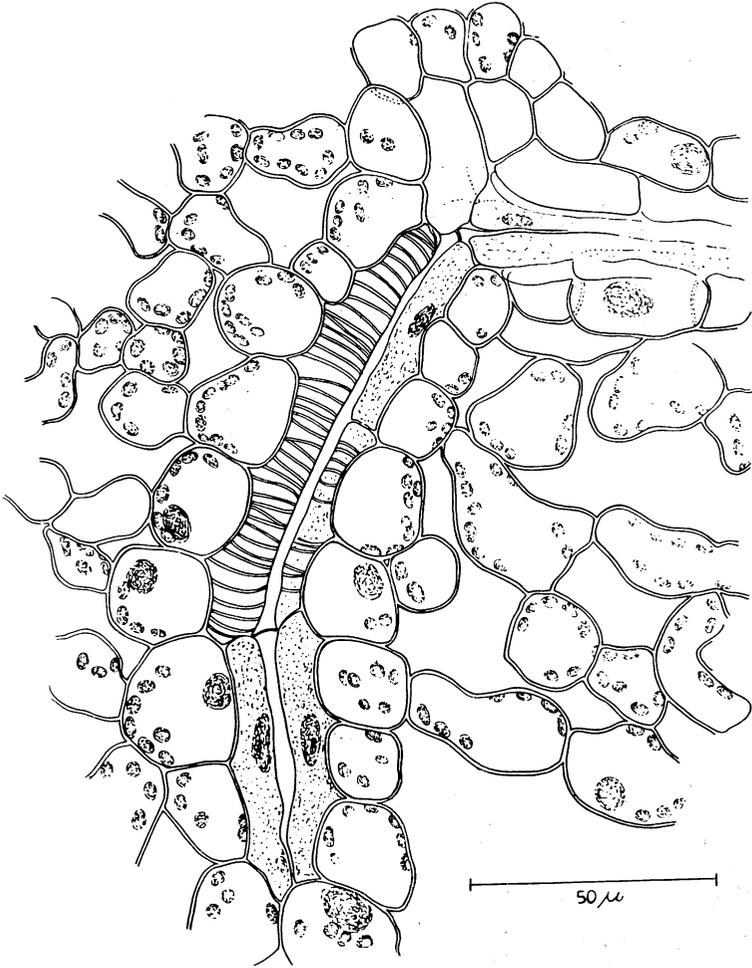


Fig. 4 — *Syringa vulgaris*. Corte longitudinal da mesma ponta de feixe representada na Fig. 3; o floema é representado pelo vaso crivado, flanqueado por células companheiras. No vaso crivado são visíveis duas placas crivadas.

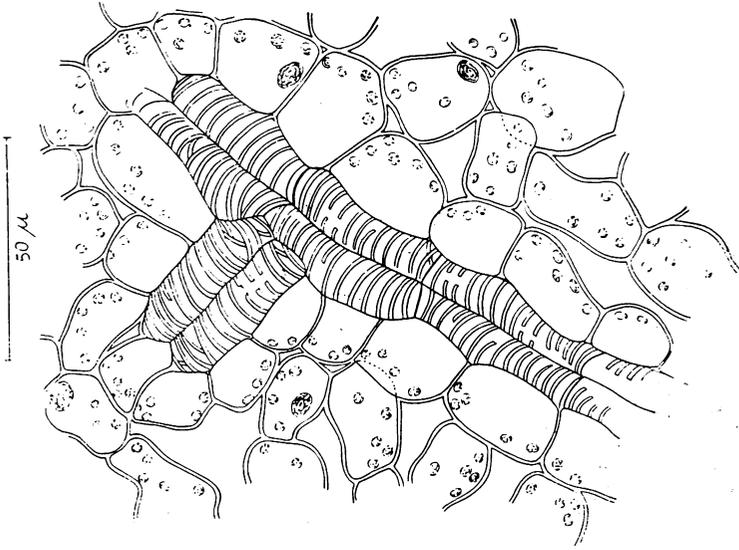


Fig. 5 — *Syringa vulgaris*. Corte paradérmico da lâmina folhear, revela uma ponta de feixe, provida de terminação principal e uma lateral, ao nível do xilema.

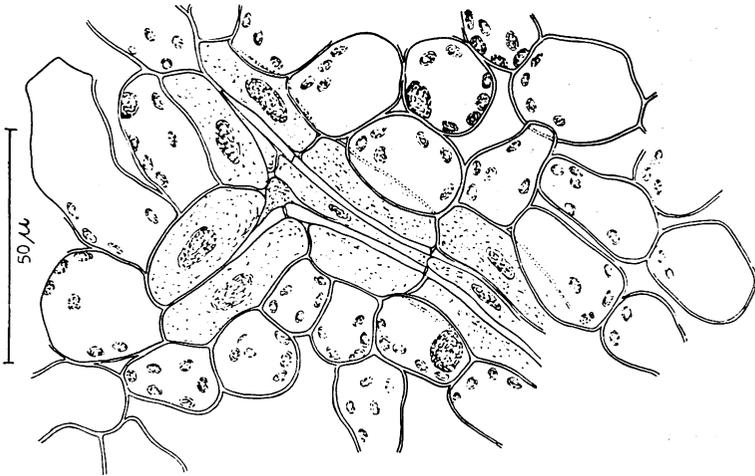


Fig. 6 — *Syringa vulgaris*. Corte longitudinal da mesma ponta de feixe, representada em 5; vasos crivados ocorrem tanto na terminação principal como na lateral. Placas crivadas são visíveis nos dois segmentos terminais do vaso crivado.

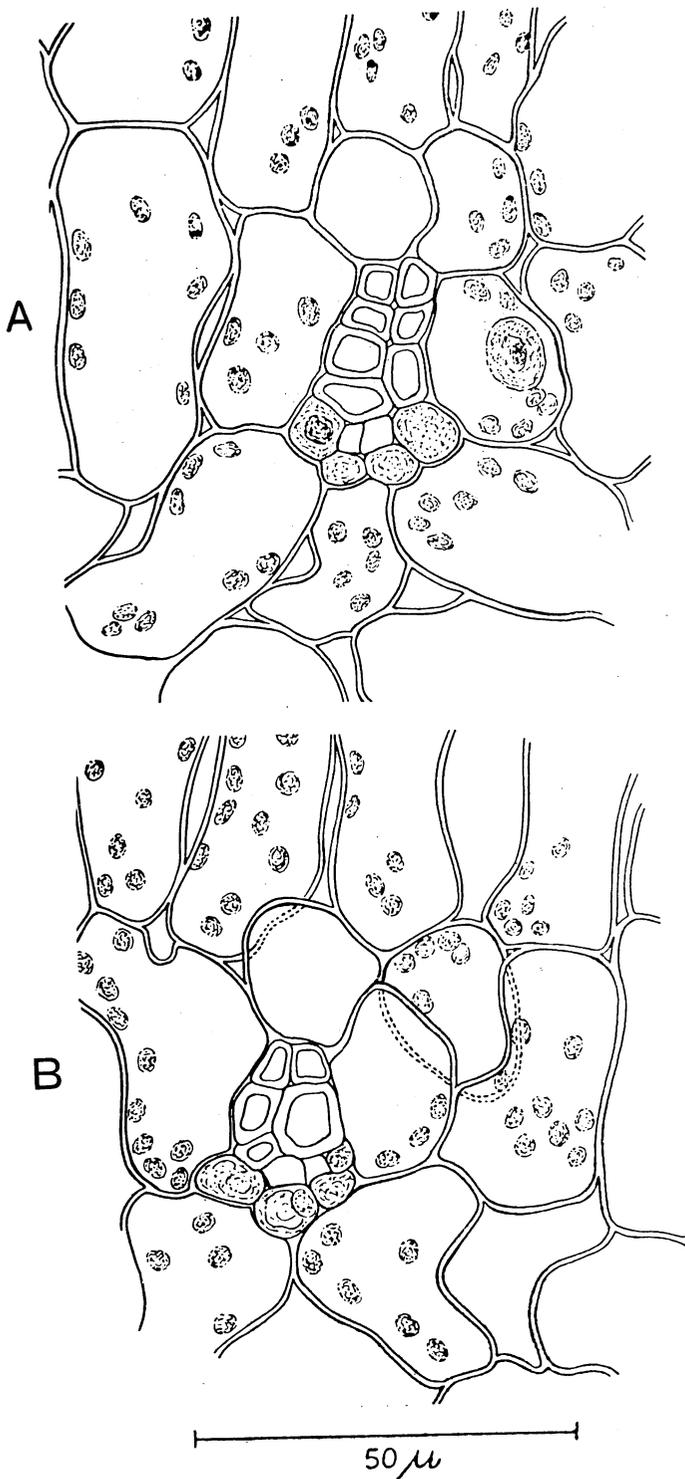


Fig. 7 — *Syringa vulgaris*. Cortes transversais de uma nervura de pequeno porte, obtidos nas proximidades da ponta. Em A e B os complexos xilémático e floemático se tocam diretamente sem que entre ambos existam células do parênquima.

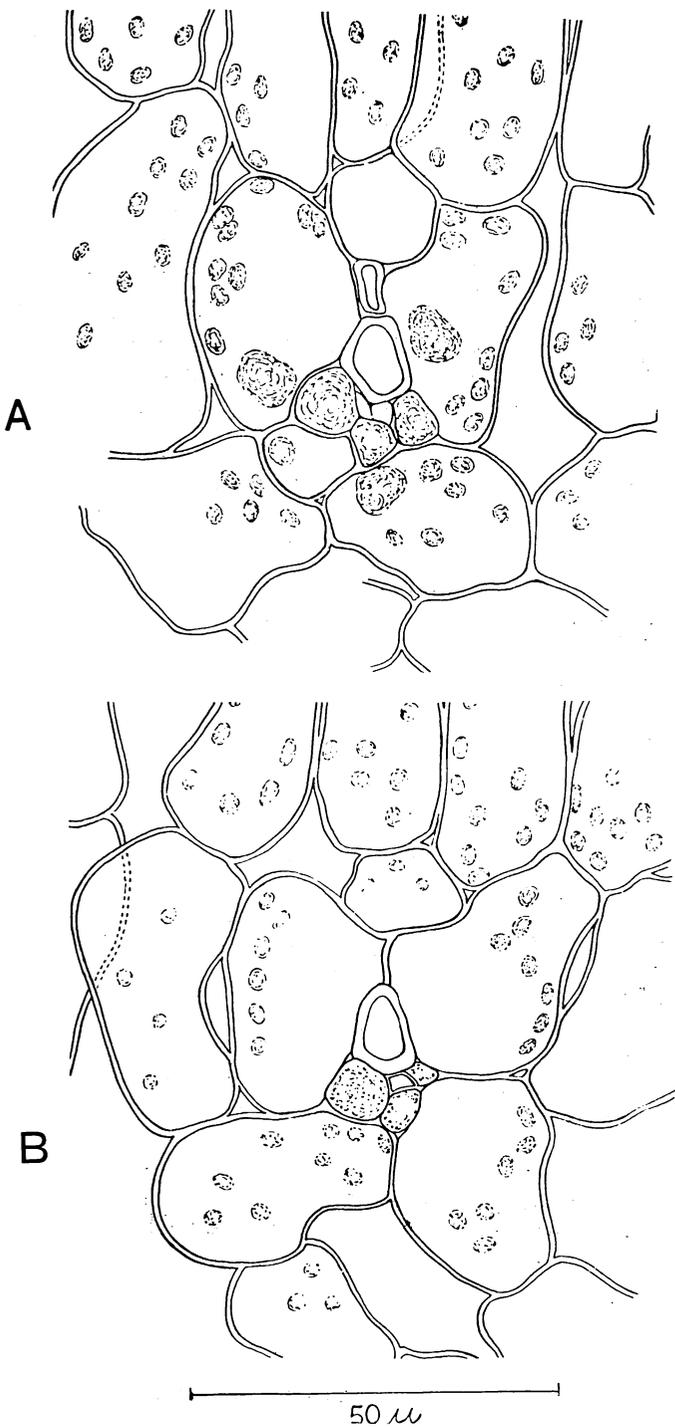


Fig. 8 — *Syringa vulgaris*. Cortes transversais de um feixe terminal, obtidos da mesma nervura representada em 7. Os cortes A e B, representam a situação do complexo condutor junto a ponta do feixe. Em A, duas traqueides e dois vasos liberianos e em B, uma só traqueide e um só vaso. É visível a grande desproporção entre o diâmetro do vaso crivado e de suas células companheiras.

vasos liberianos com suas células companheiras, em A; em B, o aspecto do feixe, tres cortes adiante de A, na mesma série. Na bainha da nervura as células já assumiram o aspecto típico de células do parênquima lacunoso. Em A e B, o floema toca o xilema, sem que existam entre ambos células do parênquima. Faltam as extensões de bainhas (18). A Fig. 8, representa em A e B, cortes transversais obtidos na porção terminal do mesmo feixe. Em A, apenas duas traqueides e dois vasos liberianos e em B, uma só traqueide e um só vaso. Em ambas as figuras é visível a grande desproporção existente entre o diâmetro do vaso liberiano e suas células companheiras. Os cortes que se seguem na série da qual as ilustrações A e B da Fig. 8 fazem parte, mostram a diminuição gradativa dos diâmetros da traqueide e do vaso liberiano. Ambos terminam junto a uma célula da bainha.

Boerhaavia coccinea Mill.. A folha clarificada, revela nervação de tipo reticulado. A Fig. 9, representa a distribuição dos feixes, sendo visíveis aréolas nas quais terminam pontas de feixes condutores. As células da bainha são extremamente desenvolvidas em relação às células restantes que compõe o mesofilo, e se coram intensamente pelos corantes citoplasmáticos.

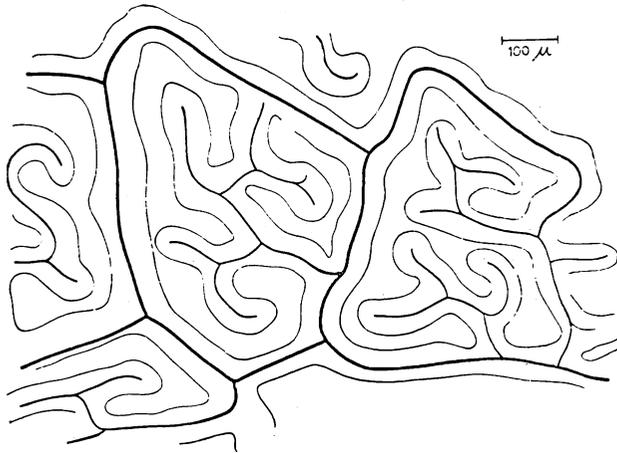


Fig. 9 — *Boerhaavia coccinea*. Vista frontal da lâmina folhear clarificada, mostrando a distribuição das nervuras.

Também em *Boerhaavia* ocorrem terminações principais e laterais, como as descritas em *Syringa*, só que o número das mesmas é muito menor. A Fig. 10, representa uma ponta de feixe, em corte paradérmico da lâmina folhear. Geralmente apenas uma traqueide é encontrada na extremidade. A bainha do feixe terminal envolve-o completamente ao nível do xilema, e suas células compactamente ar-

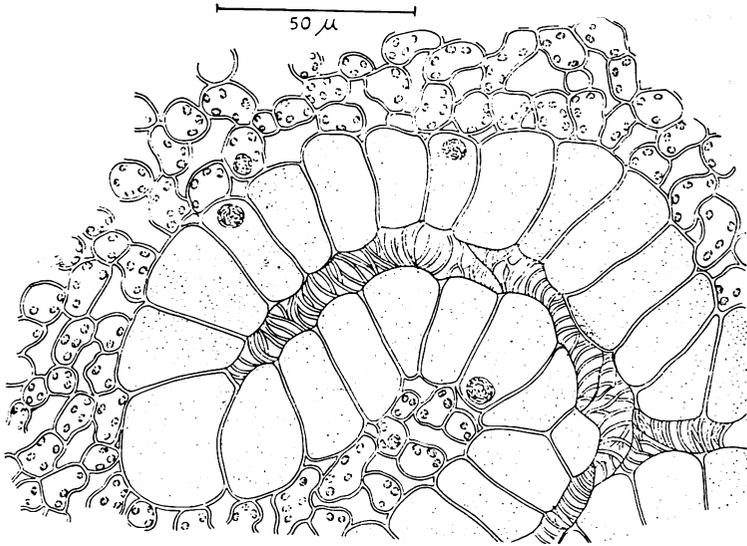


Fig. 10 — *Boerhaavia coccinea*. Corte paradérmico da lâmina folhear, mostrando uma terminação de feixe condutor, ao nível do xilema, representado por uma só fileira de traqueides. A bainha do feixe é constituída por células grandes, de paredes finas e de citoplasma denso.

ranjadas contrastam das células restantes do mesofilo pelo seu tamanho e conteúdo. Não concordamos com Grotta (8) que as denomina células armazenadoras de água, pois a estrutura das células em questão não lembra em absoluto um parênquima aquífero. A Fig. 11 foi obtida de um corte abaixo do representado em 10. São visíveis os elementos componentes do floema, sob forma de um vaso liberiano e suas células companheiras. O vaso apresenta lume pequeno e suas células companheiras possuem citoplasma denso e ricamente granulado. O núcleo é grande e geralmente oval. As paredes transversais que ocorrem inclusive no segmento terminal do vaso liberiano

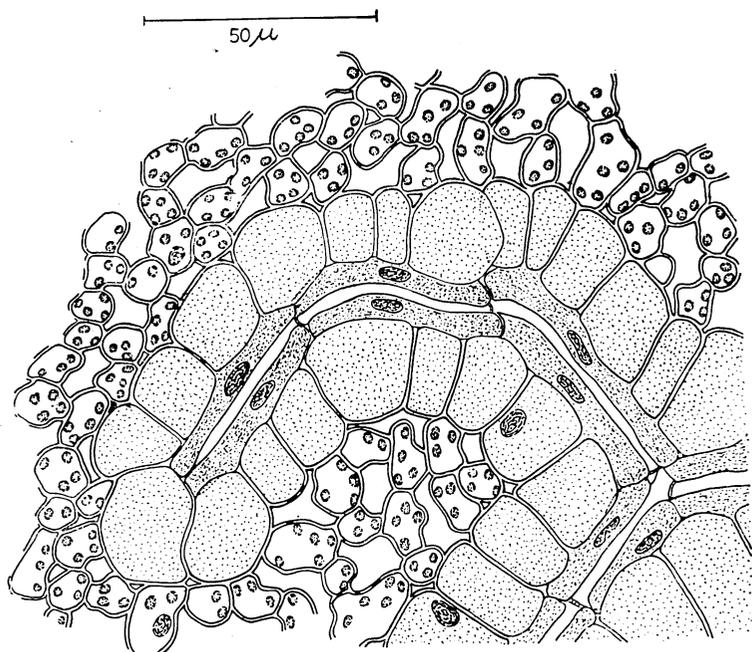


Fig. 11 — *Boerhaavia coccinea*. Corte paradérmico da lâmina folhear, do mesmo feixe representado em A, em um corte imediatamente abaixo. São visíveis um vaso crivado com suas placas e as células companheiras que o ladeiam.

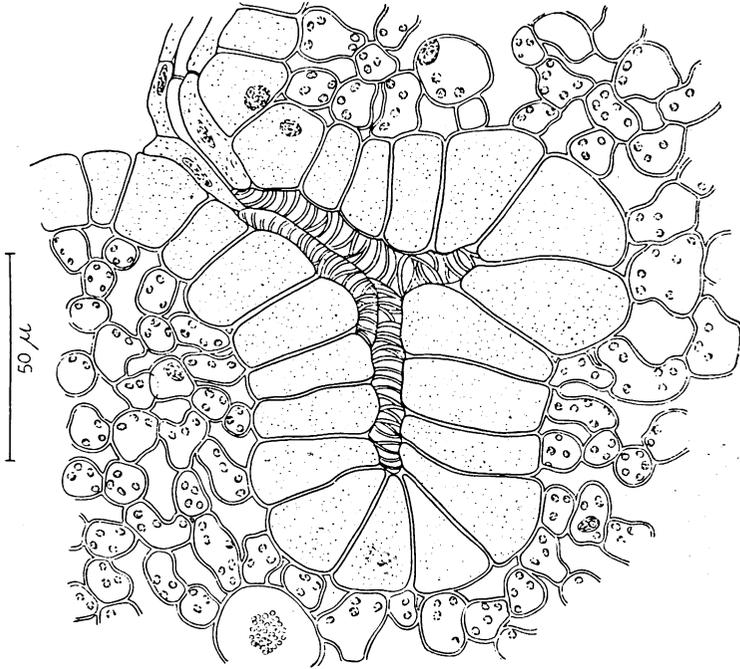


Fig. 12 — *Boerhaavia coccinea*. Corte paradérmico da lâmina folhear, mostrando uma ponta de feixe, com uma terminação principal e uma lateral pouco desenvolvida. O xilema no caso também é representado por traqueides.

foram interpretadas como sendo placas crivadas. As Figs. 12 e 13, obtidas de outra ponta de feixe, representam cortes sucessivos, que em 12, mostram a nervura terminal e a lateral pouco desenvolvida, ambas constituídas por apenas uma traqueide. Na Fig. 13, o floema exposto, mostra que tanto a nervura terminal como a lateral são providas de vaso liberiano e células companheiras. Raras vezes, em cortes longitudinais dos feixes terminais, observamos uma célula que em aspecto lembra uma célula companheira, ocupando a ponta do feixe, por baixo da traqueide terminal. Nestes casos, o vaso crivado termina um segmento antes do xilema.

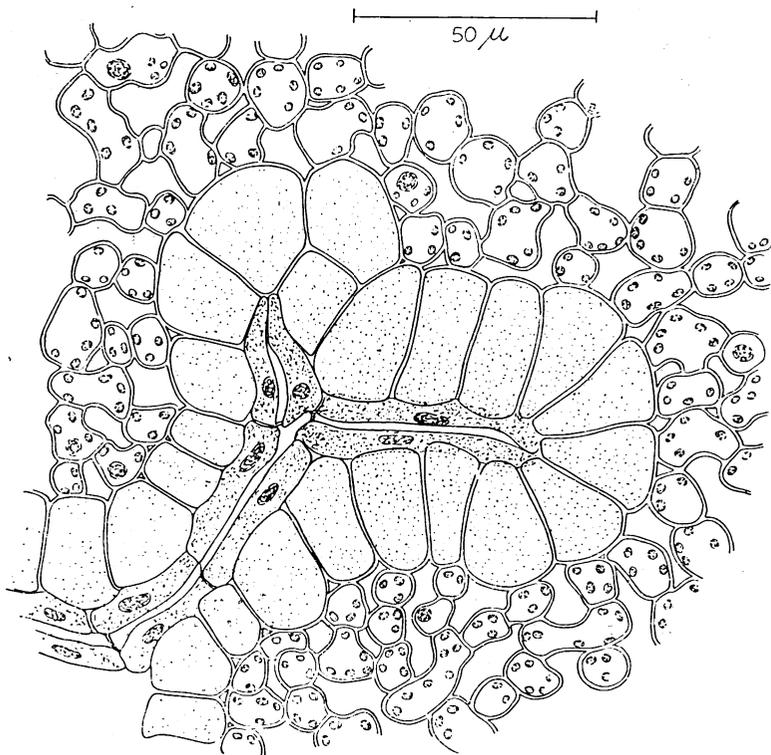


Fig. 13 — *Boerhaavia coccinea*. Corte paradérmico de ponta de nervura. A fig. foi obtida um corte abaixo da Fig. 12. O floema ocorre tanto na ponta principal como na lateral, sendo constituído por vasos liberianos e células companheiras.

Da série de cortes transversais, escolhemos as Figs. 14 e 15; como seqüência significativa. Fig. 14, representa um corte em que são visíveis quatro traqueides sobrepostas e o complexo floemático é representado por três vasos liberianos acampanhados de duas células companheiras. Dêste complexo, fazem parte duas células do parênquima liberiano, que diferem das células companheiras por seu conteúdo menos denso e seu vacúolo grande. A bainha deixa a descoberto parte do floema.

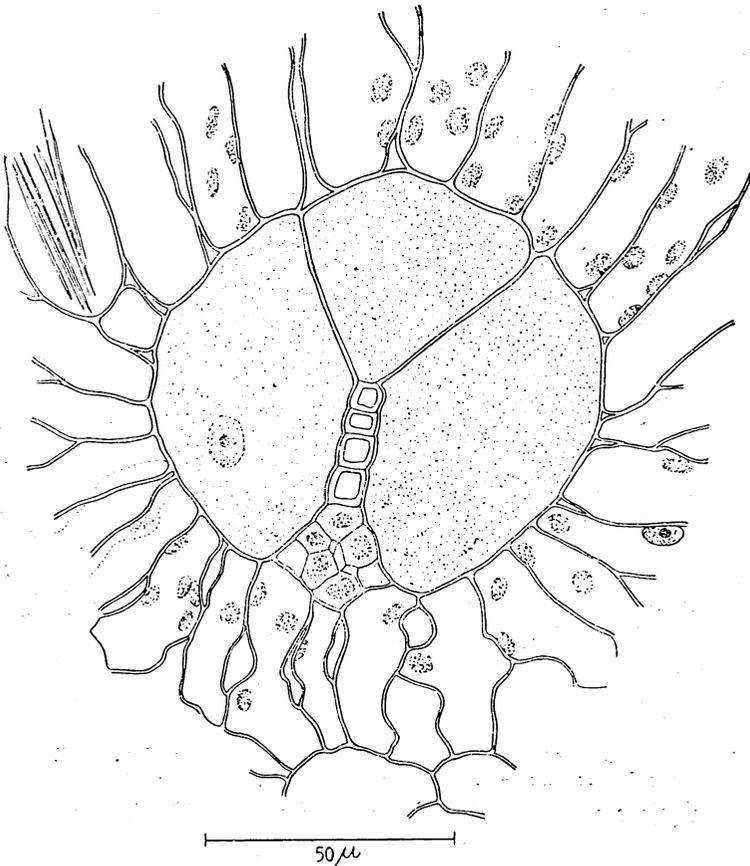


Fig. 14 — *Boerhaavia coccinea*. Corte transversal de uma ponta de nervura nas proximidades de seu ápice. São visíveis quatro traqueides sobrepostas e o complexo floemático é representado por três vasos crivados acompanhados de suas células companheiras. São ainda visíveis duas células do parênquima liberiano reconhecíveis por seu conteúdo menos denso e seu vacúolo grande. A bainha deixa a descoberto parte do floema.

teúdo menos denso e seu vacúolo bem definido. Na Fig. 15, apenas duas traqueides e dois vasos crivados são visíveis. Em ambas as figuras, verifica-se o fato já descrito por Metcalfe and Chalk (10) ao fazerem a análise das Nyctaginaceae, isto é, a bainha que envolve as terminações de feixes não circunda totalmente o sistema condutor. O complexo floemático fica parcialmente em contacto direto com as células do parênquima assimilador lacunoso.

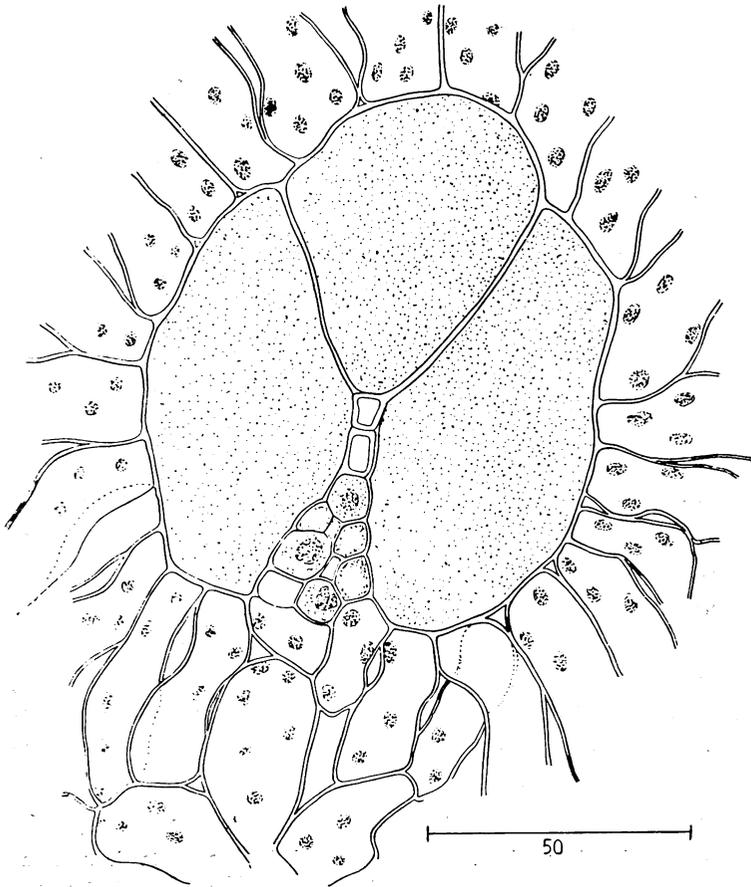


Fig. 15 — *Boerhaavia coccinea*. Corte transversal de uma ponta de feixe. São visíveis apenas duas traqueides e dois vasos crivados. O floema fica em contato direto com o parênquima assimilador lacunoso.

Discussão: — É sabido que o floema componente das terminações de feixes no mesofilo é de difícil identificação e provavelmente neste fato reside a causa do pequeno número de trabalhos de pesquisa referentes ao assunto em questão.

Coube a Fischer (6) e Pray (12) o mérito de identificar os elementos componentes dos vasos liberianos na porção terminal dos feixes. O primeiro destes pesquisadores, fazendo a análise de 62 espécies, chama a atenção para o brilho especial das paredes destas células, quando examinadas em cortes de material vivo e o segundo pesquisador, faz referência ao espessamento das paredes das células componentes do vaso e sua capacidade de fixar corantes determinados, em se tratando de material fixado. Em nosso trabalho inicial da série empreendida, Morretes (11), confirmamos as observações de Fischer e de Pray e estas confirmações são válidas para as terminações de feixes no mesofilo de *Syringa vulgaris* e *Boerhaavia coccinea*.

Em *Syringa* e *Boerhaavia*, a distribuição das nervuras terminais é do tipo reticulado. Ocorrem em ambas as espécies terminações principais e laterais, sendo o xilema nestas terminações representado geralmente por um par de traqueides em *Syringa* e por uma só traqueide em *Boerhaavia*. Não acreditamos no entanto poder aplicar a classificação de Strain (16) pois ocorrem casos em que uma só traqueide termina uma ponta de feixe em *Syringa* e casos em que duas terminam o sistema em *Boerhaavia*. O complexo floemático é representado em ambas as espécies por vasos crivados e células companheiras, e os elementos componentes dos vasos liberianos foram encontrados geralmente em terminações principais e suas respectivas laterais. Em outras palavras, o vaso liberiano atinge com o xilema as pontas do feixe. Apenas em duas terminações de feixe, encontramos a situação descrita por Pray (12) para a terminação principal de feixe de *Liriodendron*. O floema na extremidade do feixe terminal era representado por uma célula nucleada, lembrando em aspecto uma célula companheira. Mas, em ambos os casos, a ponta do feixe encontrava-se muito próxima de uma nervura de maior porte que delimitava a aréola. No caso em questão podíamos estar diante de uma situação anômala, ocasionada talvez por um bloqueamento do crescimento.

Tanto em *Syringa* como em *Boerhaavia*, o floema toca diretamente o xilema nos últimos segmentos dos feixes. O fato já havia sido representado por Fischer (6) em seus desenhos sem que tivesse mencionado no texto a sua ocorrência. Situação semelhante foi referida por Esau (4) em Gramineae por Pray (14) em *Hosta* e por Morretes (11) em *Phaseolus*. O vaso crivado, nas pontas de feixes é flanqueado geralmente por duas células companheiras, que se caracterizam por seu citoplasma denso e rico em inclusões. Em ambas as espécies analisadas o núcleo das células companheiras é grande, geralmente alongado. O formato das células companheiras ao nível de ramificações tanto em *Syringa* como em *Boerhaavia* difere completamente do das células encontradas ao longo das terminações principais. Frequentes vezes, estas células são quase triangulares representando seu formato uma adaptação ao nível da ramificação.

Placas crivadas foram encontradas nos segmentos terminais do vaso liberiano em *Syringa* e em *Boerhaavia*. Os mesmos foram interpretados como tais em função do seu aspecto, posição e reação a corantes. O diâmetro do vaso liberiano na porção terminal do feixe é muito pequeno em ambas as espécies.

Em *Boerhaavia*, parte do complexo liberiano fica em contato direto com o parênquima assimilador lacunoso, por meio das células companheiras dos vasos crivados, fato que parece ser comum entre as Nyctaginaceae como foi referido por Metcalfe e Chalk (10).

A importância do floema nas terminações de nervuras em relação ao fenômeno da entrada de carboidratos, já foi analisada por Esau (5) e a situação ora descrita para *Boerhaavia*, viria facilitar o contato entre a fonte elaboradora de carboidratos e a sua via de transporte.

RESUMO

No presente trabalho, o autor fez a análise do floema terminal em feixes do mesófilo de *Syringa vulgaris* L. e *Boerhaavia coccinea* Mill.. Em ambas as espécies ocorrem terminações principais e ramificações laterais, contendo ambas floema. O floema é representado por vasos crivados de pequeno diâmetro e flanqueados por células companheiras. Estas, apresentam citoplasma denso, ricamente granuloso e núcleo oval grande.

O vaso crivado apresenta placas crivadas transversais inclusive em seu segmento terminal.

Tanto em *Syringa* como em *Boerhaavia*, os vasos crivados tocam diretamente o xilema, representado nas pontas de nervuras por traqueides. Nas pontas dos feixes, xilema e floema geralmente terminam juntos e o vaso crivado atinge junto com as células companheiras o ápice do feixe. Apenas em dois casos, tanto em *Syringa* como em *Boerhaavia* encontramos uma célula companheira ocupando a posição terminal. Em ambas as espécies, os elementos componentes do vaso crivado tocam diretamente as traqueides terminais. O xilema na ponta das nervuras de *Syringa vulgaris* é representado geralmente por um par de traqueides e em *Boerhaavia coccinea* o caso mais comumente encontrado é o de uma traqueide apenas ocupando a mesma posição. Em *Syringa vulgaris* a bainha dos feixes envolve completamente o sistema condutor. Em *Boerhaavia coccinea* parte do floema fica em contacto direto com o parênquima assimilador lacunoso. A bainha do feixe é aberta.

SUMMARY

The author studied the termination of vascular bundles in the mesophyll of *Syringa vulgaris* and *Boerhaavia coccinea*, in mature leaves. In both species, the principal and lateral vein endings generally contain phloem; phloem and xylem end together.

Sieve elements in bundle ends are narrow, present transverse sieve plates and are associated with companion cells.

In both species the companion cells of the terminal phloem are wider than the sieve elements, have dense cytoplasm, large nucleus and present rich granulation.

In bundle ends of *Syringa vulgaris* and *Boerhaavia coccinea*, sieve elements occur next to the tracheary elements.

Boerhaavia coccinea presents a open bundle sheath; part of the phloem complex touches directly the spongy parenchyma cells. Bundle ends of *Syringa vulgaris* are completely surrounded by the bundle sheath.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — Cheadle, V. I., E. M. Gifford, Jr. and K. Esau. 1953. A staining combination for phloem and contiguous tissue. *Stain Technol.* 28: 49-53.
- 2 — Esau, K. 1939. Development and structure of the phloem tissue. *Bot. Rev.* 5: 373-432.
- 3 — Esau, K. 1950. Development and structure of the phloem tissue. *Bot. Rev.* 16: 67-114.
- 4 — Esau, K. 1965. *Plant Anatomy*. John Wiley and Sons, New York.
- 5 — Esau, K., H. B. Currier and V. I. Cheadle. 1957. Physiology of phloem. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 8: 349-374.
- 6 — Fischer, A. 1885. Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter. *Ber. Sächs. Ges. Wiss. Leipzig Math-Phys. Cl.* 37: 245-290.
- 7 — Foster, A. S. 1953. Techniques for study of venation patterns in the leaves of angiosperms. *Proc. 7th Int. Congr. (Stockholm, 1950)*. p. 586-587.
- 8 — Grotta, A. de S. 1963. Contribuição ao estudo morfológico e anatômico de *Boerhaavia coccinea* Mill., Nyctaginaceae. *Rev. Fac. Farm. Bioquim. S. Paulo.* 1 (1): 9-35.
- 9 — Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill, New York.
- 10 — Metcalfe, C. R. and L. Chalk. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. 2 vols. Oxford, Clarendon Press.
- 11 — Morretes, B. L. de. 1962. Terminal phloem in vascular bundles of leaves of *Capsicum annuum* and *Phaseolus vulgaris*. *Amer. Jour. Bot.* 49 (6): 560-567.
- 12 — Pray, T. R. 1954. Foliar venation of angiosperms. I. Mature venation of *Liriodendron*. *Amer. Jour. Bot.* 41: 663-670.
- 13 — Pray, T. R. 1955a. Foliar venation of angiosperms. II. Histogenesis of the venation of *Liriodendron*. *Amer. Jour. Bot.* 42: 18-27.
- 14 — Pray, T. R. 1955b. Foliar venation of angiosperms. III. Pattern and histology of venation of *Hosta*. *Amer. Jour. Bot.* 42: 611-618.
- 15 — Sass, J. S. 1958. *Botanical microtechnique*. Iowa State College Press, Ames.
- 16 — Strain, R. W. 1933. A study of vein endings in leaves. *Amer. Midland Nat.* 14: 367-375.
- 17 — Wylie, R. B. 1946. Conduction in dicotyledon leaves. *Proc. Iowa Acad. Sci.* 53: 195-202.
- 18 — Wylie, R. B. 1952. The bundle sheath extension in leaves of dicotyledons. *Amer. Jour. Bot.* 39: 645-651.