

ÓRGÃOS VEGETAIS

RAIZ

A raiz constitui a extremidade inferior do eixo vegetal, sendo um órgão frequentemente subterrâneo, cilíndrico, aclorofilado, que não apresenta folhas ou gemas, nem regiões nodais e entrenodais. Pode desempenhar diferentes funções, tais como: fixação, absorção, armazenamento, condução, aeração e associação simbiótica com microrganismos.

Na extremidade da raiz geralmente distinguem-se **coifa**, **zona lisa**, **zona pilífera** e **zona de ramificação**. A coifa reveste o ápice radicular, protegendo o meristema que origina os tecidos da raiz. A região lisa é onde ocorre o alongamento e o início da diferenciação dos tecidos primários da raiz. A zona pilífera apresenta pêlos radiculares, que têm por função aumentar a superfície de absorção de água e sais pela planta. Na zona de ramificação, são encontrados tecidos secundários.

Estrutura primária

Em estrutura primária, a raiz apresenta geralmente epiderme, córtex ou região cortical e cilindro vascular. Frequentemente, a epiderme é unisseriada. O córtex pode ser delimitado externamente pela **exoderme** e internamente pela **endoderme** (Figura 19), ambas caracterizadas pela presença de **estrias de Caspary**. Estas compõem-se de suberina e estão presentes na parede primária. Na exoderme, exercem função protetora. Na endoderme, são como uma cinta, que envolve a célula, passando pelas paredes transversais e radiais; têm por função impedir a passagem de água e solutos via apoplasto (entre as células), desempenhando o papel de barreira de filtração. Somente as substâncias que passam pela seletividade do plasmalema (via simplasto) podem penetrar no sistema condutor.

Em Dicotyledoneae e Gymnospermae, a endoderme usualmente é descartada em decorrência do crescimento em espessura do vegetal. Porém, em Monocotyledoneae, como é persistente, a endoderme sofre espessamento de

celulose em U ou O, com posterior impregnação de lignina. Na maioria das vezes, as células em direção do protoxilema não se espessam, apresentando apenas as estrias de Caspary e sendo denominadas de células de passagem. Estas direcionam o transporte diretamente ao protoxilema, permitindo a passagem de substâncias através do plasmalema, o que não acontece com as células que sofreram espessamento.

O cilindro vascular é delimitado externamente pelo periciclo, que pode ser uni ou multisseriado e dar origem às raízes laterais, ao felogênio e à parte do câmbio vascular. Em estrutura primária, a raiz apresenta o floema e o xilema como cordões individuais, distribuídos alternadamente na periferia do cilindro vascular. Tipicamente na raiz, a maturação é centrípeta (elementos neoformados no centro), estabelecendo floema e xilema exarcos, onde o *proto* ocupa posição externa ao *metaelemento*. Dependendo do número de pólos de protoxilema, as raízes podem ser monarcas, diarcas, triarcas, tetrarcas ou poliarcas. Geralmente, raízes de Dicotyledoneae são di, tri ou tetrarcas, enquanto que Monocotyledoneae apresenta raízes adventícias poliarcas.

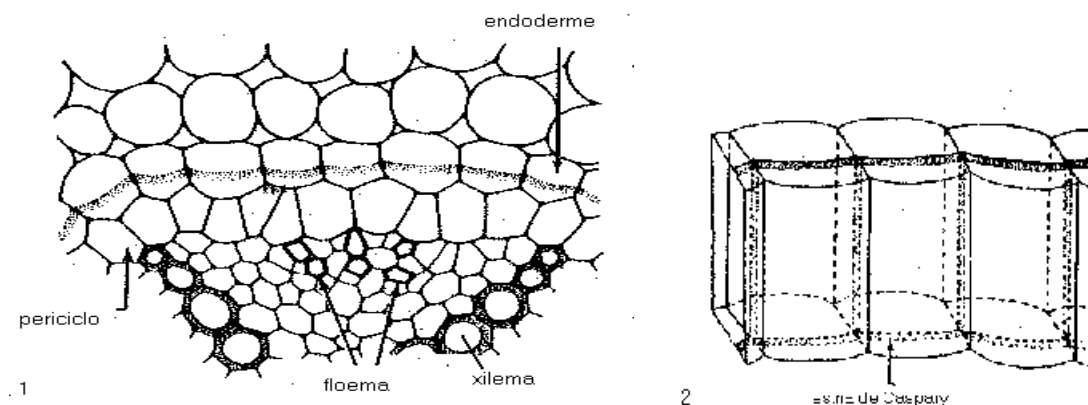


Figura 19 – Endoderme: 1. secção transversal; 2- estria de Caspary.

Estrutura secundária

Em estrutura secundária, a raiz possui câmbio vascular, cuja instalação se faz por divisões de células procambiais entre o xilema e o floema e células do periciclo localizadas em frente aos pólos do xilema. O câmbio origina centrifugamente floema secundário e centrípetamente xilema secundário. A

instalação do felogênio ocorre frequentemente por meio de divisões de células do periciclo, sendo que esse meristema lateral forma súber em direção da periferia e feloderme internamente.

CAULE

O caule constitui o suporte mecânico do eixo vegetal para sustentação das folhas e das estruturas reprodutoras. Estruturalmente, consiste dos sistemas de revestimento, fundamental e vascular.

Estrutura primária

Em estrutura primária, distinguem-se a epiderme, a região cortical ou o córtex, os feixes vasculares e a medula. Geralmente, a epiderme caulinar apresenta estômatos, é unisseriada e revestida por cutícula. O córtex compreende colênquima, em faixas ou cordões periféricos; parênquima, que pode conter cloroplastos; e endoderme, dificilmente diferenciada morfológicamente.

O **periciclo** é a camada mais externa do cilindro vascular, que usualmente se apresenta descontínuo, com parênquima interfascicular entre os feixes vasculares. Estes compõem-se de floema e xilema, comumente em arranjo colateral, onde o primeiro está voltado para a periferia e o segundo para o centro. Outros arranjos são possíveis, como bicolateral (floema interno) e concêntrico (anfivasal - xilema periféricamente; anficrival - xilema no centro).

A maturação do xilema é centrífuga e o xilema é endarco (protoxilema internamente), o que possibilita a distinção de raiz e caule, principalmente quando em estrutura secundária.

O arranjo do **estelo** ou **cilindro vascular** (sistema vascular primário e parênquima associado – Figura 20) pode ser: I. **protostelo** - cilindro vascular contínuo sem medula; II. **sifonostelo** - cilindro vascular contínuo com medula; III. **eustelo** - cilindro vascular descontínuo (feixes), com medula definida ou não. Os tipos protostélico e sifonostélico são usualmente ectofloicos, onde o floema ocorre periféricamente. De um modo geral, Monocotyledoneae possui feixes vasculares

dispersos difusamente no caule, caracterizando disposição **atactostélica**. Gymnospermae e Dicotyledoneae mostram organização eustélica ou sifonostélica.

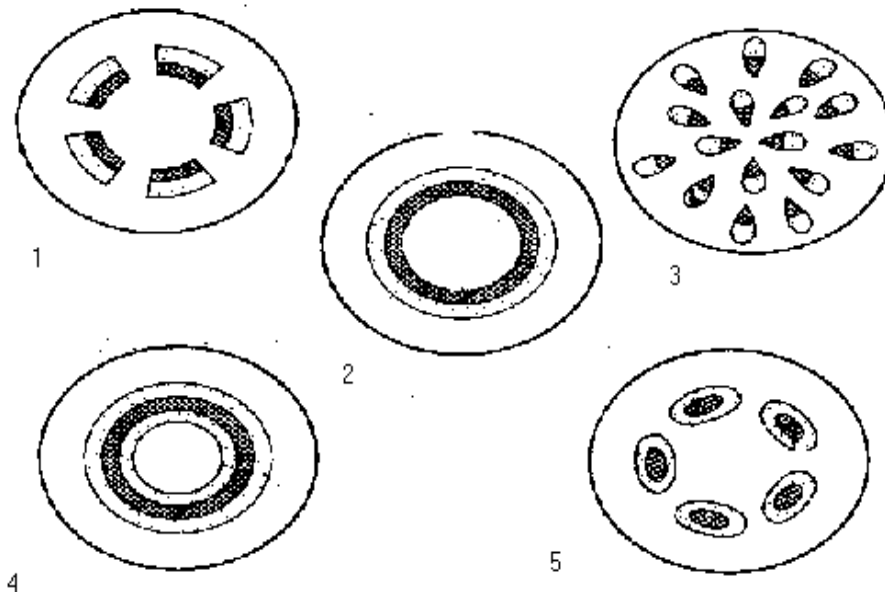


Figura 20 – Estelos: 1 – eustelo; 2 – sifonostelo ectofloico; 3 – atactostelo; 4 – sifonostelo anfifloico; 5 – dictiostelo.

Estrutura secundária

O crescimento secundário é determinado pelo câmbio vascular, que consiste do **câmbio fascicular**, proveniente da divisão de células procambiais remanescentes nos feixes vasculares, e do **câmbio interfascicular**, originado usualmente do parênquima pericíclico. Esse meristema forma floema secundário externamente e xilema secundário internamente. Com o aumento em espessura do caule, a epiderme tende a ser substituída pela periderme (súber, felogênio e feloderme), sendo eliminada. Posteriormente, pode-se seguir o destacamento da região cortical. Esta está presente praticamente apenas em estruturas primárias e compreende os tecidos localizados entre a epiderme e o periciclo. Difere da **casca**, que compreende todos os tecidos externos ao câmbio vascular, portanto, própria de estrutura secundária.

FOLHA

A folha é um apêndice caulinar que surge na região nodal e que pode apresentar **lâmina foliar ou limbo** - parte expandida da folha, **pecíolo** - parte que prende o limbo ao caule, **bainha** - parte basal achatada que envolve o caule, e **estípulas** - parte basal e lateral, que protege os primórdios foliares ou gemas axilares.

De um modo geral, a folha é histologicamente composta pela epiderme, pelo mesofilo e sistema vascular, constituindo-se em um órgão de simetria dorsiventral (achatado), envolvido particularmente no processo de fotossíntese e respiração.

Epiderme foliar

A epiderme usualmente caracteriza-se por possuir células aclorofiladas (excetuando-se os estômatos), compactas e achatadas. Apresenta paredes anticlinais finas, de modo a favorecer a passagem de água entre células adjacentes; no entanto, quando são espessadas por razões mecânicas, mostram numerosas pontoações. Adicionalmente, as células epidérmicas podem ser silicificadas, como nas Poaceae, lignificadas, mucilaginosas ou podem conter cristais.

A ocorrência de estômatos pode-se dar em ambas as faces - folha anfiestomática, ou em uma delas: face abaxial - folha hipoestomática; face adaxial - folha epiestomática. Os estômatos podem-se situar no mesmo nível das células epidérmicas, como também acima ou abaixo da superfície. Diversos tipos de tricomas podem ocorrer na epiderme, em ambas as faces ou apenas em uma delas

Mesofilo

O mesofilo, que compreende os tecidos localizados entre a epiderme e o sistema vascular, geralmente é caracterizado por parênquima clorofiliano (clorênquima) e espaços intercelulares. Frequentemente, o clorênquima consiste dos **parênquimas paliçádico e lacunoso (esponjoso)**. O primeiro é considerado altamente especializado, uma vez que demonstra maior aproveitamento de energia

solar, em decorrência do formato cilíndrico das células, da maior concentração de cloroplastos e da localização dos mesmos junto às paredes celulares. Por sua vez, o parênquima lacunoso, ao formar espaços intercelulares consideráveis, favorece a circulação de dióxido de carbono.

O parênquima paliçádico localiza-se usualmente voltado para a face adaxial, frequentemente a de maior incidência luminosa. O mesofilo heterogêneo assimétrico, que compreende parênquimas paliçádico e lacunoso, um em direção da face adaxial e o outro da abaxial, é denominado de **dorsiventral** ou bifacial. Quando o parênquima paliçádico ocorre em ambas as faces e o lacunoso ocupa a faixa central do mesofilo, este é classificado como heterogêneo simétrico, **isolateral** ou unifacial (Figura 21). Muitas espécies de Monocotyledoneae possuem clorênquima regular, sendo o mesofilo uniforme ou homogêneo.

Ainda no mesofilo, podem ser encontrados hipoderme, contígua à epiderme, colênquima, protegendo os feixes vasculares de maior calibre, e esclerênquima.

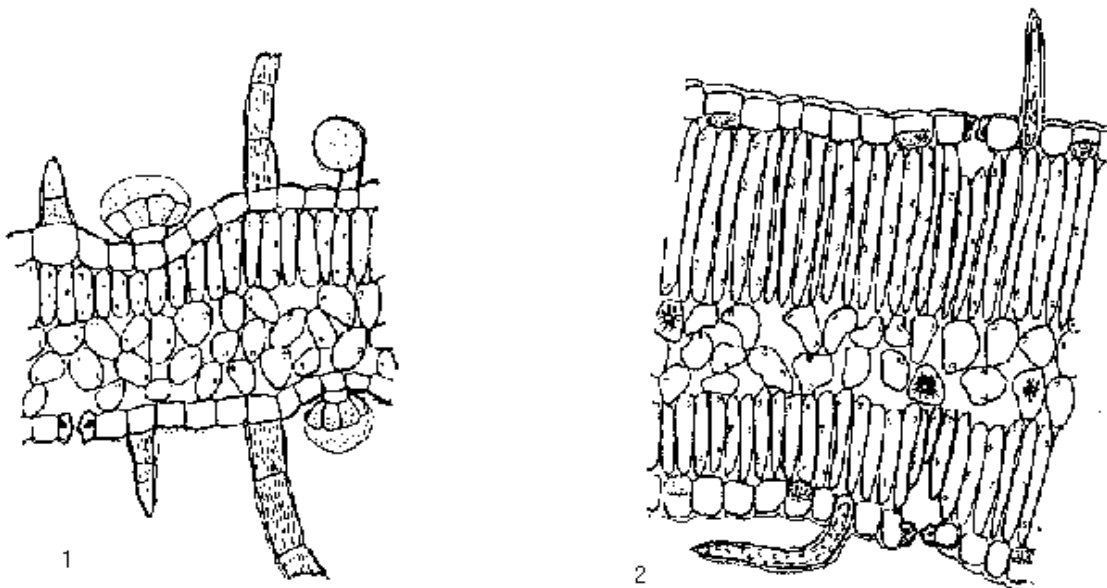


Figura 21 – Folhas em secção transversal, apresentando:

1 – mesofilo dorsiventral; 2 – mesofilo isolateral.

Feixes vasculares

O sistema vascular é representado pelos feixes vasculares, que se distribuem formando padrões característicos estabelecendo a nervação foliar. Macroscopicamente, quando as nervuras formam uma rede de ramificações progressivamente menores, a nervação denomina-se **reticulada** (comum em Dicotyledoneae); quando correm no sentido longitudinal, com calibre aproximadamente igual, é designada de **paralela** (frequente em Monocotyledoneae).

Os feixes vasculares podem ser colaterais (xilema voltado à face adaxial) ou bicolaterais, sendo que, quando ocorrem estes últimos, estão presentes nas nervuras maiores. Feixes vasculares são envolvidos por células geralmente parenquimáticas, que constituem a bainha do feixe. Os feixes de menor calibre são encontrados imersos no mesofilo, enquanto que os mais conspícuos são envolvidos por parênquima fundamental e protegidos por colênquima.

FLOR

A flor é considerada uma estrutura exclusiva de Angiospermae, já que rigorosamente Gymnospermae não apresenta flor propriamente dita, e sim estróbilos. Compõe-se de partes vegetativas e reprodutivas reunidas em um receptáculo.

Verticilos vegetativos

As partes vegetativas (Figura 22) são representadas pelas **sépalas**, que reunidas formam o **cálice**, e pelas **pétalas**, que por sua vez constituem a **corola**. Quando as sépalas não podem ser distinguidas das pétalas são designadas como **tépalas**. Ao conjunto do cálice e da corola denomina-se **perianto**.

As sépalas e as pétalas apresentam estrutura interna semelhante à das folhas : epiderme, parênquima fundamental e sistema vascular. As sépalas são frequentemente verdes, possuindo clorênquima *indiferenciado* em paliçádico e lacunoso. As pétalas, desempenhando a função de elementos de atração de

polinizadores, são usualmente coloridas, possuindo pigmentos em cromoplastos (carotenoides: carotenos e xantofilas) e no vacúolo (flavonoides, principalmente antocianinas).

Verticilos reprodutivos

Os verticilos reprodutivos (Figuras 22 e 23) são os **estames** (microsporófilos ou androsporófilos = folha modificada que origina o grão de pólen) e os **carpelos** (megasporófilos ou ginosporófilos = folha modificada que abriga o gameta feminino - oosfera no óvulo). Os estames constituem o **androceu** e os carpelos o **gineceu**.

Tipicamente, o estame consta de **filete**, que é um filamento que termina no **conectivo**, e **antera**. Esta geralmente é formada de 2 tecas, cada uma com 2 sacos polínicos (microsporângios ou androsporângios), que originam os grãos de pólen (andrósporos). O carpelo é a unidade básica do gineceu, podendo ser único ou múltiplo. A região apical carpelar é especializada para receber o grão de pólen e denomina-se **estigma**; a porção basal é dilatada e compreende o **ovário**, que contém um ou mais óvulos (rudimento seminal). O estigma pode ser sésil ou estar ligado ao ovário por um filamento, o **estilete**.

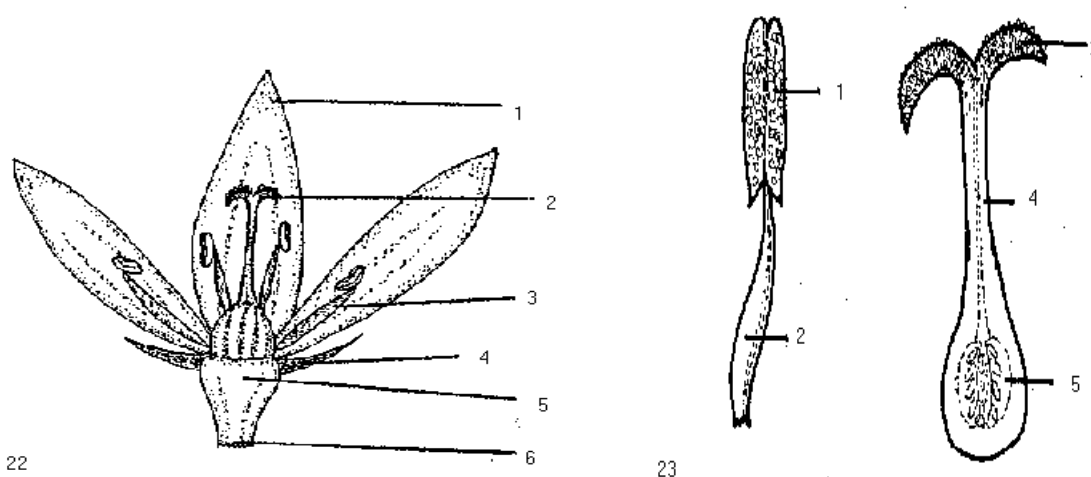


Figura 22 – Partes vegetativas e reprodutivas da flor: 1 – pétala; 2 – carpelo; 3 – estame; 4 – sépala; 5 – receptáculo; 6 – pedúnculo.

Figura 23 – Estame e carpelo: 1 – antera; 2 – filete; 3 – estigma; 4 – estilete; 5 – ovário.

No óvulo desenvolve-se o **saco embrionário** (ginófito), comumente apresentando 8 núcleos, que após a citocinese originam 7 células : 3 antípodas, 2 sinérgides, 1 célula central (com 2 núcleos polares) e 1 oosfera.

Quando ocorre **polinização**, que é o processo de transporte do grão de pólen para o estigma pelos agentes polinizadores (vento, chuva, animais), o meio adequado propiciado pelo estigma para a germinação do grão de pólen favorece a formação do tubo polínico. Este atravessa o estilete, penetra no óvulo pela micrópila (abertura) e atinge o saco embrionário. Ocorre a dupla fecundação, quando um dos gametas masculinos fecunda a oosfera, resultando no zigoto (diploide) e o outro funde-se à célula central (2 núcleos polares), gerando o endosperma (tecido triploide e nutritivo do embrião).

FRUTO E SEMENTE

O óvulo fecundado origina a **semente** e o ovário desenvolvido e amadurecido forma o **fruto**. A parede do ovário converte-se em pericarpo (exocarpo ou epicarpo, mesocarpo e endocarpo). A semente compreende basicamente o **embrião**, o **endosperma** (tecido nutritivo, nem sempre presente) e o **tegumento**. No caso de óvulos bitegumentados, os tegumentos externo e interno são denominados de testa e tégmen, respectivamente. O embrião, que é o esporófito jovem, consiste do hipocótilo, epicótilo e do(s) cotilédono(s).

Simplificadamente, os frutos podem ser classificados em :

I. Verdadeiros - quando provenientes de um só ovário:

A. Carnosos - fruto indeiscente com pericarpo suculento:

- **baga** - 1 ou mais carpelos e 1 ou mais sementes livres. Ex.: uva, tomate, laranja.
- **drupa** - geralmente 1 só carpelo e 1 semente concrecida com o endocarpo (caroço). Ex.: pêssigo, ameixa, azeitona.

B. Secos - tegumento seminal é seco :

B.1. Deiscentes - fruto abre-se quando maduro:

- **folículo** - 1 carpelo e abertura por 1 fenda longitudinal. Ex.: sene.

- legume - 1 carpelo e abertura por 2 fendas longitudinais. Ex.: leguminosas.
- cápsula - 2 ou mais carpelos, com diferentes aberturas:
 - ⇒ septicida - pela linha de união dos carpelos. Ex.: azaléa.
 - ⇒ loculicida - pelo meio do carpelo. Ex.: algodão.
 - ⇒ pixidiária - por uma linha transversal. Ex.: castanha-do-pará.
 - ⇒ poricida - por poros. Ex.: papoula.
 - ⇒ síliqua - 2 carpelos, abertura deixando septo persistente. Ex.: crucíferas.

B.2. *Indeiscentes* :

- aquênio - 1 semente ligada à parede do fruto por um só ponto. Ex.: compostas.
- cariopse - 1 semente ligada à parede do fruto por toda extensão. Ex.: gramíneas.
- sâmara - 1 semente e expansões aliformes na parede do fruto. Ex.: sapindáceas, leguminosas.

II. Falsos-frutos : provenientes de diferentes ovários ou de outras partes florais:

- simples - originários de outras partes florais. Ex.: caju, marmelo, maçã, pêra.
- compostos - de diferentes ovários da mesma flor. Ex.: morango.
- múltiplos - diferentes partes de diferentes flores. Ex.: amora, abacaxi, figo.

Em Gymnospermae, os óvulos encontram-se no estróbilo, sem a proteção do ovário. Portanto, esse táxon não desenvolve frutos, resultando em sementes nuas. As coníferas atuais são predominantemente monoicas, tendo o mesmo indivíduo estróbilos masculinos e femininos. Exceção é observada em Taxaceae, Araucariaceae e Cupressaceae, onde representantes são dioicos (o indivíduo produz estróbilo masculino ou feminino).

REPRESENTAÇÃO DIAGRAMÁTICA

- Epiderme
- Cutícula estriada sobre epiderme
- Súber
- Colênquima
- Esclerênquima
- Parênquima fundamental
- Parênquima paliçádico
- Parênquima lacunoso
- Clorênquima
- Endoderme
- Floema
- Xilema

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

CUTTER, E. Plant anatomy. Part I - Cells and tissues. 2.ed. London: Edward Arnold, 1978.

CUTTER, E. Plant anatomy. Part II - Organs. London: Edward Arnold, 1980.

EAMES, A.J. Morphology of the angiosperms. New York: McGraw-Hill Book, 1961.

ESAU, K. Anatomia de plantas com sementes. São Paulo: Blücher, 1960.

ESAU, K. Anatomy of seed plants. 2.ed. New York: Willey, 1977.

FAHN, A. Plant anatomy. 4.ed. New York: Pergamon, 1990.

HABERLANDT, G. Physiological plant anatomy. London: Mac Millan, 1928.

MAUSETH, J.D. Plant anatomy. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1988.

MAUSETH, J.D. Botany: an introduction to plant biology. San Francisco: Saunders, 1991.

METCALFE, C.R. & CHALK, L. Anatomy of dicotyledons : leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. Oxford: Clarendon, 1950.

METCALFE, C.R. & CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons. 2.ed. Oxford: Clarendon, 1979.

OLIVEIRA, F. & AKISUE, G. Fundamentos de farmacobotânica. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989.

SOLEREDER, H. Systematic anatomy of dicotyledons. Oxford: Clarendon, 1908.