ASPECTOS ANATÔMICOS DA RAIZ DE *SACCHARUM* L. (POACEAE) NATIVAS DO BRASIL

Bruno Edson-Chaves
Mestrando, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, brunoedch@hotmail.com

Silvia Dias da Costa Fernandes
Doutoranda, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, silviadcf@gmail.com

Dalva Graciano-Ribeiro
Orientadora, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, graciano@unb.br

RESUMO – *Saccharum* L. possui grande importância econômica, entretanto, apresenta poucos estudos relacionados ao sistema radicular. Desta forma, este trabalho visa estudar as estruturas anatômicas das raízes das espécies nativas de *Saccharum* enfocando aspectos de importância taxonômica e ecológica. Anatomicamente, as espécies nativas (*S. angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud.) e duas prováveis espécies novas (*Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2), foram avaliadas qualitativamente, utilizando a análise de conglomerados, e quantitativamente, submetidos a ANOVA e comparadas pelo teste de Tukey 5% e a análise de componentes principais. Os aspectos anatômicos apresentados em comum para todas as espécies analisadas, são características manifestadas para outras espécies do "complexo *Saccharum*". Entretanto, os caracteres distintivos observados, qualitativamente ou quantitativamente, permitiram distinguir as espécies em três grupos, de acordo com as condições do solo: seco, úmido ou encharcado. Desta forma, pode-se afirmar que, além de importância taxonômica, os caracteres anatômicos apresentados pelas raízes de *Saccharum* mostram diferentes estratégias relacionadas à adaptação das plantas às diferentes condições do solo.

Palavras-chave: anatomia radicular, condições do solo, taxonomia, ecologia.

INTRODUÇÃO

Saccharum L. possui grande importância econômica (Cheavegatti-Gianotto *et al.* 2011). No Brasil, há três espécies nativas deste gênero: *Saccharum angustifolium*, *S. asperum* e *S. villosum* (Filgueiras & Welker 2012). De acordo com Neves & Zanin (2011) estas espécies têm preferência por ambientes úmidos.

A maior dificuldade para plantas sujeitas à submersão é suportar a deficiência de oxigênio na água e no solo submerso, bem como as fitotoxinas liberadas pelos micróbios anaeróbicos; desta forma, raízes nestas condições desenvolvem diferentes estratégias para evitar ou tolerar longos períodos de anaerobiose ou, até mesmo, a total submersão (Vatarpetian & Jackson 1997), como adaptações fisiológicas e anatômicas (Sorrell *et al.* 2000). Em relação a *Saccharum*, poucos estudos têm sido realizados levando em conta o sistema radicular (Vasconcelos & García 2005).

Londoño (2011) afirma que a anatomia tem desempenhado um papel importante em estudos sistemáticos de Poaceae, tornando-se uma ferramenta básica nos sistemas de classificação, sendo altamente significativos, especialmente quando associados aos aspectos fisiológicos, ecológicos e comparativos, subsidiando trabalhos taxonômicos. Desta forma, este trabalho visa estudar as estruturas anatômicas das raízes das espécies nativas de *Saccharum* enfocando os aspectos de importância taxonômica e ecológica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com as espécies nativas do gênero: *S. angustifolium, S. asperum* e *S. villosum*, e, além de duas prováveis espécies novas, *Saccharum* sp. 1 (de Alto Paraíso, GO) e *Saccharum* sp. 2 (de Rio Verde, GO). O material testemunho foi depositado no herbário da Universidade de Brasília. No momento da coleta foram observadas as condições do solo, sendo considerado que *S. asperum, S. villosum* e *Saccharum* sp. 1 estavam em solos encharcados, *Saccharum* sp. 2 em solos úmidos e *S. angustifolium* em solos secos.

Para o estudo anatômico, as amostras para as secções foram obtidas de pelo menos três indivíduos diferentes para cada população, em raízes do perfilho totalmente desenvolvidas e, pelo menos, a um centímetro da base do perfilho. As amostras foram preservadas em álcool etílico 70% (Jensen 1962). As secções transversais das raízes foram feitas à mão livre em micrótomo de Ranvier, clarificadas em hipoclorito de sódio 20% e 30%, coradas com safranina 1% e azul de alcião 1% na proporção 1:4 (Kraus e Arduin 1997) e montadas em resina sintética (Paiva *et al.* 2006).

A avaliação quantitativa dos tecidos da raiz foi realizada com auxílio do *software* IMAGE-PRO®PLUS, sendo analisado, ao todo, 30 secções e tomadas medidas de cada uma das variáveis. Foram avaliados, quantitativamente, 16 caracteres. Os dados quantitativos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para estas análises foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007).

O programa MVSP (Mueller-Dombois & Ellenberg 2002) foi utilizado para a análise de conglomerados, no qual

46 caracteres anatômicos foram agrupados pela técnica da UPGMA e o índice de Sorensen para a distância de similaridade. Com 10 variáveis quantitativas, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) através do *software* Fitopac 2.1.2.85 (Shepherd 2010).

RESULTADOS

Pela análise anatômica foi verificado que as raízes de *Saccharum* apresentam em comum: epiderme uniestratificada com parede celular e cutícula delgada (**Figuras 1C e 1D**), formato das células epidérmicas comuns, pelos radiculares unicelulares (**Figura 1E**); exoderme uniestratificada (**Fig. 1C e 1D**); anel esclerenquimático com células de formato poligonal, ligeiramente tabulares com espaço intercelulares raros; aerênquima radial formado por processo esquizo-lisígeno, porém com fileiras não colapsadas próximo a endoderme; sistema vascular poliarco com região medular bem desenvolvida e espaços intercelulares triangulares.

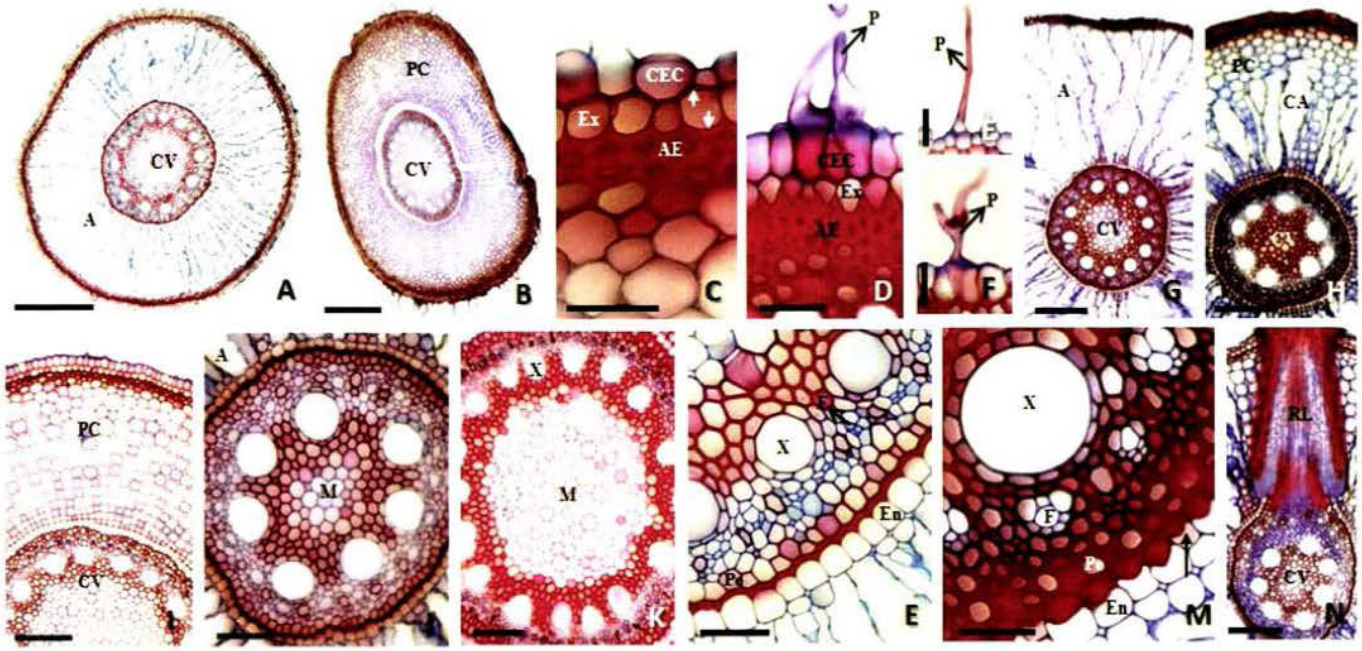

Figura1. Secções transversais da raiz de *Saccharum*. A e B - Visão geral da raiz de *S. villosum*, mostrando o formato circular (A) e de *S. angustifolium*, mostrando formato oval (B). C - Detalhe da epiderme de *S. angustifolium*, exoderme e anel esclerenquimático, observa-se o espessamento em "O" nas paredes periclinais internas e externas da exoderme (setas) e anel esclerenquimático com até 3 camadas; D - Detalhe do pelo radicular não ramificado, epiderme, exoderme com espessamento em "U" e anel esclerenquimático acima de 3 camadas de *Saccharum* sp. 1; E e F - Detalhe do pelo radicular não ramificado e ramificado de *S. angustifolium*; G-I - Detalhe da região cortical, evidenciando aerênquima bem desenvolvido de *Saccharum* sp. 2 (G), cavidades aerenquimáticas de *S. villosum* (H) e parênquima cortical totalmente preenchido por células parenquimáticas em*S. asperum* (I) J e K -Detalhe do cilindro vascular, evidenciando medula com células espessadas e feixes vasculares com até 15 elementos de vaso de metaxilema em *S. asperum* (J) e medula com células não espessadas e feixes vasculares com mais de 15 elementos de vaso do metaxilema de *S. angustifolium* (K); L e M - Detalhe da endoderme com espessamento em "U", periciclo uniestratificado e feixes vasculares de *S. villosum* (L) e endoderme com espessamento na região central (seta), periciclo pluriestratificado e feixes vasculares de *Saccharum* sp. 1 (M). N - Raiz lateral de *S. asperum*. CEC – Células epidérmicas comuns; P – pelos radiculares; Ex – Exoderme; AE – Anel esclerenquimático; A – Aerênquima; CA – Cavidade aerênquimática; PC – parênquima cortical; CV – cilindro vascular; RL – Raiz lateral; En – Endoderme; Pe – Periciclo; F – Floema; X – Xilema;M – Medula. Barra: 100 µm (A e B); 40 µm (G, H, I e F); 20 µm (J e G); 10 µm (B, C, E, F, L e M).

Dentre as características utilizadas para diferenciar as espécies, podem ser citadas: diâmetro e formato da raiz (circular (**Figura 1A**) ou oval (**Figura 1B**)), pelos radiculares ramificados (**Figura 1F**), espessamento das células da exoderme (em "O" (**Figura 1C**) ou "U" (**Figura 1D**)) e número de camadas do anel esclerenquimático (abaixo de 3 (**Figura 1C**) ou acima de 3 (**Figura 1D**). O córtex mediano pode apresentar-se de três formas: aerenquimatoso (**Figura 1G**),sendo esta a forma mais comum; com cavidades aerênquimáticas (**Figura 1H**) e totalmente preenchido por parênquima cortical (**Figura 1I**), em algumas espécies pode ocorrer mais de forma de córtex mediano. A endoderme possui espessamento em forma de "U" (**Figura 1L**), exceto *Saccharum* sp. 1 (**Figura 1M**). O periciclo é uniestratificado (**Figura 1L**) ou pluriestratificado (**Figura 1M**). A partir do periciclo, em *S. villosum* e *S. asperum*, há a formação de raízes laterais (**Figura 1N**).

No tecido floemático, o metafloema é conspícuo. Ocorrem até 40 polos de protoxilema e 15 polos de metaxilema (**Figura 1J**), exceto em *S. angustifolium* (**Figura 1K**). O metaxilema é muito pequeno em *Saccharum* sp. 2 e pequeno nas demais espécies.A medula pode possuir paredes espessadas na região central, como em *S. villosume S. asperum* (**Figura 1J**).

Pela análise de conglomerados ao nível de similaridade de 50%, foi possível distinguir três grupos (**Figura 2**); o maior índice de similaridade encontra-se entre *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2. Essa mesma relação foi observada ao analisar os caracteres quantitativos pela PCA (**Figura 2**), nesta análise o Eixo 1 explicou 61,63% e o eixo 2 apenas 18,66%. Pelas análises de agrupamento e PCA observou-se que as espécies que se desenvolviam em condições do solo semelhantes ficaram mais próximas. Mostrando que os grupos apresentam diferentes estratégias para sobreviver às condições do solo.

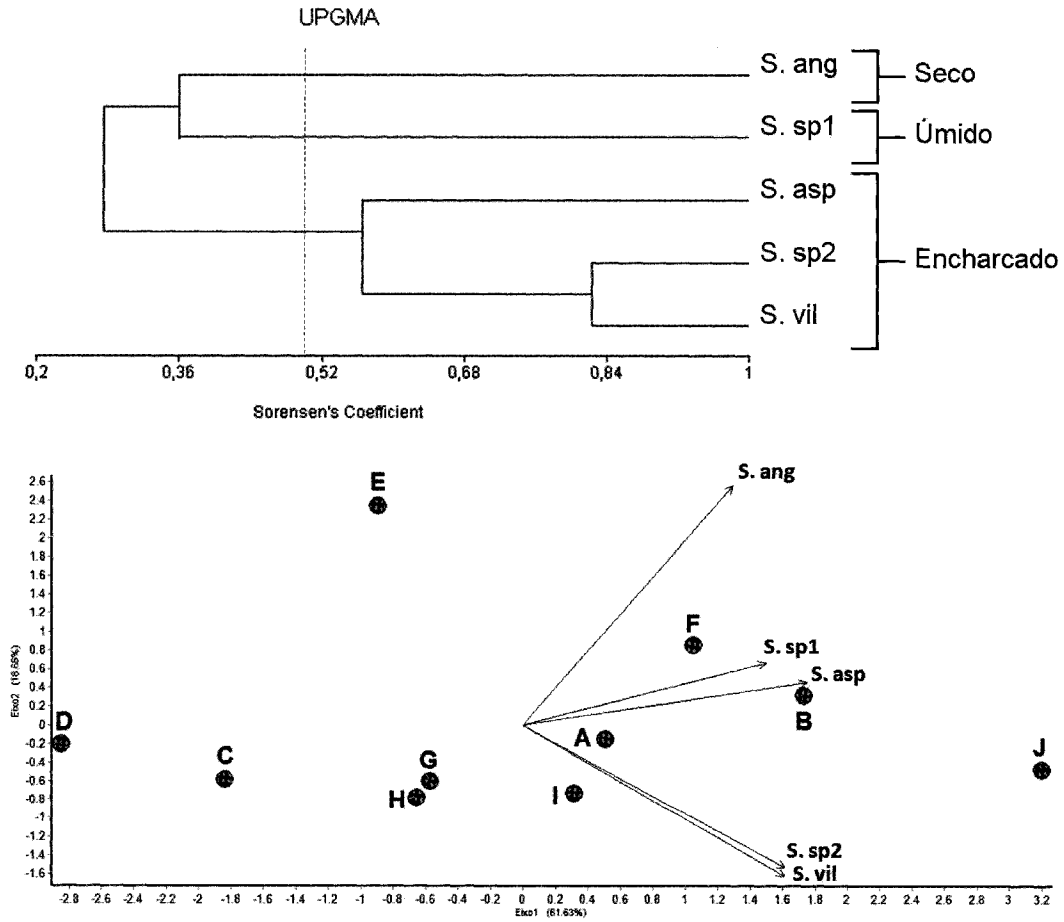

Figura 2. Análise de agrupamentos para as espécies de *Saccharum* presentes no Brasil (gráfico superior). A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes entre as espécies, e formam três grupos: seco - S. ang; úmido - S. sp1; e encharcado - S. vil, S. asp e S. sp2.Análise de componentes principais (PCA) com as variáveis quantitativas escolhidas (Gráfico inferior). A. Espessura da epiderme; B. Espessura total da exoderme; C. Espessura da parede periclinal interna da exoderme; D. Porcentagem da parede periclinal interna da exoderme em relação a célula; E. Espessura total do anel esclerenquimático; F. Espessura total da região parenquimática do córtex; G. Espessura da endoderme; H. Porcentagem da parede periclinal interna da endoderme em relação à célula; I. Relação córtex/cilindro vascular; J. Diâmetro total dos elementos de vaso do metaxilema. S. vil. *Saccharum villosum*; S. asp. *S. asperum*; S. ang. *S. angustifolium*; S. sp1. *Saccharum* sp. 1; S. sp2. *Saccharum* sp 2.

DISCUSSÃO

Os aspectos apresentados em comuns para todas as espécies analisadas são características manifestadas por outras espécies do "complexo *Saccharum*" e várias outras gramíneas (Metcalfe 1960).

As características adaptativas de *S. angustifolium* para sobreviver em solos mais secos são fundamentais para distinção desta espécie, podendo ser citado: espessamento da exoderme, parênquima cortical totalmente preenchido, maior número de camadas do parênquima cortical, periciclo com parede levemente espessada e o número de polos do protoxilema; corroborando com Graciano-Ribeiro (2002). A autora afirma que, apesar de incomum, tais características podem possuir valor taxonômico.

Saccharum sp. 1, coletada em solos úmidos, possui características comuns a plantas de solo seco como de locais úmidos, justificando o fato desta espécie encontrar-se, na análise conglomerados, entre *S. angustifolium* e o grupo composto por espécies que vivem em solos encharcados.

As espécies coletadas em solo encharcado: *S. asperum, S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 apresentam características em comum que as permitem sobreviver sobre condições de hipoxia, como raízes com diâmetro estreito (Gilbert *et al.* 2007), periciclo com paredes celulares delgadas (Williams 1947), região parenquimática do córtex com poucas camadas, comum a presença de aerênquima e número reduzido de elementos de xilema. Ainda sobre este grupo *S. villosum* e *S. asperum* apresentam uma distribuição geográfica ampla (Filgueiras & Welker 2012), enquanto que *Saccharum* sp. 2 é restrita, tendo sido encontrado apenas na região de Rio Verde - GO, o que talvez explique estas duas espécies não possuírem características individuais, ao contrário de *Saccharum* sp. 2.

Apesar de *Saccharum* sp. 1 ter apresentado o maior número de camadas no anel esclerenquimático, a PCA mostra que a espessura total do anel esclerenquimática está mais relacionada à *S. angustifolium*. Sendo a espessura total da exoderme mais relacionada à *Saccharum* sp. 1 e para o terceiro grupo o diâmetro total dos elementos de vaso do metaxilema. Notou-se ainda que apesar de ter valor taxonômico, a espessura da parede periclinal interna da exoderme (Melo *et al.*, 2007) e da parede periclinal interna da endoderme (Cutler *et al.* 2011) e suas respectivas porcentagens em relação à altura da célula pouco contribuíram para a separação das espécies.

Graciano-Ribeiro (2002) cita que a anatomia radicular tem sido pouco utilizada com fins taxonômicos. Para *Saccharum*, os dados apresentados auxiliam na identificação das espécies e reforçam a importância da anatomia da raiz com fins taxonômicos, além de mostrar as diferentes estratégias relacionadas à adaptação das plantas às diferentes condições do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CAPES pelo apoio financeiro concedido ao primeiro autor e ao Professor Dr. Tarciso S. Filgueiras, pela identificação das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES-JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. 5. ed. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2007.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H. M. C.; ARRUDA, P.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; BURNQUIST, W. L.; CRESTE, S.; CIERO, L. D.; FERRO, J. A.; FIG. UEIRA, A. V. O.; FILGUEIRAS, T. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; GUZZO, E. C.; HOFFMANN, H. P.; LANDELL, M. G. A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F. C.; ROMANO, E.; SILVA, W. J.; SILVA-FILHO, M. C. &ULIAN, E. C. Sugarcane (*Saccharum* X *officinarum*): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology 4**: 62–89, 2011.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia Vegetal**: uma abordagem aplicada. Porto Alegre, Artmed, 2011.

FILGUEIRAS, T. S.; WELKER, C. A. D. *Saccharum In*: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponivel em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013568 (Acesso em 20 abr. 2012, 2012).

GILBERT, R. A.; RAINBOLT, C. R.; MORRIS, D. R.; BENNET, A. C. Morphological responses of sugarcane to long-term flooding. **Agronomy Journal 99**: 1622–1628, 2007.

GRACIANO-RIBEIRO, D. **Caracteres anatômicos aplicados à taxonomia e variações ambientais das espécies de *Otachyrium* da América do Sul**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry**: principles and pratices. São Francisco: W. H. Freeman, 1962.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M.; **Manual básico de métodos em morfologia vegetal,** Seropédica: EDUR, 1997.

LONDOÑO, X. **Distribucion, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues del nuevo mundo** 2011. Disponivel em: http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html (acesso 25 jun. 2011).

MELO, H. C.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; MELO, L. A.; ALVES, J. D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setariaanceps* Stapfex Massey e *Paspalum paniculatum*L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea 34** (2): 145-153, 2007.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**: I Gramineae. New York: Clarendon Press, 1960.

MUELLER-DOMBOIS, D; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New Jersey, The Blackburn Press, 2002.

NEVES, B. T.; ZANIN, A. Sinopse das espécies nativas e subespontâneas de AndropogoneaeDumort. (Poaceae) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Acta Botanica Brasilica 25**(4): 916-928, 2011.

PAIVA, J. G. A.; FRANK-DE-CARVALHO, S. M.; MAGALHÃES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. 257-264, 2006.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac - Manual do usuário**. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SORRELL, B. K.; MENDELSSOHN, I. A.; MCKEE, K. L.; WOODS, R. A. Ecophysiology of Wetland Plant Roots: A Modelling Comparison of Aeration in Relationto Species Distribution. **Annals of Botany 86**: 675-685, 2000.

VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant Adaptations to Anaerobic Stress. **Annals of Botany 79** (Supplement A): 3-20, 1997.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. **Cana-de-açúcar**: Ambientes de Produção. Desenvolvimento Radicular da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto: IAC/Apta (Encarte Técnico, 110), 2005.

WILLIAMS, B. C.The Structure of the Meristematic Root Tip and Origin of the Primary Tissues in the Rootsof Vascular Plants.**American Journal of Botany 34** (9): 455-462, 1947.