

Anais da reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas

27 de setembro de 2011

Colombo, PR, Brasil



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 227

Anais da reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas

**27 de setembro de 2011
Colombo, PR, Brasil**

Patrícia Póvoa de Mattos
Evaldo Muñoz Braz
(Editores técnicos)

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2011

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.cnpf.embrapa.br

sac@cnpf.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Antonio Aparecido
Carpanezi, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Dalva Luiz
de Queiroz, Guilherme Schnell e Schuhli, Luís Cláudio Maranhão
Froufe, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté

Foto da capa: Patrícia Póvoa de Mattos

1ª edição

Versão digital (2011)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas (2011 :
Colombo, PR).

Anais da reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas,
Colombo, PR, 27 de setembro de 2011 [recurso eletrônico] / editores
técnicos, Patrícia Póvoa de Mattos e Evaldo Muñoz Braz. – Dados
eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2011.

(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 227)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc227.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 25 nov. 2011)

1. Iniciação científica - Embrapa Florestas - Evento. 2. Pesquisa
florestal. 3. Fisiologia vegetal. I. Mattos, Patrícia Póvoa de, ed. II. Braz,
Evaldo Muñoz, ed. III. Série.

CDD 001.44 (21. ed.)

© Embrapa 2011

Editores técnicos

Patrícia Póvoa de Mattos

Engenheira-agrônoma, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
povoa@cnpf.embrapa.br

Evaldo Muñoz Braz

Engenheiro florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
evaldo@cnpf.embrapa.br

Apresentação

O planejamento do manejo sustentável de florestas naturais depende das informações de crescimento das árvores, para se estabelecer ciclos e taxas de corte compatíveis com o ritmo de crescimento das espécies manejadas. Essa linha de pesquisa tem sido abordada nos planos de trabalho desenvolvidos por estagiários sob nossa supervisão há muitos anos.

No entanto, percebe-se uma variação muito grande do nível de conhecimento dentre os estagiários sobre os fatores que podem interferir no crescimento das árvores. Com isso, foi realizada uma reunião técnica, com a proposta de se discutir e socializar no grupo temas estudados por cada estudante. Essa reunião ocorreu em setembro desse ano, nas dependências da Embrapa Florestas, com o envolvimento intenso de todos os alunos, proporcionando uma tarde de apresentações e discussões que muito contribuíram para a elevação do conhecimento básico de todos os participantes.

Patrícia Póvoa de Mattos

Sumário

Programa	09
Ecofisiologia do crescimento e desenvolvimento	10
Crescimento e estrutura	15
Fotossíntese, metabolismo de hidrocarbonetos e relações de nitrogênio na árvore	17
Transporte de alimento e nutrição mineral	22
Relações hídricas nas árvores	27
Fatores internos e externos que afetam o crescimento das árvores	30

Programa

Reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas

Local: Casa do Projeto Biomass - Embrapa Florestas, Colombo, PR

Data: 27 de setembro de 2011

Horário	Atividade	Palestrante
13:00 – 13:30	Abertura	Patrícia Póvoa de Mattos
13:30 – 13:45	Ecofisiologia do crescimento e desenvolvimento	Aline Canetti
13:45 – 14:00	Crescimento e estrutura	Mariana Ferraz Oliveira
14:00 – 14:15	Fotossíntese, metabolismo de hidrocarbonetos e relações de nitrogênio na árvore	Camila Castilla Ruy
14:15 – 14:30	Transporte de alimento e nutrição mineral	Pollyni Ricken
14:30 – 14:45	Relações hídricas das árvores	Vitor Dressano Domene
14:45 – 15:00	Fatores internos e externos que afetam o crescimento	Andreia Taborda dos Santos
15:00 – 15:15	Intervalo	
15:15 – 17:00	Discussão: Estudo de caso espécies de Caçador, SC	Moderadores: Evaldo Muñoz Braz e Patrícia Póvoa de Mattos

Ecofisiologia do crescimento e desenvolvimento

Aline Canetti

Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná,
alinecanetti@hotmail.com

A ecofisiologia vegetal estuda o comportamento das plantas em relação à variabilidade dos eventos diretamente no habitat. O crescimento das plantas implica no aumento na quantidade de substâncias e de volumes das partes vivas e ocorre continuamente durante toda a sua vida. O desenvolvimento envolve mudanças na estrutura, nas funções das plantas e em suas partes durante a gênese, o crescimento, a maturação, a ontogenia (senescência) e a filogenia (sucessão de gerações), através de multiplicação celular e do aumento do volume dos órgãos e dos tecidos. O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir o crescimento e o desenvolvimento de espécies arbóreas, entendendo seu comportamento em seus habitats naturais.

Os fito-hormônios são fatores endógenos de crescimento e desenvolvimento vegetal. Possuem a função de coordenar o organismo como um todo, atuando como substância transdutora, que percebe os estímulos vegetais e informa todas as partes da planta por mudanças de concentração ou síntese de hormônios. Atuam unidos com fatores externos iniciando o processo de crescimento e diferenciação e sincronizando o desenvolvimento da planta com as mudanças sazonais do ambiente. São reguladores da intensidade e orientação do crescimento, da atividade metabólica e do transporte, estoque e mobilização de materiais nutritivos.

Os fatores externos, como a temperatura, a radiação e a umidade, afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas de três formas distintas: por indução, pela iniciação

ou encerramento do processo de desenvolvimento (atuando na regulação temporal), de maneira quantitativa, afetando a velocidade e extensão do crescimento, e de maneira formativa, influenciando a morfogênese e o tropismo.

A radiação afeta o desenvolvimento vegetal por fotoestimulação da biossíntese, pela determinação da direção do crescimento e também pela fotoindução, servindo como um gatilho que inicia os diferentes estágios da planta. É recebida pela planta por fotorreceptores, que podem ser pigmentos do fitocromo, criptocromo e outros pigmentos que têm capacidade de absorver ondas do tipo ultravioleta. Os órgãos fitorreceptores são as gemas, partes de flores, epiderme, frutos e sementes e principalmente as folhas. As moléculas fitorreceptoras direcionam a planta a reconhecer a direção da radiação incidente e realizar de acordo com ela a fotomodulação. A calmodulina é uma proteína que se liga a moléculas de cálcio e que interpreta sinais da radiação vermelha e então ativa certas enzimas da planta, atuando como mensageira.

A temperatura afeta as plantas em sua germinação, no crescimento vegetativo e na formação de flores, frutos e sementes. Em relação ao crescimento vegetativo, o início da divisão e da expansão celular pode ocorrer nas zonas temperadas em temperatura abaixo de 10 °C; em regiões tropicais ocorre somente acima de 10 °C a 15 °C e em espécies do ártico e de montanha é observado crescimento a partir de 0 °C. A divisão celular é mais vigorosa para plantas tropicais em temperaturas entre 30 °C e 40 °C, e para os outros locais entre 15 °C e 30 °C. O crescimento das raízes das espécies lenhosas ocorre em zonas temperadas à temperatura mínima de 2 °C a 5 °C e em regiões quentes à temperatura mínima bem mais alta, fator este que impede o avanço de plantas de zonas mais quentes em regiões frias.

As plantas passam por cinco estágios, sendo eles a fase

embrionária, a germinação e estabelecimento, a fase vegetativa, a fase reprodutiva (floração e frutificação) e a senescência. Apenas os três últimos estágios serão abordados neste trabalho.

A fase vegetativa é o período de maior crescimento em extensão e diâmetro da árvore. Há correlação entre a massa do caule e a massa da raiz (crescimento alométrico). Neste período, ocorre o pico das atividades metabólicas: fotossíntese, respiração e absorção. Nesta fase, a competição entre indivíduos na parte aérea e subterrânea é decisiva. O tamanho específico máximo das células é geneticamente controlado.

A extensão celular envolve pressão de turgescência, receptores fitocromo, radiação azul e hormônios, sendo que só ocorre com uma quantidade certa de estruturas de carbono e de carboidratos para suprimento de demanda energética. A deficiência hídrica diminui a extensão celular devido à pressão de turgescência inadequada.

A floração marca o início da maturidade e da fase reprodutiva da planta. Ocorre mudança no estado do meristema das gemas. A indução floral pode ocorrer de duas maneiras: as plantas autoindutoras possuem indução natural, em idade ou tamanho, geneticamente programada; e a indução por fatores externos, que ocorre por radiação, temperatura ou deficiência hídrica. Os fatores ambientais influenciam a frequência de floração, o início da frutificação e o amadurecimento das sementes. A formação de flores e frutos ocorre em competição com o crescimento vegetativo e remove reservas usadas na formação das gemas. Por isso, as plantas criptógamas de regiões mais frias e secas têm um mínimo investimento em órgãos reprodutivos para que haja economia das reservas de energia.

Para as espécies lenhosas, fatores nutricionais, alocação de assimilados e mecanismos endógenos regulam a formação de flores, a frequência de florescimento, a quantidade de frutos

e o amadurecimento de sementes. Uma abundância de frutos compete com o crescimento de tecidos de suporte, por isso, se o rendimento fotossintético é insuficiente, somente gemas vegetativas serão formadas (no ano seguinte não há formação de flor).

A senescência é o envelhecimento da planta. Ocorre um decréscimo contínuo da atividade metabólica, diminuição do crescimento cambial e apical, produção de folhas pequenas e poucas flores e sementes, reduzindo também a capacidade de germinação das sementes produzidas. Durante este período, as plantas se tornam mais sensíveis a estresse abiótico e ao ataque de parasitas, ocorre redução das divisões das células cambiais e diminuição na renovação da parte aérea da planta, com deterioração gradual do balanço de carbono e consequente redução do crescimento do lenho (o transporte a longas distâncias nas árvores é prejudicado).

Os sinais nas células em senescência são: aparecimento de proteínas do estroma (RuBP carboxilase), as clorofilas são degradadas nos cloroplastos, as estruturas dos tilacóides desaparecem, surgem plastoglóbulos (compartimentos lipídicos) e há desproporção no metabolismo de proteínas, que acarreta acúmulo de aminoácidos solúveis que serão deslocados para sementes e partes jovens.

Existem dois padrões no ciclo de desenvolvimento das plantas, estes são o crescimento contínuo e o crescimento intermitente.

Plantas com crescimento contínuo em clima sazonal possuem ciclo de vida curto, os estágios ocorrem em sequências sem interrupções. A porção aérea cresce simultaneamente ao desenvolvimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos e a senescência aparece durante o amadurecimento dos frutos. Por fim, toda a planta morre, deixando apenas os frutos. Nas zonas temperadas, o crescimento é anual de verão e nas zonas de

inverno chuvoso é anual de inverno. No deserto ocorrem plantas efêmeras com crescimento contínuo. Nas regiões onde há condições favoráveis ao crescimento o ano todo (como trópicos úmidos e zona temperada quente de inverno ameno), existem plantas perenes que crescem continuamente.

As plantas com crescimento intermitente possuem ciclo alternado entre atividade e dormência, e seu crescimento em extensão e largura ocorre aos surtos, podendo, por exemplo, ser interrompido na primavera e reassumido mais tarde em um segundo surto. Em clima sazonal, o tempo de surtos é regulado por sistema de fitocromos e fitormônios. O crescimento das raízes se inicia antes da parte aérea e continua até o final de outono, sendo mais duradouro porque é regulado pela temperatura do solo e pela disponibilidade de água.

Em climas tropicais e subtropicais, as espécies lenhosas respondem a pequenas variações de temperatura e chuva com crescimento repentino. Nos trópicos permanentemente úmidos, apenas 20% das arbóreas crescem continuamente e a formação de novas folhagens e crescimento em extensão ocorre em poucos dias. Os surtos de crescimento em espécies lenhosas podem ocorrer várias vezes ao ano e em momentos diferentes para a mesma população arbórea.

As estações de crescimento nos trópicos secos e subtropicais são limitadas pela deficiência hídrica nos períodos secos. Nas zonas temperadas e de clima frio, elas são sincronizadas com a sazonalidade térmica e luminosa, geralmente associadas à duração dos dias. Uma espécie é considerada bem aclimatizada se a estação de crescimento for utilizada completamente.

Referência

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

Crescimento e estrutura

Mariana Ferraz de Oliveira

Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná,
marianaferraz.floresta@gmail.com

O tronco é formado basicamente por cerne e alburno, raios, vasos e tranqueídeos, fibras e parênquima longitudinal. O crescimento em diâmetro é maior no começo do período vegetativo e vai declinando com o passar dos anos. A formação do cerne é um dos principais fatores que resultam no aumento do diâmetro. A sazonalidade anual do crescimento frequentemente resulta na formação dos anéis anuais de crescimento. O tronco é formado por três regiões de crescimento, o meristema apical e os câmbios primários e secundários. O meristema apical é responsável pelo crescimento em altura e dá origem aos tecidos primários. O câmbio primário localiza-se entre a casca e o lenho, dividindo-se em células de xilema para o interior e células de floema na parte externa dessa pequena faixa de células.

O câmbio secundário é formado por tecidos parenquimatosos definitivos dos eixos caulinares e das raízes, que são células mortas com um arranjo muito compacto. O crescimento da árvore envolve muitos processos bioquímicos complexos e simultâneos. O crescimento em altura é regulado, principalmente, pelos fatores genéticos e do ambiente. O crescimento se inicia lentamente, acelerando-se rapidamente até um máximo e ficando constante durante o verão, reduzindo gradualmente, podendo chegar à estagnação do crescimento, por um período de dormência. A duração da estação de crescimento está parcialmente relacionada com as condições do meio, mas a maior parte resulta das características genéticas, facilmente verificadas por diferenças de crescimento em árvores em um mesmo local. O crescimento em altura é semelhante para diversas espécies ano a ano, quando as condições ambientais de crescimento são semelhantes.

É conhecido que as deficiências de disponibilidade de água, bem como das outras condições desfavoráveis do meio, provocam a redução ou estagnação do crescimento. O crescimento em diâmetro é mais sensível às condições do meio que o alongamento das extremidades, e ocorre ao longo da vida da planta seguindo modelo de uma curva sigmoidal modificada, variando de acordo com a espécie, mas em geral ocorrendo durante um espaço de tempo mais longo do que o crescimento em altura.

O crescimento em diâmetro ocorre com o aumento dos produtos da fotossíntese, sendo sensível às condições do meio, especialmente à disponibilidade de água. A sensibilidade do crescimento em diâmetro à umidade do solo constituiu o alicerce da dendrocronologia. O crescimento das raízes é mais lento que o do tronco. Quando o crescimento cessa ou é limitado, a diferenciação celular estende-se até o ápice. Quando as células de parede fina perdem sua capacidade de alongamento, vão se diferenciando na estrutura primária da raiz. À medida que a atividade cambial aumenta o diâmetro do cilindro central, o córtex e a epiderme se rompem e desaparecem.

O crescimento inicia-se posterior ao engrossamento da base dos troncos, mantendo-se por mais tempo, sendo que o menor alongamento se dá durante o inverno, maior na primavera e novamente no outono, com um decréscimo no crescimento nos períodos secos do verão. Não existe período específico de dormência, pois a periodicidade é consequência de variações na temperatura, umidade do solo e disponibilidade de oxigênio e nutrientes. A estrutura das árvores é complexa e diferenciada entre as espécies folhosas e coníferas, sendo observado que o crescimento depende das condições ambientais e das características genéticas da cada árvore.

Referência

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Fotossíntese, metabolismo de hidrocarbonetos e relações de nitrogênio na árvore

Camila Castilla Ruy

Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná,
camicrui@gmail.com

O crescimento das plantas depende das suas potencialidades genéticas e das condições do meio, sendo que o meio pode afetar o desenvolvimento da planta pela modificação dos processos e das condições internas. Este conceito foi introduzido por Klebs, quando concluiu que os processos ou funções fisiológicas constituem o mecanismo onde a hereditariedade e o meio controlam o crescimento. Os processos de maior influência no crescimento vegetativo são fotossíntese, respiração, assimilação, transporte e o equilíbrio hídrico, e os fatores do meio, como luz, água, substâncias nutritivas e temperatura. Para a energia luminosa ser utilizada pelos sistemas vivos, é necessário que ela primeiro seja absorvida. A substância que absorve luz é chamada pigmento.

A clorofila, pigmento que torna as folhas verdes, absorve luz principalmente nos comprimentos de onda azul, violeta e também no vermelho. Outras classes de pigmentos que estão envolvidos na captura da energia luminosa são os carotenóides e as ficobilinas. A concentração de clorofila é diferente nas folhas de sol e nas folhas de sombra, sendo maior nas folhas que recebem menor radiação luminosa, que são as folhas verde-escuras, e menor nas folhas verde-claras. Existem variações na intensidade da fotossíntese, entre espécies, devido à intensidade da respiração e superfície foliar; variações diurnas, relacionadas à intensidade da luz, temperatura, teor água e CO₂. À medida que aumenta a intensidade de luz, a fotossíntese se intensifica rapidamente até atingir um máximo, pouco antes do meio dia.

Em seguida, acontece uma quebra, devido ao fechamento dos estômatos, pela elevada transpiração e concentração mínima de CO_2 ; ocorrem também variações estacionais. Por exemplo, nas plantas perenifólias, a fotossíntese é baixa durante todo o inverno, o que gera uma vantagem considerável na competição com as espécies caducifólias nas regiões de invernos suaves.

Dos fatores externos que afetam a fotossíntese, a intensidade da luz é responsável por diversas variações no comportamento das plantas. Em geral, espécies folhosas alcançam a máxima fotossíntese com menores intensidades de luz, quando comparadas com as coníferas, e estudos detectaram que as folhas de sombra são mais eficientes no processo da fotossíntese do que as de sol, uma vez que apresentam saturação luminosa precoce, ou seja, atingem a máxima fotossíntese com menores intensidades de luz, sendo também conhecidas como plantas tolerantes. Nas espécies intolerantes, a taxa fotossintética aumenta com cada acréscimo adicional de luz até pleno sol, e nestas árvores a intensidade de luz afeta a fotossíntese apenas nos dias enevoados. O sombreamento mútuo das folhas limita a fotossíntese com maior intensidade nas espécies folhosas, do que nas coníferas, visto que as folhas possuem maior área do que as acículas.

Vale ressaltar que a qualidade da luz e o fotoperíodo também influenciam, de modo que em dias longos existe um maior acúmulo de produtos da fotossíntese do que em dias curtos. Quando a luz não é um fator limitante, a fotossíntese aumenta em dias enevoados, devido à maior concentração de CO_2 no ar. Maiores concentrações de CO_2 favorecem a fotossíntese até certo ponto, a partir do qual pode ser tóxico às plantas. A temperatura influenciará a fotossíntese caso outro fator não seja limitante. A fertilidade do solo possui efeitos diretos e indiretos na fotossíntese. Deficiência em nutrientes como N, Mg e Fe prejudicam este processo uma vez que estes nutrientes são

formadores da molécula de clorofila. Além disso, a deficiência em nitrogênio causa clorose nas folhas.

Doenças também podem ser a causa da redução da fotossíntese, por diminuírem a área e a eficiência dos tecidos fotossintéticos, e por interferirem na absorção de água e sais minerais, quando o ataque ocorre nas raízes. Ainda existem fatores internos como a idade das folhas e a distribuição e comportamento dos estômatos que influenciam este importante processo de síntese de carboidratos. Até as plantas atingirem a completa expansão da folhagem, o aumento na síntese é diretamente proporcional ao aumento na idade fisiológica, reduzindo com o envelhecimento das folhas. Nas folhas com cutícula fina tanto nas regiões com estômatos como nas sem, acontece fotossíntese, já nas folhas cutinizadas a abertura dos estômatos tem maior importância na ocorrência da fotossíntese.

No entanto, é difícil determinar quando existem vários fatores do meio em quantidades próximas da limitante, qual é o principal responsável pelas variações na fotossíntese. Em geral de manhã, é a intensidade luminosa e de tarde, o teor de água nas folhas. As reações de fixação de carbono que acontecem durante a fotossíntese são produtos da síntese de hidrocarbonetos, mono, di, tri, tetra e polissacarídeos. Os monossacarídeos são a unidade básica a partir da qual os demais hidrocarbonetos são formados e podem ser compostos por cinco carbonos (pentoses) ou seis (hexoses). Muito abundante na seiva xilemática no inverno e início da primavera, a sacarose, é um exemplo de dissacarídeo. Os tri e tetrassacarídeos estão presentes no floema. E os polissacarídeos mais abundantes nas árvores são a celulose (inúmeras unidades de glicose – elevado grau de resistência a ácidos diluídos e insolubilidade em água e solventes orgânicos), o amido (reserva de hidrocarbonetos mais abundante nas árvores, presente somente nos tecidos vivos), a hemicelulose (presente em todos os tecidos lenhosos), os compostos pécnicos e as gomas e mucilagens.

A transformação dos hidrocarbonetos é afetada pelo pH nos estômatos, hidratação das células e pela temperatura. Utilizados em abundância no crescimento e formação do protoplasma e seus produtos, e na formação de paredes celulares, parte é oxidada na respiração, parte é acumulada e uma pequena quantidade destina-se à reprodução e ao crescimento vegetativo (secundário). O acúmulo se dá em maior concentração nas raízes, seguido do tronco e folhas. A concentração em açúcares e amido sofre variações de acordo com ciclos estacionais. Em geral estes ciclos são bem definidos nas árvores caducifólias da zona temperada, que apresentam teor de amido máximo na primavera, e no resto do ano o teor permanece baixo; nas perenifólias o teor de amido é baixo no inverno e na primavera e alto no fim do verão e outono; as gimnospermas apresentam a concentração mínima no outono; durante o inverno, essa concentração começa a se elevar até alcançar na primavera três vezes a quantidade do outono; vale ressaltar que altas temperaturas estimulam a respiração celular, consumindo mais açúcares.

A produção de frutos e sementes é o evento de prioridade no uso dos hidrocarbonetos resultantes da fotossíntese, e muitas vezes são necessários vários anos para restabelecer reservas removidas para uma forte produção de sementes, o que explica a produção irregular de sementes de algumas espécies florestais. Com o declinar das temperaturas no outono, as folhas param a produção de clorofila, e a clorofila já presente começa a se desintegrar, ressaltando outros pigmentos da folha, como as antocianinas e os carotenos, responsáveis pela coloração outonal – avermelhada, rosa, roxa, amarela ou alaranjada – das folhas nesta época do ano. A coloração outonal é influenciada pela luz, temperatura, disponibilidade de água e pH. Nessa mesma estação do ano, acontece a migração do nitrogênio das folhas para o caule antes da abscisão foliar. Ainda assim, perde-se nas folhas caídas cerca de metade a três quartos

do nitrogênio total das mesmas. Presente em todas as partes fisiologicamente ativas da planta – protoplasma, vitaminas, enzimas e ácidos nucléicos, este nutriente é essencial e quantitativamente relacionado ao seu crescimento, estando nas sementes suas mais elevadas concentrações.

Os principais compostos nitrogenados são os aminoácidos, as proteínas, os nucleotídeos, as amins e os alcaloides. As diferentes conformações de N, como nitratos, nitritos, sais de amônio e compostos azotados orgânicos, podem ser utilizados pelas árvores, sendo que as espécies florestais retiram cerca de 50 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, restituindo apenas 10 Kg através da queda das folhas. As principais fontes de nitrogênio para as árvores são a atmosfera, folhas e ramos, fertilizantes nitrogenados e combinações de N formadas na atmosfera por tempestades elétricas e arrastadas na chuva ou neve.

Referência

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Transporte de alimento e nutrição mineral

Pollyni Ricken

Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina,
pollyni7@hotmail.com

Transporte de alimento é o movimento de materiais no interior das plantas, que pode se dar no xilema por corrente em massa, difusão ou por transporte ativo.

O transporte de água e de minerais para a copa e de compostos orgânicos para as raízes é tão essencial para o crescimento das árvores como as atividades de síntese. O desenvolvimento do xilema e do floema, que têm função efetiva no transporte, tornou-se tão imprescindível para a evolução das árvores e das trepadeiras como o desenvolvimento do esqueleto ósseo e do sistema circulatório para a evolução dos animais superiores. Nas grandes plantas terrestres, como as árvores, é essencial um rápido transporte porque existe grande interdependência entre as raízes e os lançamentos caulinares, e o alimento e a água têm de percorrer distâncias muito maiores.

Desde o século 17, o xilema e o floema têm sido considerados tecidos de transporte. O transporte no floema difere do transporte no xilema porque no primeiro se dá através de elementos crivosos vivos, enquanto no xilema o transporte se processa ao longo de elementos mortos. Admite-se, geralmente, que o movimento ascendente dos solutos se dá pelo xilema e o movimento descendente pelo floema, embora pareça haver algumas exceções.

A análise do transporte mineral é dificultada pelo fato de certos elementos, em especial o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, poderem se mover como compostos tanto orgânicos como inorgânicos.

A ascensão dos minerais é regulada pela intensidade da transpiração e da sua utilização nos processos metabólicos. Os solutos que nas raízes entram na seiva do xilema são transportados para cima a uma velocidade controlada principalmente pela intensidade da transpiração, embora no percurso se difundam para fora dele quantidades apreciáveis; isso ocorre devido ao gradiente de concentrações que resulta do uso desses solutos nas regiões em crescimento localizadas ao longo do percurso. As células das folhas em crescimento, das extremidades dos troncos, da região cambial, e de outras regiões metabolicamente ativas, acumulam minerais e utilizam-nos no metabolismo, produzindo gradientes que provocam o movimento em direção a essas regiões.

Em condições normais, raramente se verificam concentrações excessivas de sais nas folhas das plantas em crescimento, uma vez que a transferência para folhas mais novas e de outras regiões em crescimento mantém a concentração em um nível de segurança. Também são removidos alguns sais graças à lavagem pela água e pelo orvalho.

Entre os fatores que afetam o transporte de alimentos, podemos destacar a temperatura e a aeração. A redução das temperaturas do caule ou do pecíolo reduz a intensidade de transporte, tanto de substâncias orgânicas como inorgânicas. A fraca aeração do solo dificulta ou impede o movimento de alimentos nas raízes das árvores. A incapacidade do floema para funcionar convenientemente pode provocar o acúmulo de alimentos e de auxina ao nível da água e estimular assim um crescimento anormal.

A acumulação de uma reserva de alimento em cada período de atividade vegetativa é tão essencial para o crescimento e mesmo para a sobrevivência das árvores como a utilização do alimento nos processos metabólicos. Isto é especialmente verdadeiro nas árvores caducifólias em que a manutenção da vida durante o inverno e o ressurgir do crescimento na primavera ficam

inteiramente dependentes do alimento acumulado durante o período vegetativo anterior.

O uso mais evidente das reservas acumuladas se dá para a manutenção da respiração e de outros processos nas ocasiões em que o alimento não é fornecido diretamente pela fotossíntese. Durante a noite toda a atividade metabólica depende do alimento acumulado durante o dia, e durante o inverno a respiração e demais processos são mantidos nas árvores caducifólias pelo uso dessas reservas.

A produção das plantas é melhorada pela irrigação e pela fertilização, mais por esses tratamentos aumentarem a superfície foliar do que por estimularem a intensidade da fotossíntese por unidade de área. A manutenção de uma ampla área foliar constitui assim o mais importante requisito para que seja produzido o alimento necessário ao bom crescimento e à produção de fruto. A desfolha devido a insetos, fungos e temporais provoca normalmente uma redução no crescimento e até mesmo a morte das árvores porque reduz a superfície fotossintética.

A produção de flores, frutos e sementes consome grandes quantidades de alimento. Por vezes uma abundante floração utiliza tal quantidade de alimento de reserva que não ficam sobras suficientes para a produção de uma grande superfície foliar no princípio do período vegetativo. Portanto, a produção de frutos reduz, normalmente, o crescimento vegetativo. Um exemplo é a espécie *Abies balsamea*, onde a floração também é acompanhada por menor crescimento em diâmetro.

Em temperaturas elevadas a respiração aumenta e a fotossíntese começa a decrescer, provocando uma grande quebra no alimento disponível para o crescimento ou para o armazenamento. Essa perturbação da razão fotossíntese/respiração constitui um fator importante na redução do crescimento das árvores que se desenvolvem em condições de noites anormalmente quentes.

A nutrição mineral constitui uma fase importante da fisiologia da árvore, dado que, para o êxito do crescimento, torna-se essencial um abastecimento adequado de certos elementos minerais. As plantas necessitam, tanto nos seus processos sintéticos como para outros fins, de oxigênio, água, gás carbônico, nitrogênio e de cerca de uma dúzia de elementos minerais atuando como reagentes ou matérias-primas.

Os nutrientes minerais desempenham muitas funções nas plantas. Entre os seus papéis mais importantes contam-se os de constituintes dos tecidos da planta, agentes catalíticos em diversas reações, reguladores osmóticos, constituintes de sistemas tamponizantes e reguladores de permeabilidade da membrana. Servem como exemplos de minerais constituintes: o cálcio nas membranas das células; o magnésio na molécula da clorofila; o enxofre em certas proteínas; o fósforo nos fosfolípidios e nucleoproteínas. Embora o nitrogênio não seja um elemento mineral, é frequentemente incluído e deve assinalar a sua importância como constituinte da proteína.

Os elementos necessários em grandes quantidades são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Elementos necessários em quantidades menores são: ferro, manganês, zinco, cobre, boro, molibdênio e cloro.

Um elemento é considerado essencial somente quando a sua ausência provoca uma acentuada redução no crescimento, um crescimento anormal ou a morte da planta, no caso de nenhum outro elemento poder substituí-lo.

As deficiências minerais provocam alterações nos processos bioquímicos e fisiológicos que por sua vez levam frequentemente a alterações morfológicas ou sintomas visíveis. O efeito geral mais importante das deficiências minerais consiste na redução do crescimento, embora o efeito mais saliente seja usualmente o amarelecimento das folhas provocado pela redução da síntese da clorofila.

As deficiências minerais também produzem alterações internas só visíveis ao microscópio, bem como sintomas externos. Plantas novas de *Pinus taeda* deficientes em cálcio não só apresentam gomos e extremidades do caule menores, mas também folhas com células menores e em menor número e ainda xilema e floema menos abundantes.

A fertilização melhora sensivelmente o crescimento das plantas. No entanto, em solos secos, as deficiências em água podem limitar tanto o crescimento que a aplicação de fertilizantes se traduzirá num acréscimo pequeno ou nulo. Além disso, um forte sombreamento também pode limitar o crescimento. Na presença de elevado teor de nitrogênio, é necessária uma forte intensidade de luz para que se dê um incremento de produção.

Tratamentos que acarretam o desenvolvimento de micorrizas, como a incorporação no solo de matéria orgânica contendo fungos, resultam em melhor crescimento. Plantas de coníferas crescendo em solo infértil inoculadas com solo ou matéria orgânica contendo fungos micorrízicos exibem maior crescimento e absorvem mais nutrientes minerais do que as não inoculadas. As coníferas apenas são bem sucedidas nos solos calcários, alcalinos, se as micorrizas estiverem presentes. O principal efeito da micorriza consiste em aumentar a superfície absorvente dos sistemas radiculares.

As condições de solo favoráveis ao crescimento das raízes e ao respectivo funcionamento como sistemas de absorção constituem um fator essencial para o sucesso do crescimento das árvores. Frequentemente, as propriedades físicas do solo são, no que diz respeito ao crescimento da árvore, tão importantes como as suas propriedades químicas.

Referência

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Relações hídricas nas árvores

Vitor Dressano Domene

Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná,
vitordressanodomene.d2@gmail.com

Em extensas parcelas da superfície da Terra, a disponibilidade de água é o que regula o crescimento e a existência das árvores mais do que qualquer outro fator. As relações hídricas das árvores são tão importantes para o êxito de seu crescimento como os processos bioquímicos envolvidos na síntese do alimento e sua transformação em novo tecido. As relações hídricas da planta envolvem a absorção de água, a ascensão da seiva e a perda de água por transpiração.

A água tem importância como constituinte do protoplasma, como reagente, como dissolvente e na manutenção da turgescência da célula. A transpiração consiste no processo de perda de água sob forma de vapor em que a evaporação pode ocorrer a partir das paredes úmidas das células para os espaços intracelulares bem como na difusão de vapor de água dos espaços intracelulares para o ar exterior.

Os efeitos benéficos da transpiração são o resfriamento das folhas, evita o desenvolvimento de excessiva turgidez, promove o deslocamento de água na folha e aumenta a absorção e transporte dos minerais. Porém, se houver uma transpiração excessiva, ocorrerá um retardamento no crescimento da planta, o que caracteriza um efeito nocivo. A transpiração é afetada por fatores do meio como a pressão de vapor, a umidade do ar, a temperatura, a incidência de luz, o vento e o abastecimento de água bem como por fatores da planta como estrutura da folha, orientação das folhas, área da folha, relação raiz/caule e pressão osmótica da seiva.

A maior parte da água absorvida pelas árvores entra pelas raízes, sendo que esse processo está diretamente relacionado com a transpiração. Existem dois mecanismos diferentes responsáveis pela absorção de água pelas árvores: o primeiro é a absorção passiva, que está associada à respectiva perda de água das colunas coesas, presentes nos elementos do xilema através da transpiração, provocando uma redução na tensão da seiva do xilema onde a água penetra na raiz por corrente de massa; o segundo é a absorção ativa, que é o resultado das forças desenvolvidas nas próprias raízes.

Para efeito de estudo, convém classificar os fatores que afetam a absorção de água em fatores da planta e em fatores do meio. Os principais fatores da planta são o grau de transpiração, o déficit de pressão-difusão (DPD) existente na planta e a extensão e eficiência do sistema radicular. Os principais fatores do meio são a disponibilidade de umidade do solo, a temperatura do solo e o arejamento do solo.

Praticamente todo o movimento de água das raízes para as folhas ocorre no xilema. No tronco das árvores o sistema de transporte efetivo consiste normalmente numa camada cilíndrica situada na parte exterior do lenho. O xilema das angiospermas é constituído de vasos, traqueóides, fibras, células de parênquima lenhoso e células de parênquima radial. O xilema das gimnospermas não possui vasos, o que dificulta o deslocamento da água que tem que atravessar milhares de paredes celulares enquanto sobe ao longo do tronco. Em espécies com porosidade difusa encontra-se um número considerável de camadas anuais envolvidas no transporte enquanto que em espécies de porosidade em anel o deslocamento de água está confinado a camada anual mais externa.

Mais de 50% do peso total da matéria verde de uma árvore é formada por água, embora sua concentração varie bastante nas

diferentes partes de uma árvore. Os mais elevados teores de água estão presentes em áreas de crescimento como câmbio, extremidades das raízes e caules e em frutos novos. O atraso da absorção relativo à transpiração indica resistência para que a água seja absorvida e transportada para as folhas, sendo a região das raízes a de maior resistência.

Durante o crescimento, as diferentes partes de uma árvore competem normalmente entre si pela água. Os tecidos que desenvolverem déficits de pressão-difusão mais elevados conseguirão mais água. A resultante dos déficits hídricos internos resume-se na redução do crescimento vegetativo direta ou indiretamente. Uma vez que o crescimento é afetado diretamente pela perda da turgescência celular, ocorre indiretamente a oclusão dos estômatos, fenômeno que reduz o abastecimento de anidrido carbônico, necessário para realização da fotossíntese.

Referência

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Fatores internos e externos que afetam o crescimento das árvores

Andreia Taborda dos Santos

Mestranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná,
andreiataborda@yahoo.com.br

O crescimento das plantas é regulado pela interação da hereditariedade e dos fatores do meio operando através de um conjunto de processos e de condições internas. O seu êxito como organismo resulta da eficiente correlação dos diversos órgãos e processos de modo a dispor de uma proporção conveniente entre raízes e ramos, entre absorção e a transpiração, entre a fotossíntese e a respiração. Esta harmonia interna das estruturas e processos baseia-se em dois mecanismos principais. Um deles opera através da ação hormonal e o outro pelo controle do abastecimento dos diversos órgãos, como alimento, água e minerais. Constituem exemplos de correlações internas a dominância apical, a polaridade, as relações entre o crescimento reprodutivo e vegetativo, entre o alongamento e o engrossamento e entre o crescimento da raiz e dos lançamentos caulinares. Outra forma de correlação diz respeito às intensidades relativas dos processos, frequentemente muito mais significativas do que as intensidades absolutas. O montante de alimento disponível para o crescimento e para o armazenamento depende mais da relação entre a fotossíntese e a respiração do que da intensidade da fotossíntese considerada isoladamente. O equilíbrio hídrico interno é governado pelas intensidades relativas da absorção e da transpiração quando acompanhada por uma intensidade de absorção de água igualmente elevada.

O sucesso do crescimento implica em um adequado abastecimento em alimento, água, minerais, hormônios e oxigênio e temperaturas também adequadas. As necessidades

em alimentação são particularmente acentuadas nas regiões meristemáticas onde ocorre a formação de novos tecidos. Nas regiões onde se processa a divisão das células, os alimentos são utilizados na formação de novo protoplasma. Durante a distensão das células e sua maturação, os hidratos de carbono são utilizados na constituição de novas paredes celulares e como substrato respiratório. Nas regiões em crescimento são necessários muitos elementos minerais essenciais, além de hormônios e de vitaminas. Alguns hormônios e vitaminas são formados nas regiões em crescimento, outros são formados em outras regiões da árvore. Em geral, as extremidades dos ramos mostram-se mais auto-suficientes do que as extremidades das raízes. É necessária água em quantidade suficiente para manter a turgescência, constituindo a deficiência hídrica um dos fatores limitantes do crescimento mais correntes.

Parte do alimento utilizado no crescimento provém de reservas previamente acumuladas, e o restante da fotossíntese corrente. Uma fração importante do crescimento em altura das árvores caducifólias resulta de reservas acumuladas no ano anterior; todavia, as árvores com longos períodos de crescimento, como os pinheiros do Sul e a *Liriodendron tulipifera*, utilizam os produtos da fotossíntese corrente pelo menos na última fase do seu crescimento em altura. O floema diferencia-se normalmente muito perto do ápice das raízes e dos ramos, facultando a via para um transporte rápido de substâncias orgânicas até próximo das regiões meristemáticas. O hidrato de carbono utilizado na atividade cambial provém principalmente da fotossíntese corrente, ficando garantido um adequado abastecimento pela vizinhança do floema e do câmbio. As correlações entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo parecem ser explicadas em grande parte, em termos de competição pelo alimento, relativo aos hidratos de carbono. O crescimento das plantas é com mais frequência limitado por deficiências hídricas internas do que por qualquer outro fator interno isolado. O efeito

global dessas deficiências consiste na redução do crescimento vegetativo. Um dos problemas mais difíceis relacionados com o estudo do equilíbrio hídrico nas plantas consiste na falta de um método conveniente e aplicável de medição dessas deficiências ou da pressão da água nos diversos tecidos. Este fato constitui provavelmente a principal dificuldade no campo dos estudos das relações hídricas. O déficit em água reduz mais o crescimento das células do que a sua divisão ou diferenciação. Em consequência, as plantas sujeitas a deficiências hídricas tendem a diferenciar-se mais cedo e em maior extensão do que aquelas que as não sofrem. As folhas são pequenas, mais espessas e mais fortemente cutinizadas, os ramos são mais curtos e mais lignificados, e os anéis de crescimento mais estreitos.

Um déficit moderado de água é por vezes benéfico, especialmente na produção de plantas destinadas ao transplante. A abundância de água pode provocar o aparecimento de plantas grandes e herbáceas, com maior proporção de caule em relação a de raízes. É, portanto, necessário regular cuidadosamente o abastecimento em água nos viveiros caso se queira produzir plantas de boa qualidade.

Um dos efeitos mais conhecidos e importantes da deficiência hídrica interna consiste no fechamento dos estômatos. Diversos pesquisadores verificaram que o fechamento ou a abertura estomática constitui indicador sensível do equilíbrio hídrico interno das plantas. A oclusão dos estômatos como consequência de um déficit hídrico pode ser benéfica para as plantas em locais secos, uma vez que diminui a perda de água e adia o desenvolvimento de déficits prejudiciais ou fatais. Em geral, o ritmo dos processos fisiológicos diminui quando o teor hídrico do tecido da planta desce abaixo do normal. Além do alimento, dos minerais e da água, o crescimento das plantas é afetado por outras substâncias, como os hormônios. Algumas dessas substâncias estimulam o crescimento vegetativo, outras

o inibem, como por exemplo, as auxinas, que numa determinada concentração promovem o crescimento dos caules e inibem o crescimento das raízes. Assim, dentre essas substâncias reguladoras de crescimento, podemos citar as auxinas, as cininas e as giberelinas.

Os efeitos da luz sobre o crescimento da planta dependem da sua intensidade, qualidade ou comprimento de onda, duração e periodicidade. A variação em qualquer destas características pode modificar o crescimento, quantitativa ou qualitativamente. As flutuações na temperatura do solo e do ar influenciam o crescimento e a distribuição das árvores, causando alteração na intensidade de diversos processos fisiológicos muito importantes, como a fotossíntese, a respiração, a divisão e alongamento celular, a atividade enzimática, a síntese da clorofila, e a transpiração. Normalmente, o crescimento se intensifica com o aumento da temperatura até atingir uma temperatura elevada crítica para uma dada espécie, após, declina rapidamente. Quedas bruscas de temperatura ou temperaturas muito baixas provocam muitas vezes sérios danos. Os prejuízos inverniais são geralmente determinados por congelamento, ou pela dessecação dos tecidos. Os danos do arrefecimento constituem outro tipo de prejuízo menos importante, cuja ocorrência é mais frequente nas plantas das regiões quentes. A exposição a temperaturas relativamente elevadas provoca muitas vezes um menor crescimento. Esses efeitos podem resultar de uma ação direta do calor ou de perturbações metabólicas associadas com intensidades muito elevadas de respiração ou até com a dessecação das copas.

A umidade do solo constitui um fator limitante pelos seus efeitos no equilíbrio hídrico interno, por afetar os processos reguladores do crescimento. Em qualquer análise da relação existente entre a umidade do solo e o crescimento, é necessário entender que o crescimento não é regulado diretamente pelo teor em umidade do

solo ou pela tensão de umidade do solo, mas sim pelo equilíbrio hídrico da planta. Deficiência de oxigênio no solo provoca, com frequência, a paralisação do crescimento da raiz, podendo danificar ou mesmo causar a morte dos sistemas radiculares. Normalmente à lesão da raiz segue-se o amarelecimento e a morte das árvores. Estes sintomas podem ser determinados por inundação, por uma má drenagem ou pela compactação do solo.

As árvores que vivem em povoamentos densos estão continuamente em competição, no espaço aéreo pela luz e no solo pela água, minerais e oxigênio. Também competem com as plantas não lenhosas existentes nas mesmas comunidades. À medida que as árvores aumentam de dimensão, ampliam-se as suas necessidades individuais para o crescimento. As práticas culturais constituem geralmente tentativas destinadas a conseguir um meio mais favorável para o crescimento da árvore e sua reprodução; só serão eficazes se melhorarem a eficiência conjunta dos processos fisiológicos que governam o crescimento e a reprodução, com produção de frutos e de sementes. A irrigação ajuda a manter a turgidez dos tecidos necessária ao crescimento. A fertilização proporciona os minerais exigidos na formação de novos tecidos e em diversos processos bioquímicos. Os desbastes facultam mais luz para a fotossíntese e mais água e minerais por árvore. A poda remove ramos improdutivos, melhora a forma da árvore, e torna mais fácil a pulverização das árvores e a coleta dos frutos.

Outro fator que pode afetar o crescimento é a ocorrência de doenças, que alteram desfavoravelmente os processos fisiológicos das árvores, resultando em redução do crescimento ou até mesmo a morte da árvore. Os insetos afetam o crescimento das árvores mastigando os tecidos da planta, sugando os fluidos dos tecidos, depositando ovos, polinizando flores, e determinando a formação de galhas. Também influenciam o crescimento atuando como vetores de algumas doenças motivadas por fungos, bactérias e vírus.

O fogo e a exposição das árvores ao ar contaminado também precisam ser destacados, pois provocam consideráveis danos por interferência em processos fisiológicos, além da destruição direta de parte ou de toda a árvore. A causa mais séria do dano pelo fogo consiste na redução da superfície fotossintética por desfolhação.

Referência

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 9609