

Juliana de Santana Ribeiro

**EFEITO DO POTÁSSIO EM PLANTAS JOVENS DE
Bambusa vulgaris SCHARRED EX WENDLAND CULTIVADAS
EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

**RECIFE
2008**

Juliana de Santana Ribeiro

**EFEITO DO POTÁSSIO EM PLANTAS JOVENS DE
Bambusa vulgaris SCHARRED EX WENDLAND CULTIVADAS
EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), na área de concentração em Fisiologia e linha de pesquisa em Fisiologia e Biotecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Botânica.

Orientador:

Prof. PhD. Egídio Bezerra Neto

Conselheiros:

Prof. Dr. Levy Paes Barreto

Profa. Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira

**RECIFE
2008**

Ficha catalográfica

R484e Ribeiro, Juliana de Santana
Efeito de potássio em plantas jovens de *Bambusa vulgaris*
Schared ex Wendland cultivadas em sistema hidropônico /
Juliana de Santana Ribeiro. -- 2008.
70 f. : il.

Orientador: Egídio Bezerra Neto
Dissertação (Mestrado em Botânica) -- Universidade Fe -
deral Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.
Inclui anexo e bibliografia.

CDD 581. 133 5

1. Nutrição mineral
2. Bambu
3. *Bambusa vulgaris*
4. Potássio
5. Hidroponia
6. Crescimento
7. Solutos orgânicos
 - I. Bezerra Neto, Egídio
 - II. Título

**EFEITO DO POTÁSSIO EM PLANTAS JOVENS DE
Bambusa vulgaris SCHARRED EX WENDLAND CULTIVADAS
EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), na área de concentração em Fisiologia e linha de pesquisa em Fisiologia e Biotecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Botânica.

Dissertação defendida e aprovada em 11 de fevereiro de 2008

Orientador:

Prof. PhD. Egídio Bezerra Neto – UFRPE

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Jarcilene Almeida Cortez

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos

Prof. Dr. Marco Antônio Amaral Passos

*Aos meus pais, Aldemira e José
Odonilzo, e ao meu irmão, João Paulo,*

Dedico.

Agradecimentos

Aos meus pais, José Odonilzo e Aldemira, ao meu irmão João Paulo, a minha avó Margarida, aos meus priminhos de coração e de sangue, PH, Grazy, Belinha, Roninho, Thiago e sua Ariane, Ivy, Juninho e Dalvi, e aos meus tios tanto de sangue como de coração, Lêda, Ronaldo (*in memorian*), Romildo e Amália que souberam compreender minhas ausências e sempre me apóiam em tudo o que faço;

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, principalmente à pessoa de seu Coordenador Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque. A melhor funcionária de qualquer programa de pós graduação, Margarida e a todos os professores que fazem parte deste;

Ao meu Orientador Prof. PhD. Egídio Bezerra Neto, pela orientação e paciência em me ensinar o novo. Aos meus Co-orientadores, Prof. Dr. Levy Paes Barreto e Profa. Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira pela colaboração dada no desenvolvimento e conclusão da pesquisa;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

A Empresa AGRIMEX, em nome do MSc. em Engenharia Florestal Germán Hugo Gutierrez Céspedes, pelo material vegetal fornecido e pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho;

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões;

A minha querida amiga Amanda Rocha que me auxiliou em todas as etapas desta pesquisa, além de estar sempre me incentivando a prosseguir, me ajudando a vencer mais este desafio;

Aos meus queridos amigos André, Francimar, Tereza, Edna e Josemário que estiveram sempre dispostos a me ajudar no desenvolvimento da pesquisa e também pelos momentos de descontração passados dentro dos laboratórios de Bioquímica Vegetal e Nutrição Mineral de Plantas;

Aos amigos que ganhei durante minha estada na Área de Química Agrícola: Elizamar, Sandra, Wellington, Gilberto, Luiz e Marta. Aos Amigos que conquistei durante minha passagem pela UFRPE, em especial Natália, Natan e Deza;

A todos os colegas de turma Milton, “Aurivânea”, Eric, Márcio, Messias, Juca, Ernani, Milena, Danilo (mesmo tão longe), a Lidiane e Cleber; Marcelle e Ise, mesmo não sendo da turma, mas sempre presentes, pelos momentos inesquecíveis e pelo auxílio nesta caminhada;

Aos meus amigos do “busão” Cordel, Arlindo, Mary, Karina Campbel, Elaine e filhota, Beto, Jeff e Renata e filhota que me aturam há tanto tempo e mesmo assim sei que posso contar com eles sempre. Aos “pais” e todas as filhas e filhos pelas noites de “furdunsio” na “vó”;

A todos os professores, funcionários técnico-administrativos da UFRPE, amigos e parentes que direta ou indiretamente contribuíram para eu concluir esta etapa;

Obrigada!

Lista de Figuras e Tabelas

- Figura 1.** Número de folhas (A), altura (B), número de brotos (C) e número de perfilhos (D) de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias de cultivo.....47
- Figura 2.** Alocação de biomassa nas folhas, colmo e raízes de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias.....48
- Figura 3.** Teores de Clorofila *a*, *b*, total e a relação clorofila *a*:clorofila *b* em plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva durante um período de 90 dias em diferentes concentrações de potássio.....49
- Tabela 1.** Biomassa fresca das folhas (BFF), biomassa fresca dos colmos (BFC), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa fresca total (BFT), biomassa seca das folhas (BSF), biomassa seca dos colmos (BSC), biomassa seca da raiz (BCR), biomassa seca total (BST), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias.....50
- Tabela 2.** Razão parte aérea/raiz (Pa/R) de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias.....51
- Tabela 3.** Concentração de solutos orgânicos em tecido foliar fresco de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva durante um período de 90 dias em diferentes concentrações de potássio.....52

Ribeiro, Juliana de Santana, MSc. em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, fevereiro/2008. Efeito do potássio em plantas jovens de *Bambusa vulgaris* Schared ex Wendland cultivadas em sistema hidropônico, PhD. Egídio Bezerra Neto, Dr. Levy Paes Barreto e Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira

Resumo Geral

EFEITO DO POTÁSSIO EM PLANTAS JOVENS DE *Bambusa vulgaris* SCHARED EX WENDLAND CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO

O bambu é uma cultura bastante promissora no Brasil, a qual está sendo empregada para diversos fins, desde simples artesanato até a produção de papel de alta resistência e produção de energia. Porém ainda é escassa a literatura no Brasil sobre a adubação desta cultura. Dentre os elementos essenciais para o vegetal, o potássio é responsável pela ativação de mais de 60 enzimas e sua falta provoca um substancial desequilíbrio no desenvolvimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do bambu a doses de potássio, bem como obter subsídios para estimar uma fórmula de recomendação para uma adubação racional da cultura do bambu. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Química da UFRPE, em delineamento de blocos ao acaso, com 6 repetições e 6 doses de potássio, a saber: zero, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹. Plantas de bambu foram cultivadas por 90 dias em vasos empregando-se o sistema de hidroponia por aeração estática. Avaliou-se variáveis de crescimento e teores de solutos orgânicos. A adição de potássio provocou aumento na altura das plantas, no número de folhas, perfilhos e brotos e na alocação de biomassa nas raízes; redução na biomassa fresca e seca de folhas, colmo e raízes, alocação de biomassa nas folhas e colmo, e nas taxas de crescimento quando comparados os tratamentos 0,0 e 10,0 mmol.L⁻¹ de potássio. As plantas de bambu responderam de forma diferenciada aos tratamentos aplicados quando relacionado os teores dos solutos analisados. Para os teores de clorofila *a*, *b* e total houve uma redução proporcionalmente ao aumento no teor de potássio na solução nutritiva. A relação clorofila *a*:clorofila *b* oscilou entre 0,98 e 1,42. O aumento nos solutos orgânicos analisados foi proporcional ao teor de potássio no meio de cultivo. Os tratamentos 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹ de potássio proporcionaram os maiores incrementos nos teores de carboidratos solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores, aminoácidos livres totais, proteínas solúveis e prolina livre. O teor de potássio no meio nutritivo, mais adequado para o cultivo hidropônico fica na faixa de 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹, enquanto que 10,0 mmol.L⁻¹ é considerada uma dose estressante.

PALAVRAS-CHAVES

1. Bambu
2. Potássio
3. Hidroponia
4. Crescimento
5. Solutos orgânicos
6. Nutrição mineral

Ribeiro, Juliana de Santana, MSc. em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, fevereiro/2008. Efeito do potássio em plantas jovens de *Bambusa vulgaris* Schared ex Wendland cultivadas em sistema hidropônico, PhD. Egídio Bezerra Neto, Dr. Levy Paes Barreto e Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira

Abstract

EFFECT OF THE POTASSIUM ON YOUNG PLANTS OF *Bambusa vulgaris* SCHARED EX WENDLAND CULTIVATED IN A HYDROPONIC SYSTEM

Bamboo is a quite promising crop in Brazil. It is employed for diverse purposes, from simple craftwork to high-resistance paper and energy production. However, literature in Brazil on fertilizing this crop is scarce. Among the essential elements for the plant, potassium is responsible for the activation of more than 60 enzymes. A lack of potassium causes a substantial imbalance in vegetal development. The aim of the present study was to assess the responses of bamboo to different levels of potassium and obtain data for estimating a recommendation formula for the rational fertilization of bamboo crops. The experiment was conducted in a greenhouse at the Chemistry Department of the Universidade Federal Rural de Pernambuco (Brazil) in a randomized block design, with six replications and six doses of potassium: zero, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0 mmol.L⁻¹. Bamboo plants were cultivated for 90 days in pots, employing a hydroponic system with static aeration. Growth variables and organic solute contents were assessed. The addition of potassium led to an increase in plant height, tiller and sprouts, and shoots biomass and the allocation of biomass in the roots; a reduction in both fresh and dry biomass of the leaves, stalk and roots, the allocation of biomass in the leaves and stalk, and in growth rates comparing to the treatments with 0.0 and 10.0 mmol.L⁻¹ of potassium. Regarding to solute content, bamboo plants had different answer to potassium treatments. Chlorophyll *a*, *b* and total chlorophyll, there was a reduction proportionate to the increase in potassium content in the nutritive solution. The chlorophyll *a*/chlorophyll *b* ratio changed from 0.98 to 1.42. The increase in organic solutes was proportional to the potassium content in the nutrient solution. The 5.0 and 10.0 mmol.L⁻¹ potassium treatments provided the highest increases in total soluble carbohydrates, reducing sugars, non-reducing sugars, total free amino acids, soluble proteins and free proline. The best potassium content in the nutritive medium for hydroponic cultivation is between 0.5 and 1.0 mmol.L⁻¹, where as 10.0 mmol.L⁻¹ is considered a stressing dose.

KEY WORDS:

1. Bamboo
2. Potassium
3. Hydroponics
4. Growth
5. Organic solutes
6. Mineral nutrient

*“Brindo à casa
Brindo à vida
Meus amores
Minha família
Atirei-me ao mar
Mar de gente
Onde eu mergulho
Sem receio
Mar de gente
Onde eu me sinto por inteiro
...Essa é a luz que
Eu preciso
Luz que ilumina a cria
E nos dá juízo”.*

O Rappa

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido, não na vitória propriamente dita”.

Mahtma Gandhi

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Aspectos gerais do bambu	16
2.2. <i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland var <i>vulgaris</i>	18
2.3. Importância do potássio para as plantas	19
2.4. Função dos solutos compatíveis no estresse nutricional.....	22
2.5. Cultivo hidropônico	25
2.6. Referências	25
3. TRABALHO 1: Crescimento inicial e teor de compostos orgânicos em plantas de bambu em função do potássio	30
Resumo	31
Abstract	31
3.1. Introdução	32
3.2. Material e Métodos	34
3.3. Resultados e Discussão	36
3.4. Conclusões.....	40
3.5. Agradecimentos.....	41
3.6. Referências	41
3.7. Anexos	44
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5. ANEXOS	52
5.1 Regras para envio de trabalho para a Revista PAB (Pesquisa Agropecuária Brasileira).....	53

1. Introdução Geral:

O bambu é uma gramínea de grande porte encontrada em todos continentes, porém o continente europeu não possui espécies nativas. Existem cerca de 1250 espécies de bambu categorizadas em aproximadamente 75 gêneros (Shanmughavel & Francis, 1996; Kleinhenz & Midmore, 2001). É com ele que se obtém a maior rapidez e produtividade de biomassa quando comparado com qualquer outra espécie vegetal (Ribeiro, 2005). Ecologicamente é uma das plantas de grande eficiência no seqüestro de CO₂, podendo portanto ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, no controle de erosão e no assoreamento de cursos d'água.

O bambu é uma planta de grande utilidade industrial, como alternativa para a produção de biomassa, particularmente no Brasil, país onde intensamente se usa biomassa vegetal para a produção de papel e energia (Brito et al., 1997). No Brasil existem áreas cultivadas com bambu para emprego comercial, distribuídas nos estados do Maranhão, Paraíba e Pernambuco (Ribeiro, 2005). Para um melhor aproveitamento nas produções de bambu ou de qualquer vegetal, é importante conhecer as concentrações ideais de cada nutriente, bem como a contribuição de cada nutriente para um maior acúmulo de biomassa.

Dentre os elementos essenciais, o potássio é um dos cátions mais requerido nos processos fisiológicos das plantas não somente pela sua concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas suas funções bioquímicas, sendo também essencial para todos os organismos vivos (Lavres Júnior, 2001). Segundo Epstein (1975) é este nutriente, em termos médios, o segundo elemento mais abundante na matéria seca das plantas, quando se consideram os macronutrientes essenciais, perdendo apenas para o nitrogênio. O seu requerimento considerado ótimo para o bom desenvolvimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5 % na matéria seca (Malavolta, 1980), considerando as plantas de um modo geral.

Tal nutriente tem ação fundamental no metabolismo vegetal, pelo papel que exerce na fotossíntese, síntese e translocação de carboidratos e síntese de proteínas, ativando mais de 60 enzimas que participam desses processos metabólicos (Epstein, 1975; Barreto & Bezerra Neto, 2000). Além disso, este nutriente também está envolvido nos movimentos de abertura e fechamento dos estômatos, no equilíbrio eletrostático e turgescência nas células, juntamente com outros cátions (Malavolta, 1980). Shanmughavel & Francis (1997) relatam que o potássio é o nutriente encontrado em maiores proporções em bambus da espécie *Bambusa bamboos*.

Essencialmente os trabalhos produzidos no Brasil referem-se às propriedades físicas e mecânicas do bambu. Apesar das grandes áreas cultivadas, pouco se conhece sobre as características nutricionais desta cultura. Com a aquisição de informações sobre as necessidades nutricionais do bambu, é possível preconizar uma recomendação de adubação que proporcione aumento da produtividade em mais de 50 % (Malavolta, 1980), trazendo melhoria de renda para o agricultor, sem a necessidade de aumento da área de cultivo.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar, em condições de casa de vegetação, as respostas biométricas e bioquímicas em plantas jovens de bambu submetidas a diferentes concentrações de potássio na solução nutritiva.

2. Revisão de Literatura:

2.1. Aspectos gerais do bambu

Os bambus devido as características do seu colmo são considerados por Pereira (2001) como plantas lenhosas, monocotiledôneas, pertencentes às angiospermas. Em termos botânicos, as espécies vegetais conhecidas vulgarmente como bambu pertencem ao grupo taxonômico da família *Poaceae* e por suas características morfológicas e anatômicas, constituem-se em uma subfamília à parte, *Bambusoideae* (Filgueiras, 1988; Ribeiro, 2005). Sua estrutura consiste no sistema subterrâneo de rizomas, colmos e galhos. Todas estas partes são formadas do mesmo princípio: uma série alternada de nós e entrenós. Com o crescimento do bambu, cada novo entrenó é envolvido por folha caulinar protetora, fixada ao nó anterior no anel caulinar. Os nós são massivos pedaços de tecido, compreendendo o anel nodular, o anel da bainha e geralmente uma gema dormente. Estas gemas são o local de emergência do novo crescimento (Ghavami & Marinho, 2005).

Os colmos são a parte que mais facilmente distingue uma espécie de bambu de outra, por terem tamanhos, diâmetros, cores e texturas diferenciadas. São na maioria ocos, mas existem exceções, são constituídos de fibras que chegam a aproximadamente quatro centímetros (Salgado et al., 1994), feitas principalmente de celulose e lignina contendo silício (Salgado, 1987; Vasconcellos, 2006). Os tons de cor são variados: preto, vermelho, azul, violeta, tendo o verde e o amarelo como principais. Resistem às temperaturas abaixo de zero até as temperaturas tropicais (Tomazello Filho & Azzini, 1987).

As folhas não crescem diretamente de uma gema dos galhos, sendo na verdade, lâminas de folhas caulinares. Estas lâminas tornam-se bem mais alongadas nos galhos do que nos colmos, tomando a forma e a função fotossintética de uma folha. Nos galhos estas folhas estão conectadas à bainha por uma projeção de sua veia principal, em forma de uma curta haste (Filgueiras 1988; Ribeiro, 2005).

Os bambus enquadram-se em aproximadamente 75 gêneros e 1250 espécies que se distribuem naturalmente entre as latitudes 46º Norte e 47º Sul, sendo encontrados em altitudes entre 0 e 4.800 m, todavia, a maior ocorrência se dá nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e sub-tropicais. Os bambus nativos crescem em todos os continentes, cobrindo cerca de 14 milhões de hectares, exceto na Europa, sendo que 62 % das espécies são nativas da Ásia, 34 % das Américas e 4 % da África e Oceania (Scurlocka et al., 2000; Kleinhenz & Midmore, 2001).

Os vários tipos de bambu compreendem desde espécies pequenas de 10 cm a 3 m de altura com diâmetros de 0,5 a 5 cm, utilizadas principalmente em ornamentação, até espécies gigantes que podem atingir cerca de 40 metros de altura com diâmetros que variam de 10 a 30 cm (Nunes, 2005).

A taxonomia botânica encontra dificuldades para uma classificação completa de algumas espécies de bambu, uma vez que para isso torna-se necessária a coleta e análise de flores e frutos da planta. Sabe-se que a maioria das espécies de bambu floresce uma única vez ao final do seu ciclo de vida, fenômeno que ocorre em um período de cinquenta a cem anos, o que torna muito difícil o estudo completo das espécies, necessitando de continuidade das pesquisas a longo prazo. Segundo López (2003), foi o botânico canadense, Dr. Floyd Alonso McClure (1897, 1970), da Smithsonian Institution, Washington D.C. que, em 1953 estabeleceu as bases da classificação das espécies de bambus, em seu livro *Genera of Bamboos Native to the New World*, apresenta-se como a referência mais importante no estudo das espécies no Ocidente.

Nunes (2005) relata que o Brasil possui cerca de 200 espécies nativas, e Freitas et al. (2003) discorrem que os indígenas as utilizam na medicina, habitação, caça, decoração e alimentação. As espécies nativas de bambu no Brasil são geralmente de pequeno e médio porte, muito utilizadas para ornamentação, exceção à espécie *Guada angustifolia*, bambu de grande porte e reconhecida resistência. Esta espécie é muito apropriada para construção pesada, da qual afirmam vários autores (Brito et al., 1997; Freitas et al., 2003; López, 2003; Ghavami & Marinho, 2005; Nunes, 2005), existir ocorrências de grandes florestas na Amazônia, onde é conhecida como taquaruçu. De um modo geral, conforme descreve Pereira (2001), as mais conhecidas espécies de bambu espalhadas no meio rural foram introduzidas durante a colonização do Brasil pelos portugueses e por imigrantes asiáticos no início do século XX. Estas espécies se adaptaram muito bem ao clima e solo do país e pode-se dizer que se comportam como se fossem nativas. As espécies mais comumente encontradas são: *Bambusa vulgaris* (bambu comum), *Bambusa tulcoides* (taquarinha), *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante ou bambu balde), *Dendrocalamus asper*, *Phylostachis pubescens* (bambu mosô), *Phylostachys aurea* (cana da Índia), entre outras. Outras espécies menos comuns, como as pertencentes aos gêneros *Gigantochloa*, *Melocana* e *Guada*, existem também no Brasil pertencentes a coleções de particulares, ou de institutos de pesquisa como

o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), ou ainda de universidades como a UNESP Bauru - SP.

López (2003) observou que, das 1250 espécies de bambus classificadas botanicamente 75 % delas tinham algum uso local nos vários países em que existem e que 50 % delas sejam efetivamente utilizadas e exploradas economicamente. Organismos internacionais ligados à cultura do bambu como o *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR), recomendam a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas como prioritárias, com base em critérios relativos à sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agro-ecologia. Muitas destas espécies prioritárias já foram introduzidas no Brasil e encontram-se adaptadas às nossas condições de clima e solo.

O bambu é uma monocotiledônea que oferece muitas vantagens econômicas, suas aplicações são bastante abrangentes, principalmente nos países orientais, onde é usado na construção de pontes, postes, casas, móveis, cercas, na fabricação de bolsas, utensílios domésticos, embalagens, brinquedos, alimentos, instrumentos musicais, bem como para a produção de polpa celulósica, servindo, também, como fonte de energia alternativa (Andrade et al., 2001). Essa planta é de grande utilidade industrial, como alternativa para a produção de biomassa, particularmente no Brasil, país que usa intensamente a biomassa desse vegetal para a produção de papel e energia (Brito et al., 1997).

2.2. *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland var *vulgaris*

Dentre as espécies comerciais introduzidas no Brasil destaca-se *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland, conhecida como bambu comum. Esta espécie provavelmente é originária da China, sul da Ásia, onde é cultivada há milhares de anos (Francis, 1993). No Brasil, foi trazida pelos portugueses e pelos negros, tem como características seus colmos grossos e de cor verde (Ribeiro, 2005), é utilizada principalmente nos programas de reflorestamento principalmente no nordeste do país, ocupando cerca de 40 mil hectares para a produção de celulose de fibra longa (Tomazello Filho & Azzini, 1987).

É cultivada em áreas com precipitação anual entre 1300 a 3800 mm. Quando em locais muito secos perdem a maioria de suas folhas, nestas áreas é utilizado principalmente em cercas. Esta espécie não suporta longas inundações, cresce em

solos de qualquer textura com pH entre 4,5 e 7,5, porém não suporta níveis elevados de sal no solo (Francis, 1993).

Bambusa vulgaris variedade *vulgaris* floresce raramente, quando ocorre a maioria das sementes é estéril (Filgueiras, 1988; Francis, 1993), característica de plantas semilparideiras. Após o florescimento, ocorre a morte de toda a touceira, inclusive do rizoma.

Quase toda a área cultivada no Brasil é oriunda de reprodução vegetativa, que pode ser a partir do colmo, de pedaços do rizoma ou mesmo de um único nó. Em qualquer um dos casos, o material vegetal é enterrado e recoberto por uma camada de matéria orgânica (Francis, 1993).

O bambu comum é usado com vários propósitos, entre eles, na construção de pontes, andaimes, postes, como material de construção, móveis e artesanato. Na Ásia, aproximadamente 80 % do uso desta variedade de bambu é como material de construção (Francis, 1993). No Brasil, *Bambusa vulgaris* é tratada como uma planta essencial ao desenvolvimento florestal da região Nordeste, onde é a espécie mais plantada de bambu, principalmente nos estados do Maranhão, Paraíba e Pernambuco, onde estão os maiores plantios do país. Comercialmente sabe-se de dois plantios de grande porte para fabricação de papel objetivando a produção de sacos para embalagem de cimento portland, nos estados da Paraíba e Pernambuco (Nunes, 2005).

O papel é o uso industrial do bambu de maiores proporções no mundo. O bambu oferece seis vezes mais celulose que o pinheiro, até mesmo o de crescimento mais rápido. Suas fibras são muito resistentes e têm qualidade igual ou superior à fibra da madeira (Bonilla, 1991). O Brasil é o único país da América do Sul a ter uma indústria de papel de bambu (Vasconcellos, 2006).

2.3. Importância do potássio para as plantas

Os possíveis mecanismos de controle das necessidades nutricionais das plantas abrangem a aquisição dos nutrientes do ambiente, sua movimentação através das raízes e liberação no xilema, sua distribuição nas plantas e utilização no metabolismo e crescimento (Marschner, 1995).

Vários trabalhos desenvolvidos com diversas espécies vegetais mostram claramente as interações entre os nutrientes e o desenvolvimento do vegetal. O teor de dado nutriente na planta pode ser influenciado pela presença de outro, podendo

ocorrer, segundo Malavolta (1980), dois tipos de interações: antagonismo e sinergismo.

O potássio é um macronutriente essencial às plantas superiores, e o terceiro elemento que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal, sendo o elemento mineral mais abundante na maioria das plantas (Marenco & Lopes, 2005). A maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo. As altas taxas de absorção implicam uma forte competição com a absorção de outros cátions. O potássio é absorvido na forma de K^+ , mantendo-se nessa forma, sem fazer parte de compostos específicos e não atuando em nenhuma função estrutural (Raij, 1991).

O potássio participa na translocação dos compostos elaborados, participa da alongação celular reforçando a parede celular, também é requerido por numerosas enzimas do metabolismo vegetal. Algumas dessas enzimas participam das reações de fotossíntese, da respiração, da síntese de amidos, proteínas e lignina (Malavolta et al., 1989; Barreto & Bezerra Neto, 2000; Costa et al., 2001; Marenco & Lopes, 2005). A participação do potássio no processo fotossintético faz com que esse íon atue decisivamente na taxa de crescimento normal das plantas. Essa ação está também ligada ao fato do potássio agir na regulação do potencial osmótico das células. O acúmulo de potássio decresce o potencial osmótico, estando assim relacionado com a turgescência, já que baixos potenciais osmóticos determinam maior “retenção” de água nos tecidos, razão pela qual as plantas bem supridas de K^+ exigem menos água (Malavolta & Crocomo, 1982).

A disponibilidade de potássio no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} , dominantes do complexo de troca. Ainda assim, a absorção do potássio pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas sendo, dentre os cátions macronutrientes, o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração no solo e na planta, respectivamente (Oliveira et al., 2001).

A deficiência de potássio é a terceira mais freqüente nos diferentes ecossistemas. Em muitas monocotiledôneas, primeiro morrem as células dos ápices e das margens das folhas e, em seguida, a necrose estende-se basipetamente ao longo das margens para a base da folha (Marenco & Lopes, 2005).

Na ausência de potássio, o crescimento é muito reduzido, especialmente em plantas que têm poucas reservas na semente e/ou plântulas (Barreto & Bezerra Neto, 2000). Similar ao nitrogênio e fósforo, o potássio é facilmente redistribuído

para órgãos novos. Sendo bastante móvel na planta e encontrando-se em grande parte da planta na forma solúvel, em condições de baixo suprimento de potássio pelo meio, o elemento é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para as regiões em crescimento. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais velhas (Malavolta, 1980).

Para a recomendação de uma adubação que possa proporcionar uma boa produtividade, é necessário que se leve em consideração, além da fertilidade do solo, as necessidades nutricionais da cultura, portanto o conteúdo de cada nutriente essencial no tecido vegetal, bem como a quantidade de cada nutriente removido com a coleta da referida espécie.

Entre os cátions, a concentração de potássio observada pode ser máxima. Neste contexto, o bambu pode exercer um papel importante na conservação do potássio por causa de sua habilidade para rápida absorção e acúmulo nos colmos. Entre o acúmulo total de nutrientes, só o potássio pode contribuir para quase 51 % sobre o resíduo mineral. O conteúdo dos elementos pode aumentar linearmente com a biomassa. Em plantações de bambu o potássio pode ser um elemento predominante sobre N, Ca, Mg e P. O acúmulo total de potássio em *Bambusa bambos* pode ser 5 a 10 % maior sobre os outros nutrientes. (Shanmughavel & Francis, 2001).

Kleinzenze & Midimore (2001) relatam que a necessidade nutricional das espécies da família *Bambusoideae* varia de acordo com a idade, a fração da planta analisada e principalmente entre as espécies. O acúmulo de potássio, nos colmos pode variar de 119 a 221 kg/ha, e nas folhas de 29 a 145 kg/ha para as espécies *Phyllostachys pubescens* e *Sphaerobambos philippinensis*, respectivamente. Shanmughavel & Francis (2001) ao analisarem a absorção dos macronutrientes em *Bambusa bambos* no quarto ano de cultivo, concluíram que houve um acúmulo de 978, 919, 517, 420 e 88 kg ha⁻¹, respectivamente, K, N, Mg, Ca e P. A demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte os nutrientes absorvidos em biomassa.

Silva et al. (1997), trabalhando com quatorze espécies florestais em fase de muda, observaram um aumento na altura das plantas e no diâmetro do caule e um incremento na produção de matéria seca em resposta à adubação potássica, confirmando a importância deste nutriente para um melhor desenvolvimento destas culturas. Alves et al. (1996) encontraram resultados semelhantes ao trabalharem

com seringueira na fase inicial de crescimento em relação à aplicação de doses crescentes de potássio.

O bambu representa uma importante posição de conservador de nutriente em ecossistemas de plantio, já que possui uma rápida absorção e estocagem de elementos essenciais, mas uma lenta rotação para suplementar o solo. Por isso, precauções necessárias precisam ser observadas, enquanto se explora plantações de bambu em larga escala para manter o status de fertilidade do solo (Shanmughavel & Francis, 2001).

Apesar da vasta utilização do bambu (*Bambusa vulgaris*) em cultivos florestais, a literatura ainda é bastante escassa no que se refere às necessidades nutricionais do mesmo. Um estudo detalhado sobre essas necessidades é fundamental para dar suporte a um programa de adubação que assegure altas produtividades. Vale salientar neste contexto que uma adubação bem conduzida pode proporcionar incrementos na produtividade, muitas vezes, superior a 50 % da produtividade na ausência da adubação (Malavolta, 1980).

2.4. Função dos solutos compatíveis no estresse nutricional

Dentre os vários tipos de estresse que podem afetar as plantas, o estresse nutricional é um dos mais estudados em plantas cultivadas, já que atinge diretamente o custo da produção (Cambraia, 2005). A forma como as plantas reagem a qualquer tipo de estresse é bastante semelhante e uma dessas formas é o ajustamento osmótico (Romero et al., 2004).

O ajustamento osmótico não deve ser confundido com um aumento na concentração de solutos que ocorre durante a desidratação e a diminuição do volume celular. No ajustamento osmótico o aumento na concentração de solutos é independente das alterações no volume das células resultantes da perda de água (Taiz & Zeiger, 2002).

Os problemas osmóticos ocorrem devido a alterações na concentração de sais solúveis na zona radicular que acarreta em modificação do potencial hídrico do solo, reduzindo ou aumentando a disponibilidade da água para as plantas e, conseqüentemente, as taxas de crescimento e transpiração da planta (Gheyi et al., 2005).

Uma das funções dos solutos orgânicos é contribuir para o balanço osmótico quando a concentração de eletrólitos no citoplasma encontra-se mais baixa do que

nos vacúolos. Este ajustamento se dá mediante o acúmulo de solutos orgânicos não tóxicos, os quais são conhecidos como solutos compatíveis (Greenway & Munns, 1980).

Entre as diversas funções atribuídas a estes osmoprotetores em tecidos vegetais submetidos a estresse destacam-se a osmorregulação, a manutenção do pH citoplasmático, a proteção contra a desnaturação de enzimas, o seqüestro de radicais livres, além de servir como reserva de carbono e nitrogênio (Azcon-Bieto & Talon, 1993).

Os solutos compatíveis constituem um pequeno grupo de substâncias de natureza química distinta, destacando-se: iminoácidos (como a prolina), compostos amônio-quaternários (glicina betaína, β -alanina, betaína, prolina-betaína, colina-*O*-sulfato), compostos sulfonium-terciário (DMSP – dimetilsulfoniopropionato), polióis (ou álcoois poliídricos, como pinitol e manitol), açúcares solúveis (frutose, sacarose, trealose, rafinose) ou poliméricos (frutanas), além de poliaminas (espermidina e espermina) (Willadino et al., 1996; Hasegawa et al., 2000) e alguns íons inorgânicos (especialmente o potássio - K^+) (Mahajan & Tuteja, 2005). Também devem ser incluídas algumas enzimas que eliminam os radicais livres e proteínas que protegem a formação ou a estabilidade de outras proteínas (Munns, 2005). Os solutos contendo nitrogênio são de maior interesse, uma vez que, uma parte significativa do carbono e do nitrogênio da planta pode ser seqüestrada temporariamente, como no caso da prolina.

Há evidências de que os solutos compatíveis são capazes de substituir a água pelo seu caráter hidrofílico, além de garantirem o fluxo contínuo de água na planta (Hasegawa et al., 2000), não interferindo nas funções das enzimas e permitindo que a fotossíntese e outras atividades fisiológicas importantes sejam mantidas (Ramanjulu & Bartels, 2002). Desta forma, podem atuar como osmoprotetores de macromoléculas, assim como de membranas, substituindo a água nas superfícies das mesmas e, portanto, favorecendo sua estabilização (Willadino & Câmara, 2005).

A prolina é compatível com outros componentes citoplasmáticos e pode ser facilmente convertida em glutamato, o qual participa da síntese de outros aminoácidos essenciais. A síntese de prolina em plantas superiores sob condições de estresse pode também ser considerada como um depósito para o excesso de redutores oriundos do NAD^+ e $NADP^+$ necessários para manutenção dos processos respiratórios e fotossintéticos (Taiz & Zeiger, 2002; Marengo & Lopes, 2005).

Possivelmente, a acumulação de prolina em condições de estresse poderia ser meramente necessária para manter a biossíntese da purina, a qual é de importância primária para a sobrevivência.

Os açúcares solúveis também têm sido relatados como compostos osmóticos, em plantas, em resposta ao estresse. A sacarose é o maior produto da fotossíntese em folhas verdes, dando conta de muitas das moléculas de CO₂ fixados durante a fotossíntese (Marengo & Lopes, 2005). Ela serve também como o principal componente transportador de longa distância em muitas plantas e como componente estoque em algumas. A sacarose é bem situada para sua função reguladora. Pela união do carbono carbonil da glicose e frutose numa estável ligação glicosídica, a formação da sacarose protege estes grupos reativos potenciais da oxidação. Por esta razão, a sacarose é descrita como um açúcar não redutor.

Silveira & Crocomo (1991), trabalhando com cana-de-açúcar cultivada em casa de vegetação em solução nutritiva com níveis combinados de potássio e nitrogênio, verificaram que nas maiores doses de potássio o teor de carboidratos nos colmos foi maior, porém quando combinados os elementos nitrogênio e potássio a quantidade de carboidratos foi maior no nível mais elevado de potássio e intermediário de nitrogênio, mostrando assim, a intensa complexibilidade das interações e relações entre os nutrientes.

A literatura consultada não cita nenhum trabalho que relacione doses de potássio e carboidratos em bambu. No entanto, Pinzón (2002) relata sobre a concentração de carboidratos em bambu, mas relacionado-a com a forma de corte, amostras, horário de corte e fases da lua. Já Azzini et al. (1979) avaliando colmos de *Bambusa vulgaris* encontraram diferenças significativas no teor destes compostos quando relacionado com o tempo de colheita.

A produção de biomassa está intimamente ligada à eficiência fotossintética. Portanto, é necessário que os pigmentos fotossintéticos, proteínas e carboidratos sejam investigados (Shanmughavel & Francis, 2001). Os constituintes bioquímicos de folhas de bambus selvagens são 34 % maiores que em plantações cultivadas. Isto revela que sob cultivos naturais os constituintes podem ser metabolizados lentamente resultando em menor ciclagem de biomassa. Contudo, a produtividade de biomassa de bambus de plantações cultivadas encontra-se maior que nas florestas naturais de bambu (Shanmughavel & Francis, 1993, 2001).

2.5. Cultivo hidropônico

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas, sem a utilização de solos, de forma que os nutrientes minerais são disponibilizados às plantas através de uma solução nutritiva balanceada (Bezerra Neto & Barreto, 2000). Esta técnica de cultivo de plantas é muito empregada em pesquisa científica, principalmente por apresentar vantagens no controle das condições de cultivo, como disponibilidade dos nutrientes, de água, pH do meio de cultivo, entre outros. O cultivo hidropônico utilizando sais de alta pureza é instrumento fundamental para estabelecer uma correta correlação entre um conjunto de sintomas e o nutriente pesquisado (Cambraia, 2005).

O sistema hidropônico utilizado em experimentações com a finalidade de observar e avaliar as modificações existentes nas plantas quando estão sob estresse nutricional é o sistema de duas fases: onde a solução estática aerada apresenta uma fase líquida, composta por água e nutrientes, e uma fase gasosa, que corresponde ao ar misturado mecanicamente à solução por injeção de ar comprimido ou pelo movimento da solução (Martinez, 2002).

2.6. Referências

ANDRADE, A.M.; DUARTE, A.P.C.; BELGACEM, M.N.; MURANO, E.R. Produção de papéis artesanais das misturas de aparas com fibras virgens de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Floresta e ambiente**, v.8, n.1, p.143-152, 2001.

ALVES, V.M.C.; SANTANNA, C.A.F.; SENA, J.S.P.; BRAGA, J.M. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: XXII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. **Anais**. Manaus: 1996. p.335-336.

AZZINI, A.; SILVA, M.T.R.; TEXEIRA, J.P.F.; MORAES, R.M. Teor de carboidratos em colmos de *Bambusa vulgaris* Shrad. **Bragantia**, v.36, p.15-17, 1979.

BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal**. UFRPE. Recife, 2000. 58p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Técnicas de cultivo hidropônico**. UFRPE. Recife, 2000. 48p.

BONILLA, O. H. **Análises quantitativas da produção de *Bambusa vulgaris* Schared ex Wendland for. *Vulgaris* no estado da Paraíba.** 1991. 89p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BRITO, J.O.; TAMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A.L.B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **Instituto de Pesquisas Florestais – IPEF**, v.36, p.13-17, 1997.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.). **Estresses ambientais danos e benefícios em plantas.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.127-137.

COSTA, P.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.207-209, 2001.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Ed. USP, São Paulo, 1975. 341p.

FILGUEIRAS, T.S. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (Gramineae: Bambusoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.11, p.47-66, 1988.

FRANCIS, J.K. ***Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl.** Common bamboo. SO-ITF-SM-65. 1993. 6p.

FREITAS, F.O.; ZARUR, S.B.C.; SILVA, D.B.; FONSECA, J.N.L. O bambu do Úrua. **Comunicado Técnico.** EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia: Brasília, 2003.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guada angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; FERNANDES, P.D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Nogueira, R.J.M.C.; Araujo. E.L.; Willadino, L.G.; Cavalcante, U.M.T. **Estresses ambientais danos e benefícios em plantas.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.138-147.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. **Annual Review Plant Physiology**, v.31, p.149-190. 1980.

HASEGAWA, P.M; BRESSAN, R.A; ZHU, J.K; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology**, v.51, p.463-469. 2000.

KLEINHENZ, V.; MIDMORE, D.J. Aspects of bamboo agronomy. **Advances in Agronomy**, v.74, p.99-149, 2001.

LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de dose de nitrogênio e potássio para o capim-maniçoba**. 2001. 103p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

LÓPEZ, O.H. **Bamboo, The Gift of the Gods**. Bogotá, Colômbia: Lopez Editor, 2003. 553p.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics** v.444, p.139-158, 2005.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, J. **O potássio e a planta**. Simpósio sobre o potássio na agricultura brasileira, p.95-162, 1982.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS, 1989. 201p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed.UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 867p.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV Editora, 2002. 61p.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bring them together. **New Phytologist**, v.67, p.645-663. 2005.

NUNES, A.R.S. **Construindo com a natureza, bambu: uma alternativa de ecodesenvolvimento**. 2005. 131p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

OLIVEIRA, F.A.; QUIRINO, A.C.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.329-335, 2001.

PEREIRA, M.A. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Bauru. SP: Editora da UNESP, 2001. 58p.

PINZÓN, T. M. **Ensayo preliminar de contenido de azucar em la guada**. Seminário Taller Avances em la investigación sobre Guada, 2002.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. POTAFOS, 1991. 343p.

RAMANJULU, S.; BARTELS, D. Drought- and desiccation-induced modulation of gene expression in plants. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.141-151. 2002.

RIBEIRO, A.S. **Carvão de bambu como fonte energética e outras aplicações**. Maceió: Instituto do Bambu, 2005. 190p.

ROMERO, C.; ESPINOSA-RUIZ, A.; CUTANA, M.C.; CORTINA, C.; HERNÁNDEZ, P.; CULIÁÑEZ-MACIÀ, F.A. La osmorregulación: mecanismos y significado. In: REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La Ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis**. Universidade de Vigo, Espanha, 2004. p.603-620.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; MACEDO, E.L.; SALGADO, A.L. Instruções técnicas sobre o bambu. **Boletim Técnico**. Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, São Paulo. Maio, 1994. 44p.

SALGADO, A.L.B. Propagação vegetativa de bambu. **Instituto Agrônômico**, v.39, n.3, p.17, 1987.

SCURLOCKA, J.M.O.; DAYTONB, D. C.; HAMESB, B. Bamboo: an overlooked biomass resource? **Biomass and Bioenergy**, v.19, p.229-244, 2000.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss). **Biomass and Bioenergy**, v.10, n.5/6, p.383-391. 1996.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Balance and turnover of nutrients in bamboo plantation (*Bambusa bambos*) of different ages. **Biology Fertility Soils**, v.25, p.69-74, 1997.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. **Physiology of Bamboo**. Jodhpur (Índia): Scientific Publishers, 2001. 154p.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Studies on the growth of *Bambusa bambos* at Kallipatty, Tami Nadu. **India Bulletin**, v.3, n.2, p.46-48, 1993.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.205-212, 1997.

SILVEIRA, J.A.G.; CROCOMO, O.J. Efeitos de nitrogênio e potássio na utilização de nitrato e distribuição de carboidratos em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.2, p.247-257, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. 690p.

TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Shrad. **Instituto de Pesquisas Florestais – IPEF**, v.36, p.43-50, 1987.

VASCONCELLOS, R.M.

Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/info/plantio/8html>>

Acesso em: 21 de março de 2006.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAUJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.118-126.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; TORNE, J.P. Polyamines and free aminoacids in NaCl embryogenic callus from sensitive and resistant maize cultivars. **Journal Plant Physiology**, Rockville, v.174, p.179-185. 1996.

3. Trabalho 1:

Crescimento inicial e teor de compostos orgânicos em plantas de bambu em função do potássio ¹

¹Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPGB/UFRPE e será enviado para publicação na Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB.

1 **Crescimento inicial e teor de compostos orgânicos em plantas de bambu em função do** 2 **potássio**

3 Juliana de Santana Ribeiro⁽¹⁾, Egídio Bezerra Neto⁽¹⁾, Levy Paes Barreto⁽²⁾ e Rejane Jurema
4 Mansur Custódio Nogueira⁽³⁾

5 ⁽¹⁾UFRPE-Laboratório de Bioquímica Vegetal. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n. Dois
6 Irmãos, Recife-PE. 52171-900. E-mail: ribeirosju@gmail.com, egidiobn@dq.ufrpe.br

7 ⁽²⁾UFRPE-Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n.
8 Dois Irmãos, Recife-PE. 52171-900. E-mail: levy@dq.ufrpe.br ⁽³⁾UFRPE-Laboratório de
9 Fisiologia Vegetal. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife-PE. 52171-900.
10 E-mail: rjmansur@db.ufrpe.br

11
12 **Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas da cultura do bambu a doses de
13 potássio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos ao
14 acaso, com 6 repetições e 6 doses de potássio: zero, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹. Plantas
15 de bambu foram cultivadas por 90 dias em vasos empregando-se o sistema de hidroponia por
16 aeração estática. Avaliou-se variáveis de crescimento e teores de solutos orgânicos. A adição
17 de potássio provocou aumento na altura das plantas, no número de folhas, perfilhos e brotos e
18 na alocação de biomassa nas raízes; redução na biomassa fresca e seca de folhas, colmo e
19 raízes, alocação de biomassa nas folhas e colmo, e nas taxas de crescimento quando
20 comparados os tratamentos 0,0 e 10,0 mmol.L⁻¹. As plantas de bambu responderam de forma
21 diferenciada aos tratamentos aplicados quando relacionado os teores dos solutos analisados.
22 Para os teores de clorofila *a*, *b* e total houve uma redução proporcionalmente ao aumento no
23 teor de potássio na solução nutritiva. A relação clorofila *a*:clorofila *b* oscilou entre 0,98 e
24 1,42. O aumento nos solutos orgânicos foi proporcional ao teor de potássio no meio. Os
25 tratamentos 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹ proporcionaram os maiores incrementos nos teores de
26 carboidratos solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores, aminoácidos livres
27 totais, proteínas solúveis e prolina livre. O teor de potássio no meio nutritivo, mais adequado
28 para o cultivo hidropônico fica na faixa de 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹, enquanto que 10,0 mmol.L⁻¹ é
29 considerada uma dose estressante.

30
31 **Termos para indexação:** *Bambusa vulgaris*, Biomassa, Solutos orgânicos, Solução nutritiva,
32 Hidroponia

33
34 **Abstract** – The aim of the present study was to assess the responses of bamboo to different
35 levels of potassium. The experiment was conducted in greenhouse conditions in a randomized
36 block design, with six replications and six doses of potassium: zero, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0
37 mmol.L⁻¹. Bamboo plants were cultivated in pots for 90 days, employing a hydroponic system
38 with static aeration. Growth variables and organic solute contents were assessed. The addition
39 of potassium led to an increase in plant height, number of leaves, tiller and sprouts, and
40 biomass allocation to roots. There were reductions in both fresh and dry biomass of the
41 leaves, stalk and roots, the allocation of biomass in the leaves and stalk, and in growth rates
42 comparing to the treatments with 0.0 and 10.0 mmol.L⁻¹. Regarding to solute content, bamboo
43 plants had different answer to potassium treatments. Chlorophyll *a*, *b* and total chlorophyll,
44 there was a reduction proportionate to the increase in potassium content in the nutritive
45 solution. The chlorophyll *a*/chlorophyll *b* ratio ranged from 0.98 to 1.42. The increase in
46 organic solutes was proportional to the potassium content in the nutrient solution. The 5.0 and
47 10.0 mmol.L⁻¹ potassium treatments provided the highest increases in total soluble
48 carbohydrates, reducing sugars, non-reducing sugars, total free amino acids, soluble proteins
49 and free proline. The best potassium content in the nutritive medium for hydroponic

50 cultivation is between 0.5 and 1.0 mmol.L⁻¹, whereas 10.0 mmol.L⁻¹ is considered a stressing
51 dose.

52 Key words: *Bambusa vulgaris*, Biomass, Nutrient solution, Hydroponics

53

54

55

56 **Introdução**

57

58 Existem cerca de 1250 espécies de bambus categorizadas em aproximadamente 75
59 gêneros (Shanmughavel & Francis, 1997), cobrindo cerca de 14 milhões de hectares
60 (Kleinhenz & Midmore, 2001) e distribuídos por todos os continentes. Apesar das diferenças
61 morfológicas, há pouca diferença no acúmulo e distribuição de biomassa entre esses grupos
62 (Kleinhenz & Midmore, 2001). Dentre as espécies comerciais introduzidas no Brasil destaca-
63 se *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland, conhecida como bambu comum (Francis, 1993).
64 É utilizada principalmente nos programas de reflorestamento especialmente no Nordeste,
65 ocupando cerca de 40.000 hectares para a produção de celulose de fibra longa e para a
66 produção de papel, o qual é o uso industrial de maiores proporções no mundo (Tomazello
67 Filho & Azzini, 1987).

68 Quando submetidas às condições adversas e contrastantes a sua condição normal de
69 cultivo, diz-se que as plantas estão em condições de estresse ambiental. Dentre os vários tipos
70 de estresse que podem afetar as plantas, o estresse nutricional é uns dos mais estudados em
71 plantas cultivadas, haja vista, que este fator atinge diretamente o custo da produção e
72 usualmente as plantas reagem aos diversos tipos de estresse, de forma semelhante (Azcon-
73 Bieto & Talon 1993).

74 Dentre os nutrientes minerais o potássio é um macronutriente essencial às plantas
75 superiores, é o terceiro elemento que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal, é o
76 elemento mineral mais abundante na maioria das plantas (Marenco & Lopes, 2005). A maior
77 parte é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo (Silva et al., 1997). O
78 potássio é absorvido na forma de K⁺, mantendo-se nessa forma, sem fazer parte de compostos
específicos e não atuando em nenhuma função estrutural (Costa et al., 2001). Este nutriente

79 participa na translocação dos compostos elaborados pelas plantas, participa da alongação
80 celular reforçando a parede celular, também é requerido por numerosas enzimas do
81 metabolismo vegetal. Algumas destas participam das reações de fotossíntese, da respiração,
82 da síntese de amido, proteínas e lignina (Barreto & Bezerra Neto, 2000; Costa et al., 2001;
83 Marengo & Lopes, 2005; Malavolta, 2006). A participação do potássio no processo
84 fotossintético faz com que esse íon atue decisivamente no crescimento das plantas. Essa ação
85 está também ligada ao fato do potássio agir na regulação do potencial osmótico das células
86 (Evans & Sorger, 1966).

87 Segundo Benincasa (2003), o crescimento de uma planta pode ser acompanhado
88 através de avaliações periódicas do tamanho, da massa e do número de suas unidades
89 estruturais morfológicas, cujas informações podem ser muito úteis no estudo do
90 comportamento vegetal sob diferentes condições de cultivo. A produção de biomassa está
91 intimamente ligada à eficiência fotossintética. Desta forma, é importante que sejam realizados
92 estudos no conteúdo dos pigmentos fotossintéticos, proteínas e carboidratos (Shanmughavel
93 & Francis, 2001). Os constituintes bioquímicos de folhas de bambus selvagens são 34%
94 maiores do que em plantações cultivadas, revelando que sob cultivos naturais os constituintes
95 podem ser metabolizados lentamente resultando em menor ciclagem de biomassa. Contudo, a
96 produtividade de biomassa de bambus de plantações cultivadas encontra-se maior que
97 florestas naturais de bambu (Shanmughavel & Francis, 1993, 2001).

98 Há evidências de que os solutos compatíveis, além de garantirem o fluxo contínuo de
99 água na planta podem também serem capazes de substituir a água pelo seu caráter hidrofílico
100 (Hasegawa et al., 2000) não interferindo nas funções das enzimas e permitindo que a
101 fotossíntese e outras atividades fisiológicas importantes sejam mantidas (Ramanjulu &
102 Bartels, 2002). Desta forma, podem atuar como osmoprotetores de macromoléculas, como as
103 membranas celulares, substituindo a água nas superfícies das mesmas.

104 Pelo exposto o presente trabalho teve como objetivo avaliar biometricamente e
105 bioquimicamente o efeito de concentrações de potássio em plantas de bambu cultivadas em
106 hidroponia de aeração estática.

107

108 **Material e Métodos**

109

110 O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante os meses de abril a julho
111 de 2007. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis
112 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram das concentrações de potássio na
113 solução nutritiva, a saber: zero; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹.

114 Estacas de bambu com dois nós, provenientes de uma mesma planta matriz, foram
115 colocadas para brotar em pó de coco peneirado e lavado e irrigadas diariamente com água
116 potável. Após a formação de duas a quatro folhas completamente desenvolvidas, as mesmas
117 foram separadas, de modo que cada muda ficasse com um único nó. Foram lavadas e
118 colocadas em bandejas de polietileno contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon
119 (1950) a 25 % de sua força iônica objetivando o enraizamento das mesmas. Após o
120 enraizamento das mudas, foi realizada uma poda, deixando apenas o material recém formado:
121 raízes, colmo e folhas novas. O transplântio para as unidades experimentais e início da
122 aplicação dos tratamentos foi realizado 45 dias após colocar as estacas para brotar.

123 As parcelas experimentais constaram de vasos de polietileno com capacidade para 7,5
124 litros, contendo as soluções nutritivas correspondentes a cada tratamento e uma única muda
125 de bambu. Os vasos foram devidamente tampados para evitar a proliferação de algas. Foram
126 utilizados mini-compressores de ar para promover a aeração da solução nutritiva e,
127 conseqüentemente do sistema radicular.

128 As soluções nutritivas foram renovadas quinzenalmente e semanalmente foram
129 realizadas avaliações da altura das plantas, número de folhas, número de perfilhos e número

130 de brotos, onde os perfilhos se diferenciaram dos brotos pela presença de uma lâmina foliar
131 expandida. As plantas foram coletadas 90 dias após o início do aplicação dos tratamentos. No
132 momento da coleta, foram retiradas amostras de tecido foliar fresco para as análises
133 bioquímicas. Para a análise de clorofilas *a* e *b* (Arnon, 1949) foi preparado um extrato com o
134 etanol a 80%. Com uma alíquota do extrato etanólico foi realizada cromatografia de partição
135 visando evitar a interferência dos pigmentos nas análises colorimétricas dos demais
136 compostos orgânicos estudados. No extrato aquoso foram realizadas as análises de
137 carboidratos solúveis totais (Yemm & Willis, 1954), açúcares não redutores (Van Handel,
138 1968), aminoácidos livres totais (Yemm & Cocking, 1955) e proteínas solúveis (Bradford,
139 1976). O teor de açúcares redutores foi estimado pela diferença entre carboidratos solúveis
140 totais e açúcares não-redutores. Para a análise de prolina livre foi realizado um segundo
141 extrato do tecido foliar fresco utilizando como extrator o ácido sulfossalicílico (Bates et al.,
142 1973). As amostras foram mantidas em gelo até a realização das análises.

143 Também durante a coleta das plantas foram determinadas as biomassas frescas das
144 folhas (BFF), colmo (BFC) e raízes (BFR). O material colhido foi acondicionado em saco de
145 papel e aquecido a 65 °C em estufa até peso constante. Após a secagem foram determinadas
146 as biomassas secas das folhas (BSF), do colmo (BSC) e das raízes (BSR). Com estes
147 resultados foram calculadas as alocações da biomassa nos diferentes órgãos (folhas - ABF,
148 colmo - ABC e raízes - ABR); razão parte aérea:raiz (PA/R); taxa de crescimento absoluto
149 (TCA); e taxa de crescimento relativo (TCR), conforme Benincasa (2003).

150 Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do programa ASSISTAT
151 (Silva & Azevedo, 2002), procedendo-se a análise de variância e aplicação do teste de Tukey,
152 ao nível de 5% de probabilidade, para a comparação das médias. Para a alocação de biomassa
153 nos diferentes órgãos, a comparação das médias foi realizada utilizando-se a transformação
154 arco seno $(X/100)^{1/2}$. E análise de regressão da variância para as variáveis clorofilas *a*, *b* e
155 total, bem como para relação clorofila *a*:clorofila *b*.

Resultados e Discussão

156

157

158 Os resultados do número de folhas, altura das plantas, número de brotos e número de
159 perfilhos estão apresentados na figura 1 (A, B, C e D). Todas estas variáveis mostraram
160 incremento ao longo dos 90 dias de cultivo. A altura das plantas mostrou uma tendência de
161 aumento entre os tratamentos zero e 1,0 mmol.L⁻¹ de potássio, passando a decrescer com os
162 demais tratamentos. Esta mesma tendência foi observada com o número de folhas e de
163 perfilhos aos 60 e 90 dias de tratamento. O número de brotos mais que dobrou aos 90 dias,
164 comparando-se as plantas do tratamento 10,0 mmol.L⁻¹ com as do tratamento 0,5 mmol.L⁻¹ de
165 potássio.

166

167 Sabe-se que o potássio é requerido na fase de crescimento de qualquer vegetal, pois
168 participa da alongação celular (Costa et al., 2001; Marengo & Lopes, 2005) entre outros
169 processos. Logo é esperado que a altura das plantas que receberam doses adequadas de
170 potássio seja relativamente superior em relação às plantas que não receberam este nutriente.
171 Estes resultados também foram encontrados por Silva et al. (1997) quando trabalharam com
172 14 espécies florestais nativas sob a adubação potássica.

173

174 Alguns autores (Kleinhenz & Midmore, 2001; Shanmughavel & Francis, 2001;
175 Kleinhenz et al., 2003) relatam que o potássio proporciona aumento no número de brotos em
176 bambu, porém não está relacionado com o número de perfilhos, já que muito dos brotos
177 formados morrem antes de se desenvolver. Tal fenômeno também foi constatado neste
178 trabalho, pois os maiores valores do número de brotos foi encontrado no tratamento 10,0
179 mmol.L⁻¹, enquanto que o número de perfilhos foi maior nos tratamentos 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹
180 de potássio.

181

182 A análise estatística mostrou diferença significativa (P<0,05) para as variáveis BFF,
183 BFC, BFR, BFT, BSF, BSC, BSR, BST, TCA e TCR (Tabela 1). O melhor desempenho para
184 a maioria das variáveis analisadas ocorreu com o tratamento 0,5 mmol.L⁻¹ de potássio. O

182 tratamento sem adição de potássio mostrou-se significativamente inferior ao tratamento 0,5
183 mmol.L⁻¹ de potássio, para as variáveis: BFR, BFT, BSC, BSR, BST e TCA. Por outro lado, o
184 tratamento 10,0 mmol.L⁻¹ de potássio mostrou-se inferior (P<0,05) ao tratamento 0,5 mmol.L⁻¹
185 de potássio para todas as variáveis analisadas, exceto TCR.

186 Segundo Benincasa (2003) a TCR representa o crescimento sobre seu próprio peso
187 inicial. Neste trabalho o menor valor encontrado foi no tratamento 2,0 mmol.L⁻¹ de potássio,
188 enquanto que o maior valor foi encontrado no tratamento 0,5 mmol.L⁻¹ de potássio, seguido
189 pelo tratamento 1,0 mmol.L⁻¹ de potássio, evidenciando estes dois tratamentos como os mais
190 adequados para o aumento da produção de biomassa.

191 *Bambusa vulgaris* cultivado em vasos com solo, revelou um aumento significativo na
192 produção de biomassa, em resposta à adição de fertilizante potássico (Oliveira, 2007).
193 Kleinhenz & Midmore (2001) relatam que o potássio é o nutriente requerido em maior
194 quantidade pelo bambu, porém em excesso provoca distúrbios, qualquer que seja o vegetal.

195 O aumento nas doses de potássio mostrou uma tendência de redução na alocação de
196 biomassa nas folhas, ocorrendo à mesma tendência para o colmo, porém em menor proporção
197 (Figura 2). Ao contrário, a alocação de biomassa cresceu nas raízes em função do aumento
198 nas doses de potássio como tratamento. Até a dose 5,0 mmol.L⁻¹ de potássio a alocação de
199 biomassa obedece a ordem decrescente folha>raiz>colmo, no entanto, no tratamento 10,0
200 mmol.L⁻¹ de potássio ocorre uma inversão na alocação de biomassa, seguindo a ordem
201 decrescente raiz>folha>colmo. Estes resultados contribuíram para ocorrer uma tendência na
202 redução na relação parte aérea:raiz (Tabela 2). Redução na alocação de biomassa corresponde
203 a um menor acúmulo de fotoassimilados na parte da planta, e portanto na contribuição da
204 parte da planta em relação ao todo.

205 Segundo Marenco & Lopes (2005), a maioria das espécies aloca a maior parte de seus
206 assimilados na parte aérea. Em plantas de bambu da espécie *Yashania alpinia*, aos três anos
207 de idade, a distribuição de biomassa foi da ordem de 80, 13 e 5 % respectivamente para

208 colmo, raízes e folhas (Embaye et al., 2005). Shanmughavel & Francis (1996) em trabalho
209 realizado com bambu da espécie *Bambusa bambos* obtiveram uma alocação de biomassa no
210 colmo, raízes e folhas, respectivamente de 80, 15 e 1 %. Shanmughavel et al. (2001) relataram
211 que a contribuição do colmo para a produção da biomassa total no primeiro e sexto ano foi
212 respectivamente de 30 e 85 %, enquanto que a contribuição das folhas foi de 7 e 1 %, também
213 respectivamente ao primeiro e sexto ano de cultivo. As diferenças na alocação de biomassa
214 observada na literatura e no presente trabalho são explicadas pela diferença de idade das
215 plantas, haja vista que com o tempo há uma diminuição na alocação de biomassa nas folhas,
216 enquanto que a alocação de biomassa no colmo cresce.

217 As plantas de bambu responderam de forma diferenciada aos tratamentos aplicados
218 quanto aos teores dos solutos orgânicos avaliados. Os teores de clorofila *a* e *b* seguiram a
219 mesma tendência de redução proporcionalmente ao aumento dos níveis de potássio utilizados
220 como tratamento (Figura 3). No tratamento 10,0 mmol. L⁻¹, o teor de clorofila *a* e o teor de
221 clorofila *b* sofreram reduções de 36,73 % e 36,88%, respectivamente, em relação ao
222 tratamento sem potássio. O mesmo aconteceu com os teores de clorofila total, cuja redução
223 foi de 36,61%. No entanto a relação clorofila *a*:clorofila *b* manteve-se entre 0,98 e 1,42,
224 evidenciando que não houve um distúrbio nas proporções destes pigmentos. Pela completa
225 ausência de potássio na célula vegetal, possivelmente as plantas sofreram desequilíbrio no
226 processo fotossintético, já que houve um maior acúmulo de clorofilas nas folhas, porém uma
227 menor produção de biomassa.

228 O significado do conteúdo de clorofila na caracterização do potencial produtivo de
229 várias culturas tem sido bastante estudado. A produtividade total de biomassa depende da
230 eficiência fotossintética da folha, assim o resultado pode ter alta correlação entre a
231 produtividade de biomassa e o conteúdo de clorofila (Shanmughavel & Francis, 2001). Porém
232 Pereira (2001) trabalhando com capim-mombaça não encontrou diferença significativa nos
233 valores de clorofila quando relacionados às doses crescentes de potássio na solução nutritiva.

234 Os carboidratos solúveis totais (CST), açúcares redutores (AR) e os açúcares não-
235 redutores (ANR) aumentaram de concentração no tecido foliar em função dos tratamentos
236 aplicados (Tabela 3). Os teores de CST e ANR passaram, respectivamente, de 53,24 e 2,27
237 mg.g^{-1} no tratamento sem a presença de potássio para 82,05 e 11,97 mg.g^{-1} no tratamento de
238 10,0 mmol.L^{-1} de potássio na solução nutritiva. Em relação à concentração dos AR houve um
239 incremento de 27 %. Li et al. (1998) trabalhando com bambu da espécie *Phyllostachys*
240 *pubescens* encontraram aumento nos teores de carboidratos solúveis, nas folhas, em resposta
241 à adubação com nitrogênio e potássio.

242 Comparando os teores de aminoácidos livres totais nas plantas submetidas ao
243 tratamento zero; 0,5 e 10,0 mmol.L^{-1} de potássio, percebe-se diferenças significativas (Tabela
244 3). Admitindo-se que tanto a ausência, como uma dose forte de potássio podem causar
245 estresse nutricional (Evans & Sorger, 1966). É coerente se supor que os estresses nutricionais
246 de potássio, tanto do excesso como da deficiência provoque um acúmulo de aminoácidos
247 livres totais. Tal acúmulo no teor de aminoácidos livres totais, na ausência total de potássio no
248 meio nutritivo, poderia ser explicado pelo papel deste macronutriente sobre a síntese das
249 proteínas (Malavolta, 2006). Yushan et al. (2004) trabalhando com bambus da espécie
250 *Dendrocalamopsis oldhami* encontraram aumento no teor de aminoácidos totais em resposta à
251 adubação potássica.

252 Os teores de proteínas solúveis e prolina livre não diferiram ($P>0,05$) entre os
253 tratamentos com ausência de potássio e 0,5 mmol.L^{-1} de potássio (Tabela 3). Porém, os
254 tratamentos 2,0; 5,0 e 10,0 mmol.L^{-1} de potássio proporcionaram aumentos significativos nos
255 teores de proteínas solúveis, quando comparado com os tratamentos com zero e 0,5 mmol.L^{-1} .
256 Neste caso, as proteínas solúveis estariam atuando como osmorregulador, admitindo que tanto
257 5,0 quanto 10,0 mmol.L^{-1} são doses elevadas de potássio no meio nutritivo líquido e que as
258 plantas respondem de forma bastante semelhante a diferentes modalidades de estresse
259 (Azcon-Bieto & Talon, 1993). Uma possível explicação para este aumento na concentração de

260 proteínas proporcionalmente ao aumento das concentrações de potássio é a função deste
261 nutriente na planta, já que funciona como ativador enzimático na formação das proteínas
262 (Evans & Sorger, 1966), e quanto maior sua concentração maior será a quantidade de
263 proteínas. Quanto ao teor prolina livre, os tratamentos 5,0 e 10,0 mmol.L⁻¹ foram os que
264 proporcionaram aumentos significativos no tecido foliar de bambu, quando comparado com
265 os tratamentos com 0,5 e 2,0 mmol.L⁻¹.

266 Foi possível observar que os tratamentos 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹ de potássio não diferiram
267 significativamente (P>0,05) na maioria das variáveis avaliadas, podendo-se na prática optar
268 em se usar a dose mais econômica e de melhor desempenho, a qual foi a de 0,5 mmol.L⁻¹ de
269 potássio. Estes resultados levaram a deduzir que a dose de 10,0 mmol.L⁻¹ de potássio foi
270 bastante excessiva para as necessidades nutricionais do bambu.

271

272

Conclusões

273

274 1. O tratamento que mostrou melhor desempenho em relação à produção de biomassa foi com
275 0,5 mmol.L⁻¹ de potássio;

276 2. A quantificação de carboidratos e prolina livre são bons parâmetros para avaliar o efeito do
277 estresse nutricional em plantas de bambu;

278 3. O estresse nutricional do bambu mediante à aplicação de uma dose excessiva de potássio
279 no meio nutritivo provoca aumento no teor de carboidratos solúveis totais, açúcares redutores,
280 açúcares não-redutores, proteína solúvel e prolina livre;

281 4. O tratamento com 10 mmol.L⁻¹ de potássio mostrou-se bastante excessivo para as
282 necessidades nutricionais do bambu.

283

Agradecimentos

284

285 À Universidade Federal Rural de Pernambuco e a Capes, pelo suporte financeiro e a
286 Empresa AGRIMEX S.A., pelo material vegetal fornecido.

287

288

Referências

289

290 ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts: polyphrenol oxidase in *Beta vulgaris*.
291 **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.

292

293 AZCON-BIETO, J.; TALON, M. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. Madrid, Mcgraw-Hill
294 Interamericana. 558p. 1993.

295

296 BARRETO, L.P; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal**. UFRPE.
297 Recife, 2000. 58p.

298

299 BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-
300 stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

301

302 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. FUNEP.
303 Jaboticabal, 2003. 42p.

304

305 BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram
306 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**,
307 v.72, p.248-254, 1976.

308

309 COSTA, P.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas
310 cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. **Horticultura Brasileira**,
311 v.19, n.3, p.207-209, 2001.

312

313 EMBAYE, K.; WEIHA, M.; LEDINC, S.; CHRISTERSSONA, L. Biomass and nutrient
314 distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management.
315 **Forest Ecology and Management**, v.204, p.159–169. 2005.

316

317 EVANS, H.J.; SORGER, G.J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent
318 cations. **Annual Review of Plant Physiology**, v.17, p.47-76. 1966.

- 319 FRANCIS, J.K. *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl. Common bamboo. SO-ITF-SM-65.
320 6p. 1993.
- 321
- 322 HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and
323 molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology**, v.51, p.463-469.
324 2000.
- 325
- 326 HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-cultured method for growing plants**
327 **without soil**. Circular n.º 347. California Agricultural Experiment Station, 32p. 1950.
- 328
- 329 KLEINHENZ, V.; MIDMORE, D.J. Aspects of bamboo agronomy. **Advances in Agronomy**,
330 v.74, p.99-149, 2001.
- 331
- 332 KLEINHENZ, V.; MILNE, J.; WALSH, K.B.; MIDMORE, D.J. A case study on the effects
333 of irrigation and fertilization on soil nutrient status, and on growth and yield of bamboo
334 (*Phyllostachys pubescens*) shoots. **Journal of Bamboo and Rattan**, v.2, n.3, p.281-293, 2003.
- 335
- 336 LI, R.; WERGER, M.J.A.; DURING, H.J.; ZHONG, Z.C. Carbon and nutrient dynamics in
337 relation to growth rhythm in the giant bamboo *Phyllostachys pubescens*. **Plant and Soil**,
338 v.201, p.113-123, 1998.
- 339
- 340 MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres.
341 2006. 638p.
- 342
- 343 MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações**
344 **hídricas e nutrição mineral**. UFV. Viçosa, 2005. 451p.
- 345
- 346 OLIVEIRA, D.A. **Biomassa e nutrientes minerais no bambu em função da adubação**
347 **mineral**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2007.
- 348
- 349 PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim-**
350 **mombaça**. 2001. 124p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
351 Piracicaba.
- 352
- 353 RAMANJULU, S.; BARTELS, D. Drought- and desiccation-induced modulation of gene
354 expression in plants. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.141-151. 2002.
- 355
- 356 SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Above ground biomass production and nutrient
357 distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss). **Biomass and Bioenergy**, v.10,
358 n.5/6, p.383-391. 1996.
- 359

- 360 SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Balance and turnover of nutrients in bamboo
361 plantation (*Bambusa bambos*) of different ages. **Biology Fertility Soils**, v.25, p.69-74, 1997.
362
- 363 SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. **Physiology of Bamboo**. Jodhpur (Índia): Scientific
364 Publishers, 2001. 154p.
365
- 366 SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Studies on the growth of *Bambusa bambos* at
367 Kallipatty, Tami Nadu. **India Bulletin**, v.3, n.2, p.46-48, 1993.
368
- 369 SHANMUGHAVEL, P.; PEDDAPPAIAH, R.S.; MUTHUKUMARA, T. Biomass production
370 in an age series of *Bambusa bambos* plantations. **Biomass and Bioenergy**, v.20, p.113-117.
371 2001.
372
- 373 SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o
374 sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina
375 Grande, v.4,n.1, p.71-78. 2002.
376
- 377 SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze
378 espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária**
379 **Brasileira**, v.2, n.2, p.205-212, 1997.
380
- 381 TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e
382 densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **Instituto de Pesquisas Florestais –**
383 **IPEF**, v.36, p.43-50, 1987.
384
- 385 VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**. v.22,
386 n.2, p.280-283, 1968.
387
- 388 YEMM, E.W.; COCKING. E.C. The dertermination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**,
389 v.80, p.209-212, 1955.
390
- 391 YEMM, Y.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone.
392 **Biochemical Journal**, v.57, p.508-514, 1954.
393
- 394 YUSHAN, Z.; PEIJUN, G.; ZHUOXI, W.; LIGUANG, C.; DAZHONG, W. Effect of
395 fertilization on nutrient components of bamboo shoot and leaves nutrient status shoot
396 emergence stages in *dendrocalamosis oldhami*. **Scientia Silvae Sinicae**, v.40, n.6, p.79-84,
397 2004.

Anexos

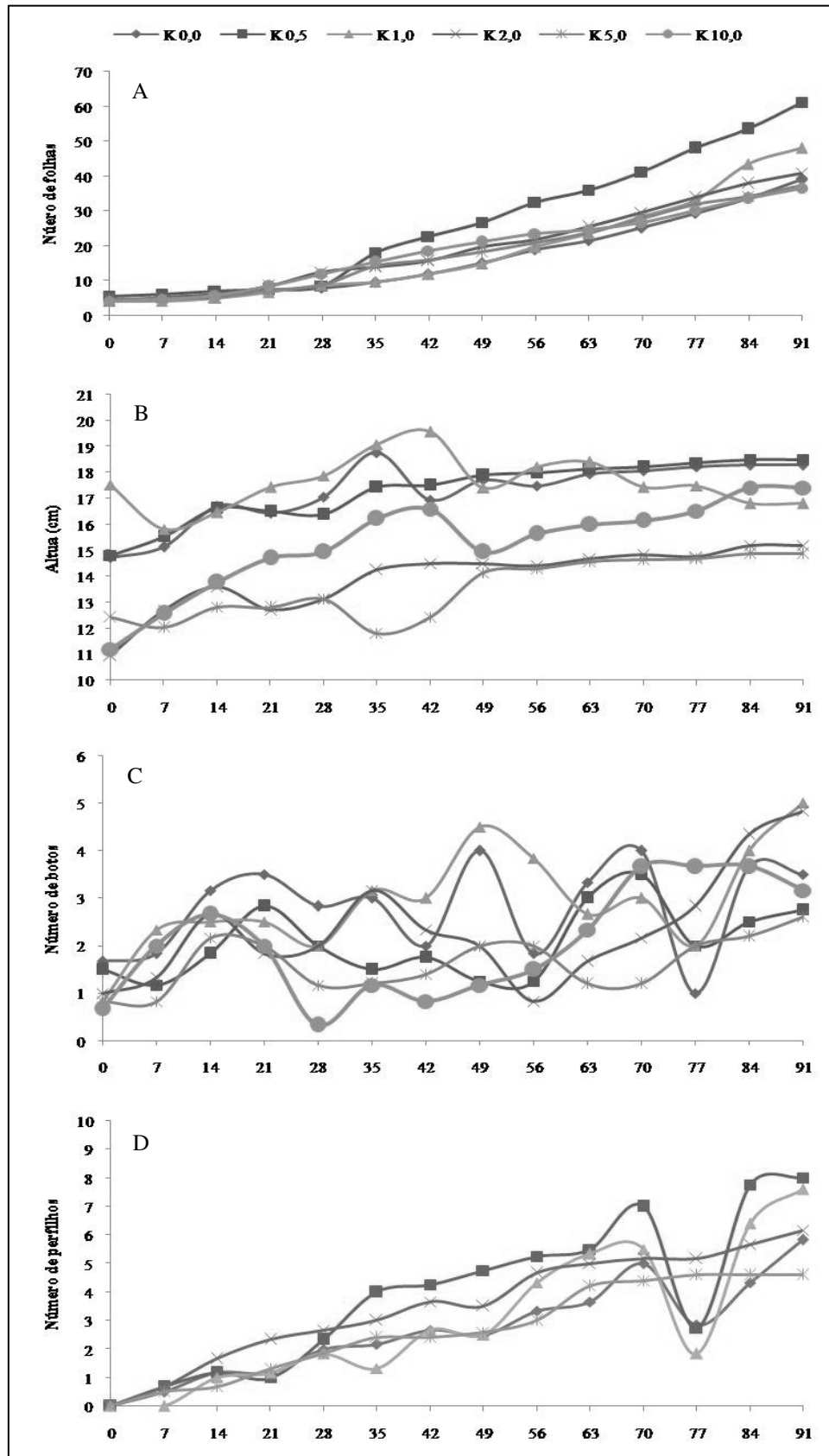


Figura 1. Número de folhas (A), altura (B), número de brotos (C) e número de perfilhos (D) de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias de cultivo.

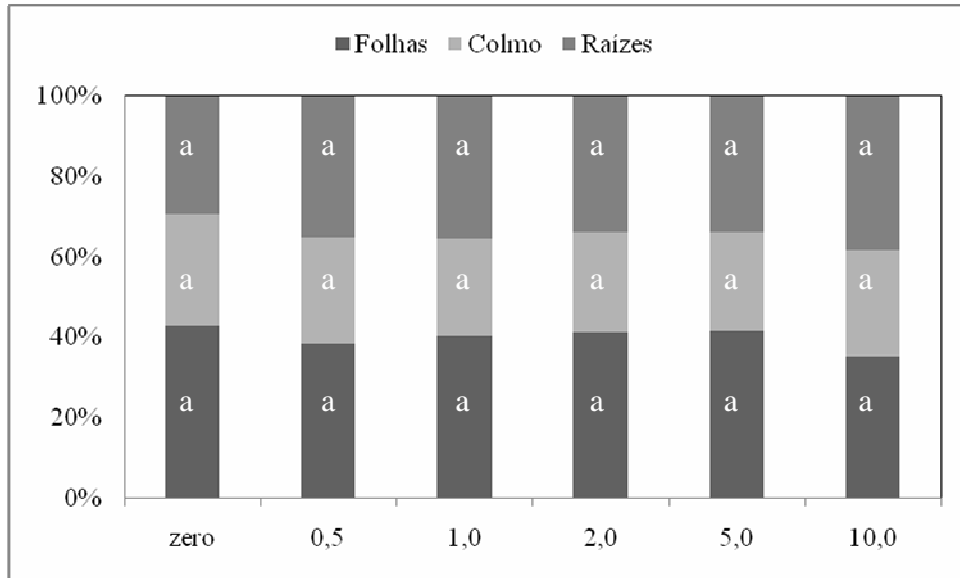


Figura 2. Alocação de biomassa nas folhas, colmo e raízes de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

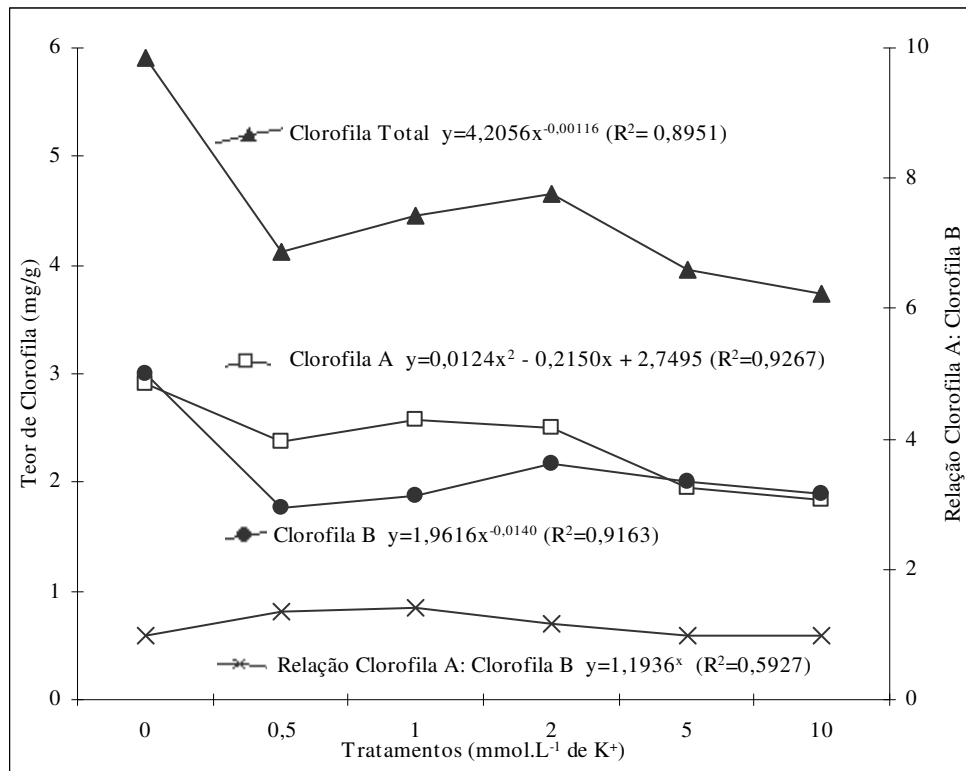


Figura 3. Teores de Clorofila *a*, *b*, total e a relação clorofila *a*:clorofila *b* em plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva durante um período de 90 dias em diferentes concentrações de potássio.

Tabela 1. Biomassa fresca das folhas (BFF), biomassa fresca dos colmos (BFC), biomassa fresca da raiz (BFR), biomassa fresca total (BFT), biomassa seca das folhas (BSF), biomassa seca dos colmos (BSC), biomassa seca da raiz (BCR), biomassa seca total (BST), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias.

Nível de K ⁺ (mmol.L ⁻¹)	BFF (g/planta)	BFC (g/planta)	BFR (g/planta)	BFT (g/planta)	BSF (g/planta)	BSC (g/planta)	BSR (g/planta)	BST (g/planta)	TCA (g.semana ⁻¹)	TCR (g.g ⁻¹ .semana ⁻¹)
0,0	5,37AB	4,55AB	4,82B	14,74B	1,94AB	1,16B	1,27B	4,38B	0,95B	0,11AB
0,5	10,59A	11,86A	17,53A	39,98A	3,82A	2,81A	3,64A	10,28A	3,04A	0,21A
1,0	6,51AB	9,89A	9,49AB	25,90AB	2,25AB	1,45AB	1,98AB	5,68AB	1,88AB	0,17AB
2,0	5,13AB	4,22AB	5,11B	14,46B	2,04AB	1,13B	1,55B	4,72B	0,91B	0,09B
5,0	5,19AB	4,40AB	6,14B	15,73B	1,78AB	1,21B	1,71AB	4,70B	1,03B	0,13AB
10,0	3,38B	3,39B	4,98B	11,76B	1,20B	0,95B	1,45B	3,60B	0,73B	0,11AB

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Razão parte aérea/raiz (PA/R) de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de potássio durante 90 dias.

Tratamentos (mmol.L ⁻¹ de K ⁺)	PA/R
0,0	2,48 a
0,5	1,89 a
1,0	1,84 a
2,0	2,09 a
5,0	2,23 a
10,0	2,34 a

*Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Concentração de solutos orgânicos em tecido foliar fresco de plantas de bambu cultivadas em solução nutritiva durante um período de 90 dias com diferentes concentrações de potássio.

mmol.L ⁻¹ de K ⁺	Carboidratos	Açúcares não-	Açúcares	Aminoácidos	Proteínas	Prolina
	solúveis totais	reduzíveis	reduzíveis	livres totais	solúveis	livre
mg/g.....				µg/g.....
0,0	53,24AB	2,27B	50,97AB	10,42AB	3,92B	53,3AB
0,5	66,43AB	4,60B	61,84A	6,23C	3,95B	34,4B
1,0	48,10B	5,54B	42,56B	9,85AB	11,46AB	43,0AB
2,0	56,19AB	7,24AB	58,95AB	7,30BC	16,21A	37,5B
5,0	81,36A	11,43A	69,93A	11,10A	16,98A	58,5A
10,0	82,05A	11,97A	70,07A	7,34BC	15,72A	66,5A

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. Considerações Finais:

- * A análise das variáveis de crescimento permitiu a classificação das doses de potássio trabalhadas em ausente, recomendável, levemente tóxica e tóxica.

- * Dentre os parâmetros de crescimento avaliados; altura das plantas, número de folhas, perfilhos e brotos e produção de biomassa seca foram os indicadores que melhor representaram o efeito do estresse nutricional.

- * A concentração de clorofila não foi afetada pelo estresse provocado nas plantas de bambu.

- * A maioria dos solutos orgânicos avaliados mostraram-se bons indicadores do estresse nutricional em plantas de bambu cultivadas em sistema hidropônico.

- * O teor de potássio no meio nutritivo, mais adequado para o cultivo hidropônico fica na faixa de 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹, enquanto que 10,0 mmol.L⁻¹ é considerada uma dose estressante. Podendo-se assim indicar para trabalhos futuros de nutrição mineral de bambu doses equivalentes a 0,5 e 1,0 mmol.L⁻¹.

5. Anexos:

5.1. Regras para envio de trabalho para a Revista PAB (Pesquisa Agropecuária Brasileira):

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

OBJETIVO

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é editada mensalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento, e destina-se à publicação de trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisa de interesse agropecuário.

ENCAMINHAMENTO DO ARTIGO

Os originais devem ser enviados à editoria em ofício assinado por todos os autores, contendo os seguintes dados: nome completo, formação profissional, grau acadêmico, endereço institucional completo e endereço eletrônico dos autores; indicação do autor-correspondente; destaque sobre o aspecto inédito do artigo; indicação da área técnica coberta; declaração da não submissão do trabalho à publicação em outro periódico; indicação de quatro nomes de especialistas que podem avaliar o documento, acompanhados dos respectivos endereços completos. Devem ser remetidos para o seguinte endereço:

Embrapa-Serviço de Comunicação para Transferência de Tecnologia
 Pesquisa Agropecuária Brasileira
 Caixa Postal 040315
 CEP 70770-901 Brasília, DF
 Telefone: (61) 448-4231
 Endereço eletrônico: pab@spi.embrapa.br

ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO ARTIGO

1. O texto dos artigos deve ser organizado, sempre que possível, em Título, Autores, Resumo, Termos para indexação, Notas de rodapé, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências.

2. O trabalho, com 20 páginas no máximo, numeradas sequencialmente, deve ser apresentado na seguinte ordem: texto, legendas, tabelas e figuras. O Abstract, as Referências, as ilustrações e a relação das legendas das figuras devem ser impressos em páginas próprias.

3. O texto deve ser digitado no programa Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, e ser enviado em quatro cópias impressas em papel formato A4, acompanhadas de uma cópia em disquete. Em três das cópias devem ser eliminados os nomes dos autores, o rodapé da primeira página e o item Agradecimentos.

4. As figuras não podem possuir dados constantes de tabelas. Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 7,2 cm ou 14,8 cm de largura. Devem ser gravadas em disquete, no programa Word, para possibilitar a edição em possíveis correções. Figuras criadas em outros programas devem ser inseridas em arquivo Word, usando o recurso "copiar e colar", devendo ser usada a fonte Symbol. A chave das

convenções adotadas deve ser incluída na área da figura ou entre o título e a figura.

5. As fotografias devem ser escaneadas com 300 dpi e gravadas em arquivos separados do arquivo do texto.

ESTRUTURA DO ARTIGO

1. O título, com 15 palavras no máximo, deve ser grafado em letras minúsculas, colocando-se após a última palavra o primeiro número de chamada de rodapé, entre parênteses, para indicar a data de aceite.

2. Os nomes e sobrenomes dos autores devem ser grafados somente com a primeira letra maiúscula. Fazer chamada de rodapé após o último sobrenome de cada autor, para indicar o endereço institucional e o eletrônico. Os autores de uma mesma instituição devem ser agrupados em uma única nota.

3. O Resumo e o Abstract devem ter no máximo 200 palavras cada; o Abstract deve ser tradução fiel do Resumo.

4. Os Termos para indexação – mínimo três e máximo seis – não devem estar presentes no título.

5. As Conclusões devem ser elaboradas com o verbo no presente do indicativo, em frases curtas, sem comentários adicionais, e com base nos objetivos do artigo.

6. As Referências bibliográficas devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 de agosto/2000, da ABNT; devem conter os nomes de todos os autores e ser organizadas em ordem alfabética de autores. Na literatura referenciada devem ser incluídos principalmente artigos de periódicos dos últimos dez anos, que deverão ser referenciados segundo o exemplo a seguir:

CARVALHO, L. P. de; MOREIRA, J. de A. N. Correlações fenotípicas envolvendo períodos de floração e rendimento em diferentes linhagens de algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 7, p. 983-990, jul. 1990.

7. Citações de trabalhos extraídos de Resumos e Abstracts, publicações no prelo e comunicação pessoal não são aceitas na elaboração dos artigos.

OUTRAS INFORMAÇÕES

1. O editor, com a assistência da assessoria científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações aconselháveis nos artigos.

2. São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

3. Os trabalhos aceitos não poderão ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso da revista PAB.

4. Outros dados para elaboração de trabalhos a serem enviados à PAB são fornecidos pelo editor, por solicitação do interessado.

5. Serão fornecidas, gratuitamente, 20 separatas do artigo publicado. Cópias adicionais poderão ser adquiridas, desde que solicitadas ao editor com antecedência.