

ALVARO SEGURA MONGE

EFEITO DA PULVERIZAÇÃO COM URÉIA, CLORETO DE POTÁSSIO E SACAROSE SOBRE A TRANSPIRAÇÃO, POTENCIAL HÍDRICO E NITROGÊNIO, POTÁSSIO E AÇÚCARES NAS FOLHAS DE MUDAS DE *Coffea arabica* L. SUBMETIDAS A DÉFICE DE ÁGUA

Tese Apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como Parte das Exigencias do Curso de Mestrado em Fitotecnia, para Obtenção do Título de "Magister Scientiae"

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 1989

À minha esposa, Viria.

À minha filha, Tania.

AGRADECIMENTOS

Ao Ministerio de Agricultura y Ganaderia da Costa Rica e à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao Professor Alemar Braga Rena, pela segura orientação, dedicação e consideração pessoal.

Aos Professores Victor Hugo Alvarez V., Raimundo Santos Barros e Roberto Ferreira da Silva, pelas críticas e amizade.

Ao pesquisador José Donizeti Alves, pelas sugestões e amizade.

Ao pesquisador Antônio Alves Pereira, pelo fornecimento do material vegetal e pela amizade.

A meus amigos Jacir Gomes da Silva, Adir Gomes da Silva e José Gomes da Silva Filho, pela amizade e convivência.

A meu grande amigo Nür Gomes da Silva, Lúcia de Oliveira Gomes, Ângela Gomes de Pérez, Walter Pérez Melendez,

Luis Fernando de Oliveira Gomes, Goreti Gomes Uchikawa, Flávio Jun Uchikawa, pela amizade, solidariedade e convivência, sempre muito saudáveis.

A meus colegas e amigos Marco Antonio Chaves Solera, Ana Zita Bermúdez e a seus filhos Erik e Marquitos, pela solidariedade e convivencia.

A meus colegas Francisco Curling Castillo e Octaviano Castillo, pela amizade e valiosa colaboração.

Aos colegas do Curso de Fisiologia, ao colega Daniel Gerardo Cayón Salinas e família, pela amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pela valiosa colaboração.

BIOGRAFIA

ALVARO SEGURA MONGE, filho de Antonio Segura Pagua e Trinidad Monge Nuñez, nasceu em San José, Costa Rica, em 19 de fevereiro de 1956.

Em dezembro de 1981, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade de Costa Rica.

Em maio de 1982, foi contratado pelo Ministerio de Agricultura y Ganaderia, como pesquisador do Departamento de Pesquisas sobre Café, da Costa Rica.

Em agosto de 1986, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1. Cultivo das Plantas	4
3.2. Tratamentos Aplicados às Mudas	4
3.3. Número e Frequência das Pulverizações	5
3.4. Transpiração	6
3.5. Potencial Hídrico do Xilema das Folhas	7
3.6. Açúcares Solúveis Totais	7
3.7. Nitrogênio e Potássio Foliares	7
3.8. Análises Estatísticas	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4.1. Pulverização com Uréia	9
4.1.1. Efeito sobre os Teores Foliares de Nitrogênio e Potássio	9
4.1.2. Efeito sobre a Transpiração	14

4.1.3.	Efeito sobre o Potencial Hídrico do Xilema das Folhas	16
4.2.	Pulverização com Cloreto de Potássio	18
4.2.1.	Efeito sobre os Teores foliares de Potássio e de Açúcares Solúveis	18
4.2.2.	Efeito sobre a Transpiração	20
4.2.3.	Efeito sobre o Potencial Hídrico do Xilema das Folhas	20
4.3.	Pulverização com Sacarose	23
4.3.1.	Efeito sobre o Teor de Açúcares Solúveis nas Folhas	23
4.3.2.	Influência sobre o Potencial Hídrico foliar	23
4.4.	Pulverização com Cloreto de Potássio e Sacarose	26
5.	RESUMO E CONCLUSÕES	30
	BIBLIOGRAFIA	32

EXTRATO

SEGURA M., Alvaro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1989. Efeito da Pulverização com Uréia, Cloreto de Potássio e Sacarose sobre a Transpiração, Potencial Hídrico e Nitrogênio, Potássio e Açúcares nas Folhas de Mudanças de Coffea arabica L. Submetidas a Défice de Água. Professor Orientador: Alemar Braga Rena. Professores Conselheiros: Raimundo Santos Barros e Victor Hugo Alvarez V.

Com o objetivo de estudar o efeito da uréia, do cloreto de potássio e da sacarose sobre a transpiração, sobre o potencial hídrico foliar, sobre a composição mineral, e sobre o teor de açúcares solúveis totais, mudas de café da variedade 'Mundo Novo' foram pulverizadas com tais substâncias, isoladas ou em combinação, sob diferentes concentrações e, em seguida, submetidas à desidratação. De maneira geral, a uréia promoveu aumento nas taxas transpiratórias e decréscimo no potencial hídrico foliar. O cloreto de potássio não alterou o efeito da uréia. Plantas pulverizadas com cloreto de potássio e, em menor grau, com sacarose exibiram maiores potenciais hídricos que as testemunhas, efeito esse acompanhado por menores taxas transpiratórias. Situação oposta foi

observada, quando as plantas foram pulverizadas com mistura constituída de sacarose, cloreto de potássio e de uréia. Na ausência do cloreto de potássio, a uréia promoveu aumento dos teores de nitrogênio e de potássio das folhas, em plantas hidratadas. Por sua vez, após quatorze dias sem rega, as mudas que receberam cloreto de potássio em mistura com uréia apresentaram teores maiores de potássio e de nitrogênio nas folhas. Observou-se aumento do teor de potássio promovido pelo cloreto de potássio pulverizado isoladamente. No entanto, nas pulverizações de sacarose, os resultados não apresentaram diferenças, em comparação com os das testemunhas. Observou-se queda no teor foliar de açúcares solúveis totais nas plantas pulverizadas com sacarose em concentrações crescentes e com cloreto de potássio.

I. INTRODUÇÃO

O transplante das mudas para o campo é uma prática cultural usual na implantação de um cafezal e seu êxito depende, dentre outros fatores, da regularidade das chuvas. O transplante gera uma situação de tensão nas plantas, especialmente em condições de elevada radiação solar. Esse fato pode agravar-se se, no momento do plantio, a umidade do solo for baixa ou após a ocorrência de um período de seca prolongado, casos em que ocorre grande mortalidade de mudas, o que obriga a um replantio maior, onerando, conseqüentemente, os custos de implantação da lavoura. Um dos modos práticos de minimização do problema seria o emprego de pulverizações foliares com urgia, cloreto de potássio e sacarose, antes do transplante das mudas, o que resultaria numa melhor condição hídrica das plantas.

Este trabalho objetivou estudar a influência de pulverizações com uréia, cloreto de potássio e sacarose, isoladamente ou em combinações, sobre a transpiração, potencial hídrico do xilema das folhas, teor de nitrogênio, de potássio e de carboidratos solúveis nas folhas de plantas de café submetidas a déficit hídrico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na cultura do café, algumas tentativas têm sido feitas com o objetivo de promover redução nos danos causados pela desidratação das mudas logo após o transplante, tais como o emprego de antitranspirantes (AKUNDA e KUMAR, 1980; CHAVES et alii, 1985), de pulverizações com sacarose (CARVAJAL e PERERA, 1959; FIGUEROA, 1959, 1962; CHAVES et alii, 1985) e de adubação do solo com doses altas de nitrogênio e de potássio, ao final da estação chuvosa (TESHA e KUMAR, 1978a; AKUNDA e KUMAR, 1980). Segundo ARENS (1972) e KUMAR (1979a), pulverizações com urgia tem dado resultados positivos por terem causado redução na transpiração de mudas de cafeeiro, melhorando, assim, a capacidade de sobrevivência das plantas durante a desidratação. SWIETLIK et alii (1982), trabalhando com mudas de maçã, observaram que pulverizações com sulfato de potássio aumentaram a capacidade de tolerância das plantas ao déficit de água.

Com relação ao possível efeito do nitrogênio sobre a tolerância à desidratação, KUMAR (1979b) e TESHA e KUMAR (1978a) sugeriram que esse elemento poderia funcionar como um agente regulador no controle do uso da água em plantas de

café, já que, em condições adequadas de umidade, o nitrogênio estimula a abertura dos estômatos, mas o efeito é inverso em condições limitantes de água. TESH A e KUMAR (1978a), em experimentos de campo, observaram que o aumento da adubação nitrogenada do solo esteve associado a uma hidratação maior das plantas durante a estação sem chuva e que, em condições de viveiro, as plantas que receberam maiores doses de nitrogênio apresentaram, em relação às testemunhas, menor densidade estomática e maior conteúdo de colóides orgânicos e de "água estrutural" associada aos tecidos. Quanto à adubação foliar, ARENS (1972) e KUMAR (1979a) verificaram que plantas de café eram mais resistentes à desidratação, quando pulverizadas com uréia. Tem-se demonstrado a participação do potássio sobre o controle do movimento dos estomatos (FISHER, 1968; FISHER e HSIAO, 1968; HUMBLE e RASCHKE, 1971) e sobre o potencial hídrico dos tecidos vegetais, proporcionando, possivelmente, às plantas, maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes (HSIAO, 1973). Além do mais, o potássio participa do mecanismo que permite a manutenção da turgescência celular, à medida que o potencial hídrico se reduz durante a deficiência hídrica (LINDHAUER, 1978).

Com relação ao cafeeiro, KUMAR (1979b) observou que a adubação potássica relacionou-se positivamente com o aumento da abertura estomática, estimulando a transpiração. No entanto, TESH A e KUMAR (1978a), a exemplo de AKUNDA e KUMAR (1980), verificaram que a adubação do solo, com doses altas de potássio ao final da estação chuvosa, fez com que as plantas se mantivessem em melhores condições hídricas durante o período sem chuva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Cultivo das Plantas

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação e em laboratório, no período de abril a julho de 1988, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20° 33' S e 42° 54' W). O material experimental utilizado consistiu de mudas de café das linhagens LCMP464-18 e CP474-19, de variedade "Mundo Novo", com, aproximadamente, cinco meses de idade. Com objetivo de uniformizar o material em estudo, foram selecionadas, unicamente plantas com cinco pares de folhas. As plantas, produzidas segundo normas técnicas vigentes, foram cultivadas em sacos plásticos de 11 x 22 cm, que continham, aproximadamente, 1,0 kg de solo de textura argilosa. Oito dias antes do início do experimento, as plantas foram levadas do viveiro para a casa de vegetação, para sua aclimação.

3.2. Tratamentos Aplicados às Mudas

Após a fase de aclimação, as mudas foram pulverizadas com doses crescentes de uréia, cloreto de potássio e sacarose, isoladamente ou em combinações.

No primeiro experimento, mudas da linhagem CP474-19 foram pulverizadas com soluções aquosas de urgia 0, 0,2, 0,4, 0,8 e 1,6% (p/v), em presença ou em ausência de cloreto de potássio 1% (p/v). Todas as soluções continham Extravon 0,05% (v/v) como umectante. Os tratamentos (fatorial 5 x 2) foram distribuídos em blocos casualizados, com cinco repetições.

No segundo experimento, mudas da linhagem CP474-19 foram pulverizadas com soluções de potássio 0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% (p/v). Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições.

No terceiro experimento, mudas da linhagem LCMP468-19 foram pulverizadas com sacarose e cloreto de potássio, em diferentes combinações, havendo-se selecionado dez combinações, de acordo com a matriz experimental Plan Puebla III, modificada por LEITE (1984) (Quadro I). Em todos os tratamentos foram usados urgia (1% p/v) e o inseticida Thiodam 0,02% (v/v). Foi adicionado um tratamento extra sem pulverização. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições.

3.3. Número e Frequência das Pulverizações

As plantas foram pulverizadas com os tratamentos respectivos, por três dias consecutivos, a intervalos de vinte e quatro horas entre cada aplicação. As pulverizações, na quantidade de 20 ml por planta, foram efetuadas tanto na superfície abaxial, como na adaxial das folhas, com o auxílio de um pulverizador manual. Colocou-se um disco de isopor na parte superior do saquinho plástico para evitar o contato direto das soluções com o solo. Durante o período de aclimação e de pulverização, a umidade do solo foi mantida próxima a

QUADRO I. Concentrações de Sacarose e de Cloreto de Potássio Usadas nas Pulverizações

Tratamento	Sacarose % (p/v)	Cloreto de Potássio % (p/v)	Uréia % (p/v)	Thiodam % (v/v)
1	4,5	0,45	1,0	0,02
2	4,5	1,17	1,0	0,02
3	11,7	0,45	1,0	0,02
4	11,7	1,17	1,0	0,02
5	4,5	0,00	1,0	0,02
6	0,0	0,45	1,0	0,02
7	11,7	1,62	1,0	0,02
8	16,2	1,17	1,0	0,02
9	8,1	0,81	1,0	0,02
10	0,0	0,00	1,0	0,02
11	0,0	0,00	0,0	0,00

capacidade de campo, mediante regras periódicas. Logo após a última pulverização, a regra foi suspensa e à medida que a desidratação progredia, eram determinados os parâmetros fisiológicos e químicos, descritos em seguida.

3.4. Transpiração

A transpiração foi determinada mediante a variação do peso do conjunto solo contido no saco e planta e as áreas foliares foram estimadas de acordo com **BARROS et alii** (1973). A tomada de dados foi feita; diariamente, no período compreendido entre 8 e 10 horas.

3.5. Potencial Hídrico do Xilema das Folhas

O potencial hídrico do xilema das folhas foi tomado entre 10 e 13 horas, com o auxílio da câmara de pressão de SCHOLANDER et alii (1965), utilizando-se o terceiro par de folhas a partir do spine do ramo ortotrópico. O fluxo de entrada de gás (N_2) na câmara de pressão foi de $0,065 \text{ MPa} \cdot \text{seg}^{-1}$.

3.6. Açúcares Solúveis Totais

Amostras de discos foliares, com peso aproximado de 300 mg de matéria fresca, foram coletadas, pesadas rapidamente e transferidas para um recipiente com solução de etanol fervente (80% v/v) e, logo após, mantida a -15°C , até o seu processamento analítico.

A extração dos açúcares solúveis totais seguiu, em linhas gerais, a metodologia descrita por RENA e MASCIOTTI (1976), com as seguintes modificações: ao funil de separação foram adicionados 5,0 ml de água destilada e 10 ml de cloroformio, ao invés de 3,3 e 2,3 ml, respectivamente. A fase etanólica obtida após a decantação foi evaporada, aproximadamente, a 45°C em evaporador rotativo a vácuo. O resíduo foi dissolvido em 5,0 ml de água destilada, constituindo o extrato utilizado na determinação dos açúcares solúveis. Os açúcares foram quantificados pela reação com autrona (QUEIRÓZ, 1986).

3.7. Nitrogênio e Potássio Foliares

Amostras foliares provenientes do segundo par, a partir do ápice, foram secas em estufa de ventilação forçada, a 75°C , por 48 horas, e moídas em moinho Wiley, com peneira de

20 meshes. A extração foi feita mediante digestão com ácido sulfúrico, para o nitrogênio, e com a mistura nitroperclórica, para o potássio (LOTT *et alii*, 1956). A determinação do potássio foi realizada por fotometria de chama e a do nitrogênio amoniacal pela reação com o reagente de Nessler (A.O.A.C., 1955).

3.8. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Na análise de regressão, testaram-se os coeficientes dos modelos até o nível de 10%, com base no quadrado médio residual da análise de variância. Foram escolhidos os modelos significativos com o maior coeficiente de determinação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pulverização com Uréia

4.1.1. Efeito sobre o Teor Foliar de Nitrogênio e Potássio

Na ausência do cloreto de potássio, o aumento das doses de uréia provocou aumento linear no teor de nitrogênio foliar nas plantas hidratadas (Figura 1A). No entanto, quando a uréia foi aplicada em mistura com o cloreto de potássio, observou-se uma variação quadrática, com saturação próxima à concentração de uréia de 0,6%. É importante salientar que a dose de 0,6% de uréia também marcou o limite entre a queda e o aumento no teor de potássio nas plantas hidratadas, que foram pulverizadas em mistura com cloreto de potássio (Figura 2). Uma vez que a absorção da uréia e do potássio se dá por "difusão facilitada" (YAMADA *et alii*, 1965; RATNER e JACOBY, 1976), a saturação na absorção de uréia acima de 0,6% sugere a possibilidade de que o carregador responsável por suas absorções seja o mesmo. Assim, o aumento no teor de potássio foliar, sob doses de uréia superiores a 0,6%, em conjunto com cloreto de potássio (Figura 2), parece indicar que essas substâncias tenham competido entre si durante a absorção.

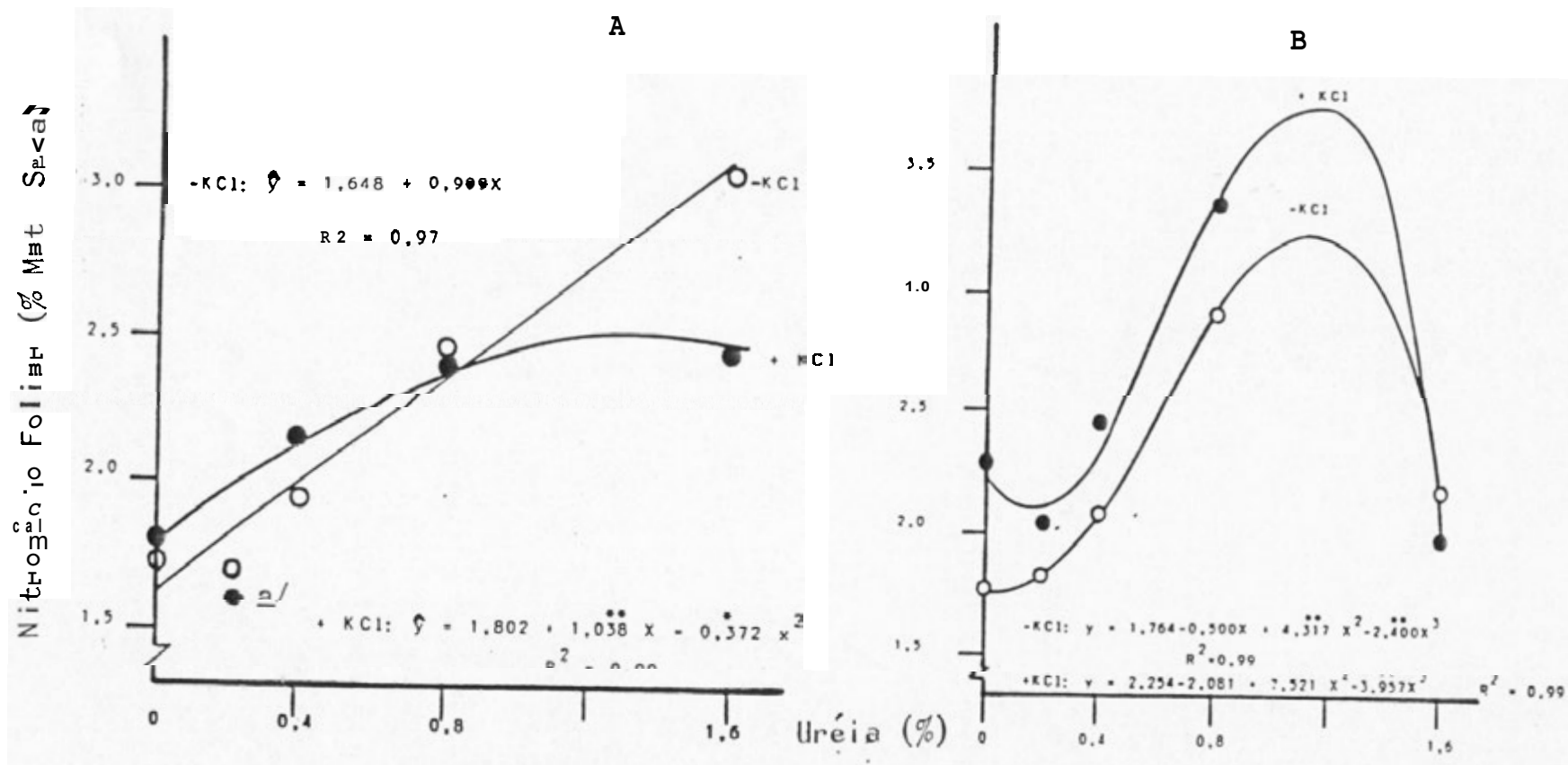


FIGURA 1. Efeito da Pulverização com Uréia, com (---) e sem (---) Cloreto de Potássio (1%), sobre o Teor Foliar de Nitrogênio em Mudas de Café Hidratadas (A) e Desidratadas por 14 Dias (B). (Foram feitas pulverizações por três dias consecutivos, tendo sido suspensa a rega um dia após a última aplicação. Cada ponto representa o valor médio de cinco repetições. a/ Valor não-considerado no ajuste do modelo quadrático).

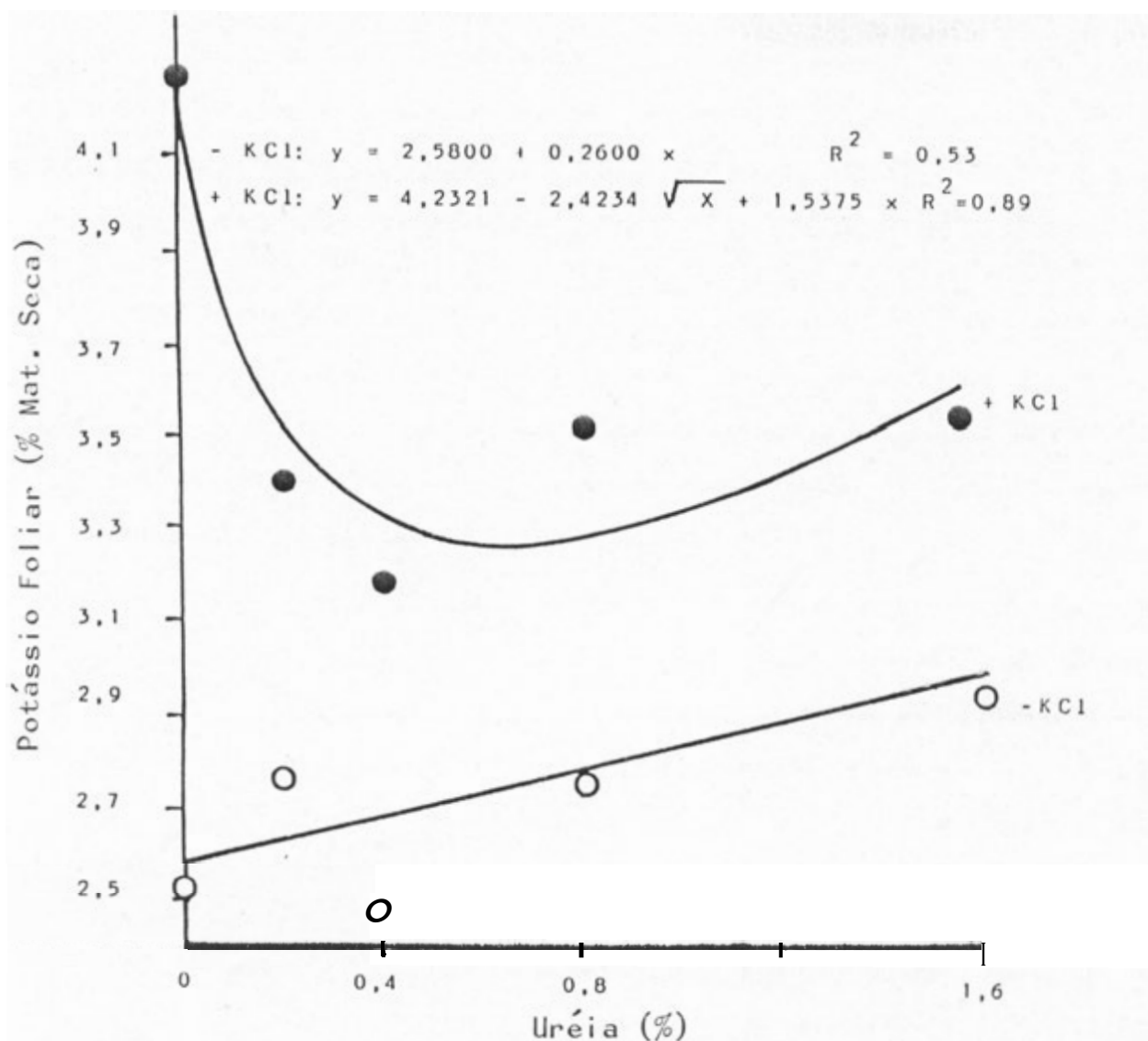


FIGURA 2. Influência de Pulverização com Uréia, com (-●-) e sem (---) Cloreto de Potássio (1%), sobre o Teor Foliar de Potássio de Mudas de Café. (Foram feitas pulverizações diárias com uréia durante os três dias que antecederam as análises químicas. Cada ponto representa o valor médio de cinco repetições).

Com respeito às plantas desidratadas e pulverizadas com urgia na ausência de cloreto de potássio, a forma da curva de resposta foi cúbica, e inicialmente, os incrementos na concentração de urgia foram acompanhados por pequenos aumentos no teor de nitrogênio, embora, a partir da dose de 0,4% de urgia, os incrementos tenham sido maiores (Figura 1-B). No entanto, com concentrações de uréia superiores a 1,2%, observou-se a diminuição no teor de nitrogênio. Quando a uréia foi misturada com cloreto de potássio, a tendência da resposta foi similar ao caso anterior, embora a dose de uréia de 0,2% tenha determinado queda no teor de nitrogênio, fato de difícil explicação. Também com o cloreto de potássio, os aumentos no teor de nitrogênio foliar ocorreram de forma mais evidente com doses de urgia situadas entre 0,4% e 1,2%, diminuindo daí em diante.

Em ambos os casos (com e sem cloreto de potássio), ocorreu redução no teor de nitrogênio com aplicação de doses de uréia superiores a 1,2%, embora o conteúdo de nitrogênio correspondente a essa dose não pareça diferente ao das plantas que não receberam urgia (Testemunha). As plantas que foram pulverizadas com uréia, em concentrações superiores a 0,8%, mostraram sintomas de fitotoxicidade. CRÓCOMO (1959) verificou que a injúria causada pela aplicação de urgia a 13,0% em folhas de café foi devida ao seu acúmulo nos tecidos, já que, após nove horas da última pulverização, 77% do nitrogênio absorvido pelas folhas apresentou-se em forma de uréia.

A redução no teor de nitrogênio observada no presente experimento pode ter sido causada por dois fenômenos diferentes, porém, inter-relacionados. CRÓCOMO (1959) observou que o acúmulo da urgia em folhas tratadas promoveu decréscimo no teor de proteínas solúveis e acréscimo acentuado na

fração nao-protéica solúvel, o que sugere que a uréia pode ter atuado como agente desnaturante de proteínas e facilitado a ação de enzimas proteolíticas. Por outro lado, após 14 dias sem rega, as plantas, particularmente as que receberam doses de uréia superiores a 0,8%, apresentaram sintomas de murcha. É possível que o déficit hídrico tenha promovido hidrólise protéica (LEVITT, 1982). Assim, a desnaturação protéica, eventualmente causada pelo acúmulo da uréia, e a hidrólise, provocada pela deficiência hídrica, poderiam ter promovido a elevação da concentração celular de aminoácidos livres e de aminas (HOOKER *et alii*, 1980; THIMAN, 1987), resultando na perda de amidas voláteis ou na volatilização de amônia (HOOKER *et alii*, 1980). É possível, também, que esse nitrogênio tenha sido mobilizado para outras partes da planta (THERMAN e ALLEN, 1974), semelhantemente ao que ocorre com a prolina em plantas submetidas à desidratação, em que o grande acúmulo foliar desse iminoácido resulta na sua mobilização para as raízes (BARNETT e NAYLOR, 1966; ASPINALL e PALEG, 1981). Uma vez que, no presente trabalho, não foram determinados os teores de prolina e nitrogênio de outras partes da planta, é difícil precisar a razão exata da redução no teor de nitrogênio.

Apesar da resposta linear observada no caso da pulverização com uréia na ausência de cloreto de potássio, a diferença no teor de potássio entre as doses extremas de uréia é muito pequena (Figura 2). O aumento no teor de potássio pode ter sido causado pela absorção radicular desse elemento, em consequência de alterações no metabolismo do nitrogênio proveniente das pulverizações com uréia (BEN-ZIONI *et alii*, 1971; BLEVINS *et alii*, 1974; BLACKWOOD e MIFLIN, 1976).

4.1.2. Efeito sobre a Transpiração

De modo geral, as pulverizações com uréia em concentrações de até 0,4%, na ausência de cloreto de potássio, promoveram aumento da transpiração das plantas, após três dias sem irrigação (Figura 3), enquanto doses de uréia superiores a 1,2% promoveram diminuição e, posteriormente, aumento da transpiração. No entanto, quando a uréia foi misturada ao cloreto de potássio, o efeito foi quadrático e a taxa transpiratória máxima foi obtida com a dose de uréia de 0,8%. Após seis dias sem água, a tendência geral da resposta foi a mesma, quer na ausência, quer na presença de cloreto de potássio, observando-se uma taxa de transpiração máxima com aplicação de doses de uréia de 0,8% (Figura 3). Aos doze dias sem água e com uréia a 0,8%, houve redução da transpiração, em consequência de grande redução do teor de água do solo, ocasionada pelas taxas mais elevadas de transpiração nos primeiros dias após o tratamento com uréia. De maneira geral, após 12 dias, as plantas pulverizadas com doses superiores a 0,4% mostraram os primeiros sinais de murcha, fato que foi mais evidente nas plantas que, além de uréia, receberam cloreto de potássio. As doses de uréia que estimularam a transpiração foram muito próximas daquelas que ocasionaram o aumento no teor foliar de nitrogênio (Figuras 1 e 3). Possivelmente, esses resultados podem ser explicados presumindo que o íon amônio, resultante da hidrólise da uréia, tenha estimulado a abertura estomática. A existência de uma ATPase associada à plasmalema das células-guardas, a qual é ativada a valores de pH próximos de 7,5 (RAGHAVENDRA, 1981), sugere que o efeito do íon amônio sobre a abertura dos estômatos possa ser consequência de processos relacionados com a alcalinização do meio intracelular (ZEIGER, 1983).

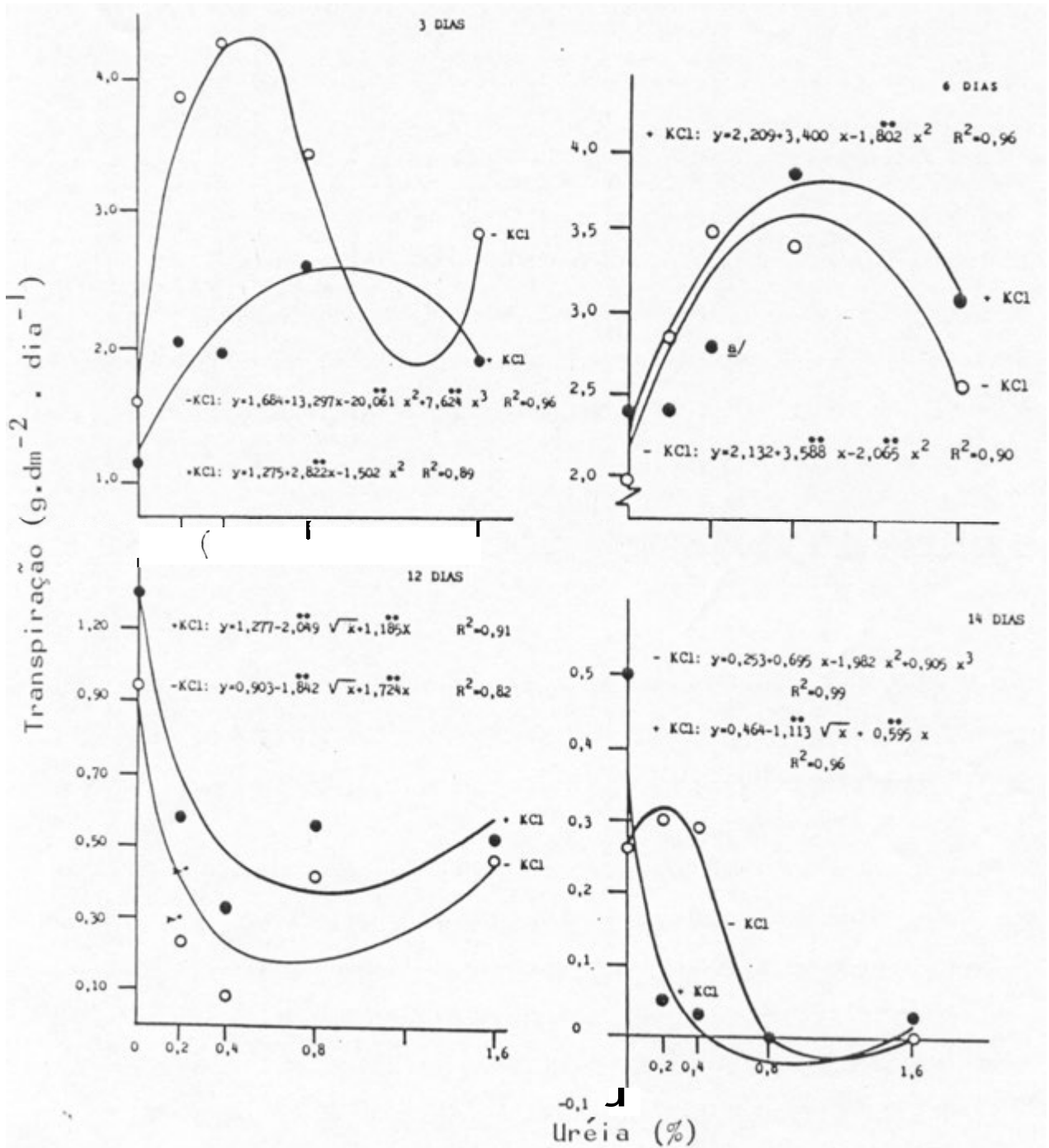


FIGURA 3. Influência da Pulverização com Uréia, com (---) e sem (---) Cloreto de Potássio (1%), sobre a Transpiração de Mudas de Café Submetidas à Desidratação por 3, 6, 12 e 14 Dias. (Foram feitas três pulverizações, por três dias consecutivos e logo após, a rega foi suspensa. Cada ponto representa o valor médio de cinco repetições. a/ Valor não-considerado no ajuste do modelo quadrático)

Testes preliminarmente efetuados demonstraram que não foi possível, neste trabalho, relacionar o efeito da urgia sobre a abertura estomática, em virtude das grandes variações observadas nas resistências estomáticas.

De maneira geral, esses resultados diferem dos obtidos por alguns autores. ARENS (1972), KUMAR (1979a) e VENTAKARAMANAN (1985) relataram, por exemplo, que pulverizações com urgia causaram queda na transpiração do cafeeiro. Por outro lado, os dados coincidem com as informações de DONALD e BARKER (1969) de que altas concentrações foliares de NH_4^+ promoveram murcha em plantas de feijão, sendo esse efeito considerado como parte do complexo de sintomas da fitotoxicidade amoniacal.

4.1.3. Efeito sobre o Potencial Hídrico do Xilema das Folhas

Aos três dias da suspensão das regas, as pulverizações de urgia, em conjunto com cloreto de potássio, promoveram alterações no potencial hídrico foliar das plantas tratadas em relação ao controle (Figura 4, aos 3 dias). Na ausência de cloreto de potássio, ocorreu apenas ligeiro aumento do potencial hídrico. No entanto, em ambos os casos, as variações observadas estão dentro do intervalo de -0,6 a -1,2 MPa, considerado adequado para plantas de café (KUMAR e TIESZEN, 1980 ; MOTA, 1988; RODRIGUES, 1988). Aos seis dias sem rega, as plantas pulverizadas apenas com uréia mostraram aumento no valor do potencial hídrico. Quando a urgia foi misturada ao cloreto de potássio, observou-se queda no potencial hídrico, fato que se tornou mais evidente com o aumento do déficit hídrico (Figuras 4, aos 12 e 14 dias). Observou-se, no entanto, ligeiro aumento no potencial hídrico durante a

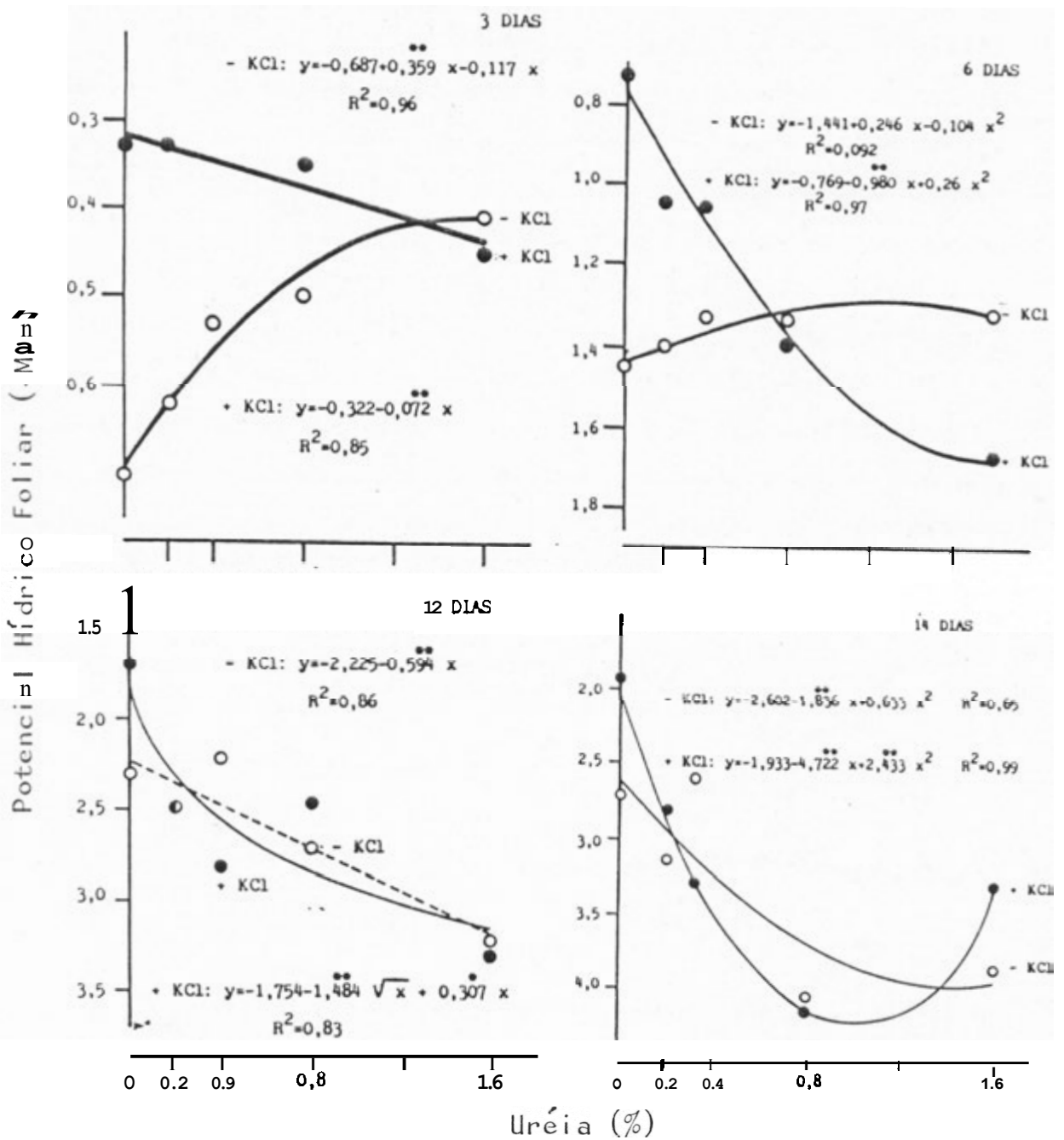


FIGURA 4. Influência da Pulverização com Uréia, com (-●-) e sem (---) Cloreto de Potássio, sobre o Potencial Hídrico Foliar de Mudras de Café Submetidas à Desidratação por 3, 6, 12 e 14 Dias. (Foram feitas pulverizações por três dias consecutivos e, logo após, a rega foi suspensa. Cada ponto representa o valor médio de cinco repetições).

última avaliação (Figura 4, aos 14 dias), quando a uréia foi pulverizada em mistura com o cloreto de potássio. Esses resultados reforçam a hipótese de que a uréia promoveu efeito estimulante na abertura estomática, ocorrendo, em consequência, aumento na transpiração e queda no potencial hídrico. É importante assinalar que os valores do potencial hídrico compreendidos entre -2,5 e -3,0 MPa marcaram o limite entre plantas túrgidas e murchas, o que foi observado pelo fatodeque, após 12 dias, à exceção dos controles, todas as plantas mostraram sinais visíveis de murcha. KUMAR e TIESZEN (1980) e RODRIGUES (1988), estudando o efeito do potencial hídrico foliar sobre a fotossíntese em cafeeiros submetidos à desidratação, verificaram que as plantas sob potenciais inferiores a -2,5 MPa tiveram sua atividade fotossintética reduzida em 50% e, praticamente, nenhuma atividade foi observada a valores iguais ou inferiores a -3,0 MPa.

4.2. Pulverização com Cloreto de Potássio

4.2. 1. Efeito sobre os Teores Foliare de Potássio e de Açúcares Solúveis

Aumentos no teor de potássio foliar até, aproximadamente, 3,3% (Figura 5) foram acompanhados de redução no teor de açúcares solúveis nas folhas, mas concentrações de potássio foliar acima desse valor não promoveram variações sensíveis no teor de açúcares. É possível que essa queda de açúcares solúveis tenha sido ocasionada pela transformação desses componentes em amido, uma vez que a atividade da sintetase do amido é estimulada pelo potássio (NITSOS e EVANS, 1969; HAWKLER *et alii*, 1974). Alternativamente, o potássio pode ter estimulado a translocação de sacarose para outras partes da planta (SILVIUS *et alii*, 1978; HUGER, 1984).

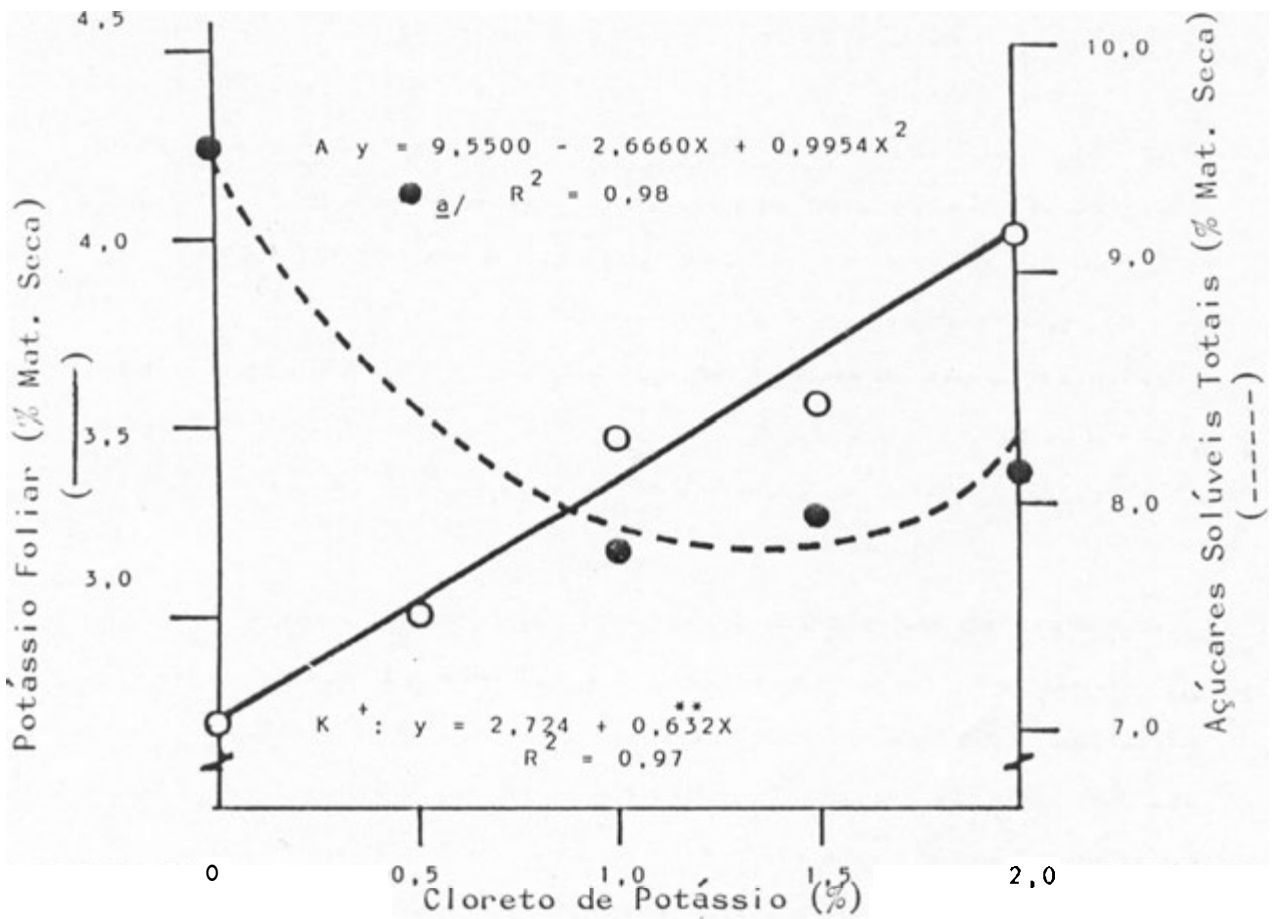


FIGURA 5. Efeito do Cloreto de Potássio Sobre os Teores Foliares de Potássio e de Açúcares Solúveis Totais de Mudanças de Café, Após Quatorze Dias de Desidratação. (As pulverizações com cloreto de potássio foram feitas diariamente, durante três dias consecutivos, e, logo após, a rega foi suspensa; Cada ponto representa o valor médio de quatro repetições. a/ Valor não considerado no ajuste do modelo quadrático).

4.2.2. Efeito sobre a Transpiração

Nas plantas túrgidas (Figura 6-A, no dia zero), observou-se diminuição da transpiração, promovida pelo aumento da concentração de cloreto de potássio pulverizado nas folhas. Entretanto, o efeito inverteu-se aos três e nove dias, sob concentrações de cloreto de potássio superiores a 1,0%. Embora esses aumentos coincidam com os efeitos fitotóxicos promovidos pelo cloreto de potássio, esse fato é difícil de ser explicado. É interessante assinalar que, à medida que a desidratação progrediu, as plantas se tornavam mais sensíveis ao aumento das doses do cloreto de potássio, observando-se valores mínimos de transpiração sob doses cada vez menores do sal.

Uma possível explicação para a redução da transpiração ocasionada pelo aumento na concentração de cloreto de potássio aplicado à folha é a diminuição da abertura estomática, de modo semelhante ao observado em trigo (BRAG, 1972). No presente experimento, uma possível redução na abertura estomática pode ter ocorrido a concentrações de potássio nas folhas superiores a 3% (Figuras 5 e 6).

4.2.3. Efeito sobre o Potencial Hídrico do Xilema das Folhas

As pulverizações com cloreto de potássio proporcionaram melhor condição hídrica às plantas, quando comparadas aos controles. Até os nove dias sem rega (Figura 6-B), observou-se relação linear entre a concentração de cloreto de potássio aplicado e o potencial hídrico foliar. No entanto, aos 11 e 14 dias sem rega, quando as concentrações de cloreto de potássio usadas estiveram na faixa de 1 a 1,5%, ocorreu

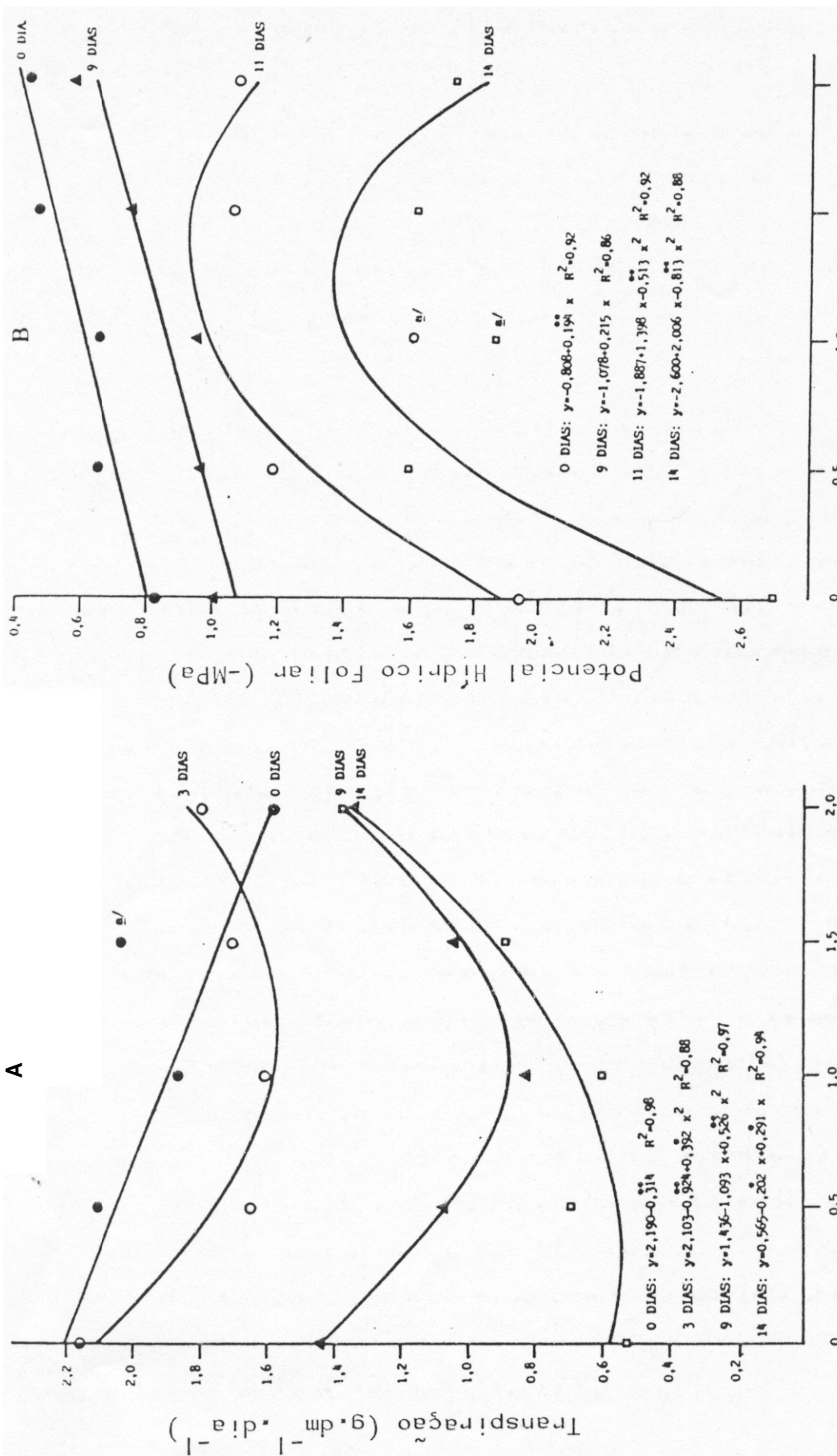


FIGURA 6. Influência do Cloreto de Potássio sobre a Transpiração (A) e Potencial Hídrico (B) de Mudanças de Café Submetidas à Desidratação. (Foram feitas pulverizações diárias com KCl por três dias consecutivos e, logo após, a rega foi suspensa. Os dias indicam período no qual as plantas não receberam água e os pontos representam o valor médio de quatro repetições. a/ Valores não-considerados no ajuste dos modelos quadráticos).

inversão nas curvas justamente na faixa de valores em que se observaram os sintomas de fitotoxicidade causados pelas pulverizações.

As inversões nas curvas de transpiração aos tres e nove dias (Figura 6-A) não foram acompanhadas de forma semelhante pelo potencial hídrico, já que, possivelmente, uma concentração maior de potássio nas plantas, independentemente da transpiração, promoveu a manutenção de maior potencial hídrico.

Concomitantemente ao possível efeito de altos níveis de potássio sobre o fechamento dos estômatos, a diminuição das taxas transpiratórias e o aumento do potencial hídrico podem ter sido consequência de outros fatores. Assim, é possível que, além de na parte aérea (Figura 5), o conteúdo de potássio nas raízes tenha aumentado em decorrência das pulverizações com cloreto de potássio, de maneira semelhante à observada em plantas de maçã pulverizadas com sulfato de potássio (SWIETLIK *et alii*, 1982). Por sua vez, o potássio pode ter promovido aumento na permeabilidade das raízes (GRAHAM e ULRICH, 1972) e, desse modo, aumentado a eficiência na absorção de água. O efeito benéfico provocado por pulverizações com cloreto de potássio pode ter implicações fisiológicas importantes. Assim, desde que o potássio é requerido para a incorporação de aminoácidos em proteínas (EVANS e SORGER, 1966), poder-se-ia esperar que, em condições de moderada deficiência hídrica, o potássio promovesse aumento na síntese protéica. Adicionalmente, em razão do efeito protetor do potássio sobre a desidratação dos biopolímeros e sobre a estrutura protéica, pode ter ocorrido proteção da integridade das membranas celulares contra os danos provocados pela desidratação (HELLEBUST, 1976; LEVITT, 1982).

4.3. Pulverização com Sacarose

4.3.1. Efeito sobre o Teor de Açúcares Solúveis nas Folhas

Em condições de desidratação, as plantas pulverizadas com sacarose em concentrações de até 15% mostraram diminuição do teor foliar de açúcares solúveis totais (Figura 7). Essa diminuição pode ter sido consequência da mobilização desse açúcar para outras partes da planta, de preferência para a raiz, por ser esse órgão um dreno importante de fotoassimilados. Alternativamente, a sacarose absorvida pode ter sido utilizada como substrato respiratório; assim, quanto maior a concentração de sacarose aplicada, maior o estímulo à respiração e menor o teor foliar de açúcares.

4.3.2. Influência sobre o Potencial Hídrico Foliar

De maneira geral, quando a deficiência hídrica foi incipiente e severa, as pulverizações com sacarose não promoveram diferenças nos efeitos em relação à testemunha. Em primeiro lugar, porque os valores do potencial hídrico (-0,5 a -1,0 MPa) estiveram dentro dos limites tidos como normais para plantas de café hidratadas (KUMAR e TIESZEN, 1980; MOTA, 1988; RODRIGUES, 1988). Em segundo lugar, em virtude de que, sob valores de potencial hídrico iguais ou inferiores a -2,5 MPa, todas as plantas exibiram sinais de murcha. Quando a deficiência hídrica foi intermediária (Figura 8, aos 11 dias), observou-se uma curva de resposta quadrática, com o aumento da concentração de sacarose, e, sob doses de 10%, alcançou-se o máximo. A queda no potencial hídrico, sob doses superiores a 10% de sacarose, pode ter sido causada pelo possível efeito desidratante promovido pela camada de sacarose sobre a superfície da folha. O maior potencial hídrico foliar

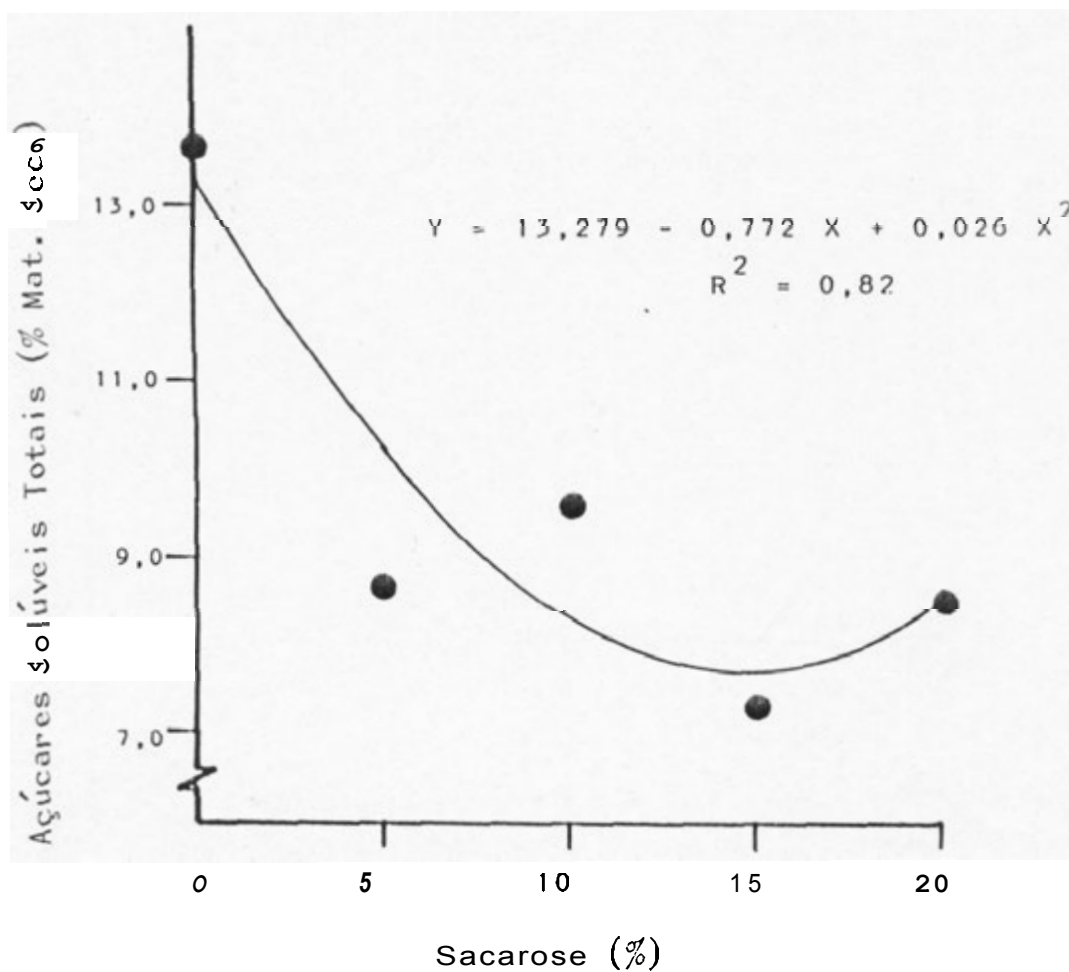


FIGURA 7. Efeito da Sacarose sobre o Teor Foliar de Açúcares Solúveis Totais de Mudanças de Café após Quatorze Dias sem Rega. (Foram feitas pulverizações com sacarose por três dias consecutivos e, logo após a rega foi suspensa. Cada ponto representa o valor médio de quatro repetições).

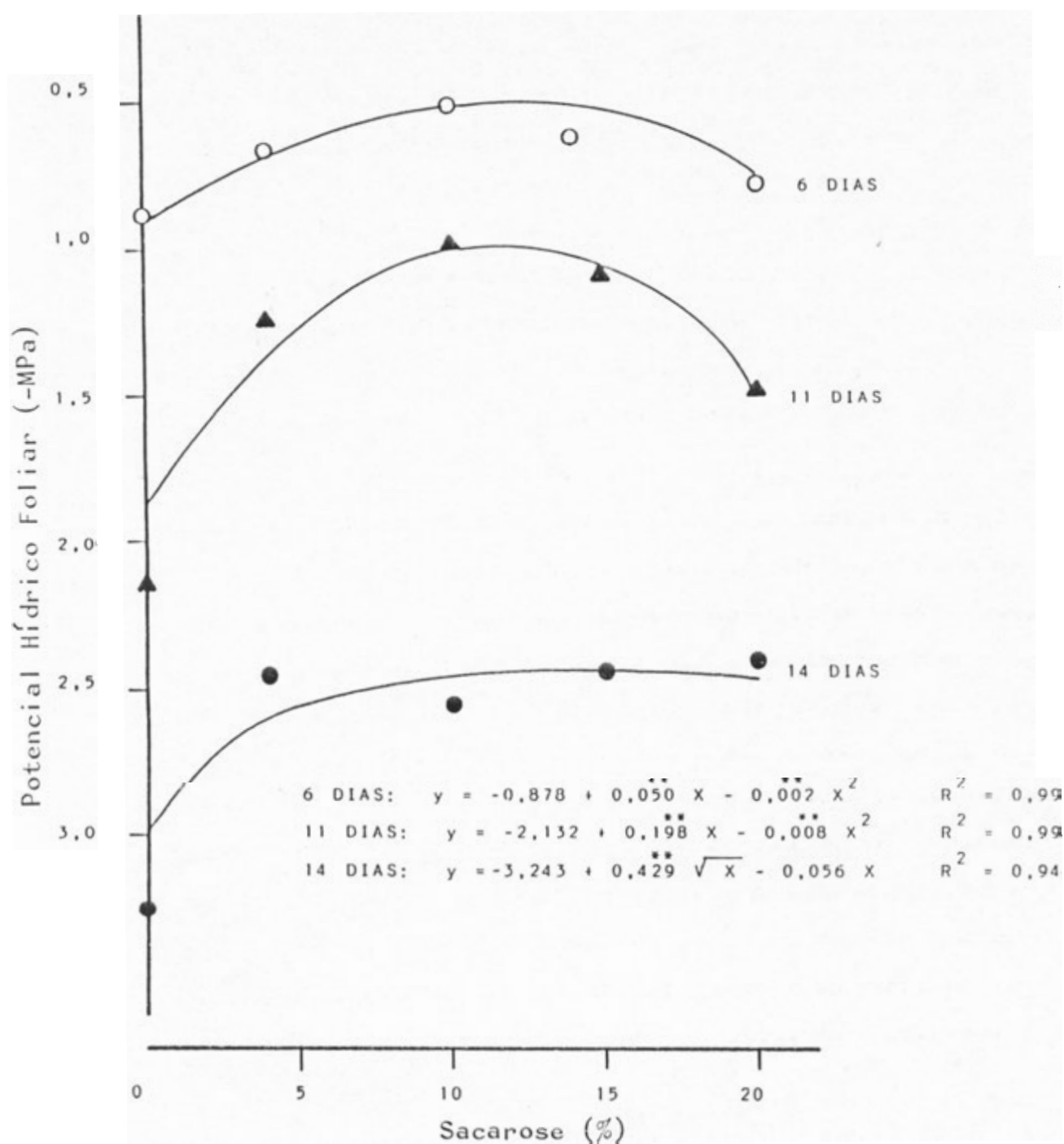


FIGURA 8. Influência de Sacarose sobre o Potencial Hídrico Foliar de Mudas de Café Submetidas à Desidratação. (Foram feitas pulverizações com sacarose, por três dias consecutivos e, logo após a rega foi suspensa. Os dias indicam o período no qual as mudas não receberam água e os pontos representam o valor médio de quatro repetições).

observado nas plantas que foram pulverizadas com sacarose até 10% pode dever-se a vários fatores. Assim, quando as pulverizações promoveram a formação de uma camada de sacarose sobre a superfície da folha, seu efeito físico pode ter reduzido a perda de água por transpiração e, conseqüentemente, levado à manutenção de maior potencial hídrico. Assim, a sacarose absorvida pode ter ocasionado outras respostas, além da formação de barreira física. Anteriormente, mencionou-se que a sacarose pode ter promovido uma eficiência maior na absorção pelas raízes e transporte de água para a parte aérea, o que resultaria num aumento do potencial hídrico das folhas.

Existem informações de que a prolina acumula-se em plantas desidratadas de feijão com níveis de carboidratos elevados, que inibiriam sua oxidação (STEWART, 1972a, 1972b). Aparentemente, durante a inanição promovida pela desidratação, a hidrólise protéica é independente da concentração de carboidratos; no entanto, a utilização de aminoácidos como fonte respiratória não ocorre até que os carboidratos sejam oxidados (STEWART, 1981). Daí, pode-se sugerir que a diminuição dos teores de açúcares observada neste experimento, concomitantemente com a manutenção de uma condição hídrica mais favorável em condições hídricas não-extremas, pode ter ocorrido como conseqüência de sua oxidação; isso promoveria o acúmulo de prolina que exerceria efeito positivo na tolerância das plantas à desidratação.

4.4. Pulverização com Cloreto de Potássio e Sacarose

De modo geral, não se observaram diferenças nas taxas transpiratórias nem no potencial hídrico das folhas relativas aos efeitos de cloreto de potássio e sacarose pulverizados em combinação, quando se utilizou a uréia como base

geral (Quadros 2 e 3). Pode-se sugerir que a uréia tenha interferido na resposta das plantas, em virtude de essa substância, ao ser aplicada, tanto isoladamente como em mistura com cloreto de potássio, promover nas plantas aumento na transpiração e redução no potencial hídrico, em relação às plantas que não receberam urgia.

Seria bastante interessante avaliar-se a resposta ao efeito combinado do cloreto de potássio somente em presença de sacarose, já que, por limitações de tempo, não foi possível proceder-se a essa estimativa no presente trabalho.

QUADRO 2. Análise da Variação dos Efeitos da Sacarose e do Cloreto de Potássio, Pulverizados em Combinação e em Doses Crescentes, sobre as Taxas Transpiratórias de Mudanças de Café Submetidas à Desidratação e Avaliadas em Seis Épocas Diferentes

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios					
		Dias Após a Suspensão da Rega					
		0	2	4	6	8	10
Blocos	3	8,5503**	1,6436	1,5078	1,0936	0,7188	0,8314
T.A. vs Sac. e KCl	1	0,2850	0,0006	0,6767	0,5277	0,0558	0,0172
Sacarose (l)	1	3,0994	0,9952	0,0113	0,2105	0,1358	0,0721
KCl (l)	1	0,0003	0,0237	0,6809	2,1536**	0,6510**	0,3927
Sacarose (q)	1	0,0841	0,0025	0,0029	0,0009	0,0369	0,0947
KCl (q)	1	0,2421	0,7658	0,0787	0,2036	0,0105	0,0408
Sacarose x KCl	1	0,4723	0,7074	0,1999	0,0053	0,0868	0,1621
Indep. Regressão	4	0,5904	0,3377	0,3219	0,1271	0,0823	0,0486
Resíduo	30	0,5283	0,2828	0,2597	0,2833	0,1148	0,0753
CV (%)		24,17	15,99	22,72	39,75	52,18	64,25

T.A. Tratamento adicional; l = efeito linear; q = efeito quadrático.

** Significativo a 5 e 1% de probabilidade.

QUADRO 3. Análise de Variância dos Efeitos da Sacarose e do Cloreto de Potássio, Pulverizados em Combinação e em Doses Crescentes, sobre o Potencial Hídrico Foliar de Mudas de Café Submetidas à Desidratação e Avaliadas em Seis Épocas Diferentes

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios					
		Dias Após a Suspensão da Rega					
		0	2	4	6	8	10
Blocos	3	0,2582**	0,6596**	1,9004**	1,4764**	3,6069**	1,1494*
T.A. vs Sac. e KCl	1	0,039	0,1337	0,5014*	1,2420*	0,6419	0,7154
Sacarose (l)	1	0,0037	0,0028	0,0690	2,0471**	2,3704**	12,0607**
KCl: (l)	1	0,1272	0,3553	0,0067	0,6481	0,8664	0,0268
Sacarose (q)	1	0,0475	0,0446	0,3488	0,7861	1,2920	0,9110
KCl (q)	1	0,1881**	0,0334	0,0229	0,8517	0,4070	0,9547
Sacarose x KCl	1	0,0426	0,0105	0,0002	0,0072	0,2111	0,6044
Indep. Regressão	4	0,0152	0,0921	0,0975	0,2387	1,0574	0,7120
Resíduo	30	0,0377	0,1273	0,1530	0,3108	0,4336	0,3632
CV (%)		26,65	33,83	28,50	27,41	24,58	17,37

T.A. Tratamento adicional; l = efeito linear; q = efeito quadrático.

** Significativo a 5 e 1% de probabilidade.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Estudou-se o efeito de pulverizações com urgia, cloreto de potássio e sacarose sobre a transpiração, teor de nitrogênio e de açúcares solúveis totais nas folhas de mudas de café cultivar 'Mundo Novo' submetidas à desidratação.

A uréia promoveu aumento na transpiração e decréscimo no potencial hídrico e o cloreto de potássio não alterou os efeitos da uréia. Por outro lado, a uréia, em concentrações superiores a 1%, promoveu diminuição da transpiração, sem, contudo, alterar a tendência de decréscimo no potencial hídrico. Plantas que receberam cloreto de potássio e, em menor grau, sacarose, isoladamente, exibiram um potencial hídrico maior e menores taxas transpiratórias. Esse efeito foi revertido, quando se adicionou urgia em combinações com a sacarose e cloreto de potássio. O teor de nitrogênio e de potássio nas folhas, antes da desidratação das mudas pulverizadas com urgia em doses crescentes e em ausência de cloreto de potássio, apresentou tendência de forma linear e quadrática para o nitrogênio e o potássio, respectivamente. Em presença de cloreto de potássio, o aumento da concentração de

urgia até, aproximadamente, 0,6% promoveu diminuição no teor de potássio, aumentando-o, porém, quando se utilizaram doses maiores. Independentemente da concentração de urgia, os níveis de potássio na folha não sofreram variações, mas aumentaram quando o cloreto de potássio esteve presente.

Quando as plantas foram pulverizadas, isoladamente, com cloreto de potássio e sacarose em doses crescentes, observou-se queda na concentração foliar de açúcares solúveis totais. Por sua vez, o teor de potássio nas folhas aumentou com as aplicações de cloreto de potássio.

Os resultados indicam que as pulverizações com uréia exerceram efeito negativo nas plantas submetidas à desidratação, em virtude de haver promovido estímulo na transpiração. As pulverizações com cloreto de potássio em doses de até 1,0% ocasionaram efeito benéfico nas plantas, por possibilitar condição hídrica favorável, mesmo em condições severas de déficit de água. As pulverizações com sacarose resultaram em efeito inferior aos efeitos do cloreto de potássio, obtendo-se bons resultados na sua utilização somente quando a deficiência hídrica não foi severa.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

AKUNDA, E.M.W. e KUMAR, D. Studies with antitranspirants on coffee (Coffea arabica L.). East. Afr. For. J., 45: 230-235, 1980.

ARENS, T. Adubação com uréia e transpiração no cafeeiro. Rev. Agric., 47: 173-179, 1972.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12 ed., Washington, D.C., 1955. 1094 p.

ASPINALL, D. e PALEG, L.G. Proline accumulation: physiological aspects. In: PALEG, L.C. e ASPINALL, D. (eds); The physiology and biochemistry of drought resistance in plants, Sidney, Academic Press, 1981. p. 205-242.

BARNETT, N.M. e NAYLOR, A.W. Amino acid and protein synthesis in Bermuda grass during water stress. Plant Physiol., 41: 1222-1230, 1966.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIERA, M.; BRAGA FILHO, L.J. Determinação da área de folhas de café (Coffea arabica L. cv. 'Bourbon Amarelo'). Rev. Ceres, 20: 44-52, 1973.

BEN-ZIONI, Y.; VAADIA, Y.; LIPS, H. Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate reduction products of the shoot. Physiol. Plant., 24: 288-290, 1971.

- BLACKWOOD, G.C. e MIFLIN, B.J. The effect of nitrate and ammonium feeding on carbon dioxide assimilation in maize. J. Exper. Bot., 27: 735-747, 1976.
- BLEVINS, G.D.; HIATT, J.A.; LOWE, H.R. The influence of nitrate and chloride uptake on expressed sap pH, organic acid synthesis and potassium accumulation in higher plants. Plant Physiol., 54: 82-87, 1974.
- BRAG, H. The influence of potassium on the transpiration rate and stomatal opening in Triticum aestivum and Pisum sativum. Plant Physiol., 26: 250-256, 1972.
- CARVAJAL, J.F. e PEREIRA, J.F. Atomizaciones de azúcar evitan la marchitez cuando se transplanta el café. San José, STICA, 1959. 6 p. (Informe mimeografiado, 59-63)
- CHAVES, S.M.A.; HERNANDEZ, S.F.; GUTIERREZ, Z.G. Efecto de antitranspirantes y azúcar utilizados en el transplante de cafetos a raíz desnuda; Agron. Costarr., 9: 71-78, 1985.
- CRÓCOMO, O.J. Estudo sobre o metabolismo de urgia - C¹⁴ aplicada às folhas de cafeeiro (Coffea arabica L., var. 'Bourbon') normal e deficiente em nitrogênio. Piracicaba, ESALQ, Impr. Univ., 1959. 83 p. (Tese para obtenção do Título de Livre Docente da Cadeira de Química Orgânica e Biológica).
- DONALD, N.M. e BARKER, A.V. Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 94: 235-239, 1969.
- EVANS, H.J. e SORGER, C.J. Role of minerals elements with emphasis on the univalent cations. Annu. Rev. Plant Physiol., 17: 47-76, 1966.
- FIGUEROA, R. Efectos de aspersiones de ácido giberélico y azúcar en plantas de café (Coffea arabica L. Turrialba). STICA, 1959. 103 p. (Tese M.S.)
- FIGUEROA, R. Aplicaciones foliares de sacarosa uniformemente marcada con C¹⁴ en plantas de café. Bol. Trim. Exp. Agrop., 9: 2-7, 1960.
- FIGUEROA, R. Efecto de aspersiones de azúcar en el transplante de café. Café Peruano, 1: 10-12, 1962.
- FISHER, R.A. Stomatal opening: role of potassium uptake by guard cell. Science, 160: 784-785, 1968.

- FISHER, R.A. e HSIAO, T.C. Stomatal opening in isolated epidermal strips of Vicia faba. II. Response to KCl concentration and the role of potassium absorption. Plant Physiol., **43**: 1953-1958, 1968.
- GRAHAM, R.D. e ULRICH, A. Potassium deficiency induced change in stomatal behaviour, leaf water potentials, and root system permeability in Beta vulgaris L: Plant Physiol., **49**: 105-109, 1972.
- HAWKLER, J.S.; MARSCHNER, H.; DOWNTON, W.J.S. Effects of sodium and potassium on starch synthesis in leaves. Aust. J. Plant Physiol., **1**: 491-501; 1974.
- HELLEBUST, J.A. Osmoregulation. Annu. Rev. Plant Physiol., **27**: 485-505, 1976.
- HOOKE, M.L.; SANDER, D.H.; PETERSON, G.A.; DAIGGER, L.A. Gaseous N losses from winter wheat. Agron. J., **72**: 789-792, 1980.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol., **24**: 519-570, 1973.
- HUBER, S.C. Biochemical basis for effects of K-deficiency on assimilate export rate and accumulation of soluble sugars in soybean leaves. Plant Physiol., **76**: 424-430, 1984.
- HUMBLE, G.D. e RASCHE, K. Stomatal opening quantitatively related to potassium transport; evidence from electron probe analysis. Plant Physiol., **48**: 447-453, 1971.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura do café no Brasil; pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, 1986. 215 p.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of Coffea arabica L: a review. Kenya Coffee, **44**: 9-47, 1979a.
- KUMAR, D. Some aspects of plant-water-nutrient relationships in Coffea arabica L. Kenya Coffee, **44**: 15-21, 1979b.
- KUMAR, D. e TIESZEN, L.L. Photosynthesis in Coffea arabica. II. Effects of water stress. Expl. Agric., **16**: 21-27, 1980.
- LEITE, R.A. Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois latossolos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1984. 87 p. (Tese M.S.)
- LEVITT, J. Response of plants to environmental stresses. New York, Academic Press, 1982. vol. 2. 606 p.

- LINDHAUER, M.G. Effects of potassium on water use efficiency. In: COLLOQUIUM INTERNATIONAL OF POTASH INSTITUTE, 13 th. New York, 1977. Proceedings. New York, International Institute Potash. 1978. p. 95-100.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALLO, J.R. e MEDCALD, J.C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agrônômico, 1956. 2p. (Boletim 7a).
- MOTA, J.W.S. Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa, M.G. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1988. 68 p. (Tese M.S.)
- NITSOS, R.E. e EVANS, H.J. Effects of univalent cations on the activity of particulate starch synthetase. Plant Physiol., 44: 1260-1266, 1969.
- NUNES, M.A. Water relations in coffee; significance of plant water deficits to growth and yield: a review. J. Coffee Res., 1: 4-21, 1976.
- QUEIRÓZ, C.G.S. Distribuição e regulação da redutase do nitrato no cafeeiro (Coffea arabica L). Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1986. 51 p. (Tese M.S.)
- RAGHAVENDRA, A.S. Energy supply for stomatal opening in epidermal strips of Commelina benghalensis. Plant Physiol., 67: 385-387, 1981.
- RATNER, A. e JACOBY, B. Effects of K, its counter anion and pH on sodium efflux from barley root tips. J. Exp. Bot., 27: 843-852, 1976.
- RENA, A.S. e MASCIOTTI, G.Z. Efeito do deficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L). Rev. Ceres, 23: 288-301, 1976.
- RENA, A.S. e MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.S.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 13-85. 1986.
- RODRIGUES, O. Efeito da deficiência hídrica na capacidade fotossintética, na resistência estomática, na atividade da redutase do nitrato e no acúmulo de prolina livre em Coffea arabica L, Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1988. 52-p. (Tese M.S.)

- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. Science, 148: 339-346, 1965.
- SKOGLEY, E.O. Potassium in Montana soils. Mont. Agric. Exp. St. Res., 88: 26-31, 1976.
- STEWART, C.R. Effects of proline and carbohydrates on the metabolism of exogenous proline by excised bean leaves in the dark. Plant Physiol., 50: 551-555, 1972a.
- STEWART, C.R. Proline content and metabolism during rehydration of wilted excised leaves in the dark. Plant Physiol., 50: 679-681, 1972b.
- STEWART, C.R. Proline accumulation: Biochemical aspects. In: PALEG, G. e ASPINAL, L.D. (eds.). The physiology and biochemistry of drought in plants. Sidney, Academic Press, 1981. p. 243-259.
- SWIETLIK, D.; KORCAK, R.F.; MIKLOS, F. Effects of mineral nutrient spray on photosynthesis and stomatal opening of water-stressed and unstressed apple seedlings. II. Potassium sulfate sprays. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107: 568-672, 1982.
- SYLVIUS, J.E.; KREMER, D.F.; LEE, D.R. Carbon assimilation and translocation in soybean leaves at different stages of development. Plant Physiol., 62: 54-58, 1978.
- THERMAN, G.L. e ALLEN, S.E. Losses of nitrogen and mineral nutrients from corn grown in green-house pot experiments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38: 322-326, 1974.
- TESHA, A.J. e KUMAR, D. Effect of fertilizer nitrogen on drought resistance in Coffea arabica L.. J. Agric. Sci., 90: 625-634, 1978a.
- TESHA, A.J. e KUMAR, D. Some aspects of stomatal behaviour in Coffea arabica L. I. Effect of soil moisture, soil nitrogen and potassium and air humidity. Kenya Coffee, 43: 339-343, 1978b.
- THIMANN, K.V. Plant senescence: A proposed integration of the constituent process. In: THOMPSON, N.W.; NOTHNAGEL, E.A.; HUFFAKER, R.C. (eds.). Plant senescence: Its biochemistry and physiology. Riverside, American Society of Plant Physiology, 1987. p. 1-19.

VENTAKARAMANAN, D. Drought Tolerance. 2. Technical workshop on coffee. J. Coffee Res., 15: 3-4, 1985.

YAMADA, Y.; WITTEWER, S.H.; BUKOVAC, M.J. Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with especial reference to ^{14}C -urea. Plant Physiol., 40: 170-175, 1965.

ZEIGER, E. The biology of stomatal guard cell. Ann. Rev. Plant Physiol., 34: 441-475, 1983.