

Efeito da temperatura e do teor de umidade na iniciação e desenvolvimento do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. (Gesneriaceae)

Julietta Andrea Silva de Almeida^{1,3} e Maria de Fátima Domingos Aleixo Pereira²

Recebido em 19/05/2003. Aceito em 11/05/2004

RESUMO – (Efeito da temperatura e do teor de umidade na iniciação e desenvolvimento do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. (Gesneriaceae)). *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. pertence à família Gesneriaceae e possui órgão subterrâneo, que está associado à reprodução vegetativa. Este órgão apresenta gemas envoltas por folhas modificadas, as quais armazenam amido. Em seções do rizoma (1,5 a 2,0cm compr.) contendo seis gemas, só uma gema geralmente brota. Esta pode diferenciar-se em dois padrões morfológicos: parte aérea ou rizoma. Em seções mantidas em substrato com baixo teor de umidade (1mL de água) ou em sua ausência, houve brotação do padrão rizoma, em seções em substrato com elevado teor de umidade (12mL de água), brotação do padrão parte aérea. A temperatura de 20°C também favoreceu a brotação do padrão rizoma, independente do volume de água do substrato. Seções também desenvolveram o padrão rizoma em substrato com adição de solução de polietilenoglicol 6000 (PEG), nas concentrações de 161,2; 235,2 e 340,0g/L, que geraram os potenciais de -3, -6 e -12 MPa, respectivamente. Seções mantidas em substrato com baixo teor de umidade (1mL de água) apresentaram redução de massa seca e elevada concentração osmótica em relação àquelas em substrato com elevado teor de umidade. Verificou-se que a formação do padrão rizoma foi influenciada pelos fatores teor de umidade e temperatura. Sugere-se que a brotação do padrão rizoma foi induzida pelo baixo potencial hídrico nas seções, quando mantidas em substrato com baixo teor de umidade. Além disto, evidenciou-se que as gemas do rizoma de *Kohleria eriantha* apresentam elevado grau de plasticidade.

Palavras-chave: brotação, concentração osmótica, padrão morfológico, PEG, teor de umidade

ABSTRACT – (Effect of temperature and the water content in the initiation and developmental of the rhizome of *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. (Gesneriaceae)). *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst is a plant belonging to the family Gesneriaceae, with an underground organ, which is associated with vegetative reproduction. This organ is a rhizome, whose stem bears buds covered with modified leaves that store up starch. In small sections of this rhizome, containing six buds (1.5 to 2.0cm long), only one bud sprouted. The sprouted bud could be differentiated into two morphological pattern: aerial part or rhizome. Sprouting of the rhizome pattern occurred in sections kept on substrate with low water content (1 mL of water), or lacking water, whereas sprouting of the aerial part pattern occurred in sections on substrate with high water content (12 mL of water). Temperature at 20°C also stimulated sprouting of the rhizome pattern, regardless of the water volume in the substrate. Sprouting of the rhizome pattern occurred still in sections on substrate to which polyethylene glycol 6000 (PEG) solution was added at the concentrations of 161.2, 235.2 and 340.0g/L, resulting in potentials of -3, -6 and -12 MPa, respectively. Sections kept on substrate with low water content (1 ml of water) showed a reduction in the dry matter content and high osmotic concentration in comparison with those on substrate with high water content. The results obtained revealed that forming of the rhizome pattern was influenced by water content and temperature. It is suggested that sprouting of the rhizome pattern was induced by the low water potential in the sections, when kept on substrate with low water content. Moreover, it was observed that the rhizome buds of *Kohleria eriantha* showed a high degree of plasticity.

Key words: sprouting, osmotic concentration, morphologic pattern, PEG, water level

Introdução

Kohleria eriantha (Benth.) Hanst pertence à família Gesneriaceae, possui órgão subterrâneo do tipo rizoma, cujas gemas são envolvidas por folhas modificadas que armazenam amido (Almeida & Pereira 2000). Além disto, o rizoma dessa espécie está

associado à reprodução vegetativa, por meio da brotação de suas gemas (Kvist & Skog 1992).

O processo de iniciação e desenvolvimento de órgãos subterrâneos é complexo e varia entre as diferentes espécies. Em *Solanum tuberosum* os tubérculos desenvolvem-se a partir de estolões (Kumar & Wareing, 1972). O primeiro sinal de tuberação é a

¹ Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, C. Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP, Brasil

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Departamento de Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, C. Postal 6109, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil (pereira@desq.feq.unicamp.br)

³ Autor para correspondência: julietasa@iac.sp.gov.br

paralisação do alongamento do estolão, seguido pelo intumescimento da região apical e da formação de gemas laterais (Koda *et al.* 1988).

O ápice das plantas é dotado de uma força de crescimento sem limites (Gupta & Bhambie 1992), sendo o crescimento confinado aos meristemas (Villiers 1975; Ivanov 1989). O meristema apical desenvolve o caule iniciando novos tecidos e órgãos, comunicando sinais ao resto da planta e mantendo o mesmo como região de formação (Medford 1992). Entretanto, o destino do meristema pode ser influenciado pelas condições do ambiente em que a planta se encontra (McDaniel 1984), podendo responder com alterações morfológicas, com isto caracterizando o evento da plasticidade. Plasticidade fenotípica é qualquer alteração no crescimento ou desenvolvimento de um organismo em resposta a sinais do ambiente (Alpert & Simms 2002; Schlichting & Smith 2002). De acordo com Buvat (1989), o desenvolvimento das plantas é caracterizado por alto grau de plasticidade em resposta à influência do ambiente.

A temperatura tem papel importante na iniciação de órgãos subterrâneos, em diferentes espécies (Leakey *et al.* 1977; Mauk & Langille 1978; Alvarenga & Válio 1989). A formação de rizoma em *Lotus corniculatus* é induzida no outono, pelas condições de baixa temperatura (Kallenbach *et al.* 2001). O teor de umidade é outro fator que influencia a formação de órgãos subterrâneos (Rizzini 1965; Schittenhelm 1999; Williams *et al.* 2002). Aleixo & Válio (1976) observaram que gemas de tubérculos de *Cyperus rotundus* não se desenvolveram quando foram mantidas em condição de desidratação, permanecendo quiescente.

O processo de formação do rizoma de *Kohleria eriantha* não é conhecido. No entanto, sabe-se que esse órgão está associado à preservação das plantas na estação seca (Kvist & Skog 1992). Assim, é possível que fatores do ambiente possam influenciar no controle da iniciação e desenvolvimento do rizoma de *Kohleria eriantha*. O objetivo deste estudo foi verificar se os fatores ambientais, temperatura e teor de umidade do substrato, influenciam no controle da iniciação e desenvolvimento do rizoma de *Kohleria eriantha*.

Material e métodos

Foram utilizados rizomas de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst., cujo material testemunho foi depositado no Herbário da UNICAMP. Rizomas de *Kohleria eriantha* foram coletados de plantas

cultivadas em canteiros do Departamento de Fisiologia Vegetal, da Universidade Estadual de Campinas, e, logo após, lavados e escovados sob água corrente para remoção de restos de terra. Estes rizomas foram segmentados em seções pequenas, com uma ou seis folhas modificadas, cujo comprimento variou entre 1,5 a 2,0cm e, colocados para brotar em placas de Petri (9cm diâm.) contendo três folhas de papel filtro, umedecidas com água destilada.

As seções obtidas foram submetidas às temperaturas de 20 e 30°C em luz contínua, combinadas com diferentes teores de umidade do substrato, 1, 2, 3, 4, 5 e 12mL de água destilada, adicionados às placas de Petri. As placas foram acondicionadas em saco plástico transparente para evitar perda de umidade. Foi determinada a perda de umidade do sistema contendo placa de Petri, papel filtro e seções do rizoma por meio de pesagens, ao longo de dezenove dias; sendo adicionado o volume de água perdido, após cada medida. Determinou-se a massa seca das seções do rizoma mantidas em substratos com 1 e 12mL de água, e também de suas brotações, após 72 horas em estufa a 80°C.

Seções do rizoma foram colocadas para brotar em soluções de polietilenoglicol 6000 (PEG), preparadas conforme Michel & Kaufmann (1973), nas concentrações de 161,2; 235,2 e 340,0g/L, que geraram os potenciais de -3, -6 e -12 MPa, respectivamente. Cada solução de PEG foi utilizada em volume de 12mL, adicionada à placa de Petri (9cm diâm.) e, como controle utilizou-se água destilada, 1 e 12mL.

Determinou-se a concentração osmótica de seções do rizoma previamente mantidas em substratos com 1 e 12mL de água (placa de Petri 9cm diâm.), a partir da seiva bruta extraída das seções a cada dois dias, durante quatorze dias, por meio do equipamento Advanced Wide-Range Osmometer 3WII.

Adotou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado para os tratamentos com um fator e o delineamento fatorial para aqueles com mais de um fator. Quando o teste F foi significativo, fez-se a comparação entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% (Pimentel-Gomes 1984).

Utilizaram-se quatro repetições com dez seções em cada uma para os tratamentos com diferentes teores de umidade, de PEG e para a obtenção da massa seca. Para a determinação da concentração osmótica, os tratamentos constaram de três repetições, com seis seções em cada uma.

Os tratamentos relativos ao teor de umidade e soluções de PEG foram avaliados quanto à

porcentagem de brotação, e os resultados transformados em valor angular ($\arcsin \sqrt{\%100}$).

Resultados e discussão

Verificou-se que apenas uma gema brotou por seção do rizoma de *Kohleria eriantha*, contendo seis gemas. A brotação proveniente desta gema pode diferenciar-se em dois padrões morfológicos: parte aérea (Fig. 1A) ou rizoma (Fig. 1B), ambos semelhantes à parte aérea e ao rizoma da planta mãe. A formação desses dois padrões morfológicos indicou a ocorrência de elevado grau de plasticidade nas gemas das seções do rizoma de *K. eriantha*. De acordo com Kigel (1998), rizomas apresentam amplo espectro de plasticidade, podendo variar desde modelos fixos, que resultam em arquitetura estável e específica, àqueles cuja formação de novos rizomas deve-se à interação entre fatores ambiente e controle interno da planta, sendo que a modulação dessa plasticidade pode ocorrer em diferentes estádios de desenvolvimento do rizoma.

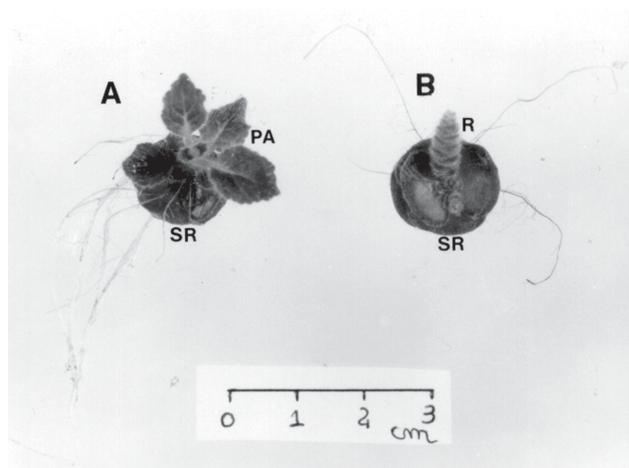


Figura 1. Seções do rizoma (SR) de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. com brotações. (A. Padrão parte aérea e B. Padrão rizoma), formadas após 40 dias em substrato com 12 e 1mL de água, respectivamente.

Na Figura 2 observa-se que os fatores temperatura e teor de umidade influenciaram a diferenciação das gemas das seções do rizoma em padrão parte aérea ou rizoma. O padrão rizoma ocorreu nas seções mantidas em substrato com 1mL de água, nas temperaturas de 20 e 30°C e também em substrato com 12mL, porém a 20°C (Fig. 2A). Já o padrão parte aérea formou-se, principalmente, nas seções em substrato com 12mL de água, a 30°C (Fig. 2B). Estes

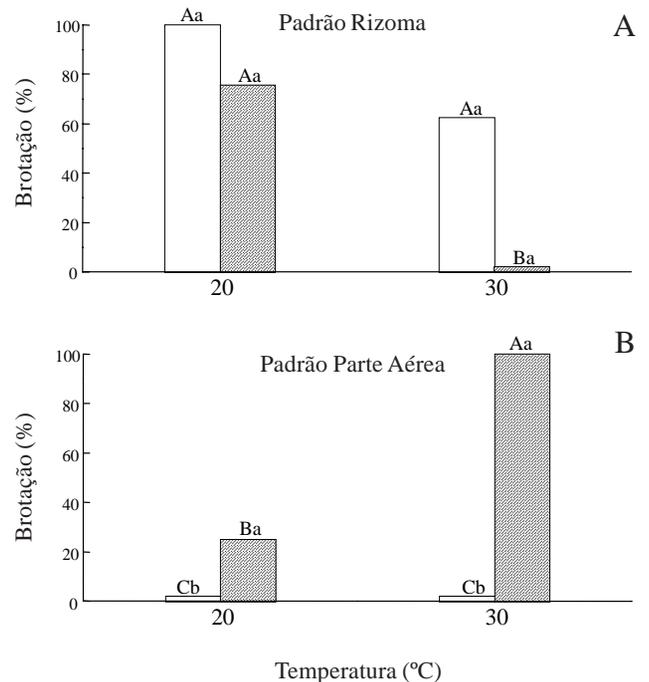


Figura 2. Efeito da temperatura e do teor de umidade do substrato na brotação de seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst., em luz contínua, após 20 após vinte dias do início do experimento. A. Padrão rizoma, B. Padrão parte aérea. Letras maiúsculas comparam tratamento de teor de umidade. Letras minúsculas comparam tratamento de temperatura. □ = 1mL de água; ▨ = 12mL de água.

resultados evidenciam que a brotação do padrão rizoma foi influenciada pelo baixo teor de umidade e ainda pela temperatura mais baixa, 20°C, independente do volume de água do substrato. Além disso, verificou-se que o padrão rizoma ocorreu em seções mantidas em substrato sem qualquer umidade (dados não apresentados). Esses resultados indicam que o destino do meristema das gemas do rizoma de *Kohleria eriantha* é controlado por fatores do ambiente.

A seguir, testou-se o limite de hidratação do substrato que causaria a brotação do padrão rizoma (Fig. 3). Para tanto, seções do rizoma foram colocadas para brotar em substrato com 1, 2, 3, 4 e 5mL de água, a 20 e 30°C. A brotação do padrão rizoma ocorreu na maioria dos tratamentos a 20°C (Fig. 3A), enquanto a 30°C ocorreu somente nas seções mantidas em 1, 2 e 3mL de água (Fig. 3B). Já o padrão parte aérea ocorreu nos tratamentos com 3, 4 e 5mL de água a 20°C (Fig. 3C), e a 30°C nos substratos com 4 e 5mL (Fig. 3D). Novamente, verifica-se que a brotação do padrão rizoma esteve associada ao baixo teor de umidade e o padrão parte aérea aos teores mais elevados, embora, 20°C também tenha favorecido a brotação do padrão rizoma independente do teor de

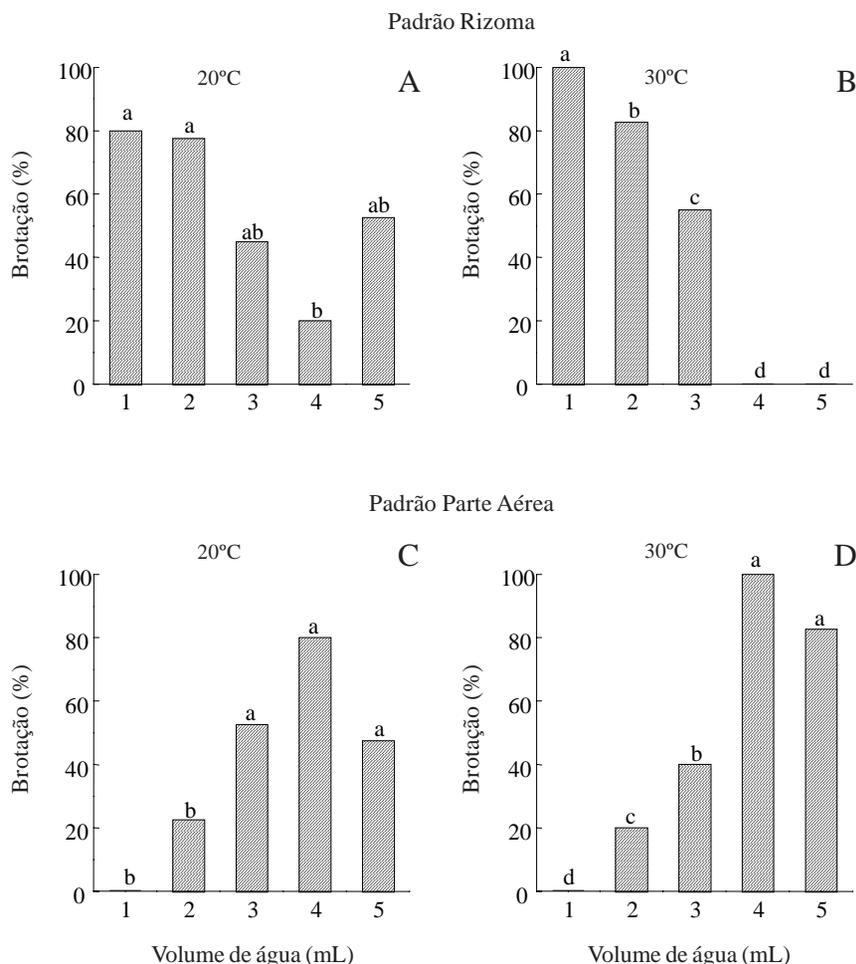


Figura 3. Efeito do teor de umidade do substrato e da temperatura na brotação das seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst., em luz contínua, após 20 dias do início do experimento. A e B: Padrão rizoma, C e D: Padrão parte aérea. Letras diferentes em cada figura indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

umidade. Ressalta-se, ainda, a sensibilidade das gemas do rizoma de *Kohleria eriantha* para diferenciarem-se em padrão parte aérea ou rizoma, em resposta a pequenas alterações do teor de umidade do substrato.

O meristema das brotações desenvolvidas pelas seções do rizoma também foi influenciado pelos fatores teor de umidade e temperatura (Tab. 1). Seções do rizoma mantidas, inicialmente, em substrato com 12mL de água a 30°C tiveram 100% de brotação do padrão parte aérea, e após a sua transferência para 20°C o ápice de 20% destas brotações passou a desenvolver o padrão rizoma. Seções em 12mL de água a 20°C tiveram 87,5% de brotação do padrão rizoma e após a transferência para 30°C o ápice de 55% destas brotações passou a desenvolver o padrão parte aérea. As seções em substrato com 1mL de água desenvolveram o padrão rizoma a 20 e 30°C, mas o ápice de 40% destas brotações passou a diferenciar o

padrão parte aérea após a sua transferência de 20°C para 30°C. Estes resultados evidenciaram que as brotações das seções do rizoma, de ambos os padrões, também apresentam elevado grau de plasticidade, já que seus meristemas apicais foram sensíveis às alterações dos fatores de ambiente.

Passou-se, a seguir a estudar a ocorrência do padrão rizoma a partir de seções mantidas em substrato com baixo teor de umidade. Verificou-se que o sistema contendo placa de Petri, papel filtro e seções do rizoma apresentou reduzida perda de umidade (dados não apresentados). A 20°C, a perda de umidade foi de até 0,3mL, em média, para os volumes de 1 e 12mL de água, enquanto a 30°C foram 0,2 e 0,1mL nos substratos com 1 e 12mL de água, respectivamente, ao final de 19 dias. Estas observações indicaram que as condições iniciais de hidratação do sistema foram pouco alteradas ao longo da condução dos experimentos.

Tabela 1. Efeito da transferência de seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. das temperaturas de 30 e 20°C para 20 e 30°C, respectivamente, na brotação do padrão rizoma. As seções foram colocadas em substratos com 1 ou 12mL de água, luz contínua por 30 dias em cada temperatura.

Volume de água no substrato (mL)	Temperaturas (°C)	
	30 → 20	20 → 30
1	100,0% de rizoma ↓	100,0% de rizoma ↓
	100,0% de rizoma	40,0% de parte aérea
12	100,0% de parte aérea ↓	87,5% rizoma ↓
	20,0% de rizoma	5,0% parte aérea

A seta indica o padrão de brotação formado na temperatura inicial e após sua transferência para a outra temperatura.

Os valores de massa fresca e seca de seções e de suas brotações mantidas em substratos com 1 e 12mL de água são mostrados na Tabela 2. As seções do rizoma tiveram maior massa fresca quando em substrato com 12mL de água do que em 1mL, porém, a massa seca foi semelhante para os dois tratamentos. Para as brotações, a massa fresca foi maior para aquelas oriundas de seções mantidas em 12mL de água e menor para as provenientes de seções em 1mL de água, enquanto a massa seca foi menor para as brotações provenientes de seções em 1mL de água. Esses resultados sugeriram a ocorrência de potencial hídrico mais baixo nas seções mantidas em substrato com 1mL de água, já que se encontrou redução de massa seca tanto das seções, quanto das brotações nessa condição. A redução de crescimento em tecidos vegetais, quando submetidos à condição de baixa disponibilidade hídrica, está associada a baixo potencial

Tabela 2. Massas fresca (MF) e seca (MS), em gramas, de seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. e de suas brotações após 96 dias em substrato com 1 e 12mL de água, em luz contínua, a 30°C. As seções tiveram brotações do padrão rizoma e parte aérea, quando em substrato com 1 e 12mL de água, respectivamente.

Teor de água (mL)	Seção do rizoma		Brotação	
	MF	MS	MF	MS
1	0,5 b	0,1 a ^g	0,1 b	0,009 b
12	0,8 a	0,1 a	0,5 a	0,028 a

Letras diferentes dentro de cada coluna indicam diferenças significativas pelo teste Tukey a 5%.

hídrico (Sharp & Davies 1979; Levit 1980; Ciamporová 1987). Assim, a diferenciação das gemas em padrão rizoma pode ter sido induzida pelo baixo potencial hídrico nas seções em condição de baixa disponibilidade hídrica.

Posteriormente, seções do rizoma foram colocadas para brotar em substrato contendo soluções de PEG, que geraram os potenciais de -3, -6 e -12 MPa, simulando condição de baixo potencial hídrico, e cada uma usada com volume de 12mL (Fig. 4). Todos os tratamentos com PEG causaram o desenvolvimento do padrão rizoma, cuja resposta foi semelhante a das seções em substrato com 1mL de água (Fig. 4A) enquanto o controle, com 12mL de água, formou significativamente o padrão parte aérea (Fig. 4B). A brotação do padrão rizoma em resposta aos tratamentos com PEG reforçou a hipótese anterior, da possível ocorrência de potencial hídrico mais baixo nas seções em substrato com 1mL de água que naquelas em 12mL. Provavelmente, em 1mL de água, as seções passaram a apresentar potencial hídrico mais baixo que aquelas

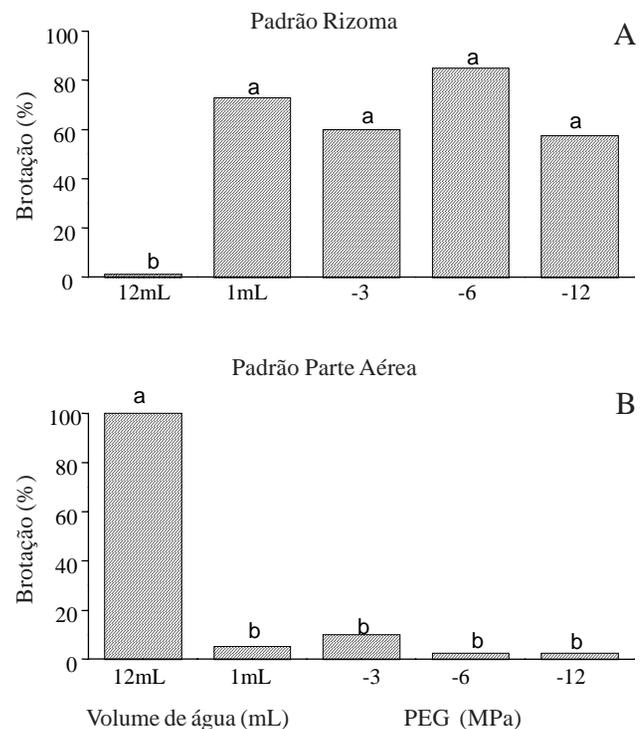


Figura 4. Efeito de PEG na brotação de seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst. a 30°C, em luz contínua, após 20 dias do início do experimento. Cada solução de PEG foi utilizada em volume de 12mL. Seções controle ficaram em substrato com 1 e 12mL de água. Letras diferentes em cada figura indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

em 12mL, induzindo a brotação do padrão rizoma. Possivelmente, o valor desse potencial se encontre na faixa daqueles gerados pelas soluções de PEG, já que estas também causaram a brotação do padrão rizoma.

A ocorrência de ajustamento osmótico evidencia baixo potencial hídrico em tecidos vegetais. A extração e a dosagem de prolina em seções do rizoma de *Kohleria eriantha* mantidas em substratos com 1 e 12mL de água foi realizada a cada dois dias, durante 14 dias. A quantidade de prolina encontrada foi reduzida nos dois tratamentos (dados não apresentados), sugerindo que a prolina não é o soluto que contribui para o ajustamento osmótico de *Kohleria eriantha*. No entanto, Almeida (1997) encontrou elevada quantidade de amido no rizoma de *Kohleria eriantha*, indicando que possivelmente a glicose venha a ser usada para o ajustamento osmótico na espécie em estudo. Estudos têm mostrado que os açúcares podem ser utilizados para o ajustamento osmótico de espécies vegetais sob condição de estresse hídrico (Matsuda & Rayan 1990; Jiang & Huang 2001). Algumas espécies em condição de ajustamento osmótico apresentam redução do conteúdo de amido e acumulação de monossacarídeos (Wang *et al.* 1999; Arndt *et al.* 2000).

A Tabela 3 mostra a concentração osmótica da seiva de seções do rizoma, previamente mantidas em substratos com 1 e 12mL de água, obtida a cada dois dias, durante 12 dias. Como se pode observar, a concentração osmótica foi maior nas seções em substrato com 1mL de água do que naquelas em 12mL. Esse resultado sugere que a brotação do padrão rizoma foi induzida nas seções que apresentaram potencial hídrico mais baixo, corroborando a hipótese anterior.

Tabela 3. Determinação da concentração osmótica a partir da seiva de seções do rizoma de *Kohleria eriantha* (Benth.) Hanst., mantidas em substrato com 1 e 12mL de água, a 30°C, em luz contínua.

Dias ^(*)	Rizoma em substrato com:	
	1mL de água	12mL de água
	g	
0	250,0	250,0
2	292,3	186,0
4	326,3	185,3
6	337,6	203,0
8	347,3	181,0
10	300,0	168,0
12	302,7	164,0
3 meses	667,7	–

(*) Dias após o início do experimento

Assim, verificou-se que nas seções do rizoma de *Kohleria eriantha* em substrato com 1mL de água houve o desenvolvimento do padrão rizoma, e nessa condição verificou-se redução de massa seca e elevada concentração osmótica, características que são associadas à situação de baixo potencial hídrico em tecidos vegetais (Bewley *et al.* 1993).

Os resultados obtidos evidenciaram que o teor de umidade do substrato e a temperatura influenciaram no controle da iniciação e do desenvolvimento do rizoma de *Kohleria eriantha* e sugerem que a brotação do padrão rizoma pode ser induzida pela ocorrência de baixo potencial hídrico nas seções, quando estas são mantidas em substrato com baixo teor de umidade.

Evidenciou-se elevado grau de plasticidade nas gemas do rizoma dessa espécie.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ivany Ferraz Marquez Válio, do Departamento de Fisiologia Vegetal, da UNICAMP, pelas sugestões na execução deste trabalho; aos Professores Dr. João Semir e Dra. Julie H.A. Dutilh, do Departamento de Botânica da UNICAMP, pela gentileza na identificação da espécie estudada; à Dra. Fabiana Sampaio Antonialli de Paula, do Núcleo de Medicina Experimental, da UNICAMP, pela determinação da concentração osmótica.

Referências bibliográficas

- Aleixo, M.F. & Válio, I.F.M. 1976. Effect of light, temperature and endogenous growth regulators on the growth of buds of *Cyperus rotundus* L. tubers. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie** **80**: 336-347.
- Almeida, J.A.S. & Pereira, M.F.D.A. 2000. Multiplicação vegetativa em plantas de *Kohleria* sp. **Revista de Horticultura Ornamental** **6**(1/2): 47-52.
- Alpert, P. & Simms, E.L. 2002. The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust? **Evolutionary Ecology** **16**: 285-297.
- Alvarenga, A.A. & Válio, I.F.M. 1989. Influence of temperature and photoperiod on flowering and tuberous root formation of *Pachyrrhizus tuberosus*. **Annals of Botany** **64**: 411-414.
- Arndt, S.K.; Wanek, W.; Clifford, S.C. & Popp, M. 2000. Constraining adaptations to drought stress in field-grown *Ziziphus mauritiana* and *Prunus persica* trees: water relations, osmotic adjustment and carbon isotope composition. **Australian Journal of Plant Physiology** **27**(11): 985-996.

- Bewley, J.D.; Reynold, T.L. & Oliver, M.J. 1993. Involving strategies in the adaptation to desiccation. Pp. 193-201. J.C. Timothy & E.A. Bray (eds.). In: **Plant responses to cellular dehydration during environmental stress**. The American Society of Plant Physiologists.
- Buvat, R. 1989. **Ontogeny, cell differentiation and structure of vascular plants**. Berlin, Springer-Verlag.
- Ciamporová, M. 1987. The development of structural changes in epidermal cells of maize roots during water stress. **Biologia Plantarum** 29(4): 290-294.
- Gupta, S. & Bhambie, S. 1992. Shoot apex organization, leaf development and behaviour of vegetative bud in *Adiantum incisum* Forsk. **Flora** 187: 259-269.
- Ivanov, V.B. 1989. Development of the ideas of D.A. Sabinin research on root growth and morphogenesis. **Soviet Plant Physiology** 36(5): 683-760.
- Jiang, Y. & Huang, B. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning-enhanced heat tolerance in Kentucky Bluegrass. **Crop Science** 41: 1168-1173.
- Kallenbach, R.L.; Mcgraw, R.L.; Beuselinck, P.R. & Roberts, C.A. 2001. Summer and autumn growth of rhizomatus Birdsfoot trefoil. **Crop Science** 41: 149-156.
- Kigel, J. 1998. Patterns of phenotypic plasticity in rhizome and stolon development. In: **Phenotypic plasticity in plants: consequences of non-cognitive behavior**. An International Workshop. Ben-Gurion University of the Negev. Research Workshop of the Israel Science Foundation. March – 15-19.
- Koda, Y.; Omer, EL-S.; Yoshihara, T.; Shibata, H.; Sakamura, S. & Okazawa, Y. 1988. Isolation of a specific potato tuber inducing substance from potato leaves. **Plant Cell Physiology** 29(6): 1047-1051.
- Kumar, D. & Wareing, P.F. 1972. Factors controlling stolon development in the potato plant. **New Phytologist** 71: 639-648.
- Kvist, L.P. & Skog, L.E. 1992. **Revision of Kohleria (Gesneriaceae)**. Smithsonian Institution Press, Washington 79.
- Leakey, R.R.B.; Chancellor, R.J. & Vince-Prue, D. 1977. Regeneration from rhizome fragments of *Agropyron repens*. **Annals of Applied Biology** 87: 423-431.
- Levitt, J. 1980. Water stress. Pp. 25-280. In: **Responses of plants to environmental stresses**. London, Academic Press.
- Matsuda, K. & Rayan, A. 1990. Anatomy: a key factor regulating plant tissue response to water stress. Pp. 63-88. F. Katterman (ed.). In: **Environmental injury to plants**. New York, Academic Press.
- Mauk, C.S. & Langille, A.R. 1978. Physiology of tuberization in *Solanum tuberosum* L. Ciz-zeatin riboside in the potato plant: its identification and changes in endogenous levels as influenced by temperature and photoperiod. **Plant Physiology** 62: 438-442.
- Mcdaniel, C.N. 1984. Competence, determination and induction in plant development. Pp. 393-412. G.M. Malacinski & S.V. Bryant (eds.). In: **Pattern formation a primer in developmental biology**. New York, Macmillan Publishing Company.
- Medfor, J.I. 1992. Vegetative apical meristems. **Plant Cell** 4: 1029-1039.
- Michel, B.E. & Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology** 51: 914-916.
- Pimentel-Gomes, F. 1984. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba, SP, Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato.
- Rizzini, C.T. 1965. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado. **Annals da Academia Brasileira de Ciências** 37(1): 87-113.
- Sharp, R.E. & Davies, W.P. 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. **Planta** 147: 43-49.
- Schittenhelm, S. 1999. Agronomic performance of root chicory, Jerusalem Artichoke and sugarbeet in stress and nonstress environments. **Crop Science** 39: 1815-1823.
- Schlichting, C.D. & Smith, H. 2002. Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. **Evolutionary Ecology** 16: 189-211.
- Villers, T.A. 1975. Structural modifications in dormancy. Pp. 13-17. In: **Dormancy and the survival of plants** (E. Arnold, ed.). Great Britain, Camelot Press Ltda.
- Wang, H.-L.; Lee, P.-D.; Liu, L.-F. & Su, J.-C. 1999. Effect of sorbitol induced osmotic stress on the changes of carbohydrate and free amino acid pools in sweet cell suspension cultures. **Botanical Bulletin of Academia Sinica** 40: 219-225.
- Williams, M.J.; Valencia, E. & Sollenberger, L.E. 2002. No-till establishment of rhizoma peanut. **Agronomic Journal** 94: 1350-1354.