



OS CRISTAIS DE OXALATO E DE CARBONATO DE CÁLCIO EM PLANTAS – UMA DISCUSSÃO SOBRE SUAS FUNÇÕES. ¹

Geraldo Ceni Coelho², Janete Mariza Adamski³

INTRODUÇÃO: O cálcio desempenha diversas funções na planta, participando na constituição estrutural e em funções fisiológicas. Compõe a lamela média, que é constituída de pectatos de cálcio e magnésio e contribui para a estabilização das biomembranas, formando pontes entre os fosfatos e as proteínas e os grupos carboxílicos dos fosfolipídios. O cálcio também atua na regulação osmótica, promove o crescimento e a divisão celular, e estimula diversas enzimas citoplasmáticas, entre as quais as calmodulinas e as quinases dependentes, especialmente em situações de estresse ambiental. Entretanto, a concentração de Ca^{++} deve ser mantida em níveis baixos no citoplasma, a fim de evitar a precipitação do fosfato, a competição com o Mg^{++} por pontos de ligação, e ativação inoportuna de enzimas, na função de mensageiro secundário. O cálcio livre no citossol deve ser restrito a níveis de $\sim 10^{-5}\text{M}$ (Furlani, 2004). Pequenas flutuações na concentração de Ca^{2+} citossólico alteram drasticamente as atividades de muitas enzimas, fazendo do cálcio um importante mensageiro secundário na transdução de sinais. Em sua função como mensageiro secundário, o cálcio pode ligar-se à calmodulina, e formar o complexo calmodulina-cálcio, o qual vai regular muitos processos metabólicos (Taiz & Zeiger, 2003). Adicionalmente, a concentração apoplástica de cálcio também deve ser regulada para evitar abertura de estômatos em condições de estresse hídrico, o que pode ser particularmente importante em plantas de condições áridas como Cactaceae que apresentam metabolismo CAM, que necessitam manter os estômatos fechados durante o dia (Monje & Baran, 2002). Diante disso, as plantas superiores mostram-se adaptadas às diferenças entre a abundância natural do cálcio no ambiente e os baixos níveis exigidos para os seus processos metabólicos, armazenando o excesso na forma de cristais. Outras funções desses cristais já foram apontadas, tais como contribuir para a defesa contra a herbivoria, auxiliar na desintoxicação de metais e interferir na dispersão da luz e, conseqüentemente, na fotossíntese.

EVIDÊNCIAS SOBRE AS FUNÇÕES: Observa-se que o aumento da disponibilidade de cálcio no meio aumenta o número de cristais de CaOx na planta. Ao contrário, quando a planta está submetida a níveis baixos de cálcio, o número e o tamanho de cristais diminui (Zindler-Frank, 1995; Nakata, 2003; Jáuregui-Zúñiga et al. 2005; Wu et al., 2006). Em certas plantas, como *Phaseolus vulgaris* L., a proporção de oxalato de cálcio por massa seca aumenta conforme o aumento do suprimento de cálcio. Por outro lado, verifica-se que a porcentagem de cálcio insolúvel ligado aos cristais por área de folha não aumenta, enquanto que a massa total de cálcio por área de folha aumenta com a elevação da disponibilidade de cálcio. Estes resultados parecem indicar que a planta pode também alocar o cálcio insolúvel em excesso em outras estruturas (Zindler-Frank et al. 2001), tais como a lamela média. Em *P. vulgaris* ainda, observa-se que o aumento do suprimento de cálcio promove um aumento das células e da extensão da bainha das nervuras de menor calibre. Visto que os cristais de CaOx se formam apenas nestas células, nesta espécie, supostamente estas alterações histológicas servem para acomodar um maior



número de cristais (Zindler-Frank, 1995). A predominância da presença de cristais junto aos tecidos vasculares também pode estar relacionada à necessidade de reduzir a concentração de cálcio no floema, visto que este elemento pode interferir na formação de calose (Paiva e Machado, 2005). Em Comellinaceae, as células subsidiárias da epiderme possuem quantidades variáveis de cristais de CaOx , enquanto que as células-guarda não os possuem. O aumento no suprimento de cálcio leva a um aumento no número de cristais das células subsidiárias. Supõe-se que a formação dos cristais contribua para a redução dos níveis de cálcio no apoplasto. Excesso de cálcio apoplástico livre pode gerar como efeito a diminuição da condutância estomática, visto que inibe a turgescência das células-guarda. Adicionalmente, a redução de turgor pela ação do ácido absísico é cálcio-dependente (Ruiz & Mansfield, 1994). Em condições de redução na disponibilidade de cálcio, as plantas podem apresentar uma redução ou mesmo desaparecimento dos cristais de CaOx . Este processo está relacionado com o aumento de uma enzima que parece estar diretamente relacionada à retirada do cálcio retido nos cristais (Volk et al., 2002). A mobilização do cálcio a partir de cristais cumpre funções importantes também na reprodução vegetal. Um gradiente de concentração de cálcio pode auxiliar no crescimento e orientação do tubo polínico dentro do gineceu (Ilarslan et al., 1997). A acumulação de cristais de CaOx aumenta em folhas submetidas ao desfolhamento (como método de simulação da herbivoria), o que pode caracterizar a formação de cristais como uma forma de defesa induzida (Molano-Flores, 2001). Comparando populações de *Pancratium sickenbergeri* C. et Barbey (Amaryllidaceae) das regiões desérticas do oriente médio, Ruiz et al. (2002) verificaram que a taxa de herbivoria por gazelas (*Gazella dorcas* Linnaeus 1758) tende a ser maior naquelas onde a acumulação de cristais é menor. Por outro lado, danos gerados por simulação de herbivoria não aumentaram a acumulação de cristais, indicando não se tratar de um mecanismo induzido neste caso, mas sim constitutivo. A concentração de cálcio do meio não interfere significativamente na concentração de cristais de CaOx . Assim, interpreta-se a maior acumulação de cristais em certas populações como uma diferença morfogênética que pode estar sendo produzida por seleção natural. Observou-se ainda uma relação de custo-benefício entre crescimento e acumulação de cristais, o que indica um custo metabólico para a formação desta defesa. A combinação entre ráfides e determinadas toxinas em *Dieffenbachia picta* (DC.) Schott e *D. seguine* (Jacq.) Schott pode causar intoxicações em animais e seres humanos. Os idioblastos contendo ráfides são capazes de expulsar violentamente os cristais quando suas membranas e parede são rompidos. Os sintomas incluem sensação de queimadura, salivação intensa, edema das mucosas, e impedimento da respiração (Schenkel et al., 2003). Considerando que sintomas semelhantes são relatados para outras Araceae (*Philodendron*, *Monstera*, *Scindapsus*, *Zantedeschia* e outros gêneros) supõe-se que o mecanismo seja semelhante e freqüente na família. Por outro lado, este efeito não é verificado em outras plantas possuidoras de ráfides, assim o efeito tóxico deve estar relacionado ao sinergismo entre os cristais e as toxinas. Embora diferentes relatos indiquem que os cristais podem se constituir em defesa das plantas contra herbívoros vertebrados, a efetividade dos cristais enquanto defesa contra a herbivoria de Coleoptera foi refutada em outras plantas (Patton et al., 1997). A concentração de oxalato em formas solúveis e insolúveis parecer ter efeito significativo sobre a absorção intestinal de oxalato e de cálcio em humanos. Entretanto, até o presente momento, não se tem conhecimento seguro sobre a



dissolução e absorção de oxalato de cálcio no trato digestivo, e nem sobre o possível efeito sobre a formação de cálculos renais, embora hajam indicações positivas neste sentido (Siener et al., 2006). Quanto aos cristólitos, sugere-se que podem reduzir a herbivoria (Capelloza et al. 1996), mas as evidências empíricas neste sentido são insuficientes. Os cristólitos aumentam de tamanho quando a disponibilidade de cálcio é elevada, embora não aumentem sua densidade. Quando as plantas são transferidas para um meio deficitário em cálcio, estes cristais são desmineralizados e os cristólitos se reduzem (Wu et al., 2006).

¹ Pesquisa Institucional Docente

² Professor do Departamento de Biologia e Química/UNIJUÍ

³ Técnica do laboratório de Botânica - DBQ/UNIJUÍ