

ABSORÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE Cd E MICRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO EXPOSTAS À DOSES DE CÁDMIO. João Batista Martiniano Pereira e Clístenes Williams Araújo do Nascimento. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Viçosa-MG. CEP 36571-000. E-mail: jbp@alunos.ufv.br.

O cádmio (Cd) é um dos metais pesados mais tóxicos para plantas e animais, sendo, entre esses elementos, o que tem apresentado as mais altas taxas de emissão para o ambiente nas últimas décadas, podendo influenciar a absorção de outros elementos presentes no meio de crescimento, especialmente cátions potencialmente competidores como Zn, Mn, Fe e Cu (Cataldo et al., 1983). Efeitos do Cd sobre a absorção de outros cátions, notadamente Fe e Zn, têm sido demonstrados em diversos trabalhos, os quais geralmente apresentam resultados conflitantes.

O presente trabalho objetivou estudar a absorção e a distribuição de Cd por plantas de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) expostas a doses do elemento em solução nutritiva, e o efeito deste metal sobre os conteúdos de Zn, Fe, Mn e Cu nas raízes e na parte aérea das cultivares.

As cultivares de feijoeiro utilizadas no ensaio foram a Ouro Negro e a Carioca. Três dias após a germinação, as plântulas foram crescidas em solução nutritiva de Clark a ¼ de sua força iônica por um período de 5 dias. Após esse período as plantas foram transferidas, em número de duas, para vasos com capacidade de 4,8 litros, contendo solução de Clark a ½ força. Nestes vasos foram aplicadas doses crescentes de Cd (0,0; 0,025; 0,05; 0,10 e 0,50 µg/mL), na forma de CdCl₂.H₂O. Durante o período de condução do ensaio a solução foi mantida sob aeração constante e teve seu pH corrigido, duas vezes ao dia, para 6,0, mediante adição de NaOH.

Após 5 dias de exposição ao Cd, as plântulas foram coletadas e divididas em parte aérea e raiz, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa à temperatura de 70°C, até atingirem peso constante, quando foram então pesadas para obtenção do peso de matéria seca. Posteriormente este material foi moído e porções de 0,2 g sofreram digestão em 6 mL de uma mistura de ácidos nítrico e perclórico na proporção de 3:1(v/v). Nos extratos obtidos, foram analisadas as concentrações de Cd, Fe, Zn, Mn e Cu por espectrofotometria de absorção atômica.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com dez tratamentos (2 cultivares x 5 doses de Cd) e três repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análises de variância e de regressão utilizando-se o *software* SAEG da Universidade Federal de Viçosa.

As doses de Cd aplicadas em solução nutritiva reduziram significativamente a produção de matéria seca das raízes de ambas as cultivares, sendo observado efeito significativo sobre o acúmulo de matéria seca da parte aérea apenas para a cultivar Carioca (Tabela 1). Os sintomas de toxicidade de Cd mais comumente observados nas plantas durante a condução do ensaio, foram encarquilhamento e enrolamento das folhas, inclusive com secamento destas, ao final do ensaio, na dose mais alta de Cd, além de severa restrição no crescimento das raízes.

Nas duas cultivares ocorreu aumento na absorção de Cd com o aumento da concentração do metal na solução nutritiva, sendo que o conteúdo do elemento nas raízes foi muito maior que o conteúdo encontrado na parte aérea (Tabela 2), demonstrando a localização preferencial deste metal nas raízes, observada também em soja (Oliveira et al., 1994) e em milho (Nascimento, 1996).

A cultivar Ouro Negro absorveu maiores quantidades de Cd que a cultivar Carioca; no entanto, mostrou menor redução na sua produção de matéria seca, indicando, possivelmente,

maior tolerância ao Cd. Estes resultados indicam que para as cultivares testadas não parece haver qualquer relação entre menores quantidades de Cd nos tecidos e grau de tolerância ao metal.

TABELA 1. Produção de matéria seca (g) de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) em duas cultivares de feijoeiro (Ouro Negro e Carioca) submetidas a doses de cádmio em solução nutritiva

| Cd ($\mu\text{g/mL}$) | Cultivares ⁽¹⁾ | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------|---------|-------|
| | Ouro Negro | | Carioca | |
| | MSPA | MSR | MSPA | MSR |
| | ----- g ----- | | | |
| 0,000 | 3,82a | 1,36a | 3,13a | 1,15a |
| 0,025 | 3,70a | 1,24a | 3,37a | 1,25a |
| 0,050 | 3,64a | 1,19ab | 3,28a | 1,15a |
| 0,100 | 3,89a | 1,19ab | 3,08a | 1,14a |
| 0,500 | 3,10a | 0,74b | 2,33b | 0,55b |

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 2. Conteúdos ($\mu\text{g}/\text{parte}$) de Cd, Zn, Fe, Mn e Cu na parte aérea e nas raízes de duas cultivares de feijoeiro (Ouro Negro e Carioca) submetidas à doses de cádmio em solução nutritiva

| Cd $\mu\text{g/mL}$ | Conteúdo (μg) | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | Parte Aérea | | | | | Raiz | | | | |
| | Cd | Zn | Fe | Mn | Cu | Cd | Zn | Fe | Mn | Cu |
| | ----- g/parte ----- | | | | | | | | | |
| | Ouro Negro | | | | | | | | | |
| 0,000 | 0,0 | 164,8 | 389,6 | 345,3 | 23,6 | 0,6 | 380,5 | 643,2 | 391,5 | 22,1 |
| 0,025 | 3,6 | 152,5 | 383,5 | 324,1 | 20,6 | 120,9 | 160,5 | 583,6 | 324,7 | 18,4 |
| 0,050 | 5,1 | 155,6 | 389,2 | 326,5 | 33,5 | 168,4 | 158,6 | 782,9 | 147,4 | 20,8 |
| 0,100 | 5,2 | 151,4 | 415,3 | 321,2 | 22,9 | 201,1 | 89,4 | 798,8 | 175,8 | 23,4 |
| 0,500 | 2,6 | 121,1 | 381,9 | 254,9 | 17,8 | 318,4 | 56,6 | 588,4 | 124,4 | 18,5 |
| | Carioca | | | | | | | | | |
| 0,000 | 0,0 | 167,0 | 363,4 | 373,6 | 27,5 | 0,9 | 161,3 | 490,4 | 240,1 | 16,4 |
| 0,025 | 2,4 | 167,5 | 373,2 | 352,6 | 20,3 | 89,6 | 159,9 | 688,2 | 172,9 | 19,3 |
| 0,050 | 3,9 | 156,0 | 281,6 | 304,0 | 18,0 | 134,1 | 122,3 | 701,5 | 196,7 | 20,8 |
| 0,100 | 3,5 | 153,3 | 337,5 | 275,9 | 23,3 | 146,4 | 120,7 | 556,9 | 192,3 | 21,0 |
| 0,500 | 1,6 | 122,7 | 262,6 | 253,7 | 20,0 | 189,7 | 59,7 | 494,1 | 45,2 | 20,9 |

As duas cultivares demonstraram diminuição nos conteúdos de Cd transportados para a parte aérea na dose de 0,5 $\mu\text{g/mL}$ em solução, apesar do elevado aumento no conteúdo do elemento nas raízes nesta dose de Cd; isto sugere a atuação de algum mecanismo responsável pela retenção do metal na raiz. Em diversas espécies este mecanismo pode ser proporcionado pela síntese de fitoquelatinas, polipeptídeos de baixo peso molecular, que podem complexar o Cd encontrado em concentrações tóxicas nas raízes, impedindo seu transporte para a parte aérea e aumentando sua concentração nas raízes (Steffens, 1990).

A presença do Cd em solução diminuiu os conteúdos de Zn nas raízes de ambas as cultivares, o que indica um antagonismo entre esses dois cátions ao nível de absorção radicular, como demonstrado por Cutler & Rains (1974) para cevada. McKenna et al. (1993) e Nascimento (1996) também encontraram resultados semelhantes quanto a absorção de Zn por plantas de alface e milho, respectivamente, expostas a doses Cd. Este efeito do Cd sobre a absorção de Zn se deve,

provavelmente, à semelhança química entre os dois cátions, pertencentes ao mesmo grupo na tabela periódica de elementos.

Os conteúdos de Mn nas raízes e na parte aérea da Ouro Negro não foram significativamente afetados pelo aumento da concentração de Cd na solução nutritiva (Tabela 3). No entanto, os conteúdos desse micronutriente nas raízes e na parte aérea da cultivar Carioca apresentaram um declínio com o aumento das doses de Cd, tal como sugerido por Cataldo et al. (1983).

Com exceção das raízes da cultivar Carioca, que apresentaram um pequeno aumento, não pareceu haver influência sobre os conteúdos de Cu nas raízes e parte aérea das cultivares, resultados que demonstram que o Cd não teve influência sobre as quantidades de Cu absorvidas ou translocadas pelas cultivares.

TABELA 3. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2) obtidos entre as doses de Cd aplicadas em solução nutritiva ($\mu\text{g/mL}$) e os conteúdos (μg) de Cd, Zn, Fe, Mn e Cu na parte aérea e nas raízes de duas cultivares de feijoeiro (Ouro Negro e Carioca)

| ELEMENTO | CULTIVAR | EQUAÇÃO | | R^2 |
|----------|------------|--|--|-------|
| | | Parte aérea | | |
| Cd | Ouro Negro | $\hat{Y} = 0,07 + 28,18^{**}X^{0,5} - 34,81^{**}X$ | | 0,98 |
| Zn | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 149,07$ | | - |
| Fe | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 391,92$ | | - |
| Mn | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 314,39$ | | - |
| Cu | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 23,68$ | | - |
| | | Raiz | | |
| Cd | Carioca | $\hat{Y} = 2,82 + 822,02^{**}X^{0,5} - 532,79^{**}X$ | | 0,99 |
| Zn | | $\hat{Y} = 370,62 - 1301,03^{**}X^{0,5} + 1215,53^{**}X$ | | 0,97 |
| Fe | | $\hat{Y} = 609,99 + 2485,51^{*}X - 5057,36^{*}X^2$ | | 0,72 |
| Mn | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 232,76$ | | - |
| Cu | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 20,66$ | | - |
| | | Raiz | | |
| Cd | Carioca | $\hat{Y} = 0,07 + 20,26^{**}X^{0,5} - 25,62^{**}X$ | | 0,95 |
| Zn | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 153,31$ | | - |
| Fe | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 323,67$ | | - |
| Mn | | $\hat{Y} = 373,57 - 1223,17^{**}X^{0,5} + 1967,32^{**}X$ | | 0,99 |
| Cu | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 21,82$ | | - |
| | | Raiz | | |
| Cd | Carioca | $\hat{Y} = 2,19 + 660,46^{**}X^{0,5} - 560,34^{**}X$ | | 0,99 |
| Zn | | $\hat{Y} = 150,05 - 187,09^{**}X$ | | 0,88 |
| Fe | | $\hat{Y} = \bar{Y} = 586,21$ | | - |
| Mn | | $\hat{Y} = 215,27 - 339,42^0X$ | | 0,91 |
| Cu | | $\hat{Y} = 16,49 + 22,34^{*}X^{0,5} - 22,75^{*}X$ | | 0,98 |

⁰, *, ** Significativo a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Os conteúdos de Fe na parte aérea e nas raízes da cultivar Carioca, bem como o conteúdo deste elemento na parte aérea da cultivar Ouro Negro, não foram afetados pelas concentrações de

Cd (Tabela 3). O conteúdo de Fe nas raízes da Ouro Negro apresentaram um aumento até a dose de 0,1 µg/mL de Cd, para em seguida diminuir na dose mais alta de Cd na solução.

De modo geral, a aplicação de Cd diminuiu os conteúdos totais dos quatro micronutrientes estudados, efeito este que pode ter sido causado por competição entre o Cd e esses cátions pelos sítios de absorção na membrana plasmática (Cataldo et al., 1983) ou por danos ao mecanismo de absorção provocados pela toxicidade do elemento (Turner, 1973). A cultivar Ouro Negro pareceu ter sua composição mineral menos afetada pela presença do Cd em solução quando comparada com a cultivar Carioca. Isto pode sugerir uma causa para a maior tolerância ao metal apresentada pela aquela cultivar. A alteração na composição mineral das plantas pode ser entendida como uma forma de toxicidade indireta do Cd. No entanto, os efeitos do Cd sobre a absorção de outros elementos minerais ainda não são perfeitamente esclarecidos e muitas pesquisas serão ainda necessárias para a completa elucidação dos processos envolvidos.

BIBLIOGRAFIA

- CATALDO, D.A.; GARLAND, T.R.; WILDUNG, R.E. Cadmium uptake kinetics in intact soybean plants. *Plant Physiol.*, Rockville, (73): 844-848, 1983.
- CUTLER, J.M.; RAINS, D.W. Characterization of cadmium uptake by plant tissue. *Plant Physiol.*, Rockville, (54):67-71, 1974.
- McKENNA, I.M.; CHANEY, R.L.; WILLIAMS, F.M. The effects of cadmium and zinc interactions on the accumulation and tissue distribution of zinc and cadmium in lettuce and spinach. *Environ. Pollut.*, Oxford, (79):113-129, 1993.
- NASCIMENTO, C.W. Absorção, distribuição e efeitos do cádmio sobre a composição mineral e a produção de tióis em cultivares de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, UFV, 1996. 50p. (Tese de Mestrado)
- OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A.; CAMBRAIA, J.; ALVAREZ V., V.H. Absorption, accumulation and distribution of cadmium by two soybeans CVS. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, Londrina, (6):91-95, 1994.
- STEFFENS, J.C. The heavy metal - binding peptides of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, Palo Alto, (41):553-75, 1990.
- TURNER, M.A. Effect of cadmium treatment on cadmium and zinc uptake by selected vegetable species. *Journ. Environ. Qual.*, Madison, (2):118-119, 1973.