

Ação herbicida de compostos organoestânicos sobre sementes de *Zea mays* L. (milho)

Herbicide action of organostannic compounds on seeds of *Zea mays* L. (corn)

Alan de Freitas Barbieri¹; Rodrigo Pratte-Santos^{2,3*}; Roberto Santos Barbiéri¹; Mônica Irani de Gouvêia⁴; Alan Kardec Carlos Dias¹, Alexandre Ferreira Féres⁵

1. Centro Universitário de Caratinga – UNEC – Av. Moacyr de Mattos, 49, Centro, Caratinga, MG, 35300-047

2. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES – Departamento de Patologia, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES, 29075-910

3. Faculdade de Ciências Biomédicas do Espírito Santo – Pio XII – Rua Bolivar de Abreu, 48, Campo Grande, Cariacica, ES, 29146-330

4. Universidade Federal de Viçosa – UFV – Departamento de Medicina, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Centro, Viçosa, MG, 35570-900

5. Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR – Av. Castelo Branco, 82, Chácara das Rosas, Três Corações, MG, 37410-000

*Autor para correspondência: rodrigopratte@hotmail.com

Resumo Foram estudados os efeitos de compostos organoestânicos – cloreto de tributilestanho, cloreto de trimetilestanho, óxido de difenilestanho e dicloreto de dimetilestanho – em meio aquoso, nas concentrações de 10, 100 e 1000 mg/L na germinação de sementes da planta *Zea mays* L. (milho). Para a realização do experimento, sementes da planta foram dispostas entre pares de folhas de papel de filtro umedecidas com as soluções dos compostos organoestânicos, com três repetições cada. Os sistemas foram mantidos a 25°C e observados durante 10 dias, avaliando-se a possível ação dos compostos organoestânicos sobre a germinação das sementes e o desenvolvimento de raízes e das folhas da planta.

Palavras-chave: compostos organoestânicos, *Zea mays* L., milho, efeito herbicida.

– tributyltinchloride, trimethyltinchloride, diphenyltin oxide and dimethyltin dichloride – in aqueous environment, in the concentrations of 10, 100 and 1000 mg/L in the germination of seeds of the plant *Zea mays* L. (corn) were studied. For the accomplishment of the experiment seeds of the plant were disposed among pairs of leaves of filter paper moistened with the organostannic compounds solutions, with three repetitions each. The system were kept at 25°C and observed for ten days, being evaluated the possible action of the organostannic compounds on the germination of the seeds and the development of the roots and leaves of the plant.

Keywords: organostannic compounds, *Zea mays* L., corn, herbicide effect.

Abstract The effects of organostannic compounds

Introdução

Compostos organoestânicos

Os primeiros compostos organoestânicos foram descobertos no início da segunda metade do século XIX (Frankland, 1852, apud Nicholson, 1989; Löwing, 1852; Nicholson, 1989). No entanto, só a partir de 1925, com a primeira patente para um composto organoestânico, a química desta classe de compostos passou a ser alvo de atenção pelo variado espectro de aplicações (Luijten, 1972).

No campo tecnológico, compostos organoestânicos são usados como estabilizadores do PVC (cloreto de polivinila) e de outros polímeros vinílicos; em processos de tratamento de água, na preservação de produtos têxteis e de madeira, como catalisadores na produção de espumas poliuretânicas, em reações de esterificação ou de transesterificação, na produção de silicones, e na polimerização de olefinas (Poller, 1970; Davies *et al.*, 1982; Omae, 1989; Davies, 1997). A partir de 1950, investigações sistemáticas demonstraram a ação de compostos organoestânicos em relação a fungos e bactérias, organismos marinhos, vermes parasíticos, insetos e caracóis aquáticos, entre outros. Atualmente são estudados compostos fitossanitários (fungicidas, bacterianos, helmínticos, inseticidas, repelentes e biocidas em geral), com consequentes aplicações em agricultura, veterinária, farmácia e medicina (Luijten, 1972; Kumari; Singh; Tandon, 1994; Barbieri *et al.*, 2007).

Já foram amplamente estudados os efeitos dos compostos organoestânicos sobre os seres vivos, principalmente aqueles correlacionados com suas estruturas, como a ação de acetatos de trialquilestano (CH_3COOR_3) sobre espécies de fungos, insetos e mamíferos em função da natureza dos grupos alquila destes compostos, conforme apresentado esquematicamente na figura 1 (Evans; Karpel, 1985; Omae, 1989). No entanto, são praticamente inexistentes estudos sobre os efeitos dos compostos organoestânicos sobre a germinação de sementes (Pagliarani; Trombetti; Ventrella, 2012).

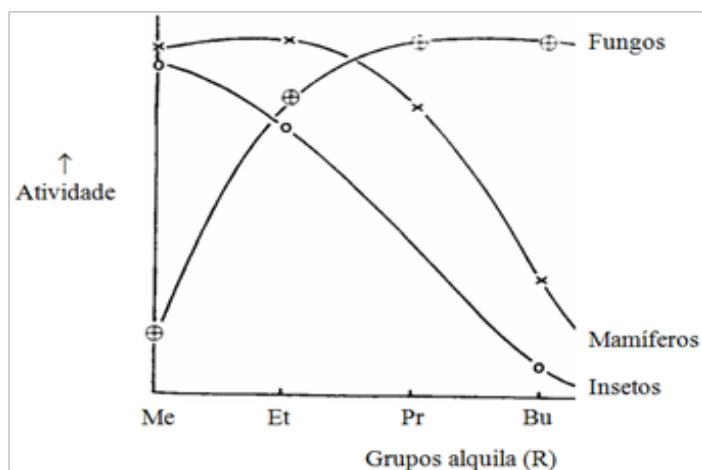


Figura 1 Dependência da atividade biológica (toxicidade) de acetatos de trialquilestano (CH_3COOR_3) com a natureza do grupo alquila [R = Me (CH_3), Et (C_2H_5), Pr (C_3H_7 -), Bu (C_4H_9 -)] para diferentes espécies de seres vivos (Evans; Karpel, 1985; Omae, 1989).

Milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie de cereal diploide e alógama, da família Poaceae (Gramineae), originado até dez mil anos atrás na América Central, sendo uma das plantas cultivadas mais antigas e, certamente, um dos vegetais superiores mais estudados, sobre o qual se tem uma caracterização genética das mais detalhadas relativamente a outras espécies cultivadas (Morales, 2014; Campos, Canéchio Filho, 1987).

O milho (*Zea mays* L.), cereal consumido “in natura” ou na forma de produtos industrializados, tem grande contribuição na alimentação humana e animal, devido principalmente às suas características

Fração	Grão (%)	Amido (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Açúcares (%)	Cinza (%)
Grão inteiro		71,5	10,3	4,8	2,0	1,4
Endosperma	82,3	86,4	9,4	0,8	0,6	0,3
Embrião	11,5	8,2	18,8	34,5	10,8	10,1
Pericarpo	5,3	7,3	3,7	1,0	0,3	0,8
Ponta	0,8	5,3	9,1	3,8	1,6	1,6

Tabela 1 Composição média do grão de milho e seus componentes (Tosello, 1987).

Na tabela 1 apresenta-se a composição média do grão de milho e de seus componentes.

Segundo Pinazza (1993), apud Ribeiro et al (2003), “existem mais de 600 derivados do milho, dos quais, aproximadamente 500 se destinam à alimentação humana”. “Devido à multiplicidade de seu emprego nos diversos segmentos da atividade humana, desempenha importante papel socioeconômico, além de constituir matéria-prima dos diversificados complexos agroindustriais” (Nussio, 1999, apud Moraes, 2014).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, ocupando a terceira posição, ficando apenas atrás dos Estados Unidos e China, destacando-se que na safra 2013, as produções mundiais foram de 350 milhões (EUA), 211 milhões (China) e 72 milhões (Brasil) de toneladas (Agriannual, 2014). A estimativa de produção da safra 2015-2016 é de 82 milhões de toneladas (CONAB, 2016).

O milho é uma das mais importantes culturas do Brasil, destacando-se pela sua área cultivada, pelo maior volume de emprego em mão de obra rural, e como fornecedora de insumos para alimentação animal. Sua cultura ocorre em todo o território nacional e durante o ano todo, destacando-se as épocas de plantio principais, que são o plantio de verão ou primeira safra e o plantio de segunda safra ou safrinha. No total, as Regiões Centro-Sul produzem 91% do milho nacional, sendo 40% no Centro-Oeste, 34% no Sul e 17% no Sudeste (Agriannual, 2014).

Métodos

O presente experimento foi conduzido no laboratório do Centro Universitário de Caratinga – UNEC – Caratinga-MG e as sementes utilizadas foram de *Zea mays* L. (milho), adquiridas no comércio local.

Os reagentes empregados nos experimentos descritos neste trabalho foram utilizados sem purificação prévia: cloreto de tributilestano – Bu_3SnCl –, cloreto de trimetilestano – Me_3SnCl –, óxido de difenilestano – $(Ph_3Sn)_2O$ –, e dicloreto de dimetilestano – Me_2SnCl_2 –, todos produzidos pela Aldrich. Discos de papel de filtro colocados em placas de Petri de 9 cm de diâmetro autoclavadas, foram embebidos com 2 mL de soluções aquosas dos compostos organoestânicos, nas concentrações de 10, 100 e 1000 mg/L e semeadas com dez sementes de milho, mantidas sob o balcão do laboratório à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C), por 10 dias. Foi adicionada água destilada às placas de Petri, quando necessário, para manter a umidade necessária à germinação e crescimento das plântulas.

As germinações foram avaliadas em intervalos de dois dias, sendo observados os comportamentos das folhas e raízes de *Zea mays* (milho) através da aferição do comprimento das mesmas, utilizando o paquímetro como instrumento de medida, após exposição das sementes às soluções aquosas de compostos organometálicos nas diferentes concentrações indicadas.

Concentração mg/L	Cloreto de tributilestanho	Cloreto de trimetilestanho	Óxido de difenilestanho	Cloreto de dimetilestanho
Controle	2,86 (100,0)*	2,86 (100,0)*	2,86 (100,0)*	2,86 (100,0)*
10	1,56 (54,5)*	1,97 (68,8)*	2,80 (97,9)*	2,80 (97,9)*
100	0,74 (25,8)*	0,50 (17,4)*	2,60 (90,9)*	2,70 (95,1)*
1.000	1,26 (44,0)*	0,0	2,20 (76,9)*	2,10 (73,4)*

* Valor relativo ao percentual do controle

Tabela 2 Médias dos comprimentos das folhas de *Zea mays* L. após exposição por 10 dias das sementes às diferentes concentrações de compostos organoestânicos.

Concentração mg/L	Cloreto de tributilestanho	Cloreto de trimetilestanho	Óxido de difenilestanho	Cloreto de dimetilestanho
Controle	6,12 (100,0)*	6,12 (100,0)*	6,12 (100,0)*	6,12 (100,0)*
10	1,34 (21,89)*	0,56 (9,10)*	5,56 (90,8)*	5,05 (82,50)*
100	0,60 (9,80)*	0	6,04 (98,6)*	3,32 (54,20)*
1.000	0,46 (7,50)*	0	3,96 (64,7)*	1,10 (17,90)*

* Valor relativo ao percentual do controle

Tabela 3 Médias dos comprimentos das raízes de *Zea mays* L. após exposição por 10 dias das sementes às diferentes concentrações de compostos organoestânicos.

Resultados

As Tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente os valores dos comprimentos observados das folhas e raízes de *Zea mays* (milho) após exposição das sementes por 10 dias às soluções aquosas de compostos organometálicos em diferentes concentrações.

Discussão

Em todos os experimentos realizados, as médias obtidas para as medidas dos comprimentos das folhas e das raízes brotadas de sementes de *Zea mays* L. expostas por dez dias às soluções aquosas dos compostos organoestânicos cloreto de tributi-

lestanho – Bu_3SnCl –, cloreto de trimetilestanho – Me_3SnCl –, óxido de difenilestanho – $(\text{Ph}_3\text{Sn})_2\text{O}$ –, e dicloreto de dimetilestanho – Me_2SnCl_2 –, nas concentrações de 10, 100 e 1000, mg/L, foram sistematicamente inferiores aos comprimentos dos experimentos controle, nos quais utilizou-se água destilada, conforme foi indicado nas tabelas 2 e 3.

Na figura 2 pode-se visualizar que os comprimentos das folhas das sementes de *Zea mays* L. expostas às soluções aquosas dos compostos organoestânicos estudados são inversamente proporcionais às concentrações das mesmas, relativamente ao desenvolvimento das folhas das sementes do grupo controle, exceto para as sementes que foram expostas ao cloreto de tributilestanho, para o qual a mais efetiva inibição de cresci-

mento das folhas ocorreu na concentração de 100 mg/L, praticamente a metade da inibição de crescimento observada com a solução de cloreto de tributilestanho na concentração de 1000 mg/L.

Ainda na figura 2, destaca-se que o mais eficaz efeito inibitório de germinação e desenvolvimento das folhas das plântulas de milho ocorreu com as sementes que foram expostas ao cloreto de trimetilestanho na concentração de 1000 mg/L, quando a totalidade das dez sementes estudadas sequer chegou a germinar.

Em relação aos comprimentos das raízes das sementes de *Zea mays* L, conforme pode ser obser-

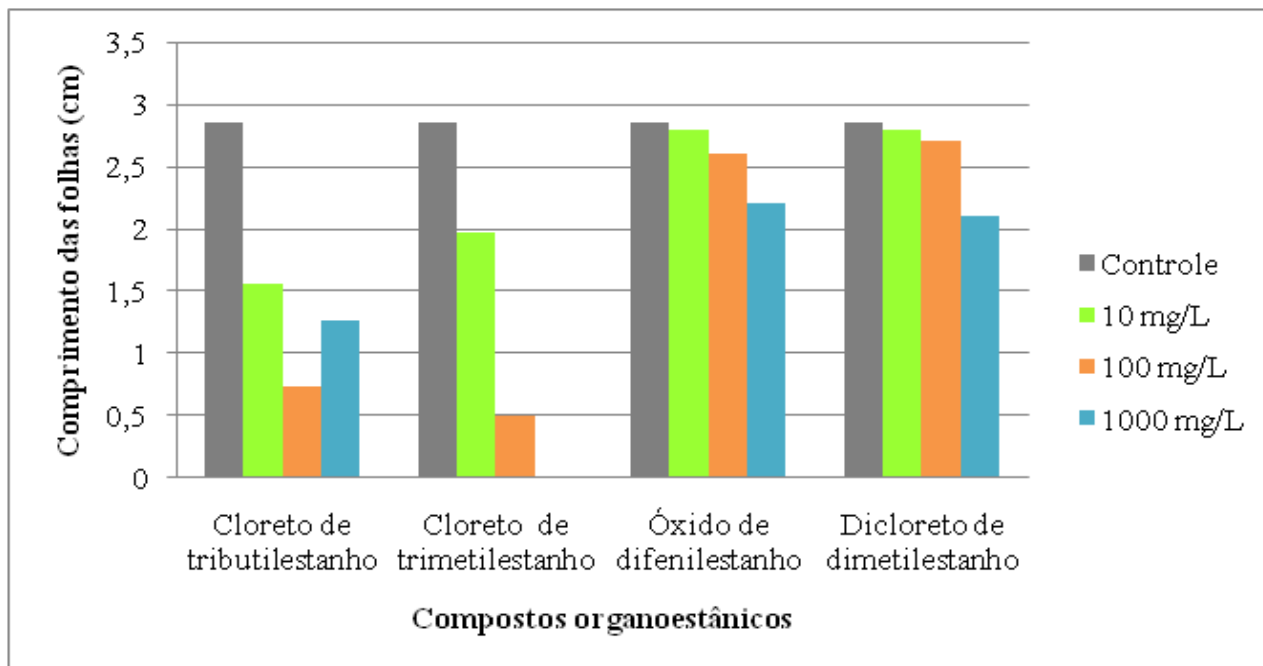


Figura 2 Efeito da exposição a diferentes concentrações do composto de tributilestanho sobre o crescimento das folhas de sementes germinadas de *Zea mays* L.

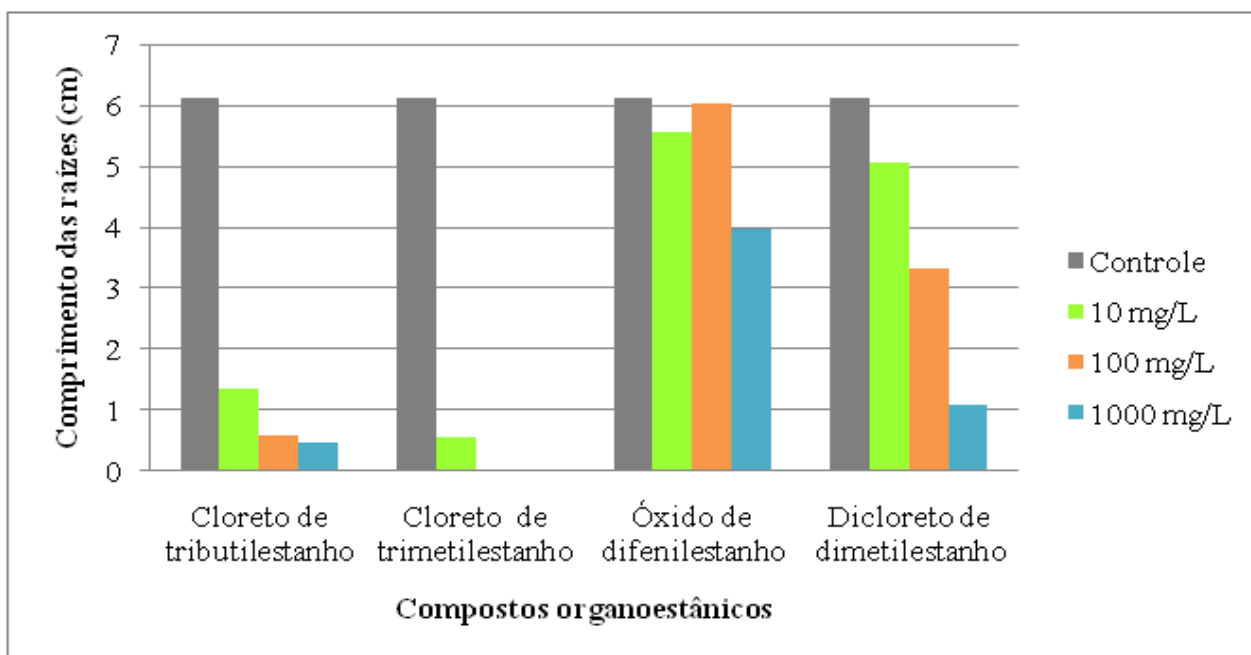


Figura 3 Efeito da exposição a diferentes concentrações do composto de tributilestanho sobre o crescimento das raízes de sementes germinadas de *Zea mays* L.

vado na figura 3, a inibição do crescimento foi inversamente proporcional às concentrações das soluções dos compostos organoestânicos a que foram expostas, exceto para as sementes expostas ao óxido de difenilestanho na concentração de 100 mg/L, que praticamente apresentaram os mesmos desenvolvimentos do grupo de controle.

Da mesma forma como verificado para o efeito inibitório do desenvolvimento das folhas das sementes de *Zea mays* L., observa-se na figura 3, que o mais eficaz efeito inibitório de desenvolvimento das folhas das plântulas de milho ocorreu com as sementes que foram expostas ao cloreto de trimetilestanho nas concentrações de 100 e de 1000 mg/L, situações em que a totalidade das sementes sequer germinou.

Comparando os resultados apresentados nas figuras 2 e 3 é possível observar que o efeito inibitório dos compostos organoestânicos estudados sobre o crescimento das raízes e folhas das sementes de *Zea mays* L. foi mais eficaz para o cloreto de tributilestanho e o cloreto de trimetilestanho, dois compostos alquilestânicos, relativamente aos efeitos dos compostos óxido de difenilestanho, um composto trifenilestânico, e dicloreto de dimetilestanho, um composto diorganoestânico.

O conjunto de resultados obtidos sugere uma continuidade da pesquisa, visando aprofundar os estudos, com a utilização de um maior número de compostos organoestânicos, de modo que possam ser avaliados os efeitos desses compostos organoestânicos mono, di e triaromáticos e mono, di e triaromáticos, no sentido de estabelecer, se for possível, correlações entre estrutura ou natureza dos séries dos mesmos.

Outra sugestão que pode decorrer da pesquisa realizada é o de repetir os mesmos procedimentos com sementes de outros vegetais.

Agradecimentos

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais).

Referências

Agrianual – Anuário da Agricultura Brasileira. Milho. **Informa Economics/FNP – South America**, 349-377, 2014.
Barbiéri RS, Féres AF, Gouvêia MI, Lopes MLS,

Fonseca EA, Póvoa HCC, Terra VR (2007). Ação herbicida de compostos organoestânicos sobre sementes de *Lactuca sativa* L. (alface). **Revista Científica da FAMINAS**, 3(3): 23-32.

Campos T, Canéchio Filho V (1987). **Principais culturas II**. Campinas: ICEA. 401.

Carvalho DCO, Albino LFT, Rostagno HS, Oliveira, JE, Vargas Júnior, JG, Toledo RS, Costa CHR, Pinheiro SRF, Souza, RM (2004). Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 133(2): 358-364.

CONAB (2016) Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**, v. 4, safra 2015-2016 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016.

Davies AG (1997). **Organotin chemistry**. New York: Basel. 328.

Davies AG, Smith PJ (1982). Tin. In, Wilkinson G, Stone FGA, Abel EW. **Comprehensive organometallic chemistry: the syntheses, reactions and structures of organometallic compounds**. Oxford: Pergamon Press. 835.

Evans CJ, Karpel S (1985). **Organotin compounds in modern technology**. Amsterdam: Elsevier. 279 p.

Frankland E (1852). On a new series of organic bodies containing metals. **Philosophical Transactions**, 142: 418-444.

Kumari AS, Ishwar T, Jagdis P. Coordination behavior and microbial studies of organotin (IV) complexes of biologically active heterocyclic benzothiazolines. **Main Group Metal Chemistry**, 17(5) 347-361.

Löwig C (1852). Ueber Zinnäthyle. **Annalen der Chemie**, 84(3): 308-333.

Luijten JGA (1972). Applications and biological effects of organotin compounds. In, Sawyer A (1972). **Organotin compounds**. New York: Marcel Dekker, v. 3. p. 921-974.

Moraes ARA (2014). **Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo (IAC), Campinas, SP.

NEPA (2011) Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e amp. Campinas, NEPA – UNICAMP. 161 p.

Nicholson JW (1989). The early history of organotin chemistry. **Journal of Chemical Education**, 66(8): 621-622.

Nussio LG (1999). A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In, FONTES RE et al. Estudo técnico-econômico do processo produtivo do milho (*Zea mays*): o caso do município de Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, 23(4): 911-917.

Omae I (1989). **Organotin chemistry**. Amsterdam: Elsevier. 320 p.

Pagliarani A, Trombetti F, Ventrella V (Eds.) (2012). **Biochemical and biological effects of organotins**. Sharjah: Bentham. 215 p. (ebook)

Pinazza LA(1993). Perspectiva do milho e do sorgo no Brasil. In, Bull LT, Cantarella H (Eds.) **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 1-10.

Poller RC (1970). **The chemistry of organotin compounds**. London: Logos Press. 315 p.

Ribeiro SAL, Cavalcanti, MAQ, Fernandes, MJS, Lima, DMM (2003). Fungos filamentosos isolados de produtos derivados do milho comercializados em Recife, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, 26(2): 223-229.

Tosello GA (1987). Milhos especiais e seu valor nutritivo. In, Viegas GP, Paterniane E (Eds.) (1987). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, 375-409.