

## VI-082 - AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO ADITIVO PRO-DEGRADANTE DE POLIETILENO NO CRESCIMENTO E GERMINAÇÃO DE PLÂNTULAS

**Simone Anziliero<sup>(1)</sup>**

Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul - UCS. Técnica em Agropecuária com Habilitação em Agricultura pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves - CEFET-BG.

**Jalma Maria Klein**

Licenciada em Química pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI - Erechim - RS). Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade de Caxias do Sul - UCS. Doutoranda em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Mara Zeni**

Professora titular da Universidade de Caxias do Sul - UCS. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade de Caxias do Sul. Mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas e doutora em Dottorato Di Ricerca In Scienza Chimica - Università Degli Studi di Milano.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis - Caxias do Sul - RS - CEP: 95070-560- Brasil - Tel: +54 3218 2109, fax: +54 3218 2100- e-mail: [simoneanziliero@hotmail.com](mailto:simoneanziliero@hotmail.com)

### RESUMO

Íons metálicos como  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Co}^{+2}$  e  $\text{Mn}^{+2}$ , presentes nas formulações dos aditivos pró-degradantes, representam uma solução na eliminação e descarte de resíduos sólidos poliméricos. Quando empregados juntos às resinas poliméricas, o aditivo pró-degradante tem a função de acelerar o processo oxidativo da cadeia polimérica pela ação da luz e/ou calor, favorecendo a degradação pela ação dos microrganismos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito fitotóxico do aditivo pró-degradante oxi-biodegradável sobre o crescimento e germinação de plântulas de alface, aveia e rabanete e a absorção de metais pelo tecido vegetal das culturas (segundo Norma OECD 208 adaptada). O aditivo foi misturado ao solo em uma concentração de 1%. Um controle constituído somente de solo foi adicionado ao experimento. As sementes foram dispostas em vasos não porosos de plástico contendo 1kg de solo: 3 como controle e 3 como tratamento com a adição de 10g do aditivo. Em cada vaso, e para cada cultura, foram plantadas 5 sementes. O experimento foi mantido em estufa de polietileno por 48 dias, sendo monitorados: crescimento vegetativo, umidade e temperatura. Os parâmetros analisados nos testes de fitotoxicidade foram: a germinação relativa das sementes (GRS) e o crescimento relativo da raiz (CRR). Na análise de metais do solo e tecido vegetal das plantas avaliou-se a absorção de manganês (Mn) que representa a base da formulação do aditivo. Os demais metais presentes na formulação do aditivo não foram analisados por apresentarem concentrações muito inferiores às concentrações do solo inicial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitotoxicidade, Aditivo Pró-Degradante, Manganês.

### INTRODUÇÃO

A utilização de materiais biodegradáveis pode ser uma alternativa para reduzir o acúmulo de resíduos poliméricos no meio ambiente. Visando diminuir seu tempo de decomposição, vem crescendo o interesse pelo uso de aditivos pró-degradantes adicionados às formulações de filmes de polietileno contendo íons metálicos de transição como  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Co}^{+2}$  e  $\text{Mn}^{+2}$ , com a função de acelerar o processo oxidativo da cadeia polimérica. A incorporação de oxigênio atmosférico na cadeia polimérica, resulta na formação de grupos funcionais tais como ácidos carboxílicos, ésteres, aldeídos e alcoóis que podem desta forma, ser bioassimilados pelos microrganismos [1].

O aditivo pró-degradante, comercializado como d2W<sup>®</sup>, apresenta componentes ativos como estearatos metálicos e estabilizadores, tipicamente de manganês, que, quando submetido a processos termo-oxidativos pela ação calor, promovem a oxidação da cadeia polimérica e consequentemente o acesso dos microrganismos [2,3].

Durante o período de decomposição, os filmes de polietileno oxibiodegradáveis podem vir a liberar os metais contidos na sua formulação. Esses, junto aos produtos da degradação, podem acumular-se no solo prejudicando desenvolvimento de plantas e, dependendo dos níveis, até contaminar as águas subterrâneas. Desta forma, é fundamental conhecer o efeito dos produtos da degradação bem como os efeitos do aditivo pró-degradante para garantir que não contribuam para a toxicidade do meio.

Segundo Pelegrini et al. (2006) [4], os testes de toxicidade utilizando vegetais constituem recurso prático de baixo custo e de sensibilidade razoável na indicação qualitativa da presença de substâncias tóxicas ou inibidores biológicos no solo. O seu uso permite a verificação rápida do impacto da poluição através do estresse crônico observado e/ou detectado após a exposição por períodos prolongados, sendo esta resposta conservativa e de fácil avaliação. A variabilidade de resultados nestes testes dependem da qualidade do organismo utilizado e das condições bióticas e abióticas mantidas durante os experimentos.

Neste trabalho, avaliou-se os efeitos do aditivo polimérico pró-degradante, comercialmente denominado de d2W®, sobre a germinação das sementes e o crescimento inicial das plantas, prosseguindo com a exposição da substância testada no solo, de acordo com a norma francesa OECD-208, (1984) [5]. Avaliou-se também a absorção de Mn pelo tecido vegetal das culturas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química dos Materiais (LPQM), da Universidade de Caxias do Sul.

A escolha das sementes para o plantio ocorreu de acordo com a norma OECD 208, onde sugere a escolha de espécies pertencentes a 3 categorias. Neste trabalho foram escolhidas as espécies de aveia, rabanete e alface, pela disponibilidade de sementes e a adaptação da cultura conforme o ciclo e época de plantio. A Tabela 1 apresenta as diferentes categorias com suas espécies e seus respectivos nomes científicos:

**Tabela 1: Diferentes categorias de espécies de plantas para testes de fitotoxicidade segundo norma OECD 208.**

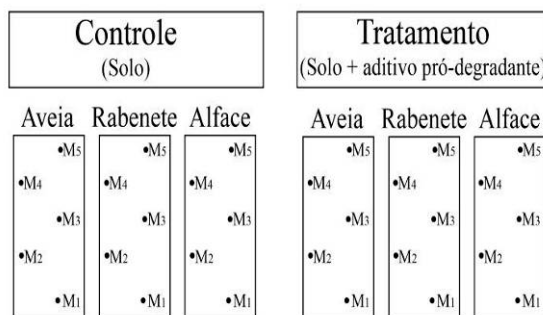
<b>Categoria</b>	<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>
<b>1</b>	azevém	<i>Lolium perenne</i>
	arroz	<i>Oryza sativa</i>
	aveia	<i>Avena sativa</i>
	trigo	<i>Triticum aestivum</i>
	sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>
<b>2</b>	mostrada	<i>Brassica alba</i>
	colza	<i>Brassica napus</i>
	rabanete	<i>Raphanus sativus</i>
	nabo	<i>Brassica rapa</i>
	couve chinesa	<i>Brassica campestris var. chinese</i>
<b>3</b>	ervilha	<i>Vicia Sativa</i>
	feijão	<i>Phaseolus aureus</i>
	trevo vermelho	<i>Trifolium pratense</i>
	trevo branco	<i>Trifolium ornithopodioides</i>
	alface	<i>Lactuca sativa</i>
	agrião	<i>Lepidium Sativum</i>

O Aditivo pró-degradante da marca d2W® doado pela METALLYNE Indústria Metalúrgica Co., Brasil, foi utilizado neste estudo. Solo com granulometria de 9 mesh, coletado no Instituto de Biotecnologia da Universidade de Caxias do Sul, Brasil. Vasos de PVC (não-porosos) de dimensões 24 x 7,5 x 10 cm, adquiridos na Floricultura Amazonas.

O solo, cerca de 6 kg, foi peneirado em peneira de 9 mesh e submetido a análise dos seguintes metais: Al, Ba, Cd, PB, Co, Cu, Cr, Fe, MG, Mn, Ni, K, Na, Zn de acordo com o MÉTODO 3050B, sendo posteriormente analisados em um espectrômetro de absorção atômica (AAS), da marca Varian, modelo SpectrAA 250 Plus. Por exigência da Norma OECD 208, realizaram-se também testes de pH pelo método potenciométrico; umidade, sólidos voláteis e fósforo pelo método gravimétrico; carbono orgânico pelo método Walkley-Black modificado; e nitrogênio total pelo método de titulometria com destilação prévia.

O aditivo pró-degradante (30g) foi triturado no moinho criogênico para favorecer a incorporação no solo. Antes da incorporação, o aditivo também foi submetido à análise de metais conforme o método descrito anteriormente em um AAS.

O teste de fitotoxicidade foi constituído por 6 vasos: em 3 vasos, denominados “controle” foram adicionados 1kg de solo/cada; e em 3 vasos, denominados “tratamento” foram adicionados 1kg de solo e 10g de aditivo pró-degradante. Em cada vaso foram plantadas 5 sementes da mesma espécie e em seguida dispostos em uma estufa externa coberta com polietileno. O esquema de semeadura das três espécies (alface, aveia e rabanete) nos 6 vasos (3 controle e 3 tratamento) é apresentado na Figura 1:



**Figura 1: Esquema de semeadura das sementes de alface, aveia e rabanete nos 6 vasos utilizados no experimento: vasos controle (esquerda) e vasos tratamento (direita).**

Após a germinação das sementes, o desenvolvimento das plantas foi acompanhado diariamente por um período de 48 dias. Como parte de procedimentos diários, as culturas foram regadas a cada 2 dias. Foram medidas também, as temperaturas interna e externa da estufa e crescimento vegetativo (altura) de cada planta.

Os parâmetros analisados para os testes de fitotoxicidade, segundo Mashira et al. (2008) [6] foram, em porcentagem, a germinação relativa das sementes (GRS) e o crescimento relativo das raízes (CRR), apresentados nas equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{GRS(\%)} = \frac{\text{nº de sementes germinadas}}{\text{nº de sementes germinadas no controle}} \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

$$\text{CRR(\%)} = \frac{\text{comp. médio da raiz controle} - \text{comp. médio da raiz tratamento}}{\text{comp. médio da raiz controle}} \times 100 \quad \text{equação (2)}$$

No final do ciclo, após 48 dias, as plantas foram colhidas, pesadas em uma balança analítica da OHAUS, modelo AS200 para a determinação da massa fresca e medidos os comprimentos das raízes para determinação do CRR. Para a análise de absorção de Mn pelo tecido vegetal das culturas e para determinação da massa seca, as plantas foram secas em estufa elétrica com controlador de temperatura modelo N480D, marca Tecnolab, na temperatura de  $70 \pm 5$  °C, por 48 horas. Após este procedimento, as massas secas dos vegetais foram submetidas a ensaios de metais, especificamente Mn, em um AAS.

Através da comparação entre a análise de metais realizada com o solo e o aditivo pró-degradante (Tabela 2), foi possível detectar quantidades elevadas de Mn na formulação do aditivo. As concentrações de todos os metais no solo, exceto Mn, estão acima das concentrações presentes no aditivo pró-degradante. Desta forma, foram realizadas somente análises de Mn dos tecidos vegetais de cada cultura (aveia, rabanete e alface) e comparadas entre as plantas controle e tratamento.

**Tabela 2: Comparativo análise de metais: aditivo pró-degradante e solo.**

Elementos	Aditivo pró-degradante (mg/kg)	Solo (mg/kg)	Limite de detecção (mg/kg)
Alumínio	11,410	65754,1	0,1
Bário	-	42	0,1
Cádmio	-	< L.D.	0,02
Cálcio	63,700	2244,6	0,01
Chumbo	-	16,8	0,05
Cobalto	-	3,5	0,02
Cobre	2,270	40,7	0,01
Cromo	-	7,4	0,04
Ferro	13,400	37113,3	0,04
Magnésio	22,600	2396,8	0,01
Manganês	1717,713	138	0,01
Níquel	-	9,4	0,05
Potássio	-	1845,3	0,01
Sódio	-	474,7	0,01
Zinco	1,296	53,3	0,01

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A germinação das sementes teve início a partir do 4º dia de plantio. A germinação da alface ocorreu em tempos inferiores aos das outras culturas (rabanete e aveia). O ciclo completo de germinação deu-se no 14º dia, com a não germinação da muda de alface M5 *Controle* e a muda de aveia M5 *Tratamento*. A temperatura média registrada externamente a estufa foi de  $19 \pm 4$  °C e internamente  $20 \pm 4$  °C.

A Figura 2 apresenta o aspecto das plantas de alface, aveia e rabanete, após 48 dias do plantio. Foi possível observar que as mudas plantadas tanto no controle como no tratamento não apresentaram nenhum tipo de anomalia ou patologia nas folhas e caules, apresentando um crescimento sadio e homogêneo durante todo o experimento.



**Figura 2: Crescimento das mudas: (a) alface, (b) rabanete e (c) aveia.**

Na Tabela 3, são apresentados os valores de peso fresco e seco, após secagem em estufa a 70 °C por 48 h, podendo-se observar um incremento de massa vegetal em todas as culturas cultivadas no Tratamento em relação ao Controle.

**Tabela 3: Valores de massa fresca e seca das culturas Controle e Tratamento e análise da absorção de manganês dos tecidos vegetais.**

	Alface		Aveia		Rabanete	
	<i>Controle</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Controle</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Controle</i>	<i>Tratamento</i>
Peso Seco (g)	0,783	0,878	0,89	1,093	2,453	3,762
Peso Fresco (g)	13,26	13,69	7,74	10,16	24,4	47,91
Mn (mg/kg)	126,64	173,68	84,56	135,34	117,4	117,4

A absorção de Mn das plantas *Tratamento* em relação às plantas *Controle*, foi observado um aumento nas concentrações dos tecidos vegetais de 37% para a alface e 60% para a aveia (Tabela 3). As concentrações para o rabanete mantiveram-se iguais tanto para o *Controle* quanto para o *Tratamento*, podendo ser explicado pelo fato desta cultura necessitar de maiores quantidades de manganês nas folhas para se desenvolver [7].

Segundo Martins (2001) [8], o Mn nos vegetais está relacionado à respiração, sendo essencial para a enzima oxidante lactase. Sua deficiência pode afetar a agricultura no âmbito mundial.

Os valores em percentual de GRS e CRR (Equação 1 e 2, respectivamente), são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Parâmetros analisados nos testes de fitotoxicidade.**

Parâmetros	Alface	Aveia	Rabanete
GRS (%)	125	80	100
CRR (%)	-48,45	-4,64	-10,86

Os valores percentuais de GRS foram de 125% para a alface pela não germinação da muda M5 *Controle*, 80% para a aveia pela não germinação da muda M5 *Tratamento*. Os valores de CRR foram negativos, devido ao crescimento radicular das plantas *Tratamento* ser superior ao crescimento radicular das plantas *Controle*.

## CONCLUSÕES

Os resultados observados na germinação e no crescimento das plantas mostraram que o aditivo não causou efeitos fitotóxicos, favorecendo o desenvolvimento das raízes e possibilitando um maior crescimento vegetativo das culturas pela possibilidade do próprio aditivo doar os nutrientes (metais) indispensáveis ao crescimento.

As concentrações de Mn nos tecidos vegetais do tratamento, encontram-se dentro das faixas consideradas adequadas (30 - 250 mg/kg) para o desenvolvimento das culturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KOUTNY, M.; LEMAIRE, J.; DELORT, A-M. Biodegradation of polyethylene films with prooxidant additives. *Chemosphere*, vol. 64, p. 1243-1252, 2006.
2. KLEIN, J. Avaliação Da Degradação Do Polietileno Contendo Aditivo Pró-Degradante Em Diferentes Meios De Exposição. 2010, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
3. JAKUBOWICZ, I. Evaluation of degradability of biodegradable polyethylene (PE). *Polymer Degradation and Stability*, vol.80, p. 39-43, 2003.
4. PELEGRINI, N.N.B.; PATERNIANI, J.E.S.; CARNIATO, J.G.; SILVA, N.B. E PELEGRINI, R.T. Estudo da sensibilidade de sementes de Eruca Sativa (Rúcula) utilizando substâncias tóxicas para agricultura. XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA) João Pessoa - PB (2006).
5. OECD (1984c). Guideline 208: Terrestrial Plants, Growth Test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals. OECD, Paris, 1984.
6. MASHIRA, A; CHOUDHURI M. A. Monitoring of phytotoxicity of lead and mercury from germination and early seedling growth indices in two rice cultivars. *Water, Air and Soil Pollution* 114: 339-346, 1999.
7. TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; ANGHINONI, I; BISSANI, C. A; CAMARGO, F.A.O; WIETHOLTER, S. Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC. 10. ed. Porto Alegre, 2004.
8. MARTINS, I.; LIMA, I.V. de. Ecotoxicologia do manganês e seus compostos, Salvador, CRA 2001.