

MÉTODO PARA MONITORAR A CONTAMINAÇÃO DE APLICADORES DE PESTICIDAS NA CULTURA DE TOMATE

ALDEMIR CHAIM *

VERA LUCIA SHERHOLZ SALGADO DE CASTRO **

JOSÉ ABRAHÃO HADDAD GALVÃO ***

Avaliou-se método de monitoramento das deposições de agrotóxico no aplicador caracterizado pelo uso de calda marcada com traçador e técnica especial de amostragem. Empregou-se cobre como traçador, na forma de fungicida, cuja análise espectrofotométrica é de baixo custo e fácil execução, além de possibilitar excelente nível de recuperação. Cartões de papel mata-borrão foram grampeados na roupa de proteção do aplicador, em diferentes regiões anatômicas, como alvo artificial para amostrar as gotas. As maiores taxas de deposição de agrotóxicos ocorreram nas coxas, pernas e tornozelos dos aplicadores, atingindo valor médio entre 76% a 82% da contaminação total do corpo.

PALAVRAS-CHAVE: PESTICIDAS - APLICADORES; EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL; PULVERIZADORES; ANÁLISE DE DEPOSIÇÃO.

1 INTRODUÇÃO

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações com agrotóxicos tem sido a análise das deposições, pois auxilia as decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização. A análise da deposição dos agrotóxicos é baseada na recuperação e detecção das substâncias, da própria superfície das plantas,

* Eng. Agr., M. Sc., Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. (e-mail: alchaim@uol.com.br).

** Pesquisadora, Ph. D., Patologia & Toxicologia, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

*** Eng. Agr., Campos Experimentais, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

de alvos artificiais ou mediante equipamentos específicos de amostragem. A marcação das caldas de pulverização antes de sua dispersão, com traçadores facilmente detectáveis, tem se tornado prática largamente empregada. O custo das análises, a disponibilidade de equipamento analítico e a precisão desejada para os resultados, tornaram-se fatores importantes na escolha de determinado traçador para realização dos ensaios. Alguns pesquisadores têm utilizado como traçador os próprios inseticidas (1, 2, 3, 4), partículas fluorescentes como ZnCaS (5), agrotóxicos marcados (6), radioisótopos (7) e corantes fluorescentes (8, 9, 10, 11). QUANTICK (12) cita os principais métodos para análise de recuperação de químicos em experimentos relacionados às técnicas de aplicação. Dentre estes, o que utiliza como traçador íons metálicos apresenta ótima sensibilidade, baixo custo de análise e podem ser detectados por espectrofotometria de absorção atômica.

A maioria dos pesquisadores tem preferido utilizar-se de substratos artificiais para coleta das gotas, porque nem sempre é possível extrair o traçador de alvos naturais. Não existem alvos artificiais padrão, pois estes variam conforme o tipo de traçador utilizado, o método analítico empregado e, sobretudo, a finalidade dos resultados.

Os métodos para monitoramento de exposição dérmica dos aplicadores de agrotóxicos podem ser classificados em diretos ou dosimetria passiva e indiretos ou monitoramento biológico (13). O monitoramento biológico é utilizado quando se analisa a atividade da enzima colinesterase no sangue, após exposição aos inseticidas organofosforados ou carbamatos. No método direto ou de dosimetria passiva utiliza-se algum mecanismo para coletar o material tóxico que pode atingir as vias de absorção do corpo durante determinado período de exposição.

Os amostradores tradicionalmente utilizados nos métodos diretos são folha de plástico ou almofadas, confeccionadas em papel de alfa-celulose pura, com uma das faces impermeabilizadas por lâmina de vidro ou papel aluminizado, fixadas sob a roupa dos aplicadores (13). Como estes amostradores tradicionais apresentam inconvenientes para uso no campo, MACHADO NETO (14) utilizou absorvente higiênico Carefree® como alternativa e obteve melhores resultados.

DAVIS (15) apresentou diversas técnicas para construção de alvos absorventes destinados à avaliação da exposição ocupacional dérmica aos agrotóxicos. Dentre estas, o uso de papel mata-borrão se apresenta como opção simples e de baixo custo podendo ser facilmente adaptada ao estudo de recuperação dos agrotóxicos que atingem as plantas e o solo.

O objetivo deste trabalho foi testar um método simples para monitorar a deposição de agrotóxicos em aplicadores utilizando-se calda

marcada com traçador e técnica de amostragem, de manuseio rápido e baixo custo analítico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram montados dois ensaios para verificação do grau de exposição dos aplicadores. O primeiro foi realizado no município de Sumaré, São Paulo (SP), numa área de produção comercial de tomate, sendo o processo de aplicação executado com grandes volumes de calda, conforme hábito nesta região. As condições micrometeorológicas do experimento foram medidas utilizando-se anemômetro mecânico FUESS e micropsicrômetro de ar forçado, acoplado a dataloger LI-COR, o que permitiu obter valores da umidade relativa e temperatura a cada 10 minutos. Iniciou-se a coleta dos dados micrometeorológicos 30 minutos antes das pulverizações encerrando-a 30 minutos após. O outro ensaio foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio Ambiente - Jaguariúna, SP, repetindo-se o mesmo método de aplicação do agricultor. Neste ensaio, as condições micrometeorológicas foram monitoradas por uma estação Delta T. Nos dois ensaios utilizou-se pulverizador estacionário com lanças manuais e bicos de pulverização do tipo leque Yamaho D3.

Empregou-se fungicida cúprico como traçador contendo em sua formulação o equivalente a 350 g de cobre metálico/kg. O produto foi aplicado diluído em água procurando-se, na medida do possível, o preparo de caldas com teor de 1.400 mg/L de cobre metálico.

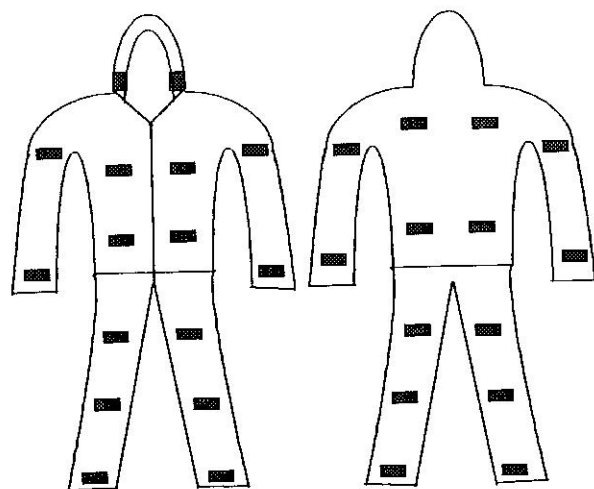
Os ensaios foram realizados em talhões de, aproximadamente, 168 m², com 6 linhas de plantio de 28 metros de comprimento. O espaçamento utilizado no talhão de Sumaré foi de 0,65 x 1,00 m e em Jaguariúna de 0,50 x 1,00 m, perfazendo para cada local o total de 258 e 336 plantas, respectivamente.

A aplicação do traçador foi feita em três estádios de desenvolvimento da cultura, ou seja, 50 cm; 110 cm e 160 cm de altura.

Para as amostragens no corpo do aplicador foram empregados alvos artificiais constituídos de papel do tipo mata-borrão - 250 g/m². Realizou-se teste para determinar a taxa de retenção de líquido pesando-se 20 pedaços de papel de 1,0 cm², secos e posteriormente encharcados com água, cuja diferença entre os pesos forneceu a quantidade de líquido retida por cm² do alvo.

Foram grampeados cartões de 10 x 5 cm na superfície externa da roupa de proteção - Tyvek®, nas regiões anterior e posterior do corpo conforme indicado na Figura 1.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE ALVOS ARTIFICIAIS PARA ESTUDO DE EXPOSIÇÃO DE APLICADORES



De cada cartão foram retirados 10 discos de 7 mm de diâmetro, os quais foram colocados em solução 0,1 normal de ácido nítrico e submetidos à agitação por 30 minutos. O extrato obtido foi filtrado e o teor de cobre determinado em espectrofotômetro de absorção atômica (Shimadzu AA 380). Os teores encontrados nas amostras foram corrigidos pela taxa de extração média das concentrações encontradas e transformados em microgramas de cobre por cm^2 .

As quantidades de cobre encontradas no corpo dos aplicadores foram corrigidas considerando-se que, em todo o experimento, foi utilizada calda com teor de 1400 mg/L de cobre metálico. Os dados obtidos foram convertidos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{hora}$ de exposição. A distribuição percentual da deposição, nas diferentes regiões anatômicas do corpo do aplicador, foi feita relacionando-se a quantidade do traçador encontrado por cm^2 às áreas das diferentes regiões corpóreas do aplicador, cujas dimensões foram calculadas segundo método descrito pela WORLD HEALTH ORGANIZATION (16).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características operacionais verificadas durante a realização dos ensaios são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS ENSAIOS

Parâmetros observados	Altura das plantas (cm)					
	Jaguariúna			Sumaré		
	50	110	160	50	110	160
Velocidade do vento (m/s)	2,2	1,5	3,1	n.d.	n.d.	1,5
Umidade relativa (%)	43	60	42	n.d.	n.d.	77
Temperatura (°C)	28,2	29,4	25,3	n.d.	n.d.	20,8
Velocidade de aplicação (m/s)	0,40	0,32	0,32	0,78	0,60	0,40
Pressão de trabalho (kPa)	410	410	410	1040	1040	1040
Vazão da barra de bicos (mL/s)	23	33	33	25	53	51
Volume de calda gasto (L/ha)	523	1031	1031	326	884	1275

N.d. = não-determinado.

Como a taxa de recuperação de cobre pelo método analítico empregado foi em média 96% para as concentrações encontradas nos experimentos, os valores dos resíduos originalmente obtidos foram corrigidos por esse fator.

A taxa de retenção máxima de água observada no papel mata-borrão foi de $0,0442 \text{ g}/\text{cm}^2$ e, neste caso, o resíduo máximo de cobre que poderia ser encontrado no papel estaria em torno de $61,88 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, considerando a concentração da calda (1400 mg/L) utilizada na pulverização. Este valor máximo não foi encontrado em nenhuma amostra. Além disso, considerando-se a distância percorrida pelo aplicador para pulverizar o talhão (168 m) e a menor velocidade de aplicação (0,32 m/s), o tempo máximo de exposição do aplicador foi de 8,75 minutos. Ao final deste período, não foi notado escorrimento nos cartões amostradores dispostos nas roupas de proteção dos aplicadores.

A técnica de amostragem da deposição nos aplicadores foi diferente da tradicional descrita por MACHADO NETO (14), tanto pelo fato dos cartões terem sido grampeados sobre a roupa de proteção, como pela falta de impermeabilização de uma das faces do papel mata-borrão. O fato de se afixar o papel mata-borrão sobre a roupa de proteção, com auxílio de grampeador, facilitou e agilizou o trabalho de campo.

Observa-se na Tabela 2 que, para as aplicações em plantas com 50 cm de altura, a região com maior contaminação do corpo dos aplicadores

TABELA 2- RESÍDUO DE COBRE ENCONTRADO NAS DIFERENTES REGIÕES ANATÔMICAS DO CORPO DOS APLICADORES, APÓS UMA HORA DE PULVERIZAÇÃO¹

Porte das plantas (cm)	Posição ²	Pescoço	Braços	Ombros	Tórax	Abdômem	Coxas	Pernas	Tornozelos
Aplicador de Sumaré									
50	DA	1,2	1,2	0,7	0,4	1,2	1,9	8,1	71,4
	DP	--	0,7	0,7	1,6	1,4	0,4	1,2	21,5
	EA	0,7	0,7	1,6	0,7	0,4	1,2	5,8	57,9
	EP	--	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	1,6	3,5
110	DA	13,0	26,3	19,1	9,8	6,1	29,4	25,4	31,3
	DP	--	5,3	1,5	12,1	3,2	6,9	17,5	15,2
	EA	4,8	7,8	4,7	4,4	4,9	5,6	11,3	19,5
	EP	--	4,2	5,2	5,3	0,7	2,0	3,6	6,5
160	DA	5,1	4,1	8,2	4,5	11,9	10,0	30,3	43,6
	DP	--	3,6	3,2	6,1	7,1	4,8	9,8	42,8
	EA	7,7	21,1	57,1	23,2	27,1	26,1	25,1	115,1
	EP	--	16,4	12,9	10,1	15,2	10,3	12,1	30,1
Aplicador de Jaguariúna									
50	DA	2,5	1,2	1,9	1,2	1,8	2,8	6,5	15,5
	DP	--	2,3	2,3	2,1	2,3	3,8	11,3	27,3
	EA	0,7	1,2	1,6	1,1	1,5	2,1	2,5	6,2
	EP	--	1,8	13,2	1,3	4,8	1,9	3,1	3,8
110	DA	2,7	5,1	5,1	4,7	3,9	14,6	14,9	30,1
	DP	--	5,1	1,8	1,1	1,7	2,8	6,4	43,6
	EA	4,6	11,3	3,5	7,9	5,7	9,2	17,2	24,2
	EP	--	3,1	1,5	1,7	1,6	1,8	12,1	13,2
160	DA	51,6	13,3	26,3	18,1	19,1	23,1	28,1	20,1
	DP	--	9,6	4,1	2,9	21,4	42,4	3,1	11,5
	EA	53,3	18,6	24,5	22,8	23,4	41,2	45,2	1,9
	EP	--	4,6	4,1	4,5	6,4	9,4	12,2	26,5

¹ Resíduo de cobre em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

² Posição no corpo do aplicador: DA = lado direito anterior; DP = lado direito posterior; EA = lado esquerdo anterior; EP = lado esquerdo posterior.

foi o tornozelo direito. Isso pode ser explicado pela forma com que se movimenta a lança com os bicos de aplicação e, também, pelo baixo porte das plantas. Verifica-se, ainda, que o aplicador de Sumaré esteve

mais exposto ao agrotóxico que o de Jaguariúna. Pode-se notar que a região do tornozelo do primeiro aplicador apresentou resíduo na ordem de $71,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, após uma hora de pulverização. Com o porte da cultura em 110 cm de altura, o aplicador de Sumaré recebeu quantidades mais expressivas do produto que o de Jaguariúna, entretanto, a distribuição da contaminação nas regiões do corpo dos aplicadores foi mais uniforme, atingindo as coxas, abdômen e ombros. No ensaio com plantas de 160 cm de altura observou-se elevada contaminação do pescoço do aplicador de Jaguariúna, com mais de $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de resíduo de cobre, tanto do lado direito como do esquerdo. Este fato está associado ao porte das plantas e à velocidade do vento no momento da aplicação, cerca de 3,1 m/s.

Observa-se pela Tabela 3 que as maiores taxas de deposição ocorreram nas coxas, pernas e tornozelos, atingindo valor médio de 76% para o aplicador de Sumaré e 82% para o aplicador de Jaguariúna. À medida que o porte das plantas aumentou houve acréscimo na contaminação de outras regiões do corpo. A contaminação dos aplicadores variou de um indivíduo para outro e foi dependente das posições e movimentos da lança de pulverização, velocidade de deslocamento, vento e porte da cultura. Estes resultados são corroborados pelos de CALUMPANG (17) que encontrou grande variabilidade no grau de exposição, em quatro aplicadores filipinos, na pulverização de Paration-metil em cultura de feijão estaqueado.

TABELA 3- PORCENTAGEM DE COBRE DEPOSITADO NAS DIFERENTES REGIÕES ANATÔMICAS DO CORPO DOS APLICADORES

Regiões anatômicas dos aplicadores	Altura das plantas (cm)					
	Sumaré			Jaguariúna		
	50	110	160	50	110	160
Braços	0,6	9,4	3,6	2,7	5,6	5,6
Ombros	0,8	6,6	9,4	4,0	3,0	9,0
Tórax	0,4	4,6	4,7	3,1	5,1	8,5
Abdômen	0,7	4,1	7,5	5,1	4,5	10,1
Coxas	2,8	25,9	13,7	14,8	21,8	30,1
Pernas e Tornozelos	94,6	48,5	60,9	69,6	59,6	33,5
Pescoço	0,1	0,9	0,3	0,7	0,5	3,3

Os resultados obtidos com a validação, em campo, do método de monitoramento de contaminação de aplicadores demonstram que a contaminação potencial é muito grande, principalmente nos membros inferiores. A técnica de amostragem do traçador cúprico, com cartões de papel mata-borrão, agiliza os ensaios de campo, fornecendo dados que podem ser usados para qualificar e quantificar o grau de exposição dos aplicadores.

4 CONCLUSÃO

A técnica de amostragem com uso de papel mata-borrão é sensível para qualificar e quantificar o grau de exposição dos aplicadores, em ensaios de curta duração.

O grau de exposição varia conforme o porte das plantas, entretanto mais de 70% da deposição de agrotóxico que ocorre no corpo dos aplicadores concentra-se nas regiões das coxas, pernas e tornozelos.

Abstract

METHOD FOR MONITORING THE PESTICIDES APPLICATORS CONTAMINATION IN TOMATO CULTURE

A monitoring method of pesticide deposition in the applicant, characterized by the use of a tracer marked spray liquid and a special sampling technique, was evaluated. The tracer used was the copper, in a fungicide formulation, with low cost and easy atomic absorption spectrophotometric analysis, besides excellent recovery level possibility. Cards were clipped on protective clothes at different anatomic regions of the spray applicant as artificial targets to catch the droplets. The largest rates of pesticide deposition happened in the thighs, legs and ankles of applicant, reaching a medium value between 76% to 82%, of the total body contamination.

KEY-WORDS: PESTICIDES APPLICANTS; PULVERIZERS; INDIVIDUAL PROTECTION EQUIPMENT.

REFERÊNCIAS

- 1 WARE, G.W.; ESTESEN, G.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. I. High clearance vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.840-843, 1969a.
- 2 WARE, G.W.; APPLE, E.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. II. Mist-blower vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.844-846, 1969b.
- 3 WARE, G.W.; APPLE, E.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; FROST, K.R. Pesticide drift. III. Drift reduction with spray thickeners. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 63, n.6, p.1314-1316, 1970a.
- 4 WARE, G.W.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; WITT, J.M. Pesticide drift. IV. On target deposits from aerial application of insecticides. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.63, n.6, p.1982-1983, 1970b.
- 5 MURRAY, J.A.; VAUGHAN, L.M. Measuring pesticide drift at distance to four miles. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v.9, p.79-84, 1970
- 6 MAYBANK, J.; YOSHIDA, K.; GROVER, R. Droplet size spectra, drift potential, and ground deposition pattern of herbicide sprays. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.54, p.541-546, 1974.
- 7 DOBSON, C.M.; MINSKI, M.J.; MATTHEWS, G.A. Neutron activation analysis using dysprosium as a tracer to measure spray drift. **Crop Protection**, Oxford, v.2, n.3, p.345-352, 1983.
- 8 LILJEDAHL, L.A.; STRAIT, J. Spray deposits measured rapidly. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.40, n.6, p.332-335, 1959.
- 9 YATES, W.E.; AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.6, n.2, p.104-107, 114, 1963.
- 10 FOX, R.D.; BRAZZE, R.D.; REICHARD, D.L.; HALL, F.R. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.4, p.1104-1108, 1990.
- 11 SALYANI, M.; CROMWELL, R.P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.4, p.1113-1129, 1992.

- 12 QUANTICK, H.R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London: Collins, 1985. 427p.
- 13 MACHADO NETO, J.G. Segurança do trabalho com agrotóxicos - situação no Cone Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS: EFICIÊNCIA ECONÔMICA E PRESERVAÇÃO DO AMBIENTE, (26 a 29 março: 1996: Águas de Lindóia). **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1997. p.145-157.
- 14 MACHADO NETO, J.G. **Quantificação e controle da exposição dérmica de aplicadores de agrotóxicos na cultura estaqueada de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), na região de Cravinhos, SP**. Jaboticabal, 1990. 112 p. Tese (Doutorado) - UNESP/FCAV
- 15 DAVIS, J.E. Procedures for dermal and inhalation studies to assess occupational exposure to pesticides. In: SIEWIERSKI, M. ed. **Determination and assessment of pesticide exposure**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.123-131.
- 16 WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Field surveys of exposure to pesticides standard protocol**. Geneva: 1982. 14p.
- 17 CALUMPANG, S.M.F. Exposure of four Philippines farmers to parathion-methyl while spraying string beans. **Pesticide Science**, Chichester, v.46, n.1, p.93-102, 1996