



세척방법에 따른 농산물 중 Dithiocarbamate계 농약 Mancozeb의 잔류농약 제거효과

박은성* · 안윤정 · 한 욱 · 이윤정 · 김효경
국립농업과학원 농산물안전성부 잔류화학평가과

Removal Effect of Dithiocarbamates Pesticide (Mancozeb) Residues in Agricultural Products by Washing Methods

Eunseong Park*, Yoonjeong An, Uk Han, Yunjeong Lee, Hyogyung Kim

Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

(Received on November 28, 2021. Revised on December 16, 2021. Accepted on December 17, 2021)

Abstract A dithiocarbamate non-systemic fungicide, mancozeb is now restricted to be produced in Korea due to its carcinogenic property. In this regard, this study is aimed to measure how much the pesticide residues can be removed from chilli pepper, lettuce, perilla leaf, and cherry tomato harvested after application of mancozeb, after washing the samples with different washing methods. This study investigated four different washing methods (1) only tap water, (2) brewing vinegar, (3) brown rice vinegar, (4) detergent specialized for vegetable and fruit, 100% edible detergent), generally used in Korean household in order to remove the pesticide residues. Removal efficiency of the residues were ranged from 96.01 to 99.75% for lettuce and from 95.98 to 100% for chilli pepper. In case of perilla leaf and cherry tomato, residual mancozeb were 89.78~100% for perilla leaf and 95.77~99.66% for cherry tomatoes removed. The residual pesticide removal efficiency of all washing methods was excellent. In the removal of residual pesticides by washing, the surface characteristics of crops and the systemic property of pesticides are important factors. Since mancozeb, a non-systemic pesticide, mostly remains on the surface of crops, it is well removed and can be safely eaten when washed with sufficient tap water at home.

Key words mancozeb, washing method, removal efficiency, pesticide residue

서 론

Dithiocarbamate계 농약은 유기유황계 농약의 일종으로 농약의 침투 특성에 따라 크게 분류할 때 비침투성 유기살균제에 속하며, 최근 과수, 엽채류 등의 병해 방제에 많이 사용되고 있으나 1960년대 후반, ethylenebisdithiocarbamate (EBDC)농약의 대사 과정에서 나오는 대사산물인 ethylenethiourea (ETU)가 발암성 등이 있는 것으로 만성독성 실험을 통하여 유해 성분으로 밝혀지면서 식품의 안전성 문제가 대두되었다(IARC, 1974; Ruddick et al., 1977).

Dithiocarbamate계 농약은 ziram, thiram, ferbam, zineb,

maneb, mancozeb, metiram, nabam, propineb 9종이 있으며, 이화학적 성질은 Table 1과 같다. Dithiocarbamate 계열의 농약은 화학구조에 따라 thiram, ferbam 및 ziram과 같은 dialkyldithiocarbamate (DDC), mancozeb, maneb, zineb, metiram 및 nabam과 같은 ethylenebisdithiocarbamate (EBDC), 그리고 propineb와 같은 propylenebisdithiocarbamate (PBDC) 등의 3가지 그룹으로 구분된다. 이 중 우리나라에서 현재 사용 중인 농약으로는 thiram, mancozeb, metiram, propineb, 4종이 있으며, 사용이 폐지된 농약으로는 maneb (1989년), zineb (1990년)가 있다.

ETU는 Ludwig et al. (1954)에 의하여 EBDC계 살균제인 nabam으로부터 처음 확인된 화합물로 같은 EBDC계 약제인 zineb, maneb 및 mancozeb 등의 합성 시 불순물로 생성

*Corresponding author
E-mail: esder@korea.kr

Table 1. Physicochemical properties of dithiocarbamate pesticides

Pesticide	Log P	Solubility	
		Water (mg L ⁻¹)	Organic solvent (g L ⁻¹)
Thiram	1.73	18	Acetone 80, chloroform 230, isopropanol 0.7, dichloromethane 170, <i>n</i> -hexane 0.04, toluene 18
Ferbam	-1.6	130	Soluble in acetone, acetonitrile, chloroform
Ziram	1.23	1.58~18.3	Acetone 2.88, <i>n</i> -hexane 0.07, methanol 0.22, toluene 2.33
Maneb	-	Insoluble	Insoluble (soluble in chelating agents)
Mancozeb	-	6.2	Insoluble (soluble in chelating agents)
Metiram	0.33	2.0	soluble (<0.1) in acetone, dichloromethane, <i>n</i> -hexane, methanol, isopropanol
Zineb	< 1.3	10	Insoluble (soluble in chelating agents)
Nabam	-	200,000	Insoluble (soluble in chelating agents)
Propineb	-0.26	10	DMF + DMSO > 200

되고(Bontoyan et al., 1972), EBDC계 약제를 처리한 작물에서도 생성(Newsome et al., 1975)되는 것으로 알려져 있으며, 수용성으로 pH, 열, 가수분해에 안정하나 riboflavin, chlorophyll 등 photosensitizer 존재 하에 쉽게 광분해 된다(Cruickshank and Jarow, 1973; Ross and Crosby, 1973). ETU의 쥐에 대한 급성경구독성(LD₅₀)은 900~1833 mg kg⁻¹으로 보통독성으로 분류되지만 암유발 가능성이 있어 만성독성이 주요 관심 대상이다(Jang et al., 2010). 따라서 농산물 중 ETU 생성을 억제하기 위해 초기 mancozeb의 제거가 매우 중요하다.

작물체에 잔류하는 농약을 제거하기 위하여 물이나 세제 등을 사용하는 방법들이 알려져 있는데, Mori and Tamura (1976)는 토마토 등의 잔류농약 제거 연구에서 유기인제의 제거는 연성세제를 사용하는 것이 물보다 더 높은 효과를 볼 수 있다(Gwon, 2006)고 하였으며, 과채류 전용 세제를 이용한 농약의 세척 효과가 수돗물 세척보다 높았다는 많은 보고가 있다(Choi et al., 1986; Lee와 Lee, 1997; Kim et al., 1997; Lee et al., 2003; Kim et al., 2002; Lee et al., 2003). 그리고 세척에 의한 농산물 중 농약의 제거율은 농약의 이화학적 특성, 농산물 표면의 형태, 세척 방법 등에 따라 큰 차이를 보이는데(Lee and Lee, 1997), 물 세척만으로도 많은 양의 농약이 제거될 수 있다(Lee, 1999)는 연구 보고도 있다.

작물체에 부착된 농약은 대부분 광선에 의한 분해, 강수에 의한 제거, 대기 중 확산, 식물체 내 대사 및 가수분해 등으로 소실되고 시간이 지남에 따라, 그리고 세척으로 대부분 감소하는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000). 또한 잔류농약의 90% 이상이 외피 부분에 존재하기 때문에 흐르는 물에 씻거나 외피를 제거한 후 섭취 시 농약으로 인한 피해를 줄일 수 있기(Ku et al., 2005)에 제거 효과에 관한 연구가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 수확 10일 전에 1회 일괄적으로 농약

안전사용기준의 기준량으로 dithiocarbamate계 농약인 mancozeb 75% 수화제(wettable powder, WP)가 충분히 묻도록 살포된 상추, 고추, 깻잎, 방울토마토를 가정에서 쉽게 처리할 수 있는 수돗물 세척, 양조식초, 현미식초, 과일야채 전용세제(100% 식용기능)를 사용하여 농약의 세척 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

시험작물

대상작물은 소비자가 조리하지 않고 간단히 세척하여 생식하는 과채류 중 방울토마토(*Lycopersicon esculentum*; 품종, 산체리 2호), 고추(*Capsicum spp*; 품종, 녹광)를 선정하였고, 엽채류에서는 상추(*Lactuca sativa* L; 품종, 그레이트), 깻잎(*Perilla frutescens* Britt; 품종, 잎들개 1호)을 선정하여 경기도 남양주시에 위치한 건국대학교 실험농장의 비닐하우스에서 재배하면서 농약을 살포하여 세척 시험의 시료로 사용하였다.

시험농약 및 시약

시험 농약은 현재 우리나라에서 판매되고 있는 dithiocarbamate계 농약 중 가장 많이 사용되고 있는 농약으로 프랑스 듀폰사가 개발한 비침투성 유기유황살균제인 mancozeb 75% WP를 사용하였다. Mancozeb (순도 72.5%) 표준품은 (Dr Ehrenstorfer, Germany)를 구입하여 사용하였고, L-cysteine은 (Daejung, Korea), EDTA disodium salt, CH₃I는 (Junsei, Japan)을 TBAH, 1,2-propanediol은 (Sigma, Germany)를 사용하였으며, 그 밖의 용매는 HPLC용이나 PR (pesticide residue)급을 사용하였다.

약제살포 및 시료채취

작물별 세척 방법에 따른 잔류량 변화의 실험을 수행하기

위하여 비침투성 농약인 mancozeb 75% WP를 안전사용기준의 추천 살포 농도인 500배로 희석하여 경기도 남양주시에 있는 건대 실험농장의 시설하우스에서 재배 중인 고추, 상추, 깻잎, 방울토마토에 배부식 동력분무기로 약액이 충분히 묻도록 골고루 살포하였다. 살포 후 농약이 작물에 충분히 부착될 수 있도록 고추, 방울토마토는 농약 살포 3일 경과 후 발육상태가 균일한 시료를 각각 2 kg을 채취하였고, 상추, 깻잎은 5일 경과 후 발육상태가 균일한 시료를 각각 2 kg씩 채취하였다.

세척방법

수돗물 세척 실험은 과채류인 고추와 방울토마토는 각각의 시료 200 g (상추, 깻잎 100 g)을 수돗물 4 L가 채워진 세척 통에 1분간 침지한 다음 30초간 흐르는 물에 충분히 날개 당(날장씩) 손으로 살살 문지르며 앞면 뒷면 세척 하였다. 양조식초, 현미식초, 과일야채 전용세제(100% 식용)를 이용한 세척 실험은 세척조의 수돗물 4 L를 채우고 3가지 세척제(양조식초, 현미식초, 세제)를 각각 40 mL를 추가한 후, 수돗물 세척 실험과 동일한 방법으로 세척 하였다. 세척율은 세척 전 시료에서의 잔류량과 세척 후 잔류농약의 감소량을 계산하여 구하였다.

잔류농약분석

시료 20~50 g에 L-cysteine 0.3 g과 pH 9.5-10.5 범위로 조절된 0.03 M EDTA-disodium salt 수용액 100 mL를 가한 다음, 5분간 교반하여 추출한 후 추출용액은 GF/C 여과지로 흡인 여과하였다. 시료 용액 중 20 mL를 분액여두에 옮긴 다음, 0.41 M TBAH 3 mL를 가한 후 산과 염기를 가하여 pH를 7.2-8.0으로 조절하였다. 0.05 M CH₃I의 CHCl₃:C₆H₁₄ (5:1, v/v) 용액 30 mL를 상기 시료 용액에 가하고, 실

Table 2. LC condition for residue analysis of mancozeb

Instrument	1100 series, Agilent Technologies, USA
Detector	Diode Array Detector (DAD)
Wave length	272 nm
Column	YMC-Pack Pro C18 RS (4.6 mm id. × 250 mm L., 5 um)
Mobil phase	Acetonitrile : DW (50:50, v/v)
Flow rate	0.7 mL min ⁻¹
Inj Volumn	20 µL
Retention time	10.860

온에서 30초 동안 가볍게 교반한 다음, 5분 동안 정치하여 메틸화하였다. 그 다음, 유기용매 층을 분리하여 무수 Na₂SO₄으로 탈수시켰다. 수층에 0.05 M CH₃I의 CHCl₃:C₆H₁₄ (5:1, v/v)용액 30 mL를 재차 첨가하여 추가로 메틸화하고, 유기용매 층을 분리하여 앞의 유기용매 층과 합한 후, 20중량% 1,2-propanediol acetonitrile 용액 1 mL를 가하여 농축시켰고, 유도체화 된 mancozeb에 acetonitrile로 정용하여 HPLC로 검출하였다. 본 실험에 사용된 기기분석 조건은 Table 2와 같으며 크로마토그램은 Fig. 1에 제시하였다

회수율 및 재현성 시험

분석법의 효율을 검증하기 위한 회수율 실험은 mancozeb (순도 72.5%) 13.8 mg을 취하여 pH 9.5~10.5의 0.03 M EDTA disodium salt 수용액 100 mL에 용해하여 100 mg kg⁻¹ 농도의 표준용액을 제조하고, 100 mg kg⁻¹으로 제조된 mancozeb 1 mL를 각 무처리 시료 50 g에 첨가하였다. 첨가된 시료는 상기 전처리방법에 따라 회수율을 산출한 후 시험 결과에 대한 변이계수(coefficient of variation, CV)를 구하였다.

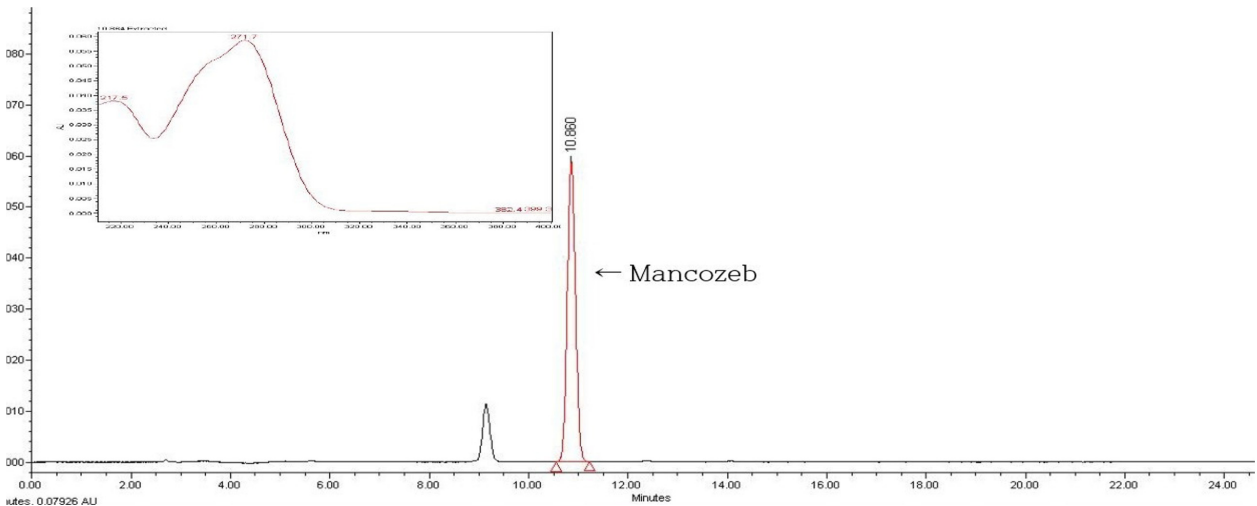


Fig. 1. Chromatogram and spectra of 100 ng of mancozeb standard.

직선성 및 검출한계

HPLC 분석의 검량선 작성은 유도체화 된 100 mg kg⁻¹ 수준의 mancozeb 용액을 각각 0.005, 0.01, 0.1, 1.0, 5.0, 10, 50, 100 mg kg⁻¹ 농도로 표준용액을 조제하였고 이때, 농도별 표준용액 조제 시 20중량% 1,2-propanediol acetonitrile 용액을 사용하여 단계별로 희석하여 20 µL씩 HPLC에 주입하여 작성하였다. 직선성에서 가장 낮은 농도를 선택하여 검출한계로 구하였다.

결과 및 고찰

회수율 및 재현성

분석 대상인 상추, 고추, 깻잎, 방울토마토에 대한 회수율 시험 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 평균 회수율은 87.56~100.23%이었으며, CV는 2.61~3.59%로 분석 간의 편차는 크지 않았다.

직선성 및 검출한계

HPLC 분석의 검량선은 유도체화 된 mancozeb를 20중량% 1,2-propanediol acetonitrile 용액을 사용하여 0.005, 0.01, 0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 mg kg⁻¹의 농도로 조제하였고, 작성된 mancozeb의 표준검량선의 직선식은 $y=426.5193x-0.9948$ 이었다. r^2 값은 1.0000으로 직선성이 확보되었으며, 검출한계(limit of detection, LOD)는 0.005 mg kg⁻¹로 본 실험에서 사용된 시료의 분석에 적합하였다.

세척 방법별 작물 중 잔류농약의 세척 효과

상추 등 4품목의 초기농도는 Table 4에서 제시한 바와 같이 상추 11.71, 고추 5.72, 깻잎 6.82, 방울토마토 10.40 mg kg⁻¹이었고, 수돗물 세척에 의한 잔류농약 제거율은 방울토마토(99.66%) > 상추(99.61%) > 고추(97.90%) > 깻잎(89.78%) 순으로 나타났다. 양조식초 세척에 의한 제거율은 상추(99.75%) > 방울토마토(96.07%) > 고추(95.98%) > 깻잎(91.82%) 순으로 나타났으며(Table 5), 현미식초의 경우 상추(96.01%) > 고추(95.98%) > 방울토마토(95.77%) > 깻잎(91.63%) 순으로(Table 6) 나타났다. 세제 세척에 의한 잔류농약 제거율은 Table 7에 제시한 바와 같이 고추에서 100, 깻잎 100, 상추 99.39, 방울토마토에서 99.31%로 나타났다. 단순 수치상으로는 세척효과의 차이가 있지만 전체적으로 검토했을 때 유의적인 차이는 아닌 것으로 판단되었으며, Seo et al. (2007)은 들깻잎 중 잔류농약 제거의 가장 효과적인 방법을 1회 침지 후 10초간 흐르는 물을 이용한 세척이라고 보고하였는데 이 연구에서도 수돗물에 침지 후 흐르는 물로 세척했을 때 대부분 90% 이상의 잔류농약이 제거되는 경향을 보였다.

세척에 의한 잔류농약 제거율은 작물 표면의 왁스 층 유무, 식품의 형태적 특성 등의 차이에 의해 달라질 수 있으며(Shim et al., 1984; Park et al., 2002; Jegal et al., 2000; Han and Jo, 1999; Gonzalez et al., 1989; Kim et al., 2003; Valverde et al., 2002; Lee et al., 1988), 세척에 의한 잔류농약 제거효율은 약제의 수용성 정도 보다 침투성 여부 및 농산물 특성 등이 주요 요인이라는 보고가 있다(Carbras,

Table 3. Recovery and LOD of analytical method for mancozeb in agricultural commodity

Pesticide	Agricultural Commodity	Fortification (mg kg ⁻¹)	Recovery ± CV (%) ^{a)}	LOD ^{b)} (mg kg ⁻¹)
Mancozeb	Lettuce	2.0	91.40 ± 3.31	0.005
	Pepper	2.0	100.23 ± 2.78	
	Perilla leaf	2.0	87.56 ± 3.59	
	Cherry tomato	2.0	95.03 ± 2.61	

^{a)} Mean values of triplicate samples with coefficient of variation

^{b)} Limit of detection

Table 4. Removal efficiency of mancozeb by water washing in agricultural products

Agricultural products	Mancozeb			
	Initial concentration (mg kg ⁻¹)	Concentration after washing (mg kg ⁻¹)	Removal efficiency (%)	Maximum residue limit (mg kg ⁻¹)
Lettuce (Leaf)	11.71	0.05	99.61	10.0
Chili pepper	5.72	0.12	97.90	7.0
Perilla leaf	6.82	0.70	89.78	0.01 ^{a)}
Cherry tomato	10.40	0.04	99.66	3.0

^{a)} MRL of perilla leaf is 0.01 mg kg⁻¹ based on positive list system

Table 5. Removal efficiency of mancozeb by brewing vinegar in agricultural products

Agricultural products	Mancozeb			
	Initial concentration (mg kg ⁻¹)	Concentration after washing (mg kg ⁻¹)	Removal efficiency (%)	Maximum residue limit (mg kg ⁻¹)
Lettuce (Leaf)	11.71	0.03	99.75	10.0
Chili pepper	5.72	0.23	95.98	7.0
Perilla leaf	6.82	0.56	91.82	0.01 ^{a)}
Cherry tomato	10.40	0.41	96.07	3.0

^{a)} MRL of perilla leaf is 0.01 mg kg⁻¹ based on positive list system

Table 6. Removal efficiency of mancozeb by brown rice vinegar in agricultural products

Agricultural products	Mancozeb			
	Initial concentration (mg kg ⁻¹)	Concentration after washing (mg kg ⁻¹)	Removal efficiency (%)	Maximum residue limit (mg kg ⁻¹)
Lettuce (Leaf)	11.71	0.47	96.01	10.0
Chili pepper	5.72	0.23	95.98	7.0
Perilla leaf	6.82	0.57	91.63	0.01 ^{a)}
Cherry tomato	10.40	0.44	95.77	3.0

^{a)} MRL of perilla leaf is 0.01 mg kg⁻¹ based on positive list system

Table 7. Removal efficiency of mancozeb by detergent in agricultural products

Agricultural products	Mancozeb			
	Initial concentration (mg kg ⁻¹)	Concentration after washing (mg kg ⁻¹)	Removal efficiency (%)	Maximum residue limit (mg kg ⁻¹)
Lettuce (Leaf)	11.71	0.07	99.39	10.0
Chili pepper	5.72	LOD ^{a)}	100	7.0
Perilla leaf	6.82	LOD ^{a)}	100	0.01 ^{b)}
Cherry tomato	10.40	0.07	99.31	3.0

^{a)} LOD : Limit of detection

^{b)} MRL of perilla leaf is 0.01 mg kg⁻¹ based on positive list system

1998; Carbras and Angioni, 2000; Krol and Arsenault, 2000; Lee et al., 2006; Choi et al., 2002). 또한 Deura (1971)은 농약특성에 따라 잎 표면에서 물리적 흡착이나 내부 침투가 달라진다고 보고하였는데 수용성 농약은 잎 표면으로 침투가 순조롭지 못하고 단지 표면에 부착만 되고, 지용성의 경우는 잎 표면의 cuticle 왁스 층을 통한 침투가 용이하다. 따라서 표면장력이 큰 물에 의해서는 잎 표면의 거친 성질로 인하여 물이 농약 성분과 충분히 접촉하지 못하여 농약의 세척 효율이 높지 않으며, 더욱이 내부까지 침투한 지용성 농약의 세척 효과는 거의 없는 것으로 알려져 있다. 실제로 연성세제를 이용하여 세척하는 경우 계면활성제로 인해 표면장력이 작아져(Lee and Park, 1992) 작물 표면의 주름진 부분까지 세척이 가능하여 잔류농약 제거율이 향

상된다는 보고(Lee et al., 2003)가 있는데 이 연구 결과에서도 단순 수치상으로는 수돗물 세척보다 세제를 이용한 세척이 효과가 좋았다.

시험농약인 mancozeb는 비침투성 유기유황살균제로 경영살포 된 농약이 작물체 내부로 침투될 가능성이 낮아 대부분 작물 표면에만 부착되기 때문에 세척 실험 결과 작물별 세척 방법에 따른 제거율은 약간의 차이는 있지만 수돗물을 이용하여 세척해도 90% 이상의 잔류농약 제거효과를 볼 수 있다고 판단되었다. 또한 초기 잔류량이 MRL을 초과했던 상추와 토마토는 단순 세척만으로 대부분 농약이 제거되어 MRL 미만의 잔류량을 보였다. 농산물 중 농약의 세척 효과는 세척 횟수뿐만 아니라 1회 세척 시 사용된 물의 양이 중요하다는 보고와 같이(Han et al., 1999; Ko et al., 1996;

Ku et al., 2005) 충분한 양으로 세척하는 것이 중요하다.

결론적으로 농산물 중 잔류농약의 세척 효과는 농약의 침투성 여부, 세척수의 양, 식품의 형태적 특성, 농산물 표면의 왁스층 유무 등의 차이에 따라 다르지만 이 연구에서는 다양한 세척 방법이 모두 잔류농약을 제거하는데 효율적이었으며, 수돗물에 침지한 후 흐르는 물로 충분히 세척하는 방법만으로도 mancozeb 잔류량은 현저히 낮아질 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01423604)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

Author Information and Contributions

Eunseong Park, Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Action Officer, <http://orcid.org/0000-0002-2674-5129>

Yoonjeong An, Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Action Officer

Uk Han, Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Researcher

Yunjeong Lee, Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Action Officer

Hyogyung Kim, Residual Agrochemical Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Team leader

Conceptualization, Eunseong Park and Hyogyung Kim; consultation, Eunseong Park and Yoonjeong An; formal analysis, Eunseong Park; writing-original Eunseong Park; writing-review & editing, Eunseong Park and Yunjeong Lee; resources, Eunseong Park and Uk Han; project administration, Eunseong Park.

이해상충관계

저자는 이해 상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature cited

- Ko BS, Jeon TH, Jung KS, Lee SK, 1996. Removal Effects of Organic- Phosphorus Pesticide Residue in lettuce by washing methods. *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*. 21(2):159-171.
- Bontoyan WR, Looker JB, Kaiser TE, Giang P, Olive BM, 1972. Survey of ethylenethiourea in commercial ethylene-bisdithiocarbamate formulations. *J. AOAC*. 55(5):923-925.
- Carbras P, 1998. Pesticide residues in raisin processing. *J. Agric. Food Chem*. 46(6):2309-2311.
- Carbras P, Angioni A, 2000. Pesticide residues in grapes, wine, and their processing products. *J. Agric. Food Chem*. 48(4): 967-973.
- Cruickshank PA, Jarow HC, 1973. Ethylenethiourea degradation. *J. Agric. Food Chem*. 21(3):333-335.
- Deura H, 1971. Studies on removal of residual pesticides from fruit and vegetables by washing. *J. Food Hyg. Soc. Japan*. 13(1):36-42.
- Gonzalez AR, Davis DR, Elkins ER, Kim ES, 1989. Reduction of ethylenethiourea residues in canned spinach. *Hort Sci*. 24(6):990-992.
- Gwon HY, 2006. Consumers understanding of pesticide residue reduction when consuming raw vegetables. *Life and Agrochemicals*. 27(2), 22-23.
- Han SH, Jo HB, 1999. Effect of Storage Temperature, Washing, and Cooking on Postharvest-treated Pesticide Residues in Polished Rice. *Journal of Food Hygiene and Safety*. 14(1):9-16.
- Lee HD, You OJ, Im YB, Kwon HY, Jin YD, et al., 2006. Residual Characteristics of some Pesticides in/on Pepper Fruits and Leaves by Different Types, Growing and Processing Conditions. *The Korean Society Of Pesticide Science*. 10(2):99-106.
- IARC. 1974. Some Anti-thyroid and Related Substances, Nitrofurans and Industrial Chemicals. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. vol. 7. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 326.
- Jang MR, Hwang KH, Lee ES, Kim EH, Yuk DH, et al., 2010. Characteristics on the Conversion of EBDCs Fungicides to ETU for Mancozeb and Metiram. *The Korean Journal Of Pesticide Science*. 14(1):30-36.
- Kim JB, Song BH, Chun JC, Im GJ, Im YB, 1997. Effect of sprayable formulations on pesticide adhesion and persistence in several crops. *The Korean Society Of Pesticide Science*. 1:35-40.
- Seo JM, Kim JP, Yang YS, Oh MS, Chung JK, et al., 2007. The Degradation Patterns of Three Pesticides in Perilla Leaf by Cultivation, Storage and Washing. *J. Fd Hyg. Safety*. 22(3): 199-208.
- Kim YS, Park JH, Park JW, Lee YD, Lee KS, et al., 2002. Persistence and Dislodgeable Residues of Chlorpyrifos and

- Procymidone in Lettuce Leaves under Greenhouse Condition. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 21(2):149-155.
- Kim YS, Park JH, Park JW, Lee YD, Lee KS, et al., 2003. Residue levels of chlorpyrifos and chlorothalonil in apple at harvest. *Korean J. Environ. Agric.* 22(2):130-136.
- Krol WJ, Arsenault TL, Pylypiw HM, Mattina MJI, 2000. Reduction of pesticide residues on produce by rinsing. *J. of Agric. Food Chem.* 48(10):4666-4670.
- Ku PT, Jin SH, Kang JM, Kwon HD, Park SH, et al., 2005. A Study on the Removal Efficiency of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables Treated by Additional Materials. *Applied Biological Chemistry*. 48(4):388-393.
- Choi KI, Seong KY, Jeong TG, Lee JH, Hur JH, et al., 2002. Dissipation and Removal Rate of Dichlofluanil and Iprodione Residues on Greenhouse Cherry Tomato. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 21(4):231-236.
- Lee HK, Kim YK, Park YS, 1988. A monitoring survey on pesticide residues in strawberries and cucumbers from plastic film house. *Korean J. Food Hygiene*. 3(4):193-202.
- Lee HO, Park YS, 1992. Present conditions of surfactant industry and technical developments. KINITI, Technical Report, No. 3.
- Lee JK, Kwon JW, Ahn KC, Park JH, Lee JS, 2000. Effect of photosensitization on the diminution of pesticides residues on red pepper. *Korean J Environ. Agric.* 19:116-121
- Lee JM, Lee HR, Nam SM, 2003. Removal rate of residual pesticides in perilla leaves with various washing methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(4):586-590
- Ludwig RA, Thorn GD, Miller DM, 1954. Studies on the mechanism of fungicidal action of disodium ethylene bisdithiocarbamate (NABAM). *Can. J. Botany*, 32(1):48-54.
- Lee MG, Lee SR, 1997. Reduction Factors and Risk Assessment of Organophosphorus Pesticides in Korean Foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(2):240-248.
- Lee MK, 1999. Computation of residue limit of organophosphorus pesticides in functional foods from citrus fruit peels. *Korean J Environ. Agric.* 18(4):349-354
- Mori Z, Tamura J, 1976. Studies on removal of residual pesticides from fruit and vegetables by washing:II Application of detergent containing sugar fatty acid ester and potassium pyrophosphate to various fruits and vegetables. *J. Food Hyg. Soc. Japan*. 18(3):217-224.
- Newsome WH, Shields JB, Villeneuve DC, 1975. Residues of maneb, ethylenethiuram monosulfide, ethylenethiourea, and ethylenediamine on beans and tomatoes field treated with maneb. *J. Agric. Food Chem.* 23(4):756-758.
- Park JW, Joo LA, Kim JE, 2002. Removal of organophosphorus pesticides during making and fermentation of kimchi. *J. Fd Hyg. Safety*. 17(2):87-93.
- Ross RD, Crosby DG, 1973. Photolysis of ethylenethiourea. *J. Agric. Food Chem.* 21(3):335-337.
- Ruddick JA, Newsome WH, Iverson F, 1977 A comparison of the distribution, metabolism and excretion of ethylenethiourea in the pregnant mouse and rat. *Teratology*. 16(2): 159-162.
- Jegal SA, Han YS, Kim SA, 2000. Organophosphorus pesticides removal effect in rice and Korean cabbages by washing and cooking. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(5):410-415.
- Shim AR, Choi EH, Lee SR, 1984. Removal of malathion residues from fruits and vegetables by washing processes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16(4):418-422.
- Valverde M, Aguilera A, Rodriguez M, Bourad M, Begrani M, 2002. Pesticide residue levels in peppers grown in a greenhouse after multiple application of pyridaben and tralomethrin. *J. Agric. Food Chem.* 50(25):7303-7307.
- Choi YJ, Kim SW, Ko YS, 1986. Organophosphorus Insecticide Residues in Fruits and Vegetables. *Kor. J. Food Hygiene*. 1(2):181-186.
- Lee YJ, Ko KY, Won DJ, Gil GH, Lee KS, 2003. Residue Patterns of Procymidone, Chlorpyrifos and Cypermethrin in Peaches During Cultivation and Storage Period. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 22(3):220-226.

세척방법에 따른 농산물 중 Dithiocarbamate계 농약 Mancozeb의 잔류농약 제거효과

박은성* · 안윤정 · 한 옥 · 이윤정 · 김효경

국립농업과학원 농산물안전성부 잔류화학평가과

요 약 본 연구는 dithiocarbamate계 농약 중 사용량이 많으나 발암 가능성이 있어 생산량을 규제하고 있는 mancozeb 농약을 농산물 중 상추, 고추, 깻잎, 방울토마토를 선정하여 약액이 충분히 묻도록 살포한 후 세척 방법에 의한 농약 제거 효율을 측정하였다. 농산물 내 잔류농약을 제거하기 위하여 일반 가정에서 많이 사용하는 세척 방법 ((1) 수돗물, (2) 양조식초, (3) 현미식초, (4) 과일야채 전용세제(100% 식용 가능))를 이용하여 세척 방법에 따라 잔류농약 저감율을 조사하였다. 세척 방법에 따른 상추와 고추 중 잔류농약의 저감율은 각각 96.01~99.75와 95.98~100%이었으며, 깻잎과 방울토마토의 경우 각각 89.78~100와 95.77~99.66%로 모든 방법이 우수한 효과를 보였다. 세척에 의한 잔류농약 제거는 작물의 표면 특성 및 농약의 침투성 여부가 중요한 요인으로 작용하는데 비침투성 농약인 mancozeb는 대부분 작물 표면에 잔류하기 때문에 가정에서 충분한 양의 수돗물을 이용하여 세척 한다면 대부분 잔류농약이 제거되어 안전한 섭취가 가능할 것으로 판단되었다.

색인어 만코제브, 세척방법, 제거효과, 잔류농약