

시설재배 고추중 Bitertanol 및 Tebuconazole 잔류양상

성기용 · 최규일* · 정몽희 · 허장현¹ · 김정규² · 이규승³

국립농산물품질관리원 시험연구소, ¹강원대학교 자원생물환경학부, ²고려대학교 생명환경과학대학 환경생태공학부, ³충남대학교 농화학과

(2003년 9월 4일 접수, 2003년 10월 28일 수리)

시설재배 고추중 triazole계 살균제 bitertanol과 tebuconazole에 대하여 안전사용기준의 추천량과 배량을 포장에 살포 후 잔류농약의 감소양상을 조사하였다. 고추중 bitertanol의 반감기는 5.2~6.1일 이었고, tebuconazole은 4.6~5.2일로 나타났다. 고추잎에서의 반감기는 bitertanol은 19.1~22.5일 이었고, tebuconazole은 16.7~20.8일로 나타나 고추에 비해 반감일수가 3~5배 증가하였다. 고추잎에서 약제살포 24일 경과후 bitertanol과 tebuconazole의 잔류량은 10.1 mg/kg, 17.5 mg/kg으로 나타났는데, 이는 고추잎에 대한 Maximum Residue Limit(MRL) 3.0 mg/kg, 5.0 mg/kg을 크게 넘는 수치로 조사되었다. 시설재배 고추와 고추잎에서의 경시변화는 1차 회귀방정식에 부합하였으며, 고추잎에서의 엽면잔류량(Dislodgeable Foliar Residues, DFRs)은 24일 경과후 각각 36%, 48%가 소실되는 것으로 나타났다. 세척방법에 의한 잔류농약의 감소량을 조사한 결과 세척 사용시의 평균제거율을 bitertanol은 72.4%, tebuconazole은 72.2%로 나타났고, 일반 수돗물 사용시에는 bitertanol 60.3%, tebuconazole 61.5%로 나타났다.

Key words: bitertanol, tebuconazole, 반감기, DFRs

서 론

최근 농가의 소득원으로 큰 비중을 차지하고 있는 채소원에 작물인 고추(*Capsicum annuum* L.)의 생산량은 2002년 기준 ha당 약 49톤으로, 최근 재배면적과 소비량이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다(2002, 국립농산물품질관리원 자료). 고추는 고기나 물고기의 냄새를 중화시키고 그 보존에도 효과가 있을 뿐만 아니라 식욕을 촉진시켜주고 비타민 A와 C가 많아 영양학적 효과가 있어 이용가치가 높은 채소¹⁾로서 착과된 열매 모두가 판매되어지며 연속수확 되므로 단위면적당 생산성이 높다. 하지만, 시설재배지에서 연속 수확되어지는 고추의 특징으로 인하여 농약의 안전사용기준을 지키기가 어렵고, 주로 생식용으로 공급되어 타작물에 비하여 농약잔류성 문제가 심각하게 제기되고 있다.

현행 농산물중 잔류농약 검사는 출하전 농산물에서 검출된 각 약제의 최대잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)과 비교하여 허용 MRL 이하인 경우만 유통되며, 허용 MRL 이상의 농산물은 폐기되거나 반품되어진다. 이에 따라 생산자의 경제적 손실 및 MRL 이상의 농산물에 노출되는 소비자의 피해 등이 문제점으로 나타나고 있다. 2002년 국립농산물품질관리원의 안전성조사결과 총 56,010 농산물중 600점에서 잔류허용치 이상의 농약이 검출되었고, 263점이 폐기되었으며 244점이 출하연기, 8점이 용도전환, 85점이 현장계도 되었다. 고추의 경우, 1096점 중 491점에서 농약이 검출되었고 이 중 bitertanol과 tebuconazole이 각각 7점씩 총 14점이 검출되었다.²⁾ 이러한 문

제점의 해결방안으로 1999년부터 농림부에서는 농산물품질관리법을 제정하여 수확 10일전 농산물에 대한 농약잔류검사를 수행하여 출하시 MRL이하의 수준이 되도록 출하를 연기시키거나 용도를 변경하는 등의 조치를 취하여 왔다. 따라서 수확전 잔류농약 검사제도의 효율적 운영 즉, 실제로 포장의 생산단계에서의 잔류량 변화를 토대로 한 생물학적 반감기(biological half-life)를 연구하여 이 자료를 농작물의 생산단계에서 취하여 농약의 잔류여부를 분석결과와 결합하여 소비자의 식탁에 도달하기 전인 출하단계에서 부적합농산물을 사전 선별한다면 소비자의 건강을 보호함은 물론 생산자에게는 농산물이 출하되기 전에 부적합 농산물에 대한 출하연기, 용도전환, 생산중지를 가능케하여 추후 발생할 수 있는 피해를 줄일 수 있을 것이다.³⁻⁵⁾

본 실험에 사용한 bitertanol과 tebuconazole은 고추의 갈색무늬병, 탄저병, 흰가루병의 방제에 쓰이는 triazole 계열의 살균제로서 균사의 ergosterol biosynthesis를 저해하는 작용을 한다.⁶⁾

본 연구에서는 시설재배 고추중 bitertanol과 tebuconazole을 살포후 포장에서의 고추 및 고추잎중 잔류양상을 조사하여 합리적인 회귀식과 반감기 산출로 잔류량의 변화를 예측하고, 최근 시설재배 포장에서 연구가 수행중인 농약살포후 재출입허용기간(re-entry)설정의 기초자료로 사용되는 엽면잔류량(dislodgeable foliar residues, DFRs)^{7,8,12)}의 변화를 조사하여 고추잎에서의 농약의 잔류형태를 파악하였다. 아울러 잔류량이 과다한 고추의 가정에서 일반적으로 행하는 수세과정을 통한 잔류농약의 제거 효율을 조사하여 재배중인 고추에서 잔류농약의 감소양상을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

농약. 실험에 사용한 bitertanol(순도 98.0%) 및 tebuconazole

*연락처자

Phone: 82-2-2165-6120; Fax: 82-2-2165-6006

E-mail: dover@naqs.go.kr

Table 1. Physicochemical properties of fungicides

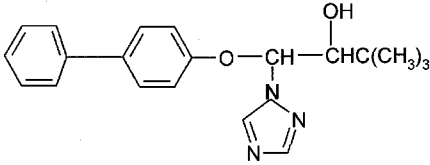
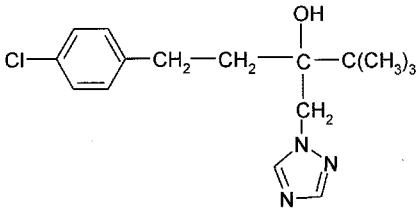
	Bitertanol	Tebuconazole
		
Chemical name	1-(biphenyl-4-yloxy)-3,3-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol	(RS)-1-p-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-pentan-3-ol
V _p	2.2 × 10 ⁻⁷ mPa (20°C)	1.7 × 10 ⁻³ mPa (25°C)
logPow	4.1 (20°C)	3.7 (20°C)
Solubility	3.8 mg/l (20°C) in water	36 mg/l (20°C) in water

Table 2. Registration status of fungicides used in this study

Fungicides	Formulations	AI contents ^{a)} (%)	Standard dilution rate	Safe use standard		MRL ^{d)} (mg/kg)
				PHI ^{b)} (day)	MNA ^{c)}	
Bitertanol	WP	25	2000	3	7	0.7 (fruit) 3.0 (leaf)
Tebuconazole	WP	25	2000	7	3	1.0 (fruit) 5.0 (leaf)

^{a)}AI, active ingredient; ^{b)}PHI, pre-harvest interval; ^{c)}MNA, maximum number of application; ^{d)}MRL, maximum residue limit.

(순도 98.0%) 분석용 표준품은 Dr. Ehrenstrofer사 제품을 사용하였으며, 고추에 처리한 농약은 시중 농약상에서 구입한 제품으로서, bitertanol은 (주)경농의 방파제수화제(25%)를, tebuconazole은 (주)바이엘크롭사이언스의 실바코수화제(25%)를 사용하였다. 본 실험에 사용된 약제의 특성 및 안전사용기준^{6,9)}은 Table 1, 2와 같다.

시험포장. 고추 시험에 사용된 포장은 경기도 고양시 덕양구 소재 농가의 비닐하우스를 임차하여 일반농가 관행재배법에 따라 재배하였으며 고추 품종은 (주)홍농종묘의 녹광으로 재배면적은 가로 6m×세로 35m이었다.

약제살포. 약제살포농도는 안전사용기준에 따라 표준희석배수와 그 2배량으로 조절, 배부식 분무기를 사용하여 작물체 전면에 균일하게 약액이 충분히 흐르도록 살포하였다. 약제살포시기는 안전사용기준의 최종살포일을 감안하여 수확전 10일(2003년 4월 29일)에 일괄적으로 살포하였다.

고추(잎)중 잔류특성실험. 시험포장에서 고추(잎)중 두 약제의 반감기를 구하기 위하여 약제 최종살포 후 1, 4, 7, 10, 15, 24일에 고추와 고추잎 시료를 채취하였으며, 농약을 살포하지 않은 무처리구를 대조구로 사용하여 시료를 채취하여 분석하였다. 고추잎중 DFRs 측정 실험은 leaf disk method⁷⁻⁹⁾를 사용하였다. 즉, 직경 1.8 cm인 auto counter가 장착된 punch를 사용하여 잎 80장을 채취하였다. 이때 계산된 표면적은 406 cm²이었으며, 약제별로 3반복으로 수행하였다.

작물의 세척에 따른 농약의 제거실험. 고추 포장에 약제를 살포한 후 7일 경과된 시료를 채취하여 (1)시료 200 g을 수돗물 4 l가 채워진 세척통에 1분간 침지한 다음 시료를 2 mm 체 위에 올려놓고 흐르는 수돗물에 1회 30초간 씻은 후 음건하여

물기를 완전히 제거한 세척 시료를 분석(tap-water 세척)하였고, (2)시료 200 g을 표준량(0.2%, 4 l)의 세제를 넣은 세척통에 1분간 침지한 다음 흐르는 수돗물로 1회 30초간 씻은 후 음건하여 분석(세제표준량 세척)하였으며, (3) 시료 200 g을 세제 1/2량(0.1%, 4 l)을 넣은 세척통에 침지 후 앞서와 같은 과정으로 분석하였다(세제 1/2량 세척). 세척전의 시료에서의 잔류량에 대한 세척후 잔류량의 감소량을 구하여 세척율을 계산하였다.⁴⁾

고추(잎)중 잔류농약 분석. 잔류농약분석은 Schenck 등의 방법을 변형하여 사용하였다.¹³⁾ 꼭지부분을 제거한 고추 및 고추잎 시료 40 g에 acetonitrile 100 ml를 가해 homogenizer를 이용하여 5,000 rpm으로 3분간 마쇄 추출하였다. 이것을 NaCl 20 g을 가하여 5분간 진탕추출후 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 3분간 원심분리하였다. 상등액 20 ml를 취하여 진공회전 농축기에 40°C에서 농축하여 acetonitrile을 제거후 ethyl acetate 4 ml에 재용해하여 SPE 정제용 시료로 사용하였다.

NH₂ cartridge(BondElut[®], 1 g, Varian)에 ethyl acetate 5 ml를 가해 conditioning한 다음 시료 2 ml를 전개후 ethyl acetate 5 ml로 용출시켰다. 용출액을 질소미세농축기로 농축건고후 acetone 2 ml로 재용해하여 GC/NPD로 Table 3과 같은 조건으로 분석하였다.

엽면잔류량 측정방법. DFRs 측정실험은 Antonious 등의 방법^{7,8,12)}을 변형하여 수행하였다. 잎 80장을 leaf punch를 이용하여 채취후 증류수 100 ml에 Tween-20[®](Polyoxyethylene sorbitan monolaurate) 0.5 ml를 넣고 power shaker에서 200 rpm으로 20분간 2회 진탕추출한 다음 500 ml 분액깔데기에 옮겨 dichloromethane 50 ml로 3회 반복 추출하였다. 용매층을 무수 sodium sulfate에 통과시켜 탈수한 다음 진공회전 농축기에

Table 3. Gas Chromatographic conditions for residue analysis of pesticides

Instrument	Agilent 6890
Detector	Nitrogen-Phosphorus Detector (NPD)
Column	J&W DB-1 (30 m×0.25 mm i.d, 0.25 μm)
Temperature	Column: 140°C (2 min)→10°C/min→250°C (0 min) →5°C/min→300°C/min (5min) Injector: 250°C Detector: 320°C
Gas flow rate	Carrier N ₂ : 1.0 ml/min Fuel H ₂ : 3.1 ml/min, Air: 60 ml/min Make up N ₂ : 10 ml/min
Sample size	1.0 μl, splitless
Retention time	Bitertanol: 20.8, 20.9 min Tebuconazole: 17.6 min

40°C에서 농축하여 dichloromethane을 제거한 후 acetone에 재용해 하여 포장잔류실험과 동일한 조건으로 분석하였다.

결과 및 고찰

분석법의 회수율 및 검출한계. 약제를 처리하지 않은 고추 시료 40 g에 bitertanol 및 tebuconazole 0.5 mg/kg, 1.25 mg/kg 을 3반복으로 처리하고 2시간 이상 정치시킨 후 앞서의 분석 과정으로 수행하였으며, 엽면잔류량 실험은 고추잎 80장(엽면적 406 cm²)에 농약표준품 0.02 μg/cm², 0.05 μg/cm² 수준으로 처리하여 잔류분석법에 따라 분석하여 구한 회수율은 Table 4 와 같다.

본 분석법의 회수율은 bitertanol의 경우 100.6~107.6%, tebuconazole은 89.5~111.3%이었으며, 변이계수는 3.3~6.8%, 3.8~4.4%로 나타났다. 엽면잔류량 실험의 경우 bitertanol회수율은 89.0~96.8%, tebuconazole은 90.6~95.9%이었으며, 변이계수는 4.3~11.5%, 5.6~12.1%로 나타났으며, 두 약제의 검출한계는 고추 및 고추잎에서는 0.05 mg/kg이었고, 엽면잔류량 실험에서는 0.005 μg/cm²으로 나타나 본 분석법이 고추(잎)의 잔류량분석 및 엽면잔류량 분석에 적합하다고 판단되어 진다. Bitertanol에는 chiral carbon이 2개 존재하고 이에 따른 diastereomer의 존재⁹⁾로 인하여 GC상에서 peak가 2개로 나타나 머무름 시간은 20.8, 20.9분 이었고, tebuconazole은 17.6분 이었다(Fig. 1).

고추 중 농약잔류특성. 시설재배 고추에 약제를 살포후 잔

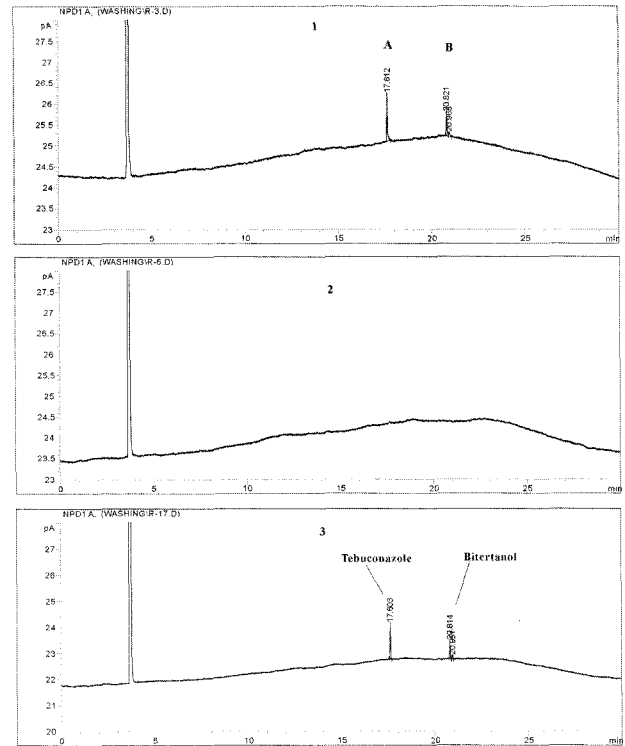


Fig. 1. Typical GC chromatogram with the analysis of tebuconazole and bitertanol. 1, tebuconazole (peak A) and 1.0 ng and bitertanol (peak B) 2.0 ng; 2, control sample; 3, fortified sample with tebuconazole and bitertanol at 1.25 mg/kg each.

류량 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

고추에 살포한 약제들은 약제간 다소 차이가 있으나 살포후 시간이 경과함에 따라 그 잔류수준이 빠른 속도로 감소하였다.

Bitertanol은 고추에서 약제살포 1일 경과후 초기농도는 기준량 살포시 1.14 mg/kg, 배량 살포시 1.45 mg/kg이었으며 24일 후에는 기준량 살포시 0.08 mg/kg, 배량 살포시 0.09 mg/kg으로 잔류하였고, tebuconazole은 고추에서 약제살포 1일 경과후 초기농도가 기준량 살포시 2.05 mg/kg, 배량 살포시 2.66 mg/kg이었으며 24일 후에는 기준량 살포시 0.10 mg/kg, 배량 살포시 0.11 mg/kg으로 나타났다.

Bitertanol과 tebuconazole의 약제살포 10일 후의 잔존율은 처리수준에 따라 각각 33.3~44.8% 및 29.3~45.1%이었으며, 24일 경과후 잔존율은 6.2~7.0% 및 4.1~4.8%로 대부분 소실되었다.

Table 4. Recovery and detection limit of the analytical method for pesticide residues in pepper fruit and leaf

Sample matrix	Compound	Fortification (mg/kg or μg/cm ²)	Recovery±C.V (%) ^{a)}	Detection limit (mg/kg or μg/cm ²)
Pepper	Bitertanol	0.5	107.6±6.8	0.05
		1.25	100.6±3.3	
	Tebuconazole	0.5	111.3±4.4	0.05
		1.25	89.5±3.8	
Leaf surface	Bitertanol	0.02	96.8±11.5	0.005
		0.05	89.0±4.3	
		0.02	95.9±12.1	
	Tebuconazole	0.02	90.6±5.6	0.005
		0.05		
		0.05		

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

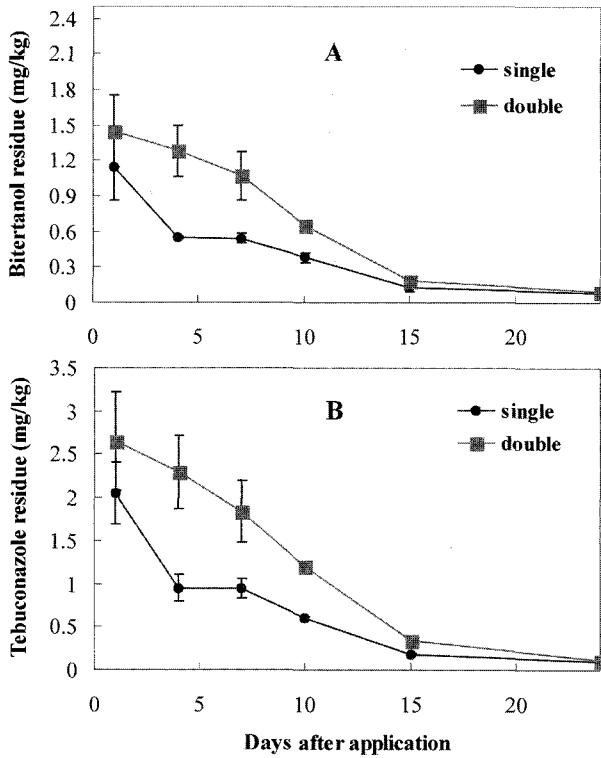


Fig. 2. Dissipation of bitertanol (A) and tebuconazole (B) on peppers under greenhouse conditions (Vertical bars indicate \pm Standard deviations).

두 약제의 시설재배 고추중에서의 잔류량 감소양상은 전형적인 1차 감소반응의 양상($r^2 > 0.94$)을 나타내어 지수함수적으로 그 수준이 감소하였는데, bitertanol의 고추중 반감기는 기준량 6.0일, 배량 5.2일 이었고, tebuconazole의 반감기는 기준량 5.2일, 배량 4.6일로 나타났으며, 처리수준에 따른 반감기의 차이는 없었다(Table 5).

약제살포 후 고추의 농약잔류량을 잔류허용기준 이하로 관리하기 위해서는 bitertanol은 기준량으로 처리시 약제살포후 4일, tebuconazole은 6일 이후에 수확하는 것이 바람직하며, 배량으로 처리시에는 bitertanol은 9일, tebuconazole은 10일 이후에 수확하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

고추잎 중 농약잔류특성. Bitertanol은 고추잎에서 총잔류량

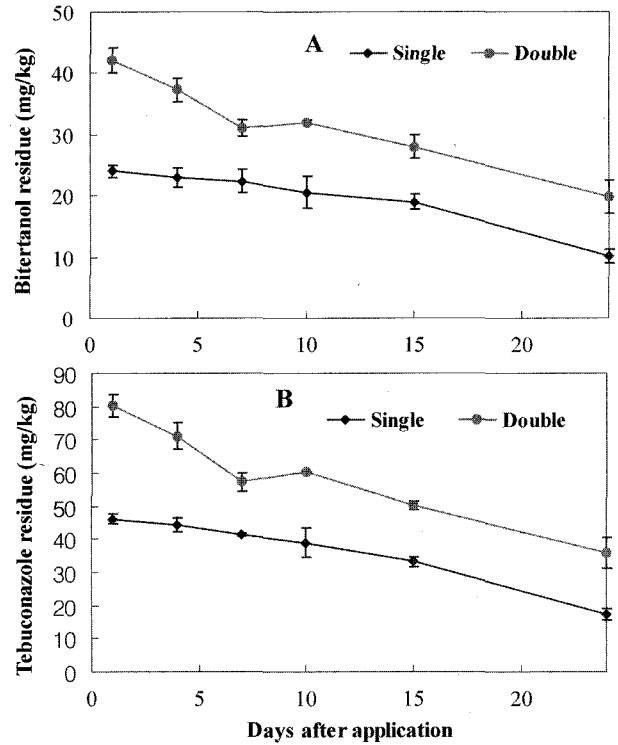


Fig. 3. Dissipation of bitertanol (A) and tebuconazole (B) on pepper-leaves under greenhouse conditions.

(TRS)을 보면, 초기잔류량이 기준량 24.0 mg/kg, 배량 42.1 mg/kg 이었으며, 24일 후에는 기준량 10.0 mg/kg, 배량 19.8 mg/kg으로 잔류하였으며, tebuconazole은 약제살포 1일 경과후 초기 잔류량이 기준량 46.2 mg/kg, 배량 80.2 mg/kg이었고, 24일 경과후 기준량 17.5 mg/kg, 배량 35.8 mg/kg으로 나타났다.

Bitertanol과 tebuconazole 모두 고추잎에서 고추열매보다 초기 잔류량이 20~30배 정도 많았는데, 이는 살포한 농약이 직접 염면에 부착하고, 질량 대비 표면적(sample weight/leaf area, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)이 상당히 작기 때문인 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾ 또한 고추잎에서의 감소량은 고추보다 적어 잔류량이 느린 감소양상을 나타내었다(Fig. 3).

고추잎에서 두 약제의 24일 경과후 잔존율은 bitertanol은 41.9~46.9%, tebuconazole의 경우 37.8~44.7%로 나타나 고추보

Table 5. Biological half-life of bitertanol and tebuconazole on pepper fruit and leaf under greenhouse condition

Sample matrix	Pesticide	Application rate	Regression curve ^{a)}		Half-life (day)
			Equation	r^2	
Pepper fruits	Bitertanol	Single	$R=1.078 \cdot e^{-0.1159t}$	0.944	6.0
		Double	$R=2.064 \cdot e^{-0.1338t}$	0.952	5.2
	Tebuconazole	Single	$R=2.009 \cdot e^{-0.133t}$	0.949	5.2
		Double	$R=4.075 \cdot e^{-0.1494t}$	0.965	4.6
Pepper leaves	Bitertanol	Single	$R=27.62 \cdot e^{-0.0364t}$	0.874	19.1
		Double	$R=42.23 \cdot e^{-0.0308t}$	0.962	22.5
	Tebuconazole	Single	$R=53.76 \cdot e^{-0.0416t}$	0.911	16.7
		Double	$R=80.42 \cdot e^{-0.0333t}$	0.962	20.8

^{a)}Based on first-order kinetics.

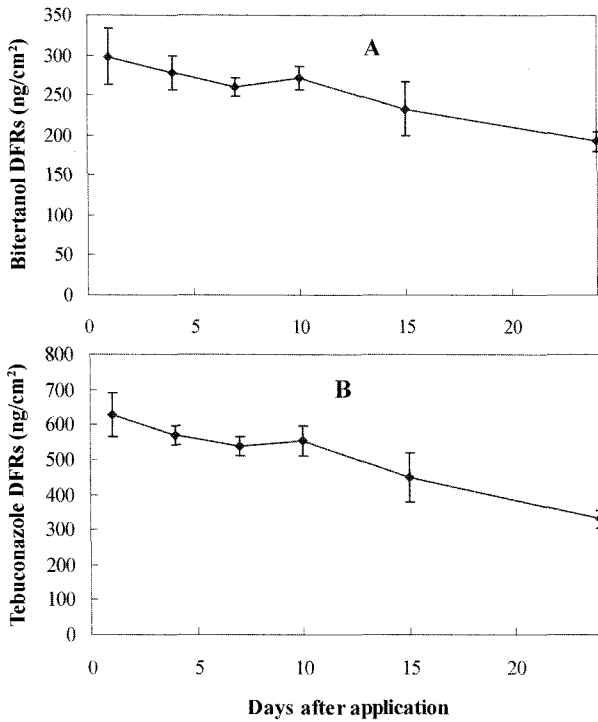


Fig. 4. Dislodgeable foliar residues (DFRs) of bitertanol (A) and tebuconazole (B) on pepper-leaves.

다 감소양상이 느리게 진행되었다. 특히 24일 경과후 고추잎 시료에서의 잔류농도는 현행 잔류허용기준인 3.0 mg/kg, 5.0 mg/kg을 크게 상회하는 결과로 이 주된 요인은 시설재배의 특성상 외부의 기상 조건에 영향을 덜 받고, 고추잎은 작물의 생육에 따른 엽면적과 부피의 증가가 매우 작아 살포약제의 작물 생육에 따른 희석효과 없기 때문인 것으로 판단된다.

약제살포 1일 경과 초기 DFRs은 bitertanol은 0.3 µg/cm²이었고, tebuconazole은 0.63 µg/cm²이었는데, 이는 각각 TRS의 82.7%, 90.5%를 차지하였으며, 24일 경과후 DFRs은 bitertanol 0.19 µg/cm², tebuconazole 0.33 µg/cm²으로 나타났다(Fig. 4).

고추잎에서의 두 약제의 잔류양상은 총잔류량(Total pesticide Residues, TRS)과 엽면잔류량(dislodgeable foliar residues, DFRs)을 나누어 상대적 분포를 조사하였다(Fig. 5). 그 결과 동일한 약제도 시료의 형태 및 부착부위(고추잎, 열매)에 따라 다른 양상을 보였다.

이와 같은 농약의 엽면 잔류량은 많은 요인에 의해 결정되는데, 살포된 농약의 양, 농약의 물리, 화학적 성질, 작물에 의해 흡수되는 양, 기후에 의한 효과(태양광, 비, 바람, 온도 등), 잎 표면의 성질 등에 의해 결정된다.

또한 농약의 침투성은 식물마다 다양하며, 이는 잎의 형태적 차이와 잎 표면털(trichomes)의 길이와 밀도, epicuticular wax층의 양과 축적상태 및 잎의 두께, cuticle의 화학적 특성에 따라 다양한 것으로 알려졌다¹²⁾, 잎표면에 처리한 농약은 물-옥탄을 분배계수와 광분해성, 가수분해성 등에 의해 농약이 침투, 분해소실되는데 물-옥탄을 분배계수는 물에 희석하여 살포한 농약이 소수성인 엽면으로 이동하는 정도를 결정하며, 농약의 분자적 안정성이 크면 약제의 효과도 커지나 엽면잔류량이 더 많

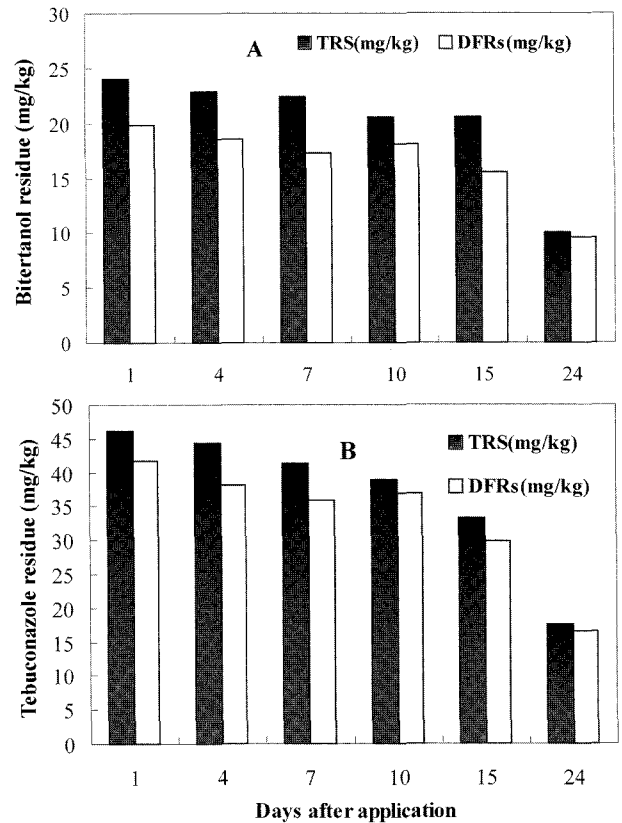


Fig. 5. Total pesticide Residues (TRS) and dislodgeable foliar residues (DFRs) on pepper-leaves. A, bitertanol; B, tebuconazole

아질 수 있는 문제가 생긴다. Bitertanol과 tebuconazole의 물리 화학적 특성이 물-옥탄을 분배계수가 높아, 고추에 비해서 상대적으로 wax층이 적은 고추잎의 경우 고추잎 속으로 침투, 이행하지 못하고¹⁷⁾ 잎의 표면에 많은 양이 부착하여 잔류하는 것으로 나타났으며, 약제의 증기압⁶⁾이 낮아 휘산에 의한 손실이 적어 표면에 잔류하여 DFRs/TRS의 비율이 높은 것으로 판단된다.

세척에 따른 농약의 제거효율. 약제살포 후 7일경과 시료를 채취하여 일반가정에서 행하는 방법에 준용하여 세척방법을 달리하여 제거율을 비교하였다.

Table 6에 나타난 결과처럼 농약의 제거의 경우 전체적으로 고추에서 55.7~73.2%, 고추잎에서는 51.8~80.5% 제거효율을 나타내어 고추 및 고추잎에서 비슷한 경향을 보였다. 세척방법별 세척율은 고추중 세제 표준량(0.2% solution), 세제 1/2양(0.1% solution), 수돗물 사용시 각각 69.8%, 67.5%, 62.6%를 나타내어 전체적으로 60%이상의 세척율을 보였으며, 고추잎에서는 세제 표준량, 세제 1/2양, 수돗물 사용시 각각 76.0%, 75.9%, 59.1%로 나타났다. 약제별 평균 세척율은 bitertanol의 경우 수돗물에 의해 60.3%, 세제액에 의해 72.4%이었고, tebuconazole의 경우 수돗물에 의해 61.4%, 세제액에 의해 72.2%로 나타났다. 이러한 세척율은 작물별, 약제별 다양한 것으로 알려져 있는데,^{3,5,10,11,15,16)} 본 연구에서는 약제별 세척율에 큰 차이가 없었는데, 이는 두 약제가 같은 triazole계열의 약제로서 약제별 물리·화학적 성질이 유사하기 때문이며, 두 약제의 세척율이 높

Table 6. The removal efficiency of fungicides by washing with tap-water and detergent

Sample matrix	Fungicide	Control ^{a)} (mg/kg)	Tap-water		0.1% detergent		0.2% detergent	
			Residue (mg/kg)	Removal efficiency (%)	Residue (mg/kg)	Removal efficiency (%)	Residue (mg/kg)	Removal efficiency (%)
Pepper fruits	Bitertanol	0.61	0.17	72.4	0.19	68.3	0.12	70.9
		1.19	0.53	55.7	0.36	69.7	0.36	69.6
	Tebuconazole	1.04	0.36	65.6	0.37	64.7	0.28	73.2
		2.18	0.94	56.8	0.72	67.3	0.80	65.4
Pepper leaves	Bitertanol	22.32	8.67	61.2	5.48	75.5	4.35	80.5
		28.11	13.56	51.8	7.17	74.5	8.50	69.8
	Tebuconazole	42.68	13.86	67.6	9.19	78.5	7.53	82.4
		52.31	23.09	55.9	12.95	75.3	15.16	71.1

^{a)}7-days after application.

게 나타난 것은 엽면잔류량이 높게 나타나 표면부착량에 대한 세척율이 높게 나타난 결과와 일치하는 바이다.

본 실험결과 잔류량이 과다한 고추잎 시료에서 세척과정에 의해 잔류농약이 상당부분 제거됨을 알 수 있었는데, MRL을 초과한 고추시료에서 세척을 통하여 허용기준 미만으로 잔류하는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 실제 섭취되는 식탁에서 잔류량의 수준평가지 세척에 의해 많은 양이 감소되는 것을 알 수 있었으나, 본 연구대상 농약의 다른 농약성분들에 대해서도 좀더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술 개발사업인 작물의 생산단계 농약허용기준 설정에 관한 연구의 일부로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Ryu, K. O. and Lee, S. S. (1998) In *New illustrated book of vegetables*. Herbworld Publishing Co. Seoul, Korea, p. 242.
- National Agricultural Products Quality Management Services (NAQS) The survey plan of agricultural products (2003), pp. 1-34.
- Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S. and Kim, J. E. (2002) Persistence and dislodgeable residues of chlorpyrifos and procymidone in lettuce leaves under greenhouse condition. *Korean J. Environ. Agric.* **21**, 149-155.
- Choi, K. I., Seong, K. Y., Jeong, T. G., Lee, J. H., Hur, J. H., Ko, K. Y. and Lee, K. S. (2002) Dissipation and removal rate of dichlofluanid and iprodione residues on greenhouse cherry tomato. *Korean J. Environ. Agric.* **21**, 231-236.
- Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S. and Kim, J. E. (2003) Residue levels of chlorpyrifos and chlorothalonil in apples at harvest. *Korean J. Environ. Agric.* **22**, 130-136.
- Tomlin, C. D. S (2000) The pesticide manual. (12th ed.) British Crop Protection Council, UK.
- Antonious, G. F., Byers, M. E. and Snyder, J. C. (1998) Residues and fate of endosulfan on field-grown pepper and tomato. *Pestic. Sci.* **54**, 61-67.
- Antonious, G. F. (2001) Persistence and performance of esfenvalerate residues on broccoli. *Pest Manag Sci.* **58**, 85-91.
- Korea Crop Protection Association (KCPA) (2003) The Pesticide Use Guidelines, pp. 116-221.
- Valverda, M., Aguilera, A., Rodriguez, M., Bourad, M. and Begrani, M. S-El. (2002) Pesticide residue levels in peppers grown in a greenhouse after multiple applications of pyridaben and tralomethrin. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 7303-7307.
- Ko, K. Y., Lee, Y. J., Won, D. J., Park, H. J. and Lee, K. S. (2003) Residual pattern of procymidone and bifenthrin in perilla leaf during the period of cultivation and storage. *Korean J. Environ. Agric.* **22**, 47-52.
- Ecobichon, D. J. (1999) In *Occupational hazards of pesticide exposure; sampling, monitoring, measuring*. Taylor & Francis Press, Philadelphia, pp. 51-80.
- Schenck, F. J., Lehotay, S. J. and Vega, V. (2002) Comparison of solid-phase extraction sorbents for cleanup in pesticide residue analysis of fresh fruits and vegetables. *J. Sep. Sci.* **25**, 883-890.
- Ripley, B. D., Ritcey, G. M., Harris, C. R., Demomme, M. A. and Brown, P. D. (2001) Pyrethroid insecticide residues on vegetable crops. *Pest. Manag. Sci.* **57**, 683-687.
- Lee, M. K. and Lee, S. R. (1997) Reduction factors and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean food. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 240-248.
- Lee, H. K., Kim, Y. K. and Park, Y. S. (1988) A monitoring survey on pesticide residues in strawberries and cucumbers from plastic film house. *Kor. J. Food Hygiene* **3**, 193-202.
- Kim, T. H., Lee, J. Y., Yu, Y. M. and Kim, J. E. (2003) Residues of a new fungicide, KNF 1002 in cucumber and pepper. *Korean J. Environ. Agric.* **22**, 227-232.

Residues and Half-lives of Bitertanol and Tebuconazole in Greenhouse-Grown Peppers

Ki-Yong Seong, Kyu-Il Choi*, Mong-Hee Jeong, Jang-Hyun Hur¹, Jeong-Gyu Kim² and Kyu-Seung Lee³ (*National Agricultural Products Quality Management Service, Research & Experiment Institute, NAQS, Seoul 150-804, Korea; ¹Division of Biological Environment, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea; ²Division of Environmental Sciences and Ecological Engineering, College of Life and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 136-701, Korea; ³Department of Agriculture Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*)

Abstract: Persistence of the triazole fungicides, bitertanol and tebuconazole was investigated after their application at recommended and double rate on greenhouse-grown peppers. The half-life of bitertanol and tebuconazole on peppers at recommended and double rate was 5.2~6.1 and 4.6~5.2 days, respectively. Half-lives of bitertanol and tebuconazole on pepper leaves (16.8~22.5 days) was longer than those in the peppers. Residual concentration of bitertanol and tebuconazole on pepper leaves 24 days after application were 10.1 and 17.5 mg/kg, respectively, and these levels were higher than MRL which had been established at 3.0 and 5.0 mg/kg in Korea. Pattern of dissipation was well fitted to the first-order kinetics. In household washing experiment with surfactant, dislodgeable portions on pepper leaves of bitertanol and tebuconazole were occupied 36% and 48% of the residues found 24 days after application.

Key words: bitertanol, tebuconazole, half-life, DFRs

*Corresponding author