

Triazole계 살균제의 양파 흡수이행 및 조리 형태별 소실 양상

이은향 · 황정인 · 김장억*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부

Patterns of Uptake and Removal by Processing Types of Triazole Fungicides in Onion

Eun-Hyang Lee, Jeong-In Hwang and Jang-Eok Kim*

School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

(Received on September 4, 2015. Revised on September 18, 2015. Accepted on September 21, 2015)

Abstract Uptake of the triazole fungicides, fluquinconazole and tetraconazole from shoot part of onion was assessed by determining residual amounts of applied fungicides in edible and shoot parts of onion after the foliar application. Combined product of fluquinconazole and tetraconazole (14:7, v/v) as a 21% active ingredient of suspended emulsion formulation was diluted at ratio of 500 and 200 times and sprayed on the shoot part of onion after sealing its root part with absorbent paper. At 10 days after the pesticide application, fluquinconazole residue in the shoot part was the greatest as 5.2 mg/kg at 200 times-dilution treatment, while tetraconazole residue in this part was the smallest as 1.2 mg/kg at 500 times-dilution treatment. On the other hand, the pesticide residues in edible parts of onion at all the treatments were less than limits of detection, 0.01 mg/kg. However, fluquinconazole residues in the edible part of onion divided into three groups such as 1st, 2nd, and 3rd layers were detected at concentrations of 0.04 or 0.24 mg/kg, and these results show the different distribution of pesticides in onion depending on divided layers. In addition, chopped onions were soaked in pesticide solutions prepared with dilution of 1,000 times, cooked using three food processing types such as boiling, stir frying, and pickling, and the pesticide residues in them were analyzed. The analyzed results showed the largest pesticide dissipation in onion followed boiling process (76.9~92.6%).

Key words Fluquinconazole, Food processing, Onion, Plant uptake, Tetraconazole

서 론

농작물에 살포된 농약은 작물체에 부착된 농약이 작물의 엽면을 통하여 침투하거나 토양으로부터 뿌리를 통하여 흡수하는 두 가지 경로를 통해 작물체 내로 흡수 이행될 수 있다(Collins et al., 2006; Juraske et al., 2009). 이 중 작물의 엽면을 통한 농약의 침투이행은 엽면 살포를 주로 하는 농약 제형의 살포시 주요한 흡수경로라 할 수 있다. 뿌리를 통한 물관부 흡수와는 달리 작물의 엽면을 통해 침투한 농약은 작물의 체관액과 함께 주로 하향 이동하여 작물체 전체로 이행된다(Charles, 2004). 체관부에서 농약과 같은 외

부물질의 이동은 물관부에 비해 극히 적기 때문에 엽면으로부터 침투한 농약의 잔류농도는 크지 않은 것으로 알려져 있다(Trapp and Matthies, 1995). 그러나 농약은 다양한 물리화학적 성질을 가지고 있기 때문에 농약별 작물별 침투 이행하여 분포된 양상을 조사하는 것은 농산물의 안전성 측면에서 중요하다고 할 수 있다.

수확된 농산물 중에 잔류하는 농약은 농산물의 조리 후에도 잔류될 수 있다(Keikotlhaile et al., 2010). 대부분의 경우 농산물에 잔류하는 농약들은 가공 후 상당한 양이 소실되는 것으로 보고되고 있지만(Chavarri et al., 2005; Dejonckheere et al., 1996; Elkins, 1989; Krol et al., 2000; Schattenberg et al., 1996) 주스와 같은 농축단계가 필요한 가공의 경우에는 잔류농약의 소실정도가 적거나 증가하는 것으로 알려져 있기도 하다(Holland et al., 1994; Kaushik et al., 2009;

*Corresponding author
E-mail: jekim@knu.ac.kr

Keikotthaile et al., 2010). 농산물의 가공형태별 농약의 소실에 대하여서는 여러 종류의 농약과 농산물에 대하여 다양한 결과들이 발표되어 있다(Abou-Arab, 1999; Kontou et al., 2004; Noh et al., 2012; Park et al., 2009).

Triazole계 살균제 fluquinconazole 및 tetraconazole은 log K_{ow} 값이 각각 3.24 및 3.56으로 비슷하고 두 농약 모두 수용액에서 광분해에 안정하지만 물에 대한 용해도는 tetraconazole이 156 mg/L으로 fluquinconazole의 1 mg/L보다 더 높다(Macbean, 2012). Triazole계 살균제들은 침투이행성으로 작물에 살포시 작물체 표면으로부터 흡수되어 잔류될 가능성이 있다. 현재 국내에서는 fluquinconazole과 tetraconazole은 합제로써 21% (14:7, v/v) 함량의 유현탁제 제형(질주, 동부팜한농(주))으로 시중에 판매되고 있으며 감, 고추, 배, 사과, 파, 포도 등의 흰가루병, 탄저병, 갈색무늬병 등의 방제에 주로 사용되고 있다(RDA, 2015).

본 연구에서는 triazole계 살균제 fluquinconazole 및 tetraconazole 농약의 양파로의 흡수이행 정도를 평가하기 위하여 양파의 지상부에 약제를 살포하고 지상부와 가식부에서 잔류량을 분석하였다. 뿐만 아니라 양파를 가공하였을 시 농약의 소실 정도를 평가하기 위하여 양파의 조리 형태별 농약의 제거율도 조사하였다.

재료 및 방법

농약 및 시약

시험 농약 fluquinconazole (99.6%) 및 tetraconazole (99.0%) 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)로부터 구입하였고 포장시험을 위한 농약 제형은 합제로써 fluquinconazole+tetraconazole 21% (14:7, v/v) 유현탁제 (Suspended Emulsion, SE)이며 동부팜한농(주)에서 제공받아 사용하였다. 두 농약의 물리화학적 성질은 Table 1과 같다. 농약 잔류분석에 사용된 acetone, methylene chloride, 및 n-hexane은 Burdick & Jackson Inc. (Muskegon, MI,

USA)에서, sodium chloride (EP급)와 sodium sulfate (GR급)는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하였다. Florisil (F9127, 60-100 mesh)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다.

포장 시험

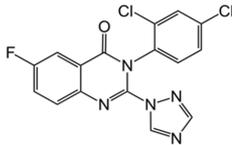
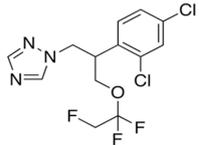
시험에 사용된 양파 품종은 메이저[(주)동서농예, Korea]이며 45일간 발아한 유묘를 사용하였다. 포장시험은 경상북도 군위군 부계면에 위치한 노지재배 포장에서 실시하였고 시험구 배치는 가로 × 세로 면적 3.0 m × 1.5 m를 한 시험구로 하여 3반복 실시하였으며 각 시험구 사이에는 1 m의 완충구를 두었다.

농약은 지상부로부터 흡수되는 양을 측정하기 위하여 고농도로 살포하였다. 살포액은 fluquinconazole+tetraconazole 21% (14:7, v/v) 유현탁제를 4 및 10 mL씩 각각 2 L의 물에 첨가하여 500 및 200배 희석용액이 되도록 조제하였으며 이 용액 중 fluquinconazole 및 tetraconazole의 농도는 500배 희석용액에서 각각 560 및 280 mg/L, 200배 희석용액에서 각각 1,400 및 700 mg/L이었다. 조제된 살포액은 양파수확 10일 전에 각 시험구에 살포하였으며 살포방법은 Fig. 1



Fig. 1. Sealing for preventing the pesticide translocation to root part of onion before the foliar spray.

Table 1. Physico-chemical properties of fluquinconazole and tetraconazole

Pesticide	Fluquinconazole	Tetraconazole
Structure		
Chemical name	3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-[(1H)-1,2,4-triazol-1-yl]-4(3H)-quinazolinone	(±)-1-[2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1,1,2,2-tetrafluoroethoxy)propyl]-1H-1,2,4-triazole
log P	3.24 (20°C)	3.56 (20°C)
Solubility	In water 1 mg/L (pH 6.6, 20°C). In acetone 38-50, xylene 9.88, ethanol 3.48, dimethyl sulfoxide 150-200, dichloromethane 120-150 (all in g/L).	In water 156 mg/L (pH 7, 20°C). Readily soluble in 1,2-dichloroethane, acetone, and methanol.

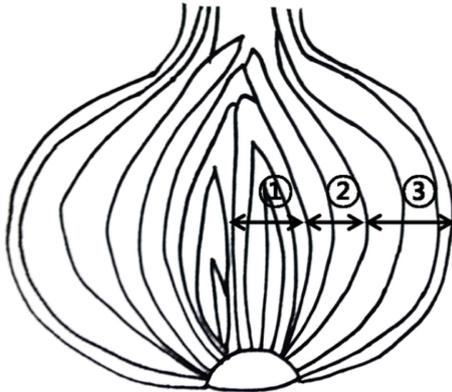


Fig. 2. Harvested onion sample divided into 3 groups such as 1st (①), 2nd (②), 3rd (③) layers.

과 같이 양파 뿌리부로의 농약 이동을 차단하기 위해 하단 부를 흡수용 종이로 밀봉하고 동력식 분무기를 이용하여 2.72 atm 압력으로 지상부에 균일하게 살포하였다. 포장시험 기간 중 추가적인 약제 살포는 없었으며 전체 시험구는 비닐 멀칭하였다.

양파 시료 수확 및 전처리

양파 시료는 정식 후 220일에 일괄 수확하여 가식부와 지상부로 구분하고 가식부는 외피와 잔뿌리를, 지상부는 번질된 잎을 제거한 후 각각 균질화하였다. 한편, 양파 가식부의 층별로 잔류하는 농약의 분포 양상을 확인하기 위하여 각각의 시험구에서 크기가 비슷한 양파시료를 6개씩 선별하여 가식부의 외피와 잔뿌리를 제거하였다. 이 양파의 가장 바깥쪽 층부터 차례대로 2~3겹씩 핀셋으로 벗겨내어 Fig. 2와 같이 세 층(첫째, 둘째 및 셋째 층)으로 나누고 시험구별로 같은 층 시료를 모아 한꺼번에 균질화하였다. 균질화한 양파시료는 polyethylene bag에 밀봉하고 잔류농약분석 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

조리 형태에 따른 소실조사

농약을 살포하지 않고 수확한 양파의 외피를 제거하고 가로 × 세로 길이가 약 $2.5 \times 2.0 \text{ cm}$ 이 되도록 균일하게 세절한 후 시료로 사용하였다. 시험농약 회석용액은 fluquinconazole+tetraconazole 21% (14:7, v/v) 유현탁제 1 mL를 1 L의 물에 첨가하여 1,000배 희석이 되도록 조제(fluquinconazole 140 mg/kg 및 tetraconazole 70 mg/kg 농도에 해당)하였으며 이 회석용액에 앞서 세절한 양파시료를 200 g씩 10분간 침지시킨 후 1시간 동안 실온에 건조하였다. 각 실험은 3반복 수행하였으며 침지한 양파시료는 식기용 체로 건져내어 10분간 끓는 물에 삶기(boiling), 식용유와 함께 3분간 볶음(stir frying), 간장에 24시간 절임(pickling)의 방법으로 가공하였다.

조리된 양파 시료는 드라이아이스와 함께 균질화하여 농약 잔류분석 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였으며 삶은 시료의 경우에는 물 시료도 함께 분석하였다.

농약 잔류분석법

양파 중 fluquinconazole 및 tetraconazole의 추출을 위해 시료 25 g에 acetone을 가한 후 균질기를 이용하여 12,000 rpm에서 3분간 균질화하였다. 추출액을 감압·여과하고 일정량의 증류수와 포화식염수가 포함된 분액깔때기에 옮겨 dichloromethane으로 2회 분배·추출하였다. 분리된 유기용매층은 무수황산나트륨에 탈수시켜 감압·농축한 후 *n*-hexane에 재용해하고 florasil이 충전된 glass column (16 mm I.D., 40 cm length)에 정제하였다. 두 농약의 정제는 동시에 실시하였으며 정제방법은 *n*-hexane으로 미리 활성화시킨 column 상부에 재용해한 시료를 가하고 50 mL *n*-hexane/acetone (90/10, v/v)로 흘러버린 후, 100 mL *n*-hexane/acetone (80/20, v/v)을 이용하여 용출시켰다. 이 용출액을 농축하고 일정량의 acetone에 재용해하여 DB-5 capillary column [30 m (L.) × 0.25 mm (I.D.) × 0.25 μm (film thickness)]을 장착한 GC-ECD (Shimadzu GC-2010, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

GC-ECD의 이동상 기체는 질소(N_2) 가스로 분당 1 mL 유속으로 흘려주었으며 detector의 온도는 280°C 로 고정하였다. 주입부 온도는 260°C 로 유지하였으며 주입방법은 split mode (30:1)이었다. 또한 컬럼 오븐 온도는 100°C 에서부터 210°C 까지 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 증가시켜 8.5분간 유지시킨 후 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 280°C 까지 증가시켜 4분간 유지하도록 하였다. 두 시험농약의 검출한계(Limit of Detection, LOD)는 기기에 $1 \mu\text{L}$ 의 표준회석용액을 주입하여 얻어진 최소검출량(Minimum Detectable Amount, MDA)을 고려하여 아래식에 따라 산출하였으며 표준검량선은 $0.1 \sim 10.0 \text{ mg/kg}$ 의 표준회석용액을 이용하여 작성하였다. 회수율 시험은 무처리 양파시료에 각 농약의 농도가 0.2 및 1.0 mg/kg 되도록 처리하여 상기의 농약 잔류분석법에 따라 3반복 수행하였다.

$$\text{검출한계}(\text{mg/kg}) = \frac{[\text{최소검출량}(\text{ng}) \times \text{최종 재용해 부피}(\text{mL})]}{[\text{기기 주입량}(\mu\text{L}) \times \text{양파시료량}(\text{g})]}$$

결과 및 고찰

농약 잔류분석법 검증

양파의 지상부와 가식부 중 fluquinconazole 및 tetraconazole의 잔류량 분석은 다음과 같았다. 농약별 표준검량선의 상관관계수(R^2) 값은 0.999 이상으로 양호한 직선성을 보였으며 전체 회수율은 90.5~102.6%로 나타나 농약 잔류분석 기

Table 2. Recoveries and limits of detection (LOD) for fluquinconazole and tetraconazole in onion

Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%) ^a ± SD		MDA ^b (ng)	LOD ^c (mg/kg)
		Onion	Shoot		
Fluquinconazole	0.2	97.2 ± 2.7	102.6 ± 2.1	0.1	0.01
	1.0	90.5 ± 0.9	93.4 ± 0.6		
Tetraconazole	0.2	100.8 ± 8.9	90.6 ± 0.6	0.1	0.01
	1.0	91.3 ± 1.6	92.0 ± 0.8		

^a)Mean of triplication; ^b)MDA, Minimum detectable amount; ^c)LOD, Limit of Detection

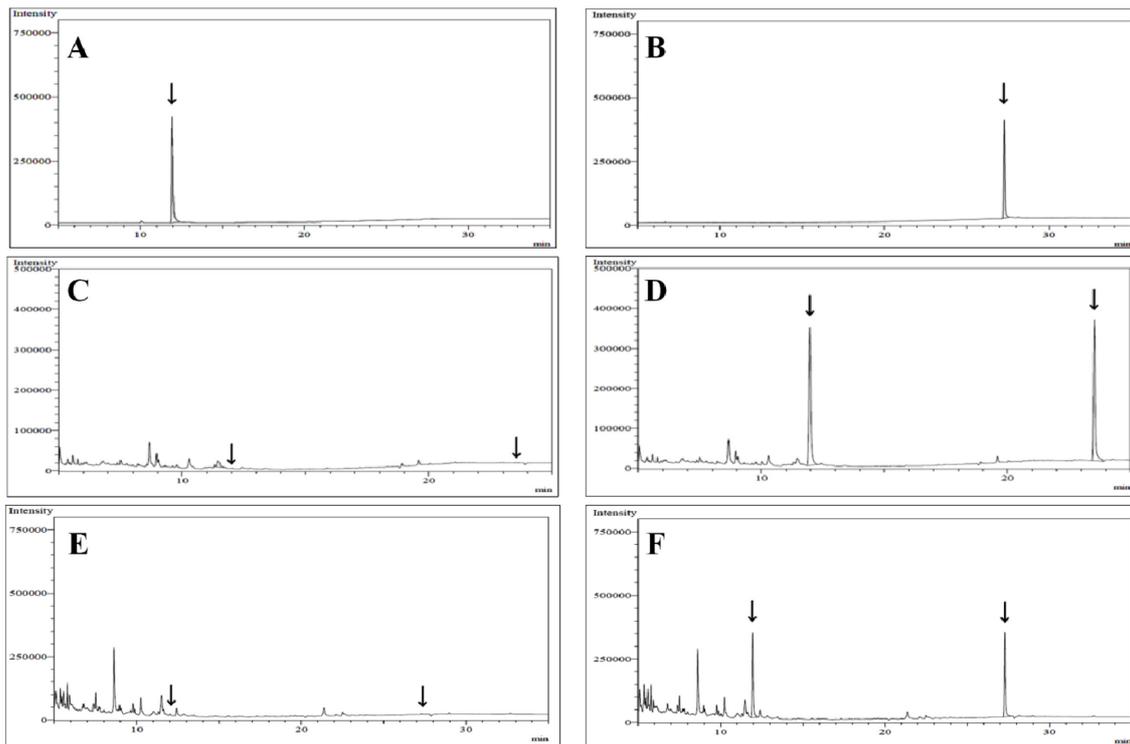


Fig. 3. Chromatograms of fluquinconazole and tetraconazole in onion analyzed using GC-ECD (A; 10 ng of fluquinconazole standard, B; 10 ng of tetraconazole standard, C; edible part control of onion, D; recovery in edible part of onion treated with 1.0 mg/kg, E; shoot control of onion, F; recovery in edible part of onion treated with 1.0 mg/kg).

준인 70~120% 이내를 만족하였다(Table 2). 분석기기에 대한 최소검출량 및 검출한계는 각각 0.1 ng 및 0.01 mg/kg로 산출되었다. 각 시료별 GC-ECD 분석 크로마토그램은 Fig. 2에 나타내었으며, 두 농약의 머무름 시간에 시료의 간섭피크는 존재하지 않았다.

시험기간 중 기상조건 및 양파무게

노지 재배의 경우 외부 기상변화는 작물 중 농약의 잔류양상을 결정짓는 주요한 요인이 될 수 있다(Hwang and Kim, 2013). 약제살포 후 10일 간 평균 온도는 $28.6 \pm 3.5^\circ\text{C}$ 이었으며 평균 습도는 $67.8 \pm 10.1\%$ 이었다. 강수량은 최고 27.5 mm로 평균 15.9 ± 14.0 mm이었으며 총 강수량은 47.6 mm이었다. 하지만 시험구 토양을 멀칭하였기 때문에 강수에 의한 가식부에서의 농약잔류량 변화는 크지 않았을 것

로 생각된다. 또한 작물의 무게증가는 농약의 잔류농도를 희석시키는 주요한 요인이 될 수 있다(Lee et al., 2004; Na et al., 2013; Hwang and Kim, 2013). 본 시험에서 최종 수확된 양파의 무게는 평균 417.4 ± 52.3 g이었으나 농약의 살포시기가 수확 10일 전이기 때문에 작물 무게 증가로 인한 농도 희석효과 역시 크지 않을 것으로 생각된다.

양파 중 농약의 흡수양상 조사

농약을 양파 지상부에 살포한 후 흡수된 양을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 수확 10일전에 살포한 농약의 지상부에서 잔류량은 500배 희석살포 후 fluquinconazole이 2.2 mg/kg, tetraconazole이 1.2 mg/kg으로 fluquinconazole의 잔류량이 tetraconazole보다 1.8배 더 높았으며 200배 희석살포 후에는 fluquinconazole이 5.2 mg/kg, tetraconazole이 2.1

Table 3. Residual amounts of pesticides in onion after the foliar application

Pesticide	Dilution level (times)	Residual amount ^{a)} (mg/kg) ± SD				
		Edible part of onion				Shoot
		1st	2nd	3rd	Whole	
Fluquinconazole	500	0.10 ± 0.00	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	2.2 ± 0.03
	200	0.24 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.00	< 0.01 ^{b)}	5.2 ± 0.03
Tetraconazole	500	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	1.2 ± 0.01
	200	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	< 0.01 ^{b)}	2.1 ± 0.04

^{a)}Mean of triplication; ^{b)} Values detected at less than LOD, 0.01 mg/kg

mg/kg으로 fluquinconazole의 잔류량이 tetraconazole보다 2.5배 더 높았다. 이는 사용된 약제의 fluquinconazole 함량이 tetraconazole 보다 2배 높기 때문인 것으로 판단된다. 또한 두 농약 모두 500배 희석하여 살포한 시험구보다 200배 희석하여 살포한 시험구에서 잔류량이 1.8~2.4배 더 높게 나타나 약제가 지상부에 균일하게 살포되었음을 확인 할 수 있었다.

현재 양파 지상부에 대한 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)은 국내의 모두 설정되어 있지 않지만(MFDS, 2015) 이 부위는 일부 소비자들에 의해 식품으로 소비되기도 한다. 본 연구에 따르면 양파의 지상부에서 잔류농도가 200배 희석하여 살포한 시험구에서 fluquinconazole이 5.2 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며 500배 희석하여 살포한 시험구에서 tetraconazole이 1.2 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 하지만 전체 시험구 모두에서 상당한 잔류량을 나타내고 있기 때문에 양파의 지상부도 농약의 잔류성을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

한편, 농약이 작물의 엽면에 부착되면 잎의 기공(stomata)을 통해 전도(conductance)되거나 큐티클(cuticle) 층을 삼투(permeance)하여 작물체 내로 침투할 수 있고 침투한 농약은 체관(phloem)을 통해 작물체 각 부위로 이류이동(advective transport)하게 된다(Charles, 2004). 또한 살포 후 토양에 떨어진 농약은 뿌리를 통해 직접 흡수되거나 토양으로부터 대기 중 휘발된 농약이 앞서 언급한 경로를 통해 작물체 내로 재흡수 될 수도 있다(Collins and Finnegan, 2010). 하지만 본 연구에서는 양파 정식 후 토양을 비닐로 멀칭하였기 때문에 토양으로부터 흡수 가능성은 낮을 것으로 생각된다.

양파의 지상부를 통해 가식부로 흡수되어 이동한 농약의 잔류량을 측정된 결과, 양파 가식부 한 개체에서의 농약의 잔류량은 전체 시험구에 대해 검출한계(0.01 mg/kg) 미만으로 나타났다. 이는 양파에 대해 MRL이 설정되어 있지 않은 tetraconazole을 제외하면, 0.2 mg/kg으로 설정된 fluquinconazole의 MRL을 초과하지 않은 잔류량이다(MFDS, 2015). 하지만 양파의 층별 분석에서 가장 안쪽 부분인 첫 번째 층 중 fluquinconazole의 잔류량이 200배 희석액에 처리한 시험구에서 0.24 mg/kg으로 나타나 해당 MRL을 초과하는 것으로 나타났다. 또한 양파 층별 분석에서 전체 시험구에 대해 tetraconazole의 잔류량은 검출한계 미만이었으나 fluquinconazole이 0.04~0.24 mg/kg까지 검출되어 양파 가식부 층별 fluquinconazole의 잔류농도가 서로 차이를 보여준다. 이러한 결과들은 가식부 전체 무게에 대한 농약의 희석효과를 보여주는 동시에 양파 층별로 다르게 잔류하는 농약의 분포를 보여준다고 할 수 있다.

양파 조리 중 농약 소실 조사

지상부 농약살포 후 가식부로 이동한 농약의 잔류량이 검출한계 미만 또는 미미한 수준으로 검출되었으나 양파 조리 형태별 농약의 소실 정도를 조사하기 위하여 양파 가식부를 섭취하기 알맞은 크기(2.5 × 2.0 cm)로 세절하여 1,000배 농약희석액에 침지 후 다양한 조리법에 따라 조리하였다. 조리 후 양파 가식부에서 fluquinconazole 및 tetraconazole의 잔류량을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

조리를 하지 않은 대조구 양파 중 fluquinconazole 및 tetraconazole의 잔류량은 9.4 및 6.5 mg/kg으로 나타났다.

Table 4. Residual amounts of pesticides in onion cooked using different processing methods

Pesticide	Dilution level (times)	Residual amount ^{a)} (mg/kg) ± SD			
		Processing method			
		Boiling (water) ^{b)}	Stir frying	Pickling	Control ^{c)}
Fluquinconazole	1,000	0.7 ± 0.01 (0.6 ± 0.01)	6.0 ± 0.01	3.7 ± 0.03	9.4 ± 0.00
Tetraconazole	1,000	1.5 ± 0.01 (1.3 ± 0.01)	2.7 ± 0.02	3.9 ± 0.03	6.5 ± 0.00

^{a)}Mean of triplication; ^{b)}Residual amount of pesticides in remaining water after boiling process; ^{c)}Treatment without processing method

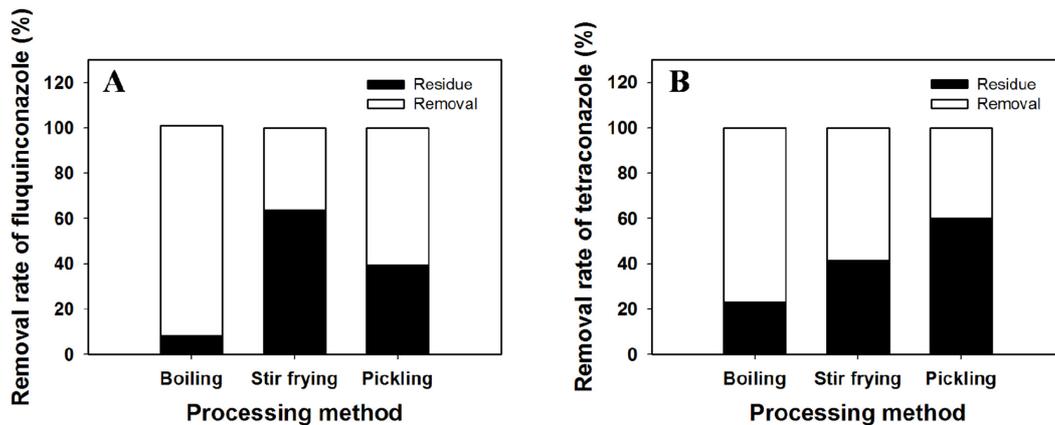


Fig. 4. Removal rates of fluquinconazole (A) and tetraconazole (B) in onion cooked using different processing methods.

비록 사용한 약제의 fluquinconazole 함량이 tetraconazole보다 2배 더 많았지만, 삶은 후 양파 중 잔류량은 tetraconazole이 fluquinconazole보다 더 많았다. 비슷한 경향이 절임 후 결과에서도 나타났으며 이러한 결과는 수증 가열 또는 염지에 대해 tetraconazole의 안정성이 fluquinconazole보다 더 높음을 보여주는 결과이다. 또한 삶은 후 남아 있는 물에서도 tetraconazole이 fluquinconazole보다 2배 이상 더 높은 농도를 나타내었으며 이는 tetraconazole의 물에 대한 용해도가 183.8 mg/L로 fluquinconazole (1.15 mg/L)에 비해 더 높기 때문인 것으로 생각된다(Macbean, 2012). 한편, 볶음 후 양파 중 잔류량은 fluquinconazole이 tetraconazole보다 더 많았으며 다른 조리법들에 비해 두 농약 모두 소실된 양이 적었다. 이러한 결과는 두 triazole계 농약이 열에 대한 안정성이 높기 때문으로 생각된다.

1,000배 희석액에 침지한 양파의 다양한 가공법에 따른 농약 소실 정도는 Fig. 4에 나타내었다. Fluquinconazole의 제거율은 삶은 후 92.6%로 가장 컸으며 다음으로 절임(60.6%), 볶음(36.2%)의 순이었다. Tetraconazole의 제거율 역시 삶은 후에 76.9%로 가장 컸으며, 절임 후 제거율이 40.0%로 가장 적었다.

감사의 글

이 논문은 2015학년도 경북대학교 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

Literature Cited

- Abou-Arab, A. A. K. (1999) Effects of processing and storage of dairy products on lindane residues and metabolites. *Food Chem.* 64:467-473.
- Charles R. (2004) Modelling pesticides residues; *Ecôle*

- Polytechnique Fédérale de Lausanne: Lausanne, Switzerland,* pp. 26-27.
- Chavarri, M. J., A. Herrera and A. Arino (2005) The decrease in pesticides in fruit and vegetables during commercial processing. *Int. J. Food Sci. Technol.* 40(2):205-211.
- Collins C. D. and E. Finnegan (2010) Modeling the plant uptake of organic chemicals, including the soil-air-plant pathway. *Environ. Sci. Technol.* 44:998-1003.
- Collins C., M. Fryer and A. Grosso (2006) Plant uptake of non-ionic organic chemicals. *Environ. Sci. Technol.* 40(1):45-52.
- Dejonckheere, W., W. Steurbaut, S. Drieghe, R. Verstraeten and H. Braeckman. (1996) Pesticide residue concentrations in the Belgian total diet, 1991-1993. *J. AOAC Int.* 79(2):520-528.
- Elkins, E. R. (1989) Effect of commercial processing on pesticide-residues in selected fruits and vegetables. *J. AOAC Int.* 72(3):533-535.
- Holland, P. T., D. Hamilton, B. Ohlin and M. W. Skidmore (1994) Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure Appl. Chem.* 66(2):335-356.
- Hwang, J. I. and J. E. Kim (2013) Residue patterns of fungicides, flusilazole and myclobutanil in apples. *Curr. Res. Agric. Life. Sci.* 31(4):272-279.
- Juraske R., F. Castells, A. Vijay, P. Muñoz and A. Antón (2009) Uptake and persistence of pesticides in plants: Measurements and model estimates for imidacloprid after foliar and soil application. *J. Hazard. Mater.* 165:683-689.
- Kaushik, G, S. Satya and S. N. Naik (1996) Food processing a tool to pesticide residue dissipation - A review. *Food Res. Int.* 42:26-40.
- Keikotlhaile B. M., P. Spanoghe and W. Steurbaut (2010) Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. *Food Chem. Toxicol.* 48:1-6.
- Kontou, S., D. Tsiipi and C. Tzia (2004) Stability of the

- dithiocarbamate pesticide maneb in tomato homogenates during cold storage and thermal processing. *Food Addit. Contam.* 21(11):1083-1089.
- Krol, W. J., T. L. Arsenaault, H. M. Pylypiw and M. J. I. Mattina (2000) Reduction of pesticide residues on produce by rinsing. *J. Agric. Food Chem.* 48(10):4666-4670.
- Lee, H. D., K. S. Kyung, H. Y. Kwon, Y. B. Ihm, J. B. Kim, S. S. Park and J. E. Kim (2004) Residue characteristics of hexconazole and chlorothalonil in several fruits. *Kor. J. Pestic. Sci.* 8(2):107-111.
- Macbean, C. (2012) *The pesticide manual*, 16th ed.; British Crop Production Council: Alton, Hampshire, UK, pp. 538-540, 1087-1088.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety) (2015) MRLs for pesticides in foods, In Korean Food Code. MFDS, Korea.
- Na, E. S., Y. J. Lee, K. J. Kim, S. S. Kim and K. S. Lee (2013) Establishment of pre-harvest residue limits of clothianidin and thiacloprid in ginseng. *Kor. J. Pestic. Sci.* 17(3):155-161.
- Noh, H. H., K. H. Lee, J. Y. Lee, E. Y. Yee, Y. S. Park, H. K. Park, J. H. Oh, M. H. Im, Y. J. Lee, I. H. Baeg and K. S. Kyung (2012) Residual characteristics and processing factors of difenoconazole in fresh ginseng and processed ginseng products. *Kor. J. Pestic. Sci.* 16(1):35-42.
- Park, S. Y., H. R. Kang, K. Y. Ko, K. H. G, M. H. Im and K. S. Lee (2013) On the processing and reduction factors of several pesticides with welsh onion. *Kor. J. Pestic. Sci.* 13(4):249-255.
- RDA (Rural Development Administration) (2015) Agrochemicals management system. <http://epmso.rda.go.kr/epmso/p03/viewList.action>. Accessed 3 September 2015.
- Schattenberg, H. J., P. W. Geno, J. P. Hsu, W. G. Fry and R. P. Parker (1996) Effect of household preparation on levels of pesticide residues in produce. *J. AOAC Int.* 79(6):1447-1453.
- Trapp S. and M. Matties (1995) Generic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. *Environ. Sci. Technol.* 29:2333-2338.

Triazole계 살균제의 양파 흡수이행 및 조리 형태별 소실 양상

이은향 · 황정인 · 김장역*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부

요 약 양파 증 살균제 fluquinconazole 및 tetraconazole의 흡수양상을 조사하기 위하여 양파의 지상부에 fluquinconazole+tetraconazole 21% (14:7, v/v) 유현탁제를 500 및 200배 희석하여 살포하고 10일 경과 후 양파 지상부와 가식부에서 농약의 잔류량을 측정하였다. 양파 지상부에서 잔류량은 200배 희석 살포구에서 fluquinconazole이 5.2 mg/kg으로 가장 높게 나왔으며 500배 희석 살포구에서 tetraconazole이 1.2 mg/kg으로 가장 적었다. 지상부를 통해 양파 가식부로 이행된 농약의 잔류량은 검출한계(0.1 mg/kg) 미만으로 나타났다. 그러나 양파 가식부를 최외각부터 차례로 세 부분으로 나누어 농약 잔류량을 분석한 결과 fluquinconazole이 0.04~0.24 mg/kg의 농도로 검출되어 양파 가식부 층별로 농약이 다르게 분포하는 것으로 나타났다. 양파 가식부를 1,000배 농약 희석액에 침지한 후 삶기 (boiling), 볶음(stir frying) 및 절임(pickle)과 같은 양파 조리를 실시한 결과 삶은 후에 76.9~92.6%의 제거율로 두 농약 모두 가장 많이 소실되는 것으로 나타났다.

색인어 Fluquinconazole, Tetraconazole, 소실, 양파, 조리, 흡수이행