



살충제 Tebufenozide와 Teflubenzuron의 아로니아 중 경시적 잔류량 변화와 잔류 안전성 평가

오경열^{1,†} · 이득영^{1,†} · 송태복^{1,2} · 김영진^{1,3} · 김진호^{1*}¹경상대학교 농업생명과학연구원 농화학과, ²경상북도 구미시 농업기술센터, ³안전성평가연구소 경남분소

Residual Dissipation Pattern and the Safety Assessment of Tebufenozide and Teflubenzuron on Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)

Kyeong-Yeol Oh^{1,†}, Deuk-Yeong Lee^{1,†}, Tae Bok Song^{1,2}, Yeong-Jin Kim^{1,3}, Jin-Hyo Kim^{1*}¹Department of Agricultural Chemistry, Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea²Gumi-si Agriculture technology & extension center, Gumi 39281, Republic of Korea³Environmental Chemistry Research Group, Korea Institute of Toxicology, Jinju 52834, Republic of Korea

(Received on April 3, 2022. Revised on May 2, 2022. Accepted on May 9, 2022)

Abstract The time-course residue pattern, dissipation time (DT₅₀), and residual safety of tebufenozide and teflubenzuron on black chokeberry were investigated under open field trial. The 2,000-fold dilute solution of 20% tebufenozide (suspension concentrate, SC) and 5% teflubenzuron (SC) were sprayed twice on black chokeberry at the intervals of 7-day before the harvest day, respectively. The initial residue of tebufenozide and teflubenzuron on the black chokeberry after final treatment were detected to 2.861 ± 0.337 mg kg⁻¹ and 1.035 ± 0.101 mg kg⁻¹, respectively. The residues were decreased to 1.658 ± 0.295 mg kg⁻¹ and 0.362 ± 0.048 mg kg⁻¹ after 21 days from the final treatment. The DT₅₀s were estimated to 33.6 days for tebufenozide and 16.4 days for teflubenzuron on the black chokeberry fruit. The residues of tebufenozide and teflubenzuron on 21 days after final treatment did not exceed the currently available temporal maximum residue limit (MRL) on black chokeberry in Korea.

Key words Black chokeberry, Dissipation time, Residual safety, Tebufenozide, Teflubenzuron

서 론

현재 국내에서 재배되는 소면적 작물들은 재배기술의 표준화와 병해충 방제력이 명확히 확립되어 있지 않으며, 등록된 농약의 수가 적어 병해충 발생시 피해가 심각한 실정이다(Kim et al., 2012; Son et al., 2012; Abou Zeid et al., 2021). 또한, 2019년부터 모든 농산물에 대해 농약 허용물질 목록관리제도(Positive list system, PLS)가 시행됨에 따라

등록된 농약 수가 적은 소면적 작물의 경우 잔류농약 초과 문제 발생우려가 높아 보다 적극적인 농약 등록시험과 연구가 필요한 실정이다(Kim et al., 2017; Oh et al., 2021; Lee et al., 2022).

최근 경기도에서 조사된 연구결과에 따르면, 농약 PLS 시행에 따른 검출기준 강화의 영향으로 유통 농산물 중 부적합 빈도가 지속적으로 증가하는 경향이 나타났으며, 잔류허용기준 초과 비율 중 일률기준(0.01 mg kg⁻¹) 적용에 따른 기준 초과 비율이 PLS 전면시행 원년인 2019년 48%에서 2020년에는 57%로 증가하였다(Song et al., 2021). 특히, 농산물 중 과일류의 검출빈도가 최대 7배까지 증가하였으며, 이 중 아로니아, 포도 등이 포함된 장과류의 검출빈도는 2018년

[†]Authors are equally contributed as first author

*Corresponding author
E-mail: jhkim75@gnu.ac.kr

6.4%에서 2019년 39.4%, 2020년 45.3%로 지속적인 증가추세를 보이고 있다(Song et al., 2021). 이러한 문제 해결을 위해서는 소면적 재배작물인 아로니아의 병해충 방제에 사용가능한 등록농약을 늘리고, 적절한 안전사용기준을 제시해야 할 것이다.

장과류인 아로니아는 2007년 소규모 농가에서 재배하기 시작한 작물로, 아로니아 열매의 색에 따라 black chokeberry (*Aronia melanocarpa*)와 red chokeberry (*Aronia arbutifolia*), purple chokeberry (*Aronia prunifolia*)로 구분되며, 국내에서는 주로 노지에서 재배하고 있다(Choi et al., 2015). 아로니아는 안토시아닌, 플라보노이드, 폴리페놀 화합물이 풍부하여 항산화 작용, 면역증진 및 암 예방 등의 효과가 보고되었다(Han et al., 2005; Lala et al., 2006; Hwang and Tai, 2014; Wathon et al., 2018). 현재 우리나라 재배 아로니아에 피해를 주는 해충으로는 갈색날개미충과 꽃노랑총채벌레, 꽃매미, 미국선녀벌레, 미국흰불나방, 볼록총채벌레, 파밤나방 등 14종이 알려져 있으며, 이들에 대한 방제농약이 등록되어 있다(KCPA, 2022).

파밤나방(*Spodoptera exigua*)은 과를 가해하는 대표적인 해충으로, 유충은 잡식성으로 채소, 화훼류, 밭 작물 등 거의 모든 농작물을 가해하여 피해를 유발하는 광식성 해충이다(Han et al., 2015; Park et al., 2021). 파밤나방은 6월부터 10월까지 발생하며, 노지에서 1년에 4-5회 발생하고, 날씨가 따뜻한 제주도 및 남부 해안 지역에서는 1회 이상 더 발생할 수 있다(Kang et al., 2008; RDA, 2022). 현재 아로니아의 파밤나방 방제를 위해 등록된 농약은 fluxametamide와 novaluron 2종으로 병해충 방제 효율 증진과 저항성 발현 억제제를 위해 다양한 유효성분에 대한 병해충 방제 활용 연구가 필요한 실정이다(Kim et al., 2021; Lee et al., 2022).

Tebufenozide는 benzoyl hydrazine계 농약으로 탈피호르몬 수용체 기능을 활성화시켜 살충효과를 나타내며(Lin et al., 2018; Smaghe et al., 2019), 20% tebufenozide (SC)는 배추와 파의 파밤나방, 복숭아의 복숭아 순나방, 사과와 사

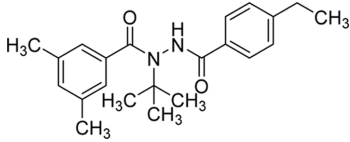
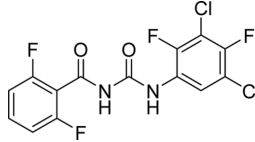
과굴나방 등의 해충 방제에 사용가능 하도록 등록되어 있다(KCPA, 2022). Teflubenzuron은 benzoyl urea계 농약으로 키틴생합성을 저해하여 살충효과를 나타내는 농약으로 알려져 있으며(Meng et al., 2018; Bezerra do Nascimento et al., 2022), 가지, 상추, 부추, 시금치, 파세리, 당근, 양배추 등 18작물의 파밤나방 방제를 위해 등록되어 있다(KCPA, 2022). 2022년 현재 아로니아에 대한 tebufenozide와 teflubenzuron의 최대잔류허용량(maximum residue limit, MRL)은 잠정기준으로 각각 2.0 mg kg⁻¹과 1.0 mg kg⁻¹으로 설정되어 있고(MFDS, 2022), 아로니아의 파밤나방 방제를 위한 농약 안전사용기준은 설정되어 있지 않다. 이에 따라, 본 연구에서는 아로니아에서 20% tebufenozide 액상수화제와 5% teflubenzuron 액상수화제 살포 후 유효성분의 경시적 잔류변화와 잔류 안전성을 평가하였다.

재료 및 방법

표준품 및 시약

Tebufenozide와 teflubenzuron의 분석용 표준품은 Kemidas Co. (Suwon, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 시험대상 성분의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. Acetonitrile (ACN)과 methanol, water는 Burdick & Jackson™ (Honeywell International Inc, Morris Plains, NJ, USA)의 high-performance liquid chromatography (HPLC) grade를 사용하였고, ammonium formate (Kanto Chemical Co., Inc., Tokyo, Japan)와 formic acid (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)는 순도 >98%를 사용하였다. 아로니아 중 tebufenozide와 teflubenzuron의 추출은 Phenomenex Inc. (Torrance, CA, USA)의 QuEChERS extraction kit (4 g MgSO₄ anhydrous, 1 g NaCl, 1 g sodium citrate tribasic dihydrate 및 0.5 g sodium citrate dibasic sesquihydrate)를 사용하였고, 추출 시료의 정제를 위한 dispersive-solid phase extraction (d-SPE)는 primary-secondary amine (PSA) 25 mg과 C₁₈ 25 mg 및

Table 1. Chemical structures, classification, and physicochemical properties of tebufenozide and teflubenzuron^{a)}

Pesticide	Tebufenozide	Teflubenzuron
Chemical structure		
Mode of action	Ecdysone receptor agonist	Inhibitor of chitin biosynthesis
Molecular weight (g mol ⁻¹)	352.5	381.1
Solubility in water (20°C, mg L ⁻¹)	0.83	0.01
Vapor pressure (20°C, mPa)	1.56 × 10 ⁻⁴	9.16 × 10 ⁻⁴
log K _{ow}	4.25	4.3

^{a)} The data was obtained from International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Pesticide Properties DataBase (IUPAC, 2022).

MgSO₄ 150 mg으로 구성된 Agilent Technologies, Inc. (Santa Clara, CA, USA)의 d-SPE kit와 Supelclean ENVI-Carb™ (Supelco®, Sigma-Aldrich, Inc., Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다.

시험포장 및 약제 처리

아로니아의 잔류성 시험은 경상남도 진주에서 7월부터 8월까지 실시하였으며, 시험기간 동안 시험포장의 일일 평균 온도는 22.3-29.1°C이었고, 일 최대 강수량은 142.7 mm이었다(Fig. 1). 잔류 시험 품종은 블랙초크베리였고, 수령은 8-10년이었다. 잔류시험포장의 대조구는 10.5 m² (7.0 m × 1.5 m)로 조성하였으며, 시험구는 27 m² (18 m × 1.5 m)로 조성하여 시험구별 3반복 배치하였고, 시험구의 시험약제간 교차오염을 방지하기 위해 완충구를 3 m 이상 두었다. 아로니아에 대한 tebufenozide와 teflubenzuron의 잔류시험은 20% 액상수화제와 5% 액상수화제를 ㈜경농(Seoul, Korea)에서 구매하여 사용하였고, tebufenozide와 teflubenzuron 2,000 배 희석액을 충전식 분무기로 시험구 전체에 약액이 충분히 흐를 정도로 균일하게 7일간격 2회 살포 후 일시 수확하였다. 잔류분석을 위한 시료는 수확 당일 반복구당 1.0 kg 이상 수확하였으며, 수확한 시료는 냉장상태로 실험실로 옮긴 후 드라이아이스와 함께 곁게 분쇄하고 잔류분석 전까지 냉동 보관하였다.

잔류분석 시료 전처리

Tebufenozide 잔류분석 시료는 균질화된 아로니아 시료 10.0 g에 ACN 10.0 mL를 가한 후 QuEChERS extraction kit를 첨가하여 30분간 진탕 및 초음파 추출(Powersonic 410, Hawshin Tech Co., Ltd., Seoul, Korea)하였다. 추출시료는 4°C, 4000 rpm에서 10분간 원심분리(LABOGENE

1580R, Labogen™, Bio-Medical Science Co., Ltd., Seoul, Korea)하고, 상등액 1 mL를 취하여, d-SPE kit와 ENVI-Carb™ 25 mg이 든 microtube에 넣고 3분간 vortexing한 후 syringe filter (PTFE, 0.22 µm, BIOFACT Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 여과하여 잔류분석용 시료로 제조하였다. Teflubenzuron 잔류분석 시료는 tebufenozide와 동일한 방법으로 추출하였으며, 정제는 ENVI-Carb™ 이 포함되지 않은 Agilent Technologies, Inc. (Santa Clara, CA, USA)의 d-SPE kit (PSA 25 mg, C₁₈ 25 mg, MgSO₄ 150 mg)를 사용하였다.

기기분석 조건

아로니아 중 tebufenozide와 teflubenzuron의 잔류분석은 LC-MS/MS (LC-MS 8050 Triple Quadrupole, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 Table 2의 조건에 따라 분석하였다. 이동상 용매는 5 mM ammonium formate를 포함한 0.1% formic acid 수용액과 5 mM ammonium formate와 0.1% formic acid를 포함한 methanol을 사용하였고, Phenomenex Inc. (Torrance, CA, USA)의 Kintex phenyl-hexyl (2.1 × 100 mm, 2.6 µm) 칼럼을 사용하여 분리하였다.

분석법 검증

Tebufenozide와 teflubenzuron의 검량선 작성은 표준품을 이용하여 100 mg L⁻¹ stock solution을 제조한 후 무처리 아로니아 시료의 추출물로 희석하여 matrix-matched standard를 제조하였다. Tebufenozide와 teflubenzuron의 검량선은 0.005-0.500 mg kg⁻¹의 범위에서 작성하였고, signal/noise비 10이상을 기준으로 정량한계(limit of quantitation, LOQ)를 산출하였으며(Oh et al., 2020), 회수율 시험은 0.01 mg kg⁻¹ 과 0.1 mg kg⁻¹에서 3반복 수행하였다.

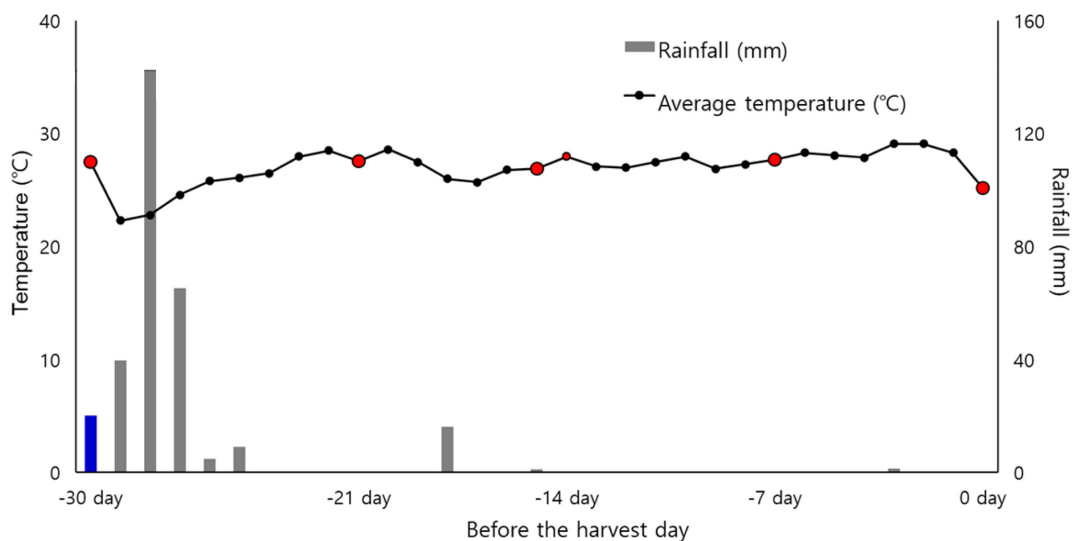


Fig. 1. Weather condition for tebufenozide and teflubenzuron residue field trials on black chokeberry (*Aronia melanocarpa*).

Table 2. The instrumental condition of LC-MS/MS for quantitative analysis of tebufenozide and teflubenzuron in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*)

HPLC conditions						
Instrument	Nexera LC-40 UPLC (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)					
Column	Kintex phenyl-hexyl (2.1 × 100 mm, 2.6 μm)					
Injection volume	1 μL					
Mobile phase	A: 0.1% formic acid in aqueous 5 mM ammonium formate B: 0.1% formic acid in 5 mM ammonium formate MeOH					
Flow rate	0.3 mL min ⁻¹					
Gradient	Tebufenozide			Teflubenzuron		
	Time (min)	A (%)	B (%)	Time (min)	A (%)	B (%)
	0	45	55	0	85	15
	3	30	70	5	40	60
	10	10	90	7	20	80
Mass conditions						
Instrument	LC-MS 8050 Triple Quadrupole (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)					
Ionization	Electrospray Ionization (ESI, Positive)					
Ion source temperature	150°C					
DL temperature	250°C					
Heating block	400°C					
MRM condition	Analyte	Precursor (<i>m/z</i>)	Product (<i>m/z</i>)	Collision energy (V)		
	Tebufenozide	353.0	133.1 297.0	21 9		
	Teflubenzuron	381.1	157.9 141.0	17 38		

잔류 반감기 산출

약제 처리 후 경과일수에 따른 잔류량 변화에 대한 회귀식을 Eq. 1에 적용하여 산출하였고, 작물 잔류 반감기 (dissipation time, DT₅₀)는 Eq. 2를 사용하여 산출하였다 (Lee et al., 2022).

$$y = -ae^{-kx} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$DT_{50} = \frac{\ln 2}{k} \quad (\text{Eq. 2})$$

잔류 안전성 평가

Tebufenozide와 teflubenzuron의 잔류 안전성 평가를 위한 이론적 일일최대섭취량(theoretical maximum daily intake, TMDI)은 식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety, MFDS)의 잔류물질정보에 등록되어 있는 MRL과 2019년 국민영양통계 중 전체 연령의 식이 섭취량 자료와 국민 평균 체중(61 kg)을 Eq. 3에 적용하여 산출하였다(KHIDI, 2019; Lee et al., 2021). MFDS의 잔류물질정보에 등록되어 있는 일일섭취허용량(Acceptable daily intake, ADI)과 산출한 TMDI를 Eq. 4에 적용하여 %ADI를 산출하였다.

$$TMDI (mg kg_{bw}^{-1} day^{-1}) = \frac{MRL (mg kg^{-1}) \times \text{daily intake} (kg day^{-1})}{\text{body weight} (61 kg)} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\%ADI = \frac{TMDI (mg kg_{bw}^{-1} day^{-1})}{ADI (mg kg_{bw}^{-1} day^{-1})} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

결과 및 고찰

분석법 검증

아로니아 중 tebufenozide와 teflubenzuron의 잔류분석을 위한 검량선의 직선성(R²)은 모두 0.999 이상으로 양호하였고, 아로니아에서 tebufenozide와 teflubenzuron의 LOQ는 0.005 mg kg⁻¹이었다. 아로니아에서 분석대상 성분의 회수율은 0.01 mg kg⁻¹와 0.1 mg kg⁻¹에서 시험하였고, 그 결과 tebufenozide의 평균 회수율은 93.7-98.2%이었으며, teflubenzuron의 평균회수율은 94.1-95.9% 이었다. 이들 정량분석에 대한 변이계수(Coefficient of variation, CV)는 0.6-3.9%이었다(Table 3).

Table 3. Recoveries, CVs and LOQs of the analytes in black chokeberry

Analyte	Fortification (mg kg ⁻¹)	Recovery (%)	CV (%)	LOQ (mg kg ⁻¹)
Tebufenozide	0.01	93.7	3.7	0.005
	0.1	98.2	0.6	
Teflubenzuron	0.01	94.1	3.9	0.005
	0.1	95.9	1.5	

Table 4. Time-course residues and the DT₅₀ of tebufenozide and teflubenzuron in black chokeberry

Pesticide	Analyte	DAT (days) ^{a)}	Residue concentration (Average ± SD, mg kg ⁻¹)	DT ₅₀ (day)
20% Tebufenozide (SC)	Tebufenozide	0	2.861 ± 0.337	33.6
		3	2.554 ± 0.270	
		7	2.386 ± 0.522	
		14	2.398 ± 0.252	
		21	1.658 ± 0.295	
5% Teflubenzuron (SC)	Teflubenzuron	0	1.035 ± 0.101	16.4
		3	1.027 ± 0.157	
		7	0.957 ± 0.112	
		14	0.641 ± 0.117	
		21	0.362 ± 0.048	

^{a)} DAT : day after treatment

아로니아 중 tebufenozide의 경시적 잔류 변화와 잔류 반감기

20% Tebufenozide (SC) 2,000배 희석액을 7일간격 2회 살포 후 tebufenozide의 잔류량을 조사하였다. 수확 당일 약액 살포 후 tebufenozide의 초기 잔류량은 평균 2.861 ± 0.337 mg kg⁻¹ (2.585-3.237 mg kg⁻¹) 이었고, 최종 약액 살포 21일 경과 후 잔류량은 평균 1.658 ± 0.295 mg kg⁻¹ (1.348-1.935 mg kg⁻¹) 이었다(Table 4). 최종 약액 살포 후 경과일수에 따른 tebufenozide의 잔류량은 Fig. 2와 같이 감소함을 확인할 수 있었다. 최종 약액 살포 14일 경과 후 잔류량은 초기 잔류량 대비 16.2% 감소하였으며, 21일 경과 후 시료의 잔류량은 초기 잔류량 대비 42.1%로 감소하였다. 시험기간 동안 아로니아 중 tebufenozide의 잔류량은 50% 이하로 감소하지 않았으며, 회귀식을 이용하여 산출한 잔류 반감기는 33.6일이었다. 이는 포도에서 보고된 tebufenozide의 작물 잔류 반감기(37.9-68.6일)와 유사하였다(Likas and Tsiropoulos, 2011).

아로니아 중 teflubenzuron의 경시적 잔류 변화와 잔류 반감기

5% Teflubenzuron (SC) 2,000배 희석액을 7일간격 2회 살포 후 경과일수에 따른 teflubenzuron의 잔류량을 조사하였다. 수확 당일 약액 살포 후 teflubenzuron의 초기 잔류량은 평균 1.035 ± 0.101 mg kg⁻¹ (0.972-1.151 mg kg⁻¹) 이었고,

최종 약액 살포 21일 경과 후 잔류량은 초기 잔류량 대비 65.0% 감소한 0.362 ± 0.048 mg kg⁻¹ (0.319-0.415 mg kg⁻¹) 이었으며, 아로니아 중 teflubenzuron의 잔류 반감기는 16.4일이었다(Table 4). Teflubenzuron의 작물 잔류 반감기는 복숭아에서 11.5일로 유사하였으나, 초기 잔류량은 0.26 mg kg⁻¹으로 아로니아의 초기 잔류량이 4배 높았다(Yoon et al., 2012). 이러한 차이는 두 작물의 무게대비 표면적 비 등 작물의 형태적 특성에 의한 초기 잔류량의 차이로 판단되었다(Lee et al., 2022).

아로니아 중 tebufenozide와 teflubenzuron의 잔류 안전성 평가

현재 우리나라에서 tebufenozide는 56종의 작물, teflubenzuron은 58종의 작물에 MRL이 각각 설정되어 있으며, 아로니아에 대한 tebufenozide와 teflubenzuron의 잠정 MRL은 각각 2.0 mg kg⁻¹과 1.0 mg kg⁻¹으로 설정되어 있다(MFDS, 2022). 이에 따른 전체 등록 작물에 대한 TMDI를 국민건강 영양조사의 농산물 식이 섭취량을 기준으로 산출하면 tebufenozide는 6.94 × 10⁻¹ mg kg_{bw}⁻¹ day⁻¹, teflubenzuron은 5.26 × 10⁻³ mg kg_{bw}⁻¹ day⁻¹로 각각 ADI의 34.7%와 52.6%이었다. 다만, 아로니아에 설정된 잠정 MRL의 %ADI는 tebufenozide가 1.3%, teflubenzuron이 0.02%로 높지 않았다(MFDS, 2022). 다만, 20% tebufenozide와 5% teflubenzuron 2,000배 희석액을 7일간격 2회 살포할 경우 최종 약액 살포 21일 경과

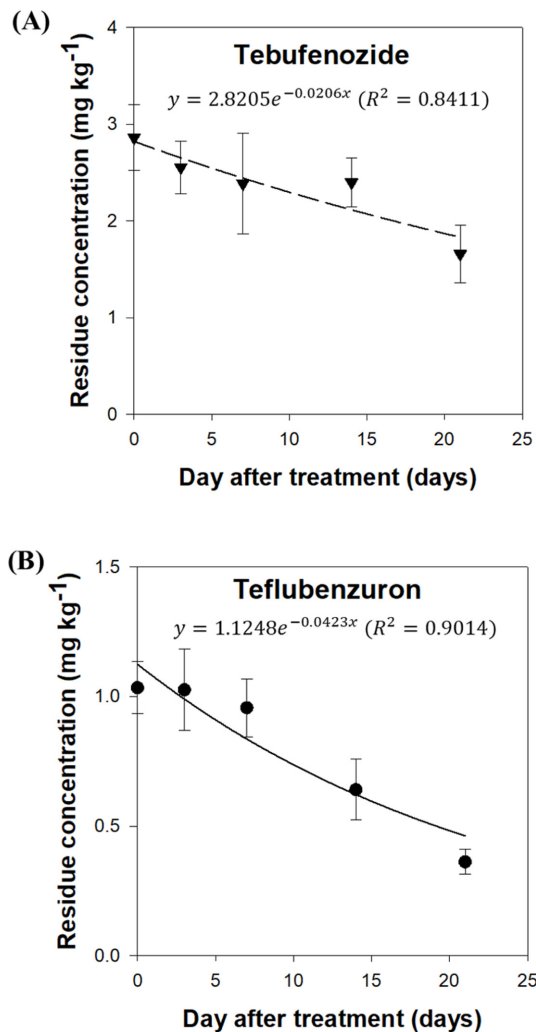


Fig. 2. Dissipation pattern of tebufenozide (A) and teflubenzuron (B) in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*).

이후 수확할 때 잠정 MRL 기준을 충족할 수 있으므로, 아로니아에 대한 20% tebufenozide와 5% teflubenzuron 액상 수화제의 안전사용기준은 2,000배 희석액을 사용하되, 수확 21일 전까지 7일간격 2회 처리로 고려해 볼 수 있을 것이다.

Author Information and Contributions

Kyeong-Yeol Oh, Department of Agricultural Chemistry, Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Ph.D. student, <https://orcid.org/0000-0002-1699-4164>

Deuk-Yeong Lee, Department of Agricultural Chemistry, Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Ph.D. student, <http://orcid.org/0000-0001-6047-5276>

Tae-Bok Song, Department of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Ph.D. student; Gumi-si Agriculture technology & extension center, Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1938-9151>

Yeong-Jin Kim, Department of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Ph.D. student; Environmental Chemistry Research Group, Korea Institute of Toxicology, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3926-9387>

Jin-Hyo Kim, Department of Agricultural Chemistry, Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0341-7085>

Acknowledgement

This study was supported by the “Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01610808)”, Rural Development Administration, Republic of Korea.

Literature cited

- Abou Zeid MI, Awad MK, Melki KC, Jawdah YA, Jammoul AM, 2021. Pesticides residues on Loquat: A minor crop in Lebanon. *Food Control*. 130:108297.
- Bezerra do Nascimento AR, Pavinato VAC, Rodrigues JG, Silva-Brandão KL, Consoli FL, et al., 2022. There is more than chitin synthase in insect resistance to benzoylureas: molecular markers associated with teflubenzuron resistance in *Spodoptera frugiperda*. *J. Pest Sci.* 95:129-144.
- Choi KH, Oh HJ, Jeong YJ, Lim EJ, Han JS, et al., 2015. Physico-chemical analysis and antioxidant activities of Korea *Aronia melanocarpa*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44(8):1165-1171. (In Korean)
- Han GL, Li CM, Mazza G, Yang XG, 2005. Effect of anthocyanin rich fruit extract on PGE2 produced by endothelial cells. *J. Hyg. Res.* 34(5):581-584.
- Han JH, Yoon JH, Son SJ, Kim JJ, Lee SY, 2015. Combination effects of organic materials and *Bacillus thuringiensis* on *Spodoptera exigua*. *Korean J. Pestic. Sci.* 19(4):411-417. (In Korean)
- Hwang ES, Tai ND, 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of Cheongpomook added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J. Food Cook Sci.* 30(2):161-169. (In Korean)
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), 2022. IUPAC Pesticide Properties DataBase. <http://sitem>.

- herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm (Accessed Feb. 19. 2022).
- Kang EJ, Kang MG, Seo MJ, Park SN, Kim CU, et al., 2008. Toxicological effects of some insecticides against welsh onion beet armyworm (*Spodoptera exigua*). Korean J. Appl. Entomol. 47(2):155-162. (In Korean)
- Kim BM, Park JS, Choi JH, Abd EI-Aty AM, Na TW, et al., 2012. Residual determination of clothianidin and its metabolites in three minor crops via tandem mass spectrometry. Food Chem. 131(4):1546-1551.
- Kim YH, Yoo JK, Hong SI, Lee JY, Ryu GH, et al., 2017. Comparison of the three insecticides efficacy against turnip aphid (*Lipaphis erysimi*) and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) in the crucifer crops. Korean. J. Pestic. Sci. 21(3):284-288. (In Korean)
- Kim YJ, Song JW, Choi SG, Kim JH, 2021. Residual characteristics of fungicides azoxystrobin, fluxapyroxad, and penthiopyrad on *Peucedanum japonicum* Thunb. Korean. J. Pestic. Sci. 25(4):415-424. (In Korean)
- Korea Crop Protection Association (KCPA), 2022. Agrochemical use guide book. <https://www.koreacpa.org/ko/use-book/> (Accessed Mar. 31. 2022).
- Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), 2019. Korea National Health & Nutrition Examination Survey. <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result2?menuId=MENU01653&gubun=&year=2019> (Accessed Mar. 30. 2022).
- Lala G, Malik M, Zhao C, He J, Kwon Y, et al., 2006. Anthocyanin-rich extracts inhibit multiple biomarkers of colon cancer in rats. Nutr Cancer 54(1):84-93.
- Lee DY, Bae JY, Oh KY, Ryu SK, Kim YJ, et al., 2021. Residual safety of boscalid, fluxapyroxad, hexaconazole, pencycuron, pyraclostrobin, and thifluzamide as fungicides for the prevention of Sclerotinia Rot on carrot. Korean J. Pestic. Sci. 25(1):11-19. (In Korean)
- Lee DY, Bae JY, Song YH, Oh KY, Kim YJ, et al., 2022. Residual dissipation pattern and residual safety assessment of dichlorvos and valifenalate in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.) under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 26(1):34-42. (In Korean)
- Likas DT, Tsiropoulos NG, 2011. Fate of three insect growth regulators (IGR) insecticides (flufenoxuron, lufenuron and tebufenozide) in grapes following field application and through the wine-making process. Food Addit. Contam. 28(2):189-197.
- Lin H, Liu X, Ma Y, Pang K, Hu J, 2018. Residue analysis and dietary exposure risk assessment of tebufenozide in stem lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish). Food Chem. Toxicol. 120:64-70.
- Meng QW, Wang JJ, Shi JF, Guo WC, Li GQ, 2018. Effect of teflubenzuron ingestion on larval performance and chitin content in *Leptinotarsa decemlineata*. Am. J. Potato Res. 95:463-472.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Pesticide and veterinary Drugs Information. <https://www.foodsafetykorea.go.kr/residue/main.do> (Accessed Mar. 31. 2022).
- Oh KY, Choi GH, Bae JY, Lee DY, Lee SW, et al., 2020. Effect of soil organic matter content on plant uptake factor of ginseng for endosulfan. J. Appl. Biol. Chem. 63(4):401-406. (In Korean)
- Oh KY, Bae JY, Lee DY, Kim YJ, Lee DY, et al., 2021. Residual dissipation pattern of dichlorvos and etofenprox in squash under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 25(1):31-39.
- Park H, Cho SR, Jeon JC, Kang WJ, Kim HK, et al., 2021. Insecticide Management Programs for Diamide-resistant Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Korean J. Pestic. Sci. 25(2):128-137.
- Rural Development Administration (RDA), 2022. National crop pest management system (NCPMS). <https://ncpms.rda.go.kr/> (Accessed Mar. 31. 2022.)
- Smaghe G, Zotti M, Retnakaran A, 2019. Targeting female reproduction in insects with biorational insecticides for pest management: a critical review with suggestions for future research. Curr. Opin. Inset. Sci. 31:65-59.
- Song SH, Kim KY, Kim YS, Ryu KS, Kang MS, et al., 2021. Comparative analysis of pesticide residues in agricultural products in circulation in Gyeonggi-do before and after positive list system enforcement. J. Food Hyg. Saf. 36(3): 239-247. (In Korean)
- Son KA, Im GJ, Hong SM, Kim JB, Ihm YB, et al., 2012. Comparison of pesticide residue in perilla leaf, lettuce and kale by morphological characteristics of plant. Korea J. Pestic. Sci. 16(4):336-342. (In Korean)
- Wathon MH, Beaumont N, Benohoud M, Blackburn RS, Rayner CM, 2018. Extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* skin waste as a sustainable source of natural colorants. Color. Technol. 135(1):5-16.
- Yoon JY, Park JH, Han YH, Lee KS. 2012. Residue patterns of buprofezin and teflubenzuron in treated peaches. J. Agric. Chem. Environ. 1(1):10-14.

● ●

살충제 Tebufenozide와 Teflubenzuron의 아로니아 중 경시적 잔류량 변화와 잔류 안전성 평가

오경열^{1,†} · 이득영^{1,†} · 송태복^{1,2} · 김영진^{1,3} · 김진호^{1*}

¹경상대학교 농업생명과학연구원 농화학과, ²경상북도 구미시 농업기술센터, ³안전성평가연구소 경남분소

요 약 20% Tebufenozide 액상수화제와 5% teflubenzuron 액상수화제를 아로니아 노지 재배지에 살포하여 이들의 경시적 잔류변화와 작물 잔류 반감기(Dissipation time, DT₅₀) 및 잔류 안전성을 평가하였다. 약액 살포 후 tebufenozide와 teflubenzuron의 초기 잔류량은 각각 2.585-3.237 mg kg⁻¹과 0.972-1.151 mg kg⁻¹이었고, 최종 약제 처리 21일 경과 후 잔류량은 각각 1.348-1.935 mg kg⁻¹과 0.319-0.415 mg kg⁻¹으로 감소함을 확인하였다. Tebufenozide와 teflubenzuron의 DT₅₀은 아로니아에서 각각 33.6일과 16.4일이었다. 아로니아에 대한 tebufenozide와 teflubenzuron의 최대잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)은 2022년 현재 잠정 잔류허용기준으로 각각 2.0 mg kg⁻¹과 1.0 mg kg⁻¹으로 설정되어 있다. 따라서, 20% tebufenozide 액상수화제와 5% teflubenzuron 액상수화제의 아로니아에 대한 안전사용기준은 수확 21일 전까지 2,000배 희석액을 사용하여 7일간격 2회 처리를 고려해 볼 수 있을 것이다.

색인어 테부페노자이드, 테플루벤주론, 잔류 반감기, 잔류 안전성, 아로니아

