



소면적 재배작물 중 살균제 fenhexamid의 잔류 특성 및 안전성 평가

진미지 · 박효경 · 정혜림 · 이정우 · 조승현 · 노현호¹ · 이재운² · 김진숙³ · 권찬혁³ · 김장역⁴ · 김태화⁵ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부, ²(주)농협케미컬, ³식품의약품안전처 유해물질기준과, ⁴경북대학교 농업생명과학대학, ⁵(주)분석기술과 미래

Residual Characteristics and Safety Assessments of the Fungicide Fenhexamid in Some Minor Crops

Me Jee Jin, Hyo Kyoung Park, Hye Rim Jeong, Jeong Woo Lee, Seung Hyeoun Jo, Hyun Ho Noh¹, Jae Yun Lee², Jin Sook Kim³, Chan Hyeok Kwon³, Jang Eok Kim⁴, Tae Hwa Kim⁵ and Kee Sung Kyung*

Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹Department of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

²Nonghyup Chemical, Okcheon 29008, Korea

³Residues and Contaminants Standard Division, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju 28159, Korea

⁴College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

⁵Analysis Technology and Tomorrow, Daegu 41566, Korea

(Received on October 19, 2018. Revised on December 14, 2018. Accepted on December 14, 2018)

Abstract This study was carried out to investigate the residual characteristics and risk assessments of the fungicide fenhexamid in minor crops, such as water dropwort, shallot, Korean cabbage and spinach. The test pesticide fenhexamid, 42% suspension concentrate, diluted by 1,000 times was sprayed three times with 7-day interval and then samples were collected at the date of harvest. Limits of detection (LODs) of fenhexamid were 0.005 mg/kg in Korean cabbage and 0.01 mg/kg in other test crops. Residues of fenhexamid ranged from 5.28 to 14.58 mg/kg in water dropwort, from 1.34 to 7.32 mg/kg in shallot, from 4.94 to 17.49 in Korean cabbage and from 5.93 to 15.20 mg/kg in spinach. The amounts of fenhexamid residues in the test crops were higher as spraying closer to the harvest day. The major factors affecting on the residuality of the test pesticide in the test crops were specific surface area and morphological properities of the crops. Also, the estimated daily intakes of fenhexamid in the test crops were less than 1.4% of its acceptable daily intake in all crops, representing that pesticide residues detected in the test crops do not pose the immediate health risks.

Key words %ADI, fenhexamid, minor crop, pesticide residue, safety assessment

서 론

최근 국민들의 건강식품에 대한 욕구가 증대됨에 따라 신선채소에 대한 수요도 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 1990년대 이후 국내 재배되는 엽채류만 하더라도 200여 종이 넘는 것으로 추정된다. 이들 중 대부분의 작물들은 외

국에서 도입되거나 재배역사가 짧기 때문에 재배기술이 확립되어 있지 않아 병해충 발생과 같은 피해가 심각하다 (Kim et al., 2017). 따라서 병해충으로부터 농작물을 보호하고 노동력을 절감시키며 품질 및 생산성을 향상시켜주는 농약의 사용이 필수적이다 (Park et al., 2012; Lee et al., 2012).

하지만 대부분의 채소류는 재배면적이 1,000 ha 미만인 소면적 재배작물로 재배면적과 농약 사용량이 적어 경제적 가치가 없다는 이유로 농약 회사들이 농약 등록을 기피하고 있어 사용가능한 농약의 수가 매우 제한적이기 때문에

*Corresponding author
E-mail: kskyung@cbnu.ac.kr

(Lee, 2013) 농민들은 병해충 방제를 위하여 등록된 농약을 반복적으로 사용하거나 등록되지 않은 농약을 사용할 수밖에 없다. 이처럼 등록되지 않은 농약을 사용할 경우 잠정잔류허용기준을 초과하여 부적합 농산물로 판정 받게 될 가능성이 있으며, 병해충의 저항성 또한 높아질 수 있다. 또한 등록되지 않은 농약을 사용하였을 경우에는 약효와 약해를 보장할 수 없어 약해로 인한 농산물의 피해가 발생할 가능성이 있으며, 정상적으로 성장하여 출하시기가 되었다 하더라도 잔류허용기준이 설정되어 있지 않아 해당하는 농약의 당해 농산물에 대한 국제식품규격위원회(CODEX) 기준과 식물성 원료의 분류에서 정한 동일 분류군에 속한 농산물의 최저 기준을 순차적으로 적용받기 때문에 부적합 농산물 판정을 받게 되어 용도 전환 및 폐기 등의 행정 처분을 받을 가능성이 높다(Kim et al., 2008; Noh et al., 2011). 실제로 국립농산물관리위원회에서는 2015년도 농산물 중 잔류농약 안전성 조사 결과 14,052건 중 부적합 건수는 588건으로 4.2%에 불과하였다고 보고하였으며(NAQS, 2015), 부적합 농산물은 Jeong et al. (2017)의 보고와 같이 대다수가 소면적 재배작물로 그 중에서도 엽채류와 엽경채류가 대부분을 차지하였다. 이는 엽경채류의 대부분이 소면적 재배작물일 뿐만 아니라 작물의 특성상 생육 기간이 짧고 약제 살포 시 부작되는 농약의 양이 많아 농약이 농산물에 잔류할 가능성이 높기 때문이다(Noh et al., 2011).

이밖에도 잔류허용기준이 설정되지 있지 않은 경우 농산물 중 농약의 잔류허용기준을 일률적으로 0.01 mg/kg으로 적용시키는 농약 허용물질목록관리제도(Positive list system, PLS)가 2019년 1월 1일부터 모든 작물에 적용되는데 이러한 경우 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 대다수의 소면적 재배작물 중 잔류농약은 0.01 mg/kg을 적용하게 되어 더 많은 부적합 농산물 판정을 받을 가능성이 높다. 따라서 농촌진흥청에서는 소면적 재배작물에 사용가능한 농약을 등록하여 적용 확대하고 있으며, 식품의약품안전처에서는 작물 분류군별로 소면적 재배작물을 그룹화하여 대표 작물에 대한 연구 결과를 바탕으로 그룹잔류허용기준을 설정한 후 그 분류군에 포함된 모든 작물에 상호 적용하고 있다(Bae et al., 2012; Park et al., 2012; Jeong et al., 2017).

시험 농약인 fenhexamid는 1989년 독일 Bayer AG사가 개발하여 1999년 잣빛곰팡이병을 방제하기 위한 hydroxylanilide계 살균제로 소개되었다. Fenhexamid는 잣빛곰팡이병의 원인균인 *Botrytis cinerea* 외에도 *Sclerotinia sclerotiorum*이나 *Monilinia spp.*의 방제에도 효과가 있으며, 포자의 발아관 신장 및 균사의 성장을 억제하여 주로 포도, 복숭아, 토마토, 인삼, 오이, 사과, 장미 등의 잣빛곰팡이병과 잣빛무늬병을 방제하는데 사용하는 농약이다(Angioni et al., 2011; KCPA, 2015). 또한 에르고스테롤의 생합성을 새로운 방식으로 저해함으로써 저항성을 지닌 병원균을 더욱 효율

적으로 방제할 수 있으며, 가수분해에 저항성을 가져 지속성이 좋은 안정한 화합물이다(Esteve-Turrillas et al., 2011). 그럼에도 불구하고 쥐에 대한 경구 및 경피 독성 시험에서 반수치사량(LD₅₀)이 5,000 mg/kg 이상으로 매우 독성이 낮아 일반적으로 농약을 사용할 때 심각한 위험을 나타내지 않는다고 보고된 바 있으며(BCPC, 2012), 미국 EPA에서는 fenhexamid의 휘발이 잘 되지 않고 침투이행성이 없으며 환경 중 분해되는 특성에 따라 잔류 위해성이 적은 농약으로 분류하였다(Hegel et al., 2003; Lee et al., 2009; Rose et al., 2009; Esteve-Turrillas et al., 2011).

따라서 이 연구는 소면적 재배작물인 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 중 fenhexamid의 잔류 특성을 구명하고 안전성을 평가하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험 농약

Fenhexamid의 표준품(99.8%)은 Sigma Aldrich에서 구입하여 사용하였으며, 살포용 농약으로 42% 액상수화제(텔도, 바이엘크롭사이언스㈜)를 사용하였다.

시험 작물 및 포장 시험

시험 작물은 미나리(재래종), 쪽파(예천쪽파), 엇갈이배추(뚝심), 시금치(스마트)이었으며, 포장 시험은 2016년 4월부터 약 2개월간 각각 충북 청주시(미나리), 충남 예산군(쪽파), 경북 칠곡군(엇갈이배추 및 시금치) 소재 시설재배 포장을 임차하여 파종 후 40, 54, 45, 36일간 수행하였다. 시험구는 Table 1에 제시한 바와 같이 수확 전 살포일을 달리한 3회 처리구를 각각 3반복 배치하고 교차오염을 방지하기 위하여 0.5 m의 완충 구간을 설치하였으며, 무처리구는 다른 비닐 하우스에 별도로 배치하여 같은 조건으로 재배하였다.

약제 살포 및 시료 채취

균일한 살포를 위하여 약제 살포 전 실험실에서 살포기 압력(57 psi) 및 살포량(1,095 mL/min)을 검량하였으며, 시험 농약을 1,000배 희석하여 200 L/10 a (0.084 kg a.i./10 a)의 약량으로 충전식 분무기를 이용하여 시험구 전체에 약액이 충분히 흐를 정도로 균일하게 살포하였다. 시험 작물은

Table 1. Spray frequencies and spray days before harvest of fenhexamid onto the test crops

Pesticide	Spray frequency	Spray day before harvest
Fenhexamid	3	28 - 21 - 14
	3	21 - 14 - 7
	3	17 - 10 - 3
	3	14 - 7 - 0

수확 예정일에 모든 처리구 한 반복당 1 kg 이상 채취하였으며, 최종 약제 살포한 당일 수확하는 시험구의 경우 약제를 살포한 뒤 작물 표면에 맺힌 살포액이 완전히 마른 후 시료를 채취하였다. 채취한 시료의 평균 무게는 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 각각 11.3 g ± 3.9, 10.2 g ± 4.0, 69.9 g ± 17.8, 39.0 g ± 13.0이었으며, 채취한 시료는 즉시 실험실로 운송하여 식품의약품안전처의 분석용 시료 전처리 기준 및 농촌진흥청에 고시된 농약의 작물잔류성 시험 및 방법에 따라 전처리 후 마쇄하여 -20°C의 냉동실에 보관하였다.

검량선 작성 및 회수율 시험

순도가 99.8%인 fenhexamid 표준품 20.04 mg을 20 mL의 acetonitrile에 용해하여 1,000 mg/L의 stock solution을 조제하였다. 조제한 stock solution을 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 및 5.0 mg/L의 농도로 희석한 후 20 µL씩 HPLC-DAD에 주입하여 얻은 chromatogram상의 피크 면적을 기준으로 검량선을 작성하였다. 회수율 시험은 무처리 시료에 fenhexamid의 표준용액을 검출한계의 10배와 50배의 수준으로 처리한 후 잔류농약 분석과정과 동일한 방법으로 3반복 분석하여 산출하였다.

잔류 농약 분석

시료 10 g (엇갈이배추의 경우 20 g)을 300 mL tall beaker에 넣고 100 mL의 acetone을 넣고 250 rpm에서 30분간 진탕 추출하였으며, 추출물은 Büchner funnel을 이용하여 Celite 545를 통과시켜 흡인여과한 후 50 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 100 mL의 포화식염수와 400 mL의 2차 증류수가 들어있는 1 L 분액여두에 옮기고 50 mL의 dichloromethane을 가한 후 Recipro shaker를 이용하여 270 rpm에서 10분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하였으며, dichloromethane 분배액을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35°C에서 감압 농축하여 정제용 시료로 사용하였다. 130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 5 g을 glass column (1 cm I.D. × 35 cm L.)에 건식 충전한 후 50 mL의 n-hexane으로 column을 세척하여 안정화시켰다. 상기 농축시료 잔사를 5 mL의 n-hexane에 녹여

column 상부에 가하여 흘려버리고 동 용매 5 mL를 연속하여 흘려버린 후 50 mL의 n-hexane:acetone (70:30, v/v) 혼합 용매를 이용하여 세척하였으며, 동 용매 90 mL로 fenhexamid를 용출시켜 35°C 수욕상에서 감압 농축하였다. 농축 잔사는 2 mL의 acetonitrile에 재용해하여 Table 2의 방법으로 잔류 농약을 분석하였다.

안전성 평가

시험 작물 중 fenhexamid의 안전성은 일일섭취허용량 (acceptable daily intake, ADI) 대비 일일섭취추정량 (estimated daily intake, EDI)인 %ADI로 평가하였다. 일일섭취추정량은 최대 잔류량과 시험 작물의 일일섭취량인 0.00102, 0.01233, 0.00796, 0.00723 kg을 곱한 뒤 한국인의 평균체중인 55 kg으로 나누었으며, %ADI는 아래의 식을 이용하여 산출하였다(KHIDI (2015)).

$$\text{일일섭취추정량(mg/kg} \cdot \text{b.w./day)} = \frac{\text{잔류량 (mg/kg)} \times \text{일일식품섭취량 (kg/day)}}{55 \text{ kg}}$$

$$\%ADI = \frac{\text{일일섭취추정량 (mg/kg} \cdot \text{b.w./day)}}{\text{일일섭취허용량 (mg/kg} \cdot \text{b.w./day)}} \times 100$$

결과 및 고찰

시험 농약의 검량선

검량선 작성용 fenhexamid 표준용액을 기기 분석한 후 얻은 피크 면적을 이용하여 작성한 표준 검량선의 직선식과 결정계수는 Table 3과 같이 직선성은 양호하였다.

검출 한계 및 회수율

미나리와 쪽파 및 시금치 중 fenhexamid의 검출 한계는 Table 4에 제시한 바와 같이 0.01 mg/kg, 엇갈이배추의 경우 0.005 mg/kg이었으며, 검출 한계의 10배와 50배의 수준에서 시험한 회수율은 평균 78.1-101.7%이었다. 이는 농촌진흥청 (2015)에서 권고한 회수율 70-120%의 범위를 만족하여 적

Table 2. HPLC-DAD conditions for the analysis of fenhexamid in the test crops

Instrument	Agilent 1100 series, Agilent Technologies, U.S.A.
Detector	Diode array detector (DAD)
Column	Phenomenex Gemini-NX C-18 250 mm L. × 4.6 mm I.D. (5 µm particle size)
Mobile phase	Acetonitrile:water (50:50, v/v)
Wavelength	225 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 µL

합한 분석법이라 판단되었다.

시험 작물 중 fenhexamid의 잔류 특성

미나리에 시험 약제를 7일 간격 3회 살포한 후 수확 예정일에 채취한 시험구별 잔류량은 Table 5에 제시한 바와 같이 시험구별 평균 잔류량은 5.28-14.58 mg/kg이었다. 쪽파의 경우 수확 14일전, 7일전, 3일전, 3시간전에 3회 처리한 시험구의 평균 잔류량은 각각 1.34, 2.99, 6.07, 7.32 mg/kg이었으며, 엇갈이배추의 경우 시험구별 평균 잔류량은 각각 4.94, 7.36, 14.69, 17.49 mg/kg이었다. 시험구별 시금치 중 fenhexamid의 평균 잔류량은 5.93, 8.89, 12.55, 15.20 mg/kg이었다. 시험 작물 모두 수확 예정일에 근접하여 약제를 살포한 시험구일수록 잔류량이 많았는데 이는 포도 중 tebuconazole의 잔류성에 미치는 여러 요인의 영향을 분석한 Han et al. (2004)의 연구에서 수확 시기에 근접하여 살포한 시료일수록 잔류량이 증대되었다는 보고와 유사하였다.

작물의 형태학적 특성에 따른 잔류 특성

최종 약제 살포한 당일 채취한 시료의 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 중 fenhexamid의 잔류량을 비교하였을 때 쪽파는 줄기가 얇고 길게 쪽 뻗어있는 형태일 뿐만 아니라 표면이 매끄럽기 때문에 부착되는 농약이 비교적 적어 평균 잔류량이 7.32 mg/kg으로 시험 작물 중 가장 낮았다. 미나리의 경우 엽채류이지만 잎이 무성하게 나있기 때문에 단위 중량당 표면적이 넓어 평균 잔류량이 14.58 mg/kg으로 잎의 표면적이 넓고 퍼져있어 약제 살포시 부착되는 농약의

양이 많은 시금치와 비슷하게 잔류하였다고 판단되었다. 또한 엇갈이배추는 비표면적이 크고 잎의 표면에 미세한 털이 나있어 농약이 비교적 쉽게 부착될 뿐만 아니라 약간의 결구 형태로 결구 속에 농약이 고여 있을 가능성이 있어 잔류량이 17.49 mg/kg으로 시험 작물 중 가장 높았다고 판단되었다. Lee et al. (2003)은 작물 중 농약의 잔류량은 재배조건, 강우에 의한 소실, 광분해, 농약의 이화학적 특성, 비대 성장에 의한 희석효과 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다고 보고하였으나 이 연구에서의 주된 요인은 잎의 형태 및 잎 표면의 미세한 털의 유무, 비표면적에 따라 부착되는 농약의 양의 차이 즉, 작물의 형태학적 특성에 따른 것으로 판단되었다. 또한 Ambrus et al. (2000)은 작물의 형태와 농약 살포 방식이 잔류량에 영향을 준다고 보고한 바 있으며, Jang et al. (2011)의 서울지역에서 유통 중인 채소류의 잔류 농약을 조사한 연구에서 다른 작물에 비하여 엽채류가 잔류 농약 검출빈도가 높는데 그 이유는 중량에 비해 표면적이 커 농약의 부착이 용이하고 대부분 시설재배하여 비교적 노지재배 작물보다 강우나 바람 또는 광분해에 의한 소실 등의 잔류농약 감소작용이 적기 때문으로 판단된다고 보고하였다.

안전성 평가

시험 작물에 대한 fenhexamid의 안전성을 평가하기 위하여 일일섭취허용량과 일일섭취추정량을 비교하여 %ADI를 산출하였으며, Table 6에 제시한 바와 같이 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 각각 0.14, 0.84, 1.32, 1.02%로 인체에 안전한 수준이라 판단되었다. 일반적으로 잔류농약은 농산물을 삶거나 껍질을 제거하고 건조시키는 등 조리하는 과정을 통하여 그 양이 변화하게 된다(Awasthi, 1993; Cabras et al., 2005; Jegal et al., 2000; Kwon et al., 2013). 특히 엽채류는 주로 데쳐먹거나 국을 끓여 먹으므로 이때 조리과정을 통하여 잔류농약은 크게 감소하며(Kwon et al., 2009; Seo et al., 2010), 생식하는 채소류의 경우 세척한 후 섭취하는데 Kwon et al. (2013)의 엽채류에 살포된 농약의 세척 방

Table 3. Linear equations of calibration curves for the quantitation of fenhexamid in the test crops

Test crop	Linear equation	R ²
Water dropwort	$y = 2.4394x + 0.0911$	1.0000
Shallot	$y = 2.3443x + 1.3289$	1.0000
Korean cabbage	$y = 2.3472x - 0.4899$	1.0000
Spinach	$y = 2.2862x + 2.3137$	0.9996

Table 4. Limits of detection and recoveries of fenhexamid in the test crops

Test crop	LOD (mg/kg)	Fortification (mg/kg)	Average recovery (%)	SD ^{a)} (%)	CV ^{b)} (%)
Water dropwort	0.01	0.1	88.7	1.0	1.1
		0.5	84.4	2.7	3.2
Shallot	0.01	0.1	101.7	3.8	3.8
		0.5	89.5	1.5	1.5
Korean cabbage	0.005	0.05	88.2	2.5	2.8
		0.25	85.4	2.7	3.2
Spinach	0.01	0.1	78.1	3.7	4.7
		0.5	84.6	3.4	4.0

^{a)}Standard deviation. ^{b)}Coefficient of variation.

Table 5. Residual concentrations and dissipation rates of fenhexamid in the test crops

Test crop	Spray day before harvest	Concentration (mg/kg)			
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Mean ± SD ^{a)}
Water dropwort	28 - 21 - 14	4.66	5.83	5.34	5.28 ± 0.6
	21 - 14 - 7	8.01	7.34	8.07	7.81 ± 0.4
	17 - 10 - 3	8.72	9.01	9.13	8.95 ± 0.2
	14 - 7 - 0	14.09	15.06	14.61	14.58 ± 0.5
Shallot	28 - 21 - 14	1.25	1.42	1.34	1.34 ± 0.1
	21 - 14 - 7	2.82	3.20	2.96	2.99 ± 0.2
	17 - 10 - 3	5.56	6.59	6.06	6.07 ± 0.5
	14 - 7 - 0	7.49	7.02	7.44	7.32 ± 0.3
Korean cabbage	28 - 21 - 14	4.47	5.07	5.29	4.94 ± 0.4
	21 - 14 - 7	7.03	7.45	7.59	7.36 ± 0.3
	17 - 10 - 3	14.62	14.66	14.80	14.69 ± 0.1
	14 - 7 - 0	17.14	18.23	17.11	17.49 ± 0.6
Spinach	28 - 21 - 14	6.01	5.95	5.84	5.93 ± 0.1
	21 - 14 - 7	8.93	8.89	8.84	8.89 ± 0.0
	17 - 10 - 3	12.28	12.86	12.51	12.55 ± 0.3
	14 - 7 - 0	14.91	15.17	15.53	15.20 ± 0.3

^{a)}standard deviation

Table 6. Risk assessments of fenhexamid in the test crops

Test crop	Highest residue (mg/kg)	Food daily intake (kg/day)	ADI ^{a)}	EDI ^{b)}	%ADI ^{c)}
			(mg/kg · b.w./day)		
Water dropwort	15.06	0.00102	0.2	2.79 × 10 ⁻⁴	0.14
Shallot	7.49	0.01233		1.68 × 10 ⁻³	0.84
Korean cabbage	18.23	0.00796		2.64 × 10 ⁻³	1.32
Spinach	15.53	0.00723		2.04 × 10 ⁻³	1.02

^{a)}Acceptable daily intake, ^{b)}Estimated daily intake, ^{c)}(EDI/ADI) × 100

법에 따른 잔류농약의 제거에 대한 연구에서 세척은 잔류농약을 줄이는 가장 좋은 방법이라 보고한 바 있다. 또한 Angioni et al. (2004)의 연구 결과 딸기 중 fenhexamid의 잔류량은 수돗물로 세척 시 약 43% 소실되고 세제 사용 시 약 60%가 감소된다는 보고에 따라 시험 작물 중 fenhexamid의 식품 섭취에 따른 실제 위해성은 더욱 낮아질 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 식품의약품안전처 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(20160238412-00)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Ambrus, A. (2000) Within and between field variety of residue

data and sampling implications. Food Addit. Contam. 17(7): 512-537.

Angioni, A., M. Schirra, V. L. Garau, M. Melis, C. I. G. Tuberoso and P. Cabras (2004) Residues of azoxystrobin, fenhexamid and pyrimethanil in strawberry following field treatments and the effect of domestic washing. Food Addit. Contam. 21(11):1065-1070.

Angioni, A., L. Porcu and F. Dedola (2011) Determination of famoxadone, fenamidone, fenhexamid and iprodione residues in greenhouse tomatoes. Pest. Manag. Sci. 68(4):543-547.

Awasthi, M. D. (1993) Decontamination of insecticide residues on mango by washing and peeling. J. Food. Sci. Technol. 30(2):132-133.

Bae, B. J., H. K. Lee, K. A. Son, G. J. Im, J. B. Kim, T. H. Kim, S. Chae and J. W. Park (2012) The residue property of fungicide boscalid and fludioxonil at the same time harvest leafy-vegetables. Korean J. Pestic. Sci. 16(2):98-108.

BCPC (2012) The Pesticide Manual, Sixteenth Edition, C. MacBean Eds., Alton, Hampshire, UK, pp.463-464.

- Cabras, P., A. Angioni, V. L. Garau, M. Melis, F. M. Pirisi, F. Cabitza and M. Cubeddu (1998) Pesticide residues on field-sprayed apricots and in apricot drying processes. *J. Agric. Food Chem.* 46(6):2306-2308.
- Esteve-Terrillas, F. A., A. Abad-Fuentes and J. V. Mercader (2011) Determination of fenhexamid residues in grape must, kiwifruit and strawberry samples by enzyme-linked immunosorbent assay. *Food Chem.* 124(4):1727-1733.
- Han, S. S., S. C. Lo and S. Y. Ma (2004) Effect of some variation factors on dissipation of tebuconazole in grape. *Korean J. Environ. Agric.* 23(3):142-147.
- Hengel, M., B. Hung, J. Engebretson and T. Shibamoto (2003) Analysis of fenhexamid in caneberry, blueberry and pomegranate by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 51(23):6635-6639.
- Jang, M. R., H. K. Moon, T. R. Kim, D. H. Yuk, E. H. Kim, C. K. Hong, C. M. Choi, I. S. Hwang, J. H. Kim and M. S. Kim (2011) The survey on pesticide residues in vegetables collected in Seoul. *Korean J. Pestic. Sci.* 15(2):114-124.
- Jegal, S. A., Y. S. Han and S. A. Kim (2000) Organophosphorus pesticides removal effect in rice and Korean cabbages by washing and cooking. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(5):410-415.
- Jeong, H. R., H. H. Noh, J. Y. Lee, H. K. Park, M. J. Jin, J. C. Kim, S. M. Hong and K. S. Kyung (2017) Residual characteristics and safety assessments of bifenthrin, carbendazim and metconazole in *Angelica gigas* Nakai. *Korean J. Pestic. Sci.* 21(1):97-105.
- KHIDI (2015) National Food and Nutrition Statistics 2013, Korea, pp.17-19.
- KCPA (2015) Guideline of Pesticides Use, Korea, pp.321-324.
- Kim, M. R., M. A. Na, W. Y. Jung, C. S. Kim, N. K. Sun, E. C. Seo, E. M. Lee, Y. G. Park, J. A. Byun, J. H. Eom, R. S. Jung and J. H. Lee (2008) Monitoring of pesticide residues in special products. *Korean J. Pestic. Sci.* 12(4):323-334.
- Kim, Y. H., J. K. Yoo, S. I. Hong, J. Y. Lee, G. H. Ryu and W. S. Kim (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.
- Kwon, H. Y., H. D. Lee, J. B. Kim, Y. D. Jin, B. C. Moon, B. J. Park, K. A. Son, O. K. Kwon and M. K. Hong (2009) Reduction of pesticide residues in field-sprayed leafy vegetables by washing and boiling. *J. Food Hyg. Saf.* 24(2):182-187.
- Kwon, H. Y., T. K. Kim, S. M. Hong, C. S. Kim, M. Y. Baeck, D. H. Kim and K. A. Son (2013) Removal of pesticide residues in field-sprayed leafy vegetables by different washing method. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(4):237-243.
- Lee, H. R., M. J. Riu, H. W. Park, Y. R. Na, H. H. Song, Y. S. Keum, Y. Zhu and J. H. Kim (2009) Establishment of analytical method for fenhexamid residue in Korean cabbage, apple, mandarin and green pepper. *Korean J. Pestic. Sci.* 13(4):223-231.
- Lee, J. Y., H. H. Noh, K. H. Lee, S. H. Park and K. S. Kyung (2012) Monitoring of pesticide residues in commercial environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables and risk assessment. *Korean J. Pestic. Sci.* 16(1):43-53.
- Lee, M. G. (2013) Management and regulation on the minor use of pesticides in Korea and foreign countries. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(3):231-236.
- Lee, Y. J., K. Y. Ko, D. J. Won, G. H. Gil and K. S. Lee (2003) Residue patterns of procymidone, chlorpyrifos and cypermethrin in peaches during cultivation and storage period. *Korean J. Environ. Agric.* 22(3):220-226.
- NAQS (2015) Chronological List of Agriculture Products Quality Management, Korea, pp.19-42.
- Noh, H. H., K. H. Lee, J. Y. Lee, H. K. Park, S. H. Park, S. H. Kim and K. S. Kyung (2011) Characteristics of pesticide residues in leafy vegetables collected from wholesale and traditional markets in Cheongju. *Korean J. Pestic. Sci.* 15(4):453-462.
- Park, J. W., K. A. Son, T. H. Kim, S. Chae, J. R. Sim, B. J. Bae, H. K. Lee, G. J. Im, J. B. Kim and J. E. Kim (2012) Comparison of the residue property of insecticide bifenthrin and chlorfenapyr in green onion and scallion under greenhouse condition. *Korean J. Pestic. Sci.* 16(4):294-301.
- RDA (2015) A Directory of the Announcement for Agricultural Chemicals Regulation Decree, Korea, pp.419-423.
- Rose, G., S. Lane and R. Jordan (2009) The fate of fungicide and insecticide residues in australian wine grape by-products following field application. *Food Chem.* 117(4):634-640.
- Seo, J. M., D. R. Ha, H. H. Lee, M. S. Oh, J. J. Park, H. W. Shin and E. S. Kim (2010) The degradation patterns of two pesticides in spinach by cultivation, storage and washing. *J. Food Hyg. Saf.* 25(2):91-99.

● ●
소면적 재배작물 중 살균제 fenhexamid의 잔류 특성 및 안전성 평가

진미지 · 박효경 · 정혜림 · 이정우 · 조승현 · 노현호¹ · 이재운² · 김진숙³ · 권찬혁³ · 김장역⁴ · 김태화⁵ · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹국립농업과학원 농산물안전성부, ²(주)농협케이씨, ³식품의약품안전처 유해물질기준과, ⁴경북대학교 농업생명과학대학, ⁵(주)분석기술과 미래

요 약 이 연구는 소면적 재배 작물인 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 중 살균제인 fenhexamid의 잔류 특성을 구명하고 안전성 평가를 하기 위하여 수행하였다. 시험 농약은 fenhexamid로 42% 액상수화제를 1,000배 희석하여 수확전 7일 간격으로 3회 살포하였으며, 수확 예정일에 시료를 채취하였다. 엇갈이배추 중 fenhexamid의 검출한계는 0.005 mg/kg이었으며, 나머지 시험 작물의 경우 모두 0.01 mg/kg이었다. 시험 작물 중 fenhexamid의 잔류량은 미나리, 쪽파, 엇갈이배추, 시금치 각각 5.28-14.58, 1.34-7.32, 4.94-17.49, 5.93-15.20 mg/kg이었다. 시험 작물 중 시험 농약의 잔류량은 모두 수확 예정일에 인접하여 살포한 시험구일수록 증가하였으며, 시험 작물 중 fenhexamid의 잔류량 차이는 작물의 비표면적과 형태학적 특성이 주 요인이라 판단되었다. 또한 시험 작물 중 fenhexamid의 일일섭취추정량은 모두 일일섭취허용량의 1.4%미만으로 안전한 수준이었다.

색인어 %일일섭취허용량, fenhexamid, 소면적 재배작물, 잔류 농약, 안전성 평가

