

농약 잔류 시험을 위한 연속수확 엽채소류의 외삽

손경애* · 임건재 · 홍수명 · 김찬섭 · 길근환 · 진용덕 · 김진배 · 임양빈 · 고현석¹ · 김장역²
 농촌진흥청 국립농업과학원, ¹농촌진흥청 지식정보화담당관실, ²경북대학교 농업생명과학대학

The Extrapolations to Reduce the Need for Pesticide Residues Trials on Continuous Harvesting Leafy Vegetables

Son Kyeong-Ae*, Geon-Jae Im, Su-Myeong Hong, Chan Sub Kim, Geun-Hwan Gil, Yong-Duk Jin, Jinba Kim, Yang Bin Ihm, Hyeon Seok Ko¹ and Jang Eok Kim²

National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

¹Knowledge & information officer, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

²A School of Applied Bioscience, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received on September 4, 2013. Revised on September 23, 2013. Accepted on October 7, 2013)

Abstract This study was carried out to investigate the pesticide residue pattern among different leafy vegetables applied with foliar spraying under greenhouse and to check extrapolating from some residue trial data to other minor crops. Leafy vegetables used in this study were: Mustard greens (*Brassica juncea* L.), Kale (*Brassica oleracea* L.), Dacheongchae (a kind of pak-choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.)), Leaf broccoli (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*), Perilla leaf (*Perilla frutescens* (L.) Britton var. *Frutescens*), Leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.), Swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) and Red leaf chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi). These are cultivated all year under indoor or outdoor and cut the leaf from plant continuously during harvest time. The amounts of pesticide deposit in/on the continuous harvesting leafy vegetables were affected by the ratios of leaf area to weight. Ratio of perilla leaf was the largest among crops as 58 cm²/g. The residue levels of 7 pesticides in/on perilla leaf were the highest than those of other crops through the statistical analysis from zero day to fifth day after last application. The representative crop in 8 crops was perilla leaf selected based on the amounts of daily consumption and the high residues. This study suggest that the continuous harvesting leafy greens should be separated from the one time harvesting leafy vegetables for the pesticide recommendations because of different harvesting habits and pre-harvest intervals.

Key words Extrapolation, Perilla leaf, Leafy vegetables, Pesticide residue, Continuous harvesting

서 론

우리나라에는 신선 상태로 소비되는 엽채소류의 종류가 많으며, 최근에는 신 소득작물로서 과거에는 재배되지 않던 다양한 엽채소류 종들이 도입되어 재배되고 있다. 이처럼 다양한 작물들이 적은 규모로 산재되어 재배되고 있지만 발생하는 병해충을 방제할 수 있는 농약의 수는 제한적이어서 법적으로 허용되지 않는 농약을 사용하는 사례가 발생하여

농약 오남용에 따른 재배농가의 피해는 물론 잔류농약 부적합 농산물 발생 보도를 접하는 소비자에게는 불안감을 갖게 하기도 한다. 2012년 농산물 품질관리원에서 조사한 농산물 54 품목 14,093건의 농약 잔류분석 결과는 367건의 부적합 건수 상위 10개 품목 중 9 품목이 쪽파, 셀러리, 부추 등 신선 엽채소류와 엽경채소류였다. 한국농촌경제연구원(2012)의 「2011 식품수급표」에 따르면 우리나라 신선채소의 자급률은 90.4%로 쌀 83%와 과실류 78.5%에 비교하여 높지만, 사과, 감귤 같은 주요 재배 작물에 사용할 수 있는 농약이 다양하게 개발되어 있는데 비하여 엽채소류는 종류가 다양하고 개별단위 작물로 볼 때 재배면적이 넓지 않으므로 농약회사에서는 경제적 이점이 적어 병해충 방제를 위한 농

*Corresponding author

Tel: +82-31-290-0577, Fax: +82-31-290-0508,

E-mail: sky199@korea.kr

약등록에 적극적으로 대응할 수 없는 제약요인으로 작용하게 되고, 이는 농가 입장에서 필요한 농약의 선택 폭이 극히 제한되는 결과가 된다. 농약등록에 필요한 비용에 대비하여 경제적 이윤을 얻지 못하기 때문에 농촌진흥청은 소면적 작물을 대상으로 직권등록 시험을 통하여 농약을 등록해 오고 있다. 국제적으로 소면적 작물과 특용작물의 원활한 농약등록을 위하여 작물 그룹화와 외삽 도입을 논의하고 있으며, 일정한 살포약량 범위내에서 잔류성적과 살포약량의 비례적 접근으로 농약 제품 등록에 필요한 포장 시험수를 줄이는 방안을 연구하고 있다(MacLachlan, 2011). Organisation for Economic Co-operation and Development (2011)는 작물 그룹화를 위한 원칙으로 포장시험 가이드라인에서 몇몇 대표작물의 포장시험성적을 소면적 사용을 위한 동일 작물그룹이나 하위그룹에 속하는 관련 작물들로 확대하는 메카니즘을 제공하였다. 그룹내 대표작물은 생산과 소비 측면에서 중요하고 높은 잔류량을 포함할 가능성이 높은 작물로 정하고, 만일 Good Agricultural Practice (GAP)가 작물 그룹내에서 비교가능하다면 그룹 잔류허용기준을 그룹내 모든 작물에 적용할 수 있다고 하였다. 2013년 제45차 국제식품규격위원회 농약잔류분과위원회(Codex Committee on Pesticide Residue, CCPR)에서는 채소류 분류에서 엽채소류 그룹을 비결구 배추속 엽채류, 엽채류, 근채류 잎, 싹 채소, 어린 잎 채소 등 9가지 하위그룹으로 세분화하여 논의 중에 있다. 제45차 CCPR (2013)에서 논의된 농약잔류허용기준의 외삽을 위한 작물군의 대표작물 선정의 예시로 배추속 엽채소류 하위 그룹은 겨자채와 케일을, 엽채소류 하위 그룹은 시금치와 상추를 대표작물로 정하고 있다. 한편 각 국가마다의 농약잔류허용기준을 적용하는 작물 그룹과 대표작물들은 해당 국가별 상황에 따라 달리 운영된다.

미국은 21개 작물군을 두었으며, 십자화과 엽채류는 겨자채, 엽채류는 상추와 시금치를, 경제류는 셀러리를 대표작물로 정하였다(EPA, 2012). 그룹 기준 설정시 필요한 시험작물과 작물별 포장 수를 별도 설정하고 있다(EPA, 1996). EC(2011)에서는 작물의 가식부위 출현 후 수확기 근접 살포되는 농약의 외삽을 그룹별로 지정하였다. ‘엽채류와 신선 허브류 그룹’ 중 상추와 기타 샐러드 작물 하위그룹에서는 상추의 성적으로 전체 상추와 기타 샐러드 엽채소 그룹으로 외삽이 가능하며, 시금치와 유사한 엽채류 하위그룹에서는 시금치의 성적으로부터 전체 시금치와 유사 그룹으로 외삽하고, 로켓, 겨자채, 배추속 엽채소 및 싹채소로 외삽이 가능하다. 상추 성적으로부터 전체 시금치와 유사 그룹으로 외삽한다. 박 등(2009)은 초기부착량 대비 잔류농약의 비율을 이용하여 청경채, 적근대, 케일 및 잎브로콜리를 저잔류군으로, 치커리, 상추, 썩갓, 아욱을 고잔류군으로 그룹화하는 방법을 제안하였다.

엽채류는 표면 매질의 특성이나 형태적 특성이 다른 작물

들이 해당 그룹에 넓게 분포된다. 가식부위의 발현시기가 외삽의 중요한 요인인데 농약 살포시 가식부가 항상 발현되어 있어 외삽 가능성이 낮은 편이다. 경영 살포 농약의 잔류량을 비교하여 잔류성 시험성적 상호인정을 위한 그룹화를 하려면 농약 부착량과 생장에 따른 잔류경감 패턴이 함께 고려되어야 한다. 일정한 수확기간 동안 어린잎을 남겨두고 상품성 있는 크기의 잎을 순차적으로 잘라서 수확하는 연속 수확 작물은 상추, 겨자채, 케일 같은 싹채소로 소비되는 다수의 소면적 작물들을 포함한다. GAP 측면에서 파종 후 포기로 일시에 수확하는 시금치나 열갈이배추와 구분하였다.

본 연구에서는 온실에서 연중 재배되면서 일정한 간격으로 연속 수확하는 엽채소류 8종을 대상으로 농약 등록을 위한 농약잔류성 시험의 대표작물 선정과 적용이 가능한 작물의 그룹화를 검토하였다.

재료 및 방법

시험농약

작물 간에 농약잔류량을 비교하기 위한 시험농약은 배추에 등록된 이미다클로프리드·메톡시페노자이드 수화제(imidacloprid 4% + methoxyfenozide 8%, 상표명: 메리트) 1,000배 희석액, 사이아조파미드 액상수화제(cyazofamid 5%, 상표명: 미리카트) 1,000배 희석액, 디메토모르프·피라클로스트로빈 입상수화제(dimethomorph 11.3% + pyraclostrobin 6.3%, 상표명: 캐스팅) 1,500배 희석액 및 썩갓에 등록된 보스칼리드·플루디옥소닐 액상수화제(boscalid 23.5% + fludioxonil 5%, 상표명: 에스원) 1,000배 희석액을 사용하였다.

대상작물과 시험장소

잎들깨(품종: 남천들깨, 학명: *Perilla frutescens* Britt.)는 경남 밀양시 상동면 시설재배 농가에서 2010년 5월 7일부터 6월 2일까지 수행하였다. 상추(품종: 토말린상추(관농종묘), 학명: *Lactuca sativar* L.)와 케일(품종: 에스테케일(사카다종묘), 학명: *Brassica oleracea* L. var. *acephala*) 겨자채(품종: 아시아곱슬겨자(아시아종묘), 학명: *Brassica juncea* L.), 적치커리(품종: 로스이탈리아나(아시아종묘), 학명: *Cichorium intybus* L.) 및 적근대(아시아종묘, 학명: *Beta vulgaris* subsp. *ciela* L.)는 경기도 이천시 호법면 시설하우스에서 2010년 5월 4일부터 5월 31일까지 시험하였고, 다청채(아시아종묘, 학명: *Brassica campestris* L.)와 잎브로콜리(품종: 토스카노(아시아종묘), 학명: *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plen.)는 이천의 동일 지점에서 2011년 5월 11일부터 5월 27일까지 시험하였다.

농약살포 및 시료채취

2구 선형노즐, NN D-8 (Yamaha, 일본)이 부착된 배부식

동력분무기 MS597H (Maruyama, 일본)를 사용하였으며 시간당 분무량은 2.5~3.1 L/min이었다. 7일 간격 2회 살포 후 0, 2, 5일에 시료를 채취하였다. 농약잔류성시험은 동일 장소에서 2회 수행하였다. 들깨잎의 1차 시험은 5월 7~21일, 2차 시험은 5월 21일~6월 2일에 수행하였으며, 상추, 겨자채, 적치커리, 적근대와 케일의 1차 시험은 5월 4~18일, 2차 시험은 5월 18~31일 기간에 수행하였다. 잎브로콜리와 다듬채(청경채의 일종)의 1차 시험은 5월 11~25일, 2차 시험은 5월 13~27일까지 수행하였다.

엽면적은 시료채취 후 처리별로 30매의 엽을 엽면적 측정기 LI-3100C (LI-COR Bioscience, 미국)를 사용하여 측정하고 무게를 칭량하여 무게 대비 엽면적 비율을 계산하였다.

시약 및 재료

작물 중 농약잔류량 분석을 위한 분석용 표준품은 Dr. Ehrenstoper GmbH (Germany)에서 구입하여 사용하였다. 각 표준품의 순도는 imidacloprid 98.0, methoxyfenozide 98.5, cyazofamid 98.5, dimethomorph 99.0, pyraclostrobin 99.0, boscalid 98.0, fludioxonil 99.5%이었다.

시료의 추출에 사용한 acetone (99.5%)은 대정화금(주)의 EP급을 사용하였으며 나머지 분석에 사용된 용매인 acetone, acetonitrile, dichloromethane, n-hexane은 Merck사(Merck KGaA, Germany)의 HPLC grade를 사용하였다. 여과지는 Advantec (Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan) No. 6를 사용하였다. Sodium sulfate anhydrous (99% purity)와 sodium chloride (99.5% purity)는 Merck사(Merck KGaA, Germany)에서 구입하였다. 3차 증류수는 Millipore사의 Milli-Q system (Bedford, USA)을 사용하였다. 정제에 사용된 Florisil (0.15~0.25 mm)은 Merck사(Merck KGaA, Germany)의 제품을 사용하였다.

농약잔류분석 및 회수율시험

분석용 시료는 동결시료에 드라이아이스를 가하여 믹서(대성아트론 DA338-G, 한국)로 마쇄하여 -20°C에서 냉동보관 하였다. 분석은 시료 10 g을 칭량한 후 acetone 100 mL를 가하여 진탕기(N-Biotek NB-101MTH, 한국)로 200 rpm에서 1시간 진탕한 후 추출물을 Bchner funnel 상에서 여과지(No.6)에 통과시켜 흡인 여과하고 추가의 acetone 50 mL로 잔사 및 용기를 씻어내려 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 1 L 용량의 분액여두에 옮기고 증류수 450 mL, 포화 식염수 50 mL와 dichloromethane 50 mL를 넣고 진탕기(TAITEC Corp. SR-2W, 일본)로 250 rpm에서 5분간 진탕하고 층이 완전히 분리될 때까지 정치하였다. 하부의 dichloromethane층은 sodium sulfate anhydrous 층을 통과시켜 수분을 제거하고, 수용액층에 추가로 dichloromethane 50 mL를 넣어 진탕하고 액액분배하여 dichloromethane층을

탈수하여 앞의 여과액과 합친 후 38°C 수조에서 감압농축기(Bchi Rotavapor R-124, Switzerland)를 이용하여 감압 농축하였다. 농축 잔사를 분석성분에 따라 각각 달리 재용해하여 정제하였다.

Boscalid, cyazofamid, dimethomorph, fludioxonil imidacloprid 및 pyraclostrobin 분석을 위하여 추출 후 농축된 잔사를 dichloromethane 10 mL로 재용해 하였다. 활성화시킨 Florisil (60~100 mesh) 5 g을 유리관(내경 11 mm, 길이 20 cm)에 건식 충전한 후 sodium sulfate anhydrous 약 2 g을 충전하고 dichloromethane 30 mL를 통과시켰다. Sodium sulfate anhydrous층 표면이 노출되기 직전, 앞서의 추출액 시료 2 mL를 가한 후 흘러버리고 표면이 노출되기 직전 acetone/dichloromethane 혼합액(4/96, v/v) 60 mL를 용출시켜 boscalid, cyazofamid, fludioxonil 및 pyraclostrobin을 받고, acetone/dichloromethane 혼합액(50/50, v/v) 60 mL를 용출시켜 dimethomorph와 imidacloprid를 받았다. 각각의 분획을 40°C에서 감압 농축, 건조하였다. 잔사를 acetonitrile 2 mL로 재용해하여 Table 1과 Table 2 같이 UPLC로 분석하였다.

Methoxyfenozide 분석을 위하여 dichloromethane으로 재용해한 10 mL 중 5 mL를 다시 감압농축하여 acetone/n-hexane 혼합액(10/90, v/v) 5 mL로 재용해 하였다. 5 mL 중 2 mL를 활성화시킨 Florisil (60~100 mesh) 5 g을 유리관(내경 11 mm, 길이 20 cm)에 건식 충전한 후 sodium sulfate anhydrous 약 2 g을 충전하고 n-hexane 30 mL를 통과시켰다. Sodium sulfate anhydrous층 표면이 노출되기 직전, 앞서의 추출액 시료 2 mL를 가한 후 흘러버리고 표면이 노출되기 직전 acetone/n-hexane 혼합액(10/90, v/v) 30 mL를 씻어 버리고, acetone/n-hexane 혼합액(20/80, v/v) 60 mL를 용출시켜 받았다. 이 분획을 38°C에서 감압 농축, 건조하였으며 잔사를 acetonitrile 2 mL로 재용해하여 Table 1과 같은 조건으로 UPLC 분석하였다. 처리구당 4반복으로 시료를 조제하였다. 회수율시험은 표준용액을 작물별 농약 무처리 시료에 0.2 mg kg⁻¹, 2.0 mg kg⁻¹ 수준으로 각각 첨가한 후 위에 기술한 추출 및 정제과정을 수행하여 회수율 및 분석오차를 산출하였다.

통계처리

SAS 9.2 (SAS Institute) software를 사용하여, 완전임의 배치 일요인 분산분석 후 Duncan's Multiple Range Test로 유의수준 5%에서 작물간 농약잔류량 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

시험 농약성분 중 methoxyfenozide, fludioxonil은 비침투 이행성 농약이며, 그 이외의 농약은 침투성을 가진 농약이

Table 1. UPLC operating conditions for the analysis of boscalid, cyazofamid, dimethomorph, fludioxonil, methoxyfenozide, and pyraclostrobin

Instrument	Waters (USA) - ACQUITY UPLC with PDA (Photodiode Array)		
Column	ACQUITY UPLC® BEH C ₁₈ , 100 mm × 2.1 mm i.d., 1.7 μm		
Column temp.	40°C		
Injection Vol.	3.0 uL		
Flow rate	0.4 mL/min.		
Mobile Phase	Mixed ratio (v/v, %)		
	Time	Distilled water	Acetonitrile
	Initial	90	10
Gradient condition	9.2	35	65
	11.0	35	65
	11.5	30	70
	15	30	70
	16	0	100
	17	0	100
	18	90	10
	20	90	10
Wavelength	methoxyfenozide 225 nm boscalid, dimethomorph 254 nm cyazofamid, fludioxonil, pyraclostrobin 275 nm		
Retention time	boscalid 7.7 min., cyazofamid 8.8 min., dimethomorph 6.7, 7.0 min., fludioxonil 7.2 min., pyraclostrobin 9.4 min., methoxyfenozide 8.1 min.		

Table 2. UPLC operating conditions for the analysis of imidacloprid

Instrument	Waters (USA) - ACQUITY UPLC with PDA (Photodiode Array)		
Column	ACQUITY UPLC® BEH C ₁₈ , 100 mm × 2.1 mm i.d., 1.7 μm		
Column temp.	40°C		
Injection Vol.	3.0 uL		
Flow rate	0.4 mL/min.		
Mobile Phase	Mixed ratio (v/v, %)		
	Time	Distilled water	Acetonitrile
	Initial	90	10
Gradient condition	6	60	40
	8	60	40
	9	0	100
	11	0	100
	12	90	10
	14	90	10
Wavelength	275 nm		
Retention time	3.0 min.		

다(Tomlin, 2006). 온실에서 5월과 6월초에 포장시험이 수행되어 연속수확 엽채소류의 수확일 간격이 5일 미만으로 짧고 1차 살포 7일 후 2차 살포시까지 남은 잎의 면적이 작았으므로 농약의 침투이행에 따른 영향이 적었다. EC (2011) 외삽 지침서에서 농약의 살포시기와 관련하여 작물

의 가식부위가 생성된 후 가식부위에 농약이 직접 살포된 경우에 형태학이 작물들의 잔류행적을 결정한다는 가정에 근거하여 외삽이 정상적으로 제안될 수 있으며 침투이행성 농약과 비침투이행성 농약간의 차이가 많은 것 같지 않다고 하였다.

Table 3. Recoveries and limits of quantitation of pesticides

Pesticide	Fortified concentration (mg kg ⁻¹)	Recovery (%)				Limit of quantitation (mg kg ⁻¹)
		Mustard greens	Kale	Dacheongchae	Leaf broccoli	
Imidacloprid	0.2	86.5 ± 2.3 ^{a)}	85.1 ± 2.5	84.0 ± 4.0	81.7 ± 1.5	0.1
	2.0	91.2 ± 1.0	94.8 ± 2.0	86.7 ± 3.1	85.7 ± 2.1	
Methoxyfenozide	0.2	91.7 ± 0.7	92.6 ± 1.1	98.3 ± 1.2	92.3 ± 5.5	0.1
	2.0	99.6 ± 0.5	99.4 ± 0.4	98.0 ± 2.0	95.7 ± 5.1	
Cyazofamid	0.2	97.4 ± 2.6	92.2 ± 5.6	103.3 ± 4.0	106.7 ± 1.2	0.1
	2.0	99.4 ± 4.3	94.3 ± 4.0	101.0 ± 4.0	114.3 ± 4.1	
Dimethomorph	0.2	89.3 ± 2.5	83.6 ± 0.6	101.7 ± 2.9	91.3 ± 1.5	0.1
	2.0	98.1 ± 0.9	95.1 ± 1.4	115.0 ± 5.6	99.0 ± 3.6	
Pyraclostrobin	0.2	92.1 ± 2.3	88.7 ± 4.6	110.3 ± 1.9	103.3 ± 2.6	0.1
	2.0	99.4 ± 1.4	94.7 ± 3.8	110.7 ± 1.5	113.7 ± 5.7	
Boscalid	0.2	89.5 ± 2.7	101.2 ± 4.1	108.0 ± 3.6	103.0 ± 0.8	0.1
	2.0	99.1 ± 0.6	94.0 ± 2.8	103.3 ± 3.1	109.3 ± 4.6	
Fludioxonil	0.2	90.4 ± 4.6	89.3 ± 2.0	107.3 ± 3.3	90.0 ± 3.7	0.1
	2.0	97.4 ± 1.2	94.6 ± 5.6	105.7 ± 1.3	97.7 ± 0.5	

^{a)} Means average ± standard deviation of three replicates

Pesticide	Fortified concentration (mg kg ⁻¹)	Recovery (%)				Limit of quantitation (mg kg ⁻¹)
		Perilla leaf	Lettuce	Swiss chard	Red leaf chicory	
Imidacloprid	0.2	91.1 ± 3.0 ^{a)}	90.3 ± 2.8	88.3 ± 2.3	88.6 ± 1.8	0.1
	2.0	85.9 ± 0.4	84.0 ± 1.9	93.5 ± 4.4	89.9 ± 0.2	
Methoxyfenozide	0.2	82.7 ± 6.7	103.1 ± 2.3	99.6 ± 0.5	95.5 ± 7.2	0.1
	2.0	93.7 ± 2.3	105.2 ± 2.6	99.8 ± 0.4	99.2 ± 0.7	
Cyazofamid	0.2	106.1 ± 3.5	102.2 ± 1.9	99.6 ± 4.1	92.7 ± 1.0	0.1
	2.0	92.8 ± 2.6	99.4 ± 0.7	94.9 ± 2.9	98.0 ± 0.6	
Dimethomorph	0.2	104.7 ± 4.7	91.2 ± 1.2	92.9 ± 4.0	93.9 ± 1.4	0.1
	2.0	93.8 ± 1.8	93.4 ± 2.8	95.9 ± 3.2	95.8 ± 2.5	
Pyraclostrobin	0.2	92.1 ± 2.3	83.6 ± 3.0	100.2 ± 4.1	101.3 ± 1.1	0.1
	2.0	99.4 ± 1.4	88.6 ± 5.2	96.9 ± 2.1	98.9 ± 0.9	
Boscalid	0.2	95.4 ± 1.9	92.6 ± 4.6	91.3 ± 3.3	94.1 ± 0.6	0.1
	2.0	91.7 ± 0.5	96.2 ± 0.9	99.7 ± 1.8	97.4 ± 2.2	
Fludioxonil	0.2	80.4 ± 0.8	90.6 ± 2.1	94.7 ± 6.8	100.2 ± 0.6	0.1
	2.0	77.5 ± 1.6	92.0 ± 4.2	101.3 ± 3.0	94.4 ± 0.4	

^{a)} Means average ± standard deviation of three replicates

분석법의 회수율

잔류분석법의 적합성을 검증하기 위하여 실시한 회수율은 77.5~115.0%였고 정량한계는 imidacloprid 등 7종 농약이 0.1 mg kg⁻¹으로 농약의 잔류양상을 비교평가하는데 있어서 별다른 문제점은 없었다(Table 3).

시험작물의 재배 특성

시험기간 중 들깨 재배 하우스의 온도는 19.2 ± 8.0°C이며 습도는 76.1 ± 24.3%였다. 상추와 케일 재배 하우스의 온도는 19.5 ± 7.8°C이며 습도는 74.2 ± 23.5%였다. 겨자채, 적잎치커리 및 적근대 하우스의 온도는 19.0 ± 6.9°C이며 습도는 76.5 ± 23.2%였다. 다청채와 잎브로콜리 하우스의 온도는

18.6 ± 6.9°C이며 습도는 69.4 ± 26.6%였다.

본 시험작물들은 30일 내외의 육묘기간과 정식 후 수확까지 50~60일이 소요된다. 온실에서 연중 재배되며, 연속하여 잎 따기 형태로 수확된다. 작물 가식부위가 출현한 후 경영 살포되는 농약을 등록하는 경우에, 수확 전 농약안전사용일수를 7일 이상 정하기 어려워 열갈이배추나 시금치 같은 일시에 수확하는 작물들과 구별하여 그룹화 하였다.

식물분류학상 다청채, 잎브로콜리, 케일 및 겨자채는 배추과에 속하며, 적잎치커리와 잎상추는 국화과에, 들깨잎은 꿀풀과, 적근대는 명아주과에 속한다(한국원예학회, 2007).

개정 중인 농약잔류허용기준 적용을 위한 세계식품규격위원회(CODEX)의 식품분류에서는 배추과 작물들을 겔구와

비결구 형태로 구분하여 결구 배추과를 엽채류와 별도의 그룹으로 분리하였다. 엽채소류 그룹은 겨자채나 케일을 대표 작물로 하는 비결구 배추속 작물군과 상추나 시금치를 대표 작물로 하는 엽채류군으로 나누어진다(CCPR, 2013). 본 시험에서는 연속수확되는 엽채소류를 배추속 작물군과 배추속 제외 작물군으로 나누어 작물간 잔류양상을 비교하였다.

겨자채, 다청채, 잎브로콜리와 케일 중 농약 잔류량 비교

배추속 4작물의 농약잔류량을 경엽살포 후 경과일별로 살펴보면, methoxyfenozide, cyzaofamid, pyraclostrobin, imidacloprid 및 dimethomorph의 살포당일 부착량은 겨자채와 다청채간 농약잔류량은 차이가 없거나 겨자채의 잔류량이 더 많았으며, boscalid와 fludioxonil의 잔류량은 다청채에서 더 높았다(Table 5). 살포 후 2일 작물간 농약잔류량은 겨자채와 다청채간 차이가 없거나 겨자채의 잔류량이 더 많

았다. 살포 후 5일 수확한 시료 중 cyazofamid의 잔류량은 겨자채 1.01 mg kg^{-1} 보다 다청채가 1.49 mg kg^{-1} 으로, fludioxonil의 잔류량은 겨자채 0.81 mg kg^{-1} 보다 다청채가 1.15 mg kg^{-1} 으로 다청채에서 다소 높았지만 다른 5종 농약들은 두 작물간 차이가 없었다. 케일과 잎브로콜리의 농약 잔류량은 살포 당일부터 살포 후 5일까지 겨자채와 다청채보다 낮았다. 일일식품섭취량은 겨자채가 0.3 g/day 인데 비하여, 다청채는 청경채의 일종으로 청경채의 일일섭취량은 0.04 g/day 이다. 따라서 농약등록을 위한 연속수확 배추속 4작물의 대표작물로는 농약잔류량이 높고 식품섭취량이 많은 겨자채를 추천하고 8작물 중 잔류량이 높은 들깻잎의 잔류성적을 함께 비교하는 것이 합리적이라고 생각되었다. 논의 중인 Codex 외삽을 위한 배추속 엽채소류의 대표작물로 겨자채와 케일이 선정되었으며 Ripley 등(2003)은 살포 후 1일 케일 중 농약잔류량이 앤디브나 잎상추 중 잔류량과 차

Table 4. Comparison of pesticide residues among mustard greens, kale, dacheongchae, leaf brocoli, perilla leaf, lettuce, swiss chard and red leaf chicory after two times application with 7 days interval

Crop	Residue (mg kg^{-1}) ^{a)}			
	Imidacloprid	Methoxyfenozide	Cyazofamid	Dimethomorph
0 day after application				
Mustard greens	4.21 b ^{b)}	9.79 b	7.95 b	14.26 b
Kale	0.91 d	3.45 c	0.91 c	3.44 d
Facheongchae	2.33 c	8.79 b	7.82 b	4.08 d
Leaf brocoli	0.83 d	2.08 c	1.50 c	3.18 d
Perilla leaf	5.58 a	16.02 a	15.70 a	15.97 a
Leaf lettuce	4.43 b	8.89 b	6.69 b	8.73 c
Swiss chard	4.73 b	8.68 b	7.72 b	8.47 c
Red leaf chicory	2.78 c	8.51 b	6.64 b	8.41 c
2 days after application				
Mustard greens	1.29 c	6.70 b	3.53 c	5.52 c
Kale	0.21 e	2.15 d	0.35 d	1.09 d
Dacheongchae	0.77 d	4.71 c	4.07 c	0.90 d
Leaf brocoli	0.14 e	1.03 d	0.51 d	1.10 d
Perilla leaf	2.49 a	11.86 a	10.70 a	7.73 a
Leaf lettuce	1.90 b	6.44 b	4.15 c	6.73 b
Swiss chard	1.53 c	6.90 b	5.47 b	5.52 c
Red leaf chicory	1.30 c	5.69 bc	4.25 c	6.23 bc
5 days after application				
Mustard greens	0.24 e	1.99 c	1.01 d	0.97 e
Kale	<0.1 f	0.67 d	0.10 e	<0.1 f
Dacheongchae	0.21 e	1.65 c	1.49 c	0.94 e
Leaf brocoli	<0.1 f	0.57 d	<0.1 e	0.66 ef
Perilla leaf	1.50 a	10.02 a	8.79 a	6.27 a
Leaf lettuce	1.06 b	3.77 b	2.68 b	3.94 b
Swiss chard	0.41d	4.46 b	2.85 b	2.88 c
Red leaf chicory	0.58 c	4.03 b	1.61 c	2.08 d

Table 4. continued

Crop	Residue (mg kg ⁻¹) ^{a)}		
	Pyraclostrobin	Boscalid	Fludioxonil
0 day after application			
Mustard greens	5.55 b ^{b)}	39.69 b	6.80 b
Kale	1.57 d	10.79 d	1.34 e
Facheongchae	5.30 b	62.78 a	8.92 a
Leaf brocoli	1.30 d	4.62 d	1.30 e
Perilla leaf	8.74 a	63.30 a	8.28 a
Leaf lettuce	3.75 c	33.83 bc	5.63 cd
Swiss chard	3.65 c	39.93 b	6.58 bc
Red leaf chicory	3.59 c	30.25 c	5.23 d
2 days after application			
Mustard greens	3.87 a	31.99 bc	4.88 ab
Kale	0.72 c	4.24 e	0.34 e
Dacheongchae	2.51 b	33.65 b	3.65 cd
Leaf brocoli	0.78 c	2.49 e	1.13 e
Perilla leaf	4.35 a	51.20 a	5.16 a
Leaf lettuce	2.87 b	28.58 bc	3.94 bc
Swiss chard	2.59 b	27.64 c	3.66 cd
Red leaf chicory	2.33 b	20.24 d	2.82 d
5 days after application			
Mustard greens	0.63 de	9.39 d	0.81 e
Kale	0.11 f	1.17 e	<0.1 f
Dacheongchae	0.69 d	12.67 cd	1.15 d
Leaf brocoli	0.29 ef	1.10 e	0.92 de
Perilla leaf	3.70 a	45.97 a	4.02 a
Leaf lettuce	1.53 b	23.88 b	2.99 b
Swiss chard	1.33 bc	16.30 c	1.87 c
Red leaf chicory	1.13 c	10.75 d	1.23 d

^{a)} This value is means of two field trials.

^{b)} Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$; Duncan's Multiple Range Test)

이가 없다고 보고하였지만, Table 4와 같이 국내에서 싹채 소로 재배되는 케일은 잔류량이 매우 낮았으며 외삼을 위한 배추속 엽채소류의 대표작물로 부적합하였다.

잎상추, 적근대, 적치커리와 들깻잎 중 농약 잔류량 비교

배추속을 제외한 4작물의 농약잔류량은 살포 당일부터 살포 후 5일까지 상추, 적근대 및 적치커리 보다 들깻잎에서 더 높았다(Table 5). 살포 당일 pyraclostrobin의 잔류량은 들깻잎 8.74 mg kg⁻¹, 상추 3.75 mg kg⁻¹으로 두 작물간 잔류량의 차이가 많고, imidacloprid 잔류량은 들깻잎 5.58 mg kg⁻¹, 상추 4.43 mg kg⁻¹, 적근대 4.73 mg kg⁻¹으로 차이가 적었지만, 작물간 평균을 비교하면 두 농약 모두 들깻잎의 잔류량이 더 높은 것으로 조사되었다. 살포 후 2일 pyraclostrobin 잔류량은 들깻잎 4.35 mg kg⁻¹, 상추 2.87 mg kg⁻¹

으로 차이가 많고, imidacloprid 잔류량은 들깻잎 2.49 mg kg⁻¹, 상추 1.90 mg kg⁻¹, 적근대 1.53 mg kg⁻¹으로 차이가 적었다. 살포 후 5일 pyraclostrobin은 들깻잎 3.70 mg kg⁻¹, 상추 1.53 mg kg⁻¹으로 차이가 많고, imidacloprid는 들깻잎 1.50 mg kg⁻¹, 상추 1.06 mg kg⁻¹으로 차이가 적었다. 농약들마다 작물간 잔류량의 차이가 다르지만 들깻잎 중 농약잔류량이 다른 작물들 보다 높았다. 시료의 무게 대비 엽면적 비율(cm² g⁻¹)은 들깻잎 58, 상추 27, 적근대 21, 적치커리 22로 들깻잎의 무게 대비 엽면적 비율이 약 2배 정도 넓어 들깻잎의 높은 잔류에 영향을 미친 것으로 보인다(Table 5).

살포 후 2일 cyazofamid 잔류량은 상추 4.15 mg kg⁻¹, 적근대 5.47 mg kg⁻¹, 적치커리 4.25 mg kg⁻¹으로 적근대의 잔류량이 높지만 살포 당일과 5일 후 잔류량은 작물간 잔류량의 차이가 없었다. Imidacloprid 등 6종 다른 농약들의 잔류

Table 5. Ratio of leaf area to weight of crops

Crop	Leaf area/weight (cm ² /g)	Area/leaf (cm ²)	Weight/leaf (g)
Mustard greens	17 ± 2.9 ^{a)}	107.6 ± 18.0	6.5 ± 1.0
Kale	23 ± 1.8	101.8 ± 9.8	4.4 ± 0.5
Dacheongchae	19 ± 1.0	77.3 ± 7.9	4.1 ± 0.4
Leaf broccoli	25 ± 0.9	86.0 ± 9.6	3.4 ± 0.3
Perilla leaf	58 ± 5.5	82.6 ± 8.7	1.4 ± 0.2
Lettuce	27 ± 5.3	125.5 ± 14.5	4.9 ± 1.2
Swiss chard	21 ± 3.2	78.4 ± 12.8	3.8 ± 0.7
Red leaf chicory	22 ± 2.3	61.8 ± 12.4	2.8 ± 0.6

^{a)} This value is mean of five replicates.

량은 세 작물간 잔류량의 차이가 없거나 상추의 잔류량이 높았다(Table 4).

미국이나 EU에서는 상추를 포함하는 유사 작물군의 대표 작물로 상추가 보편적이며 논외의 중인 codex 외삽을 위한 식품분류에서도 상추와 시금치를 유사작물군의 대표작물로 정하고 있다. 국내 일일평균식품섭취량(g/day)은 들깻잎 2.2, 상추 3.9, 근대 0.4, 치커리(앤디브) 0.45 이다. 높은 잔류량을 가지고 식품섭취량이 많은 작물을 대표작물로 선정한다(CCPR, 2012)는 측면에서 들깻잎의 잔류성적으로 상추, 적근대 및 적치커리를 외삽하는 것은 가능하다. 그러나 상추의 잔류 성적으로 적근대와 적치커리의 외삽은 가능하지만, 들깻잎을 외삽하는 것은 가능하지 않았다. 따라서 국내 현실을 반영하여, 배추속을 제외한 연속수확 엽채소류 하위그룹은 들깻잎의 잔류성적을 외삽하는 경우와 상추의 잔류성적을 외삽하는 경우로 구분할 필요가 있었다. 배추속 작물과 배추속 제외 작물군으로 구분하지 않고 연속수확 엽채소류 8종을 그룹화 한다면 들깻잎의 잔류성적으로 이 작물군을 외삽하는 것이 가능하다고 생각된다(Table 4). 대표작물은 지역에 따라 차이가 있기 때문에 다른 대표작물의 선택이 정당화 될 수 있다(OECD, 2011).

농약등록을 위한 포장시험 수를 감소하고 그룹 잔류허용기준을 설정하여 작물이나 식품 중 잔류농약을 관리하려는 의도에서 작물잔류성적의 상호적용 연구는 적절하다(Reynolds, 2005). 그러나 농업현장에서 병해충 방제의 필요성에 따라 농약이 등록된다는 측면에서는 병해충 발생양상이 유사한 작물들간의 그룹화가 더욱 중요하다. 따라서 소면적 작물의 약효약해 그룹과 잔류성적 상호적용 작물그룹과의 연계성이 앞으로 필요하다고 생각된다. 사계절 엽채소를 재배하는 국내에서는 기온인 낮고 작물의 생육이 더딘 동절기와 생육이 빠른 하절기의 농약잔류경감양상이 다르기 때문에(손 등, 2012), 외삽을 예상하는 대표작물의 포장시험 설계 단계부터 병해충의 발생시기와 농약 사용 시기에 관한 사전 정보가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ0073882010, PJ0073882011)의 지원에 의하여 이루어진 것임

Literature Cited

- Codex Committee on Pesticide Residues (2012) Report of the 44th session of the CCPR- Draft principles and guidance on the selection of representative commodities for the extrapolation of MRLs to commodity groups at Step 8 (REP12/PR-Appendix XI).
- Codex Committee on Pesticide Residues (2013) Report of the 45th session of the CCPR- Proposed draft table 2: Examples of selection of representative commodities for vegetable commodity groups and other commodity groups (for inclusion in the principles and guidance for the selection of representative commodities for the extrapolation of maximum residue limits for pesticides to commodity groups) p. 9-11.
- European Commission (EC) (2011) Guidance document Guidelines on comparability, extrapolation, group tolerances and data requirements for setting MRLs. SANCO 7525/VI/95-rev.9 March 2011. p. 3-34.
- Korea Rural Economic Institute (2012) 2011 Food balance sheet. pp. 226.
- Korean Society for Horticultural Science (2007) Glossary and Dictionary of Plant Names of Horticultural Crops. Book publication CIR. p. 161-176.
- Maclachlan, Dugald J and Denis Hamilton (2011) A review of the effect of different application rates on pesticide residue levels in supervised residue trials. Pest Management Science. 67:609-615.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2011) Guidance Document on Crop Field Trials. ENV/JM/MONO(2011)50 pp. 16.
- Park Jong-Hyouk, M. I. R. Mamun, A. M. Abd El-Aty, J. -H.

Choi, G. -J. Im, Ch.-Hw. Oh and J. -H. Shim (2009) An Extrapolation from crop classifications based on pesticide residues trial data within vegetables in minor crops. The Korean Journal of Pesticide Science. 13:28-38.

Reynolds, S. L., R. J. Fussell and R. Macarthur (2005) Investigation into the validity of extrapolation in setting maximum residue levels for pesticides in crops of similar morphology. Food Additives and Contaminants 22:31-38.

Ripley, B. D., G. M. Ritcey, C. R. Harris, M. A. Denomme and L. I. Lissemore (2003) Comparative persistence of pesticides on selected cultivars of specialty vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51:1328-1335.

Son K. -A., H. Y. Kwon, J. B. Kim, Y. -D. Jin, T. -K. Kim, C. S. Kim, G. -H. Gil, G. -J. Im and K. -W. Lee (2012) The residue characteristics of chlorpyrifos in chilli and sweet peppers. The Korean Journal of Pesticide Science. 16:236-241.

Tomlin C. D. S. (2006) The pesticide manual 14th. British crop production council.

United States Environmental Protection Agency(EPA) (1996) Residues chemistry test guidelines OPPTS 860.1500 Crop field trials. <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-OPPT-2009-0155-0013>.

United States EPA (2012) Electronic code of federal regulations Title 40: Protection of Environment. Part 180-Tolerances and exemptions for pesticide chemical residues in food. Subpart B-Procedural Regulations. 180.41 Crop group tables. <<http://www.ecfr.gov/>>.

● ● 농약 잔류 시험을 위한 연속수확 엽채소류의 외삽

손경애* · 임건재 · 홍수명 · 김찬섭 · 길근환 · 진용덕 · 김진배 · 임양빈 · 고현석¹ · 김장역²

농촌진흥청 국립농업과학원, ¹농촌진흥청 지식정보화담당관실, ²경북대학교 농업생명과학대학

요 약 본 실험은 작물의 농약잔류성 포장시험 결과를 다른 소면적 작물로 외삽 할 수 있는지 알아보기 위하여 온실에서 재배되는 엽채소류를 대상으로 경엽살포 후 작물간 농약잔류 경향을 비교하였다. 배추속에 속하는 겨자채(*Brassica juncea* L.), 케일(*Brassica oleracea* L.), 다청채(a kind of pak-choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.)), 잎브로콜리(*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) 4종과 배추속이 아닌 들깻잎(*Perilla frutescens* Britt.), 상추(*Lactuca sativa* L.), 적근대(*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) 및 적치커리(*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi) 4종을 대상으로 하였다. 이들은 온실이나 노지에서 연중 재배되며 일정한 수확기 동안 연속적으로 잎을 따서 수확하는 작물들로서 시금치처럼 포기 형태로 일시에 수확하는 작물들과 구별된다. 무게 대비 엽면적 비율이 58 cm²/g으로 가장 높은 들깻잎에서 imidacloprid 등 7종 농약의 잔류량이 살포 당일부터 5일 후 까지 가장 높았다. 따라서 식품의 일일섭취량 통계에 따른 섭취량이 일정 수준을 차지하면서 시험대상 8작물중 농약 잔류량이 상대적으로 높은 들깻잎을 농약잔류성시험의 대표작물로 선정하여 외삽 적용을 위한 작물 그룹을 제안한다.

색인어 외삽, 들깻잎, 엽채소류, 잔류농약, 연속수확

● ●