

파프리카 재배 중 살균제 boscalid와 pyraclostrobin의 사용시기에 따른 작물 부위별 생산단계 잔류특성

조규성 · 이소정 · 이동열 · 김영진 · 최원조¹ · 이제봉² · 강규영*

경상대학교 응용생명과학부(BK21 농생명산업 글로벌 인재육성 사업단) & 경상대학교 농업생명과학연구원,
¹식품의약품안전청 유해물질분석과, ²국립농업과학원 농산물안전성부

(2011년 8월 8일 접수, 2011년 8월 31일 수리)

Pre-Harvest Residual Characteristics of Boscalid and Pyraclostrobin in Paprika at Different Seasons and Plant Parts

Kyu Song Cho, So Jung Lee, Dong Yeol Lee, Yeong Jin Kim, Won Jo Choe¹, Je Bong Lee² and Kyu Young Kang*

Division of Applied Life Science (BK21 Program) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, ¹Busan Regional Korea Food and Drug Administration, Busan, 608-829, Korea, ²Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, Suwon, 441-707, Korea

Abstract

Recent outbreak of new diseases and pests which were introduced from abroad, seriously hampered both quality and safety of paprika fruits. This study has been carried out to aid an establishment of guideline for safe use of pesticides and reduction of their residues on paprika. Systemic fungicides boscalid and pyraclostrobin of either mixed (a.i.; 13.6+6.8%) or single (a.i.; 47 and 18.8%, respectively) water dispersible granule formulation (WG) products were sprayed with recommended or double dosage on paprika grown in green house at March and June. To draw pre-harvest residue limit, residues of each fungicide were analyzed from fruits collected eight times from 18 to 1 day pre-harvest. The biological half-lives of both boscalid and pyraclostrobin in mixed formulation in March and June were slightly shorter than those of single formulation which ranged from 14.4 to 20.1 days. Residue levels of both fungicides of single formulation in fruits in June were about one half lower compared to those in March. However, application of double dosage frequently exceeded MRLs from fruits grown both seasons. These results showed that residue levels on fruits persisted longer period of time, more than two weeks, and so the case applied in winter season. The dissipation of fungicides on leaves and fruits was compared. The distribution of both fungicides in leaves was 20-200 times higher than that of fruits and persisted up to 18 days of pre-harvest period at the concentration of 10-40 $\mu\text{g g}^{-1}$. This study indicated that the mixed formulation product exhibited low residues in fruits, but high and long enough to suppress pathogen growth in leaves.

Key words pyraclostrobin, boscalid, pre-harvest residue, paprika, seasonal variation.

서론

파프리카는 1994년 제동홍산주이 항공기 기내식용으로 제

주도의 유리온실에서 처음으로 재배하였으며, 1995년 수출용으로 본격적으로 전북 김제에서 1.1 ha 재배된 이후 지속 상승 추세이며(Lee, 2001), 수출물량은 2009년 17,725톤으로 2000년 2,027톤 대비 774% 증가하였으며, 수출금액은

*연락처 : Tel. +82-55-772-1961, Fax. +82-55-772-1969

E-mail: kykang@gnu.ac.kr

2009년 53,280천불로 2000년 7,159천불 대비 644% 증가하였다(농수산물무역정보, www.kati.net, 2010). 최근 파프리카 시설 내 외래 해충 및 병 발생이 심하여 미등록 농약 사용 및 잔류허용 기준 초과 검출로 대일 수출에 지장을 초래하는 경우가 있다. 파프리카는 대일 수출에서 2001년 4월 일본에 등록되지 않은 농약인 methidathion이 $0.32 \mu\text{g g}^{-1}$ 이 검출되었고, 2003년 dichlovos와 ethoprophos가 잔류허용기준을 초과하였으며, 2005년과 2006년에는 chlorpyrifos가 잔류허용기준을 초과 잔류하였다. 2009년 flonicamid가 잔류허용기준을 초과하여 검출되는 등 수출에 지장을 초래하고 있다. 현재 수출용 파프리카에 등록된 농약은 병해충 20여 종에 대해 157품목이 등록되어있다(농촌진흥청, 2008).

본 연구에 사용된 농약인 boscalid와 pyraclostrobin은 파프리카에서 잿빛곰팡이, 탄저병, 역병에 대해 합제는 수확 5일 전 2회, 단제는 각각 수확 2일 전 2회, 3회 사용 가능한 것으로 등록되어 있다(한국작물보호협회, 2009). Boscalid는 아닐라이드계 살균제로서 병원균의 미토콘드리아에서 ATP를 합성하는 과정인 전자전달계 단계인 succinate ubiquinone 환원 효소(Complex II)를 저해하여 병원균을 고사시키는 작용을 한다. 특히 Complex II 단계는 병원곰팡이의 에너지 생성을 위한 전자전달뿐 아니라 아미노산과 지방의 대사 과정에 통로인 TCA 사이클이 같이 연결된 부위이므로 병원균의 신진대사 중 가장 중요한 부분이라 할 수 있다(Matheron et al., 2004). Pyraclostrobin은 스트로빌루린계 살균제로서 병원균의 미토콘드리아에서 ATP를 합성하는 과정인 전자전달계 중 cytochrome bc1 복합체(Complex III)의 전자전달을 저해하여 병원균이 결국 에너지를 잃고 사멸하게 하는 작용을 한다. 또한 일부 성분은 식물체 표면에 단단히 결합되어 서서히 약효를 발현하므로 오랫동안 표면에 남아 약제처리 이후에 침입하는 병원균들을 막으므로 침투제들의 단점을 보강한 작용

기작을 나타낸다(Ammerrmann et al., 2000; Fisher et al., 2004; Karadimos et al., 2005).

본 연구에서는 boscalid 및 pyraclostrobin의 성분이 일정 비율로 혼합된 제품(합제)과 단일 성분으로 구성된 제품(단제)를 각각 살포하여 잔류특성을 구명하고, 계절별 살포에 따른 생산단계 농약 잔류성을 분석하며, 잎과 열매에서의 잔류량 차이를 비교 분석함으로써 농약의 안전사용에 도움을 줄 수 있는 기초자료로 삼고자 한다.

재료 및 방법

시험약제

시험에 사용한 약제는 Table 1과 같다.

약제 처리 및 시료 수확

2009년 8월 말에 진주시 대곡면 소재 비닐온실(100 × 35 × 6 m)에 정식하여 2010년 3월(3그룹 열매)과 6월(5그룹 열매)에 아래쪽에서 2, 3번 열매가 착색되는 시점을 택해 배부식 분무기로 먼저 물을 이용하여 식물체에 액이 충분히 묻을 정도의 약량을 결정한 후 농약별로 각각 추천 사용량(기준량)과 배량을 반복 당 9주, 3반복 처리하였으며, 처리 후 1, 3, 5, 7, 10, 13, 15 그리고 18일째 시료를 8회 구간별로 1 kg 이상씩 있는 10매 이상씩 수확하여 -20°C 에 저장한 후 분석하였다.

기기분석조건

두 농약 잔류성분의 분석은 HPLC gradient elution 으로 하였으며 그 분석 조건은 Table 2와 같다.

Table 1. Some user information of fungicide products on paprika

Fungicides	A.I ^{a)} (%)	Formulation	Recommended dilution concentration (times)	Target Disease on paprika	Safe use guidelines	
					PHI ^{b)} (day)	MAF ^{c)} (time)
Boscalid + Pyraclostrobin	13.6	WG ^{d)}	2,000	Gray mold rot, Anthracnose, Phytophthora	5	2
Boscalid	6.8	WG	1,500	Gray mold rot	2	2
Pyraclostrobin	47	WG	3,000	Anthracnose	2	3

^{a)}A.I : Active ingredient

^{b)}PHI : Pre-Harvest Interval

^{c)}MAF : Maximum Application Frequency

^{d)}WG : Water-dispersible Granule

Table 2. HPLC condition for the analysis of boscalid and pyraclostrobin residue in paprika

HPLC	Agilent 1200 series with autosampler
Column	Agilent XDB-C18, 4.6 × 150 mm
Injector	Injection volume : 10 µL
Detector	Diode Array Detector
Condition	Flow rate : 1 mL/min
	H ₂ O : Acetonitrile Ratio
	95 : 5 → 70 : 30 (5 min) → 0 : 100 (20 min) → 0 : 100 (25 min)
R·T : boscalid : 8.4 min, pyraclostrobin : 17.5 min	

Table 3. Recovery and LOD for boscalid and pyraclostrobin in paprika

Pesticide	Fortification level (µg g ⁻¹)	Recovery ± CV ^{a)} (%)	LOD ^{b)} (µg g ⁻¹)
Boscalid	1	100.9 ± 6.81	0.5
	5	87.2 ± 0.56	
Pyraclostrobin	1	99.0 ± 3.84	0.5
	5	92.0 ± 4.58	

^{a)}Coefficient of variation = (standard deviation / average) × 100

^{b)}Limit of detection

검량선 작성

잔류농약 분석을 위한 표준품인 boscalid(순도 99.5%)와 pyraclostrobin(순도 97.5%)은 Dr. Ehrenstorfer사(독일)로부터 구입하여 acetonitrile에 녹여 1,000 µg g⁻¹의 stock solution을 만들었다. 이를 단계별로 희석하여 working solution을 만든 후 각각 일정량을 HPLC/DAD에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 피크 넓이를 기준으로 검량선을 작성하였다.

시료 추출 및 정제

파프리카 중 잔류농약의 추출 및 정제는 QuChERS 법 (Lehotay, 2007)으로 열매는 각 시료 10 g에 아세토니트릴 10 mL을 넣고, 여기에 MgSO₄ 4 g, CH₃COONa 1 g을 처리하여 30분간 진탕하고 원심분리(3000 rpm × 10 min) 후 1 mL을 PSA 50 mg + MgSO₄ 150 mg이 처리된 E-tube로 옮겨 정제한 후 이를 HPLC/DAD에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 피크 넓이를 검량선에 대입하여 농약의 잔류농도를 확인 하였다(Anastassiades et al., 2003; QuEChERS., 2009; Laquas-Allue L et al., 2010). 앞은 시료 5 g에 열매에 준해서 분석하고 필요시 희석하여 크로마토그램을 얻었다.

회수율 실험

재배기간중에 시험약제를 처리하지 않은 파프리카 열매에 표준용액을 각각 1, 5 µg g⁻¹ 되도록 처리, 혼화하고 앞서의 분석과정을 행하여 회수율을 산출하였다.

결과 및 고찰

회수율 실험

회수율 실험의 결과는 Table 3과 같다.

Boscalid와 pyraclostrobin 합제 처리 후 살포시기에 따른 생산단계 잔류량 변화

계절별 살포시기에 따른 boscalid와 pyraclostrobin 합제의 생산단계 잔류 특성은 Fig. 1과 같다.

농약 처리 후 열매에서의 잔류량은 전반적으로 6월이 3월에 비해 낮게 나왔다.

Boscalid는 MRL이 3.0 µg g⁻¹으로 잔류소장 양상은 3월에 기준량 처리 시 2일 째 최대 0.94 µg g⁻¹에서 18일째 0.12 µg g⁻¹으로 생물학적 반감기는 5일로 짧은 반감기를 보였으며, 6월에는 1일째에 최고 0.47 µg g⁻¹으로 3월에 비해 약 반 정도의 낮은 초기 농도로 시작하여 18일째 0.2 µg g⁻¹으로 반감기가 17.3일로 계산되었다. 그러나 배양 처리 시 3월은 최고 1.0 µg g⁻¹에서 최저 0.36 µg g⁻¹으로 생산 단계 중 거의 변화가 없어 반감기 산출이 불가능 했으며 6월의 경우도 기간 내 농약 잔류소장 변화가 아주 미미하였다.

Pyraclostrobin의 잔류소장은 3월의 경우 처리 1일 후 최고 0.23 µg g⁻¹에서 18일 후 0.07 µg g⁻¹으로 MRL(Maximum Residue Limits, 농약잔류허용기준)인 0.5 µg g⁻¹을 초과하지 않았고 생물학적 반감기는 3월의 경우 13.9일, 6월의 경우

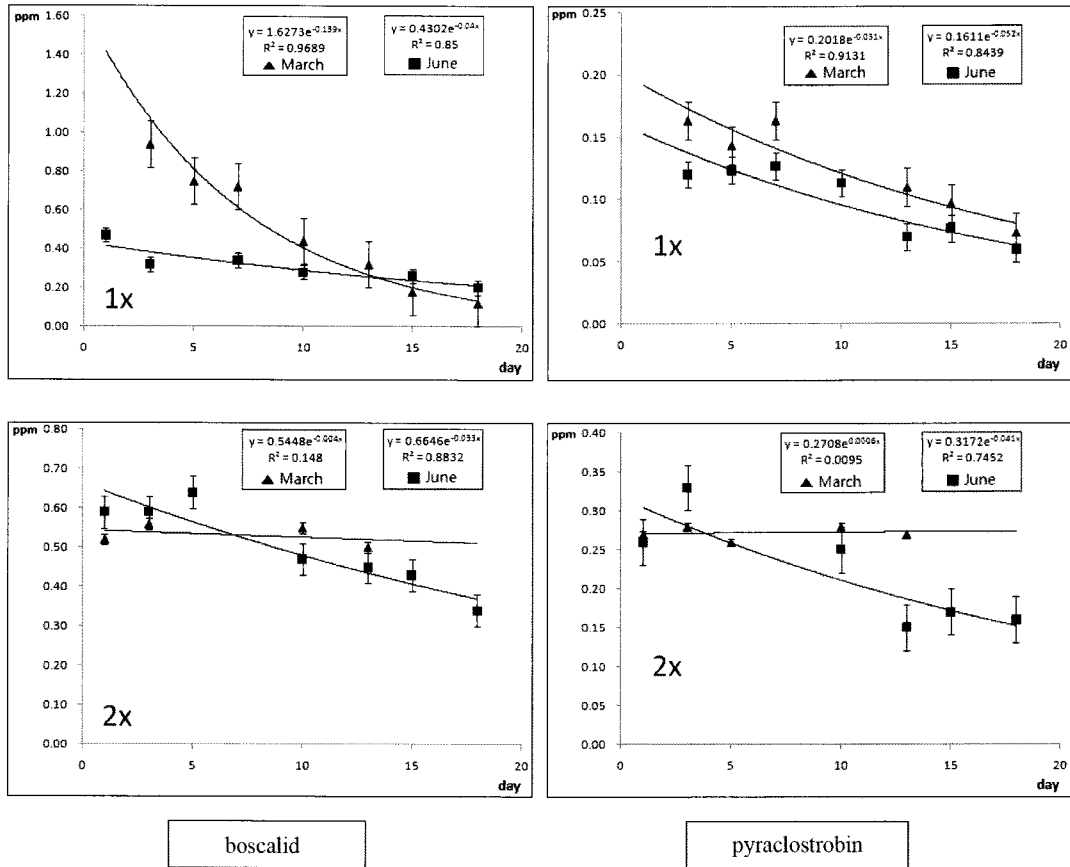


Fig. 1. Residue curve of boscalid and pyraclostrobin with mixed formulation product in paprika during pre-harvest cultivation period. 1X; recommended dosage, 2X; double dosage application.

13.1일로 잔류 양상은 비슷하였다(Fig. 1). 이는 포도의 경우 생물학적 반감기 5.4일에 비해 매우 긴 것으로 pyraclostrobin이 파프리카에서의 초과농도 살포시 주의가 필요한 것으로 보여 진다(Garau et al., 2009). 배양 처리 시 잔류량은 3월에는 최고 0.38 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에서 0.18 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 생산 단계 조사 기간 18일 동안 거의 변화가 없어 생물학적 반감기 산출이 불가능하였다.

이 결과는 초기 부착된 농약의 농도가 생산 단계에서의 잔류량을 결정하는 중요한 요소임을 시사해주고 있다. 이는 오이에서 2일의 생물학적 반감기를 갖는 것에 비해 파프리카에서 상당히 긴 반감기를 갖는 것은 파프리카 열매는 수확 2주 전후에 과중의 변화가 거의 없이 착색에 소요되는 성숙 과정이기 때문인 것으로 생각된다(이 등, 2008).

Boscalid와 pyraclostrobin 단제 처리 후 시기에 따른 생산단계 잔류량 변화

계절별 살포시기에 따른 boscalid와 pyraclostrobin 단제의 생산단계 잔류 특성은 Fig. 2와 같다.

Boscalid 단제의 주성분량은 47%이고 합제 중 주성분량

은 13.6%이며 최종 회석살포 농도를 비교하면 단제가 합제에 비해 4.5배가 높다. 단제 중 boscalid 잔류소장 양상은 합제 중 boscalid의 것과 유사한 패턴을 보여주고 있다. 3월 처리한 열매에서의 잔류량은 처리 후 2일째 최고 1.84 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에서 18일 후 1.08 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 감소하였다. 합제 중 boscalid에 비해 단제의 초기 농도는 2배 정도 검출되었지만 이후 잔류량의 변화는 아주 완만하여 생물학적 반감기는 3월에 19.8일로 합제 중 그것에 비해 4배 정도 늘어났다. 6월에 처리한 구간의 잔류량은 처리 후 1.51 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에서 7일째에 1.61 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에 최고 농도로 18일째에 0.69 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 감소하여 3월 처리구에 비해 전체적으로 낮게 나왔지만 잔류양상은 완만하여 반감기는 16.3일로 아주 유사한 양상을 보였다. 딸기에서 boscalid의 생물학적 반감기가 4.9에서 6.4일인 것에 비해 상당히 길었다(Chen and Zhang, 2010). 배양 처리 시 3월은 잔류량이 오히려 다소 증가하는 경향을 보여 MRL 3.0 $\mu\text{g g}^{-1}$ 을 초과하여 특히 주성분함량이 높은 단제의 경우 저온기인 겨울철에 과량 사용은 식품 안전에 위해성을 초래할 우려가 있음을 시사해주고 있다. 6월 처리구에 있어서도 3월의 그것에 비해 잔

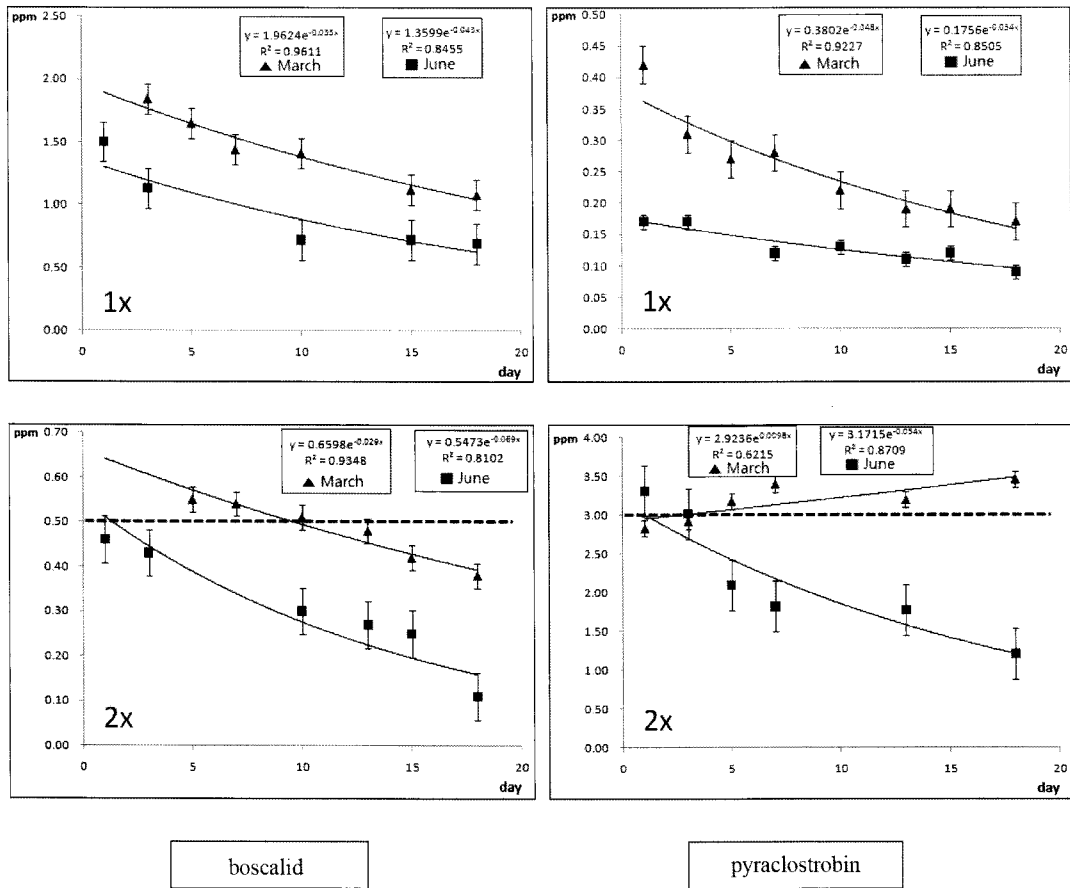


Fig. 2. Residue curve of boscalid and pyraclostrobin with single formulation product in paprika during pre-harvest cultivation period. 1X; recommended dosage, 2X; double dosage application.

류량이 다소 낮은 경향이지만 MRL을 초과 검출 되는 구간 있어 주의를 요한다.

pyraclostrobin 단제의 주성분 함량은 18.8%로 합제 중 성분함량은 6.8%로 최종 희석살포 농도는 단제가 합제보다 1.8배 높은 농도이다. 3월의 경우 처리 후 1일째 최고 0.42 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에서 18일째 0.17 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 합제의 잔류량보다 약 2배 정도 검출되었고 생물학적 반감기는 3월의 경우 14.4일이고, 6월의 경우는 5일째 최고 0.21 $\mu\text{g g}^{-1}$ 에서 18일째 최저 0.09 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 3월에 비해 약 절반 수준으로 검출되었으며 반감기는 20.1일로 길어 졌다. 배량 처리 시 특히 3월의 경우 처리 후 4회의 조사 구간에 걸쳐 MRL 0.5 $\mu\text{g g}^{-1}$ 을 상회하였다. 이는 살포 농도가 높은 단제의 경우 반드시 안전사용기준을 준수해야 됨을 확인시켜 주었다.

결론적으로 boscalid와 pyraclostrobin 단제의 경우 배량 사용 시 MRL보다 높은 잔류량을 보이며, 특히 3월의 경우 배량 처리 시 MRL보다 높게 잔류하는 구간이 많은 것으로 보아 이들 농약의 사용에 있어 추천량 이상의 농도 사용을 금해야 할 것이다.

Boscalid와 pyraclostrobin 합제 처리 후 열매와 잎에서의 잔류량 비교

살포한 살균제의 부위별 농약 잔류의 분배양상과 잔류 비를 보기 위해 boscalid와 pyraclostrobin 합제 처리 후 열매와 잎 부위에 따른 잔류량 변화량을 조사하고 그 결과는 Fig. 3, 4와 같다.

Boscalid의 3월 처리구의 열매와 잎에서의 잔류량 차이는 기준량 처리 시 초기 31배의 차이를 보였으며, 18일차에 157배의 차이를 보였다. 잎 중 boscalid 농도는 3월 6월 공히 시험 기간 18일 내내 20 $\mu\text{g g}^{-1}$ 수준으로 유지되었다(Fig. 3).

Pyraclostrobin의 3월 처리구의 경우 열매와 잎에서의 잔류량 비는 기준량 처리 시 40배에서 120배의 차이를 보여 잎에서 전 시험기간 동안 10 $\mu\text{g g}^{-1}$ 전후를 유지했다. 6월 처리구의 경우 열매와 잎에서는 기준량 처리 시 초기 20배로 최저 잔류량 차이를 보여 주었으며 최대 71배 차이를 보여 시간이 지날수록 차이가 많아지는 것을 볼 수 있었고 잎에서 잔류 농도는 3월의 그것보다 낮게 유지되었다(Fig. 4). Pyraclostrobin의 병원균 발아를 100% 억제하는 농도는 10 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 이농도

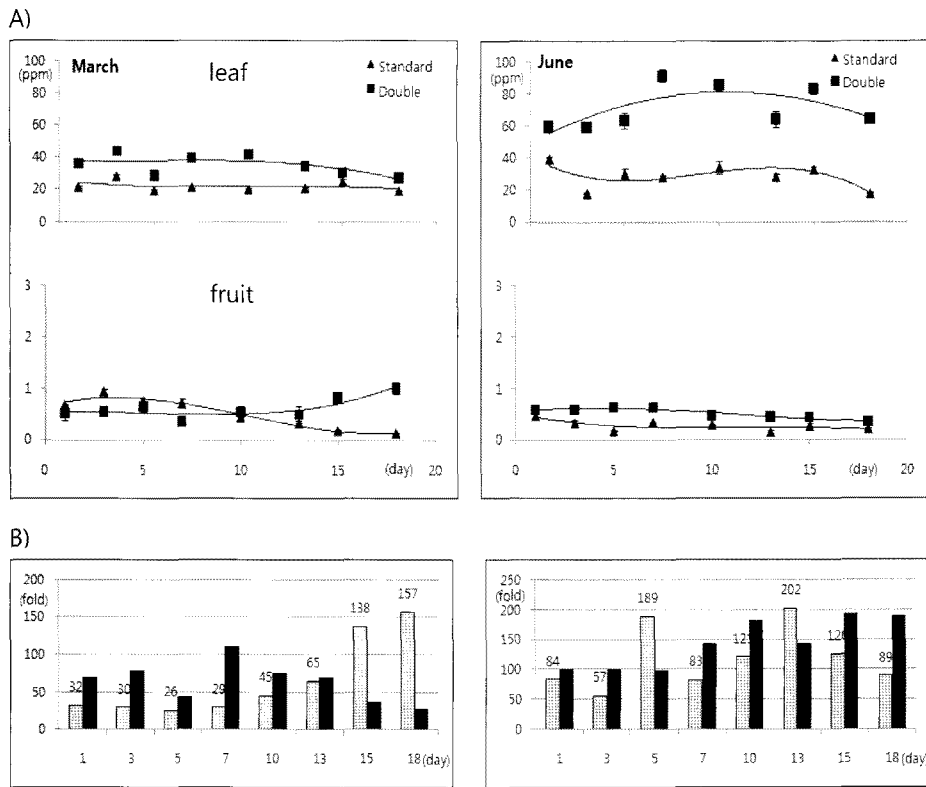


Fig. 3. Boscalid residue curve of mixed formulation product in paprika leaves and fruit during pre-harvest cultivation period. A) residues in leaves/fruits B) fold increase of bocalid residues in leaves compared to those of fruits.

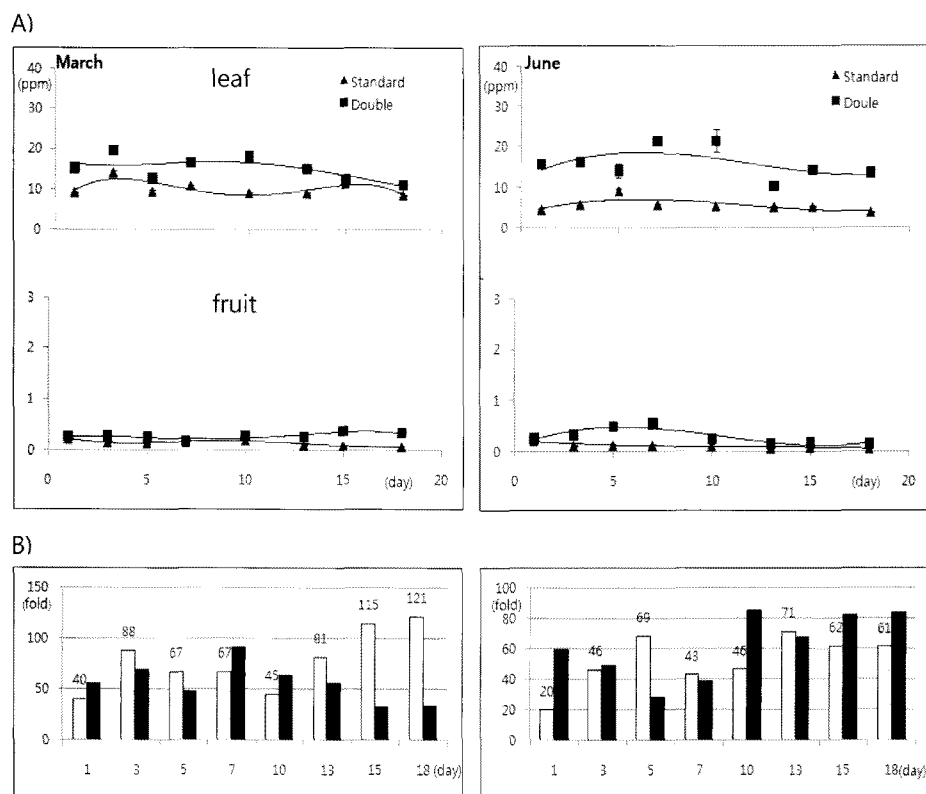


Fig. 4. Pyraclostrobin residue curve of mixed formulation product in paprika leaves and fruit during pre-harvest cultivation period. A) residues in leaves/fruits B) fold increase of pyraclostrobin residues in leaves compared to those of fruits.

와 비슷하거나 높게 나타나 충분한 약효를 기대할 수 있을 것으로 보여 진다(Karadimos et al, 2005). 이 경우 현재 추천하고 있는 사용 적기인 7일 내지 10일 간격을 다소 늘릴 수 있을지 잎에서의 잔류 농도와 생물 활성검정을 비교 조사해 볼 필요가 있다고 본다.

혼합제를 처리한 잎에서의 두 농약의 잔류량은 $10-40 \mu\text{g g}^{-1}$ 영역을 유지하고 있어 본 연구진이 조사한 바에 의하면 boscalid와 pyraclostrobin 합제의 경우 잣빛곰팡이병원균(*Botrytis cinerea*), 탄저병원균(*Colletotrichum acutatum*)과 시들음병원균(*Fusarium oxysporum*)에 대해 *in vitro* 활성값 ED₅₀은 각각 0.03, 2.12와 2.16 $\mu\text{g g}^{-1}$ 으로 본 연구에서 잎에서의 잔류량은 전 조사기간 동안 ED₅₀을 상회하는 것으로 볼 때 충분한 약효를 기대할 수 있을 것으로 보여진다(Gabriolotto et al., 2009, Spotts et al., 2009). 파프리카의 경우 엽면적지수(LAI)가 3~3.5로 엽면적이 높아 살포된 농약의 대부분이 잎에 부착되게 되며 또 생산 단계에서의 부피(과중) 생장이 낮고 농약의 잎에서 과실로의 전류가 이 기간 동안은 낮은 것으로 생각된다. 결론적으로 합제의 경우 주성분 함량이 단제의 그것들에 비해 약 1/3 수준이지만 잎에서의 잔류 농도, 잔류 기간 등이 병원균 생육을 억제 할 수 있을 것으로 예상되며 병원균의 적용범위도 넓힐 수 있을 뿐만 아니라 열매에서

의 잔류 위험성을 줄일 수 있다고 판단된다.

잎과 열매에서의 잔류 농약 분배비를 연구한 결과는 아직도 보고된 적이 없어 이상의 연구결과는 작물 별 병해충이 가해하는 부위를 위주로 분배 양상을 조사해 봄으로써 효율적인 농약의 사용, 가해 부위별 잔류된 농약의 농도, 지속기간, 더 나아가 농약의 대상병해충에 대한 선발압 지속으로 인한 저항성 유발 가능성 상관관계 등의 중요한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 본다.

Boscalid와 pyraclostrobin 단제 처리 후 열매와 잎에서의 잔류량 비교

Boscalid와 pyraclostrobin 단제 처리 후 열매과 잎에서의 잔류량 변화 비교는 Fig. 5, 6과 같다.

Boscalid의 3월 잎과 열매에서의 잔류량 차이는 기준량 처리 시 47배의 차이를 보였으며, 18일차에 78배의 최대 차이를 보였다(Fig. 5). Boscalid의 경우 최종살포 농도가 합제 보다 4.5배 높은 단제 처리 시 잎에서의 잔류 정도가 2-3배 높은 경향을 유지했다.

Pyraclostrobin의 3월 열매와 잎에서의 잔류량 차이는 기준량 처리 시 34배의 차이에서 최대 88배의 차이를 보였다. 배양 처리 시 초기 48배의 차이에서 최대 66배의 차이를 보

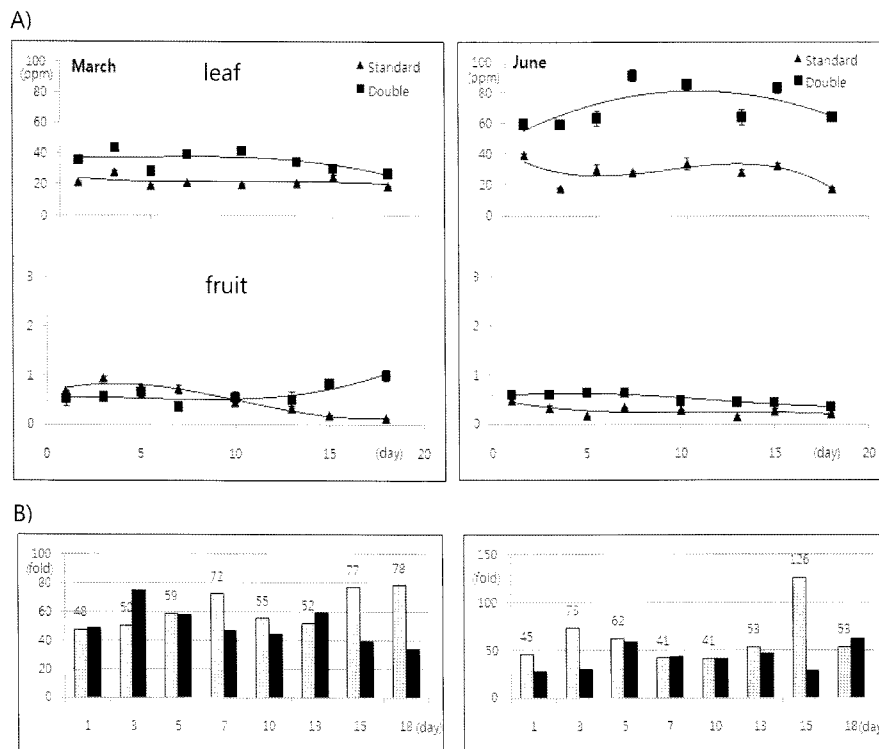


Fig. 5. Boscalid residue curve of single formulation product in paprika leaves and fruit during pre-harvest cultivation period. A) residues in leaves/fruits B) fold increase of boscalid residues in leaves compared to those of fruits.

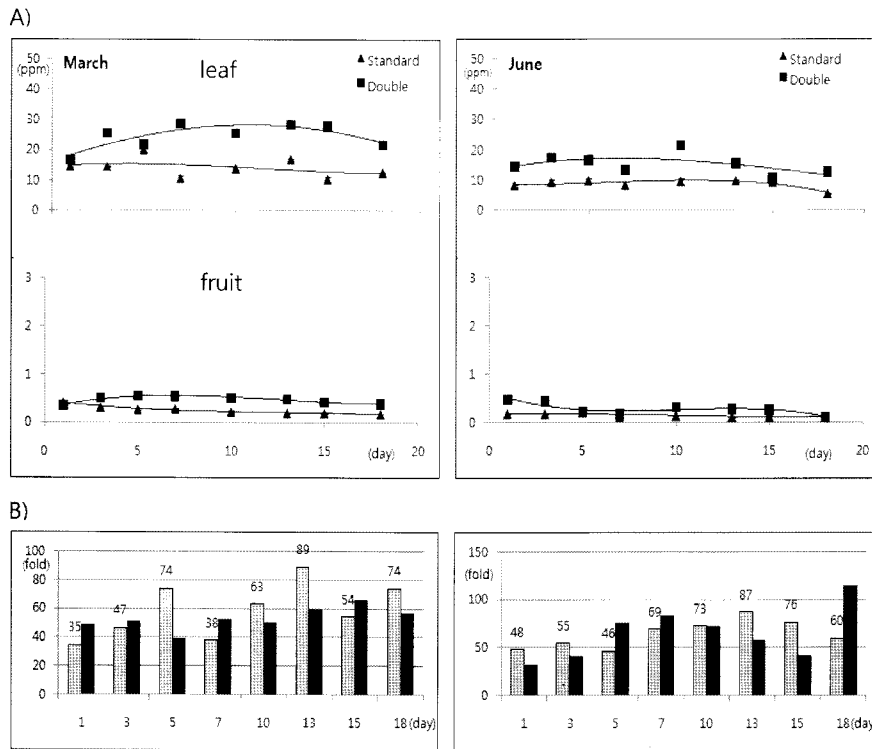


Fig. 6. Pyraclostrobin residue curve of single formulation product in paprika leaves and fruit during pre-harvest cultivation period. A) residues in leaves/fruits B) fold increase of pyraclostrobin residues in leaves compared to those of fruits.

였으며 6월 잎과 열매에서는 잔류비도 유사한 양상을 보여 주었다(Fig. 6). 단제의 경우 합제보다 최종살포 농도가 1.8 배 높지만 잎에서의 잔류는 단제의 경우 합제의 그것에 비해 약 1.4배 정도 높은 15 $\mu\text{g g}^{-1}$ 수준이었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원 파프리카 연구사업단의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Lee J.W. (2001) Present Condition of Paprika Cultivation and its prospects for Export. *Kor. Res. Soc. Protected Hort.* 14(2):36-41.

Ammermann, E., G. Lorenz, K. Schelberger, B. Mueller, R. Kirstgen, H. Sauter, G. Lorenz, K. Schelberger, B. Mueller, R. Kirstgen, H. Sauter (2000) BAS 500 F - the new broad-spectrum strobilurin fungicide, *Pests and Diseases*, pp. 541~ 548, Proceedings of the Brighton Crop Protection

Conference, United Kingdom.

Fisher N, AC. Brown, G. Sexton, A. Cook, J. Windass, B. Meunier (2004) Modeling the Qo site of crop pathogens in *Saccharomyces cerevisiae* cytochrome b. *Eur J Biochem.* 271(11):2264~71.

Karadimos D.A., G.S Karaoglanidis and K. Tzavella-Klonari (2005) Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin against *Cercospora beticola*, *Crop Protection.* 24(1):23~29.

Matheron M.E. and M. Porchas (2004), Activity of Boscalid, Fenhexamid, Fluazinam, Fludioxonil, and Vinclozolin on Growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and Development of Lettuce Drop, *Plant Dis.* 88(6):665~668.

Anastassiades M., S.J. Lehotay, D. Stajnbaher, F.J. Schenck (2003). fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce. *J. AOAC Int.* 86(2):412~431.

Lehotay S.J. (2007). Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: collaborative study. *J. AOAC Int.* 90(2):485~520.

QuEChERS (2009). A Mini-Multiresidue Method for the Analysis of Pesticide Residues in Low-fat Products. www.quechers.com

Laquas-Allue L, J. Sanz-Asensio, MT. Martinez-Soria (2010). Response surface optimization for determination of pesticide residues in grapes using MSPD and GC-MS: assessment of global uncertainty. *Anal Bioanal Chem.* 398(3):1509~23.

- Garau VL, S. De Melo Abreu, P. Cabon, A. Angioni, A. Alves, P. Cabras (2009). Residue-free wines: fate of some quinone outside inhibitor(QoI)fungicides in the winemaking process. *J. Agric Food Chem.* 57(6):2329~2333.
- Chen L, S. Zhang (2010). Dissipation and residues of boscalid in strawberries and soils. *Bull Environ Contam Toxicol.* 84(3):301~304.
- Gabriolotto C, M. Monchiero, M. Negre, D. Spadaro, ML. Gullino (2009). Effectiveness of control strategies against *Botrytis cinerea* in vineyard and evaluation of the residual fungicide concentrations. *J Environ Sci Health, part B.* 44(4):389~396.
- Spotts RA, KA. Seifert, KM. Wallis, D. Sugar, CL. Xiao, M. Serdani, JL. Henriquez (2009). Description of *Cryptosporiopsis kienholzii* and species profiles of *Neofabraea* in major pome fruit growing districts in the Pacific Northwest USA. *Mycological Research.* 113(Pt11):1301-1311.
- 농수산물무역정보 (2010), www.kati.net.
- 농촌진흥청 농업과학기술원 (2008) 일본 수출용 파프리카 안전사용 지침.
- 이종화, 박희원, 김영수, 권찬혁, 이영득, 김정한 (2008) 시설 내 오이 재배 중 살균제 Boscalid의 잔류특성, *한국농약과학회지*, (12)1:67-73.
- 한국작물보호협회 (2009) 농약사용지침서, pp. 125, 366.

파프리카 재배 중 살균제 boscalid와 pyraclostrobin의 사용시기에 따른 작물 부위별 생산단계 잔류특성

조규성 · 이소정 · 이동열 · 김영진 · 최원조¹ · 이제봉² · 강규영*

경상대학교 응용생명과학부(BK21 농생명산업 글로벌 인재육성 사업단) & 경상대학교 농업생명과학연구원,

¹식품의약품안전청 유해물질분석과, ²국립농업과학원 농산물안전성부

요약 본 연구는 최근 증가하고 있는 시설 내 수출 파프리카 재배에서 급증하는 외래해충과 병해충의 방제를 위해 사용되고 있는 농약의 안전사용과 잔류 저감을 위한 연구의 일환으로 실시했다. 침투성 살균제인 boscalid와 pyraclostrobin의 주성분 함량이 각각 47%와 18.8%인 단제와 두 약제의 주성분 농도가 13.6%와 6.8%가 혼합된 합제를 기준량 및 배량이 되게 살포하여 계절별(3월과 6월)로 수확 전 18일부터 1일전까지 생산단계 농약 잔류분석을 통해 생물학적 반감기를 구하고, 열매와 잎에서의 살포 후 농약의 분포 비를 구하였다. Boscalid와 pyraclostrobin의 3월과 6월 살포한 농약의 반감기는 정량 처리 시 합제에서 boscalid의 경우 5.0일과 17.3일, 단제 처리구에서는 19.8일과 16.3일로 나타났고, pyraclostrobin은 합제 처리구에서 13.9일과 13.1일 이었고, 단제 처리구에서는 14.4일과 20.1일 이었다. 6월 처리구는 3월에 비해서 전체적으로 잔류량 검출이 합제의 경우 다소 낮았지만 단제 처리구의 경우 3월의 반 정도로 낮게 검출되었다. 배량 처리구 간에서는 농약의 잔류는 두 농약 공통으로 안전사용기간 내 MRL을 초과하여 검출되는 경우가 많았고 특히 3월 처리구간이 6월에 비해 전 처리 기간 내 잔류량 감소가 거의 없거나, 더욱 높게 검출되었다. 열매와 잎에서의 농약의 분배 비율을 조사한 결과 두 농약이 적게는 20배에서 높게는 200배 정도 잎에서 생산단계 전 기간 동안 10-40 $\mu\text{g g}^{-1}$ 수준으로 유지되었다. 이 같이 합제는 주성분 함량과 최종살포 농도가 단제에 비해 낮으므로 열매에서의 잔류 저감을 도모할 수 있었고, 잎에서의 두 살균제의 잔류 수준과 지속기간이 병 발생을 억제할 수 있을 것으로 예상된다.

색인어 보스칼리드, 피라클로스트로빈, 생산단계 잔류, 파프리카, 계절별 변화