경상북도보건환경연구원보, 제33권 pp. 251~263(2020)
Journal of GBIHE, Vol. 33, pp. 251~263(2020)

생감 및 건조감의 잔류농약 분해 특성 평가

정윤정 · 최운석 · 김단비 · 박윤지 · 전예원 · 이나윤 · 김명주 · 전찬준

안동농수산물검사소

○ 생감수확 전 마지막 적정 농약 살포시 생감 및 건조감에 잔류농약 검출 현상 발생
○ 감의 잔류농약 분해 특성 파악으로 적정 농약 살포시기 기준 마련과 안전관리 기초자료 제공

1. 조사개요

○ 조사기간 : 2020년 9월 ~ 2021년 1월

○ 조사대상 : 상주감연구소 내의 상주둥시 37주 생감, 건조감 (곶감)
- 무처리 1주, 농약처리 36주 (4회 × 9주)

○ 살포농약 : 피라클로스트로빈 등 9종 농약성분

2. 조사방법

○ 시험방법 : 식품공전 7. 식품 중 잔류농약 분석법 7.1.2.2 다종농약 다성분 분석법

○ 분석장비 및 분석항목
- 기체크로마토그래프 질량분석기 (GC-MS/MS, Bruker US/SCION TQ)
  (에토펜프록스)
- 액체크로마토그래프 질량분석기 (LC-MS/MS, Waters, US/Xevo TQ-S micro)
  (피라클로스트로빈, 아족시스트로빈, 보스칼리드, 아바멕틴, 뷰프로페진, 이미다클로프리드, 클로란트리닐리프롤, 스피로테트라맷)

○ 건조감 제조 : 생감을 박피하여 자연건조 (60일) 후 열풍건조 (32℃, 14일)

3. 조사결과

표 1. 살포농약 및 살포시기

농약명	잔류허용기준 (mg/kg)	처리약제	상표	물20L당 사용약량	살포일(4회)	수확일
피라클로스트로빈	0.5	피라클로스트로빈 수화제 11%	프로키온	5 mL	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	10/28
아족시스트로빈	1.0	아족시스트로빈 액상수화제 21.7%	오티바	10 mL	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
보스칼리드	1.0	보스칼리드 입상수화제 49.3%	칸투스	10 g	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
에토펜프록스	1.0	에토펜프록스 수화제 10%	충스탑	20 g	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
아바멕틴	0.05	아바멕틴 유제 1.8%	메이팜	6.7 mL	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
뷰프로페진	0.5	뷰프로페진 수화제 20%	히로인	20 g	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
이미다클로프리드	0.5	이미다클로프리드 액상수화제 8%	코니도	10 mL	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
클로란트라닐리프롤	1.0	클로란트라닐리프롤 입상수화제 5%	알타코아	10 g	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	
스피로테트라맷	0.5	스피로테트라맷 액상수화제 22%	모벤토	10 mL	9/5, 9/15, 9/25, 10/5	

표 2. 생감 부위 및 살포 시기별 농약 잔류량 변화

농약명	부위	살포 시기별 농도[결과값 (표기값)] (mg/kg)				
		무처리	10/5 (23일 경과)	9/25 (33일 경과)	9/15 (43일 경과)	9/5 (53일 경과)
피라클로스트로빈 (≒27.5 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0787 (0.1)	0.0377 (0.0)	0.0135 (0.0)	0.0108 (0.0)
	꼭지	0.0000	2.0332 (2.0)	0.8937 (0.9)	0.8006 (0.8)	0.0980 (0.1)
아족시스트로빈 (≒108.5 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0922 (0.1)	0.1977 (0.2)	0.0945 (0.1)	0.0260 (0.0)
	꼭지	0.0000	1.0772 (1.1)	0.4389 (0.4)	0.2432 (0.2)	0.0623 (0.1)
보스칼리드 (≒246.5 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.4470 (0.4)	0.3835 (0.4)	0.1675 (0.2)	0.0522 (0.1)
	꼭지	0.0000	7.4044 (7.4)	4.7542 (4.8)	0.6017 (0.6)	0.3784 (0.4)
에토펜프록스 (≒100 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0095 (0.0)	0.0059 (0.0)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.9138 (0.9)	0.2302 (0.2)	0.1910 (0.2)	0.1168 (0.1)
아바멕틴 (≒6 mg/L), MRL 0.05	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)

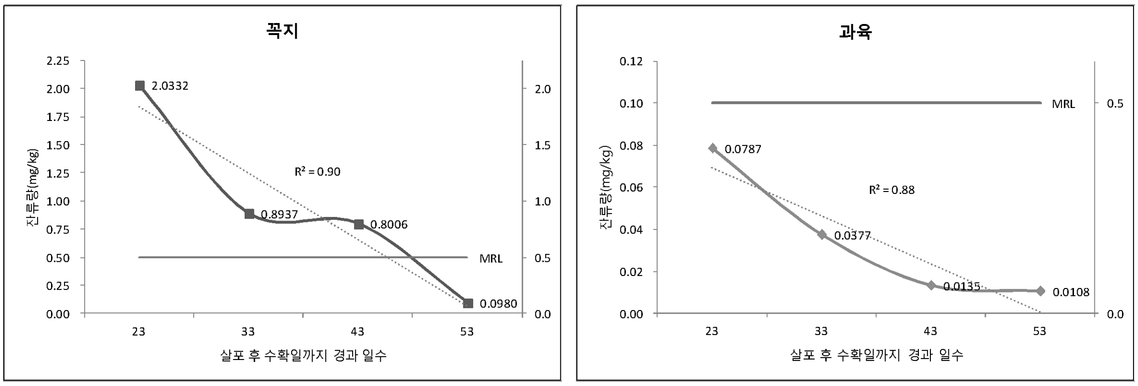
농약명	부위	살포 시기별 농도[결과값 (표기값)] (mg/kg)				
		무처리	10/5 (23일 경과)	9/25 (33일 경과)	9/15 (43일 경과)	9/5 (53일 경과)
뷰프로페진 (≒200 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0016 (0.0)	0.0012 (0.0)	0.0012 (0.0)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0664 (0.1)	0.0768 (0.1)	0.0189 (0.0)	0.0010 (0.0)
이미다클로프리드 (≒40 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.1117 (0.1)	0.0520 (0.1)	0.0461 (0.0)	0.0012 (0.0)
	꼭지	0.0000	0.3853 (0.4)	0.0280 (0.0)	0.0825 (0.1)	0.0029 (0.0)
클로란트라닐리프롤 (≒25 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0067 (0.0)	0.0147 (0.0)	0.0251 (0.0)	0.0016 (0.0)
	꼭지	0.0000	0.2860 (0.3)	0.0299 (0.0)	0.3076 (0.3)	0.0090 (0.0)
스피로테트라맷 (≒110 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.3396 (0.3)	0.0064 (0.0)	0.0443 (0.0)	0.0028 (0.0)
	꼭지	0.0000	0.2340 (0.2)	0.0925 (0.1)	0.0366 (0.0)	0.0069 (0.0)

표 3. 건조감 부위 및 살포 시기별 농약 잔류량 변화

농약명	부위	살포 시기별 농도[결과값 (표기값)] (mg/kg)				
		무처리	10/5 (23일 경과)	9/25 (33일 경과)	9/15 (43일 경과)	9/5 (53일 경과)
피라클로스트로빈 (≒27.5 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0003 (0.0)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0932 (0.1)	0.0980 (0.1)	0.0189 (0.0)	0.0180 (0.0)
아족시스트로빈 (≒108.5 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0002 (0.0)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0280 (0.0)	0.0232 (0.0)	0.0233 (0.0)	0.0011 (0.0)
보스칼리드 (≒246.5 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0085 (0.0)	0.0019 (0.0)	0.0014 (0.0)	0.0002 (0.0)
	꼭지	0.0000	0.3823 (0.4)	0.3751 (0.4)	0.2649 (0.3)	0.0577 (0.1)
에토펜프록스 (≒100 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0933 (0.1)	0.0421 (0.0)	0.0269 (0.0)	0.0248 (0.0)
아바멕틴 (≒6 mg/L), MRL 0.05	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
뷰프로페진 (≒200 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0010 (0.0)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0120 (0.0)	0.0490 (0.0)	0.0161 (0.0)	0.0043 (0.0)
이미다클로프리드 (≒40 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0010 (0.0)	0.0007 (0.0)	0.0002 (0.0)	0.0002 (0.0)
클로란트라닐리프롤 (≒25 mg/L), MRL 1.0	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0001 (0.0)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0052 (0.0)	0.0068 (0.0)	0.0049 (0.0)	0.0014 (0.0)
스피로테트라맷 (≒110 mg/L), MRL 0.5	과육	0.0000	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)	0.0000 (N/D)
	꼭지	0.0000	0.0082 (0.0)	0.0035 (0.0)	0.0031 (0.0)	0.0000 (N/D)

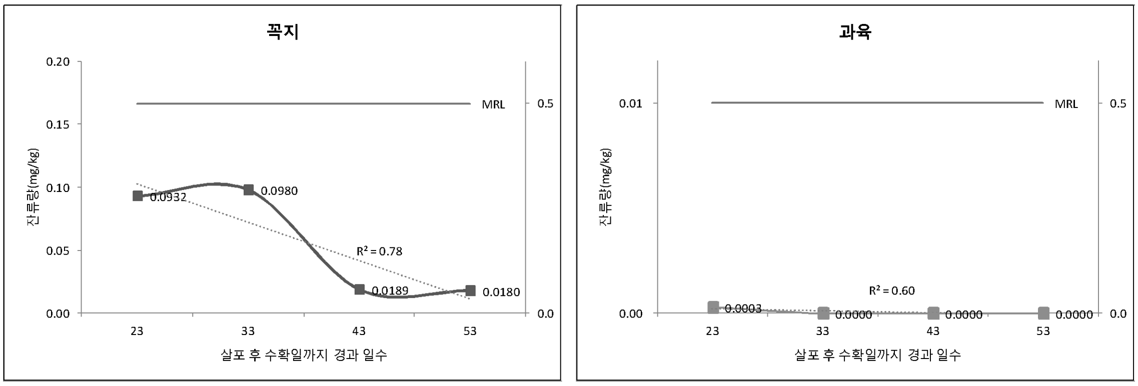
○ 감 부위 및 살포 시기별 농약잔류량 (결과값) 변화

– 생감



- 꼭지부분 : 43 ~ 53일 사이부터 MRL (Maximum Residue Limit) (0.5 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하

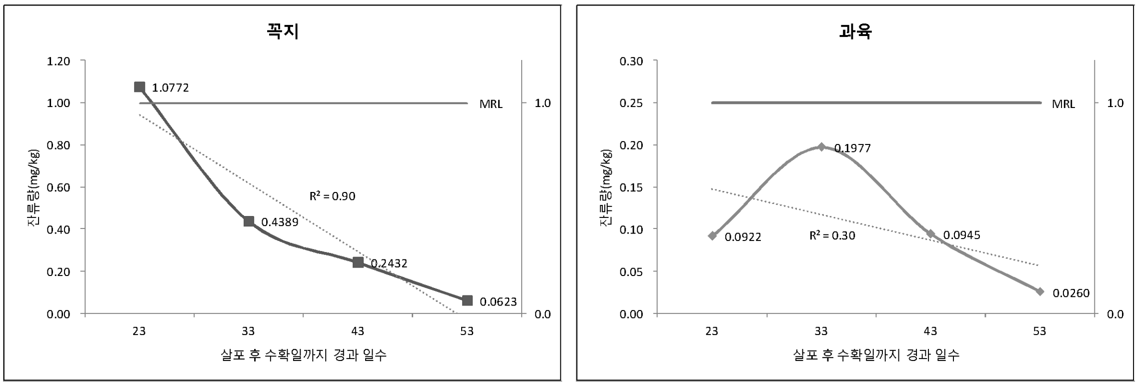
– 건조감



- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하, 33일부터 불검출

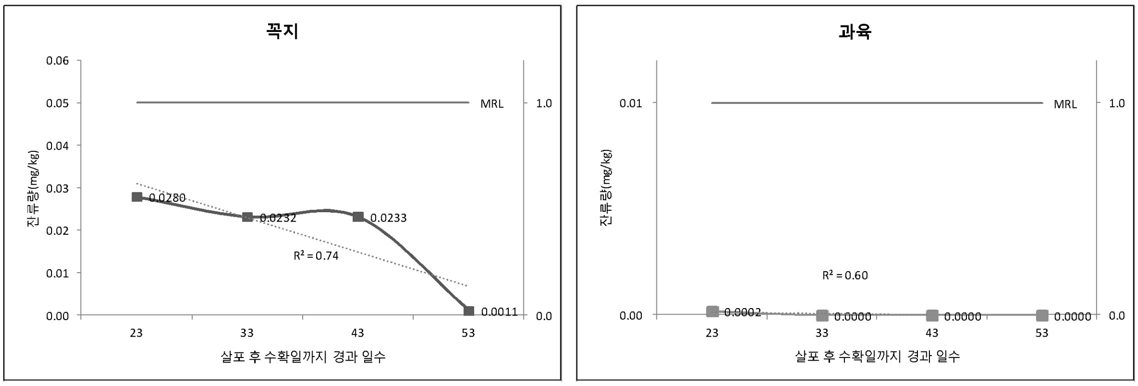
그림 1. 피라클로스트로빈

– 생감



• 꼭지부분 : 33일 이후 MRL (1.0 mg/kg) 이하
• 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하

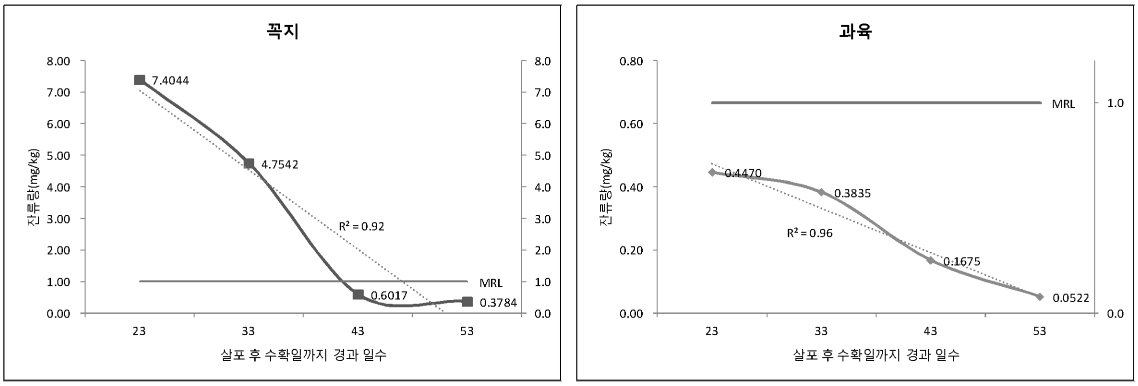
– 건조감



• 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
• 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하, 33일부터 불검출

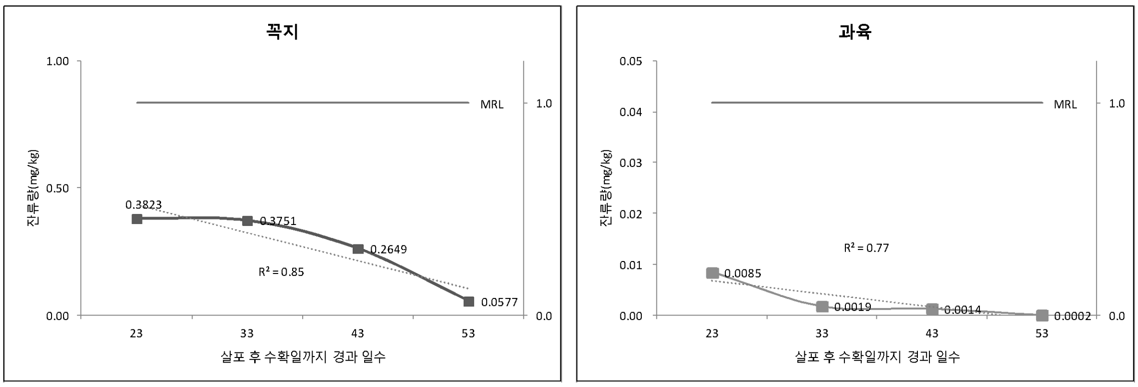
그림 2. 아족시스트로빈

– 생감



- 꼭지부분 : 43일 이후 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하

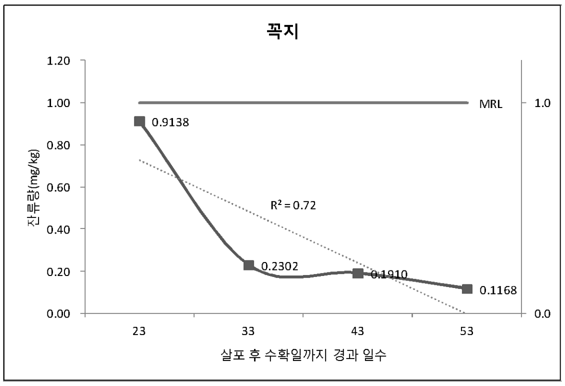
– 건조감

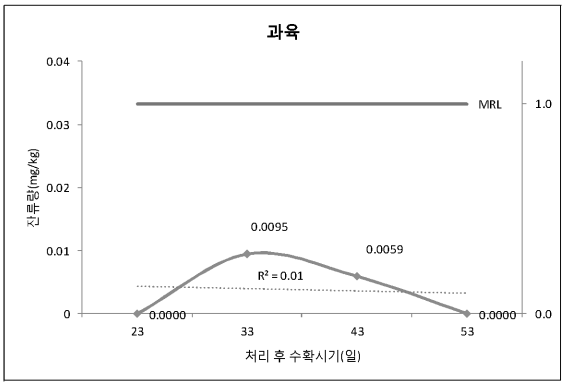


- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하, 53일부터 불검출

그림 3. 보스칼리드

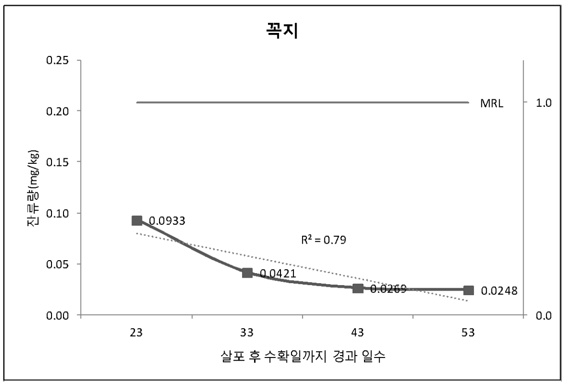
– 생감

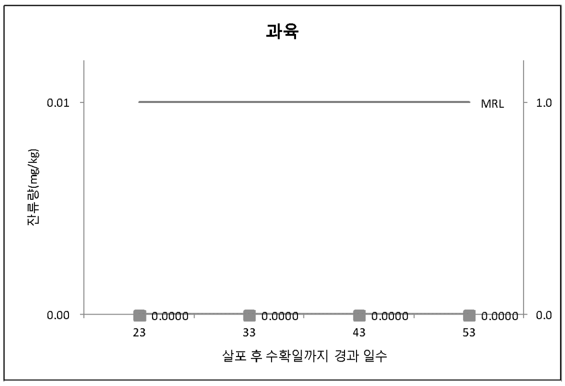




- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하, 23일, 53일 불검출

– 건조감

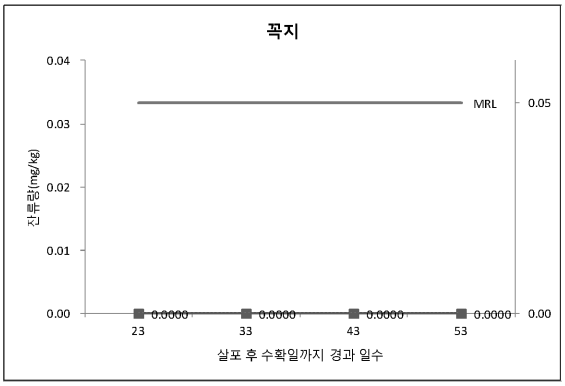


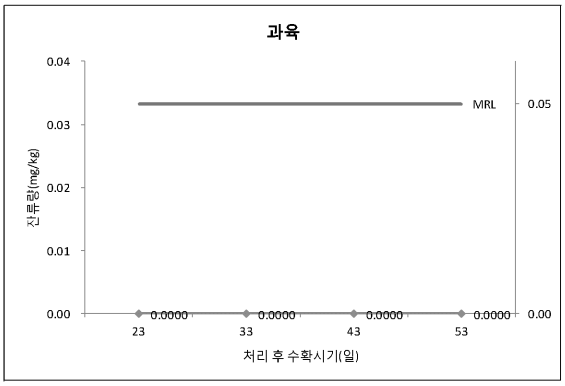


- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 불검출

그림 4. 에토펜프록스

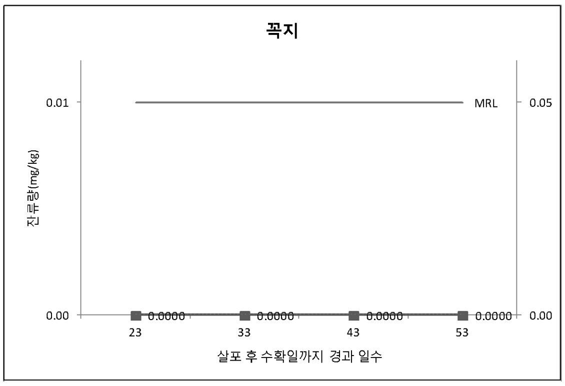
- 생감

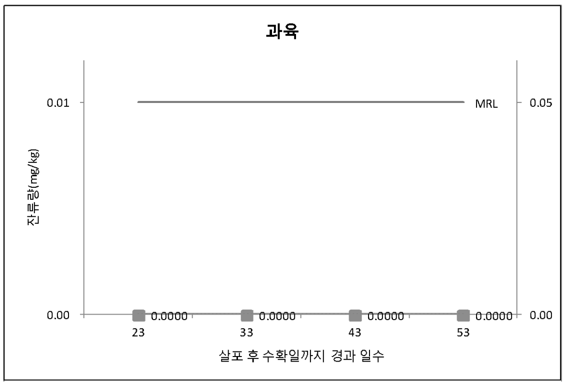




• 꼭지부분 : 23일부터 불검출
• 과육부분 : 23일부터 불검출

- 건조감

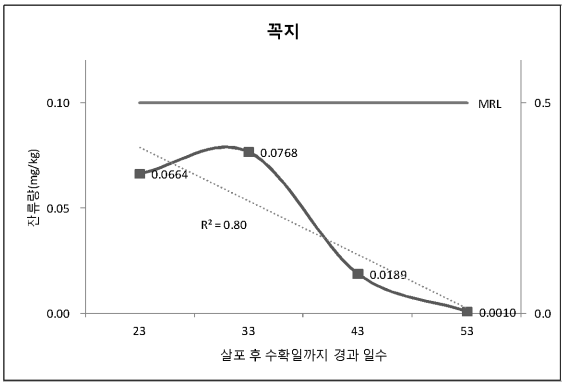


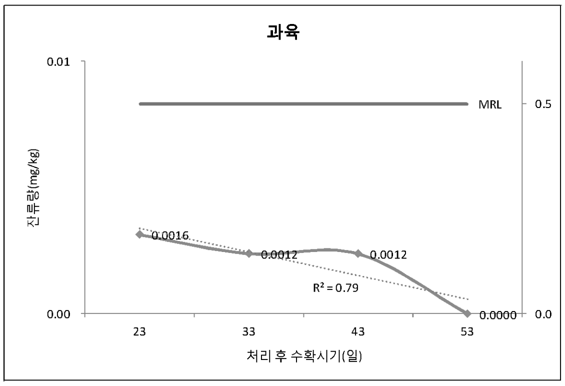


• 꼭지부분 : 23일부터 불검출
• 과육부분 : 23일부터 불검출

그림 5. 아바멕틴

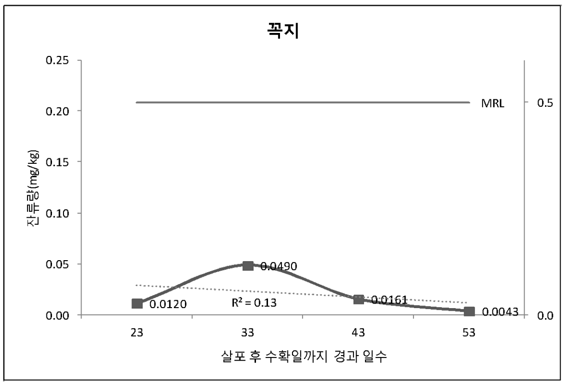
– 생감

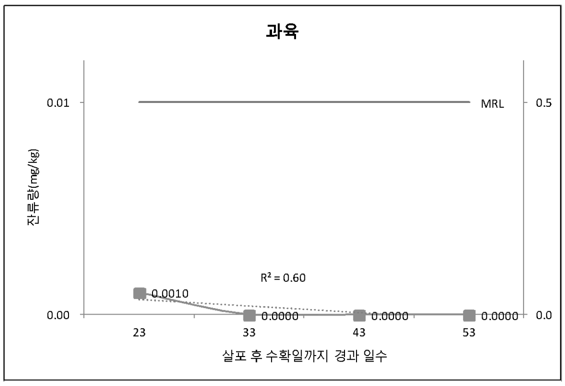




- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하, 53일부터 불검출

– 건조감

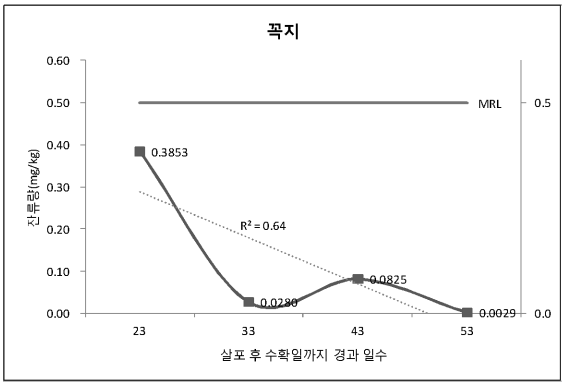


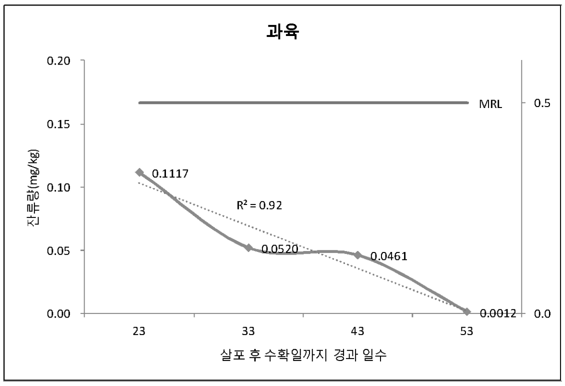


- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하, 33일부터 불검출

그림 6. 뷰프로페진

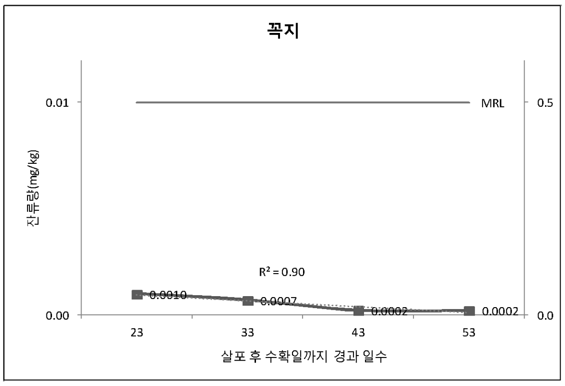
– 생감

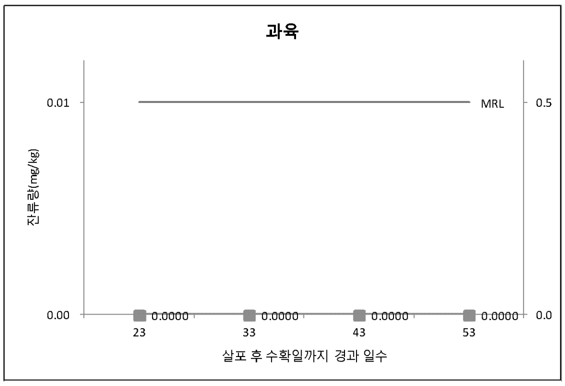




• 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하
• 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하

– 건조감

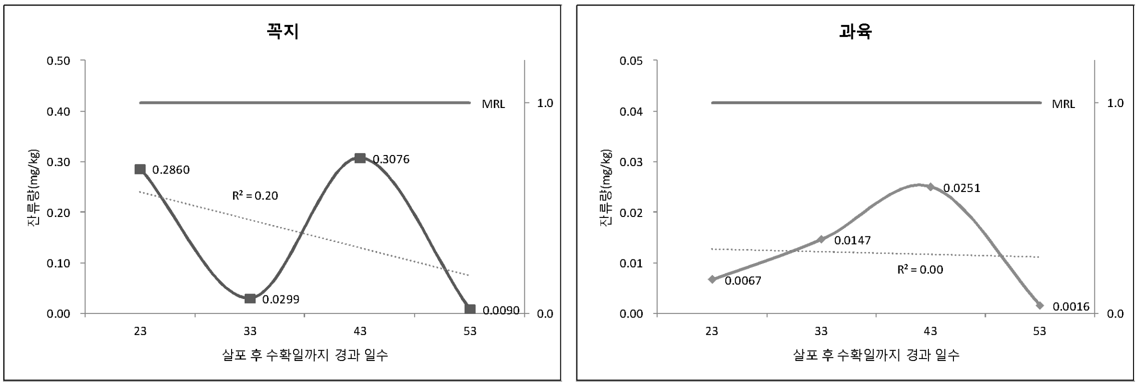




• 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하, 43일부터 불검출
• 과육부분 : 23일부터 불검출

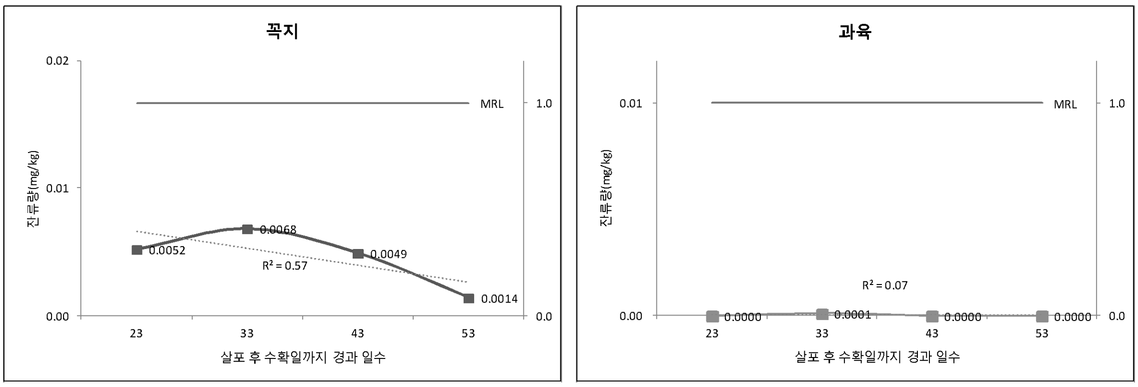
그림 7. 이미다클로프리드

– 생감



- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하

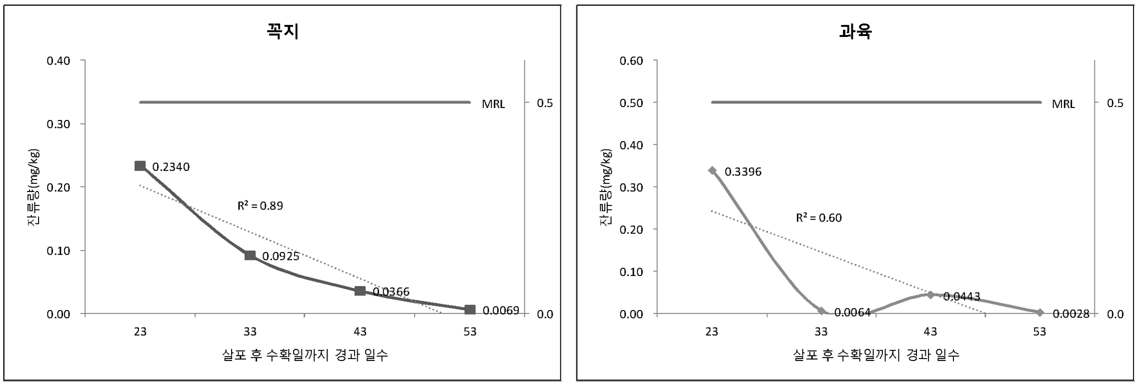
– 건조감



- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (1.0 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 불검출

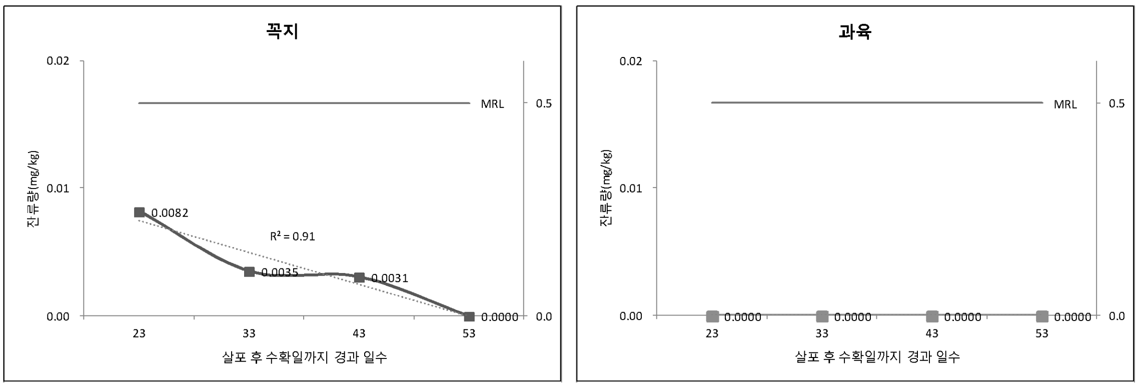
그림 8. 클로란트라닐리프롤

- 생감



- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하
- 과육부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하

- 건조감



- 꼭지부분 : 23일부터 MRL (0.5 mg/kg) 이하, 53일부터 불검출
- 과육부분 : 23일부터 불검출

그림 9. 스피로테트라맷

○ 생감의 잔류농약 분해 특성

- 생감 꼭지 부분의 잔류량은 처리 후 시간이 지날수록 전반적으로 감소(R^2=0.64 이상)하는 경향으로 나타났지만, 클로란트라닐리프롤 항목은 33일 경과일보다 43일 경과 후의 농도가 높게 나타났고, 감소 상관성 또한 0.20으로 낮게 나타났다(그림 8).
- 생감 꼭지 부분에서는 피라클로스트로빈(43일 이전), 아족시스트로빈(23일 이전), 보스칼리드(33일 이전)를 제외한 나머지 6종은 MRL 이하의 농도로 나타났으며(그림 1~3), 아바멕틴은 23일부터 잔류농약이 검출되지 않았다(그림 5).
- 생감 과육 부분의 잔류량도 처리 후 시간이 지날수록 감소(R^2=0.60 이상)하는 경향으로 나타났지만, 아족시스트로빈(0.30)은 33일 경과 후가 높게 나타나 낮은 감소 상관성을 보였으며, 에토펜프록스(0.01)는 33일 경과 후가 조금 높았으나 농도는 전반적으로 불검출 수준의 미량으로 조사되었다. 클로란트라닐리프롤(0.00)은 43일 경과 후가 조금 높게 나타나 감소 상관성은 낮게 나타났다(그림 2, 4, 8).
- 생감 과육 부분에서는 23일부터 모든 농약 성분이 MRL이하의 농도로 나타났으며, 에토펜프록스 53일, 아바멕틴은 23일, 뷰프로페진은 53일 이후 잔류농약이 검출되지 않았다.

○ 건조감의 잔류농약 분해 특성

- 건조감 꼭지 부분의 잔류량은 처리 후 시간이 지날수록 전반적으로 감소(R^2=0.74 이상)하는 경향으로 나타났지만 클로란트라닐리프롤(0.57), 뷰프로페진(0.13) 항목은 23일 경과일보다 33일 경과 후 농도가 높게 나타났고, 중 · 하 정도의 감소 상관성을 보였다(그림 6, 8).
- 건조감 꼭지 부분에서는 23일부터 모든 농약 성분이 MRL이하의 농도로 나타났으며, 아바멕틴 23일, 이미다클로프리드 43일, 스피로테트라맷 53일 이후 잔류농약이 검출되지 않았다(그림 5, 7, 9).
- 건조감 과육 부분의 잔류량도 처리 후 시간이 지날수록 감소(R^2=0.60 이상)하는 경향으로 나타났지만, 클로란트라닐리프롤(0.07)은 33일 경과 후가 조금 높았으나, 농도는 전반적으로 불검출 수준의 미량으로 조사되었다(그림 8).
- 건조감 과육 부분에서는 에토펜프록스, 아바멕틴, 이미다클로프리드, 스피로테트라맷은 23일, 피라클로스트로빈, 아족시스트로빈, 뷰프로페진은 33일부터, 클로란트라닐리프롤은 43일, 보스칼리드는 53일 이후 잔류농약이 검출되지 않았다.

4. 결과조치 및 활용방안

○ 생감 과육 부분에서는 수확 23일 이전 살포 농약 9종 모두 MRL이하 농도이므로 9종 농약의 적정 살포 시기는 수확 전 23일까지 살포할 수 있다.

○ 생감 및 건조감 과육의 잔류량에 비해 꼭지 부위의 농약 잔류성이 높게 나타나므로 소비자에게 섭취 시 꼭지 부위 제거와 가식부에 대한 정확한 정보를 제공하여야 할 것이다.