

시중 유통 농산물 중 농약잔류실태(2008)

농산물 검사팀

김경식 · 유영아 · 황광호 · 최채만 · 조성애 · 이은순 · 엄정훈
이춘영 · 김은희 · 한성희 · 최은정 · 김정현 · 신기영 · 박석기

Current State on Pesticide Residues in Agricultural Products from Wholesale Markets in Seoul(2008)

Agricultural Products Inspection Team

**Kyung-sik Kim, Young-a Yu, Kwang-ho Hwang, Chae-man Choi,
Sung-ae Jo, Eun-seon Lee, Jung-hoon Uhm, Chun-yeong Lee,
Eun-hee Kim, Sung-hee Han, Eun-jung Choi, Jung-hun Kim,
Ki-young Shin and Seog-gee Park**

Abstract

We collected agricultural products from Garak market and other wholesale markets in Gangnam area. We tested for 260 pesticides using a multiresidue method to evaluate the current trend of pesticide residues in agricultural products. Of 7,621 samples, 7.4% contained pesticide residues, but only 2.2% were unsuitable based on the Korean Food Code. The agricultural products which exceeded their maximum residue limits were gyeojachaes, perilla leaves, Korean lettuces, chards, and spinach. Additionally, the most frequently detected pesticide that exceeded the regulation maximum was procymidone, followed by endosulfan, paclobutrazole, chlorpyrifos, azoxystrobin, diniconazole, diazinon, fludioxonil, and pencyuron.

Key words : agricultural products, multiresidue method, pesticide residues

서 론

WTO 체제하에서 우리 농산물시장도 국경없는
무한경쟁 체제에 직면하면서 안전성이 확보된 농

산물의 생산이 무엇보다도 중요시되고 있다. 농산
물의 안전성 검사는 보이지 않는 강력한 무역 장
벽의 하나로 활용되기도 한다. 주로 미국, 일본 등
선진국에서 오래 전부터 이 제도를 활용하여 자국

내 농산물에 대하여 철저한 안전성 검사를 병행함으로써 수입 농산물과의 차별화를 통하여 자국 농민을 보호하는 수단으로 이용해 왔다.

이러한 가운데 잔류농약은 농산물의 안전성을 확보하는 핵심적인 요구사항이기도 하다. 농약은 노동력을 획기적으로 감소시키며, 품질향상과 수확시기를 조절케하여 먹을거리의 안정적 공급을 위한 필수농자재의 역할을 하고 있지만, 수확된 농산물에 잔류되어 의도하지 않은 위해를 일으킬 수 있어 안전성을 확보하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

우리나라는 잔류농약 안전성관리를 위해 3단계의 제도적 안전장치를 마련하여 관리하고 있다. 1단계는 「농약관리법」(1)에 따라 인축독성, 생태독성, 잔류성, 약효, 약해, 이화학성 등의 평가를 거쳐 안전성이 확인된 농약을 등록하고, 2단계에서 「농산물품질관리법」(2)에 의하여 출하 전단계 농산물의 안전성 검사를 실시하여 잔류허용기준을 초과한 농산물에 대해서는 출하연기, 용도전환 및 폐기 등의 조치를 취하고, 마지막 3단계에서는 「식품위생법」(3)에 따라 농산물에 대한 잔류농약 허용기준을 설정하여 판매를 목적으로 하는 유통 농산물에 대하여 안전성을 관리하고 있다.

농약별 농산물별 잔류허용기준은 농산물의 섭취량과 농약의 일일섭취허용량인 ADI(Acceptable Dietary Intake)를 기초로 설정하는데(4), 우리나라는 1988년 17종의 농약에 대해 잔류허용기준을 마련한 이래 총 25차례에 걸쳐 신설 및 개정하여 2008년 12월 현재 418종의 농약에 대해 잔류허용기준이 설정되어 있다(5).

농약 분석법은 1990년대 이후 분석 장비의 급격한 발달로 인하여 잔류농약의 검출한계가 낮아지면서 농약 단성분 분석법만 아니라 동시 다성분 분석법의 혁신적 개선을 이루어왔다.

농산물의 경우 저장성, 신선도 등의 문제로 단시간 내에 소비되는 특성을 가지고 있어 잔류허용기준을 초과한 농산물의 유통을 조기에 차단하기 위하여 신속한 분석을 요하므로 최근에는 잔류농약 검사법으로 많은 농약을 짧은 시간에 분석하는 스크리닝 방법이 주로 이용되고 있다(6~8). 다만 신속성뿐만 아니라 정확성도 반드시 갖추어야하므

로 농약 성분을 확인하기 위하여 질량분석기에 의한 분석을 병행하고 있다.

본 연구는 2008년 시중에 유통 중인 농산물에 대하여 동시 다성분 분석이 가능한 260종의 농약을 대상으로 잔류농약검사를 실시한 결과를 보고하여 농산물의 안전성 확보를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 및 분석농약

2008년 1월부터 12월까지 가락시장 및 강남지역 대형 판매점에서 유통되고 있는 채소류 5,954건, 과실류 555건, 버섯류 164건, 두채류 194건, 차 62건, 건조농산물 218건, 곡류 70건, 서류 63건, 콩 15건, 견과류 73건, 그리고 기타농산물 253건에 대하여 잔류농약을 분석하였다. 분석한 농약은 살충제 126성분, 살균제 77성분, 제초제 54성분, 생장조절제 3성분 등 260성분을 대상으로 하여 조사하였다.

2. 시약 및 기구

농약 표준품은 Riedel-de Haen사(Germany), Chem Service(USA), Dr. Ethrenstorfer GmbH(Germany) 그리고 Wako사(Japan) 등의 제품을 사용하였으며, 일반시약은 잔류농약분석용 및 HPLC(high performance liquid chromatography) 용을 사용하였다. 잔류농약 검출 및 정량시험에는 GC(gas chromatography, Agilent 6890), HPLC(Agilent 및 Waters)를 사용하였으며, 검출된 농약의 성분 확인에는 GC/MSD(Agilent 5975i, Thermo Polaris Q), LC/MSD(Agilent 6130)를 사용하였다.

3. 실험방법

실험방법 및 분석조건은 전보(9)와 같이 식품공전 중 잔류농약시험법의 동시 다성분 분석법으로 시료 전처리하여 GC-ECD, GC-NPD, GC-MSD, HPLC-FLD, HPLC-DAD, HPLC-MSD를 이용하여 농약을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 채취농산물 및 농약 검출현황

분석대상 농산물 7,621건을 대별하면 채소류가 가장 많은 5,954건으로 전체의 78.1%이었고 다음으로 과일류 7.3%, 건조농산물 2.9%, 두채류 2.5%, 버섯류 2.2%, 견과류 1.0%, 곡류 0.9%, 서류 0.8%, 다류 0.8%, 콩류 0.2%, 기타 3.3% 등의 순이었다.

이들에 대한 잔류농약 분석결과는 표1과 표2와 같다. 농산물 7,621건 중 92.6%인 7,060건에서 농약이 검출되지 않았으며, 561건의 농산물에서 잔류농약이 검출되어 7.4%의 검출율을 나타내었는데, 이는 그림 1에서 보듯이 2007년 10.2%(9), 2006년의 검출율 11.6%(10)와 비교하면 점점 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 분류별로 살펴보면 건조농산물이 15.6%, 채소류 8.5%, 과일류 3.4%이었으며, 두채류, 버섯류, 견과류, 곡류, 서류, 다류, 콩류에서는 잔류농약이 검출되지 않았다.

개별 농산물에서 10번 이상 검출된 경우를 보면 깻잎 113건, 상추 42건, 겨자채 42건, 근대 31건,

고춧가루 31건, 배추 28건, 시금치 26건, 고추 21건, 참나물 20건, 아욱 16건, 돌나물 15건, 부추 15건, 치커리 15건, 감귤 11건, 청경채 11건에서 농약이 검출되었다.

농산물 중 채소류에서 검출율이 10%를 초과하는 경우는 고추잎 100%, 뉴그린 37.5%, 겨자채 22.8%, 감귤, 21.6%, 돌나물 20.8%, 취나물 20.7%, 부추 20.0%, 다청채 20.0%, 깻잎 17.6%, 근대 16.1%, 갓 15.8%, 고추 14.5%, 케일 12.0%, 셀러리 11.5%, 참나물 11.4%, 당귀잎 11.4%, 시금치 11.3%, 쌈배추 10.3%의 순이었다. 높은 검출율을 보인 농산물은 검사건수가 10건 미만으로 고추잎, 뉴그린, 다청채 등과 같이 지금까지 소비량이 적고 검사량이 많지 않았던 농산물에 대해서도 검사물량을 늘려가야 할 것으로 생각된다. 건조농산물에서는 건조고추잎 33.3%, 건취나물 25.0%, 고춧가루 21.4%, 건고추 9.1%의 높은 검출율을 보여 꾸준한 관심을 갖고 지속적으로 안전성 검사가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 과일류에서는 감귤 21.6%, 바나나 7.1%, 사과 3.4%의 검출율을 나타냈다.

Table 1. Analytical results of pesticide residues in agricultural products

| Type | Group | No. of sample | No. of sample detected | No. of sample violated |
|-----------------------------|---------------------------|---------------|------------------------|------------------------|
| Cereal grains | | 70 | | |
| Potatoes | | 63 | | |
| Beans | | 15 | | |
| Nuts and Seeds | | 73 | | |
| Fruits | | 555 | 19 | - |
| Vegetables | | 5,954 | 508 | 166 |
| | Leafy vegetables | 4,552 | 433 | 152 |
| | Stalk and stem vegetables | 514 | 41 | 13 |
| | Root and tuber vegetables | 316 | 1 | |
| | Fruiting vegetables | 572 | 33 | 1 |
| Mushrooms | | 164 | | |
| Tea leaves | | 62 | | |
| Bean vegetables | | 194 | | |
| Dried agricultural products | | 218 | 34 | 4 |
| Others | | 253 | | |
| Total | | 7,621 | 561 | 170 |

Table 2. Number of pesticides detected or violated in agricultural products

| Type | Commodity | No. of sample | No. of detection | | No. of violation | |
|-----------------------------|---------------------|---------------|------------------|--------|------------------|--------|
| | | | pesticide | sample | pesticide | sample |
| Fruits | Mandarin | 51 | 15 | 11 | | |
| | Banana | 70 | 5 | 5 | | |
| | Apple | 88 | 4 | 3 | | |
| | Others | 346 | - | - | | |
| | Subtotal | 209 | 24 | 19 | | |
| Vegetables | Perilla leaves | 642 | 162 | 113 | 24 | 21 |
| | Korean Lettuce | 520 | 46 | 42 | 15 | 15 |
| | Chard | 192 | 37 | 31 | 16 | 13 |
| | Spinach | 231 | 35 | 26 | 15 | 12 |
| | Sedum | 72 | 17 | 15 | 7 | 7 |
| | Korean cabbage | 443 | 30 | 28 | 5 | 5 |
| | Gyeojachae | 184 | 56 | 42 | 35 | 28 |
| | Chamnamul | 175 | 24 | 20 | 15 | 15 |
| | Crown daisy | 161 | 10 | 9 | 2 | 1 |
| | Leek | 75 | 17 | 15 | 3 | 3 |
| | Kale | 50 | 6 | 6 | 2 | 2 |
| | Chicory | 210 | 15 | 15 | 6 | 6 |
| | Welsh onion | 123 | 5 | 4 | 1 | 1 |
| | Marsh mallow | 181 | 17 | 16 | 6 | 6 |
| | Mustard leaf | 19 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| | Celery | 26 | 5 | 3 | 3 | 2 |
| | Young radish | 237 | 9 | 8 | 1 | 1 |
| | Amaranth | 50 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| | Romaine | 92 | 9 | 8 | 1 | 1 |
| | Water dropwort | 80 | 1 | 1 | - | - |
| | Ssambaechu | 68 | 8 | 7 | 3 | 2 |
| | Green pepper | 145 | 23 | 21 | 1 | 1 |
| | Pepper leaf | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| | Shinsuncho | 33 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| | Chwinamul | 29 | 6 | 6 | 2 | 2 |
| | Radish | 78 | 1 | 1 | - | - |
| | Danggi leaf | 70 | 9 | 8 | 5 | 4 |
| | New green | 8 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | Lolla rossa | 20 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | Chongkyoungchae | 214 | 12 | 11 | 2 | 2 |
| | Vitamin | 105 | 9 | 8 | 1 | 1 |
| Dachungchae | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Others | 1,414 | 31 | 28 | 5 | 4 | |
| Subtotal | 4,749 | 620 | 508 | 189 | 166 | |
| Dried agricultural products | Red pepper powder | 145 | 45 | 31 | 1 | 1 |
| | Dried pepper | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Dried pepper leaves | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Dried chwinamul | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Others | 55 | - | - | - | - |
| Subtotal | 218 | 48 | 34 | 4 | 4 | |

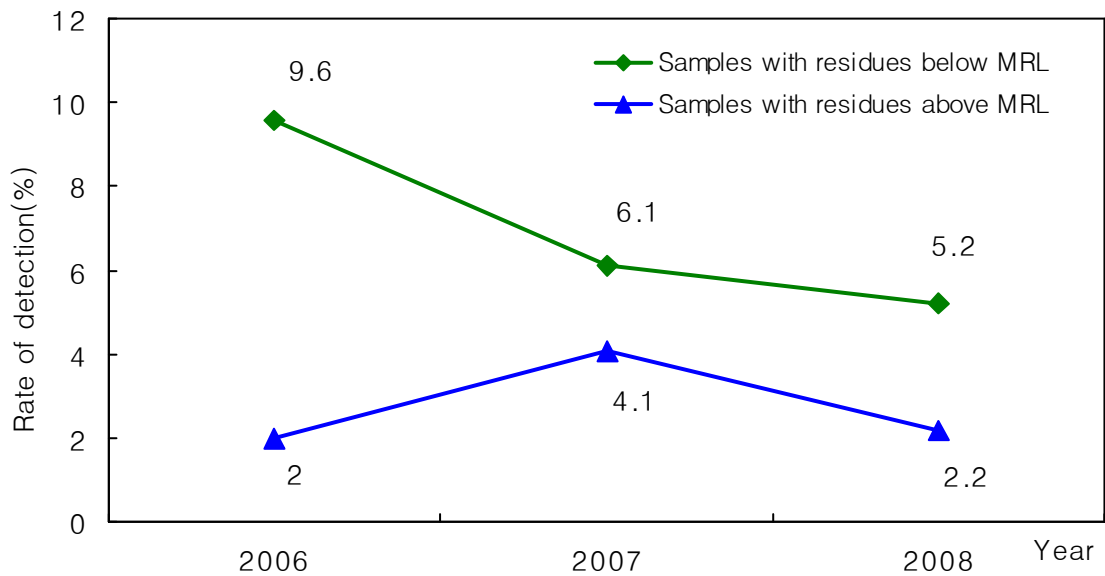


Fig. 1. Monitoring results from 2006 to 2008.

농약이 검출된 561건 중 170건에서 농산물별 잔류허용기준을 초과하는 양의 농약이 검출되어 부적합율은 2.2%였다. 전체 농산물 부적합 2.2%는 미국 1.6%(11), EU 2.8%(12)와 유사한 수준이었다. 이 수치가 절대적인 것을 의미하는 것이라기보다는 그 나라의 대략적인 수준을 보여준다고 생각된다. 그 이유는 나라마다 재배환경이 다르기 때문에 같은 농작물일지라도 발생하는 병해충과 방제에 사용되는 농약의 종류가 다르고 또한 국민의 식습관도 다르기 때문에 규제 농약과 허용기준이 상이하기 때문이다.

부적합 판정을 받은 농산물 170건 중 채소류가 166건이었고 건조농산물이 4건이었다. 개별농산물별로 보면 겨자채 28건, 깻잎 21건, 상추 15건, 참나물 15건, 근대 13건, 시금치 12건, 돌나물 7건, 그리고 아욱, 치커리잎에서 각각 6건씩이 허용기준을 초과하여 농약이 검출되었다. 부적합이 5%를 초과한 농산물은 고추잎 50.0%, 건고추잎 33.3%, 뉴그린 25.0%, 건취나물 25.0%, 다청채 20.0%, 겨자채 15.2%, 갓 10.5%, 돌나물 9.7%, 신선초 9.1%, 건고추 9.1%, 참나물 8.6%, 셀러리 7.7%, 취나물 6.9%, 근대 6.8%, 당귀잎 5.7%, 시금치 5.2%, 롤라로사 5.0%의 순이었다.

농약 잔류허용기준을 초과한 농산물의 대부분이 채소류인 이유는 중량당 단위 표면적이 커서 농약의 부착이 용이하고, 시설재배로 인하여 강우에 의한 소실, 햇빛에 의한 광분해 및 바람에 의한 휘산 등으로 인한 잔류농약의 소실이 감소하기 때문으로 보인다. 높은 부적합을 나타낸 농산물은 고추잎, 건고추잎, 뉴그린, 건취나물, 다청채로서 검사건수가 모두 10건 미만이었다. 전통적으로 부적합 비중이 높았던 깻잎, 상추, 쑥갓 3종의 농산물이 전체 부적합 농산물 중에서 차지하는 비중은 2006년 35.3%, 2007년 26.4%, 2008년 24.1%로서 점차 감소하고 있는 것으로 나타났으나, 3종 농산물의 부적합을 보면 2006년 2.8%, 2007년 5.3%, 2008년 3.1%로서 부적합은 줄어들지 않아 이들에 대한 지속적인 안전 관리가 필요한 것으로 생각된다. 한편 과거보다 훨씬 다양한 농산물이 소비되고 있는 웰빙시대를 맞아 잔류허용기준을 초과한 농산물의 종류도 2006년 28품목, 2007년 33품목, 2008년 38품목으로 다양화되고 있다. 2007년에 1건의 부적합이 없었던 농산물인 당귀잎, 갓, 청경채, 머우잎, 모시대에서 2008년에 각각 4건, 2건, 2건, 1건, 1건씩 부적합하였다. 따라서 앞으로 수거품목을 다양화하고 최근 부적합이

높은 채소류에 대하여 집중적으로 관리하여야 할 것으로 생각된다. 또한 건조농산물의 부적율은 1.8%로서 수확 후 일정기간 저장 및 가공된 농산물에서도 농약이 잔류허용기준을 초과하고 있어 건조농산물에 대한 지속적인 안전관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2. 농약별 분포 현황

각 농약별 부적합횟수와 검출회수를 표 3에 나타내었으며, 그림 2에 전체 농약검출건수에 대해 각 농약별 검출건수가 차지하는 비율을 표시하였다. 검출된 농약을 살펴보면 전체 260종의 농약 중 61종의 농약이 검출되었으며 검출빈도가 가장 높은 농약은 프로시미돈으로서 93회 검출되었고 다음으로는 엔도설판 87회, 클로르헥나피르가 52회, 아족시스트로빈 43회, 싸이퍼메스린 42회 검출되었다. 이어 파클로부트라졸 29회, 클로르피리포스 27회, 디메토모르프 26회, 디메토펜카브 23회, 다이아지논 23회 검출되었다. 이들 중 프로시미돈과 엔도설판이 전체 검출농약 중 26%를 차지하였다.

잔류허용기준치 이상의 농약이 검출된 170건에 대해 조사한 결과 농약의 종류는 33종이었으며, 초과한 농약의 수는 193성분이었다(표 4). 잔류허용기준을 5회 이상 초과한 경우를 농산물별로 보

면 거자채에서 파클로부트라졸, 디니코나졸, 다이아지논 등 35회에 걸쳐 허용기준을 초과하였으며, 깻잎은 후루디옥소닐, 디니코나졸 등 24회, 근대는 프로시미돈, 아족시스트로빈 등 16회, 상추는 엔도설판, 프로시미돈 등 15회, 시금치는 엔도설판, 펜시쿠론 등 15회, 참나물은 클로르피리포스, 플루토라닐 등 15회, 돌나물은 프로시미돈, 디에토펜카브 등 7회, 치커리잎은 프로시미돈, 엔도설판 등 6회, 아욱은 엔도설판, 프로시미돈 등 6회, 배추는 엔도설판, 디니코나졸 등 5회, 당귀잎에서는 메디다치온, 다이아지논 등 5회 잔류허용기준치를 초과하였다.

한편 잔류허용기준을 5회 이하 초과한 경우는 신선초가 아족시스트로빈 등 4회, 부추 엔도설판 등 3회, 셀러리 엔도설판 등 3회, 짬배추 다이아지논 등 3회, 쑥갓 다이아지논 등 2회, 케일 파클로부트라졸 등 2회, 갓 클로르피리포스 등 2회, 고추잎은 인독사카브 등 2회, 뉴그린은 테부피리포스 등 2회, 그리고 청경채가 엔도설판 2회 잔류허용기준치를 초과하였으며, 파 등 17종 농산물에서 잔류허용기준치를 1회 초과한 것으로 나타났다.

전통적으로 부적율이 높았던 농약을 분석해 보면 엔도설판, 프로시미돈, 다이아지논, 클로르피리포스, 그리고 에토프로포스 등은 꾸준한 검출과 기준치 초과를 보이고 있으며, 빈클로졸린과 비펜

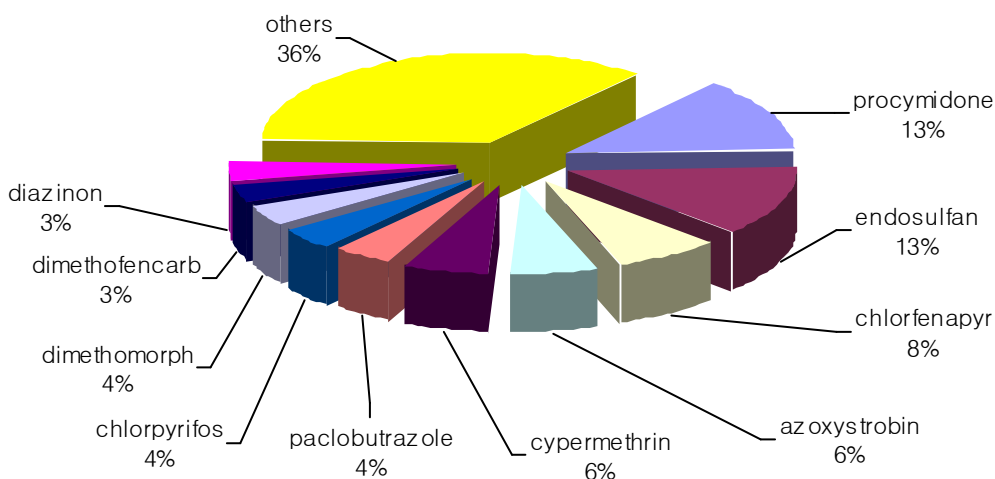


Fig. 2. Percentage of pesticides detected from agricultural products in 2008.

Table 3. Pesticide residues detected and found over MRLs(maximum residue limits) in violation samples

| Pesticide | Type | No.of pesticide violated | No. of pesticide detected | Range(mg/kg) |
|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| Procymidone | Fungicide | 29 | 93 | 0.026~16.604 |
| Endosulfan | Insecticide | 26 | 87 | 0.005~2.072 |
| Paclobutrazole | Growth regulator | 24 | 29 | 0.015~9.363 |
| Chlorpyrifos | Insecticide | 12 | 27 | 0.017~1.003 |
| Azoxystrobin | Fungicide | 11 | 43 | 0.101~12.932 |
| Diniconazole | Fungicide | 11 | 18 | 0.011~5.386 |
| Diazinon | Insecticide | 10 | 23 | 0.013~4.142 |
| Fludioxonyl | Fungicide | 10 | 11 | 0.126~3.949 |
| Pencycuron | Fungicide | 6 | 10 | 0.043~2.121 |
| Ethoprophos | Insecticide | 4 | 6 | 0.013~0.733 |
| Diethofencarb | Fungicide | 4 | 23 | 0.141~22.710 |
| Indoxacarb | Insecticide | 4 | 16 | 0.150~3.144 |
| Carbendazim | Fungicide | 4 | 19 | 0.321~11.314 |
| Chlorpyrifos-methyl | Insecticide | 4 | 5 | 0.024~2.663 |
| Flutolanil | Fungicide | 5 | 5 | 0.683~4.183 |
| Dimethomorph | Fungicide | 3 | 26 | 0.581~13.993 |
| Iprodione | Fungicide | 3 | 6 | 1.246~35.567 |
| Kresoxim-methyl | Fungicide | 3 | 7 | 0.049~2.817 |
| Chlorothalonil | Fungicide | 2 | 6 | 0.008~30.377 |
| Tebupirimfos | Insecticide | 2 | 2 | 0.079~0.280 |
| Phentoate | Insecticide | 2 | 4 | 0.059~1.197 |
| Fenpropathrin | Insecticide | 2 | 5 | 0.005~1.381 |
| Pyridaryl | Insecticide | 2 | 12 | 0.058~3.001 |
| Pendimethalin | Herbicide | 1 | 2 | 0.044~1.622 |
| Fenarimol | Fungicide | 1 | 2 | 0.080~2.239 |
| Fosthiazate | Insecticide | 1 | 1 | 2.861 |
| Methidathion | Insecticide | 1 | 1 | 1.057 |
| Metalaxyl | Fungicide | 1 | 5 | 0.035~3.156 |
| Anilofos | Herbicide | 1 | 1 | 0.242 |
| Chlorfenapyr | Insecticide | 1 | 52 | 0.005~2.960 |
| Carbofuran | Insecticide | 1 | 1 | 1.100 |
| Imidacloprid | Insecticide | 1 | 8 | 0.307~1.475 |
| Zoxamide | Fungicide | 1 | 1 | 0.365 |
| Cypermethrin | Insecticide | | 42 | 0.017~2.884 |
| Bifenthrin | Insecticide | | 14 | 0.034~0.801 |
| Tebuconazole | Fungicide | | 11 | 0.555~3.346 |
| Tetraconazole | Fungicide | | 8 | 0.072~0.467 |

Table 3. (Continued)

| Pesticide | Type | No. of pesticide violated | No. of pesticide detected | Range(mg/kg) |
|----------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| Chlorfluazuron | Insecticide | | 6 | 0.167~0.812 |
| Pyrimethanil | Fungicide | | 6 | 0.053~1.815 |
| Fenvalerate | Insecticide | | 5 | 0.154~0.435 |
| Fenpyroximate | Insecticide | | 4 | 0.827~1.650 |
| Lufenuron | Insecticide | | 4 | 0.137~1.395 |
| Boscalid | Fungicide | | 2 | 0.372~1.391 |
| Cyhalothrin | Insecticide | | 2 | 0.027~0.067 |
| Acetamiprid | Insecticide | | 2 | 0.148~0.306 |
| Napropamide | Herbicide | | 1 | 0.039 |
| Nuarimol | Fungicide | | 1 | 0.075 |
| Diphenylamine | Fungicide | | 1 | 0.030 |
| Mepanipyrim | Fungicide | | 1 | 0.309 |
| Vinclozolin | Fungicide | | 1 | 0.097 |
| Etoxazole | Herbicide | | 1 | 0.040 |
| Iprobenfos | Fungicide | | 1 | 0.040 |
| Carbaryl | Insecticide | | 1 | 0.512 |
| Tetradifon | Fungicide | | 1 | 0.094 |
| Tolyfluanid | Fungicide | | 1 | 0.106 |
| Thiobencarb | Herbicide | | 1 | 0.085 |
| Parathion | Insecticide | | 1 | 0.182 |
| Fenobucarb | Insecticide | | 1 | 0.083 |
| Pyridaben | Insecticide | | 1 | 0.329 |
| Hexaconazole | Insecticide | | 1 | 0.889 |
| Total | | 193 | 692 | |

쓰린, 싸이퍼메쓰린은 기준초과가 1건도 없었다. 한편 2007년에 처음 기준치를 초과한 파클로부트라졸, 디니코나졸, 피리다릴 등은 2008년에도 각각 24회, 11회, 2회로 나타나 지속적인 관리가 필요한 것으로 생각된다. 그리고 2007년에 비하여 부적합 횟수가 크게 증가한 농약은 후루디옥소닐, 펜시쿠론, 클로르피리포스-메칠, 이프로디온, 플루토라닐 등으로 향후 이들 농약에 대해서도 꾸준한 관리가 있어야 할 것으로 생각된다.

최근 일부 농가에서 국내에 등록되지 않은 불법 농약을 사용하여 문제가 된 적이 있는데(13) 조사

결과 이 농약은 파클로부트라졸로 밝혀진 바 있다. 파클로부트라졸은 일본, 미국, 중국 등 여러 나라에 성장조정제 농약으로 등록 사용되고 있어 사람에게 대한 위해성에는 큰 문제가 없을 것이나, 국내에서는 안전성 검증이 안 된 미등록 농약이다. 국내에서는 일부 쌈채소 농가에서 파클로부트라졸이 겨자채 등에 광택이 나게 하거나 잎을 단단하게 한다고 알려져 불법으로 사용하고 있는 것으로 보인다. 하지만 파클로부트라졸은 토양에서 분해되는 데 시간이 많이 걸려 다음 작물에 약해 우려가 예상되므로 농가에서는 불법농약인 파클로

Table 4. Residue pattern of pesticides over maximum residue limits(MRLs)

| Product names | No. of samples tested | No. of samples violated | No. of pesticides violated | Pesticides violated |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|---|
| Perilla leaves | 642 | 21 | 24 | Fludioxonyl(7), Diniconazole(4), Azoxystrobin(4), Endosulfan(2), Diethofencarb(2), Indoxacarb(2), Carbendazim(1), Chlorpyrifos(1), Iprodione(1) |
| Korean Lettuce | 520 | 15 | 15 | Endosulfan(4), Procymidone(2), Azoxystrobin(1), Dimethomorph(1), Kresoxim-methyl(1), Others(6) |
| Chard | 192 | 13 | 16 | Procymidone(3), Azoxystrobin(2), Carbendazim(2), Paclbutrazole(1), Diniconazole(1), Diazinon(1), Dimethomorph(1), Diethofencarb(1), Others(4) |
| Spinach | 231 | 12 | 15 | Endosulfan(4), Pencycuron(2), Procymidone(2), Flutolanil(1), Chlorothalonil(1), Others(5) |
| Sedum | 72 | 7 | 7 | Procymidone(6), Diethofencarb(1) |
| Korean cabbage | 443 | 5 | 5 | Endosulfan(3), Diniconazole(1), Paclbutrazole(1) |
| Gyeojachae | 184 | 28 | 35 | Paclbutrazole(21), Diniconazole(3), Diazinon(3), Procymidone(2), Chlorpyrifos-methyl(2), Pyridaryl(1), Dimethomorph(1), Pencycuron(1), Fludioxonyl(1) |
| Chamnamul | 175 | 15 | 15 | Chlorpyrifos(4), Flutolanil(4), Procymidone(3), Diazinon(2), Pencycuron(1), Anilofos(1) |
| Crown daisy | 161 | 1 | 2 | Diazinon(1), Chlorpyrifos(1) |
| Leek | 75 | 3 | 3 | Endosulfan(1), Pencycuron(1), Fenpropathrin(1) |
| Kale | 50 | 2 | 2 | Paclbutrazole(1), Diniconazole(1) |
| Chicory | 210 | 6 | 6 | Procymidone(5), Endosulfan(1) |
| Welsh onion | 123 | 1 | 1 | Iprodione(1) |
| Marsh mallow | 181 | 6 | 6 | Endosulfan(3), Procymidone(1), Pencycuron(1), Chlorpyrifos(1) |
| Mustard leaf | 19 | 2 | 2 | Chlorpyrifos(1), Phenthoate(1) |
| Celery | 26 | 2 | 3 | Procymidone(1), Chlorpyrifos-methyl(1), Ethoprophos(1) |
| Young radish | 237 | 1 | 1 | Endosulfan(1) |
| Amaranth | 50 | 1 | 1 | Azoxystrobin(1) |
| Romaine | 92 | 1 | 1 | Procymidone(1) |
| Ssambaechu | 68 | 2 | 3 | Diazinon(1), Endosulfan(1), Chlorpyrifos-methyl(1) |
| Green pepper | 145 | 1 | 1 | Fludioxonyl(1) |
| Pepper leaf | 2 | 1 | 2 | Indoxacarb(1), Carbofuran(1) |
| Shinsuncho | 33 | 3 | 4 | Azoxystrobin(2), Chlorpyrifos(1), Chlorfenapyr(1) |
| Chwinamul | 29 | 2 | 2 | Ethoprophos(1), Endosulfan(1) |
| Danggi leaf | 70 | 4 | 5 | Methidathion(1), Diazinon(1), Endosulfan(1), Ethoprophos(1), Fenpropathrin(1) |
| New green | 8 | 2 | 2 | Diazinon(1), Tebupirimfos(1) |
| Lolla rossa | 20 | 1 | 1 | Kresoxim-methyl(1) |
| Chongkyoungchae | 214 | 2 | 2 | Endosulfan(2) |
| Vitamin | 105 | 1 | 1 | Pyridaryl(1) |
| Dachungchae | 5 | 1 | 1 | Procymidone(1) |
| Red pepper powder | 145 | 1 | 1 | Endosulfan(1) |
| Dried pepper | 11 | 1 | 1 | Endosulfan(1) |
| Dried pepper leaves | 3 | 1 | 1 | Chlorpyrifos(1) |
| Dried chwinamul | 4 | 1 | 1 | Chlorpyrifos(1) |
| Others | 3,076 | 4 | 5 | Procymidone(2), Ethoprophos(1), Tebupirimfos(1), Pendimethalin(1) |
| Total | 7,621 | 170 | 193 | |

Table 5. Detection frequencies of pesticides exceeded their MRLs(maximum residue limits) by year

| Rank | 2008 | 2007 | 2006 |
|------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Procymidone(29) ¹⁾ | Azoxystrobin(64) | Azoxystrobin(15) |
| 2 | Endosulfan(26) | Paclobutrazole(30) | Endosulfan(14) |
| 3 | Paclobutrazole(24) | Diazinon(21) | Procymidone(12) |
| 4 | Chlorpyrifos(12) | Procymidone(19) | Diazinon(11) |
| 5 | Azoxystrobin(11) | Diniconazole(18) | Ethoprophos(9) |
| 6 | Diniconazole(11) | Endosulfan(17) | Kresoxim-methyl(7) |
| 7 | Diazinon(10) | Carbendazim(11) | Chlorfenapyr(6) |
| 8 | Fludioxonyl(10) | Chlorpyrifos(10) | Dimethomorph(6) |
| 9 | Pencycuron(6) | Pyridaryl(8) | Vinclozolin(6) |
| 10 | Ethoprophos(4) | Ethoprophos(7) | Flufenoxuron(5) |

¹⁾ : No. of pesticides violated.

Table 6. Annual detection of the pesticides suspected as an endocrine disrupter

| Pesticides | 2006 | | 2007 | | 2008 | |
|----------------|------|----|------|----|-----------------|-----------------|
| | F | V | F | V | F ¹⁾ | V ²⁾ |
| Endosulfan | 192 | 15 | 101 | 17 | 87 | 26 |
| Procymidone | 199 | 12 | 137 | 19 | 93 | 29 |
| Chlorothalonil | 51 | 4 | 21 | 4 | 6 | 2 |
| Chlorpyrifos | 27 | 17 | 15 | 11 | 27 | 12 |
| Vinclozoline | 15 | 6 | 13 | 1 | 1 | - |
| Cypermethrin | 26 | 1 | 22 | - | 42 | - |
| Carbaryl | - | - | - | - | 1 | - |
| Dichlorvos | 1 | 1 | - | - | - | - |
| Parathion | 1 | - | 2 | 1 | - | - |
| Iprodione | 8 | - | 1 | - | 6 | 3 |
| Carbendazim | 13 | 4 | 17 | 11 | 19 | 4 |
| Fenvalerate | 1 | - | 3 | 2 | 5 | 0 |
| Hexaconazole | 1 | - | 1 | - | 1 | 0 |
| Alachlor | - | - | 1 | - | - | - |
| Dicofol | 1 | - | - | - | - | - |
| Pendimethalin | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| Total | 537 | 61 | 338 | 67 | 290 | 77 |

F¹⁾ : Number of pesticide found.

V²⁾ : Number of pesticide violated.

부트라졸을 사용하여서는 안 될 것이다.

최근의 농약은 독성이 낮고 활성은 높으며, 쉽게 분해되고 선택성이 높은 쪽으로 개발되어 사용되고 있다. 살충제 분야에서는 옛날부터 천연 화학물질을 모델로 한 합성농약을 개발해 왔다. 유기인계 살충제나 카바메이트계 살충제는 이미 높은 저항성을 나타내고 있으며, 미국에서는 그 독성의 폐해로 인해 1996년 식품품질보호법에 의해 시작된 연방 살충제법의 규제로 그 사용이 크게 줄어들고 있는 실정이다(14). 이에 뒤이은 피레스로이드계 농약의 출현은 이들의 속효성과 잔효성이 우수함에도 불구하고 강한 독성으로 인하여 천적에도 피해를 주는 단점이 있다. 피레스로이드계 살충제의 심각성은 강한 살충력으로 응애류나 진딧물의 대발생을 유도할 수 있기 때문에 네오니코티노이드계 살충제가 등장하게 된 것이다. 네오니코티노이드계 농약은 속효성이 다소 떨어지긴 하나 잔효력이 매우 우수하고 천적에 비교적 안전한 장점 때문에 널리 쓰이고 있다(15). 네오니코티노이드계 농약에 속하는 이미다클로프리드는 8회 검출되었으며 근대에서 1회 기준치를 초과하였고, 아세타미프리드는 2회 검출되었으며 기준이내였다. 한편 살균제 분야에서는 지금까지 천연물질을

소재로 한 농약개발이 눈에 띄는 성과는 없었으나 최근 버섯류에 함유되어 있는 물질인 스트로빌루린류에 강한 항균활성이 있음이 발견되고 이 물질의 화학구조를 바탕으로 화학합성된 살균제가 주목을 받고 있다. 이들 살균제를 스트로빌루린계 살균제라고 하는데 아족시스트로빈과 크레속심-메틸이 대표적인 농약이다. 아족시스트로빈은 2004년까지는 기준치를 초과하여 검출된 적이 없었으나(16), 2005년에는 10회(17), 2006년 15회, 2007년 64회에 걸쳐 기준치를 초과하여 검출되었다. 이는 2006년 12월 식품의 기준 및 규격 개정으로 깻잎, 상추 등 엽채류의 아족시스트로빈 잔류농약기준이 기타농산물의 기준인 0.05 mg/kg으로 낮아졌기 때문이었다. 2008년에는 검출 43회에 기준치 초과는 11회에 그쳤는데, 검출량을 살펴보면 0.101~12.932 mg/kg으로 모두 0.05 mg/kg를 초과하였지만 '기타농산물에 대한 농약 잔류허용기준 적용 지침'(18)에 따라 엽채류의 잔류허용기준치가 크게 높아지면서 부적합수는 대폭 감소한 것으로 보인다. 한편 크레속심-메틸은 7회 검출되었으며 상추, 시금치, 물라로사에서 각 1회 기준치를 초과하였다. 향후 네오니코티노이드계와 트리아졸계, 그리고 스트로빌루린계 농약들이 전

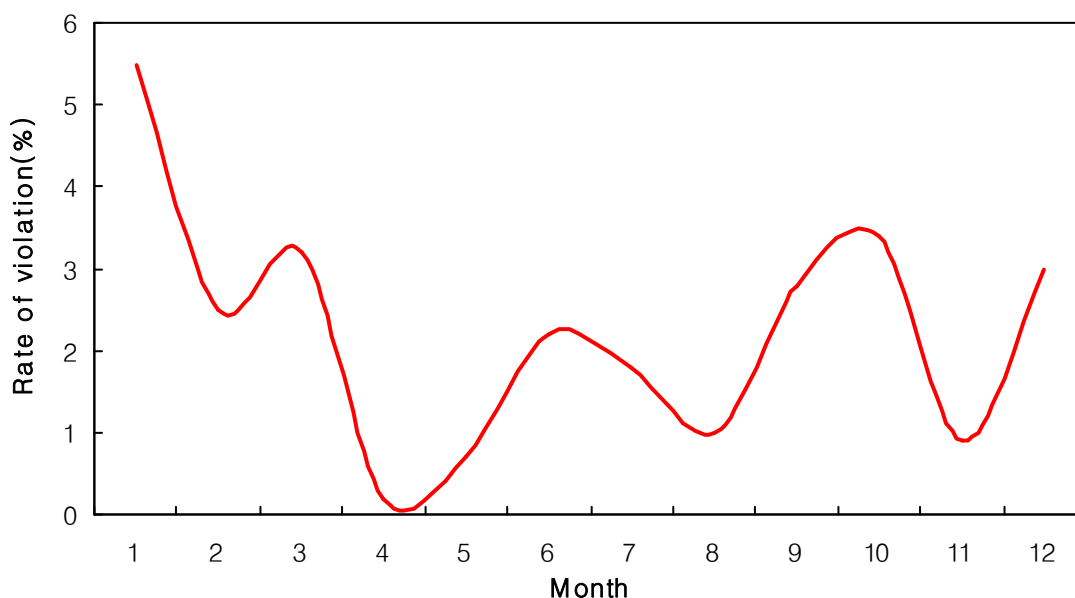


Fig. 3. Violation of pesticide residues found by month in 2008.

통적으로 사용되어온 유기인계, 유기염소계를 대신해 많이 사용될 것으로 예상되며 이들은 분자량이 크고 열에 약한 물질들이 많으므로(19~20) 액체크로마토그래피를 이용한 분석법이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

한편 검출 농약 61종 중 내분비계 장애 추정농약에 해당하는 농약은 프로시미돈, 엔도설판, 클로르피리포스, 카벤다짐, 이프로디온, 클로로타로닐, 펜디메타린, 싸이퍼메쓰린, 펜발리레이트, 빈클로졸린, 카바릴, 헥사코나졸의 12종이었으며 검출횟수는 290회였다. 검출된 농약 12종 중 7종이 77회 잔류허용기준을 초과하였다. 내분비계 장애물질에 대한 진지한 논의가 시작된 이후로 얻은 뚜렷한 성과물은 없으며, 많은 물질 중 명확하게 내분비계 장애물질로 밝혀진 것은 극히 일부분이다. 하지만 이들은 생체호르몬과는 달리 쉽게 분해되지 않고 안정적이며 환경 및 생체 내에 잔존하며 심지어 수년간 지속되기도 한다. 더욱이 생물체의 지방 및 조직에 농축되는 성질을 갖고 있어 지속적인 관리가 필요하다. 2008년의 조사결과에 의하면 최근 3년 동안 검출이력 이외의 농약은 없었으며(21~22), 표6에서 보듯이 전체적으로 내분비계 장애 추정농약의 검출빈도는 크게 감소하고 있는 것으로 나타났으며 잔류허용기준을 초과한 빈도는 다소 증가한 것으로 나타났다.

유통 농산물중의 농약 잔류량은 농약의 살포회수와 수확 전 최종 살포시기에 의해 크게 좌우된다. 농산물 및 농약별 잔류허용기준이 설정되어 있지만 농가에서는 수확물중의 농약 잔류량이 허용기준을 초과하는지 아닌지 알기 어렵고 또한 농가에서 생산한 농산물마다 일일이 농약 잔류량을 분석하여 안전성을 확인하는 일은 기술적으로나 경제적으로 대단히 비효율적이다. 그림 3에 월별 부적율을 나타내었는데, 그 중 1월이 5.5%로 가장 높게 나타났다. 계절로 보면 12월, 1월, 2월의 겨울철이 높은 부적율을 보였는데, 이는 비닐하우스 시설재배로 인하여 농약사용 증가와 더불어 강우, 바람에 의한 소실이 감소하기 때문으로 생각된다. 따라서 안전한 농산물을 생산하기 위해서는 최종수확물에서 잔류허용기준을 초과하지 않도록 농약관리법에 근거하여 마련된 농작물 및 농약별

안전사용기준을(23) 준수하는 것이 필요하며 특히 겨울철 시설재배의 경우 농약의 살포회수와 더불어 수확 전 최종 살포일을 지키는 것이 더욱 중요한 것으로 생각된다.

결 론

2008년 1월부터 12월까지 가락시장과 강남지역 대형 유통매장에 반입된 농산물 7,621건에 대하여 농약 잔류실태를 조사한 결과, 농산물 170건에서 농약이 잔류허용기준을 초과하여 검출되어 부적율은 2.2%였다.

1. 부적합 판정을 받은 농산물 170건 중 채소류가 97.6%를 차지하였으며 건조농산물은 2.4%를 차지하였다. 개별 농산물별로 보면 겨자채 16.5%, 깻잎 12.4%, 상추 8.8%, 참나물 8.8%, 근대 7.6%, 시금치 7.1%, 돌나물 4.1%, 아욱 3.5%로 나타났다.
2. 농산물 7,621건 중 561건의 농산물에서 잔류농약이 검출되어 7.4%의 검출율을 보였으며, 농산물별로 보면 건조농산물에서 15.6%, 채소류에서 8.5%, 과실류에서 3.4%의 농약이 검출되었으며 두채류, 버섯류, 견과류, 곡류, 서류, 다류, 콩류에서는 잔류농약이 검출되지 않았다.
3. 잔류허용기준치 이상의 농약이 검출된 170건에 대해 조사한 결과, 농약의 종류는 33종이었으며, 초과한 농약의 수는 193회였다. 프로시미돈 29회, 엔도설판 26회, 파클로부트라졸 24회, 클로르피리포스 12회, 아족시스트로빈 11회, 디니코나졸 11회, 다이아지는 10회, 후루디옥소닐 10회, 펜시쿠론 6회, 에토프로포스 4회의 순으로 기준치를 초과하여 검출되었다.
4. 검출된 농약을 살펴보면 전체 260종의 농약 중 61종의 농약이 검출되었으며 검출빈도가 가장 높은 농약은 프로시미돈이었고 다음으로

는 엔도설판, 클로르헥나피르, 아족시스트로빈, 싸이퍼메스린, 파클로부트라졸, 클로르피리포스, 디메토모르프, 디메토펜카브, 다이아지논의 순으로 검출되었다.

참고문헌

1. 농약관리법. 2008.
2. 농산물품질관리법. 2008.
3. 식품위생법. 2008.
4. 이미경, 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 이서래 : 한국에서 농산물중 농약잔류 허용기준의 설정절차. 한국식품과학회지, p685~694, 2005.
5. 식품의약품안전청 고시 제 2008-80호.
6. Lee SM, Michael L, Papathakis, Hsiaoming CF, Gray FH and Joyce EC : Multipesticide residue method for fruits and vegetables. Fresenius J. Anal. Chem., 339:376~383, 1991.
7. Sancho JV, Pazo OJ and Hernandez F : Liquid chromatography and tandem mass spectrometry : a powerful approach for the sensitive and rapid multiclass determination of pesticide and transformation products in water. The Analyst, 129:38~44, 2004.
8. Arrebola FJ, Martinez JL, Vidal MJ, Gonzalez-Rodriguez A, Garrido-Frenich and Morito NS : Reduction of analysis time in low pressure gas chromatography tandem mass spectrometry to the determination of pesticide residues in vegetables. J. of chromatography A, 1005: 131~141, 2003.
9. Ham HJ, Kim KS, Kim AK, Yu YA, Jung SY, Lee JI, Choi CM, Hwang KH, Lee CY, Eom JH, Han SH, Kim MS, Shin JY, Kim JH, Park NW and Park SG : Distribution of residual pesticides on agricultural products of wholesale markets in seoul. Report of S.I.H.E., 43:81~88, 2007.
10. Hwang KH, Kim KS, Chae YJ, Yun ES, Kim JH, Lee MS, Tu OJ, Yu YA, Jung SY, Choi CM, Lee CY, Lee YJ, Shin JY, Kim MS, Park NW, Park SG and Kim MY : Current status on pesticide residues of agricultural products in markets(2006). Report of S.I.H.E., 43:112~122, 2006.
11. U.S. Food and Drug Administration : <http://www.cfsan.fda.gov> : Annual reports from FDA's pesticide residue monitoring program. 2006.
12. Commission of the European Communities : Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the European Union, Norway, Iceland and Liechtenstein. 2006.
13. 국민일보 쿠키뉴스(2008.02.29) : 쌈채소에서 중국산 불법 농약 검출.
14. 농림수산부/KISTI 보도자료(2005.01.24) : 유기인계 살충제들의 감소로 축진되고 있는 환경친화적인 대체제들의 개발의욕.
15. 농림부 보도자료(2001.11.17) : 농약이 사과 과수원의 천적에 미치는 영향.
16. Chae BC, Kim YC, Chae YJ, Hwang LH, Yun ES, Kim JH, Choi YH, Park KA, Kim OH, Seo YH, Tu OJ, Lee JS, Cho IS, Jin YH, Jung JH, Lee MS, Lee ES, Hong MS, Jo HB, Han KY, Park SG and Kim MY : Current status on pesticide residues of agricultural products in markets(XII). Report of S.I.H.E., 40:97~109, 2004.
17. Jung SY, Kim KS, Chae YJ, Yun ES, Kim HJ, Jung JH, Lee JH, Hong MS, Lee MS, Tu OJ, Park KA, Yu YA, Lee ES, Lee CY, Hwang LH, Lee JS, Jo HB, Han KY and Park SG : Current status on pesticide residues of agricultural products in

- markets(2005). Report of S.I.H.E., 41: 97~108, 2005.
18. 식품의약품안전청 : 기타농산물에 대한 농약잔류허용기준 적용 지침, 2008. 6.
 19. Alfonso DM, Paola F, Danilo AB, Roberto D, Serenella S and Patrizia M : Application of solid-phase extraction and liquid chromatography-mass spectrometry to the determination of neonicotinoid pesticide residues in fruit and vegetables. *Journal of chromatography*, 2006.
 20. Obana H, Okihashi M, Akutsu K, Kitagawa Y and Hori S : Determination of neonicotinoid pesticide residues in vegetables and fruits with solid phase extraction and liquid chromatography mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:2501~2505, 2003.
 21. Kim KS, Kim JH, Ham HJ, Kim AK, Yoo YA, Jung SY, Lee JI, Choi CM, Hwang KH, Eom JH, Lee CY, Han SH, Kim MS and Park SG : A survey on the pesticides suspected as an endocrine disrupter in distributed agricultural products. Report of S.I.H.E., 43:89~100, 2007.
 22. Lee CY, Lee MS, Tu OJ, Shin JY, Yun ES, Kim HJ, Yoo YA, Jung SY, Choi CM, Hwang KH, Lee YJ, Kim MS, Kim KS and Chae YJ : Current distribution on suspected endocrine disrupting pesticides of agricultural products in market(2006). Report of S.I.H.E., 42: 123~133, 2006.
 23. 한국작물보호협회 : 농약사용지침서. 2008.