



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

감귤원 사용농약의 환경영향지수(EIQ)

개발 및 작업자 노출 위험성 평가

Environmental Impact Quotient of Pesticides and the Exposure Risk to
Operators in Citrus Orchards

濟州大學校 大學院

農學科

張容碩

2016年 8月

감귤원 사용농약의 환경영향지수(EIQ)

개발 및 작업자 노출 위험성 평가

指導教授 金 桐 淳

張 容 碩

이 論文을 農學 博士學位 論文으로 提出함

2016年 6月

宋振永의 農學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

副委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2016年 6月

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	vi
ABSTRACT	viii
제 1 장. 감귤 생산농가의 농약 사용 의식 조사 및 방제 실태 분석	1
1. 연구 배경	1
2. 자료 수집 및 분석 방법	3
(1) 농약 사용 의식 조사	3
(2) 농약 사용 실태 분석	3
3. 결과 및 고찰	5
(1) 농약 사용 의식 조사	5
가. 농약 선택 방법	5
나. 농약 사용시 농도 결정	5
다. 농약 살포 의사결정 방법	6
라. 사용 농약 효과에 대한 만족도	6
(2) 농약 사용 실태	12
가. 농약 살포시 혼용실태	12
나. 사용 농약의 용도에 따른 제형분류	12
다. 감귤 병해충 방제 연간 살포 횟수	12
라. 감귤원에 사용되는 농약의 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적	13
마. 농약의 용도별 연간 방제 비중	17
4. 요약 및 제언	29
5. 참고문헌	32

제 2 장. 감귤원에 사용되는 농약에 대한 환경영향지수(EIQ) 개발 및 평가	35
1. 연구 배경	35
2. 자료 수집 및 분석 방법	39
(1) 기존 환경영향지수(EIQ) 평가 모델	41
(2) 개선 환경영향지수(EIQ) 평가 모델	41
(3) 개선 환경영향지수(EIQ) 평가 모델 검토	41
(4) 감귤원에 사용된 농약 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가	42
(5) 감귤원에 사용된 농약 제품에 대한 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가	42
(6) 감귤원 연간 방제력 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가	43
3. 결과 및 고찰	46
(1) 개선 EIQ 모델 검토	46
가. 개선 EIQ 모델을 통한 환경영향지수(EIQ) 시뮬레이션 검토	46
나. 감귤원 사용농약 유효성분에 대한 기존 EIQ와 개선 EIQ 모델 비교 평가	50
(2) 감귤원 사용농약 포장 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가	52
(3) 감귤원 연간 방제력에 대한 포장 환경영향지수(Field Use EIQ) 적용 평가	53
4. 요약 및 제언	67
5. 참고문헌	71
제 3 장. 감귤원에서 농약살포 작업자 노출 위험성 평가	77
1. 연구 배경	77
2. 자료 수집 및 분석 방법	85
(1) 농약의 농작업자 건강피해에 관한 설문 연구	85
(2) 농약의 농작업자에 대한 노출평가	85
(3) 감귤생산농가의 통합위해성 평가	90
3. 결과 및 고찰	92
(1) 농작업자 건강피해 조사	100
가. 연구대상자의 일반적 특성	92

나. 감귤원 농작업자 만성증상	92
다. 감귤원 농작업자 농부증 판정	93
라. 농약 살포시 이상증상 경험	93
마. 농약 살포시 준수사항	93
(2) 농작업자 농약 노출 평가	99
가. 감귤원에 사용되는 농약 제품별 노출량 산정	99
나. 감귤원에 사용되는 농약 제품별 위해성 평가	109
다. 감귤 생산농가의 통합위해성 평가	110
4. 요약 및 제언	115
5. 참고문헌	118
종합 고찰	124
Appendix 1. Questionnaire	132
Appendix 2. Eco-toxicological data for the calculation of EIQ, pesticides.	137
Appendix 3. Field use EIQ values by pesticides Products in citrus orchards used.	142

List of Tables

Table 1. Monthly distribution of insecticides used in citrus orchards.	21
Table 2. Monthly distribution of fungicides used in citrus orchards.	24
Table 3. Monthly distribution of miticides used in citrus orchards.	26
Table 4. Monthly distribution of herbicides used in citrus orchards.	27
Table 5. The rating system used to develop the environmental impact quotient of pesticides (EIQ) model.	44
Table 6. The rating system of the improved EIQ model.	45
Table 7. EIQ estimation of active ingredients for insecticides in citrus orchards.	55
Table 8. EIQ estimation of active ingredients for fungicides in citrus orchards.	58
Table 9. EIQ estimation of active ingredients for miticides in citrus orchards.	61
Table 10. Age-standardized mortality rates per 100,000 population by cause of pesticide poisoning and calendar year in Korea, 1996-2005.	83
Table 11. Pesticides associated with selected chronic diseases in the Agricultural Health Study.	84
Table 12. Distribution and exposure levels for spray applications.	87
Table 13. Application method on UK-POEM for occupational exposure level.	88
Table 14. Exposure absorption rate according to the Application method.	91
Table 15. General characteristics of the Subjects.	94
Table 16. Scores of chronic symptoms for ordinary day.	95
Table 17. Prevalence of citrus farmer's syndrome by age groups.	96
Table 18. Extent of keeping safety rules for pesticide spraying.	98
Table 19. Exposure value of insecticides application using motor sprayer in jeju	

citrus orchards.	102
Table 20. Exposure value of fungicides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.	105
Table 21. Exposure value of miticides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.	107
Table 22. Exposure value of herbicides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.	108

List of Figures

Fig. 1. Factors affecting the decision to select pesticides.	8
Fig. 2. Spray rate concentration of pesticides.	9
Fig. 3. Decision making method of pesticides spraying time.	10
Fig. 4. Satisfaction of citrus growers for pesticides.	11
Fig. 5. Frequencies for the number of pesticides combined per spray in citrus orchards.	18
Fig. 6. Classification of formulation type for pesticides used in citrus orchards.	19
Fig. 7. The number of annual sprays in citrus orchards.	20
Fig. 8. Monthly distribution of fungicides, insecticides, herbicides and miticides in citrus orchards.	28
Fig. 9. Environmental impact quotient (EIQ) components and formula.	40
Fig. 10. Comparison between original EIQ and improved EIQ model.	49
Fig. 11. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for insecticides on active ingredient.	57
Fig. 12. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for fungicides active ingredient.	60
Fig. 13. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for miticides active ingredient.	62
Fig. 14. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for insecticides used in citrus orchards.	63
Fig. 15. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for fungicides used in citrus orchards.	64
Fig. 16. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for miticides used in citrus orchards.	65
Fig. 17. Comparison of original field used EIQ and improved field used EIQ value for 157 farmers.	66

Fig. 18. Method for agricultural operator's exposure dose and estimation.	89
Fig. 19. Experience rate of acute symptoms while spraying pesticides.	97
Fig. 20. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of insecticides in high rank.	111
Fig. 21. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of fungicides in high rank.	112
Fig. 22. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of herbicides in high rank.	113
Fig. 23. Frequency distribution of combined RQ(Risk Quotient) in individual farmer a year(n=157).	114

ABSTRACT

The purpose of this study was to find the exact status and problems of pesticide use by examining the field use assessment of environment impact(EIQ) and risk exposure to operators of pesticides in citrus orchards, and to provide basic survey results data for the system establishment of pesticide management by policy matters.

In chapter 1, the survey result for three awareness of pesticide use and actual spray status are as follows. On the survey of pesticide selection, purchase by pesticide shop recommendation was account for 55.9%. On survey of the actual state of pesticide mixing two types among insecticides, fungicides and miticides was account for 59%; 86% for three mixing and 21.2% for single spray. On the survey of annual number of sprays, 9 times per year was highest showing 26%. A 68% of farmers sprayed between 8 and 10 times per year.

In chapter 2, an environmental impact quotient (EIQ) was developed based on the EIQ model of Cornell University for the EIQ of pesticides in citrus orchards. In the case of insecticides, EIQ values of 32 active ingredients in 49 commercial product were suggested. Among them, higher EIQ were 36 for sulfoxaflor, 32 for Gamma-cyhalothrin and 31 for Phenthoate, which were over average EIQ of 22.

On Fungicides, EIQ values was calculated for 25 active ingredients in 28 commercial products. EIQ values were 35.2 for Metiram, 34.2 for Iminoctadine tris(albesilate) and 30.7 for Metconazole, which were evaluated over average EIQ of 21.7.

On miticides, EIQ values was calculated for 6 active ingredients in 6 commercial products. EIQ values were 44.7 for Etoxazole, 37.3 for Spirodiclofen

and 37.3 for Tebufenpyrad, which were evaluated over average EIQ of 31.

Field use EIQ was evaluated using annual spray records of 157 farms in citrus orchards. Cumulative field use EIQ by Cornell showed highest proportion of 21.7% in 900 section. And a 71.4% of farms was included into the section between 700 and 1100. In the present improved EIQ model, the highest proportion of 31.2% was observed in 600 section of cumulative field use EIQ. A 69.5% of farms was included between 500 and 700. Consequently, the Cornell model seems to over estimate EIQ compared to the present model.

In chapter 3, farm worker's health damage was examined. On survey for farmer's Syndrome, 27 of 137 respondents (19.7%) answered 'a positive reaction', 42 (30.7) answered 'a suspicious nature pesticide', and 68 (49.6%) answered 'a negative reaction'.

A risk quotient(RQ) was calculated for 83 commercial products of citrus pesticides after estimating each exposure value that is specific to each product. Without personal protective equipment(PPE), RQ of several pesticides was exceeded 1.0 or more; 6, 6, 1 and 3 products of insecticide, fungicide, miticide and herbicide, respectively. In the assessment for the combined RQ during full season using 157 citrus orchards, all farms exceeded the combined RQ 1.0, and a 22.9% was included combined RQ value between 10 and 15 when PPE was not equipped with PPE. When operator equipped PPE, a 8.3% of farms showed lower combined RQ less than 1.0. Also, the highest proportion of 35% was located between 1 and 2 of the combined RQ value.

제 1 장 . 제주도 감귤 생산 농가의 농약 사용 의식 조사 및 방제 실태 분석

1. 연구 배경

감귤 재배 면적은 21,241ha(호남통계청, 2015)로 전국 감귤 재배 면적 대비 99.9%를 차지하고 있으며 제주에서 생산되는 감귤은 총 생산량이 약 640여 톤으로 제주를 대표하는 중요한 과수작목이다.

농약은 감귤의 생산성, 품질 및 저장성 등을 높이는데 필요한 필수 농자재이며 이러한 이유로 감귤생산 농가는 품질 향상과 소득 증대를 위해 농약에 의존하는 바가 크다.

제주에는 한라산, 오름, 바다의 영향으로 지역별 기후 편차기 매우 크고, 최근 기후변화로 이상기후와 연관되어 감귤 재배 취약성이 매우 커지고 있으며, 이로 인한 병해충 발생시기의 변동으로 인하여 생산농가들이 감귤 고품질 재배에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 감귤 농가는 일반적으로 과거 경험적 재배방식에 의존하여 감귤 주요 병해충을 방제하는 경우가 많으며, 특히 감귤 해충은 일정 날짜 또는 기간을 두어 정기적으로 농약을 살포하는 경우가 많다. 또한 감귤 병 방제는 비기 온 후에는 반드시 방제하는 경향을 보여 필요 이상의 농약을 사용하는 것으로 생각되고 있다.

영국, 스웨덴, 네덜란드와 같은 선진국들은 주기적으로 농약사용량 조사를 실시하고 있으며, 조사 방법으로는 재배면적 크기별로 선정된 농가를 직접 방문하여 조사하거나, 전화 또는 편지 등을 이용하여 간접적인 방법으로 사용실태를 조사하고 있다(Ha et al., 2012). 이들 선진국들은 조사에 필요한 전문화된 요원을 활용하여 조사를 실시하며, 조사된 결과는 농약에 관한 정책에 반영시키고 있는 실정이다(Thomas, 1999). 경제개발기구(OECD)는 인체 및 환경위해성 경감대책을 주요 현안 문제로 다루면서 농약사용 지표개발을 통한 농약사용량 감소방안의 일환으로 각 회원국에 대하여 신뢰성 있는 농약 사용량 자료를 요구하고 있다(Ha et al., 2012). 농약사용량 조사는 농약 위해성 경감대책을 수립하기 위해 필수적이며, 표준화된 자료 확보를 위해 농약사용량 조사 분석을 위한 지침서가 OECD에 의하여 발간되었다(OECD, 1999; Thomas, 1999).

우리나라에서는 국내 농업환경 중 벼, 과수류 및 과채류 재배용 농약에 대하여 실제 농약사용량을 조사한 바 있다(권 등, 2000; 권 등, 2001; 오 등, 2003). 국내 과수의 경우 주요 과수류인 사과, 배, 포도, 복숭아, 감(단감 포함), 감귤에 대하여 과수 재배면적별로 농가를 선정한 후 재배 농가에 기록장을 배부하고 인적사항, 재배품종, 농약명, 방제대상 및 시기, 살포 방법, 희석량, 살포면적 대비 실제 사용량 등을 4년 1주기로 실시하고 있으며, 그 결과는 벼(Kwon et al., 2000), 과수(Kwon et al., 2001; Ihm et al., 2003), 과채(Oh et al., 2003), 벼와 엽채소류(Kim et al., 2006)에 대해 이미 발표된 바 있으나 조사 자료가 미비한 실정이다.

감귤 생산농가의 농약 사용 실태 조사에 있어 과거 1975년도와 2000년도에 Paik(1975)과 김 등(2000)에 의해 조사가 되었으나 감귤 생산자들이 작성한 설문 에 의한 조사만 이루어져 농가의 방제력을 가지고 진행된 연구가 없었다.

따라서, 본 연구는 도내 감귤 생산농가의 농약 사용의식에 대한 재조사를 통하여 과거 농가의 농약 사용 의식 실태와 비교하여 의식 변화 양상을 제시하고 방제실태를 분석을 통해 제주도 감귤 생산 농가 사용하는 주요 농약의 성분 과 살포 비율, 살포시기에 대한 정확한 정보를 분석하여 보다 객관적인 자료를 제시하고 하였다. 이러한 자료는 농약으로 인한 환경영향 감소를 위한 농약사용 지표개발 등 농약관리 정책 수립 및 사용 농약에 대한 제품별 환경영향지수 (EIQ) 평가, 농작업자 농약 노출 평가를 위한 분석 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 자료 수집 및 분석 방법

과거 70년대에 Paik(1975) 의해 작성된 ‘감귤 병해충 방제 실태 조사 보고서’에 서는 농약의 선택방법, 농약의 사용 농도 결정 실태, 그리고 살포 횟수에 대하여 조사되었으며, 90년대 들어 김(2000) 등에 의해 작성된 ‘감귤원 병해충 방제실태 및 방제 효과 조사’에서 살포 판단기준, 살균제 살포시기, 살충제 살포시기 등 농약 사용 기준에 대하여 농가 설문을 통해 조사된 바 있다.

본 연구에서는 70년대 조사된 내용과, 90년대 조사된 내용을 가지고 현재 농가의 농약사용에 대한 사용 실태 의식조사를 비교하여 변화된 부분과 원인에 대해 분석하고자 설문조사를 실시하였다. 또한, 제주도 노지 온주 감귤 생산 농가의 농약 사용 실태를 분석하기 위하여 실제 농가가 작성한 방제력을 수집하여 농약사용실태를 분석하였다.

(1) 농약 사용 의식 조사

본 연구에서는 70년대 조사된 내용과, 90년대 조사된 내용을 가지고 현재 농가의 농약사용에 대한 사용 실태 의식조사를 비교하여 변화된 부분과 원인에 대해 분석하고자 설문조사를 실시하였다. 설문지는 Paik(1975)과 김(2000)등에 의해 조사된 내용을 가지고 총 3개의 설문항목과 현재 사용농약에 대한 만족도 조사를 위해 1개 설문항목을 추가하여 총 4개의 설문 항목을 작성하고 설문조사하였다(Appendix 1). 설문 내용은 농약 선택 방법, 농약 사용시 농도 결정, 병해충 방제를 위해 농약 살포시 의사결정 방법, 사용 농약에 대한 만족도에 대한 내용으로 작성하였다. 설문조사는 2016년 4월부터 5월까지 제주대학교, 서귀포기술센터, 서부농업기술센터 등 3개의 기관에서 감귤재배 교육 프로그램에 참여한 186 농가를 대상으로 실시하였으며, 설문 작성 농가는 만감류와 노지감귤을 재배하는 농가로, 설문방식은 자기기입식으로 진행되었다. 설문 작성에 앞서 개인정보 동의를 공지한 후 동의한 농가를 대상으로 설문 작성을 하였으며, 수집된 설문지는 설문 항목별 빈도분석을 하여 과거의 자료와 비교 분석하였다.

(2) 농약 사용 실태 분석

농가별 농약 사용 실태 분석을 위해 2009년부터 2013년까지 5년간 수행된 「감귤수출연구사업단」에 참여한 농가를 대상으로 수집된 개별 방제력을 사용하였다. 수집된 2010년부터 2012년에 작성된 233개 방제력 중 9월까지 방제 기록이 완성된 방제력을 선별하여 최종 157 농가의 방제력 선별하였으며, 이들 방제력에 기록된 농약은 살충제, 살균제, 살비제, 제초제로 구분하여 빈도분석을 실시하였다. 방제력 분석은 용도별(살충, 살균, 살비, 제초제)로 구분하여 제품별 살포 시기, 총 살포 비율, 사용 제품의 제형 구분, 농약 혼용사용 실태, 연간 방제 횟수를 및 농약 제품별 사용빈도와 사용 시기를 비교 분석 하였으며, 농약 제품별 사용 목적 분석은 ‘작물보호협회 농약 사용 지침서’와 보급용 ‘감귤 병해충 방제 매뉴얼’(홍 등, 2012)의 월별 주요 병해충 정보와 비교하면서 방제 목적을 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 농약 사용 의식 조사

가. 농약 선택 방법

감귤 생산 농가가 병해충 방제시 농약을 선택할 때 제품 구매 결정에 미치는 요인은 다음과 같다(Fig. 1). 응답자 중 농약 판매소에서 추천하는 농약을 구입하는 농가가 55%로 가장 많았으며, 지도사 또는 연구사가 추천하는 농약을 구입하는 농가가 14%, 주변 지인이 사용하는 농약을 구입하는 농가가 11.8%, 보급용 방제력에서 추천하는 농약을 구입하는 농가가 10.8%, 기타 방식으로 구입이 5.9%, 영업사원이 추천하는 농약을 구입하는 농가가 1.1%, 전단지 등 홍보하는 농약 제품을 구입하는 농가가 0.5%로 조사되었다. Paik(1975)의 조사결과와 비교해 보면 농약 판매소에서 추천하는 농약을 구입하는 농가가 1975년(3.3%)에 비해 52.4% 증가 하였으며, 이는 농·감협 등 판매소에서 제공하는 농약 정보의 신뢰성이 높고, 제품 구입의 편의성으로 인해 증가한 것으로 판단된다. 기타 방식으로 구입이 농가는 1975년(1.4%)에 비해 4.5% 증가하였다. 지도사 또는 연구사가 추천, 주변 지인이 사용하는 농약을 구입, 보급용 방제력에서 추천을 통한 농약 구입 방식은 과거 70년대에 비해 감소하는 경향을 보였다.

나. 농약 사용시 농도 결정

감귤 생산 농가가 농약 사용 할 때 농도 결정 결과는 다음과 같다(Fig. 2). 지시된 농도로 사용하는 농가가 96.2%, 진하게 사용하는 농가는 1.1%, 묽게 사용하는 농가는 2.7%로 조사되었다. Paik(1975)의 조사결과와 비교해 보면 70년대 지시된 농도로 사용하는 농가는 49.1%, 농약을 진하게 사용하는 농가 46.7%, 묽게 사용하는 농가는 4.2%로 조사되었는데, 연구 자료와 비교해 보면 지시된 농도로 사용하는 농가 비율은 2배 증가하였고, 진하게 사용하는 농가는 42.5배 감소하였다. 묽게 사용하는 농가는 절반 정도 감소한 경향을 보였다. 이는 감귤 생산 농가를 대상으로 농약에 대한 다양한 정보와 교육의 기회가 제공되어 올바른 농약 사용 의식이 높아진 영향으로 판단된다.

다. 농약 살포 의사결정 방법

제주도 감귤 생산농가가 주요 병해충 방제에 있어 약제 살포 의사결정 방법을 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 3). 감귤 해충 방제 시점은 50%가 예찰을 통해 스스로 판단 후 약제를 살포 하는 것으로 조사되었으며, 37.1%가 일정시기 또는 간격으로 약제를 살포하고, 7%는 관계기관에 방제시점을 문의하여 약제를 살포하는 것으로 조사되었으며, 5.9%는 홍보물 또는 판매상 정보 등 보급용 방제력을 활용하여 살포시기를 결정하여 약제를 살포하는 것으로 조사되었다. 감귤 병에 방제 시점은 44.1%가 기상에 따라 스스로 판단 후 약제를 살포 하는 것으로 조사되었으며, 36.6%가 일정 시기 또는 간격으로 약제를 살포하고 있으며, 12.4%가 관계기관에 방제시점을 문의하여 약제를 살포하고, 7%가 홍보물 또는 판매상 정보 등 보급용 방제력을 활용하여 살포시기를 결정하여 약제를 살포하는 것으로 조사되었다.

농약 살포 시점에 대한 농약 살포조의 의사결정에 미치는 영향은 김(2000) 등의 의하면 90년대 후반 감귤생산농가의 농약 살포 시점에 대한 의사결정 방법으로는 살포 판단기준은 자가 스스로 판단하는 경우가 58.8%로 가장 많았으며, 홍보물, 관계기관 문의, 판매상 정보 등에 의한 경우가 각각 5.9%, 13.7%, 13.7%로 조사되었으며 이러한 자료와 분석 자료를 비교해 보면 15~20여 년 전과 비슷한 경향을 보여 감귤 병해충 방제적기 판단에 대한 새로운 정보를 입수하려는 농가 스스로의 노력이 부족한 것으로 생각된다. 따라서, 교육과 훈련을 통한 방제 적기 자가 의사결정 역량을 높이는 전문 교육 프로그램이 확대·제공되어야 할 것으로 생각된다.

라. 사용 농약 효과에 대한 만족도

감귤생산 농가가 사용하는 농약에 대한 만족도 조사 결과는 다음과 같다(Fig. 4). 살충제는 매우 만족(아주 좋다)이 3.8%, 만족(좋다)이 32.3%, 보통(보통이거나 그저 그렇다)이 55.9%, 불만족(별로다)이 6.5%, 매우 불만족(아주 별로다)이 1.6%로 조사되었으며, 살균제는 매우 만족이 3.2%, 만족이 40.3%, 보통이 51.1%, 불만족이 4.8%, 매우 불만족이 0.5%로 조사되었다. 살비제는 매우 만족이 1.6%, 만족이 33.3%, 보통이 51.6%, 불만족이 11.8%, 매우 불만족이 1.6%로 조사

되었으며, 제초제는 매우 만족이 1.6%, 만족이 38.7%, 보통이 47.3%, 불만족이 10.2%, 매우 불만족이 2.2%로 조사되었다. 농약 사용 용도별 사용 농약에 대한 만족도는 비슷한 경향을 보였다. 이는 각 용도별 사용 농약에 대한 방제 기대 효과 대비 방제 효과에 대한 만족도로 감귤 생산 농가들의 현재 시판·사용하는 농약에 대한 방제율이 80~90%의 정도로 농가가 느끼는 것으로 생각된다.

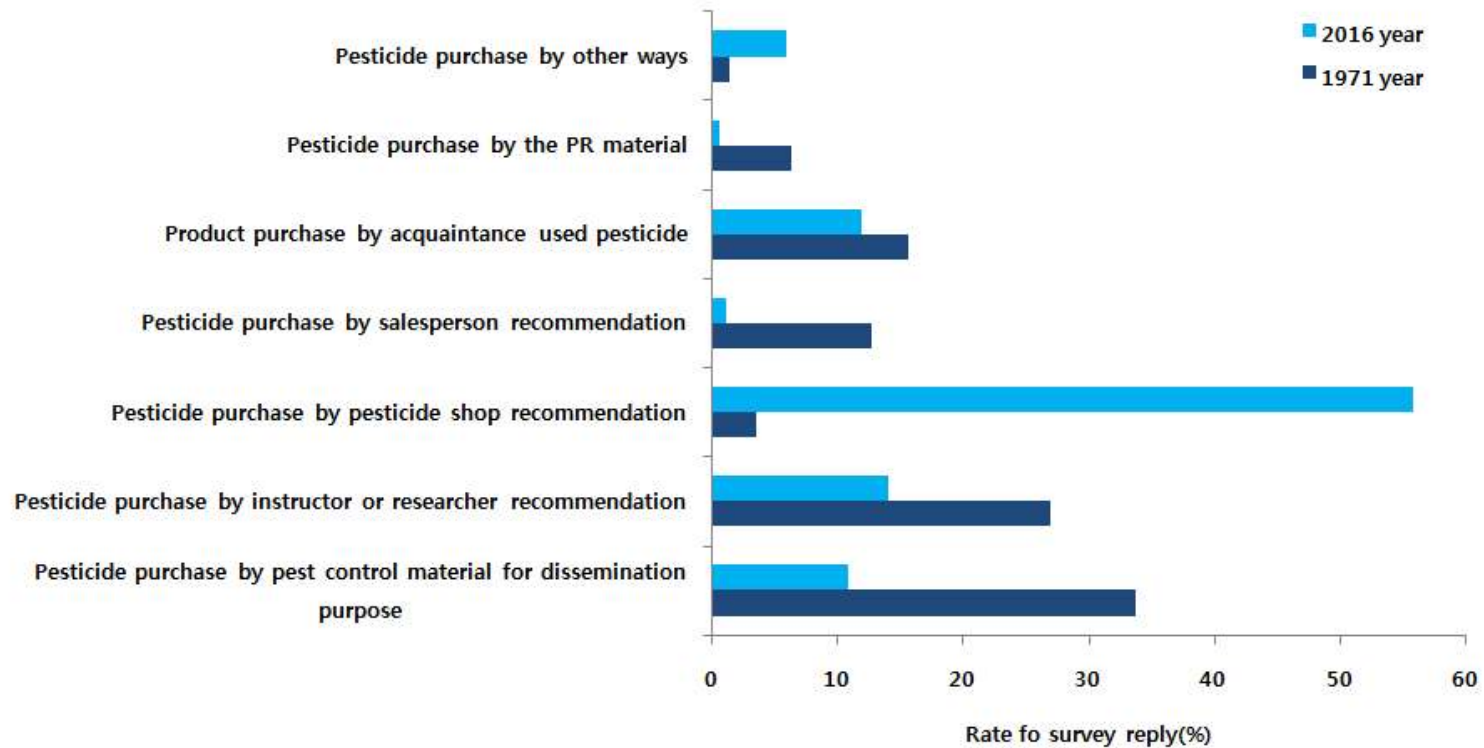


Fig. 1. Factors affecting the decision to select pesticides.

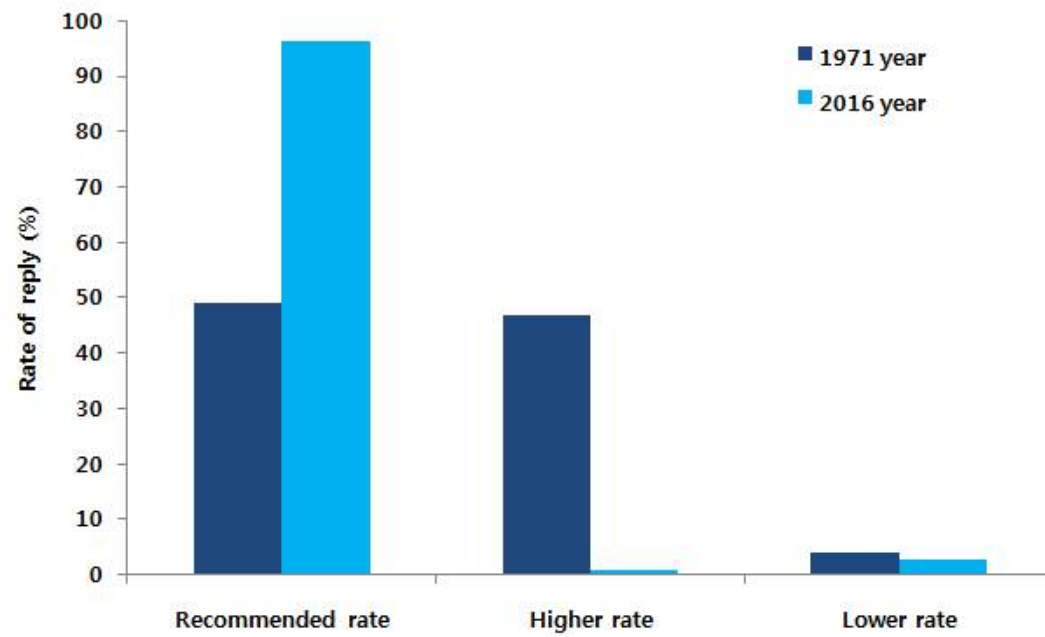


Fig. 2. Spray rate concentration of pesticides.

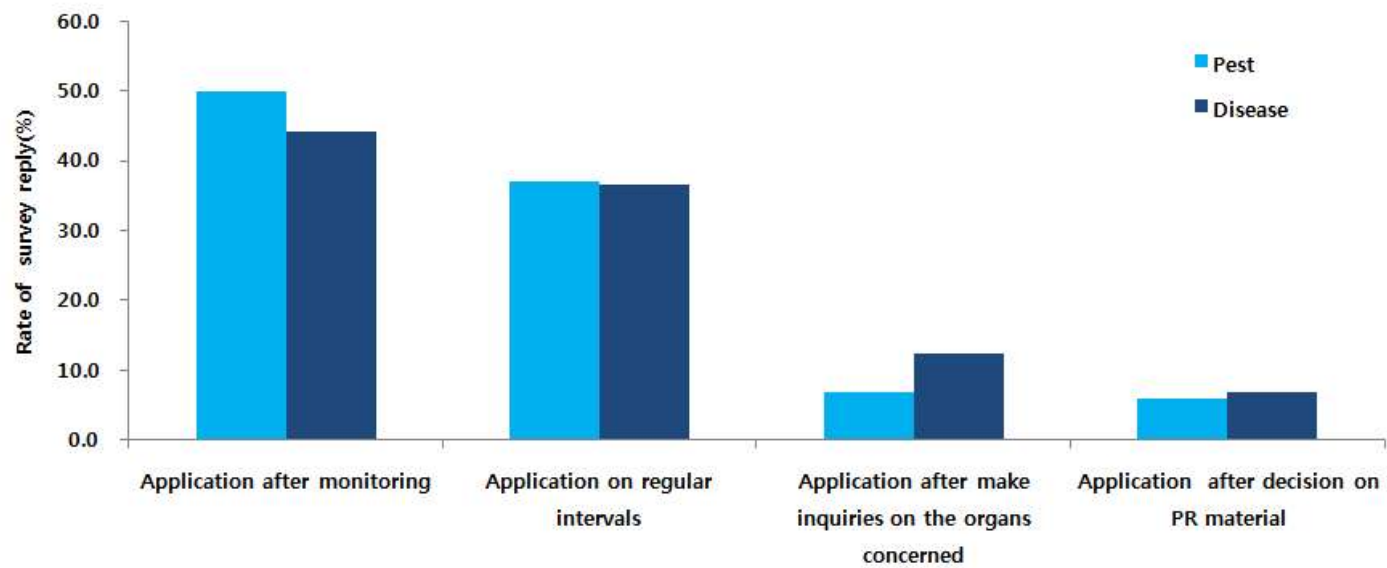


Fig. 3. Decision making method of pesticides spraying time.

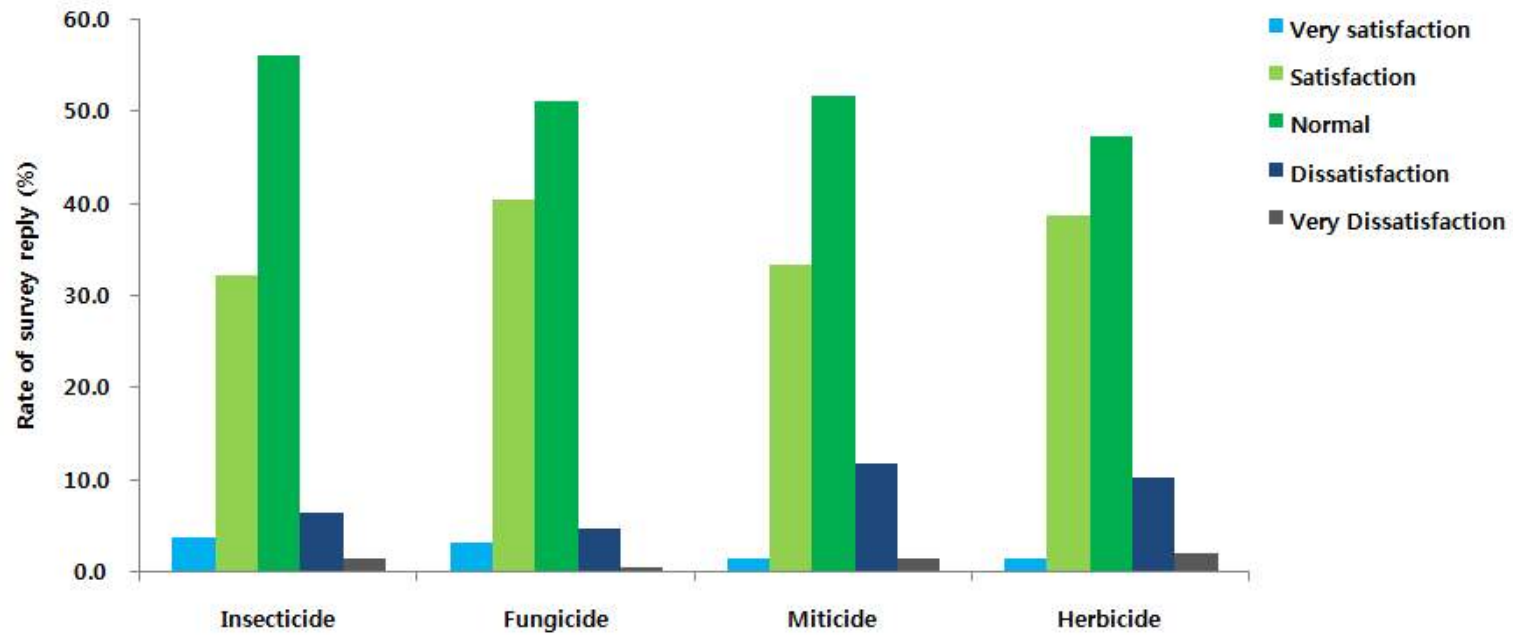


Fig. 4. Satisfaction of citrus growers for pesticides.

(2) 농약 사용 실태 분석

가. 농약 살포시 혼용실태

감귤 생산 농가의 농약 혼용 실태는 다음과 같다(Fig. 5). 단일 농약만 살포한 경우가 21.2%, 2가지 농약 혼용 살포가 59%, 3가지 농약 혼용 살포가 18.6%, 4가지 약제 혼용이 1%, 5가지 약제 혼용 살포가 0.1%로 나타났다. 농약 혼용 실태 분석은 제초제와 성장조절제 제품은 제외하여 분석하였는데, 2~3가지 농약을 혼용하여 사용하는 비중이 77.6%로 높은 것은 감귤생산 농가들이 약제를 살포 할 때 감귤 병 방제시 살충제와 살비제를 동시에 희석하여 살포하는 것으로 판단되며, 이는 감귤 생산 농가들이 농약 살포 작업 일수를 줄이기 위한 편의성 때문이라고 생각된다.

나. 사용 농약의 용도에 따른 제형분류

농가가 사용하는 농약에 대해 용도에 따라 제형별로 분류한 결과는 다음과 같다(Fig. 6). 살충제는 총 7가지 제형으로 가장 많은 종류의 제형으로 사용되고 있으며, 살균제는 6가지, 살비제는 2가지, 제초제는 3가지의 제형을 사용하였다. 전체 살충제 중 43.5%가 수화제(WP)였으며, 유제(EC), 수용제(SP), 액상수화제(SC), 입상수화제(WG), 수용성입제(SG), 캡슐 현탁제(CS) 제형 순으로 사용하였다. 살균제에서는 수화제(WP) 사용이 89% 였으며, 입상수화제(WG), 액상수화제(SC)와 유제(EC), 액제(SL), 분산성액제(DC) 순으로 사용하였다. 살비제는 73.2%가 액상수화제(SC)를 사용하였으며, 17.1%가 수화제(WP), 9.8%가 유제(EC) 제형을 사용하였다. 제초제는 액제(SL)가 71.6%로 사용 비중이 가장 높았으며, 입상수화제(WG), 액상수화제(SC)순으로 사용하였다.

다. 감귤 병해충 방제 연간 살포 횟수

제주지역 감귤원에서 농가 당 연간 농약 살포 횟수 분석 결과는 다음과 같다(Fig. 7). 감귤원 연간 살포회수는 6회~16회로써 농가에 따라 상당한 차이가 있었다. 분석 대상 농가의 약 68% 정도가 년 8회에서 10회의 농약을 살포하고 있었다. 9회 살포하는 농가가 26.1%로 가장 많았으며, 평균 9.1회 살포하는 것으로 분석되었다. 1970년대 중반 감귤 재배 농가당 농약 살포 횟수는 10회 미만이 12.5%, 10~

15회 살포가 61.1%, 16~20회 살포가 18.1%, 21회 이상 살포가 8.3% 보고되었으며 (Paik, 1975), 1990년대 말 감귤 재배 농가의 농약 살포 횟수는 9회 이하로 살포하는 농가가 33%, 10~11회 살포가 50%, 12~13회 살포가 14.2%, 14회 이상 살포가 2.8%로 보고되었다(김 등, 2000). Paik(1975)에 의해 보고된 70년대 중반 감귤 재배 농가의 농약 살포 횟수와 최근 살포횟수를 비교해 보면 평균 6회에서 5회 감소하였으며, 김(2000)등에 의해 조사된 90년대와 비교해 보면 감귤 생산 농가의 연간 살포 횟수는 최근 1~2회 감소 경향을 보였다.

라. 감귤원에 사용되는 농약의 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적

감귤에 사용하는 농약을 사용 용도별(살충제, 살균제, 살비제, 제초제)로 구분하여 용도별 살포 농약 제품(주성분, 함량, 제형)에 따라 월별 사용 빈도를 분석하고, 연간 총 사용 빈도와 사용 비중을 계산하였다. 감귤원에 사용하는 농약은 살충제가 50개의 제품으로 가장 많은 종류의 사용되었으며, 살균제가 28개 제품, 살비제가 6개 제품, 제초제가 8개 제품을 사용하였다.

① 살충제

살충제는 49개의 제품이 사용되었으며, 살충제 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적은 다음과 같다(Table 1). Acetamiprid SP(8%)와 Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%) 가 각각 188회와 141회의 사용빈도를 나타내 가장 많이 사용되었으며, Acetamiprid+EtofenproxWP(2.5+8%), Clothianidin+Methoxyfenozide SC(7+8%), Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%), Imidacloprid WP(10%), Clothianidin SG(8%), Deltamethrin EC(1%), Esfenvalerate EC(1.5%), Cypermethrin EC(5%), Thiamethoxam WG(10%), Methoxyfenozide WP(4%), Imidacloprid+Methoxyfenozide WP(4+8%), Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%), Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%), Acetamiprid+Flufenoxuron WP(8+5%), Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%), Tebufenozide WP(8%), Acetamiprid+Lufenuron WP(8+5%), Chlorantraniliprole WP(5%), Chlorfenapyr SC(5%) 순으로 사용 빈도가 높았으며, 이러한 20개 제품이 살충제로 살포된 비중이 90.% 이상 차지하였다.

Acetamiprid SP(8%)는 5월부터 9월까지 사용빈도가 비슷하게 높았으며, 5

월에는 방화해충(애넓적밀빠진벌레), 6월과 7월에는 각지벌레류와 총채벌레류, 8월에는 진딧물류와 굴굴나방, 9월에는 총채벌레 살포 용도로 사용한 것으로 판단된다. Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)와 Clothianidin+ Methoxyfenozide SC(7+8%)는 5월에 사용비중이 각각 48.2%와 33.3%로 방화해충(애넓적밀빠진벌레)을 방제하는 용도로 많이 사용한 것으로 생각되며, 6월부터 7월까지의 진딧물과 나방류(자나방, 굴굴나방) 방제용도로 사용한 것으로 판단된다.

Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)는 7월에 사용비중이 42.3%로 총채벌레류 방제용도로 많이 사용한 것으로 생각된다. Imidacloprid WP(10%)는 8월에 살포 비중이 32.8%로 진딧물류와 굴굴나방 용도로 사용하는 것으로 생각된다. Clothianidin SG(8%)는 6월, 7월까지 사용비중이 51.5%로 각지벌레 방제용도로 많이 사용 하였으며, 9월 사용비중은 27.3%로 노린재류 방제용으로 사용한 것으로 판단된다. Deltamethrin EC(1%), Esfenvalerate EC(1.5%)와 Cypermethrin EC(5%)는 전반적으로 나방류(자나방류와 굴굴나방) 방제용도로 사용한 것으로 생각되며, Thiamethoxam WG(10%)는 진딧물류, 굴굴나방, 총채벌레류, 각지벌레류 해충을 동시 방제 가능한 제품으로 6월부터 8월까지 이들 해충이 발생하는 시기에 방제 비중이 78.3%로 나타났다. Methoxyfenozide WP(4%)는 나방류(자나방류, 굴굴나방) 방제용으로 사용한 것으로 판단된다.

Imidacloprid+Methoxyfenozide WP(4+8%)와 Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%)는 진딧물류와 나방류(자나방류, 굴굴나방) 방제를 위하여 사용한 것으로 생각된다. Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%)와 Acetamiprid+Flufenoxuron WP(8+5%)는 5월 사용비중이 각각 37.5%와 20.8%로 방화해충 방제용으로 사용하였고, 나방류와 6월부터 8월까지의 나방류와 총채벌레 방제용으로 사용한 것으로 판단된다. Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%)는 6월과 7월 총 사용비중이 89.5%로 각지벌레류와 총채벌레류 방제용을 사용한 것으로 생각된다.

Tebufenozide WP(8%), Acetamiprid+Lufenuron WP(8+5%)와 Chlorantraniliprole WP(5%)는 전반적으로 나방류(자나방류, 굴굴나방) 방제용을 사용한 것으로 생각된다. Chlorfenapyr SC(5%)는 8월과 9월 살포 비율이 85.7%로 총채벌레와 응애류 동시 방제용으로 살포한 것으로 판단된다.

② 살균제

살균제는 28개의 제품이 사용되었으며, 살균제 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적은 다음과 같다(Table 2). Mancozeb WP(75%)가 808회의 사용빈도로 가장 많이 사용되었으며, Streptomycin WP(20%), Copper sulfate basic WP(58% (CU32)), Fluazinam WP(50%), Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%), Propineb WP(70%), Imibenconazole WP(15%), Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%)), Dithianon WG(66%), Metiram WG(55%), Difenconazole WP(10%) 순으로 사용 빈도가 높았으며, 이러한 11개 제품이 살포된 살균제로 살포된 비중이 91.4%를 차지하였다.

Mancozeb WP(75%)는 5월과 10월 총 살포 비율이 4.3%로 응애류 방제용으로 살포한 것으로 생각되며, 6월부터 9월까지 살포 비율은 95.7%로 검은점무늬병 방제 용도로 살포한 것으로 판단된다. Streptomycin WP(20%)은 7월과 8월 총 방제비율이 74.1%로 농가들이 궤양병 방제를 7~8월에 집중 방제되는 것으로 나타났다. Copper sulfate basic WP(58%(CU32))는 더뎡이병과 궤양병 방제용으로 사용하였으며, 집중 방제기간은 4월부터 7월까지로 총 방제 비율이 92.4%로 나타났다. 더뎡이병 방제용인 difenoconazole WP(10%), Thiophanate-methyl WP(70%), Benomyl WP(50%), Dithianon SC(43%), difenoconazole DC(5%), difenoconazole SC(10%) 5월에 가장 많이 살포하였다. 더뎡이병, 궤양병 방제용인 Copper sulfate basic WP(58%(CU32)), Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%), Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%)), Copper hydroxide WP(77%), Tribasic copper sulfate SC(15%(CU)) 4월부터 6월에 사용이 집중되었다.

Fluazinam WP(50%)는 더뎡이병, 잿빛곰팡이병 방제용이지만 연간 살포 비중에서 78.3%가 5월에 집중되어 잿빛곰팡이병 방제 용도로 많이 사용하는 것으로 판단되었다. Propineb WP(70%)는 더뎡이병, 검은점무늬병 방제용이지만 연간 살포 비중에서 73.1%가 7~8월에 집중되어 검은점무늬병 방제 용도로 많이 사용하는 것으로 판단된다. Imibenconazole WP(15%)는 검은점무늬병 방제용으로 69.8%가 6월에 사용되어 검은점무늬병 방제용으로 많이 사용하는 것으로 판단된다. Metiram WG(55%)는 더뎡이병과 검은점무늬병 방제용이지만 살포 기간

이 7월부터 9월까지 살포되어 검은점무늬병과 방제용으로 많이 사용하는 것으로 생각된다. Cuprous oxide+Streptomycin WP(30+8%)는 궤양병 방제용으로 7월과 8월에 집중되는 것으로 나타났다. Pyraclostrobin EC(22.9%)는 더듬이병, 잣빛곰팡이병, 검은점무늬병, 녹색곰팡이병, 푸른곰팡이병 방제용이나 연간 방제비율의 66.7%가 5월에 사용되어 잣빛곰팡이병 용도로 많이 사용하는 것으로 판단된다. Iminoctadine triacetate SL(25%)는 저장병 용도로 92.9%가 9월에 살포하는 것으로 나타났다. Copper oxychloride+Dithianon WP(42+13%)는 6월부터 8월까지 사용되어 검은점무늬병 방제 용도로 사용되는 것으로 생각된다. Dithianon WP(75%)는 잣빛곰팡이병 용도이나 6월에 사용 빈도가 높아 농가가 검은점무늬병 방제가 가능할 것으로 판단하고 사용한 것으로 생각된다.

Cyprodinil WG(50%)와 Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)는 더듬이병, 잣빛곰팡이병 방제용도이나 5월에만 사용된 것으로 보아 잣빛곰팡이병 방제용으로 많이 사용하는 것으로 판단된다. Carbendazim+Kresoxim-methyl WP(40+20%)는 검은 점무늬병 용도로, Trifloxystrobin WG(50%)는 더듬이병 용도로 사용한 것으로 판단된다.

③ 살비제

살비제는 6개의 제품이 사용되었으며, 살충제 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적은 다음과 같다(Table 3). Spirodiclofen SC(22%)가 26회의 사용빈도로 가장 많이 사용되었으며, Propargite WP(30%), Etoxazole SC(10%), Pyridaben WP(20%), Cyhexatin WP(25%), Tebufenpyrad WP(10%) 순으로 사용 빈도가 높았다.

살비제는 총 월별 사용 비율이 8월 25%, 9월 43.2%, 10월 20.5%로 8월은 굴녹응에 방제를 목적으로 살비제를 사용하였으며, 9월과 10월은 굴응에 방제 목적으로 살비제를 사용한 것으로 판단된다.

④ 제초제

제초제는 49개의 제품이 사용되었으며, 살충제 종류 및 사용 시기에 따른 방제 목적은 다음과 같다(Table 4). Glyphosate-potassium SL(44.75%)가 52회

의 사용빈도로 가장 많이 사용되었으며, Gyphosate-ammonium+oxyfluorfen WG(36+2%), Glufosinate ammonium SL(18%), Glufosinate ammonium SL(41%), Glufosinate ammonium SL(16.2%), Flumioxazin+glyphosate-IPA SC(1.5+28%), Glyphosate SL(41%), Glyphosate+pyraflufen-ethyl SC(30+0.15%) 순으로 사용 빈도가 높았다.

제초제 사용은 3월 부터 9월까지 지속적으로 사용하는 것으로 분석되었다. 감귤 꽃 개화기인 5월부터 과실 비대기인 8월까지 제초제를 살포하는 것은 제초 약제 비산을 통해 과실에 부착 위험이 있기 때문에 제초제 사용에 대한 올바른 교육과 홍보가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

마. 농약의 용도별 연간 방제 비중

감귤생산을 위해 연간 농약을 사용 비중 결과는 다음과 같다(Fig. 8). 3월과 11월에 농약을 살포하는 농가는 비중이 낮았으며, 대부분의 농가가 5월부터 9월 까지 집중 방제하는 것으로 분석되었다. 전체 사용농약 비율을 보면 3월은 제초제가 0.5%, 4월은 살균제가 2.2%로, 제초제가 0.7%, 살충제가 0.3%의 비율을 보였으며, 5월은 살균제가 9.8%, 살충제가 6.9%, 제초제가 0.7%로 나타났다. 6월은 살균제가 11.3%, 살충제가 8.3%, 제초제가 나타났다. 7월은 살균제 가 12.6%, 살충제가 9.2%, 제초제는 1%, 살비제는 0.1%의 사용비율을 보였다. 8월은 6월과 과 비슷하게 살균제가 11.5%, 살충제가 8.7%, 제초제가 0.8%, 살비제 가 0.4%의 사용비율을 보였다. 9월은 살균제가 6.9%, 살충제가 5.5%, 살비제가 0.4%를 로 나타났다. 10월은 각각의 용도별로 낮은 사용 비율을 보였다.

월별 살균제와 살충제의 사용 비율의 전반적인 경향을 보면 살충제보다 살균제 사용비중이 살충제의 1.3배 많은 것으로 분석되었다.

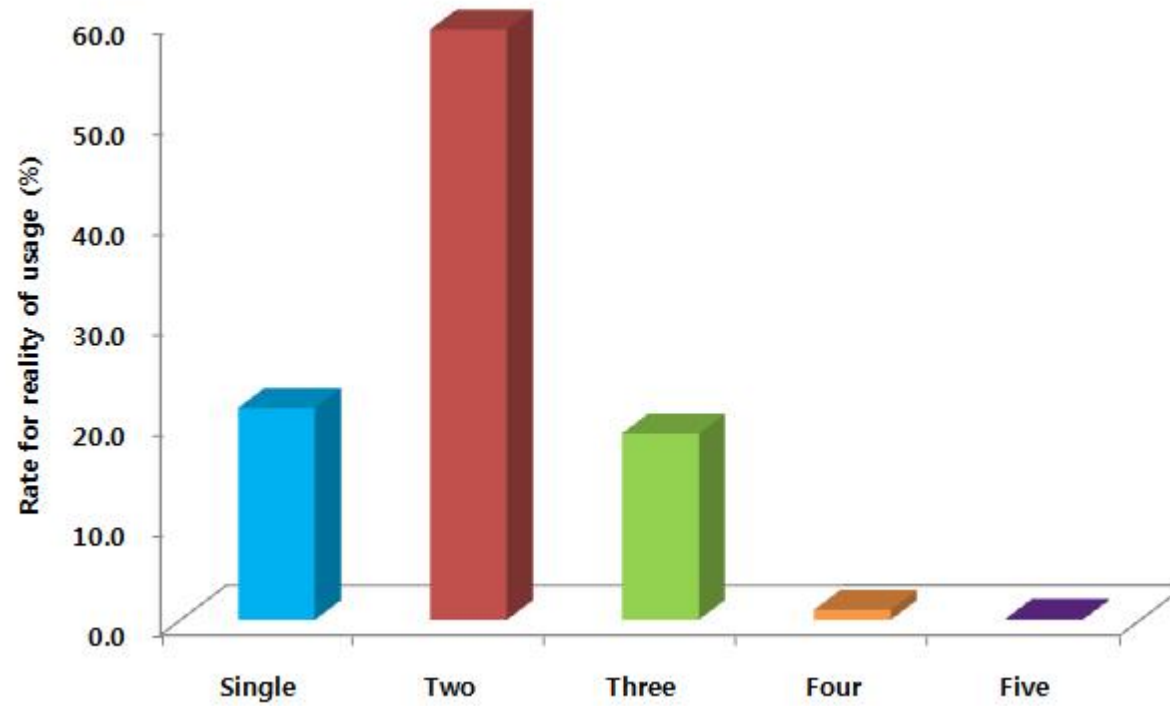


Fig 5. Frequencies for the number of pesticides combined per spray in citrus orchards.

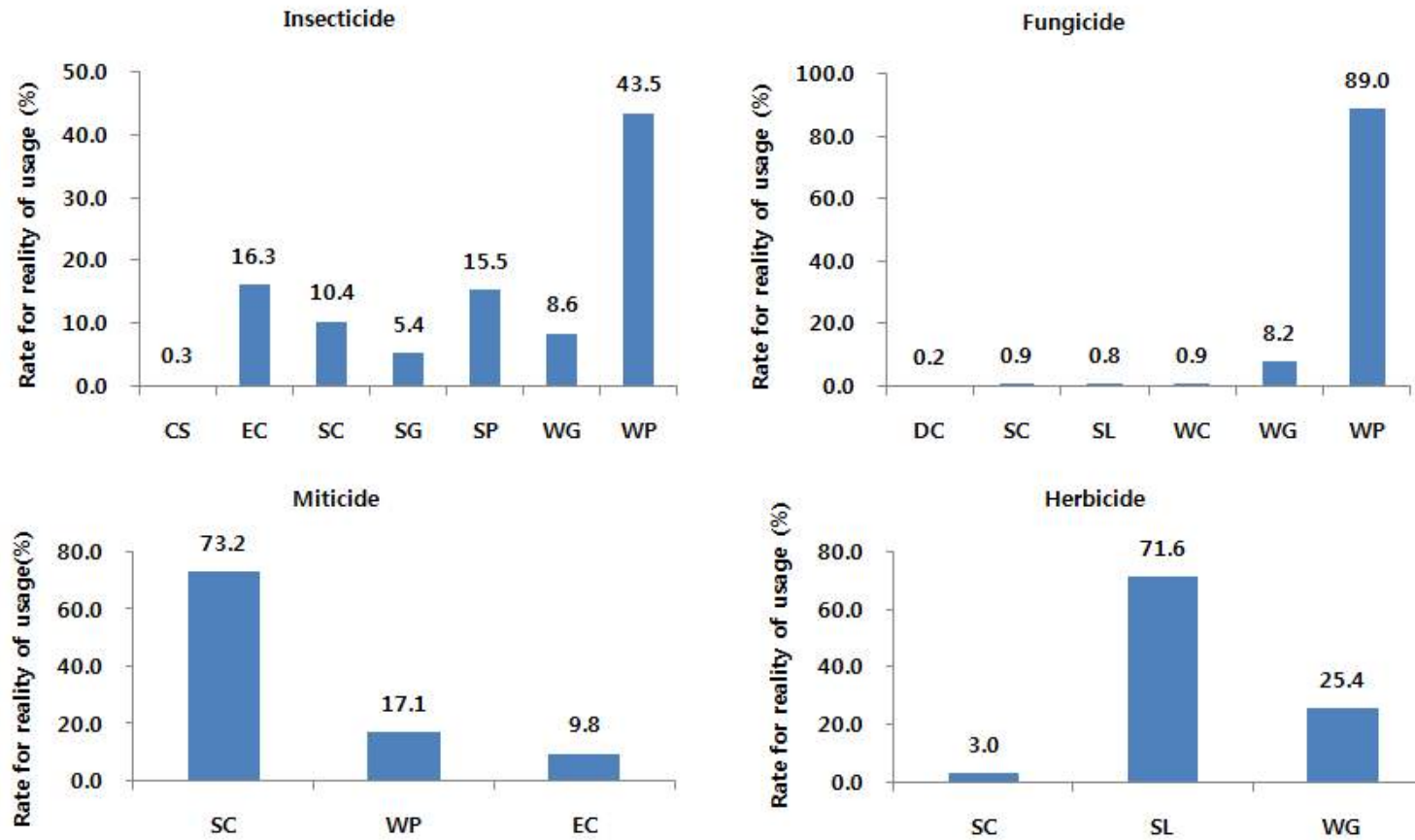


Fig. 6. Classification of formulation type for pesticides used in citrus orchards.

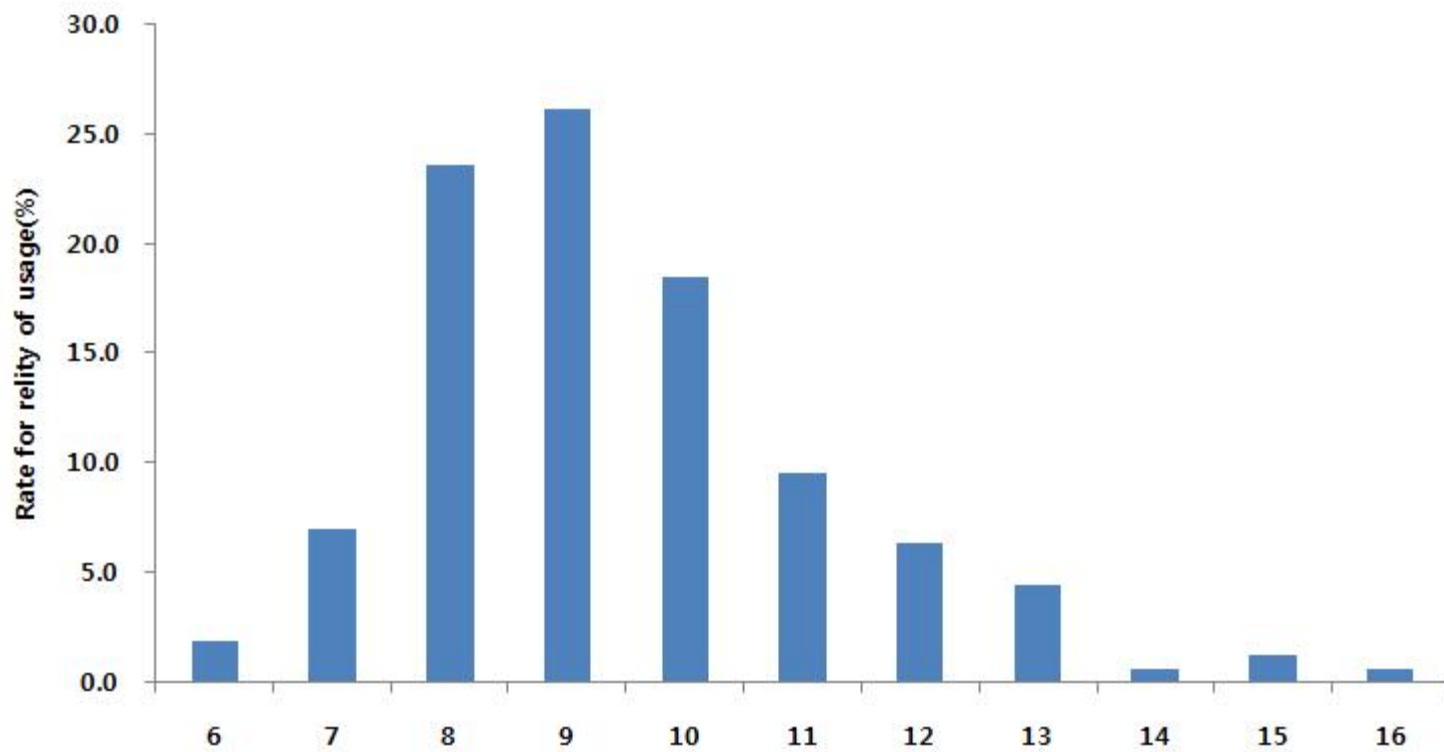


Fig. 7. The number of annual sprays in citrus orchards.

Table 1. Monthly distribution of insecticides used in citrus orchards.

NO	Common Name	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	%
1	Acetamiprid SP(8%)	1	36	40	32	50	29		188	15.5
2	Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)	2	68	27	19	19	6		141	11.6
3	Clothianidin+Methoxyfenozide SC(7+8%)	1	30	28	18	20	2		99	8.2
4	Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)		8	16	41	18	14		97	8.0
5	Imidacloprid WP(10%)	1	11	11	14	22	8		67	5.5
6	Clothianidin SG(8%)		4	9	25	9	18	1	66	5.4
7	Deltamethrin EC(1%)	1	6	9	9	15	13	4	57	4.7
8	Esfenvalerate EC(1.5%)	2	11	12	7	7	7	1	47	3.9
9	Cypermethrin EC(5%)		4	13	8	9	10	2	46	3.8
10	Thiamethoxam WG(10%)		2	9	16	11	8		46	3.8
11	Methoxyfenozide WP(4%)		3	12	12	14	4		45	3.7
12	Imidacloprid+Methoxyfenozide WP(4+8%)		6	15	5	7	6		39	3.2
13	Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%)		1	2	13	11	2		29	2.4
14	Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%)		10	5	5	7	1		28	2.3
15	Acetamiprid+Flufenoxuron WP(8+5%)		5	5	8	6			24	2.0
16	Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%)			6	11	2			19	1.6
17	Tebufenozide WP(8%)			6	4	8	1		19	1.6
18	Acetamiprid+Lufenuron WP(8+5%)		1	5	4	5	1	1	17	1.4

NO	Common Name	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	%
19	Chlorantraniliprole WP(5%)			5	2	7			14	1.2
20	Chlorfenapyr SC(5%)			1		6	6	1	14	1.2
21	Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%)		6	1	1	1	3		12	1.0
22	Alpha-cypermethrin EC(2%)		2	2	3	1	3		11	0.9
23	Chlorfenapyr WP(5%)				9	1	1		11	0.9
24	Etofenprox+Imidacloprid WG(8+4%)		2	5		4			11	0.9
25	Buprofezin+Tebufenozide WP(12+5%)			6	3				9	0.7
26	Indoxacarb+Teflubenzuron WP(1+2%)		1	1		2	1		5	0.4
27	Acetamiprid WP(8%)			1	3				4	0.3
28	Gamma-cyhalothrin CS(1.4%)				1	2	1		4	0.3
29	Phenthoate EC(47.5%)					1	2	1	4	0.3
30	Benfuracarb WG(30%)					1	2		3	0.2
31	Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%)			1	2				3	0.2
32	Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)					2	1		3	0.2
33	Clothianidin SC(8%)				2		1		3	0.2
34	Lambda-cyhalothrin EC(1%)				2	1			3	0.2
35	Lambda-cyhalothrin+Imidacloprid WP(1+10%)			1		1	1		3	0.2
36	Methoxyfenozide SC(21%)				3				3	0.2

NO	Common Name	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	%
37	Acetamiprid WG(8%)			2					2	0.2
38	Buprofezin+Thiacloprid SC(20+5%)				1	1			2	0.2
39	Chlorfenapyr EC(5%)			1	1				2	0.2
40	Chlorfluazuron EC(5%)					1	1		2	0.2
41	Dinotefuran+Methoxyfenozide SC(10+4%)			1	1				2	0.2
42	Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%)						2		2	0.2
43	Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%)			1					1	0.1
	Total	9	218	259	288	273	155	11	1,213	100.0

Table 2. Monthly distribution of fungicides used in citrus orchards.

NO	Common Name	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	%
1	Mancozeb WP(75%)			32	188	258	198	129	3		808	47.2
2	Streptomycin WP(20%)			2	8	48	55	26			139	8.1
3	Copper sulfate basic WP(58%(CU32))		36	36	36	13	6	4			131	7.6
4	Fluazinam WP(50%)		1	72	15	2	2				92	5.4
5	Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%)			3	19	30	25	6			83	4.8
6	Propineb WP(70%)			2	6	10	47	13			78	4.6
7	Imibenconazole WP(15%)		9	60	5	2					76	4.4
8	Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%))		14	24	14	1	2				55	3.2
9	Dithianon WG(66%)			8	30	3	2				43	2.5
10	Metiram WG(55%)					9	9	16			34	2.0
11	difenoconazole WP(10%)	1	3	22	1					1	28	1.6
12	Thiophanate-methyl WP(70%)			5	15	1	2	2			25	1.5
13	Benomyl WP(50%)		1	4	3			4	2	2	16	0.9
14	Cuprous oxide+Streptomycin WP(30+8%)			1	1	6	6	2			16	0.9
15	Pyraclostrobin EC(22.9%)		2	10	2	1					15	0.9
16	Iminoctadine triacetate SL(25%)							13		1	14	0.8
17	Copper oxychloride+Dithianon WP(42+13%)				2	2	4	1			9	0.5
18	Dithianon WP(75%)			1	6	2					9	0.5

NO	Common Name	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	%
19	Cyprodinil WG(50%)			7							7	0.4
20	Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)			7							7	0.4
21	Copper hydroxide WP(77%)		1		1	3	1				6	0.4
22	Tribasic copper sulfate SC(15%(CU))			2		2	2				6	0.4
23	Dithianon SC(43%)			1	3	1					5	0.3
24	difenoconazole DC(5%)		1	3							4	0.2
25	Metconazole SC(20%)			3							3	0.2
26	difenoconazole SC(10%)			2							2	0.1
27	Carbendazim+Kresoxim-methyl WP(40+20%)				1						1	0.1
28	Trifloxystrobin WG(50%)			1							1	0.1
	Total	1	68	308	356	394	361	216	5	4	1,713	100.0

Table 3. Monthly distribution of miticides used in citrus orchards.

NO	Common Name	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	%
1	Spirodiclofen SC(22%)	2	1	9	12	2	26	59.1
2	Propargite WP(30%)				1	4	5	11.4
3	Etoxazole SC(10%)				4		4	9.1
4	Pyridaben WP(20%)		2	2			4	9.1
5	Tebufenpyrad EC(10%)					1	4	9.1
6	Cyhexatin WP(25%)					1	1	2.3
Total		2	3	11	19	9	44	100.0

Table 4. Monthly distribution of herbicides used in citrus orchards.

NO	Common Name	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	%
1	Glyphosate-potassium SL(44.75%)	6	8	5	13	6	8	4	2	52	30.8
2	Glyphosate-ammonium+oxyfluorfen WG(36+2%)	5	6	8	9	7	5	3		43	25.4
3	Glufosinate ammonium SL(18%)	2	4	8	6	11	9	1		41	24.3
4	Glufosinate ammonium SL(41%)	1	2	4	3	5	2	2		19	11.2
5	Glufosinate ammonium SL(16.2%)			2	1	1	1			5	3.0
6	Flumioxazin+glyphosate-IPA SC(1.5+28%)		1	1	2					4	2.4
7	Glyphosate SL(41%)	2			1		1			4	2.4
8	Glyphosate+pyraflufen-ethyl SC(30+0.15%)			1						1	0.6
Total		16	21	29	35	30	26	10	2	169	100.0

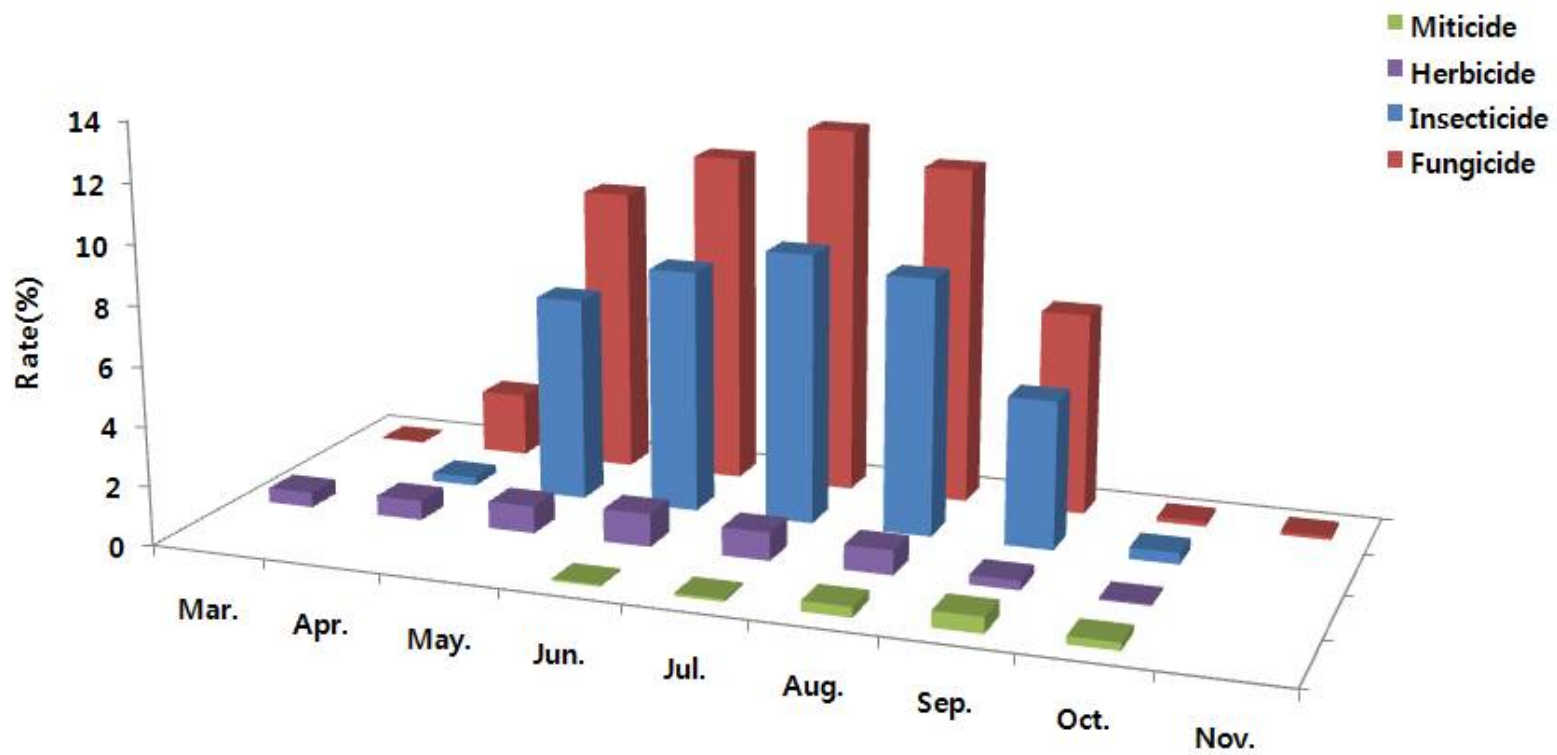


Fig. 8. Monthly distribution of fungicides, insecticides, herbicides and miticides in citrus orchards.

4. 요약 및 제언

선진국에서는 전문화된 요원이 자국의 농약 사용량을 주기적으로 조사하고 있으며, 조사된 결과를 정책에 반영시키고 있다. 또한 OECD는 인체 및 환경위해성 경감 대책을 주요 현안 문제로 다루고 있으며, 농약 사용 지표개발을 통한 농약 사용량 감소 방안을 위해 각 회원국에 신뢰성 있는 농약 사용량을 요구하고 있다(Ha et al., 2012). 우리나라에서는 농가에 기록장을 배부하고 인적사항, 재배 품종, 농약명, 방제대상 및 시기, 살포 방법, 희석량, 살포면적 대비 실제 사용량 등에 대한 정보를 4년에 1주기로 실시한다고 발표되었으나(Ha et al., 2012), 농약 사용량 조사는 매년 실시하기 어렵고 정보가 부족한 실정이다(임 등, 2003).

따라서 본 연구에서는 도내 감귤생산 농가의 농약 사용시 의식조사 및 방제 실태를 분석하여 현재 감귤원 농약 사용에 관리 정책 수립에 기초자료로 활용코자 하였다.

농약 사용 의식조사 설문을 통해 농약 선택 방법을 조사한 결과 과거 70년대에는 보급용 방제력을 통한 선택, 주변 지인이 사용하는 농약 구입 또는 지도사, 연구사가 추천 제품을 구입하는 경우가 비중이 높았고, 농약 판매소 추천 농약을 구입하는 비중이 낮았으나 최근에는 반대로 농·감협 등 농약 판매소에서 제공하는 농약을 구입하는 비중이 55.9%로 절반 이상을 차지하여 농약 판매소에서 제공하는 농약에 대한 정보와 신뢰성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

농약 사용시 농도 결정에 대한 응답은 과거 70년대에는 지시된 농도로 사용하는 비중이 49.1%, 그 보다 진하게 사용하는 비중이 46.7%로 진하게 사용하는 농가 비중이 높았으나, 최근에는 추천하는 농도로 사용하는 농가가 96.2%로 조사되어 생산농가의 교육 수준과 교육기관의 지도·컨설팅 등 다양한 정보와 교육의 기회가 제공되어 농약에 대한 올바른 인식과 사용 의식이 높아진 효과라고 생각된다.

농약 살포시 의사결정은 응답자의 50%가 해충에 방제시 발생 예찰 후 농약을 살포하는 것으로 조사되었으나, 37.1%가 아직도 주기적으로 약제를 살포하는 것으로 조사되었다. 병 방제는 기상 상황에 따라 약제 살포 결정을 한다는 응답 비율이 44.1%로 조사되었으며, 주기적으로 약제를 살포하는 비율도 33.6%로 조

사되었다.

사용 농약의 만족도는 살충제, 살균제, 살비제, 제초제 대하여 47~55% 정도가 '보통(그저 그렇다)이다'라는 만족도를 보였으며, 32~40%가 '만족한다(좋다)'라는 만족도를 보였다. 이는 각 용도별 사용 농약에 대한 방제 기대 효과 대비 방제 효과에 대한 만족도로 감귤 생산 농가들의 현재 시판·사용하는 농약에 대한 방제율이 80~90%의 정도로 농가가 느끼는 것으로 생각된다.

농약 사용 실태 분석을 통해 농약 살포시 혼용실태를 분석한 결과 2가지 농약을 혼용하여 살포한 경우가 59%로 가장 높았으며, 3가지 농약을 혼용하여 살포한 경우가 18.6%로 분석되었다. 단일 약제만 사용한 경우는 21.2%로 분석되었다. 이는 제초제를 제외한 살충제, 살균제, 살비제 제품의 혼용실태를 분석한 결과이다. 농약을 혼용하는 경우 약제 살포 횟수를 줄여 노동력 절감의 효과를 때문에 많은 농가들이 약제를 혼용하여 살포하고 있다. 농약의 혼용살포는 경우에 따라 농작물에 예기치 않은 약해 유발과 약효저하 등 경제적인 손실을 가져오는 경우도 있으며, 농약 혼용 살포시 대상병해충이 다르므로 단제로는 희석배수대로 살포했지만 작물 및 살포자에게는 2~3배의 농약이 사용된 결과가 되므로 예기치 못한 약해 발생이나 중독사고가 일어날 가능성이 있다(김 등, 1988). 그러나 현행 농약의 혼용은 약해 유무 정도로만 혼용가부를 추천하므로 살포자에 대한 안전성을 고려하지 않은 문제점을 지니고 있다. 약제 혼용에 대한 자세한 정보와 교육을 농가에 제공하여 올바른 농약사용에 대한 교육이 제공되어야 할 것으로 생각한다.

감귤원 연간 살포 횟수는 6회에서 16회를 살포하는 하는 것으로 분석되어 농가에 따라 상당한 차이가 있었으나, 연 9회 살포하는 농가가 26.1%로 가장 높았으며, 농약의 약 68% 정도가 연 8회에서 10회 농약을 살포하는 것으로 분석되었다. Paik(1975)에 의해 보고된 70년대 중반 감귤 재배 농가의 농약 살포 횟수와 최근 살포횟수를 비교해 보면 평균 7회에서 5회 감소하였으며, 김(2000)등에 의해 조사된 90년대와 비교해 보면 감귤 생산 농가의 연간 살포 횟수는 최근 1~2회 감소 경향을 보였다.

감귤원에 사용되는 농약의 종류 및 사용 시기에 대한 분석 결과 살충제, 살균제, 살비제, 제초제에 제품별 사용 비중과 사용 시기, 횟수를 조사하였다. 살충

제는 49개 제품이 사용되고 있었으며 이 중 Acetamiprid SP(8%)와 Acetamiprid +Etofenprox WP(2.5+8%) 사용 비중이 15.5%와 11.6%로 가장 높았으며, Acetamiprid SP(8%)는 5월부터 9월까지 많이 사용하는 제품으로, 8월에 가장 많이 사용되는 것으로 분석되었다. Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)는 5월에 가장 많이 사용하는 것으로 분석되었다. 살균제는 28개 제품이 사용되고 있었으며, 이 중 Mancozeb WP(75%) 사용 비중이 47.2%로 가장 높았다. 그 다음으로 Streptomycin WP(20%), Copper sulfate basic WP(58%(CU32)) 사용 비중은 각각 8.1%, 7.6%로 사용을 많이 하는 제품으로 분석되었다. Mancozeb WP(75%)은 6월부터 9월까지 지속적으로 검은점무늬병을 방제하기 위해 많이 사용하는 제품이었으며, Streptomycin WP(20%)은 6월과 7월 궤양병을 방제하기 위한 농약으로 많이 사용되는 것으로 분석되었다.

살비제는 Spirodiclofen SC(22%)가 59.1%로 사용비중이 가장 높았으며, 9월에 응애류 방제용으로 많이 사용되었다.

제초제는 Glyphosate-potassium SL(44.75%), Gyphosate-ammonium+oxyfluorfen WG(36+2%), Glufosinate ammonium SL(18%)가 각각 30.8%, 25.4%, 24.3%의 사용비중을 보였으며, 전반적으로 제초제 사용 시기는 3월 부터 9월까지 지속적으로 사용하는 것으로 분석되었다. 감귤 꽃 개화기인 5월부터 과실 비대기인 8월까지 제초제를 살포하는 것은 제초 약제 비산을 통해 과실에 부착 위험이 있기 때문에 제초제 사용에 대한 올바른 교육과 홍보가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- Adaskaveg, J., D. Gubler, T. Michailides and B. Holtz. 2011. Fungicides, Bactericides and biologicals for deciduous tree fruit, nut, strawberry, and vine crops 2011.
- Department of Plant Pathology. UC Davis : Department of Plant Pathology. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/05b5z3> vs. Accessed 2 February 2014.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. Pesticide residues in food Report. FAO Plant Production and Protection Paper – 145. Lyons, France.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. FAO Statistical Yearbook 2013 World Food and Agriculture. Rome, Italy.
- Garthwaite, D. G., S. Hudson, I. Barker, G. Parrish, L. Smith and S. Pietravalle. 2013. Pesticide usage report, Orchards in the United Kingdom 2012. Department for Environment, Food & Rural Affairs, York, UK.
- Ha, H. Y., D. S. Na, U. C. Shin, G. J. Lim and J. E. Park. 2012. Survey of pesticide use in fruit vegetables, fruit, and rice cultivation areas in Korea. *Kor. J. Pestic. Sci.* 16(4):395-400.
- Hong, S. S., A. S. You, M. H. Jung, K. H. Park, J. Y. Park and Y. J. Lee. 2013. Risk assessment of pesticide operator using modified UK-POEM in Korean orchard. *Korean J. Pesticide Sci.* 17(1):50-59.
- Ihm, Y. B., K. S. Kim, K. S. Kyung, N. S. Kim, H. Y. Ha, H. D. Lee, K. S. Oh, J. W. Kim and G. H. Ryu. 2003. Survey of pesticide usage on fruits in Korea. *Korean J. of Pesticide Sci.* 7(4).
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2013. Aphids, Whiteflies and Hoppers-Insecticide mode of action classification. <http://www.irac-online.org>. Accessed 4 february 2014.
- Jung, J. E., and J. I. Yun. 2006. Phenology and minimum temperature as dual determinants of late frost risk at vineyards. *Korean J. Agr. Forest*

- Meteorol. 8(1):28-35.
- Jung, J. E., and J. I. Yun. 2006. Phenology and minimum temperature as dual determinants of late frost risk at vineyards. Korean J. Agr. Forest Meteorol. 8(1):28-35.
- Kim, H. M. 2012. Landscape analysis of major lepidopteran pest occurrence in apple orchards. Andong National Univ. Academic Thesis. Andong, Korea.
- Kim, K. S., K. H. Kim, N. S. Kim, Y. B. Ihm, H. D. Lee, H. G. Kim, O. J. You, B. Y. Oh, G. J. Im and G. H. Ryu. 2006. Survey on compliance of pesticide registration standard and pesticide usage of paddy rice and leaf Vegetables in Korea. Korean J. of Pesticide Sci. 10(3)
- Korea Crop Protection Association. 2012. Crop Protect Product Use Guide Book.
- Korea Crop Protection Association. 2015. Crop Protect Product Use Guide Book.
- Kwon, O. K., S. M. Hong, D. S. Choi, C. W. Park, B. H. Song, G. H. Ryu and B. Y. Oh. 2001. Survey of pesticide usage in fruit crops for the development of pesticide use indicator. Kor. J. Pestic. Sci. 5(4):40-44.
- Kwon, O. K., S. M. Hong, D. S. Choi, K. S. Seong, Y. B. Ihm, C. K. Kang, B. H. Song and B. Y. Oh. 2000. Survey of pesticide usage in paddy rice for the establishment of pesticide use indicator. Korean J. of Pesticide Sci. 4(4):35~39.
- Lee, D. H., K. H. Choi, S. W. Lee, J. Y. Uhm and S. K. Kim. 2005. Guidebook of apple integrated pest management. Apple Experiment Station, NHRI RDA, Suwon, Korea.
- Lee, D. H., K. H. Choi, S. W. Lee, J. Y. Uhm and S. K. Kim. 2005. Guidebook of apple integrated pest management. Apple Experiment Station, NHRI RDA, Suwon, Korea. action classification. <http://www.irac-online.org>. Accessed 4 february 2014.

- Lee, H. J. 2009. Monitoring of ergosterol biosynthesis inhibitor (EBI) pesticide residues in commercial agricultural products and risk assessment. Korean J. Food Sci. 38(12): 1779-1784.
- Lee, H. J. 2009. Monitoring of ergosterol biosynthesis inhibitor (EBI) pesticide residues in commercial agricultural products and risk assessment. Korean J. Food Sci. 38(12): 1779-1784.
- OECD. 1999. OECD survey on the collection and use of agricultural pesticide sales data: survey results. p.14, Paris France.
- Paik. 1975. Survey on the citrus pest control status in Korea. Seoul Univ. J.(B) 25
- Thomas, M. R. 1999. OECD guidelines for the collection of pesticide usage statistics within agriculture and horticulture. p.40, Paris, France.
- USDA. 2002. Agricultural chemical usage 2001 fruit summary.
- 김광식, 김동환, 현재욱, 이성찬, 김대현. 2000. 제주도감귤원의 병해충방제실태. 한국농약과학회지. 37-37.
- 김영환, 박명재, 홍세용. 1988. 농촌지역에서 발생한 치명적 양물중독에 관한 임상적 관찰, 대한내과학회잡지. 35(6):821~827
- 농약공업협회. <http://koreacpa.org/index3/main.php>
- 오경석, 임양빈, 오홍규, 이병무, 경기성, 김남숙, 김백연, 김정원, 류갑희. 2003. 농약사용지표개발을 위한 과채류 농약사용실태 조사 분석. 농약과학회지. 7(1):66~73.
- 임양빈, 김정선, 경기성, 김남숙, 하현영, 이희동, 오경석, 김정원, 류갑희. 2003. 국내 과수류의 농약사용 실태조사. 한국농약과학회지. 7(4):258~263
- 홍순영, 송정흡. 2012. 감귤원 병해충 방제매뉴얼. 제주특별자치도농업기술원. 한국작물보호협회. <http://www.koreacpa.org/korea/index.php>

제 2 장. 감귤원에 사용되는 농약에 대한 환경영향지수(EIQ)개발 및 평가

1. 연구 배경

OECD는 농약포럼에서 「농약 위해성 지표에 관한 프로젝트」를 1998년부터 착수하여 환경에 대한 농약의 위해성을 판단하기 위한 연구를 시작하였다(OECD, 1998). OECD는 2000년 수계성 위해성 지표(Aquatic Risk Indicator)를 개발하여 각 국에 사용하도록 권장하고 있다(오 등, 2003). 수계성 위해성 지표의 개발 목적은 각종 위해성 경감정책 추진시 경과시간별 위해성 경감 정도를 추적하기 위함이고, OECD 전문가 그룹(12명으로 구성)에서 개발하였다. 이 지표의 접근 방식은 각 사용변수를 위해성 정도에 따라 일정 등급으로 둔 수치를 적용하는 scoring 방식과 실제 사용변수를 수치화하고 가공시키지 않은 채 직접 사용하는 Mechanistic Model을 채택하고 있으며, 평가방법은 REXTOX(Ratio of Exposure to Toxicity) indicator, ADSCOR(Additive Scoring) indicator, SYSCOR(Synergistic Scoring) indicator의 3종이 사용되었다(OECD, 2000). 이들 지표에는 노출과 위해성 두 가지 변수를 사용하고 있는데, 노출은 농약사용패턴(살포면적, 누적살포면적, 추천 약량, 평균 살포량, 계절당 살포횟수, 살포방법, 완충지대 유무, 완충지대포 등), 수심, 수용해도, 수중 반감기, 광분해성, 옥탄올-물 분배계수, 토양중 반감기, 토성, 작물생육 등이고, 위해성은 어류·물벼룩에 대한 LC50 조류에 대한 EC50, 어류·물벼룩·균류에 대한 무 영향 농도(NOEC, No Observed Effect Concentration) 등이다.

한편, 농약 위험도를 평가하는 수많은 방법들이 과거 20년 동안 소개되어 왔다. 미국에서는 인체건강 위해성 지표(Human health risk indicator)를 개발한 바 있으며, 농약의 환경 영향 평가방법에 대해서는 미국 코넬대에서 개발하였다(Kovach, 1992). 그 외 국가에서의 예를 보면 스웨덴에서 인체건강 위해성 지표(Human health risk indicator)와 환경위해성지표(Environmental risk indicator)를 개발하였으며, 덴마크에서는 환경투입지수(Index of load)를 개발하여 환경에 대한 영향을 평가하고 지표로 개발하였다.

이러한 농약 위해성 지표는 농약등록 결정시 농약사용에 관한 실제 평가 자

료로 활용할 수 있으며, 농약사용량과 관련하여 위해성 증감여부를 판단하고, 농약의 안전성과 관련한 부분에 대한 DB화를 조장하여, 안전성과 관련된 국가 정책에 반영할 수 있는 기초자료를 생산하는데 중요한 역할을 한다고 할 수 있다(오, 2003).

환경영향지수(EIQ, Environment Impact Quotient)는 작물 재배자 및 IPM(Integrated pest management) 전문 종사자들이 더 환경 친화적인 농약을 선택할 수 있도록 도움을 주기위해 사용 가능한 형태로 농약에 대한 환경영향 정보를 공시한 체계로서 1992년 미국 코넬 대학에서 개발되었다(Kovach et al., 1992). EIQ 모델은 농업 생산자가 사용하는 농약이 환경과 건강에 미치는 잠재적인 영향을 계산하는 방법으로 농장 노동자, 소비자, 야생 동물, 인간 건강 및 안전에 대한 영향을 포함하여 농업 생산과정에서 발생하는 환경 및 건강 문제에 대해 광범위하게 넓은 범위를 해결한다(Kovach et al., 1992). 이 모델의 결과 값은 농업 생산자가 사용하는 농약에 대해 전반적인 위험에 대한 대략적인 정도를 제시한다. 따라서, 환경영향지수(EIQ) 모델은 농업 생산자가 사용하는 각각의 농약에 대해 환경과 건강에 미치는 잠재적인 영향에 대한 평가를 가능하게 하며, 농업 생산자들의 기존 생산방식(기존 사용 농약)과 다른 해충관리 방법 또는 프로그램에 비교하여 상대적 위험을 평가할 수 있다. 그러나 모든 위험을 평가하는 모델처럼, 이 방법은 예상하지 않거나 노출과 실제 흡수 계정 특정 경로를 고려하지 않기 때문에 주어진 상황에서 실제 농약 위험을 측정하는 것 즉, 그것은 단지 독성 자료 및 화학적 및 물리적 특성에 따라 가능한 위험을 단지 일반화 한 것이다. 그러나 그 방법들은 전형적으로 질적이거나 반(半) 양적 평가 방법이며, 이러한 평가 방법들은 농약의 유효성분에 대한 위험, 독성 노출 등의 요소들을 가지고 평가해 왔다. 이런 평가의 목적은 생산자와 농약을 사용하는 결정권자들에게 정보를 제공하여, 인간과 비표적 생물, 수질 등의 여러 환경에 대한 농약의 위험 정도를 구별할 수 있도록 하는 것이었다. 농약들 사이의 위험도를 비교하는 것은 농약 취급자(생산자 또는 농약사용 결정권자 등)에게 실질적이고 유용성이 있다(Peterson, 2006).

여러 평가 방법 중 가장 영향력이 있는 평가 모델은 Kovach(1992) 등에 의해 만들어진 EIQ 평가 모델이다(Peterson et al, 2014). EIQ가 소개된 이후, 수많

은 농약 취급자들이 자신이 사용하는 농약에 대한 위험도를 평가하기 위해 이 모델을 채택하였다(Peterson et al, 2014). EIQ 평가 모델은 농약 사용에 대해 환경 위험과 관련된 질적 평가를 목적으로 한다. 모델은 일반지수 환경에 대한 포괄적인 위험을 정량화하기 위해 개발하였으며, EIQ를 계산하는데 각각의 변수들은 화학적 특성에 근거한 각각의 건강에 영향과 노출 잠재 가능성에 대한 독성은 각각의 농약에 대한 위험 인자 계산에 사용되었다. EIQ 평가 방법은 본질적으로 방정식이며, 이를 평가하기 위해서는 개별 농약의 유효성분에 대한 만성질환, 경피독성, 조류독성, 꿀벌독성, 천적 독성, 어류독성, 식물·토양 반감기, 침투 이행성 여부, 용탈 가능성 및 침출가능성에 대한 정보들을 1, 3, 5의 임의적인 위험 가중치를 적용하여 단순 사칙연산을 거쳐 각각의 변수에 대한 결과 값을 산출하여 위험성에 대한 상대적인 비교로 전환시키는데 기초하고 있다. 이러한 계산은 농작업자, 소비자, 환경에 대한 EIQ 값을 산출하는데 결론을 내며, 이러한 3가지 요소 범주들로부터 총 EIQ를 밝혀내도록 평균을 산출한다.

이러한 EIQ 평가방식은 평가 요인들을 비교하고 무게를 재는 것 같은 개념적인 문제들의 기초에만 실질적으로 제한되어져 있다는 한계를 갖는다(Dushoff, Caldwell & Mohler et al., 1994). 질적 위험도 평가 시스템들의 2가지 주된 문제점들이 있다. 그것은 반전된 순위와 충분치 않은 정보를 바탕으로 한 평가이다. 반전된 순위는 더 높은 질적 위험도 평가가 더 낮은 양적 위험도를 가지고 있는 상황일 발생할 때 발생한다. 충분치 않은 정보를 바탕으로 한 평가는 동일한 질적 평가를 중요도 순서에 의해 달라지는 위험도가 발생 할 때 발생한다. 이런 주된 한계점들은 위험도의 비교를 어렵게 하여 위험도 사이를 구분할 수 없게 한다. Cox, Babayev & Huber(2005)는 질적 분류 표시의 일관된 질적 해석은 가능하지 않으며, 기여도가 질적으로 평가되는 방법을 변화시키는 것이 질적 평가 시스템이 정확한 결과를 제공할 것이라고 보장될 수 없다고 주장했으며, Levine(2012)는 이와는 다르게 대수 비례 축소를 사용하는 잠재적 해결책에 대하여 말하고 있다.

그러나 EIQ 평가방식은 적절한 노출값을 포함하지 못하고 있기 때문에 제한적이며, 독성과 노출의 합병된 확률로서 위험도에 대한 승인된 개념으로는 알맞지 않다는 문제를 지적하였다(Peterson et al., 2014). 또한 과거 EIQ에 대한 일

부 비판은 위험 크기 조정 및 정량적 위험 정보의 가중치 문제를 지적하고, 개별 유효성분 별로 위험크기 순서에 따라 다른 위험을 같은 질적 평가(Score 1, 3, 5)를 받을 수 있는 문제를 지적했다(Kniss et al, 2015).

위험도는 영향과 노출을 합친 확률이다. 농약의 경우 위험도는 독성과 노출을 합친 확률이다. 그러므로 위험도 평가 시스템에 제대로 된 정보를 제공하기 위해서는 독성과 노출을 위험도의 추정 안에서 통합되어야 한다(Robert et al., 2014). 농약에 대한 위험도 평가 시스템은 매력적이며 잠재적인 장점들을 가지고 있다. 하지만 EIQ는 위험요소 등급 방식 때문에 농약 위험에 대한 정밀한 평가는 아니며, 제조제에 대하여, EIQ가 농약의 다른 유형의 비교시 정확하게 위험을 반영하지 않을 수 있다는 더 많은 관련이 있다(Kniss, 2015).

따라서, 본 연구에서는 EIQ의 질적 평가방식의 문제점들과 한계를 보완하여 개선된 EIQ 평가 모델을 제시하고 감귤 생산농가들이 감귤원에 사용하는 농약에 대한 위험성 평가 도구로 제시하고자 한다.

2. 자료 수집 및 분석 방법

Kniss(2015) 등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에 대한 질적 평가의 한계를 보완한 새로운 개선 EIQ 평가 모델을 개발하였다. 개선 모델은 Kovach(1992) 등에 의해 제시된 EIQ 평가 모델에서 사용되는 11개 변수에서 EIQ 값의 변화에 영향을 크게 미치는 6개의 변수에 대하여 등급 설정을 좀 더 세분화 하여 위험 가중치에 대한 한계점을 보완하였다. 기존 모델과 평가값의 변화를 통해 개선모델의 검정을 위해 감귤원에 사용된 농약의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ)를 기존 모델과 개선 모델을 가지고 각각 산출하였다. 기존 모델의 EIQ 값은 코넬 대학(<http://nysipm.cornell.edu/publications/eiq>)에서 제공하는 정보를 우선으로 사용하였으며, 찾을 수 없는 성분은 기존 모델 계산 방식을 사용하여 EIQ 값을 직접 계산하였다. 기존 모델과 개선 모델의 EIQ 평가를 위한 11개 항목 정보는 The pesticide manual(Tomlin, 2000), Pesticide Properties Database (PPDB), Bio-pesticide(BPDB), Database Extension Toxicology Network, PAN Pesticides Database, Pesticide Properties DataBase 등에서 자료를 수집하였다.

(1) 기존 환경영향지수(EIQ) 평가 모델

Kovach(1992) 등에 의해 개발된 EIQ 평가 모델은 평가를 위해 사용되는 11개 변수(경피독성, 만성독성, 조류독성, 꿀벌독성, 어류독성, 천적독성과 토양 반감기, 침투성, 용탈성, 침출가능성 그리고 식물표면 반감기)에 대하여 독성 평가 값 또는 가능성에 대한 등급에 대하여 각 변수에 따라 등급을 1, 3 또는 5등급으로 설정하여 각 변수의 위험 지수로 사용하고 있다(Table. 5). EIQ를 계산하는 방정식은 다음과 같다(Fig. 9).

농작업자 위험(EI Farm worker) 값은 농약 살포자(EI Application) 노출 값과 수확작업자(EI Picker)노출 값을 합한 값이다. 특정 농약의 만성독성은 작은 포유류 동물에서 장기간 다양한 실험실 테스트 평가 값의 평균으로 계산된다. 이러한 실험은 인체에 특정 농약의 유효성분에 대한 잠재적 생식영향, 기형 유발성, 돌연변이 발생 영향, 발암성 영향을 미치는 정도를 결정하기 위한 것이다. 농

작업자 구성요소 범위 안에 농약 살포자 노출은 작은 실험실 포유동물(쥐, 토끼 등)로 평가되는 경피독성(DT)를 곱하여 결정된다. 수확 작업자 노출은 식물표면 반감기에 대한 등급(P)과 경피독성(DT)를 곱하여 결정된다.

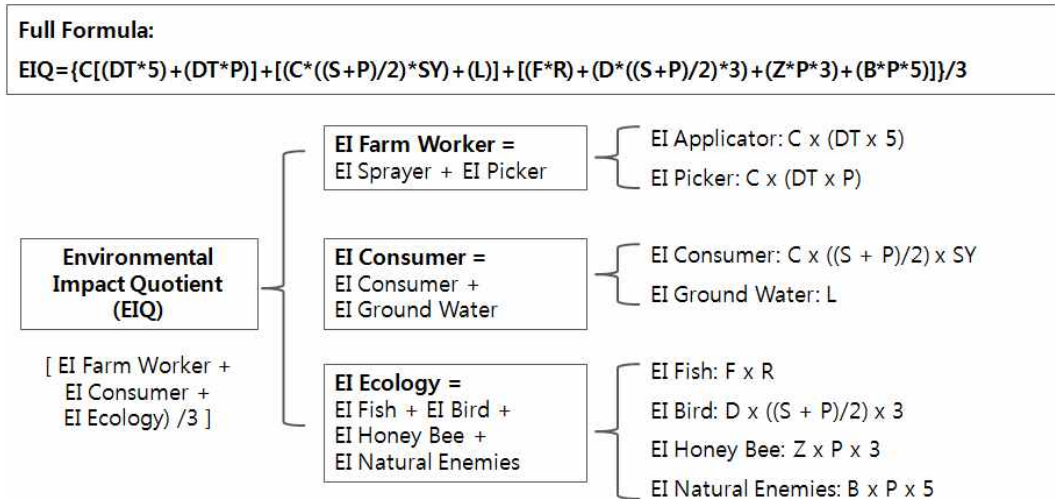


Fig. 9. Environmental impact quotient (EIQ) components and formula.

소비자 위험(EI Consumer) 값은 소비자(EI Consumer)에 대한 노출 값과 지하수 영향(L) 값을 합한 값이다. 이러한 변수는 야생동물 문제보다 인간의 건강 문제(식수 오염) 때문에 지하수 영향 값이 구성요소로 포함된다. 소비자 노출 값은 토양 반감기(S)와 식물 반감기(P)를 합한 값을 2로 나누고 잔류농약에 의해 만성독성(C)의 잠재적 가능성과 침투이행성(SY)의 잠재적 가능성을 곱한 값으로 결정된다.

생태계 위험(EI) 값은 어류에 대한 영향(EI Fish), 조류에 대한 영향(EI Bird), 꿀벌에 대한 영향(EI Bee) 그리고 천적에 대한 영향(EI Natural Enemies) 값을 모두 합한 값으로 결정된다.

최종 EIQ 값은 농작업자 위험(EI Farm worker) 값, 소비자 위험(EI Consumer) 값 그리고 생태계 위험(EI) 값을 합하여 3으로 나눈 값이 총 EIQ 값으로 결정된다.

(2) 개선 환경영향지수(EIQ) 평가 모델

Kniss(2015) 등에 의해 지적된 개별 유효성분 별로 위험크기 순서에 따라 다를 위험을 같은 질적 평가의 문제점을 개선하기 위해 EIQ 계산에 필요한 변수에 대하여 위험도 등급을 세분화 하고, 11개 변수 중 6개의 변수에 대하여 등급 방식을 개선하였다. 6개의 변수는 만성영향(C), 경피독성(DT), 조류독성(D), 어류독성(F), 식물반감기(P), 토양 반감기(S)이며, 나머지 변수는 Kovach(1992)가 제시한 등급 설정 방식을 그대로 사용하였다.

기존 1, 3, 5위험도 등급에서 만성영향(C)은 U.S. Environmental Protection Agency(1968)에서 농약 성분별 암 발생 가능성에 대해 사용하는 등급을 적용하여 1~5등급(Group A~E)으로 등급을 설정하였다. 경피독성(DT)은 World Health Organization(2009)에서 농약 성분별 독성 값 분류법을 적용하여 1~5등급(Class 1a~4)으로 등급을 설정하였으며, 조류독성(D)과 어류독성(F)은 Nesheim(2002) 등이 제시하는 농약 성분별 조류, 어류 LD50 값에 대한 1~5등급(VHT~PNT)으로 적용하여 등급을 설정하고, 식물반감기(P)는 Gunier(2001) 등이 암 발생 위험 인자계산에서 사용하는 식물반감기 등급 체계(가중치 1~5)를 적용하여 등급을 설정하였다(Appendix 2). 토양 반감기(S)는 Glenn 등에 의해 작성된 'Earth-wise guide to products toxicity ratings(<https://www.austintexas.gov/sites/default/files/files/Watershed/growgreen/products.pdf>)' 보급 자료에서 제시된 반감기 등급(1~4)을 적용하여 EIQ 평가 모델의 질적 평가의 문제점을 보완하고자 하였다. 개선된 EIQ 등급 설정 기준을 적용하여 개선된 EIQ 위험등급 표를 작성하였다(Table 6).

Kniss(2015)에 의해 제초제에 대한 EIQ 값이 제초제의 위험성을 반영하는데 큰 한계가 있다는 관점에서 제초제에 대한 평가는 본 연구에서 제외하였다.

(3) 개선 환경영향지수(EIQ) 평가 모델 검정

개선된 EIQ 평가 모델 검정을 위해 살충제 중 위험성이 높은 농약(DDT, EPN, Methidathion) 3개의 성분과 위험성이 낮은 농약(Acetamiprid, Flufenoxuron, Tebufenozide) 3개의 성분을 임의로 선택하여 검정하였다. EIQ의 대표적 구성요소인 농작업자에 대한 영향(EI Farmworker), 소비자에 대한 영향(EI Consumer) 그

리고 생태계에 대한 영향(EI Ecological)을 주는 EIQ 지수가 각 구성요소 영역에서 기존 EIQ 모델로 계산한 지수 값을 기준으로 비교 평가 하였다. 또한 개선된 EIQ 모델이 EIQ 구성요소(작업자, 소비자, 생태계)에 대한 평가를 통해 Kniss(2015)가 제기한 EIQ 평가 모델의 질적 평가의 문제점을 보완할 수 있는지 검정하였다.

(4) 감귤원에 사용된 농약 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가

감귤원에 사용된 농약이 작업자, 소비자 및 생태계에 영향을 주는 정도를 평가하기 위해 157개의 감귤생산농가 방제력을 가지고 기계유제와 석회유황합제를 제외한 감귤원에 사용된 63개의 유효성분에 대하여 개선된 EIQ 평가 모델을 가지고 환경영향 지수를 산출하였으며, 기존 평가 모델로 계산된 값을 비교하면서 유효성분별 환경영향지수(EIQ)를 평가하였다. 유효 성분은 환경영향지수는 코넬대학에서 제시한 EIQ 값을 사용하였으며, 찾을 수 없는 유효성분에 대한 EIQ 값은 기존 평가 방식을 이용하여 계산하였다. 약제의 안전성을 다차원적으로 평가하기 위해 각각의 개별 유효성분 별로 작업자, 소비자 및 생태계에 미치는 영향 지수를 3차원 공간분포 배열하여 분석하였다. 3차원 공간분포는 개선 EIQ 모델로 각각의 유효성분에 대한 작업자, 소비자, 생태계의 환경영향지수를 산출하여 해당 값을 100으로 나누어 최종 값을 산출하였다. 개별 유효성분에 대한 최종 산출값은 X축(EI Farmworker), Y축(EI Ecological), Z축(EI Consumer)로 설정하고 공간분포 배열 하였다. 3차원 공간분포 배열 프로그램은 Plotly(<https://plot.ly/>)를 이용하여 그래프를 작성하였다.

(5) 감귤원에 사용된 농약 제품에 대한 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가

감귤원에 사용한 농약 제품별 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가를 위해 각각의 개별 농약 제품에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가를 가지고 계산하였으며, 유효성분 함량(% active ingredient)은 각각의 개별 농약에 함유된 유효성분 함량(%)에 100으로 나누어 함량을 계산하였다. 사용량(Rate)은 ‘농약 지침서’에 따라 각각의 농약별로 희석배수를 조사하여 1ha 당 살포되는 총 유효성

분 량(kg/ha)을 계산하였다. 계산방식은 산식 (1)과 같으며, 포장 환경영향지수 (Field Use EIQ) 적용 평가에 사용된 공식은 개선 환경영향지수(EIQ) 값을 사용 하였다.

$$\text{EIQ Field Use Rating} = \text{EIQ} \times \% \text{ active ingredient} \times \text{Rate} \text{ -----식 (1)}$$

(6) 감귤원 연간 방제력 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가

최근 제주도 감귤 생산농가의 연간 살포된 총 농약에 대하여 환경에 얼마나 영향을 주고 있는가에 대한 모니터링을 위해 157농가의 방제력을 가지고 환경영향지수(Field Use EIQ) 누적값을 계산하였다. 157농가의 재배 면적은 확인 할 수 없어 재배면적 조건을 1ha로 설정하여 Field Use EIQ 지수를 산출하였다.

Table 5. The rating system used to develop the environmental impact quotient of pesticides (EIQ) model.

Variables	Symbol	Score 1	Score 3	Score 5
Long-term health effects	C	Little-none	Possible	Definite
Acute Dermal toxicity (Rat LD50)	DT	>2000 mg/kg	200-2000 mg/kg	0-200 mg/kg
Birds toxicity (8 day LC50)	D	>1000 ppm	100-1000 ppm	1-100 ppm
Bees toxicity	Z	Non-toxic	Moderately toxic	Highly toxic
Beneficial arthropods toxicity	B	Low impact	Moderate	Severe impact
Fish toxicity (96 hr LC50)	F	>10 ppm	1-10 ppm	<1 ppm
Plant surface half-live	P	1-2 weeks pre-emerg. Herbicide	2-4 weeks post-emerg. Herbicide	>4 weeks
Soil residue half-live (TI/2)	S	<30 days	30-100 days	>100 days
Mode of action	SY	Non-systemic; all herbicides	Systemic	
Leaching potential	L	Small	Medium	Large
Surface runoff potential	R	Small	Medium	Large

Table 6. The rating system of the improved EIQ model.

Variables	Symbol	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5
Long-term health effects	C	Group E	Group D	Group C	Group B	Group A
Acute Dermal toxicity (Rat LD50, mg/kg)	DT	>2000	2000-201	200-51	50-5	<5
Birds toxicity (8 day LC50, ppm)	D	>2000	501-2000	500-51	50-10	<10
Bees toxicity	Z	Non-toxic		Moderately toxic		Highly toxic
Beneficial arthropods toxicity	B	Low impact		Moderate		Severe impact
Fish toxicity (96 hr LC50, ppm)	F	>100	100-11	10-1	<1-0.1	<0.1
Plant surface half-live(days)	P	<25	26-50	51-75	76-100	>100
Soil residue half-live(days)	S	<7	8-29	30-180	>180	
Mode of action	SY	Non-systemic		Systemic		
Leaching potential	L	Small		Medium		Large
Surface runoff potential	R	Small		Medium		Large

3. 결과 및 고찰

(1) 개선된 환경영향지수(EIQ) 모델 검증

가. 개선된 EIQ 모델의 환경영향지수(EIQ) 시뮬레이션 검증

살충제 중 위험성이 높은 농약 3개 성분과 살균제 중 위험성이 낮은 농약 3개 성분에 가지고 기존 모델과 개선 모델 각각의 환경영향지수(EIQ) 값을 산출하여 비교하여 비교 검증하였다(Fig. 10). DDT는 만성독성(C), 경비독성, 조류독성, 꿀벌독성, 천적독성, 어류독성, 식물반감기

DDT는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는 21로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 11.5, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 56.5로 평가되어 총 환경영향지수(EIQ)는 29.7로 평가되었다. 개선 모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 42로 평가되어 기존모델 지수보다 2배 높게 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 10, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 55로 기존모델과 비슷한 지수로 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 35.7로 다소 높게 평가되는 것으로 나타났다. 기존 모델과 개선 모델 비교에서 DDT 성분은 기존 모델에서 작업자 영향지수가 과소평가되는 것으로 나타났다.

EPN은 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는 63으로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 5.5, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 56.5로 평가되었으며 총 환경영향지수(EIQ)는 79.5로 평가되었다. 개선 모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 63으로 평가되어 기존모델과 같은 값으로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 7, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 84로 기존모델과 비교해보면 소폭으로 높게 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 51.3로 소폭으로 높게 평가되는 것으로 나타났다. EPN 성분에 대한 기존 모델과 개선 모델 비교에서는 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

Methidathion은 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는

45로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 2.5, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 7.5로 평가되었으며 총 환경영향지수(EIQ)는 18.3으로 평가되었다. 개선 모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 60으로 평가되어 기존모델과 비교해보면 지수 값이 15의 큰 차이를 보였으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 4, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 12로 기존모델과 비교해보면 다소 높게 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 25.3으로 다소 높게 평가되었다. 기존 모델과 개선 모델 비교에서 Methidathion 성분은 기존 모델에서 작업자 영향지수가 가장 과소평가되는 것으로 나타났다. 생태계에 대한 영향 또한 과소평가되는 것으로 나타났다.

위험성이 낮은 농약의 유효성분에서 Acetamiprid는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는 6.9로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 7.4, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 72으로 평가되었으며 총 환경영향지수(EIQ)는 28.7로 평가되었다. 개선모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 12로 평가되어 기존모델 지수보다 1.7배 높게 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 4, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 28로 생태계 영향지수가 기존모델 비교하여 큰 폭으로 감소하는 것으로 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 14.7로 2배 가까이 감소하는 것으로 평가되었다. 기존 모델과 개선 모델 비교에서 Acetamiprid 성분은 기존 모델에서 작업자에 대한 영향지수는 과소평가되었으며 소비자, 생태계에 대한 영향 지수가 상대적으로 과대평가 되는 것으로 나타났다. 총 환경영향지수(EIQ) 또한 과대평가 되는 것으로 나타났다.

Flufenoxuron은 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는 8로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 4, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 96으로 평가되었으며 총 환경영향지수(EIQ)는 36로 평가되었다. 개선모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 12로 평가되어 기존모델 지수보다 소폭으로 높게 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 3으로 기존 모델과 비슷한 값을 보였다. 생태계 영향지수(EI Ecological)는 29로 기존모델 비교하여 큰 폭으로 감소하는 것으로 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 14.7로 큰 폭으로 감소하는 것으로 평가되었다. 기존 모델과 개선 모델 비교에서

Flufenoxuron 성분은 기존 모델에서 작업자에 대한 영향지수를 제외한 소비자, 생태계에 대한 영향 지수가 상대적으로 과대평가 되는 것으로 나타났다. 총 환경영향지수(EIQ) 또한 과대평가 되는 것으로 나타났다.

Tebufenozide는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 기존 모델 평가에서는 6.9로 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer)는 5.5, 생태계 영향지수(EI Ecological)는 37로 평가되었으며 총 환경영향지수(EIQ)는 16.4로 평가되었다. 개선모델 평가에서는 작업자 영향지수(EI Farmworker)가 12으로 평가되어 기존모델 지수보다 2배 높게 평가되었으며, 소비자 영향지수(EI Consumer) 2.5로 평가되어 기존 모델 지수보다 2배 낮게 평가 되었다. 생태계 영향지수(EI Ecological)는 13.5로 기존모델 비교하여 큰 폭으로 감소하는 것으로 평가되었다. 총 환경영향지수(EIQ)는 9.3으로 다소 감소하는 것으로 평가되었다. 기존 모델과 개선 모델 비교에서 Tebufenozide 성분은 기존 모델에서 작업자에 대한 영향은 과소평가되었으며, 소비자에 대한 영향과 생태계에 대한 영향은 상대적으로 과대평가 되는 것으로 나타났다. 총 환경영향지수(EIQ)는 다소 과대평가 되는 것으로 나타났다.

위험성이 높은 농약 3개 성분과 위험성이 낮은 농약 3개 성분을 가지고 기존 환경영향지수(EIQ) 평가 모델과 개선된 환경영향지수(EIQ) 평가 모델을 비교한 결과 위험성이 높은 농약 성분은 기존 평가 모델이 작업자와 생태계에 영역에서 과소평가되는 경향을 보였으며, 위험성이 낮은 농약 성분에서는 작업자의 영향에 대해서는 기존 모델이 과소평가 되는 경향을 보였으며, 생태계 영역이 크게 과대평가되는 경향을 보였다. 개선된 모델은 Kniss(2015)등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에 대한 질적 평가의 한계를 일부 보완할 수 있는 개선된 환경영향지수(EIQ) 평가 모델이라 판단된다.

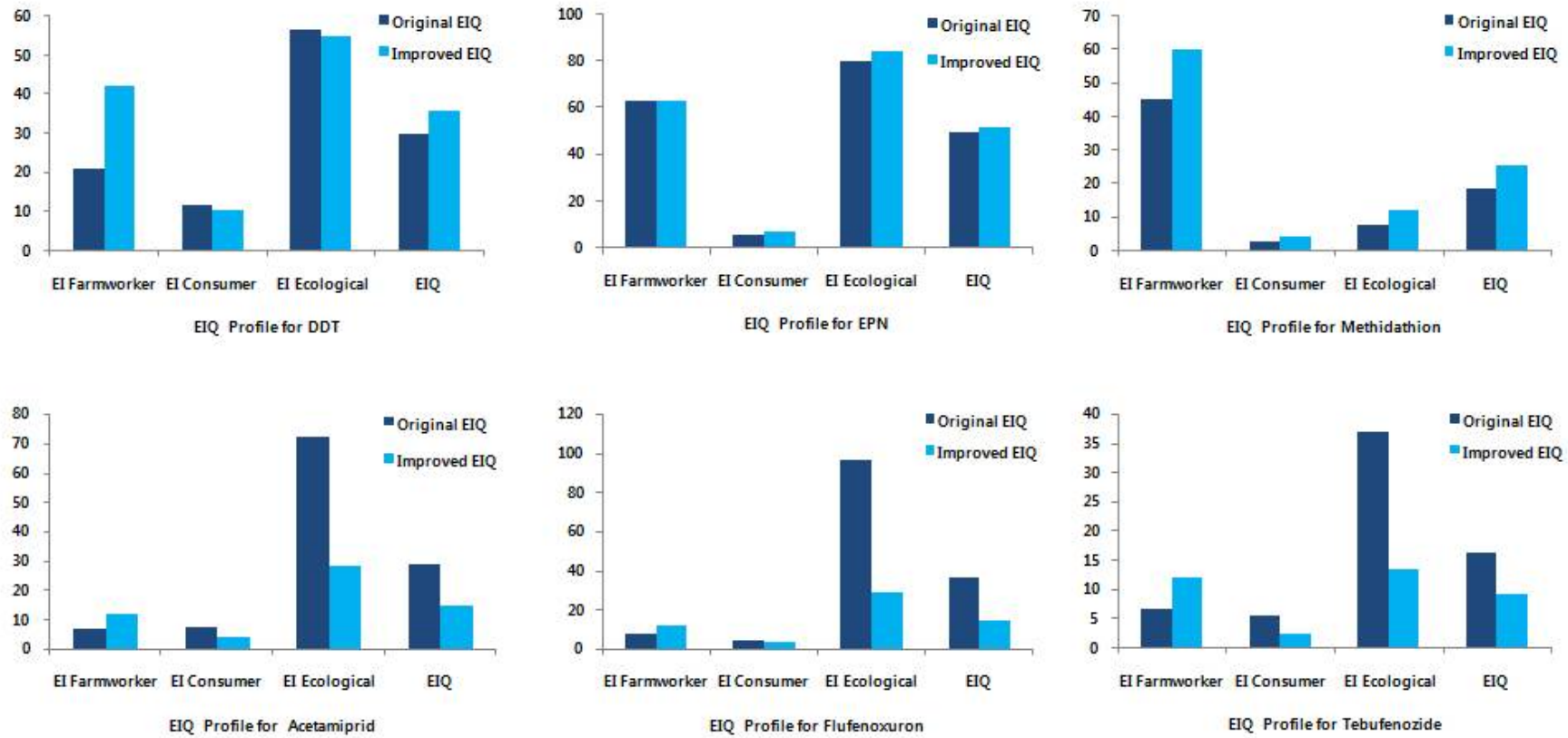


Fig. 10. Comparison between original EIQ and improved EIQ model.

나. 감귤원에 사용된 농약 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가

감귤원에 사용된 농약을 용도별, 유효성분별로 분류하여 각 성분에 대해 환경영향지수(EIQ)를 대표하는 구성하는 작업자, 소비자, 생태계 영향지수와 EIQ 값을 산출하여 평가하였다. 환경영향지수(EIQ) 평가는 개선 모델로 평가하였으며, 작업자, 소비자, 생태계에 대한 영향 지수값이 기존 모델 값과 비교할 수 있도록 표로 제시하였다.

① 살충제에 대한 EIQ 평가

살충제 유효성분 32개에 대하여 기존 모델과 개선모델을 가지고 EIQ를 비롯하여 작업자, 소비자 및 생태계 영향지수를 비교 결과는 Table 7에 제시하였다. 또한 개선 모델로 산출한 작업자, 소비자, 생태계에 대한 영향지수를 3차원 공간분포 배열시켜 종합적인 위험을 평가할 수 있도록 하였다(Fig. 11).

개선 모델로 살충제 유효성분을 평가 결과 작업자에 영향을 미치는 지수 평균은 19.9로 평균 이상을 상회하는 성분은 총 13개 성분으로 평가되었으며, Amitraz가 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, Phenthoate는 평가지수가 48로 두 번째로 높게 평가되었다. 이들 2개의 유효성분은 평균지수(19.9)를 크게 상회하여 이러한 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제하거나 취급할 때에는 매우 주의해야 할 것으로 생각된다.

소비자에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 6.3으로 평균을 상회하는 유효성분은 총 10개의 성분으로 평가되었다. Clothianidin과 Imidacloprid가 각각 소비자에게 영향을 주는 정도가 13으로 평가되었으며, Dinotefuran과 Thiamethoxam 모두 11로 평가되었다. 이들 4개의 유효성분은 평균 지수(6.3)의 2배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다.

생태계에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 39.8로 평균을 상회하는 유효성분은 총 16개의 성분으로 평가되었다. Gamma-cyhalothrin 과 Sulfoxaflor 가 각각 72, 71로 평가되어 32개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다.

종합적인 EIQ 평가에서는 Sulfoxaflor, Gamma-cyhalothrin, Phenthoate 성분이 각각 36, 32, 31로 평가되어 평균값(22.0)을 상회하는 것으로 평가되어 이들

유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

② 살균제에 대한 EIQ 평가

살균제 유효성분 25개에 대하여 기존 모델과 개선모델을 가지고 EIQ를 비롯하여 작업자, 소비자 및 생태계 영향지수를 비교 결과는 Table 8에 제시하였다. 또한 개선 모델로 산출한 작업자, 소비자, 생태계에 대한 영향지수를 3차원 공간분포 배열시켜 종합적인 위험을 평가할 수 있도록 하였다(Fig. 12).

개선 모델로 살균제 유효성분을 평가 결과 작업자에 영향을 미치는 지수 평균은 23.8로 평균 이상을 상회하는 성분은 총 13개 성분으로 평가되었으며, Cyprodinil이 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, Thiophanate-methyl의 평가지수가 48로 두 번째로 높게 평가되었다. 이들 2개의 유효성분은 평균지수(23.8)를 크게 상회하여 이러한 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제하거나 취급할 때에는 매우 주의해야 할 것으로 생각된다.

소비자에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 7.8로 평균을 상회하는 유효성분은 총 6개의 성분으로 평가되었다. Tribasic copper sulfate와 Metconazole이 각각 소비자에게 영향을 주는 정도가 28.5, 27.5로 평가되었으며, 이들 2개의 유효성분은 평균 지수(7.8)의 3~4배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다.

생태계에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 33.5로 평균을 상회하는 유효성분은 총 10개의 성분으로 평가되었다. Bordeaux mixture가 85로 평가되어 25개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다.

종합적인 EIQ 평가에서는 Metiram, Iminoctadine tris(albesilate), Metconazole의 성분이 각각 35.2, 34.2, 30.7로 평가되어 평균값(21.7)을 상회하는 것으로 평가되었으며, 이들 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

③ 살비제에 대한 EIQ 평가

살비제 유효성분 6개에 대하여 기존 모델과 개선모델을 가지고 EIQ를 비롯하여 작업자, 소비자 및 생태계 영향지수를 비교 결과는 Table 9에 제시하였다.

또한 개선 모델로 산출한 작업자, 소비자, 생태계에 대한 영향지수를 3차원 공간 분포 배열시켜 종합적인 위험을 평가할 수 있도록 하였다(Fig. 13).

개선 모델로 살균제 유효성분을 평가 결과 작업자에 영향을 미치는 지수 평균은 54.7로 평균 이상을 상회하는 성분은 총 3개 성분으로 평가되었으며, Etoxazole이 작업자에 대한 영향 지수가 96으로 가장 높게 평가되었으며, Thiophanate-methyl과 Spirodiclofen의 평가지수가 각각 84, 72로 그 다음으로 높게 평가되었다. 이들 3개의 유효성분은 평균지수(54.7)를 크게 상회하여 이러한 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제하거나 취급할 때에는 매우 주의해야 할 것으로 생각된다.

소비자에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 6.3으로 평균을 상회하는 유효성분은 총 2개의 성분으로 평가되었다. Spirodiclofen이 소비자에게 영향을 주는 정도가 14.5로 평가되었으며, 평균 지수(6.3)의 2배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다.

생태계에 미치는 영향을 평가한 결과 평균 지수는 32.1로 평균을 상회하는 유효성분은 총 2개의 성분으로 평가되었다. Propargite이 61로 평가되어 6개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다.

종합적인 EIQ 평가에서는 Etoxazole, Spirodiclofen, Tebufenpyrad의 성분이 각각 44.7, 37.3, 37.3으로 평가되어 평균값(31.0)을 상회하는 것으로 평가되었으나, 평균값과 크게 차이 나지 않아 그다지 많은 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

(2) 감귤원 사용농약 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가

가. 살충제에 품목에 대한 Field Use EIQ 평가

감귤원에서 사용하는 살충제는 총 49개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 0.5에서 부터 최대값이 26.6으로 평가되었다(Appendix 3-1). 살충제 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)와 제품별 유효성분 EIQ 값을 비교한 결과, Phenthoate EC(47.5%)가 Phenthoate에 대한 EIQ 값보다 높게 평가되었으며, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos WP(25%)가 각각 유효성분에 대한 EIQ 값과 비슷한 값으로 평가되었다. 나머지 46개 제품은

각각의 유효성분에 대한 EIQ 값보다 낮게 평가되어, 대부분 사용되는 살충제는 환경에 영향을 주는 정도가 낮을 것으로 판단된다(Fig. 14).

나. 살균제에 품목에 대한 Field Use EIQ 평가

감귤원에서 사용하는 살균제는 총 28개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 9.3에서 부터 최대값이 35.2으로 평가되었다(Appendix 3-2). 살충제와 달리 살균제 28개 제품 중 일부 제품에 대한 환경영향지수(Field Use EIQ)가 유효성분에 대한 EIQ 값이 높은 이유는 유효성분 함량이 높아 살충제와 달리 위험성이 반전되는 경향을 보인 것으로 판단된다. 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다(Fig. 15).

다. 살비제에 품목에 대한 Field Use EIQ 평가

감귤원에서 사용하는 살비제는 총 6개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 3.0에서부터 최대값이 46.3으로 평가되었다(Appendix 3-3). 살비제 6개 제품 중 Propargite WP(30%)만 환경영향지수(Field Use EIQ)가 유효성분에 대한 EIQ 값이 보다 높게 평가되었으며, 나머지 5개 제품은 유효성분에 대한 EIQ 보다 낮게 평가되었다. 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다(Fig. 16).

(3) 감귤원 연간 방제력에 대한 포장 적용 환경영향지수(Field Use EIQ) 평가

157농가의 연간 방제력을 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 평가를 하였다(Fig. 20). 기존 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장사용 환경영향지수 결과 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 누적 값이 900 구간이 21.7%로 가장 비율이 높았으며, 700~1100 구간의 비율은 71.4%로 평가되었다. 개선된 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장사용 환경영향지수 결과 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 누적 값이 600구간이 31.2%로 가장 높은 비율을 보였으며, 500~700 구간이 69.5%비율로 평가되었다.

기존 모델의 포장사용 환경영향지수 결과 값이 과대평가 되는 것으로 생각
된다.

Table 7. EIQ estimation of active ingredients for insecticides in citrus orchards.

NO	Chemical Composition	Original EIQ vlaues				Improved EIQ values			
		Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ	Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ
1	Acetamiprid	6.9	7.4	72.0	28.7	12	4	28	14.7
2	Alpha-cypermethrin	18.0	7.0	49.0	24.7	36	5.5	37.5	26.3
3	Amitraz	27.0	2.5	46.0	25.2	54	4	25	27.7
4	Benfuracarb	30.0	31.0	71.0	44.0	24	7	43	24.7
5	Buprofezin	12.0	19.0	73.9	35.0	24	5	17	15.3
6	Chlorantraniliprole	6.9	6.5	41.7	18.3	6	14	30	16.7
7	Chlorfenapyr	8.6	8.9	120.8	46.1	24	7	45	25.3
8	Chlorfluazuron	72.0	13.0	99.0	61.3	18	4	32	18.0
9	Chlorpyrifos	6.0	2.0	72.6	26.9	18	7	59	28.0
10	Clothianidin	10.4	8.2	77.7	32.1	12	12.5	55.5	26.7
11	Cypermethrin	13.8	5.9	89.4	36.4	36	7	41	28.0
12	Deltamethrin	18.0	2.0	65.2	28.4	12	2.5	37.5	17.3
13	Diflubenzuron	8.0	3.0	65.0	25.3	12	2	24	12.7
14	Dinotefuran	6.9	7.5	52.4	22.3	12	11	39	20.7
15	Esfenvalerate	6.9	3.5	108.4	39.6	6	3	47	18.7
16	Etofenprox	6.0	2.0	46.0	18.0	12	2.5	37.5	17.3
17	Fenitrothion	18.0	4.0	36.0	19.3	18	4	46	22.7
18	Fenpropathrin	6.0	2.0	68.0	25.3	18	2	39	19.7
19	Fenvalerate	6.9	3.5	108.4	39.6	18	3	41	20.7

NO	Chemical Composition	Original EIQ vlaues				Improved EIQ values			
		Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ	Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ
20	Flufenoxuron	8.0	4.0	96.0	36.0	12.0	3.0	29.0	14.7
21	Gamma-cyhalothrin	13.1	5.0	114.0	44.1	21	3	72	32.0
22	Imidacloprid	6.9	10.4	92.9	36.7	6	12.5	63	27.2
23	Indoxacarb	6.9	2.5	84.2	31.2	6	2.5	46.5	18.3
24	Lambda-cyhalothrin	20.7	3.5	108.4	44.2	36	5	41	27.3
25	Lufenuron	6.9	8.4	33.6	16.3	24	10	13.5	15.8
26	Methoxyfenozide	10.0	8.0	78.3	32.1	7	7.5	49.5	21.3
27	Phenthoate	150.0	6.0	37.0	64.3	48	3	42	31.0
28	Sulfoxaflor	21.0	14.5	75.5	37.0	21	14.5	71	35.5
29	Tebufenozide	6.9	5.5	37.0	16.4	12	2.5	13.5	9.3
30	Teflubenzuron	6.9	8.4	56.6	23.9	24	4	27.5	18.5
31	Thiacloprid	16.0	15.0	63.0	31.3	36	14.5	37	29.2
32	Thiamethoxam	10.4	12.0	77.5	33.3	12	11	45	22.7

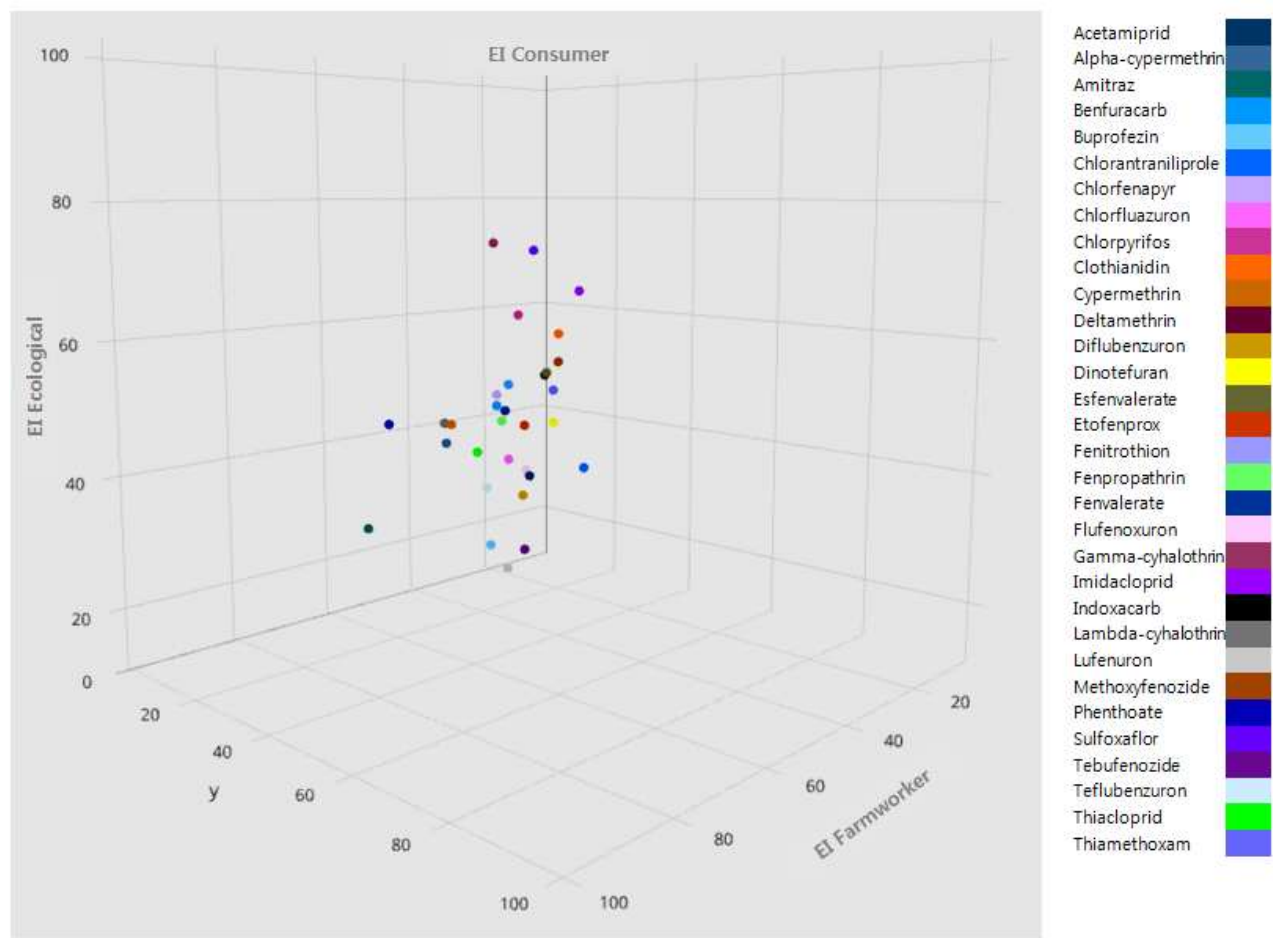


Fig. 11. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for insecticides on active ingredient.

Table 8. EIQ estimation of active ingredients for fungicides in citrus orchards.

NO	Chemical Composition	Original EIQ vlaues				Improved EIQ values			
		Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ	Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ
1	Benomyl	13.80	13.60	63.32	30.24	18	10	29	19.0
2	Bordeaux mixture	21.00	12.50	81.50	38.33	24	7	34	21.7
3	Carbendazim	25.00	40.50	86.00	50.50	36	18.5	27.5	27.3
4	Copper hydroxide	24.30	9.05	66.25	33.20	24	6	45.5	25.2
5	Copper oxychloride	18.00	10.00	56.00	28.00	24	6	45.5	25.2
6	Coppersulfatebasic	24.30	13.15	148.25	61.90	24	6	45.5	25.2
7	Cuprous oxide	35.00	18.50	68.50	40.67	24	6	38	22.7
8	Cyprodinil	12.15	14.73	53.45	26.77	12	7	29	16.0
9	Difenoconazole	15.00	23.50	86.00	41.50	36	23.5	28.5	29.3
10	Dithianon	24.00	10.00	105.00	46.33	36	5.5	33.5	25.0
11	Fluazinam	8.00	4.00	58.00	23.33	24	4	18	15.3
12	Imibenconazole	21.00	14.50	46.50	27.33	14	7	24	15.0
13	Iminoctadine triacetate	21.00	9.50	67.50	32.67	14	7	54	25.0
14	Iminoctadine tris(albesilate)	21.00	11.50	80.50	37.67	14	3.5	85	34.2
15	Kasugamycin	18.00	4.00	28.00	16.67	12	2	22	12.0
16	kresoxim-methyl	9.00	4.50	31.70	15.07	36	10	22	22.7
17	Mancozeb	20.25	8.13	48.79	25.72	48	5	10	21.0
18	Metconazole	35.00	57.50	89.50	60.67	14	14	64	30.7
19	Metiram	21.00	5.50	54.50	27.00	56	7	42.5	35.2

NO	Chemical Composition	Original EIQ vlaues				Improved EIQ values			
		Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ	Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ
20	Propineb	9.00	2.50	39.20	16.90	18	5	11	11.3
21	Pyraclostrobin	8.10	4.05	68.87	27.01	12	7	27	15.3
22	Streptomycin	24.00	19.00	51.00	31.33	21	7	22	16.7
23	Thiophanate-methyl	16.20	15.30	39.95	23.82	18	11	22	17.0
24	Tribasic copper sulfata	35.00	18.50	110.50	54.67	24	6	45.5	25.2
25	Trifloxystrobin	12.15	10.23	66.95	29.78	12	4	12	9.3

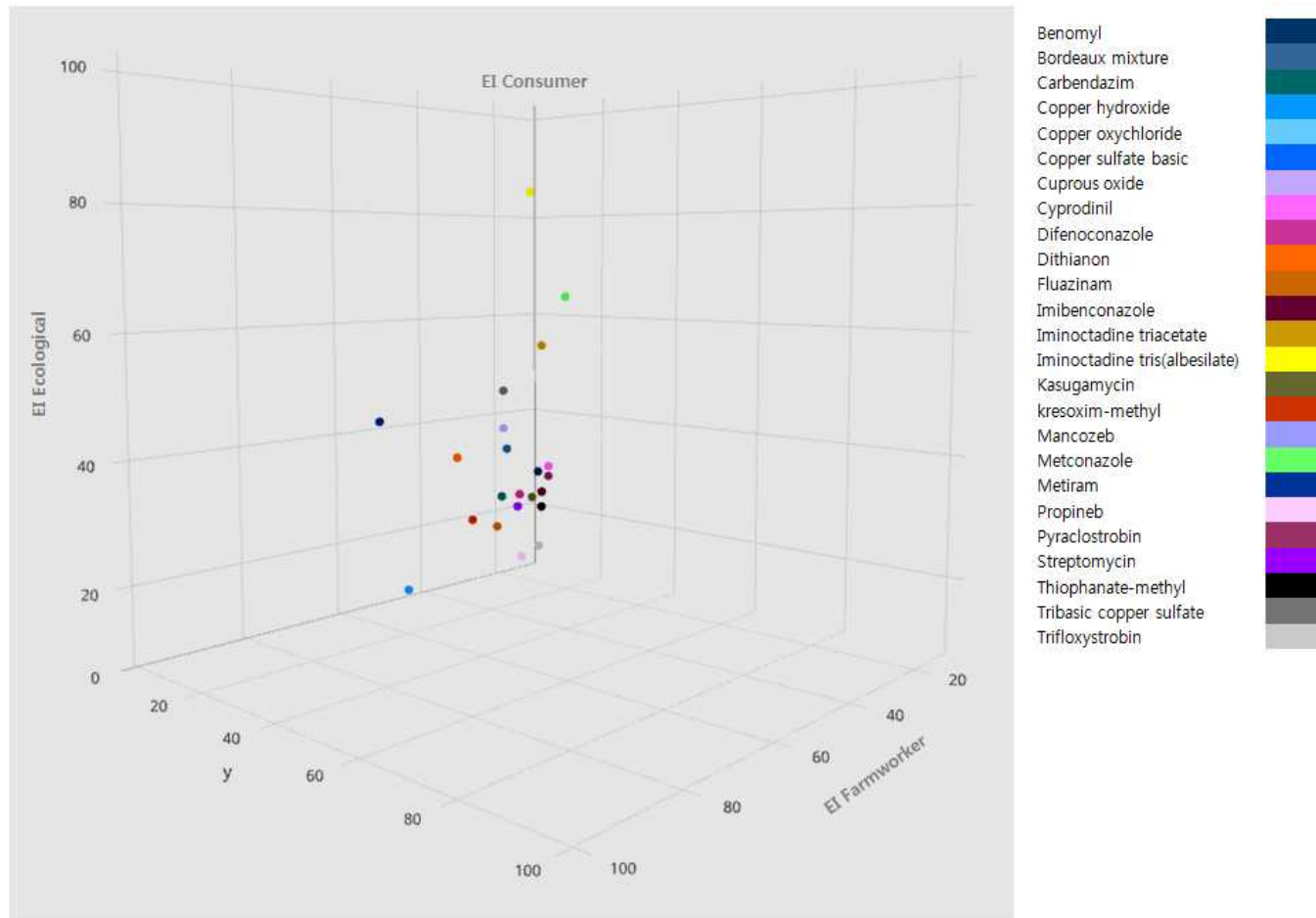


Fig. 12. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for fungicides active ingredient.

Table 9. EIQ estimation of active ingredients for miticides in citrus orchards.

NO	Chemical Composition	Original EIQ vlaues				Improved EIQ values			
		Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ	Farmworker Component	Consumer Component	Ecological Component	EIQ
1	Cyhexatin	21.00	8.50	80.50	36.67	28	3.5	61	30.8
2	Etoxazole	6.90	2.45	30.92	13.42	24	2.5	13.5	13.3
3	Propargite	20.00	9.00	177.00	68.67	96	9	29	44.7
4	Pyridaben	6.90	2.45	84.52	31.29	24	3	41	22.7
5	Spirodiclofen	21.00	5.50	66.50	31.00	84	5.5	22.5	37.3
6	Tebufenpyrad	13.80	3.90	62.03	26.58	72	14.5	25.5	37.3

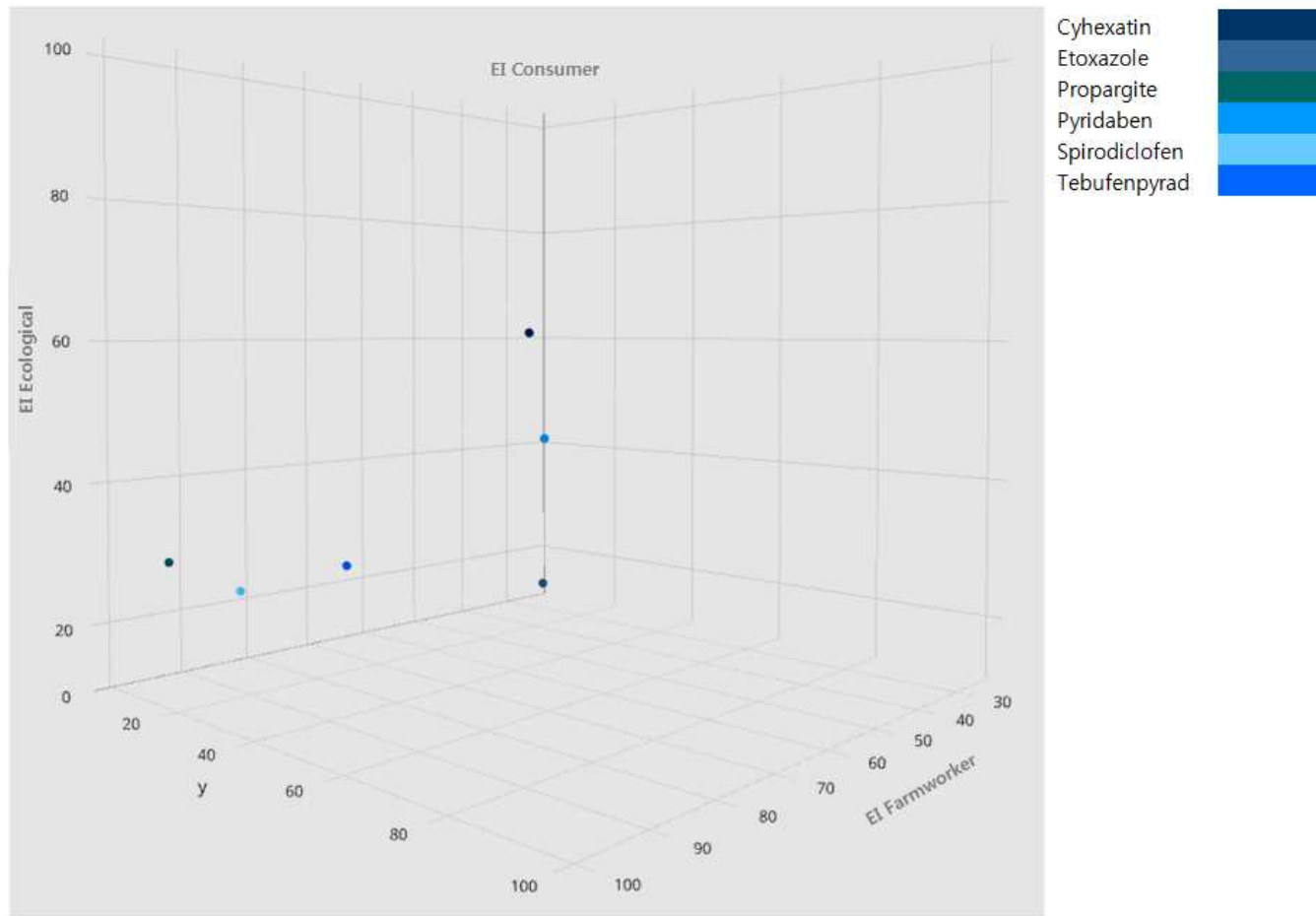


Fig. 13. Three dimensional distribution of farm worker, consumer and ecological effects for miticides active ingredient.

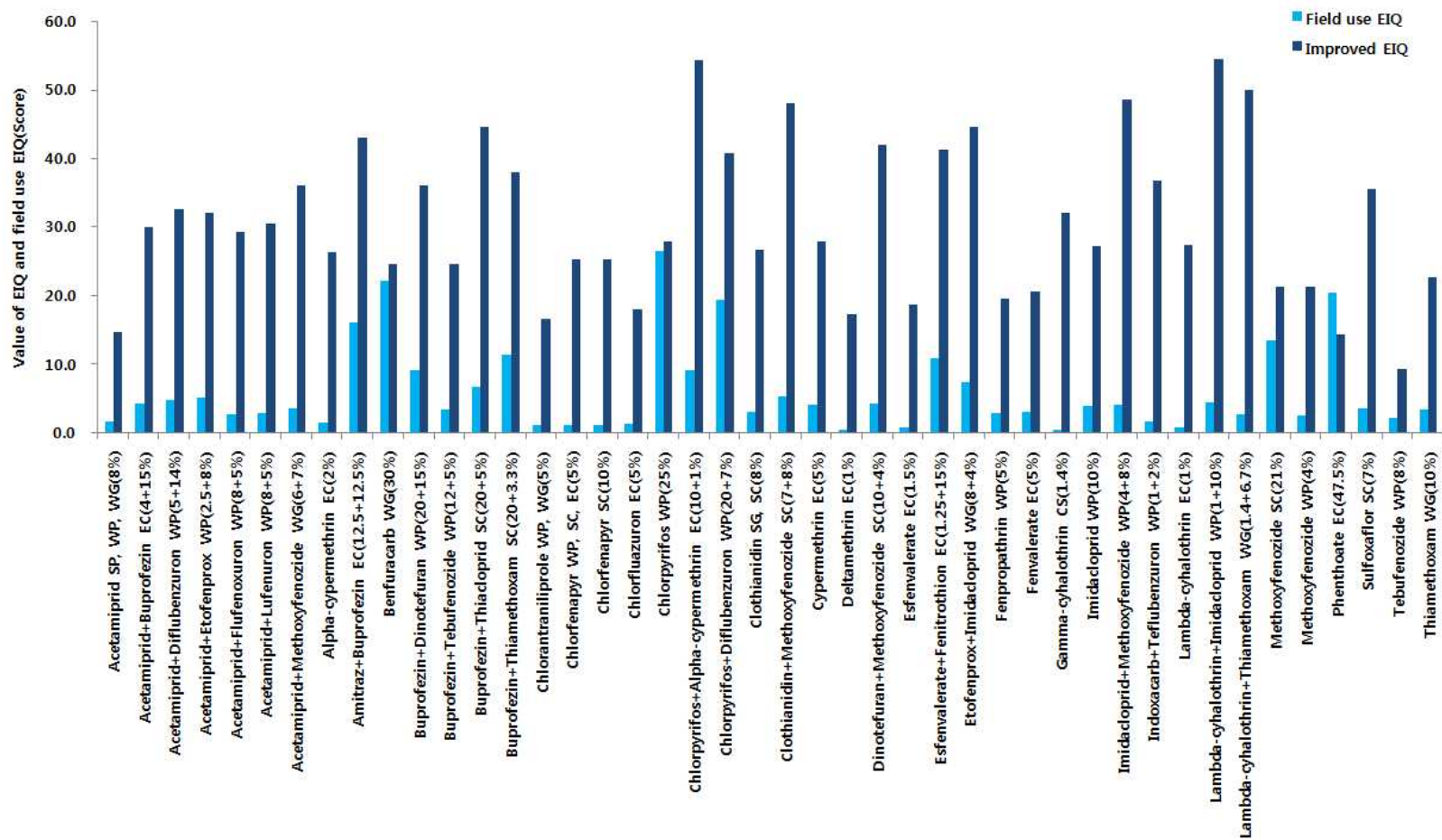


Fig. 14. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for insecticides used in citrus orchards.

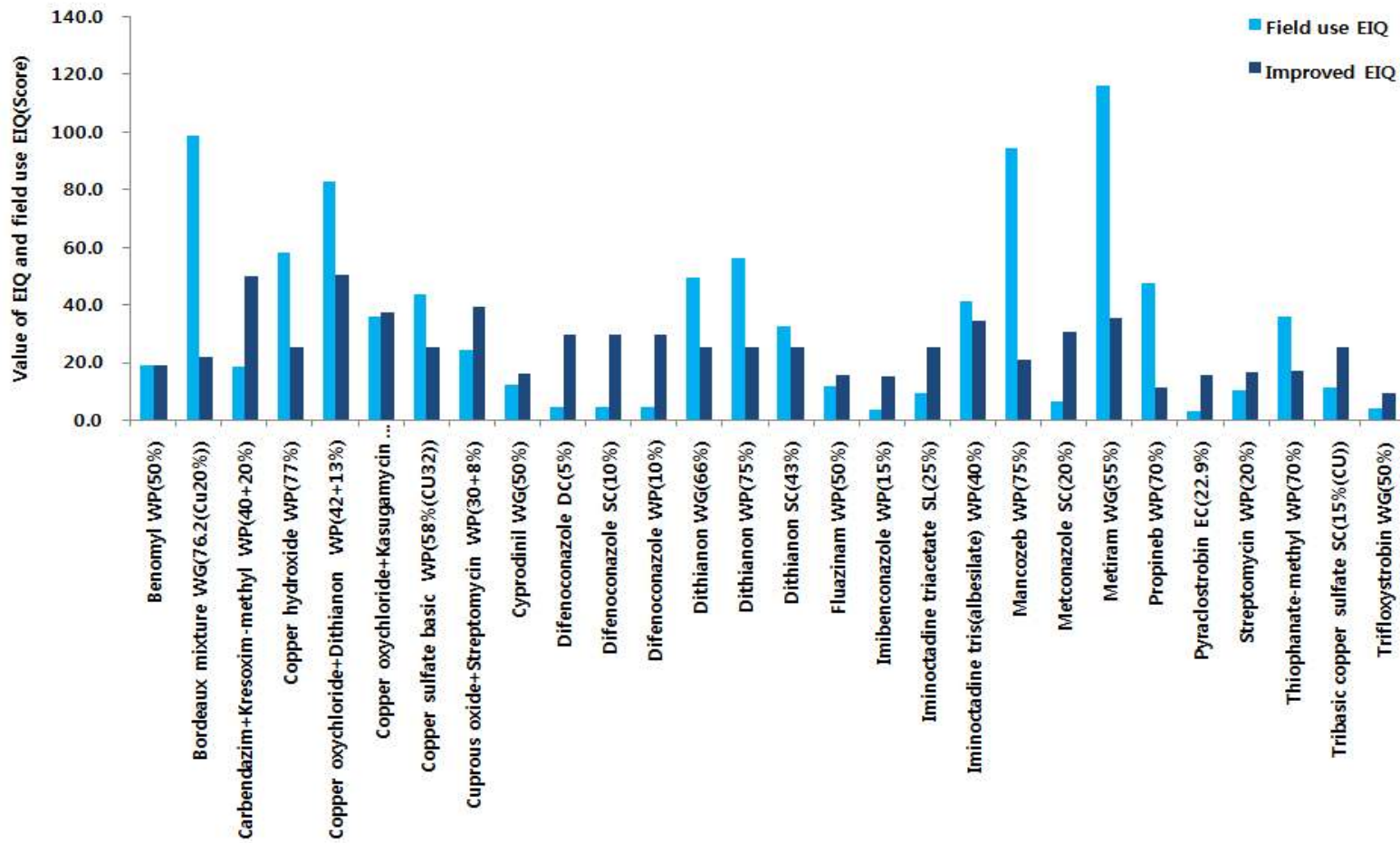


Fig. 15. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for fungicides used in citrus orchards.

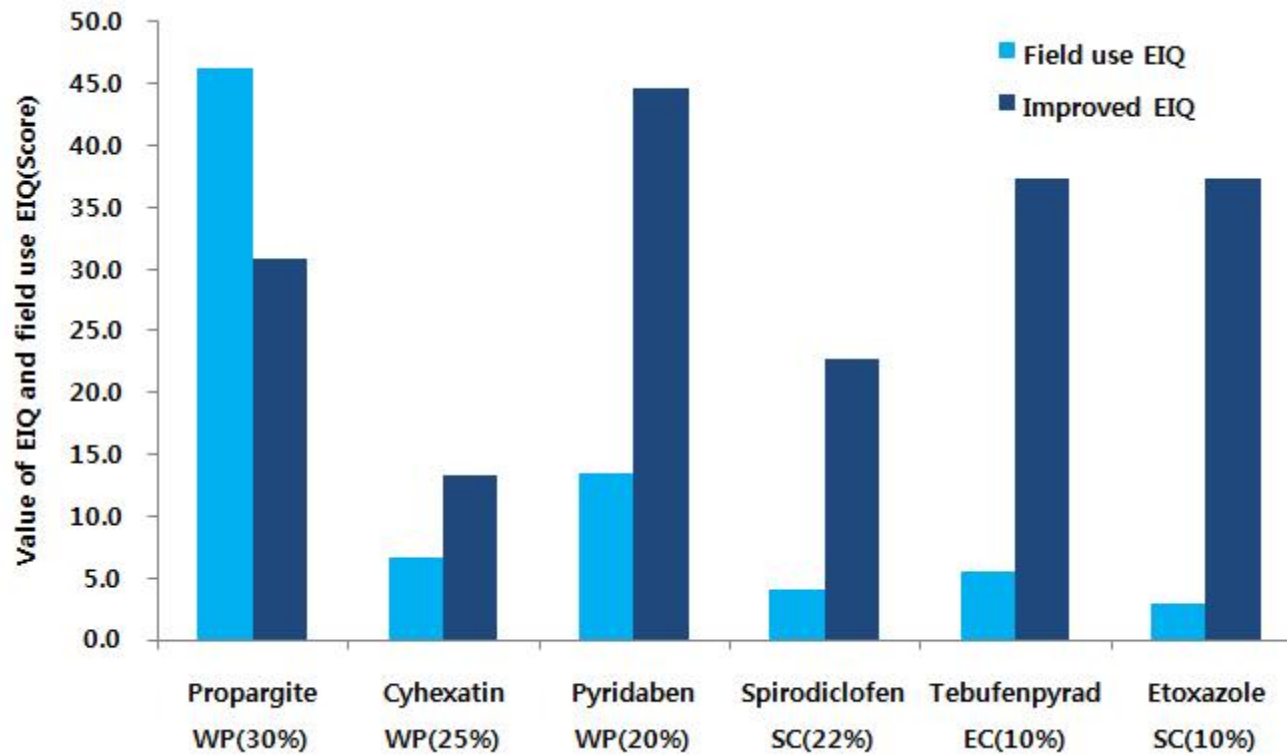


Fig. 16. Comparison between improved EIQ and Field use EIQ value for miticides used in citrus orchards.

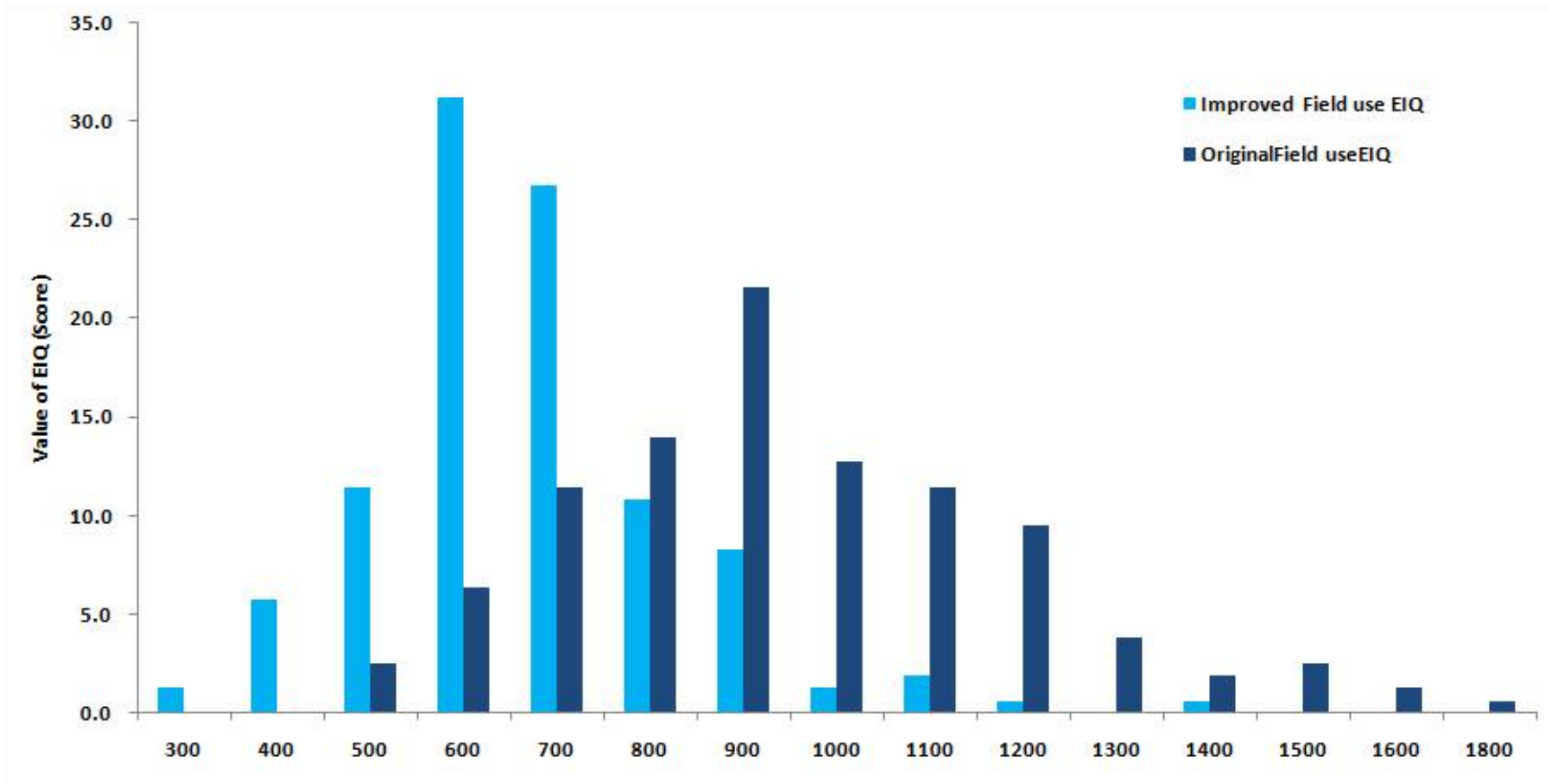


Fig. 17. Comparison of original field used EIQ and improved field used EIQ value for 157 farmers.

4. 요약 및 제언

OECD는 농약포럼에서 「농약 위해성 지표에 관한 프로젝트」를 1998년부터 착수하여 환경에 대한 농약의 위해성을 판단하기 위한 연구를 시작하였다(OECD, 1998). 환경영향지수(EIQ)는 작물 재배자 및 IPM 전문 종사자들이 더 환경 친화적인 농약을 선택할 수 있도록 도움을 주기위해 사용 가능한 형태로 농약에 대한 환경영향 정보를 공시한 체계로서 1992년 미국 코넬 대학에서 개발되었다. EIQ 모델은 농업 생산자가 사용하는 농약이 환경과 건강에 미치는 잠재적인 영향을 계산하는 방법으로 농장 노동자, 소비자, 야생 동물, 인간 건강 및 안전에 대한 영향을 포함하여 농업 생산과정에서 발생하는 환경 및 건강 문제에 대해 광범위하게 넓은 범위를 해결하며(Kovach et al., 1992). 이 모델로 산출된 각 유효성분에 대한 환경영향 지수 결과 값은 농업 생산자가 사용하는 농약에 대해 전반적인 위험에 대한 대략적인 정도를 제시한다. 그러나 이러한 EIQ 평가 방식은 평가 요인들을 비교하고 무게를 채는 것 같은 개념적인 문제들의 기초에만 실질적으로 제한되어져 있다는 한계를 갖는다(Dushoff, Caldwell & Mohler et al., 1994). 또한 과거 EIQ에 대한 일부 비판은 위험 크기 조정 및 정량적 위험 정보의 가중치 문제를 지적하였으며, 개별 유효성분 별로 위험크기 순서에 따라 다를 위험을 같은 질적 평가(Score 1, 3, 5)를 받을 수 있는 문제를 지적했다(Kniss et al, 2015). 본 연구에서는 Kniss(2015)등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에 대한 질적 평가의 한계를 보완한 새로운 개선 EIQ 평가 모델을 개발하였다.

개선 EIQ 평가 모델이 Kniss(2015)등이 제기한 문제점을 보완하는 모델인가에 대한 검증을 고독성 농약 DDT, EPN, Methidathion 3개 성분과 저독성 농약 Benomyl, Carbendazim, Propineb 3개 성분을 가지고 EIQ 구성요소인 작업자 영향지수(EI Farmworker), 소비자 영향지수(EI Consumer), 생태계 영향지수(EI Ecological)에 대한 지수 값의 변화를 시뮬레이션 검증한 결과 고독성 농약에서 기존 평가 모델이 작업자와 생태계에 영역에서 과소평가되는 경향을 보였으며, 저독성 농약에서는 생태계 영역이 크게 과대평가되는 경향을 보였다. 개선된 모델은 Kniss(2015)등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에

대한 질적 평가의 한계를 일부 보완할 수 있는 개선된 환경영향지수(EIQ) 평가 모델이라 판단된다.

감귤원에 사용된 농약에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가를 개선 모델로 평가하였다. 살충제는 49개 제품에서 32개의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산출한 결과 Amitraz가 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, 소비자에 미치는 영향 지수는 Clothianidin과 Imidacloprid가 공동 13으로 가장 높게 평가되었다. 생태계에 미치는 영향은 Gamma-cyhalothrin 과 Sulfoxaflor 가 각각 72, 71로 가장 높게 평가되었다. 종합적인 EIQ 평가에서는 Sulfoxaflor, Gamma-cyhalothrin, Phenthoate 성분이 각각 36, 32, 31로 평가되어 평균값(22.0)을 상회하는 것으로 평가되어 이들 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

살균제는 28개 제품에서 25개 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산출한 결과 Cyprodinil이 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, 소비자에 미치는 영향은 Tribasic copper sulfate와 Metconazole이 각각 소비자에게 영향을 주는 정도가 28.5, 27.5로 평가되었으며, 이들 2개의 유효성분은 평균 지수(7.8)의 3~4배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다. 생태계에 미치는 영향은 Bordeaux mixture가 85로 평가되어 25개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다.

종합적인 EIQ 평가에서는 Metiram, Iminoctadine tris(albesilate), Metconazole의 성분이 각각 35.2, 34.2, 30.7로 평가되어 평균값(21.7)을 상회하는 것으로 평가되었으며, 이들 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

살비제는 6개 제품에서 6개 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산출한 결과 Etoxazole이 작업자에 대한 영향 지수가 96으로 가장 높게 평가되었으며, Spirodiclofen이 소비자에게 영향을 주는 정도가 14.5로 평가되었으며, 평균 지수(6.3)의 2배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다. Propargite이 61로 평가되어 6개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다. 종합적인 EIQ 평가에서는 Etoxazole, Spirodiclofen, Tebufenpyrad의 성분이 각각 44.7, 37.3, 37.3으로 평가

되어 평균값(31.0)을 상회하는 것으로 평가되었으나, 평균값과 크게 차이 나지 않아 그다지 많은 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

감귤원에 사용농약에 대해 개별 제품에 대한 포장 환경영향지수(Field Use EIQ)를 평가하였다. 감귤원에서 사용하는 살충제는 총 49개 제품이 사용되었다. 충제 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)와 제품별 유효성분 EIQ 값을 비교한 결과, Phenthoate EC(47.5%)가 Phenthoate에 대한 EIQ 값보다 높게 평가되었으며, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos WP(25%)가 각각 유효성분에 대한 EIQ 값과 비슷한 값으로 평가되었다. 나머지 46개 제품은 각각의 유효성분에 대한 EIQ 값보다 낮게 평가되어, 대부분 사용되는 살충제는 환경에 영향을 주는 정도가 낮을 것으로 판단된다.

감귤원에서 사용하는 살균제는 총 28개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 9.3에서 부터 최대값이 35.2으로 평가되었다. Metiram WG(55%)가 Field Use EIQ 값이 116.1로 가장 높았으며, Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%)), Mancozeb WP(75%), Copper oxychloride+Dithianon WP(42+13%)가 각각 99.1, 94.5, 82.9로 높게 평가 되었다.

살충제와 달리 살균제 28개 제품 중 일부 제품에 대한 환경영향지수(Field Use EIQ)가 유효성분에 대한 EIQ 값이 높은 이유는 유효성분 함량이 높아 살충제와 달리 위험성이 반전되는 경향을 보인 것으로 판단된다. 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다.

감귤원에서 사용하는 살비제는 총 6개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 3.0에서부터 최대값이 46.3으로 평가되었다. Propargite WP(30%)가 Field Use EIQ 값이 46.3으로 가장 높았으며, Pyridaben WP(20%)가 13.4로 두 번째로 높게 평가 되었다. 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다.

감귤원 157농가의 연간 방제력을 포장 적용 환경영향지수(Field use EIQ) 평가를 하였다(Fig. 4). 기존 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장사용 환경영향지수 결과 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ)로 누적 값이 900 구간

이 21.7%로 가장 비율이 높았으며, 700~1100 구간의 비율은 71.4%로 평가되었다.

개선된 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장 적용 환경영향지수 결과 포장 적용 환경영향지수(Field use EIQ) 누적 값이 600구간이 31.2%로 가장 높은 비율을 보였으며, 500~700 구간이 69.5%비율로 평가되었다. 기존 모델의 포장사용 환경영향지수 결과 값이 과대평가 되는 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- Kovach, J., C. Petzoldt, J. Degnil, and J. Tette. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides, New York's Food and Life Sciences Bulletin. No.139
- Dushoff, Jonathan, Brian Cardwell, and Charles L. Mohler. 1994. Evaluating the Environmental Effect the Pesticides: A Critique of the Environmental Impact Quotient. American Entomologist. 40(3).
- Eklo, O. M., O. Henriksen and T. Rafoss. 2003. Experiences with Applying the EIQ-model to Assess the Environmental Impact of IPM Farmer Training in Vietnam. Grønn Forskning. 7(17).
- Grady J. Glenn, Ph.D., B.C.E., Earth-wise guide to products toxicity ratings.
- Hotchkiss, B. E., J. W. Gillett, M. A. Kamrin, J. W. Witt, and A. Craigmill.1989. EXTOXNET, Extension Toxicology Network. A PesticideInformation Project of Cooperative Extension Offices of Cornell University, The University of California, Michigan State University andOregon State University, Cornell University, Ithaca, NY.
- Khan M. A., M. H. Soomro and I. Ahmad. 2005. Cotton IPM-FFS Impact of FFS on Practice Change and Income. In Ooi, P.A.C. et al. (ed.) "The Impact of the FAO-EU IPM Programme for Cotton in Asia", Pesticide Policy Project Publication Series Special Issue No. 9, University Hannover, Germany.
- Kovach, J., C. Petzoldt, J. Degni, and J. Tette. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's food and Life Science Bulletin. 139.
- Levitan, L. 1997. An overview of pesticide impact and risk assessment systems. OECD workshop on pesticide risk indicators. Copenhagen, 21-23 April 1997.
- Levitan, L. 2004. Pesticides and their non-target impacts: Sources of Data and

- Information. Cornell University, Environmental Risk Analysis Program, Pesticides, IPM and Risk Indicators. (<http://environmentalrisk.cornell>).
- Levitan, L., I Merwin and J. Kovach. 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: The Quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 55:153-168.
- Levitan, L.. 2000. "How to" and "why": assessing the enviro-social impacts of pesticides. *Crop Protection*. 19. 629-636.
- Mancini, F. 2006. Impact of Integrated Pest Management Farmer Field Schools on health, farming systems, the environment, and livelihoods of cotton growers in Southern India. Doctoral thesis, Biological Farming Systems Group, Wageningen University, The Netherlands.
- Morse, R. 1989. Bee Poisoning, In the New York State Pesticide Recommendations 1989 edition. The Chemicals-Pesticides Program, Cornell University, Ithaca, NY. 28-30.
- MSDS Reference for Crop Protection Chemicals 1990/91. Chemical and Pharmaceutical Press, John Wiley & Sons, NY.
- National Pesticide/Soils Database and User Decision Support System for Risk Assessment of Ground and Surface Water Contamination. 1990. Soil Conservation Service Water Quality/Quantity Technical Ref. 10:23-9.
- Nesheim, O.N., F.M. Fishel, and M. Mossler. 2002. Toxicity of Pesticides. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. (<http://edis.ifas.ufl.edu/PI008>).
- OECD. 1998. Joint Working Party of the Committee for Agriculture and the Environment Policy Committee-Stocktaking Report-Pesticide Use and Greenhouse Gases, P, Paris, France
- OECD. 2000. Environmental Indicators for Agriculture: Method and Results-The Stocktaking Report-Pesticide Use and Risks. P39, Paris, France.
- Praneetvatakul, S. and H. Waibel. 2006. Farm Level and Environmental

- Impacts of Farmer Field Schools in Thailand. Working Paper No. 7, Development and Agricultural Economics, Faculty of Economics and Management, University of Hannover, Germany, 2006.
- Reus, J. and P. Leendertse. 2000. The environmental yardstick for pesticides: a practical indicator used in the Netherlands. *Crop Protection* 19, 637-641.
- Reus, J., P. Leendertse, C. Bockstaller, I. Fomsgaard, V. Gutsche, K. Lewis, C. Nilsson, L. Pussemier, M. Trevisan, H. van der Werf, F. Alfarroba, S. Blümel, J. Isart, D. McGrath, and T. Sepälä. 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 90, Issue 2, pp. 177-187.
- Smith, W. G and J. Barnard. 1992. Chem-News Profiles, Pesticide Management and Education Program, CENET, Cornell Cooperative Extension Electronic Information Network, Cornell University, Ithaca, NY.
- “The Impact of the FAO-EU IPM Programme for Cotton in Asia”, Pesticide Policy Project Publication Series Special Issue. No. 9, University Hannover, Germany, 2005
- Theiling, K.M. and B.A. Croft. 1988. Pesticide Side-Effects on Arthropod Natural Enemies: A Database Summary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 21:191-218.
- Tomlin, C. 1994. The pesticide manual(12th ed), The Royal Society of Chemistry.
- Tran Thi Ngoc Phuong. 2001. Pesticide use and risk calculations (Environmental Impact Quotient) on Vegetables in Hanoi Province, Vietnam. Cand. Agric.Theses at the Norwegian Crop Research Institute/Agricultural University of Norway.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1968., Issued guidance, which included a letter system(A-E) for designating degree of carcinogenic potential. Used in vegetable production in Vietnam. Fourth SETAC World Congress,

- 25th Annual Meeting in North America, 2004.
- Van Bol, V., Ph. Debongnie, L. Pussemier, H. Maraite, and W. Steurbaut. 2002. Study and Analysis of Existing Pesticide risk Indicators. Tervuren: Veterinary and Agrochemical Research Center (VAR).
- Van den Berg, H. 2004. IPM Farmer Field Schools: A synthesis of 25 impact evaluations. Wageningen University.
- Vercruyse, F., and W. Steurbaut. 2002. POCER, the pesticide occupational and environmental risk Indicator. Crop Protection. 21(4), 307-315.
- Walter-Echols, G. 2004. Measuring Environmental Impact and Concept of EIQ. Workshop on Impact Assessment of Farmer Field Schools, Garbsen, Germany, 21-23 July, 2004 Walter-Echols and M. Soomro. IPM-FFS Impact on the Environment. In Ooi, P.A.C. et al.
- World Health Organization. 2009. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification.
- 오경석, 이병무, 성하정, 오홍규, 임양빈, 경기성. 2003. 국내 과채류에 등록된 농약에 대한 환경영향지수, 한국농약과학회지. 7(2):123-130.

Links to Internet Resources

EQ

Cornell EQ website:

<http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/>

Cornell EQ list:

http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_09.pdf

FAO Review of the use of EQ in IPM programmes in Asia:

<http://www.vegetableipmasia.org/ImpactAssessment.htm>

Planteforsk EQ website:

http://fou02.planteforsk.no/eiq_english/

General Search Sites

USEPA: Models and Databases (starting point):

http://www.epa.gov/pesticides/science/models_db.htm#databases

Material Safety Data Sheets on the Internet:

<http://www.ilpi.com/msds/index.html>

Compendium of Pesticide Common Names:

<http://www.alanwood.net/pesticides/>

National Pesticide Information Retrieval System : NPIRS Public:

<http://ppis.ceris.purdue.edu/npublic.htm>

Pesticide Fact Sheets

Bio-Pesticides DataBase:

<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/index.htm>

International Programme on Chemical Safety:

<http://www.intox.org/databank/index.htm>

The EXtension TOXicology NETwork:

<http://extoxnet.orst.edu/>

Pesticide Properties DataBase:

<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>

Pesticide Reregistration Status EU:

http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.selection

PAN Pesticides Database:

<http://www.pesticideinfo.org/Index.html>

Scorecard. Pollution Information Site of the Environmental Defense Fund:

<http://www.scorecard.org/chemical-profiles/>

Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides:

<http://www.pesticide.org/factsheets.html>

USEPA Pesticide Programme:

<http://www.epa.gov/pesticides/>

USEPA Integrated Risk Information System:

<http://www.epa.gov/iris/>

WHO Classification of Pesticides by Hazard:

<http://www.inchem.org/documents/pds/pdsother/class.pdf>

제 3 장. 감귤원 사용농약의 살포자에 대한 위해성 평가

1. 연구 배경

오늘날 농약으로 인식되고 있는 유기합성물질들은 1930년대 후반부터 생산된 것으로 인류가 농약에 본격적으로 노출되기 시작한 것은 불과 수십 년밖에 되지 않는다. 환경보건에서 주로 문제가 되고 있는 중금속이나 유기용제들이 수백 년 혹은 수천 년 전부터 인간에서 노출되고 연구된 물질들임에 비하면 농약은 상당히 새로운 분야인 것이다. 또한 유해 환경물질이 만성 건강영향을 유발하는데 일반적으로 수년에서 수십 년의 긴 잠복기가 필요한 것을 고려할 때 인류에 대한 농약의 건강영향을 파악하는 것은 최근에서야 본격적으로 가능해 졌다고 할 수 있다(Lee, 2011).

현대 농업은 농작물의 성장을 방해하는 많은 질병을 근절하고 잡초를 제거하기 위해서 농약 사용에 크게 의존하고 있다. 농약을 사용하지 않게 되었을 때 감소될 작물 생산량을 고려하면 농약은 당분간 우리 사회에 식량수급을 지속시키기 위해서 사용될 수밖에 없는 물질중의 하나이다. 그리고 농약 노출은 매우 광범위하여 농업이나 임업 종사자 혹은 농약 사업장 근로자들과 같이 직업적 노출 뿐 아니라, 일반인들도 가정이나 공공장소에서 병해충 퇴치를 위해 살포되는 경우와 식수나 음식물 오염을 통해 환경적으로 노출되고 있다. 또한 농약은 의도적으로 생명체를 죽이기 위해 만들어진 화학물질로써 인간에 대한 잠재적인 독성이 존재한다. 비록 농약이 판매 이전에 여러 단계의 독성검사를 받지만 세포 혹은 단기 동물 실험 결과들로는 인구집단에 대한 건강영향을 평가하는데 많은 제한점이 있으며, 실제로 농약에 대한 동물 실험결과와 사람에서의 독성결과는 상당히 불일치하는 것으로 보고되고 있다(Dawson, 2010; Lee, 2004).

우리나라에서 농약이 얼마나 사용되고 있는지에 대한 정확한 정보는 없다. 그러나 농약의 출하량을 통해 간접적으로 추정해 보면, 2005년부터 2010년 까지 사용량은 평균 23,600톤으로 조사되었으며, 2011년부터는 사용량이 감소하여 2014년에는 19,800톤으로, 1.6%정도 사용량이 감소하였다. ha당 사용량은 '98년 10.4kg에서 '01년 이후 약 13kg 내외수준을 보이고 있으며 '14년은 10.7kg으로

감소 추세이다(e-나라지표, 2016). 한국작물보호협회 자료에 의하면 2011년도 우리나라 출하된 농약의 성분량은 19,131톤으로 살충제가 약 35%로 가장 많이 차지하였으며, 살균제가 28%, 제초제가 27%, 기타제가 10% 순으로 사용된 것으로 보고되었다(한국작물보호협회 농약연보, 2012).

(1) 농작업자 건강피해에 관한 연구

세계적으로 농민의 농약노출에 의한 급성 및 만성 건강피해에 관한 많은 연구가 수행되었으며, 현재는 다양한 만성건강피해에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 국내의 경우 80년대 초·중반에 농약중독에 관한 조사연구가 많이 이루어졌으며(임, 1981; 조, 1983; 차, 1984; 김, 1985), 1990년대 이후로는 건강진단과 동시에 농약중독 경험을 설문을 통해 조사하거나, 혈액을 채취하여 유기인계 농약으로 인해 저해되는 아세틸콜린 에스터라제(acetylcholine esterase) 수준 등을 측정하는 연구가 진행되어 왔다(보건복지부, 1990; 김 등, 1994; 양 등, 1994; 박, 1997; 이 등, 1999). 또한 농중의 농약대사 산물을 측정하여 농약에 대한 노출을 평가하고자 하는 연구(박 등, 1995)와 호흡기노출과 피부노출을 측정한 연구도 이루어졌다(강, 1999). 이러한 여러 연구결과를 통하여 농약사용으로 인한 농민의 급성중독에 의한 건강피해는 비교적 명확하다고 할 수 있다.

급성 농약 중독은 전 세계적으로 중요한 보건학적 문제로서 세계보건기구에서는 1990년에 전 세계적으로 약 3백만 명이 농약 중독으로 입원하였고 이중 2백만 명은 자살목적으로 농약을 복용하였으며 그 가운데 22만 여명이 사망한 것으로 보고한 바 있다(Jeyaratnam et al., 1990). 반면 2001년도에 중국과 동남아시아 지역에서만 약 30만 명의 농약 복용 자살자가 보고되어 남아메리카 등 다른 지역의 피해를 고려하면 실제 농약에 의한 사망자는 보고된 숫자보다 훨씬 많을 것으로 추정된다. 최근 문헌에 의하면 전 세계적으로 농약 중독으로 인한 자살 사망은 매년 258,234명으로 추산 된 바 있다(Gunnell et al., 2007). Lee(2009) 등에 의하면 우리나라 사망신고자료에 의하면 농약 중독으로 인해 매년 약 2,500명 이상이 사망하고 있다(Table 10). 1996년부터 2005년까지 10년 동안 농약과 관련되어 25,360명이(남자 16,973, 여자 8,387) 사망하였으며 이는 전체 외인사의 8.2%, 전체 중독사의 8.3%에 해당하는 규모이다. 농약 관련 사망원인

중 자살목적의 고의적 오용이 전체 농약관련 사망의 84.8%를 차지하였다. 같은 기간 우리나라의 전체 조사망률이 1,000명당 5.6명에서 5.1명으로 감소한 것에 비해 농약으로 인한 연령표준화 사망률은 10만 명당 4.4명에서 6.4명으로 증가한 것은 주목할 만하다. 사망자는 남자가 여자보다 약 2배 많았으며 연령별로는 60대 이상이 절반 정도를 차지하였다. 또한 군(郡) 지역뿐 아니라 도시 지역(20.8%)에서도 농약복용으로 인한 사망이 많이 발생하고 있었다. 원인 물질로서 가장 많은 것은 비선택적 제초제(paraquat)을 비롯한 제초제 및 살균제로 보고되었다.

농약은 급성 건강영향만 발생시키는 것이 아니라 장기간의 직업적 노출로 인해 다양한 만성건강영향을 유발할 수 있다. 즉 각종 악성종양을 비롯하여 호흡기 질환 중 천식, 만성 기관지염 및 천명, 신경 계 질환 중 우울증, 파킨슨병 및 말초신경염, 안과적 질환 중 망막변성, 그 외에 당뇨병, 재해, 폐경 시기의 변화 및 불임, 면역독성 등이 농약 노출과 관련성이 보고되고 있다. 따라서 농업인에서의 농약 중독 문제는 급성 건강영향에만 국한된 것이 아니라 장기 농약 노출에 따른 만성 건강영향까지 함께 파악하면서 해결해야 할 중요한 과제이다. 농약 노출에 의한 건강영향 연구로서 가장 잘 알려진 것은 미국 농업인건강연구(Agricultural Health Study)로서 이 연구를 통해 지금까지 보고된 농약에 의한 만성 건강영향을 정리하면 Table 11과 같다(Agricultural Health Study, 2011).

보건학 영역에서는 농약의 직업적 노출 평가는 설문조사와 기존 자료를 활용하여 농촌지역의 거주여부, 농업 종사여부, 기르는 농작물의 종류와 기간 등의 대략적인 정보로부터 개별 농약의 살포여부 및 기간, 그리고 농약 살포시 개인노출 형태에 대한 자세한 정보를 얻는 것으로 발전되어왔다. 현재로서는 농약 사용기간과 노출 관련 행태변수들을 통합한 노출지수가(integrated exposure metrics) 설문을 통해 얻을 수 있는 가장 앞서 있는 농약 노출지표로써 알려져 있다(Dosemeci et al., 2002). 지수 산출에 들어가는 항목들은 농약 살포 방식, 보호구 착용 여부 및 종류, 농약 혼합 방식, 농약 살포기계 수리 여부 등이며 이들에 대한 상대적 가중치를 점수화하여 값을 산출한다. 이렇게 개발된 농약 노출 정도는 농약사용일수 및 연 수와 함께 총 농약 누적 노출지수(cumulative exposure index)로써 사용되고 있으며, 최근 소변 중 농약 대사산물 농도와의 비교를 통해

서 이 노출 지수의 타당성이 검증된 바 있다(Thomas et al., 2010)

(2) 농작업자 노출에 관한 연구

농약은 작물의 병과 해충, 그리고 잡초의 방제에 있어서 매우 중요한 수단으로 이용되고 있으며, 농산물의 품질향상과 노동력 절감에 따른 생산비의 절약을 위해서도 필수불가결한 농업자재이다. 그러나 농약은 병해충 및 잡초에 대하여 독성을 발현하는 만큼 인간에 대해서도 영향을 줄 수 있으며, 특히 농산물의 생산을 위해 농약을 살포하는 사람은 소비자보다 농약에 노출될 우려가 훨씬 더 높다고 할 수 있다. 선진국에서는 1950년대에 농약살포자가 parathion에 중독되는 사건의 발생된 이래, 농약살포자의 노출량을 예측하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 최근에는 영국의 UKPOEM(JMP, 1986; POEM, 1992), 미국의 PHED (PHED, 1992), 독일의 German Model(van Hemmen, 1992; van Hemmen, 1993; van Golstein Brouwer et al., 1996) 등을 이용하여 농약살포자의 노출량을 예측하고, 이를 농작업 노출허용량(AOEL, Acceptable Operator Exposure Level)과 비교하여 기본적인 위해성을 판단하고 있다. 그러나 이러한 노출량 산정모델은 해당 국가 또는 실험적인 자료를 이용하여 작성되어 있으므로 각 모델의 유효범위는 농약이 사용되는 지역이나 사용상황에 따라 적용상이 제약이 있으며, 각각의 모델이 기본적으로 비슷한 노출연구 방법을 채택하고 있음에도 불구하고 데이터베이스의 설정방법이나 노출값의 추출, 노출조건에 따라 각 모델 간에 상당한 차이를 보인다고 알려졌다.

농약노출(Pesticide exposure)이란 신체외부의 경계(입, 코, 피부)를 통한 농약과의 접촉을 말하며, 농작업자는 영농활동 중 농약의 조제, 살포, 사용 후 포장재출입, 농작물의 수확 작업과 같은 다양한 노출상황(Exposure scenario)에서 농약에 노출(Ramwell et al., 2006; Ramos et al., 2010)되며 이때 중요한 노출경로(Exposure route)로는 피부노출(Dermal exposure)과 흡입노출(Inhalation exposure)이다(Fenske and Day JR, 2005; Hughes et al., 2008; Chester, 2010). 이러한 상황과 경로를 통해 농약과의 직접적 접촉은 건강 위해성을 초래할 수 있고 그 위해의 정도는 농약의 독성과 노출량에 달려있다(Turnbull, 1985). 하지만 해당 농약/화합물의 특징보다도 주로 작업의 종류, 작업자의 위생습관, 작업시간, 농약과의

접촉시간, 살포기기, 제형, 제제의 포장형태, 작업환경, 보호복, 기상조건 등에 의해 영향을 받기 때문에(Turnbull, 1985; Machado-Neto et al., 1996; Vercurse et al.,1999; Machado-Neto et al., 2000; Machado-Neto et al., 2001; Matthews, 2002; Fenske and Day JR, 2005; Hughes et al., 2008), 농작업자에 대한 농약의 노출 평가는 실제 포장 살포 상황에서의 측정이 매우 중요하고 그 결과는 위해성평가의 필수 자료가 된다(Calumpang, 1996). 농약 노출 측정방법(김 등, 1998; Fenske와 Day JR, 2005; Chester, 2010; Krieger, 2010)은 크게 수동적 측정방법(Passive dosimetry), 생물학적인 측정법(Biological monitoring)으로 구분한다(Fenske and Day JR, 2005). 수동적 측정방법은 농약을 살포할 때 농약을 직접 포집하는 다양한 수단을 사용하여 피부노출 및 호흡노출을 측정하고 여러 가지 노출인자(Exposure factors)를 사용하여 외적/내적 노출량 또는 흡수용량을 예측하는 방법으로서 가장 보편적으로 사용되고 있다. 수동적 측정법은 ‘직접측정법’(Krieger 등, 1992)이라 할 수 있고, 농작업자의 피부노출 측정방법으로서 패치(Patch), 장갑, 양말, 마스크, 전신 측정법(Whole body dosimeter) 등이 일반적이고, 호흡 노출은 주로 PAM(Personal air monitor)을 사용하는데, 이 장치는 농약 조제/살포 중 공기를 흡입하여 농약을 흡착하는 기능을 갖고 있다. 생물학적인 측정방법은 ‘간접측정법’(Krieger et al., 1992)이라고 할 수 있고, 살포자와 작업자의 소변, 혈액, 타액, 땀 등에 포함된 농약량을 측정하는 것으로 농약의 인체 내부 노출 정도(내적 노출량, 흡수 요량)를 특정할 수 있다. 최근 수동적 측정법과 생물학적 측정법의 비교 연구(Ross et al., 2008)에서 두 가지 측정법간의 상관성을 입증하여 수동적 측정법의 유효성을 보고하였다.

본 연구는 감귤원에서 농약을 살포하는 농가를 대상으로 하여 농부증을 포함한 만성증상과 농약 살포시 급성중독증상 경험, 농약살포시의 안전수칙 준수여부 등 설문 조사를 통해 차후 농약노출로 인한 급성 및 만성건강피해 연구에 기초자료를 제공하고자 하며, 감귤원에 살포하는 농약을 가지고 농약살포자 위해성평가를 통해 감귤원에서 농작업자가 감귤원에서 농약 사용 시 스스로 위해성에 따른 농약을 선택하는데 활용될 수 있으리라 생각된다. 더 나아가 감귤원 농작업자에 대한 농약 살포 위해성 평가 DB를 축적하여 농가 농약살포 위해성 판단

자료로 활용 할 수 있도록 하고자 연구를 수행하였다.

Table 10. Age-standardized mortality rates per 100,000 population by cause of pesticide poisoning and calendar year in Korea, 1996-2005(Lee et al., 2009).

Causes of death (ICD-10)	Total pesticide poisoning (T60)		Self-poisoning (X68)		Accidental (X48)		Assault (X87)	
	Year	Cases	ASR*	Cases	ASR	Cases	ASR	Cases
1996	1,900	4.42	1,405	3.26	439	1.03	1	0.00
1997	1,710	3.91	1,216	2.78	419	0.96	7	0.01
1998	2,048	4.57	1,595	3.55	407	0.92	1	0.00
1999	1,904	4.16	1,495	3.26	330	0.73	2	0.00
2000	1,789	3.81	1,487	3.16	130	0.28	4	0.01
2001	2,126	4.40	1,712	3.55	154	0.32	6	0.01
2002	2,875	5.78	2,631	5.29	95	0.19	9	0.02
2003	3,591	7.03	3,301	6.47	74	0.14	10	0.02
2004	3,890	7.34	3,536	6.69	93	0.17	8	0.02
2005	3,527	6.42	3,126	5.71	110	0.19	10	0.02
Total	25,360	5.32	21,504	4.52	2,251	0.47	58	0.01

*Age-standardized mortality rate per 100,000 population.

Table 11. Pesticides associated with selected chronic diseases in the Agricultural Health Study(이원진, 2011).

Diseases	
Cancer	
Lung	chlorpyrifos, diazinon, dicamba, dieldrin, metolachlor, pendimethalin
Pancreas	EPTC, pendimethalin
Colon	aldicarb, dicamba, EPTC, imazethapyr, trifluralin
Rectum	chlordan, chlorpyrifos, pendimethalin, toxaphene
Leukemia	chlordan, heptachlor, diazinon, EPTC, fonofos
All lymphohematopoietics	alachlor, chlorpyrifos, diazinon, permethrin
Non Hodgkin's lymphoma	lindane
Multiple myeloma	permethrin
Bladder	imazethapyr
Prostate	fonofos, methyl bromide
Brain	chlorpyrifos
Melanoma	carbaryl, toxaphene
Respiratory system	
Chronic bronchitis	dichlorvos, DDT, cyanazine, paraquat, methyl bromide, carbaryl, heptachlor
Farmer's lung	DDT, lindane, aldicarb
Asthma	2,4-D, glyphosate, carbaryl, coumaphos, DDT, malathion, parathion, permethrin, phorate, metalaxyl
Wheeze	chlorpyrifos, malathion, parathion, dichlorvos, phorate
Rhinitis	malathion, permethrin, metolachlor
Others	
Depression	insecticides, organophosphates, organochlorines, fungicides, fumigants
Diabetes	aldrin, chlordan, heptachlor, dichlorvos, trichlorfon,alachlor, cyanazine
Retinal degeneration	fungicides
Delayed menopause	hormonally active pesticides
Abnormal menstrual cycle	hormonally active pesticides
Myocardial infarction	no
Rheumatoid arthritis	no

2. 자료 수집 및 분석 방법

(1) 농약의 농작업자 건강피해에 관한 설문연구

연구대상은 지역 구분 없이 제주도내에 거주하며 감귤원에서 농약을 직접 살포하는 농민을 대상으로 설문조사 하였으며, 조사기간은 2016년 4월부터 5월까지 제주대학교, 서귀포기술센터, 서부농업기술센터에서 운영하는 감귤 재배 교육 프로그램에 참석한 186 농가를 대상으로 설문조사 하였으며, 건강피해에 대한 설문 내용을 담은 137개의 설문지를 가지고 분도분석을 실시하였다. 설문지는 기존 연구(이 등, 2000)에서 사용된 양식에서 필요한 부분만 발췌하여 설문지를 만들어 배포하였으며, 설문방식은 자기기입 방식으로 진행하였다.

‘농부증을 포함한 만성증상(농부증 증상 8개 항목+만성신경계통으로 의심되는 증상 3개 항목)’, ‘농약 살포시 이상증상경험(14개 항목)’, ‘농약살포시 안전수칙 준수여부(13개 항목)’, ‘농약 살포시 보호구 착용(7개 항목)에 대해서는 각각의 항목 점수를 합산하여 점수화 하였다(채, 1995).

‘농부증을 포함한 만성증상’의 경우 설문을 통한 농부증 판정방법을 따라 평상시 각 증상을 느낀 빈도를 물어서, 증상 경험이 없는 경우 0점, 일주일에 하루인 경우 1점, 일주일에 이틀 이상인 경우 2점을 부여하고 그 점수를 합산하였다. 농부증의 판정은 농부증 증상 8개 항목의 합계 점수가 7점 이상이면 양성, 3~6점 사이는 의증, 2점 이하는 음성으로 평가하였다(박, 1997).

(2) 농약의 농작업자에 대한 노출 평가

농약 노출 시나리오는 「한국형 농약노출량 산정모델 확립 및 평가방법 선지화」 연구 과제를 통해 개발된 노출평가 모델을 사용하였으며, 이 모델은 유럽에서 개발하여 사용하고 있는 UK-POEM을 모델로 하여 우리나라의 실정에 맞는 동력분무기에 대한 시나리오(hand-held rotary atomizer equipment(400 L tank). Outdoor, high level target) 내용을 반영하여 작성한 모델이다. UK-POEM은 주로 농약 살포자에 대한 노출량을 평가하기 위하여 영국에서 개발된 모델로 현재 EU나 OECD에서도 농작업자에 대한 초기 위해성 평가를 위한 농약 노출량 산정에 이용되고 있다. 이 UK-POEM은 농약의 제형별로 액상과

고상으로 나누고, 각 제형별 농약의 조제(mixing/loading) 과정에서의 노출량(exposure)과 살포(application)시의 노출량을 각각 산출한 후 합산하는 방식을 택하고 있으며, 작업과정에서의 신체 부위별 외부오염과 외부오염으로부터의 피부오염, 그리고 피부투과율을 고려하여 노출량을 산정할 수 있도록 하고 있다.

UK-POEM에서는 농약의 살포 단계에서의 농작업자 노출량의 산출을 위해 1일 작업시간 6시간으로 추천하고 있으며, 1일 약제처리 면적은 downward spraying은 50 ha/day, upward spraying은 15 ha/day, 그리고, hand-held spraying의 경우 1ha/day 처리하는 것으로 계산한다. 또한 약제 살포시의 시나리오를 8가지로 구분하여 각각의 시나리오에 따른 노출량과 신체 부위별 분포, 부위별 침투에 따른 피부노출량을 실험적으로 측정하여 Table 12과 같이 제시하고 있다.

UK-POEM을 이용한 농작업자 노출평가 방식은 먼저 제품의 제형별로 엑셀 시트(excel sheet)를 선택하여 9개의 살포 방법(Table 13)중 하나를 선택하면 그에 따른 1일 살포면적에 대한 추천치가 자동으로 입력된다. 다음에 농약제품 표지에 수록된 약제의 이름, 원제함량, ha당 약제량, 살포물량 등의 정보를 입력하고 피부흡수율, 개인보호장비의 착용여부를 입력하면 자동적으로 농작업자의 피부노출량과 호흡을 통해 노출되는 양이 계산되고 이를 합산한 값을 작업자 체중(60kg)으로 나누어 노출량이 계산된다고 보고되었다(Hong et al., 2007).

노출량 계산은 개인 보호 장비를 착용하지 않은 경우와 착용한 경우를 각각 계산할 수 있으며, 개인 보호 장비를 착용하지 않았을 경우 의복에 부착되는 농약 양을 100%라고 하면, 살포액 조제시, 고상제형의 경우 방제복을 착용한 경우에는 의복에 부착되는 농약량이 1%로 감소하고, 마스크를 착용한 경우에는 5%만이 노출되며, 액상제형의 살포액 조제시에는 10%만 노출되는 것으로 계산되었다. 살포 시에는 개인 보호 장비를 착용할 경우 피부 부착율은 팔 10%, 몸통 5%, 다리 5%로 감소하는 것으로 계산된다고 보고되어있다(Hong et al, 2013).

노출량 산정 분석에 사용된 사용 농약 DB는 제1장에서 분석한 농약 사용실태 방제력 DB를 가지고 농약사용 지침서에 근거하여 농약 품목의 제형을

Table 12. Distribution and exposure levels for spray applications(Hong et al., 2007)

Vehicle-mounted(with cab) and hydraulic nozzles; volume of surface contamination, 10ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 65	Trunk, 10	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	15
Dermal exposure (ml/h)	6.5	0.05	0.375
Vehicle-mounted(with cab) and rotary disc atomizers; volume of surface contamination, 2ml/h; inhalation exposure, 0.005ml/h			
Distribution(%)	Hands, 75	Trunk, 15	Legs, 10
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	5
Dermal exposure (ml/h)	1.5	0.015	0.010
Vehicle-mounted(without cab) and air assisted with application volume of 500L/ha; volume of surface contamination, 400ml/h; inhalation exposure, 0.05ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	2	5
Dermal exposure (ml/h)	40	5.2	5
Vehicle-mounted(without cab) and air assisted with application volume of 100L/ha; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	15	20
Dermal exposure (ml/h)	5	4.875	2.5
Vehicle-mounted(without cab), air assisted and rotary disc, with application volume of 50L/ha; volume of surface contamination, 20ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	20	15
Dermal exposure (ml/h)	2	2.6	0.75
Hand-held outdoor hydraulic nozzles with low-level application; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 25	Trunk, 25	Legs, 50
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	20	18
Dermal exposure (ml/h)	10	2.5	4.5
Hand-held outdoor rotary discs atomizers with low-level application; volume of surface contamination, 20ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 5	Legs, 85
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	20
Dermal exposure (ml/h)	2	0.05	3.4
Hand-held outdoor rotary discs atomizers with high-level application; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	15	20
Dermal exposure (ml/h)	5	4.875	2.5

Table 13. Application method on UK-POEM for occupational exposure level(Hong et al., 2007)

Tractor-mounted/trailed boom sprayer: hydraulic nozzles
Tractor-mounted/trailed boom sprayer: rotary atomisers
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 l/ha
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 100 l/ha
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 50 l/ha
Hand-held sprayer (15 l tank): hydraulic nozzles. Outdoor, low level target
Hand-held rotary atomiser equipment (2.5 l tank). Outdoor, low level target
Hand-held rotary atomiser equipment (2.5 l tank). Outdoor, high level target
Home garden sprayer (5 litre tank). Outdoor, low level target

기준으로 원제 함량, 물 20 L 당의 사용량 등을 조사하였다. 이 조사항목을 이용하여 농작업자 노출량 산정법과 농촌진흥청 고시(Agrochemical control act)에 따라 동력분무기(moter sprayer)를 이용하여 약제를 분무할 경우 농작업자가 농약에 노출되는 양을 산출하였다. 농작업자 농약 노출 평가에서 동력분무기의 경우 UK-POEM에는 우리나라의 동력분무기(moter spray)에 대한 시나리오가 작성되어 있지 않아 하여 UK-POEM에 Hong(2007)등이 제안한 ‘과수 농작업자 노출량 산정 제안’ 내용을 반영하여 변형시켜 만든 Ko-POEM 평가 모델을 가지고 감귤원 농작업자 농약 노출평가를 하였으며, 평가 절차는 Fig. 18과 같다.

우리나라의 동력분무기(moter spray)에 대한 시나리오가 반영된 Ko-POEM 시나리오는 하루 1 ha를 살포하며, 일일 살포시간 6시간 처리, 피부 흡수율은 약제의 제조와 살포시에 10%로 설정되어 있다. 감귤원에 살포되는 살충제, 살균제, 살비제에 대한 농작업자 농약 노출평가를 위해 동력분무기 상향식 분무(Moter sprayer-high level target) 시나리오는 신체 중 팔에 10%, 몸통에 65%, 다리에 25% 부착되며, 호흡에 의해서는 0.01 mL/h 노출되는 것으로 계산되었으며, 제초제 사용에 의한 농작업자 농약 노출 평가를 위해 하향분무(Moter sprayer-low level target) 시나리오는 신체 중 팔에 10%, 몸통에 5%, 다리에 85% 부착되며, 호흡에 의해서는 0.01 mL/h 노출되는 것으로 계산되었다(Table 14).

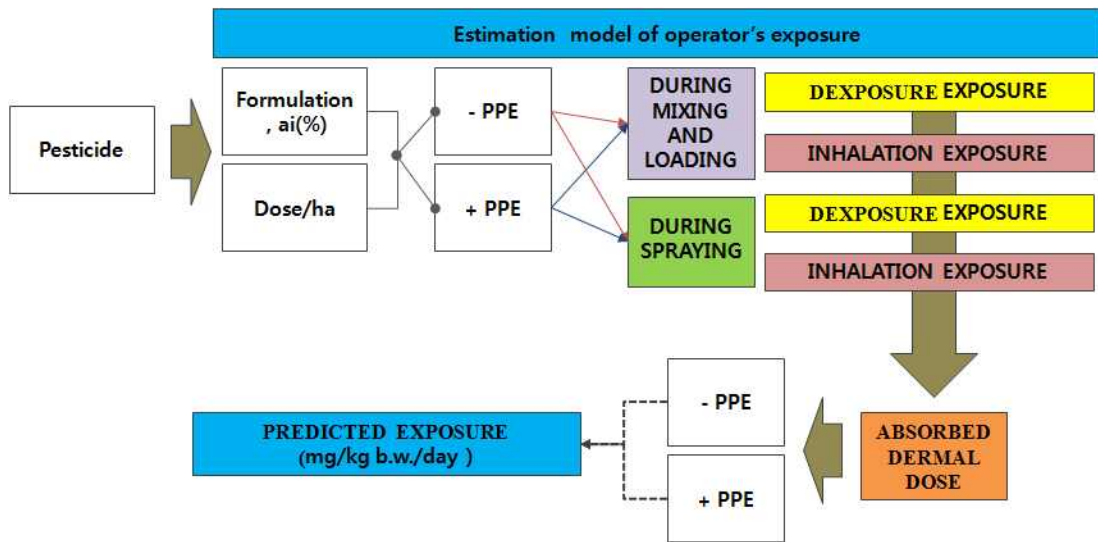


Fig. 18. Method for agricultural operator's exposure dose and estimation.

농약의 농작업자에 대한 위해성은 농약의 농작업자에 대한 노출량과 그 농약의 가지고 있는 자체의 독성을 비교하여 평가한다. 이때 노출량과 비교되는 농작업자에 대한 독성기준을 AOEL(Acceptable Operator Exposure Level)이라고 부르며, 일반적으로 아급성 독성실험 결과 중 실험동물에 대하여 가장 낮은 농도에서 영향을 나타내는 독성치에 안전계수 0.01을 곱하여 산출한다(European Commission, 2006). 농약에 대한 노출량이 AOEL 보다 크면 농작업자에 대한 위해성이 있는 것으로 판단한다. 그러나 모든 농약에 대한 AOEL이 정해져 있는 것은 아니며, 세계의 농약평가관리를 담당하는 곳에서 평가한 농약에 대하여 AOEL을 설정하고 이를 공표하고 있다.

본 연구에서는 선진국에서 발표된 기준치를 조사하여 가장 낮은 기준을 노출 기준(exposure reference)으로 선정하였다. 각 기관의 자료 중 AOEL이 선정되어 있는 경우 AOEL을 사용하였으며, AOEL이 결정되어 있지 않은 경우에는 급성독성기준치인 aRfD (acute Reference Dose) 값을 이용하였고, aRfD 값도 없는 경우에는 일일섭취 허용량인 ADI (Acceptable Daily Intake) 값을 독성기준치로 선정 하였다.

농작업자 위해성 평가(Risk assessment) 농약 제품별 농약살포자에 대한 위해성 평가는 제품별 산출된 노출량을 AOEL(exposure reference) 값으로 나누어

위해성 지수(RQ, Risk Quotient = Exposure/AOEL)를 평가하였다. 이 RQ가 1 이하일 경우 농작업자의 위해성이 적다는 것을 의미하며 크면 클수록 위해성이 높은 것을 의미한다.

$$RQ = \text{Exposure value} / \text{AOEL(Referance value)} \text{----- 식 (1)}$$

(3) 감귤생산농가의 통합위해성 평가

감귤원에 사용된 농약 제품별 노출 위험성 평가 값을 가지고 157 농가를 대상으로 개별 연간 방제력의 노출값을 적용하여 연간 노출되는 위해성을 누적하여 감귤생산농가의 통합위해성을 평가하였다.

Table 14. Exposure absorption rate according to the Application method

Application method	Surface contamination ml/h	Distribution of contamination			Penetration through clothing		
		Hands	Trunk	Legs	Trunk	Legs	Inhalation ml/h
Speed sprayer	400	10%	65%	25%	2%	5%	0.05
Moter sprayer-high level target	50	10%	65%	25%	15%	20%	0.01
Moter sprayer-low level target	20	10%	5%	85%	5%	20%	0.01

3. 결과 및 고찰

(1) 농작업자 건강피해 조사

가. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 15). 연령은 40대가 137명 중 56명으로 가장 많았다. 성별은 137명의 응답자 중 남성이 108명인 78.8%를 차지하였으며, 여성은 29명으로 21.2%의 순이었다. 응답자 중 21.9%만 현재 흡연을 하며, 50.4%가 음주를 하는 것으로 나타났다. 경작면적은 ‘2000평 이상 4000평 미만’이 응답자 137명 중 53명으로 38.7%로 가장 많았으며, ‘2000평 미만’이 40명인 29.2%, ‘4000평 이상 6000평 미만’과 ‘6000평 이상 8000평 미만’이 각각 19명인 13.9%, ‘10000평 이상’이 6명으로 4.4% 순이었다. 영농경력은 ‘5년 미만’이 52명인 38.0%로 가장 많았으며, ‘5~10년 미만’이 27명인 19.7%, ‘10~20년 미만’이 24명인 17.5%, ‘20~30년 미만’이 10명인 7.3%, ‘30년 이상’이 24명인 17.5% 순이었다.

나. 갑골원 농작업자 만성증상

만성증상 조사결과는 다음과 같다(Table 16). 농부증 8개 항목 중 ‘몸이 나른하고 힘이 없다(Tiredness and languor)’, ‘밤중에 소변을 보기위해 깬다(Nocturea)’, ‘눈이 흐리거나 눈물이 난다(Watery eyes)’, ‘손발이 저린다(Numbness in extremities)’, ‘밤에 잠을 잘 못잔다(Sleeplessness)’, ‘머리가 아프다(Headache)’라는 증상을 못 느끼는 농가 비중이 높게 나왔으며, ‘허리가 아프다(Lumbago)’와 ‘어깨가 결리다(Shoulder pain)’라는 증상을 느끼는 1점과 2점을 합한 농가 각각 43.8%로 나타났다.

만성신경계통 증상으로 의심되는 3가지 증상에 대해 응답자가 증상을 못 느끼는 비율이 평균 85% 이상으로 높았으며, 1주일에 1회 또는 2회 이상 느끼는 총 비율은 ‘숨이 가쁘다(Dyspnea)’, ‘팔다리 근육이 떨린다(Muscle tremors in arms or legs)’, ‘배가 불편하다(Gastric discomfort)’ 증상이 각각 13.2%, 17.5%, 9.5%로 나타났다.

다. 감귤원 농작업자 농부증 판정

농부증 판정 결과는 다음과 같다(Table 17). 8가지 증상에 대한 각각의 점수를 합한 뒤 농부증 ‘양성’, ‘의증’, ‘음성’을 판정한 결과, 응답자 137명 중 27명인 19.7%가 ‘양성’, 42명인 30.7%가 ‘의증’, 68명인 49.6%가 ‘음성’으로 나타났다.

라. 농약 살포시 이상증상 경험

농약 살포시 이상증상 경험률은 다음과 같다(Fig. 19). ‘응답결과 ‘눈이 따가웠다(Eye glaring)’는 증상이 응답자 137명 중 57.7%로 가장 높았으며, 그 다음으로 ‘피부가 따갑고 가려웠다(Itching sense of skin)’는 증상은 51.1%의 경험률을 보였다. ‘머리가 아프다(Dizziness/Headache)’는 증상이 29.9%, ‘온몸에 힘이 빠졌다(Fatigue)’는 증상이 24.8%, ‘눈앞이 흐려졌다(Visual distruance)’는 증상이 29.2%, ‘구역질이 났다(Nausea)’는 증상이 19.0%, ‘작업을 하지 않을 때도 땀 또는 눈물이 흘렀다(Sweating or Lacrimation)’는 증상이 18.2%, ‘호흡곤란이 왔다(Dyspnea)’는 증상이 10.2%, ‘사지경련이 왔다(Cramps in Limbs)’는 증상이 5.8%, ‘복통이 있었다(Abdominal pain)’는 증상이 8.0%, ‘구토를 하였다(Vomiting)’는 증상이 6.6%, ‘의식을 잃고 쓰러졌다(Syncope)’, ‘전신이 마비되었다(Quardripleisia)’, ‘말이 갑자기 나오지 않았다(Dysphasia)’는 증상이 각각 4.4%의 경험률을 보였다.

마. 농약 살포시 준수사항

농약 살포시 준수사항 결과는 다음과 같다(Table 18). 응답자 중 ‘농약살포 후 바로 목욕을 한다(Take a bath after spraying)’와 ‘농약살포 후 바로 옷을 갈아입는다(Chang clothes after spraying)’의 경우 각각 98.8%, 86.6%가 ‘항상 지킨다’고 하여 준수율이 높게 나타난 반면 , ‘피로감을 느낄 때 농약 살포를 하지 않는다(Don't spray when feeling fatigue)’, ‘농약살포 후 용변을 보기 전에 손을 씻는다(Wash hands before urinating after spraying)’의 경우는 각각 44.2%, 45.4%가 ‘항상 지킨다’고 응답하여 낮은 준수율을 보여 교육기관에서 농가 교육시 준수사항 홍보와 교육이 필요하다고 생각된다.

Table 15. General characteristics of the Subjects.

Variable	Category	N	%
Age	20~29	14	10.2
	30~39	39	28.5
	40~49	56	40.9
	50~59	27	19.7
	60<	1	0.7
	Subtotal	137	100.0
Gender	Male	108	78.8
	Female	29	21.2
	Subtotal	137	100.0
Smoking	Yes	30	21.9
	No	107	78.1
	Subtotal	137	100.0
Alcohol drinking	Yes	69	50.4
	No	68	49.6
	Subtotal	137	100.0
Agricultural area(pyeong*)	>2000	40	29.2
	2000~4000	53	38.7
	4000~6000	19	13.9
	6000~8000	19	13.9
	10000<	6	4.4
	Subtotal	137	100.0
Farming career(years)	>5	52	38.0
	5~10	27	19.7
	10~20	24	17.5
	20~30	10	7.3
	30<	24	17.5
	Subtotal	137	100.0
Working hours per day	Half day	43	31.4
	All day	94	68.6
	Subtotal	137	100.0

Table 16. Number and ratio of Scores on chronic symptoms.

Chronic symptom	Score(N)			%		
	0*	1**	2***	0	1	2
Tiredness and languor	88	36	13	64.2	26.3	9.5
Lumbago	77	40	20	56.2	29.2	14.6
Nocturea	93	24	20	67.9	17.5	14.6
Shoulder pain	77	39	21	56.2	28.5	15.3
Watery eyes	97	28	12	70.8	20.4	8.8
Numbness in extremities	89	30	18	65.0	21.9	13.1
Sleeplessness	112	14	11	81.8	10.2	8.0
Headache	105	24	8	76.6	17.5	5.8
Dyspnea	119	12	6	86.9	8.8	4.4
Muscle tremors in arms or legs	113	15	9	82.5	10.9	6.6
Gastric discomfort	124	9	4	90.5	6.6	2.9

* If the frequency of each symptom is 0 days/weeks for last month

** If the frequency of each symptom is 1 days/weeks for last month

*** If the frequency of each symptom is 2 or more days/weeks for last month

Table 17. Prevalence of citrus farmer's syndrome by age groups.

Age group	N(%)			
	Positive	Suspicious	Negative	Total
30~39	3(2.2)	6(4.4)	6(4.4)	15(10.9)
40~49	4(2.9)	11(8.0)	24(17.5)	39(28.5)
50~59	14(10.2)	16(11.7)	26(19.0)	56(40.9)
60~	6(4.4)	9(6.6)	12(8.8)	12(19.7)
Total	27(19.7)	42(30.7)	68(49.6)	137(100)

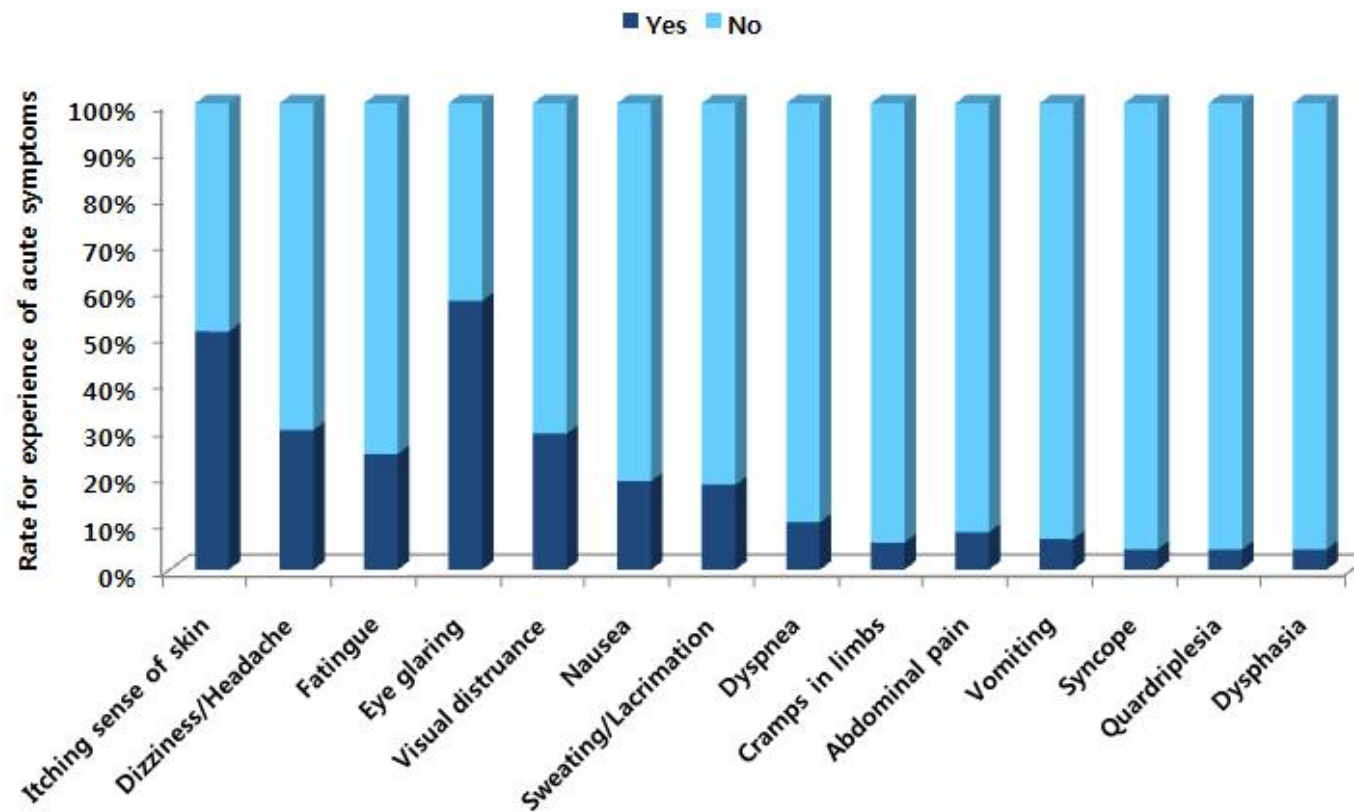


Fig. 19. Experience rate of acute symptoms while spraying pesticides.

Table 18. Extent of keeping safety rules for pesticide spraying.

Safety Rule	Total	Always		Usually		Sometimes		Never	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Take a bath after spraying	137	123	89.8	9	6.6	4	2.9	1	0.7
Chang clothes after spraying	134	116	86.6	10	7.5	4	3.0	4	3.0
Don't spray after drinking	115	75	65.2	22	19.1	9	7.8	9	7.8
Wash hand with soap before eating after spraying	134	82	61.2	30	22.4	12	9.0	10	7.5
Rinse out the mouth after spraying	134	83	61.9	26	19.4	13	9.7	12	9.0
Keep wxplanatory notes and doses	135	99	73.3	29	21.5	5	3.7	2	1.5
Don't spray when feeling fatigue	129	57	44.2	37	28.7	19	14.7	16	12.4
Wash hands with before smoking after spraying	85	52	61.2	10	11.8	9	10.6	14	16.5
Read labels or manuals	135	77	57.0	32	23.7	18	13.3	8	5.9
Don't drink and smoke while spraying	124	92	74.2	17	13.7	4	3.2	11	8.9
Don't spray at midday	132	71	53.8	42	31.8	14	10.6	5	3.8
Wash hands before urinating after spraying	130	59	45.4	31	23.8	20	15.4	20	15.4
Launder protective equipments	135	85	63.0	30	22.2	16	11.9	4	3.0

(2) 농약의 작업자에 대한 노출 평가

가. 감귤원에서 사용되는 농약제품별 노출량 산정

감귤원에 살포하는 농약 개별 제품별로 농작업자에 대한 농약 노출량 산정 하였으며, 살충제, 살균제, 살비제는 동력분무기(moter sprayer) 상향 분무식 조건으로 산정하였으며, 제초제는 동력분무기(moter sprayer) 하향 분무식 조건으로 산정하였다.

가. 살충제 노출량 산정

살충제에 대한 제품별 노출량 산정을 하였다(Table 19). 개인보호장비(PPE, personal protective equipment)를 착용하지 않은 경우 49개 제품의 노출값 범위는 0.00013~0.02955 mg/kg b.w./day 였다. 노출 평균값은 0.00342 mg/kg b.w./day로 평균 이상의 제품은 총 18개 제품으로 Benfuracarb WG(30%), Etofenprox+Imidacloprid WG(8+4%), Phenthoate EC(47.5%), Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%), Chlorpyrifos WP(25%), Dinotefuran+Methoxyfenozide SC(10+4%), Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%), Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%), Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%), Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%), Thiamethoxam WG(10%), Buprofezin+Thiacloprid SC(20+5%), Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%), Buprofezin+Dinotefuran WP(20+15%), Acetamiprid WG(8%), Clothianidin SG(8%), Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%), Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)였으며, Benfuracarb WG(30%)의 노출값이 0.02955 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다.

개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 49개 제품의 노출값 범위는 0.00~0.00183 mg/kg b.w./day로 노출 평균값은 0.00322 mg/kg b.w./day였다. 평균 노출값 높은 제품은 15개 제품으로 Phenthoate EC(47.5%), Benfuracarb WG(30%), Chlorpyrifos WP(25%), Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%), Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%), Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%), Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%), Buprofezin+Dinotefuran WP(20+15%), Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%), Buprofezin+Thiacloprid SC(20+5%), Etofenprox+Imidacloprid WG(8+4%), Chlorpyrifos +Alpha-cypermethrin

EC(10+1%), Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%), Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%), Chlorfenapyr SC(5%)였으며, Phenthoate EC(47.5%) 노출값이 0.00183 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 착용한 경우의 노출값은 6.5~16.1배 높은 것으로 나타났다.

나. 살균제 노출량 산정

살균제 대한 제품별 노출량 산정을 하였다(Table 20). 개인보호장비(PPE, personal protective equipment)를 착용하지 않은 경우 28개 제품의 노출값 범위는 0.00702~10.53267 mg/kg b.w./day 였다. 노출 평균값은 1.26932 mg/kg b.w./day로 평균 이상의 제품은 총 5개 제품으로 Propineb WP(70%), Metiram WG(55%), Dithianon WG(66%), Iminoctadinetris(albesilate) WP(40%), Iminoctadine triacetate SL(25%)였으며, Propineb WP(70%)의 노출값이 10.53267 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다.

개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 28개 제품의 노출값 범위는 0.00101~1.51550 mg/kg b.w./day로 노출 평균값은 0.13052 mg/kg b.w./day였다. 평균 노출값 높은 제품은 5개 제품으로 Propineb WP(70%), Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%), Metiram WG(55%), Iminoctadine triacetate SL(25%), Dithianon WG(66%), Dithianon WP(75%), Mancozeb WP(75%)였으며, Propineb WP(70%) 노출값이 1.51550 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 착용한 경우의 노출값은 7배 높은 것으로 나타났다.

다. 살비제 노출량 산정

살비제 대한 제품별 노출량 산정을 하였다(Table 21). 개인보호장비(PPE, personal protective equipment)를 착용하지 않은 경우 6개 제품의 노출값 범위는 0.04442~0.50156 mg/kg b.w./day 였다. 노출 평균값은 0.27068 mg/kg b.w./day로 평균 이상의 제품은 총 3개 제품으로 Propargite WP(30%), Pyridaben WP(20%), Spirodiclofen SC(22%)였으며, Propargite WP(30%)의 노출값이 0.50156 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다.

개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 6개 제품의 노출값 범위는 0.00420~0.07217 mg/kg b.w./day로 노출 평균값은 0.03590 mg/kg b.w./day였다. 평균 노출값이 높은 제품은 2개 제품으로 Propargite WP(30%), Pyridaben WP(20%)였으며, Propargite WP(30%) 노출값이 0.07217 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 착용한 경우의 노출값은 6.9~10.6배 높은 것으로 나타났다.

감귤원에 살포하는 살비제는 개인보호장비(PPE) 착용여부와 상관없이 노출 위험지수(RQ)가 1 이하로 평가되었다.

라. 제초제 노출량 산정

제초제 대한 제품별 노출량 산정을 하였다(Table 22). 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 8개 제품의 노출값 범위는 0.00252~0.00696 mg/kg b.w./day였으며, 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 노출값 범위는 0.00028~0.00076 mg/kg b.w./day였다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 노출 평균값은 0.00503 mg/kg b.w./day였고, 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 노출 평균값은 0.00055 mg/kg b.w./day였다. 각 조건에서 평균 이상의 제품 은총 4개 제품으로 Glyphosate-potassium SL(44.75%), Glufosinate-ammonium SL(41%), Glyphosate SL(41%), Gyphosate-ammonium+oxyfluorfen WG(36+2%)였으며, Glyphosate-potassium SL(44.75%)의 노출값이 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 0.00696 mg/kg b.w./day, 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 0.00076 mg/kg b.w./day로 가장 높은 것으로 나타났다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 착용한 경우의 노출값은 9~9.2배 높은 것으로 나타났다.

감귤원에 살포하는 농약은 노출값 평균으로 보면 살균제>살비제>제초제>살충제 순으로 노출값이 높았으며, 살균제가 노출값이 높아 살균제 방제시 개인 보호 장비를 철저히 착용하고 사용되어야 할 것으로 판단된다.

Table 19. Exposure value of insecticides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)			
		without PPE	Total	with PPE	Total
1	Acetamiprid SP, WP(8%)	0.00090	0.00090	0.00013	0.00013
2	Acetamiprid WG(8%)	0.00394	0.00394	0.00015	0.00015
3	Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%)	0.00065 / 0.00244	0.00309	0.00008 / 0.00029	0.00037
4	Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%)	0.00246 / 0.00689	0.00936	0.00009 / 0.00026	0.00036
5	Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)	0.00181 / 0.00181	0.00361	0.00026 / 0.00026	0.00052
6	Acetamiprid+Flufenoxuron WP(8+5%)	0.00090 / 0.00056	0.00147	0.00013 / 0.00008	0.00021
7	Acetamiprid+Lufenuron WP(8+5%)	0.00090 / 0.00045	0.00135	0.00013 / 0.00008	0.00021
8	Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%)	0.00295 / 0.00345	0.0064	0.00011 / 0.00013	0.00024
9	Alpha-cypermethrin EC(2%)	0.00045	0.00045	0.00007	0.00007
10	Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%)	0.00281 / 0.00048	0.00329	0.00281 / 0.00048	0.00329
11	Benfuracarb WG(30%)	0.02955	0.02955	0.00112	0.00112
12	Buprofezin+Dinotefuran WP(20+15%)	0.00226 / 0.00169	0.00395	0.00032 / 0.00024	0.00057
13	Buprofezin+Tebufenozide WP(12+5%)	0.00135 / 0.00056	0.00192	0.00019 / 0.00008	0.00028
14	Buprofezin+Thiacloprid SC(20+5%)	0.00325 / 0.00081	0.00406	0.00039 / 0.0001	0.00048
15	Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%)	0.00450 / 0.00074	0.00524	0.00067 / 0.00011	0.00078
16	Chlorantraniliprole WP(5%)	0.00045	0.00045	0.00006	0.00006
17	Chlorantraniliprole WG(5%)	0.00246	0.00246	0.00009	0.00009
18	Chlorfenapyr SC(5%)	0.00225	0.00225	0.00034	0.00034
19	Chlorfenapyr WP(5%)	0.00038	0.00038	0.00005	0.00005

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)			
		without PPE	Total	with PPE	Total
20	Chlorfenapyr EC(5%)	0.00071	0.00071	0.00010	0.00010
21	Chlorfluazuron EC(5%)	0.00081	0.00081	0.00012	0.00012
22	Chlorpyrifos WP(25%)	0.00715	0.00715	0.00103	0.00103
23	Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)	0.00225 / 0.00022	0.00247	0.00039 / 0.00004	0.00042
24	Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)	0.00451 / 0.00158	0.00609	0.00065 / 0.00023	0.00088
25	Clothianidin SG(8%)	0.00394	0.00394	0.00015	0.00015
26	Clothianidin SC(8%)	0.00054	0.00054	0.00015	0.00015
27	Clothianidin+Methoxyfenozide SC(7+8%)	0.00114 / 0.00054	0.00168	0.00013 / 0.00015	0.00029
28	Cypermethrin EC(5%)	0.00013	0.00013	0.00003	0.00003
29	Deltamethrin EC(1%)	0.00013	0.00013	0.00003	0.00003
30	Dinotefuran+Methoxyfenozide SC(10+4%)	0.00492 / 0.00197	0.00689	0.00019 / 0.00007	0.00026
31	Esfenvalerate EC(1.5%)	0.00024	0.00024	0.00003	0.00003
32	Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%)	0.00028 / 0.00337	0.00365	0.00005 / 0.00058	0.00063
33	Etofenprox+Imidacloprid WG(8+4%)	0.00788 / 0.00394	0.01182	0.00030 / 0.00015	0.00045
34	Fenpropathrin WP(5%)	0.00113	0.00113	0.00016	0.00016
35	Fenvalerate EC(5%)	0.00112	0.00112	0.00019	0.00019
36	Gamma-cyhalothrin CS(1.4%)	0.00021	0.00021	0.00002	0.00002
37	Imidacloprid WP(10%)	0.00113	0.00113	0.00016	0.00016
38	Imidacloprid+Methoxyfenozide WP(4+8%)	0.00045 / 0.00090	0.00135	0.00006 / 0.00013	0.00019
39	Indoxacarb+Teflubenzuron WP(1+2%)	0.00023 / 0.00045	0.00068	0.00003 / 0.00006	0.0001
40	Lambda-cyhalothrin EC(1%)	0.00022	0.00022	0.00004	0.00004

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)			
		without PPE	Total	with PPE	Total
41	Lambda-cyhalothrin+Imidacloprid WP(1+10%)	0.00011 / 0.00113	0.00124	0.00002 / 0.00016	0.00018
42	Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%)	0.00069 / 0.00330	0.00399	0.00003 / 0.00013	0.00016
43	Methoxyfenozide WP(4%)	0.00090	0.00090	0.00013	0.00013
44	Methoxyfenozide SC(21%)	0.00280	0.00280	0.00026	0.00026
45	Phenthoate EC(47.5%)	0.01068	0.01068	0.00183	0.00183
46	Sulfoxaflor SC(7%)	0.00114	0.00114	0.00013	0.00013
47	Tebufenozide WP(8%)	0.00181	0.00181	0.00026	0.00026
48	Thiamethoxam WG(10%)	0.00492	0.00492	0.00019	0.00019

Table 20. Exposure value of fungicides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)			
		without PPE	Total	with PPE	Total
1	Benomyl WP(50%)	0.00752	0.00752	0.00108	0.00108
2	Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%))	0.15010	0.15010	0.00495	0.00495
3	Carbendazim+Kresoxim-methyl WP(40+20%)	0.00903 / 0.00451	0.01354	0.00130 / 0.00065	0.00195
4	Copper hydroxide WP(77%)	0.01738	0.01738	0.00250	0.00250
5	Copperoxychloride+Dithianon WP(42+13%)	0.01896 / 0.00587	0.02483	0.00273 / 0.00084	0.00357
6	Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%)	0.02031 / 0.0026	0.02291	0.00292 / 0.00037	0.0033
7	Coppersulfatebasic WP(58%(CU32))	0.01309	0.01309	0.00188	0.00188
8	Cuprous oxide+Streptomycin WP(30+8%)	0.01129 / 0.00226	0.01354	0.00162 / 0.00032	0.00195
9	Cyprodinil WG(50%)	0.02462	0.02462	0.00093	0.00093
10	Difenoconazole WP(10%)	0.00113	0.00113	0.00016	0.00016
11	Difenoconazole DC(5%)	0.00112	0.00112	0.00017	0.00017
12	Difenoconazole SC(10%)	0.00162	0.00162	0.00019	0.00019
13	Dithianon WG(66%)	0.06500	0.06500	0.00247	0.00247
14	Dithianon WP(75%)	0.01693	0.01693	0.00244	0.00244
15	Dithianon SC(43%)	0.00966	0.00966	0.00144	0.00144
16	Fluazinam WP(50%)	0.00564	0.00564	0.00081	0.00081
17	Imibenconazole WP(15%)	0.00169	0.00169	0.00024	0.00024
18	Iminoctadine triacetate SL(25%)	0.00406	0.00406	0.00048	0.00048
19	Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)	0.00903	0.00903	0.00130	0.00130
20	Mancozeb WP(75%)	0.03386	0.03386	0.00487	0.00487

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)			
		without PPE	Total	with PPE	Total
21	Metconazole SC(20%)	0.00283	0.00283	0.00029	0.00029
22	Metiram WG(55%)	0.10834	0.10834	0.00411	0.00411
23	Propineb WP(70%)	0.03160	0.03160	0.00455	0.00455
24	Pyraclostrobin EC(22.9%)	0.00305	0.00305	0.00040	0.00040
25	Streptomycin WP(20%)	0.00451	0.00451	0.00065	0.00065
26	Thiophanate-methyl WP(70%)	0.01580	0.01580	0.00227	0.00227
27	Tribasic copper sulfate SC(15%(CU))	0.00337	0.00337	0.00050	0.00050
28	Trifloxystrobin WG(50%)	0.01313	0.01313	0.00050	0.0005

Table 21. Exposure value of miticides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.

NO.	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)	
		without PPE	with PPE
1	Cyhexatin WP(25%)	0.00376	0.00054
2	Etoxazole SC(10%)	0.00133	0.00013
3	Propargite WP(30%)	0.01129	0.00162
4	Pyridaben WP(20%)	0.00226	0.00032
5	Spirodiclofen SC(22%)	0.00293	0.00028
6	Tebufenpyrad WP(10%)	0.00113	0.00016

Table 22. Exposure value of herbicides application using motor sprayer in jeju citrus orchards.

NO	Common Name	Exposure(mg/kg bw/day)					
		without PPE		Total	with PPE		
1	Flumioxazin+Glyphosate-IPA SC(1.5+28%)	0.00023	/ 0.00435	0.00459	0.00003	/ 0.00048	0.00050
2	Glufosinate ammonium SL(16.2%)	0.00252		0.00252	0.00028		0.00028
3	Glufosinate ammonium SL(18%)	0.00280		0.00280	0.00031		0.00031
4	Glufosinate ammonium SL(41%)	0.00638		0.00638	0.00070		0.00070
5	Glyphosate SL(41%)	0.00638		0.00638	0.00070		0.00070
6	Glyphosate+pyraflufen-ethyl SC(30+0.15%)	0.00467	/ 0.00002	0.00469	0.00051	/ 0.000003	0.00051
7	Glyphosate-ammonium+oxyfluorfen WG(36+2%)	0.00563	/ 0.00031	0.00595	0.00058	/ 0.00003	0.00061
8	Glyphosate-potassium SL(44.75%)	0.00696		0.00696	0.00076		0.00076

나. 감귤원에서 사용되는 농약 제품별 위해성 평가

감귤원에 사용되는 농약제품별 살포자에 미치는 위해성을 위해성 지수(RQ, Risk quotient)로 평가하였다. 위해성 지수(RQ, Risk quotient)로 평가한 결과(RQ가 1 이하일 경우 농작업자의 위해성이 적다는 것을 의미하며, 크면 클수록 위해성이 높은 것을 의미한다.

① 살충제 위해성 지수(RQ) 평가

감귤원에 사용되는 49개의 살충제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 6개로 Chlorpyrifos WP(25%)의 RQ값은 7이상, Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)는 4이상, Phenthoate EC(47.5%)는 3이상, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)는 각각 2이상 이었으며, Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%)는 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 Chlorpyrifos WP(25%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다(Fig. 20).

② 살균제 위해성 지수(RQ) 평가

감귤원에 사용되는 28개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 6개로 Propineb WP(70%)의 RQ값은 10이상, Metiram WG(55%)는 6이상, Dithianon WG(66%)는 4이상, Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)는 3이상, Iminoctadine triacetate SL(25%)와 Dithianon WP(75%)는 각각 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 Propineb WP(70%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다(Fig. 21).

③ 살비제 위해성 지수(RQ) 평가

감귤원에 사용되는 6개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다.

④ 제초제 위해성 지수(RQ) 평가

감귤원에 사용되는 8개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 3개로 Glufosinate ammonium SL(41%)의 RQ값은 3이상, Glufosinate ammonium SL(18%)와 Glufosinate ammonium SL(16.2%)는 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다(Fig. 22).

다. 감귤생산농가의 통합위해성 평가

제주도 감귤생산 농가의 통합위해성 평가 결과는 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 없었으며, 10~15미만은 22.9%로 가장 비중이 높았다. 3~5미만의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 1.3%였으며, 5~10미만은 17.2%, 15~20미만은 21%, 20~25미만은 10.2%, 25~30미만은 9.6%, 30~35미만은 6.4%, 35~40미만은 5.7%, 40~45미만은 2.5%, 45~50미만은 0.6%로 평가되었다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 8.3%로 었으며, 1~2미만의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 35%로 비중이 가장 높았으며, 1~2미만은 26.8%, 3~4미만은 15.9%, 4~5미만은 6.4%, 5~6미만은 5.1%, 6~7미만은 2.5%로 평가되었다(Fig. 23).

본 연구에서는 농약 살포자의 보호장비(산업용으로 안전성을 입증 받은 보호장비) 착용 여부에 따른 농약 제품별 노출량을 평가하였다. 실제 감귤원에서 농약을 살포하는 작업자는 대부분 산업용으로 안전성을 입증 받은 마스크, 장갑, 고글(goggles) 및 보호복을 착용하여 농약을 살포하는 농가는 전무하며, 마스크는 착용하지 않거나 착용하더라도 천 재질의 마스크를 착용하는 경우가 대부분이고 장갑은 고무장갑 또는 면장갑을 착용하는 실정이다. 눈을 보호하는 고글(goggles)을 착용하는 농가는 전무한 실정이며, 보호복 상·하의는 대부분의 농가가 우의(雨衣)착용하고 있어 실제 보호장비를 완벽하게 착용하였다고 말할 수는 없는 상황이다. 현재 사용하는 농약별 위험도와 보호복 착용에서의 현실을 감안하면 감귤 생산 농가가 농약 살포시 농약에 대한 노출이 심각한 수준에 이르고 있을 것으로 판단된다. 따라서 농약으로 인한 감귤원 농약 살포자에 대한 위해성

을 경감시키기 위한 교육과 제도적 마련이 시급하다고 생각된다.

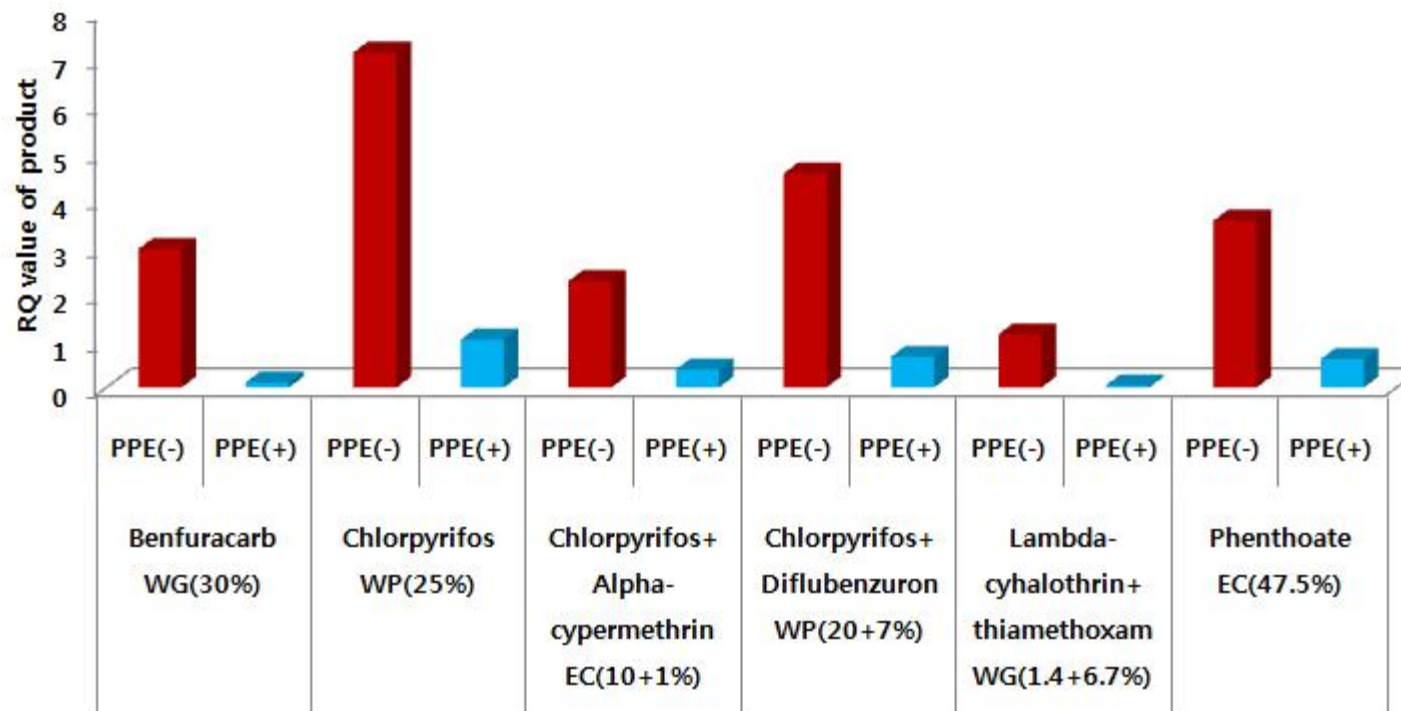


Fig. 20. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of insecticides in high rank.

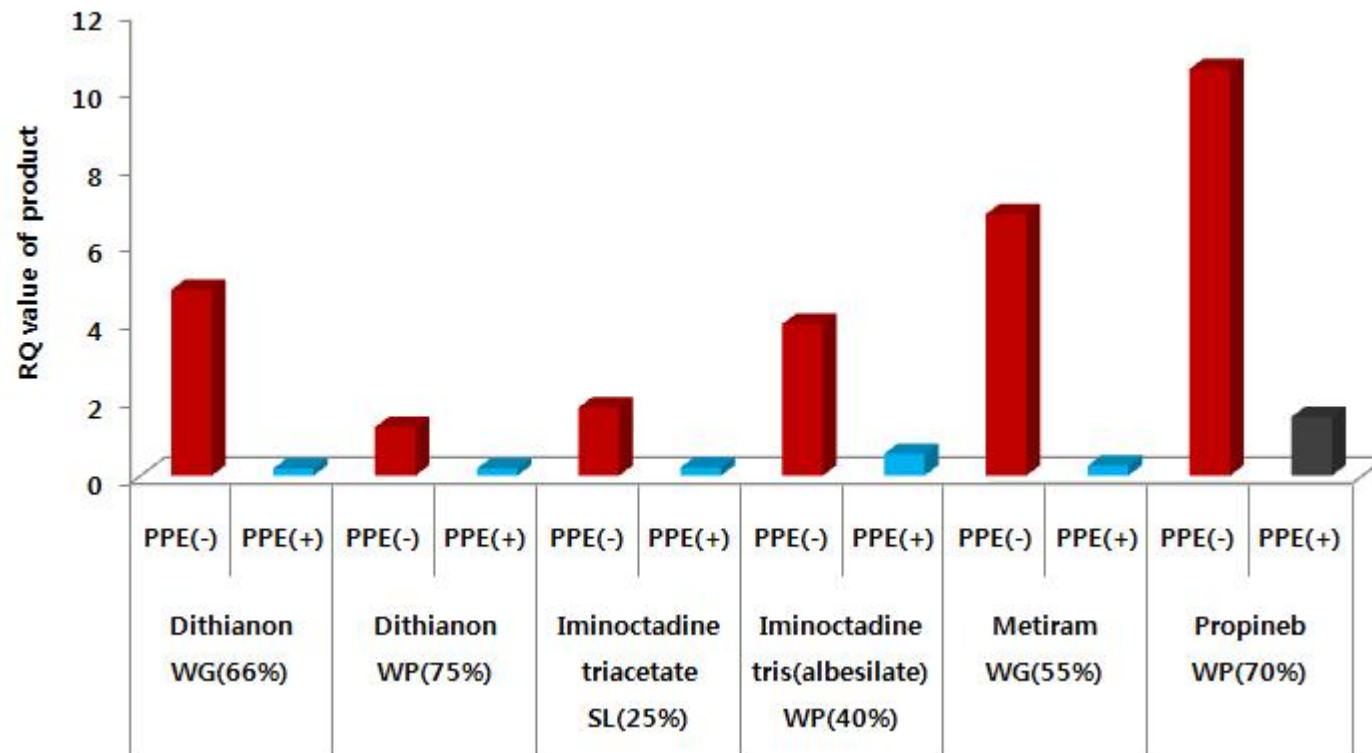


Fig. 21. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of fungicides in high rank.

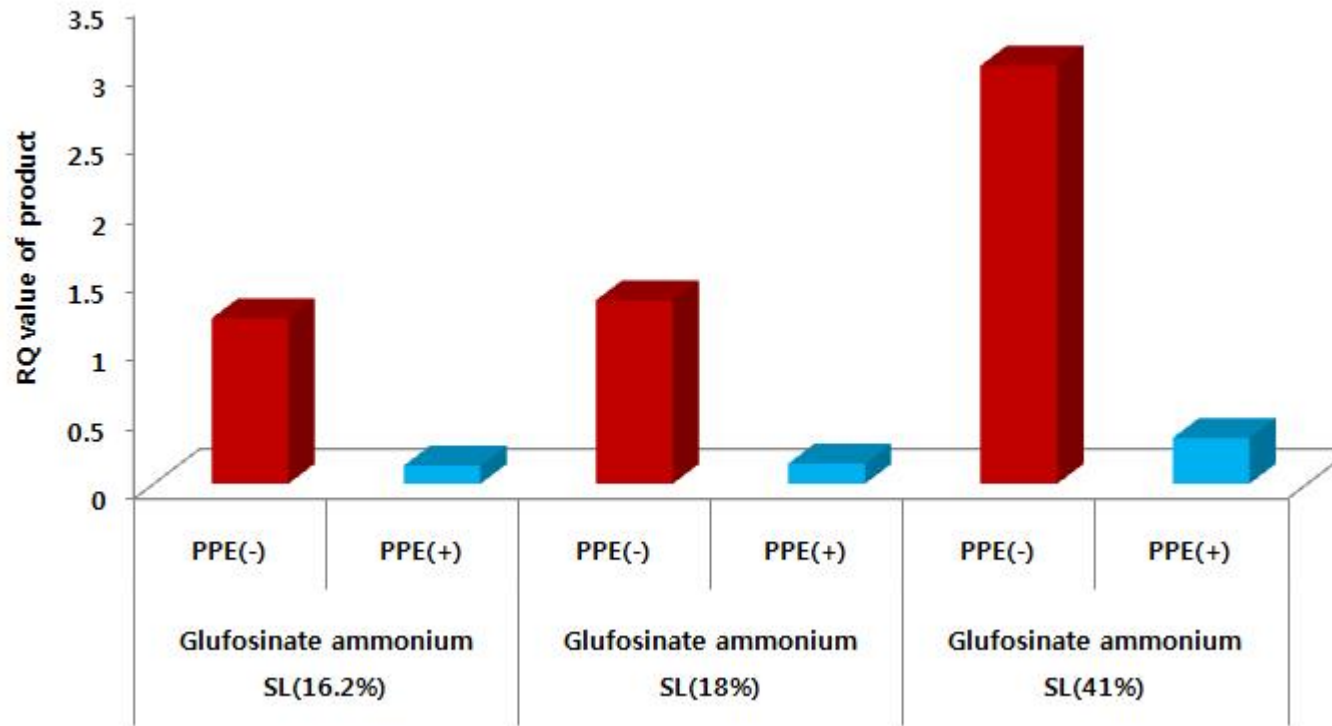


Fig. 22. The operator's exposure RQ(Risk Quotient) of herbicides in high rank.

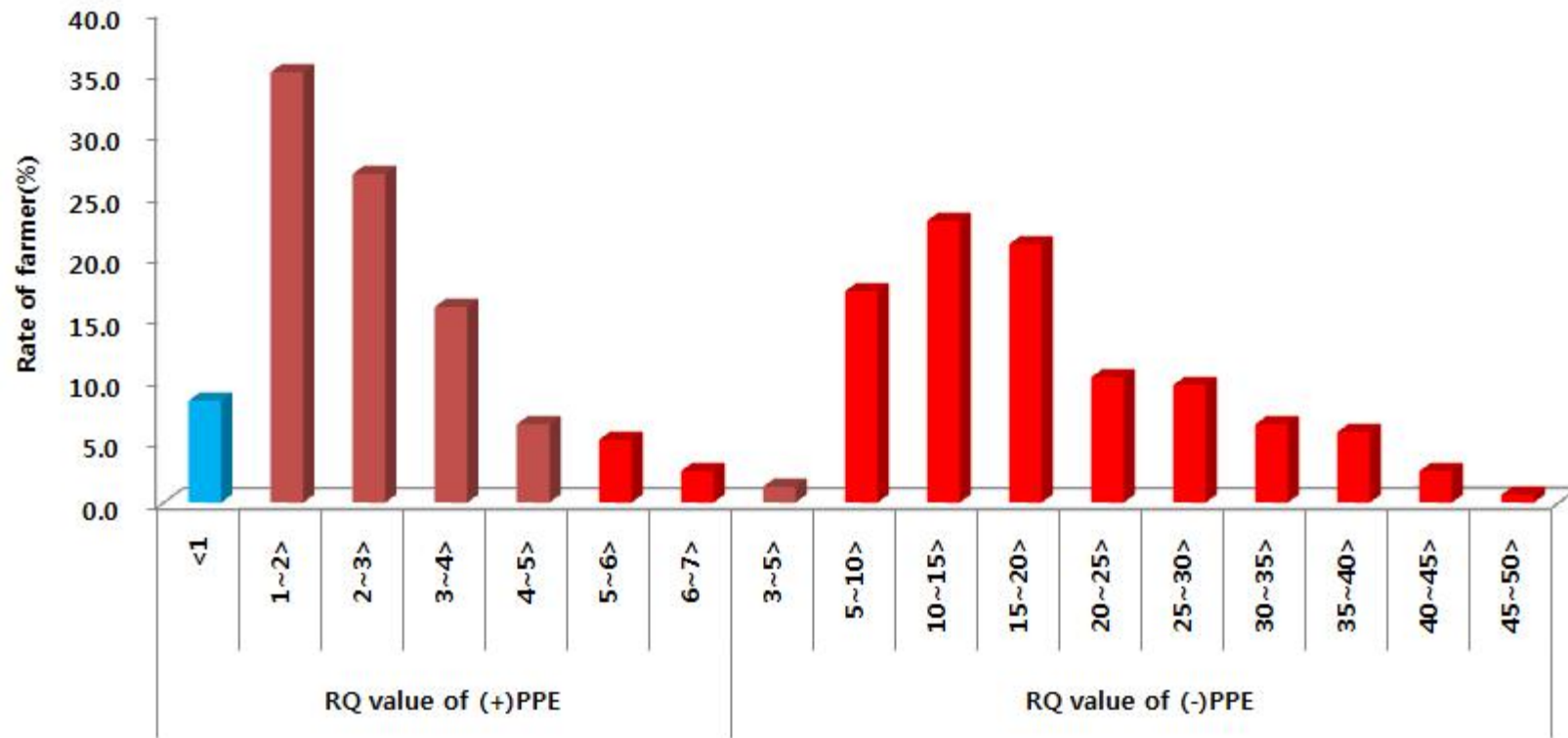


Fig. 23. Frequency distribution of combined RQ(Risk Quotient) in individual farmer a year(n=157).

4. 요약 및 제언

농작업자 건강피해에 관한 연구는 세계적으로 농민의 농약노출에 의한 급성 및 만성 건강피해에 관한 많은 연구가 수행되었으며, 현재는 다양한 만성건강피해에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 보건학 영역에서는 농약의 직업적 노출 평가는 설문조사와 기존 자료를 활용하여 농촌지역의 거주여부, 농업 종사여부, 기르는 농작물의 종류와 기간 등의 대략적인 정보로부터 개별 농약의 살포여부 및 기간, 그리고 농약 살포시 개인노출 형태에 대한 자세한 정보를 얻는 것으로 발전되어왔다.

농작업자 노출에 관한 연구는 1950년대에 농약살포자가 parathion에 중독되는 사건의 발생된 이래, 농약살포자의 노출량을 예측하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 최근에는 영국의 UKPOEM(JMP, 1986; POEM, 1992), 미국의 PHED (PHED, 1992), 독일의 German Model(van Hemmen, 1992; van Hemmen, 1993; van Golstein Brouwer et al., 1996)등의 모델을 이용하여 농약살포자의 노출량을 예측하고, 이를 농작업 노출허용량(AOEL, Acceptable Operator Exposure Level) 과 비교하여 기본적인 위해성을 판단하고 있다. 본 연구는 감귤원에서 농약을 살포하는 농가를 대상으로 하여 농부증을 포함한 만성증상과 농약 살포시 급성중독증상 경험, 농약살포시의 안전수칙 준수여부 등 조사를 통해 차후 농약노출로 인한 급성 및 만성건강피해 연구에 기초자료를 제공하고자 하며, 감귤원에 살포하는 농약을 가지고 농약살포자 위해성평가를 통해 감귤원에서 농작업자가 감귤원에서 농약 사용 시 스스로 위해성에 따른 농약을 선택하는데 도구로 활용코자 연구를 수행하였다.

감귤원 농작업자 건강피해 조사에서 만성증상 조사 결과 부증 8개 항목 중 ‘몸이 나른하고 힘이 없다(Tiredness and languor)’, ‘밤중에 소변을 보기위해 깬다(Nocturea)’, ‘눈이 흐리거나 눈물이 난다(Watery eyes)’, ‘손발이 저린다(Numbness in extremities)’, ‘밤에 잠을 잘 못잔다(Sleeplessness)’, ‘머리가 아프다(Headache)’라는 증상을 못 느끼는 농가 비중이 높게 나왔으며, ‘허리가 아프다(Lumbago)’와 ‘어깨가 결리다(Shoulder pain)’라는 증상을 느끼는 1점과 2점을 합한 농가 각각 43.8%로 나타났다. 또한 농부증 판정에서 응답자 137명 중 27명인

19.7%가 ‘양성’, 42명인 30.7%가 ‘의증’, 68명인 49.6%가 ‘음성’으로 나타났다.

농약 살포시 이상증상 경험 결과는 응답자 137명 중 57.7%가 ‘농약 살포시 이상증상 경험’에 대한 응답결과 ‘눈이 따가웠다(Eye glaring)’, 51.1%가 ‘피부가 따갑고 가려웠다(Itching sense of skin)’는 증상을 느끼고 있었다. 또한 ‘머리가 아프다(Dizziness/Headache)’는 증상이 29.9%, ‘온몸에 힘이 빠졌다(Fatigue)’는 증상이 24.8%, ‘눈앞이 흐려졌다(Visual distruance)’는 증상이 29.2%, ‘구역질이 났다(Nausea)’는 증상이 19.0%, ‘작업을 하지 않을 때도 땀 또는 눈물이 흘렀다(Sweating or Lacrimation)’는 증상이 18.2%, ‘호흡곤란이 왔다(Dyspnea)’는 증상이 10.2%, ‘사지경련이 왔다(Cramps in Limbs)’는 증상이 5.8%, ‘복통이 있었다(Abdominal pain)’는 증상이 8.0%, ‘구토를 하였다(Vomiting)’는 증상이 6.6%, ‘의식을 잃고 쓰러졌다(Syncope)’, ‘전신이 마비되었다(Quardripleisia)’, ‘말이 갑자기 나오지 않았다(Dysphasia)’는 증상이 각각 4.4%의 경험률을 보였다

농작업자 농약 노출 평가에서 살충제 위해성 지수(RQ)를 평가 결과 감귤원에 사용되는 49개의 살충제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인 보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 6개로 Chlorpyrifos WP(25%)의 RQ값은 7이상, Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)는 4이상, Phenthoate EC(47.5%)는 3이상, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)는 각각 2이상이었으며, Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%)는 1을 조금 상회하였다. 개인 보호장비(PPE)를 착용한 경우 Chlorpyrifos WP(25%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다

살균제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 28개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1 이상인 제품이 6개로 Propineb WP(70%)의 RQ값은 10이상, Metiram WG(55%)는 6이상, Dithianon WG(66%)는 4이상, Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)는 3이상, Iminoctadine triacetate SL(25%)와Dithianon WP(75%)는 각각 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 ropineb WP(70%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다

살비제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 6개의 살균제 제품에 대한 위해성 지

수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다.

제초제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 8개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 3개로 Glufosinate ammonium SL(41%)의 RQ값은 3이상, Glufosinate ammonium SL(18%)와 Glufosinate ammonium SL(16.2%)는 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다

농약 제품에 의한 감귤생산농가의 통합위해성 평가 결과는 제주도 감귤생산농가의 통합위해성 평가 결과는 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 없었으며, '10~15미만'은 22.9%로 가장 비중이 높았다. '3~5미만'의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 1.3%였으며, '5~10미만'은 17.2%, '15~20미만'은 21%, '20~25미만'은 10.2%, '25~30미만'은 9.6%로, '30~35미만'은 6.4%, '35~40미만'은 5.7%, '40~45미만'은 2.5%, '45~50미만'은 0.6%로 평가되었다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 8.3%로 었으며, '1~2미만'의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 35%로 비중이 가장 높았으며, '1~2미만'은 26.8%, '3~4미만'은 15.9%, '4~5미만'은 6.4%, '5~6미만'은 5.1%, '6~7미만'은 2.5%로 평가되었다. 이러한 결과를 보면 현재 감귤생산 농가가 농약 살포시 농약에 대한 노출이 심각한 수준에 이르고 있을 것으로 생각되며, 이에 따른 위해성도 상당히 높은 수준일 가능성이 있음을 의미한다. 따라서 농약으로 인한 감귤원 농약 살포자에 대한 위해성을 경감시키기 위한 교육과 제도적 마련이 시급하다고 생각된다.

5. 참고문헌

- Agricultural Health Study. 2011. Available: <http://www.aghealth.org/>[accessed 15 April 2011].
- Byoun, J. Y., H. Choi, J. K. Moon, H. W. Park, K. H. Liu, Y. B. Ihm, B. S. Park, and J. H. Kim. 2005. Risk assessment of human exposure to methidathion during harvest of cucumber in green house, *Journal of Korean Society of Toxicology*. 21, 297-301.
- Calumpang, S. M. F., and M. J. B. Medina. 1996. Applicator exposure to imidacloprid while spraying mangoes, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 57(5), 697-704.
- Chester, G. 2010. Worker exposure: methods and techniques, in: *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*, edited by W. J. Hayes. pp. 1127-1137, Elsevier.
- Choi, H., J. K. Moon, K. H. Liu, H. W. Park, Y. B. Ihm, B. S. Park, and J. H. Kim. 2006., Risk assessment of human exposure to cypermethrin during treatment of mandarin fields, *Archives of environmental contamination and toxicology*. 50(3), 437-442.
- Crosby, D. G. 1998. Exposure and risk, in *Environmental Toxicology and Chemistry*, edited. pp. 185-204, Oxford University Press, Inc.
- Davis, J. E. 1980. Minimizing occupational exposure to pesticides: personnel monitoring, *Residue Reviews*. 75, 33-50.
- Dawson A. H., Eddleston M, Senarathna L, Mohamed F, Gawarammana I, Bowe S. J., et al. 2010. Acute human lethal toxicity of agricultural pesticides: a prospective prospective cohort study. *PLoS Med*. 7(10): e1000357.
- Dosemeci M, Alavanja M. C., Rowland AS, Mage D, Zahm S. H., Rothman N. 2002. A quantitative approach for estimating exposure to pesticides in the Agricultural Health Study. *Ann Occup Hyg*. 46(2): 245-260.

- Durham, W. F., and H. R. Wolfe. 1962. Measurement of Exposure of Workers to Pesticides, *B World Health Organ.* 26(1), 75-91.
- Lee W. J., Blair A, Hoppin J. A., Lubin JH, Rusiecki J. A., Sandler D. P., et al. 2004. Cancer incidence among pesticide applicators exposed to chlorpyrifos in the Agricultural Health Study. *J Natl Cancer Inst.* 96(23): 1781-1789.
- Lee W. J., Cha E. S., Park E. S., Kong K. A., Yi J. H., Son M. 2009. Deaths from pesticide poisoning in South Korea: trends over 10 years. *Int Arch Occup Environ Health.* 82(3): 365-371.
- EC. 2001. Guidance for the setting of Acceptable Operator Exposure Levels (AOELs). Draft Guidance Document. Commission of the European Communities. DG Sanco. 7531/VI/95 rev.6
- EU. 2002. The assessment of operator, bystander and environmental exposure to pesticides. Final Report. Contract n° SMT4-CT96-2048. 437p.
- European Commission. 2006. Guidance for the setting and application of acceptable operator exposure levels(AOEL). Working document(7531/rev.10 of 07/07/2006), DG SANCO.
- EUROPOEM. 1996. The development, maintenance and dissemination of a European Predictive Operator Exposure Model (EUROPOEM) Database, final report. BIBRA International, Carshalton, UK. 51p.
- EUROPOEM II. 2002. The development, maintenance and dissemination of generic European databases and predictive exposure models to plant protection products. A EUROPOEM operator exposure database. A EUROPOEM bystander exposure database and farmonized model. An evaluation of the nature and efficacy of exposure mitigation methods. A tiered approach to exposure and risk assessment. FAIR3 CT96-1406. A concerted action under area 4 of FAIR, the fourth framework (Agriculture and Fisheries including Agro-Industry, Food Technology, Forestry, Aquaculture and Rural Development) specific community

- research and technological development programme. Draft Final report. December 2002.
- Fenske, R. A., and E. W. Day JR. 2005. Assessment of Exposure for Pesticide Handlers in Agricultural, Residential and Institutional Environments, in Occupational and Residential Exposure Assessment for Pesticides, edited. pp. 11-43, John Wiley & Sons, Ltd.
- Griffiths, J. T., C. R. Stearns, and W. L. Thompson. 1951. Parathion Hazards Encountered Spraying Citrus in Florida, *Journal of Economic Entomology*. 44(2), 160-163.
- Gunnell D, Eddleston M, Phillips MR, Konradsen F. 2007. The global distribution of fatal pesticide self-poisoning: systematic review. *BMC Public Health*. 7: 357.
- Hughes, E. A., A. P. Flores, L. M. Ramos, A. Zalts, C. R. Glass, and J. M. Montserrat. 2008. Potential dermal exposure to deltamethrin and risk assessment for manual sprayers: Influence of crop type, *Science of The Total Environment*. 391(1), 34-40.
- Jeyaratnam J. 1990. Acute pesticide poisoning: a major global health problem. *World Health Stat Q*. 43(3): 139-144.
- JMP. 1986. UK Predictive Exposure Model (POEM): Estimation of Exposure and Absorption of Pesticides by Spray Operators. UK Scientific Sub-committee on Pesticides and British Agrochemical Association Joint Medical Panel, Pesticide Safety Directorate, York, UK.
- Kim, E. H., Lee, H. R., Hong, S. S., Park, K. H., An X. H., Kim, J. H. 2012. Comparative exposure of operators to fenthion during treatment in paddy field. 55, 827-830.
- Kireger, R. I. 2010. Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology, third edition. Vol. 1, Elsevier.
- Kireger, R. I., J. H. Poss, and T. Thongsinthusak .1992. Assessing human exposures to pesticides, in *Reviews of environmental contamination and*

- toxicology, edited by G. W. Ware. pp. 1-15.
- Liu, K. H., C. S. Kim, and J. H. Kim. 2003. Human exposure assessment to mancozeb during treatment of mandarin fields, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 70(2), 336-342.
- Machado-Neto, J. G. 2001. Determination of safe work time and exposure control need for pesticide applicators, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 67(1), 20-26.
- Machado-Neto, J. G., A. J. Bassini, and L. C. Aguiar. 2001. Safety of working conditions of glyphosate applicators on Eucalyptus forests using knapsack and tractor powered sprayers, *Bull Environ Contam Toxicol*. 64(3), 309-315.
- Machado-Neto, J. G., T. Matuo, and Y. K. Matuo. 1996. Semiquantitative evaluation of dermal exposure to granulated insecticides in coffee (*Coffea arabica* L.) crop and efficiency of individual protective equipment, *Bull Environ Contam Toxicol*. 57(6), 946-951.
- Matthews, G. 2002. Operator exposure to pesticides, *Pesticide Outlook*, 13(6), 233-237.
- POEM. 1992. UK Predictive Operator Exposure Model (POEM): A Users Guide, Pesticides Safety Directorate, York, UK.
- Ramos, L. M., G. A. Querejeta, A. P. Flores, E. A. Hughes, A. Zalts, and J. M. Montserrat. 2010. Potential Dermal Exposure in greenhouses for manual sprayers: Analysis of the mix/load, application and re-entry stages, *Science of The Total Environment*. 408(19), 4062-4068.
- Ramwell, C. T., P. D. Johnson, and H. Corns. 2006. Transferability of Six Pesticides from Agricultural Sprayer Surfaces, *Annals of Occupational Hygiene*. 50(3), 323-329.
- Ross, J., G. Chester, J. Driver, C. Lunchick, L. Holden, L. Rosenheck, and D. Barnekow. 2008. Comparative evaluation of absorbed dose estimates derived from passive dosimetry measurements to those derived from

- biological monitoring: Validation of exposure monitoring methodologies, *J Expo Sci Env Epid.* 18(2), 211-230.
- S. S. Hong, J. B. Lee, Y. K. Park, J. S. Shin, G. J. Im and G. H. Ryu. 2007. The proposal for pesticide exposure estimation of Korean orchard farmer. *The Korean Journal of Pesticide Science.* 11(4), 281-288.
- S. S. Hong, A. S. You, M. H. Jeong, K. H. Park, J. Y. Park and Y. J. Lee. 2013. Risk assessment of pesticide operator using modified UK-POEM in Korean rice paddy. *The Korean Journal of Pesticide Science.* 17(1), 66-64.
- Thomas KW, Dosemeci M, Coble JB, Hoppin JA, Sheldon LS, Chapa G, et al. 2010. Assessment of a pesticide exposure intensity algorithm in the Agricultural Health Study. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 20(6): 559-569.
- Turnbull, G. J. 1985. Current trends and future needs in Occupational hazards of pesticide use edited, pp. 99-116, Taylor and Francis, Ltd.
- Van Golstein Brouwers, Y. G. C., J. Marquart and J. J. van Hemmen. 1996. Assessment of occupational exposure to pesticides in agriculture, Part IV, Protocol for the use of generic exposure data, TNO report V96. 1358.
- Van Hemmen, J.J. 1992. Agricultural pesticide Exposure Databases for Risk Assessment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology.* 126, 1-85.
- Van Hemmen, J.J. 1993. Predictive Exposure Modelling for pesticide registration purposes. *Ann. Occup. Hyg.,* 37, 525-541.
- Vercruyssen, F., S. Drieghe, W. Steurbaut, and W. Dejonckheere. 1999. Exposure assessment of professional pesticide users during treatment of potato fields, *Pestic Sci.* 55(4), 467-473.
- Wolfe, H.R. 1976. Field exposure to airborne pesticides, In: Air pollution from pesticides and agricultural processes. ED. Lee, R.e., Jr CRC Press, Cleveland, Ohio.
- 강태선. 1999. 과수농민의 Chlorpyrifos 노출에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원

석사학위 논문.

- 김병성, 전해정, 차인준. 1994. 하우스재배 종사자와 노지재배 종사자의 임상검사 비교, 한국농촌의학회지 19(1):25-29.
- 김인옥. 1985. 경기도 일부지역에서 농약살포에 의한 농약중독의 위험요인 및 예방에 관한 조사, 서울대학교 보건대학원 석사학위 논문.
- 김은혜, 이해리, 최훈, 문준관, 홍순성, 정미혜, 박경훈, 이효민, 김정한. 2011. 농작업자에 대한 농약 노출의 정량적 측정 방법, 농약과학회지 15(4), 507-528.
- 김은혜, 황연진, 김수희, 이해리, 홍순성, 박경훈, 김정한. 2012. Indoxacarb의 수화제 및 입상수화제 살포액 조제 시 농작업자의 노출량 측정 및 위해성 평가, 농약과학회지 16(4), 343-349.
- 김정한, 김균, 이해근(1998), 인체의 농약 노출 측정, 농업생명과학, 5(2), 72-76.
- 한국작물보호협회.2012. “농약연보”.
- 박송자, 표희수, 김연제, 박성수, 홍지은. 1995. 농약의 노출평가 기술에 관한 연구. 생체유해물질의 평가기술 개발에 관한 연구, 제1차년도 연차보고서.
- 박순우. 1997. 일부 농촌지역 농업종사자들의 건강진단 수검실태, 한국농촌의학회지 22(1):1-18.
- 보건복지부. 1990. 농촌주민들의 농약사용행태와 중독실태조사.
- 양재호, 박정환. 1994. 비닐하우스 재배농민의 농약에 의한 인체 위해성연구, 한국농촌의학회지 19(2):107-118.
- 이경무, 민선영, 정문호. 2000. 농약살포 농민의 농약노출로 인한 건강피해에 관한 연구, 한국농촌의학회지 25(2):245-263.
- e-나라지표:(http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2422)
- 이원진, 임채승, 이건설, 장성훈. 1999. 농약 폭로농민들의 면역독성에 관한 연구, 예방의학회지 32(3):347-354.
- 이원진. 2011. 농약 노출과 건강, 한국환경보건학회지 37(2), 81-93.
- 임현술. 1981. 일부 농촌지역에서의 농약에 의한 인체의 피해상황에 관한 조사연구, 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.
- 장재연, 조수남, 김소연, 김선자, 정해관. 2007. 한국노출계수 핸드북, 환경부.
- 조재연. 1983. 경북지방의 농약중독에 대한 역학적 조사, 경북대학교 보거대학원

석사학위 논문.

차민영. 1984. 농약의 사용과정과 중독에 대한 사회의학적 고찰, 고려대학교 석사
학위논문.

IV. 종합 고찰

제주도 감귤 생산농가의 농약 사용실태에 있어 연구가 정식으로 진행된 바가 없었고, 단지 농가의 농약 사용 실태에 대해 과거 농가 설문조사(Paik, 1975; 김 등, 2000)에 의해 일시적 조사로 끝나는 경우가 많았다. 따라서 감귤원 병해충 방제상의 정확한 현황이나 문제점을 논의함에 있어서 추론에 의존하는 경우가 많았다. 본 연구는 객관적인 방제력 자료를 통해

감귤원 농약 사용실태를 조사 및 분석하고 이러한 자료를 통해 감귤원에 사용되는 농약에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가 및 작업자 노출 위험성 평가를 통해 농약 사용의 정확한 현황 및 문제점을 논의하고 금후 병해충 관련 연구 및 농약 사용·관리의 제도적 정책 수립에 기초 활용 자료로 본 연구를 수행하였다.

제 1장 에서 제주도 감귤 생산농가의 농약사용 의식 조사와 방제실태 분석 결과는 다음과 같다. 농약 선택 방법을 조사한 결과 농·감협 등 농약 판매소에서 제공하는 농약을 구입하는 비중이 55.9%로 절반 이상을 차지하여 농약 판매소에서 제공하는 농약에 대한 정보와 신뢰성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 농약 사용시 농도 결정에 대한 응답은 추천하는 농도로 사용하는 농가가 96.2%로 조사되어 생산농가에 대한 교육기관의 지도·컨설팅 등 다양한 정보와 교육의 기회가 제공되어 농약에 대한 올바른 인식과 사용 의식이 높아진 효과라고 생각된다. 농약 살포시 의사결정은 응답자의 50%가 해충에 방제시 발생 예찰 후 농약을 살포하는 것으로 조사되었으나, 37.1%가 아직도 주기적으로 약제를 살포하는 것으로 조사되었다. 병 방제는 기상 상황에 따라 약제 살포 결정을 한다는 응답비율이 44.1%로 조사되었으며, 주기적으로 약제를 살포하는 비율도 33.6%로 조사되어 도내 감귤 생산 농가의 35% 정도가 감귤 IPM을 수행하지 않고 일정 한 간격으로 농약을 살포하는 것으로 판단되어 실제 농약 사용 살포 횟수와 사용량이 많을 것으로 판단된다. 사용 농약의 만족도는 살충제, 살균제, 살비제, 제초제 대하여 47~55% 정도가 '보통(그저 그렇다)이다'라는 만족도를 보였으며, 32~40%가 '만족한다(좋다)'라는 만족도를 보였다. 이는 각 용도별 사용 농약에 대한 방제

기대 효과 대비 방제 효과에 대한 만족도로 감귤 생산 농가들의 현재 시판·사용하는 농약에 대한 방제율이 80~90%의 정도로 농가가 느끼는 것으로 사료된다.

농약 사용 실태 분석을 통해 농약 살포시 혼용실태를 분석한 결과 살충제, 살균제, 살비제 중 2가지 농약을 혼용하여 살포한 경우가 59%로 가장 높았으며, 3가지 농약을 혼용하여 살포한 경우가 18.6%로 분석되었다. 단일 약제만 사용한 경우는 21.2%로 분석되었다. 감귤원 연간 살포 횟수는 6회에서 16회를 살포하는 것으로 분석되어 농가에 따라 상당한 차이가 있었으나, 연 9회 살포하는 농가가 26.1%로 가장 높았으며, 농약의 약 68% 정도가 연 8회에서 10회 농약을 살포하는 것으로 분석되었다. Paik(1975)에 의해 보고된 70년대 중반 감귤 재배 농가의 농약 살포 횟수와 최근 살포횟수를 비교해 보면 평균 5~7회 감소하였으며, 김(2000)등에 의해 조사된 90년대와 비교해 보면 감귤 생산 농가의 연간 살포 횟수는 최근 1~2회 감소 경향을 보였다.

감귤원에 사용되는 농약의 종류 및 사용 시기에 대한 분석 결과 살충제, 살균제, 살비제, 제초제에 제품별 사용 비중과 사용 시기, 횟수를 조사하였다. 살충제는 49개 제품이 사용되고 있었으며 이 중 Acetamidrid SP(8%)와 Acetamidrid+Etofenprox WP(2.5+8%) 사용 비중이 15.5%와 11.6%로 가장 높았으며, Acetamidrid SP(8%)는 5월부터 9월까지 많이 사용하는 제품으로, 8월에 가장 많이 사용되는 것으로 분석되었다. Acetamidrid+Etofenprox WP(2.5+8%)는 5월에 가장 많이 사용하는 것으로 분석되었다. 살균제는 28개 제품이 사용되고 있었으며, 이 중 Mancozeb WP(75%) 사용 비중이 47.2%로 가장 높았다. 그 다음으로는 Streptomycin WP(20%), Copper sulfate basic WP(58%(CU32)) 사용 비중은 각각 8.1%, 7.6%로 사용을 많이 하는 제품으로 분석되었다. Mancozeb WP(75%)은 6월부터 9월까지 지속적으로 검은점무늬병을 방제하기 위해 많이 사용하는 제품이었으며, Streptomycin WP(20%)은 6월과 7월 궤양병을 방제하기 위한 농약으로 많이 사용되는 것으로 분석되었다. 살비제는 Spirodiclofen SC(22%)가 59.1%로 사용비중이 가장 높았으며, 9월에 응애류 방제용으로 많이 사용되었다. 제초제는 Glyphosate-potassium SL(44.75%), Gyphosate-ammonium+oxyflufen WG(36+2%), Glufosinate ammonium SL(18%)가 각각 30.8%, 25.4%, 24.3%의 사용비중을 보였으며, 전반적으로 제초제 사용 시기는 3월부터 9월까지

지속적으로 사용하는 것으로 분석되었다. 감귤 꽃 개화기인 5월부터 과실 비대기인 8월까지 제초제를 살포하는 것은 제초 약제 비산을 통해 과실에 부착 위험이 있기 때문에 제초제 사용에 대한 올바른 교육과 홍보가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

제 2 장에서 Kovach(1992) 등이 개발한 기존 환경영향지수(EIQ)에 대하여 Kniss(2015)등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에 대한 질적 평가의 한계를 보완한 새로운 개선 EIQ 평가 모델을 개발하였다. 개선 EIQ 평가 모델로 Kniss(2015)등이 제기한 문제점을 보완하는 하였는지 검증하였다. 검증방법은 살충제 중 위험성이 높은 농약(DDT, EPN, Methidathion) 3개의 성분과 위험성이 낮은 농약(Acetamiprid, Flufenoxuron, Tebufenozide) 3개의 성분을 임의로 선택하여 검증하였다. 6개의 살충제 성분을 가지고 EIQ 구성요소인 작업자 영향지수(EI Farmworker), 소비자 영향지수(EI Consumer), 생태계 영향지수(EI Ecological)에 대한 지수 값의 변화를 시뮬레이션 검증한 결과 위험성이 높은 농약에서 기존 평가 모델이 작업자와 생태계에 영역에서 과소평가되는 경향을 보였으며, 위험성이 낮은 농약에서는 생태계 영역이 크게 과대평가되는 경향을 보였다. 개선된 모델은 Kniss(2015)등에 의해 제기된 위험 크기 및 정량적 위험 정보의 가중치에 대한 질적 평가의 한계를 일부 보완할 수 있는 개선된 환경영향지수(EIQ) 평가 모델이라 판단된다.

감귤원에 사용된 농약에 대한 환경영향지수(EIQ) 평가를 개선 모델로 평가하였다. 살충제는 49개 제품에서 32개의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산출한 결과 Amitraz가 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, 소비자에 미치는 영향 지수는 Clothianidin과 Imidacloprid가 공동 13으로 가장 높게 평가되었다. 생태계에 미치는 영향은 Gamma-cyhalothrin과 Sulfoxaflor가 각각 72, 71로 가장 높게 평가되었다. 종합적인 EIQ 평가에서는 Sulfoxaflor, Gamma-cyhalothrin, Phenthoate 성분이 각각 36, 32, 31로 평가되어 평균값(22.0)을 상회하는 것으로 평가되어 이들 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

살균제는 28개 제품에서 25개 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산

출한 결과 Cyprodinil이 작업자에 대한 영향 지수가 54로 가장 높게 평가되었으며, 소비자에 미치는 영향은 Tribasic copper sulfate와 Metconazole이 각각 소비자에게 영향을 주는 정도가 28.5, 27.5로 평가되었으며, 이들 2개의 유효성분은 평균 지수(7.8)의 3~4배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다. 생태계에 미치는 영향은 Bordeaux mixture가 85로 평가되어 25개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다.

종합적인 EIQ 평가에서는 Metiram, Iminoctadine tris(albesilate), Metconazole의 성분이 각각 35.2, 34.2, 30.7로 평가되어 평균값(21.7)을 상회하는 것으로 평가되었으며, 이들 유효성분이 함유된 농약은 사용을 자제해야 할 것으로 판단된다.

살비제는 6개 제품에서 6개 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ) 값을 산출한 결과 Etoxazole이 작업자에 대한 영향 지수가 96으로 가장 높게 평가되었으며, Spirodiclofen이 소비자에게 영향을 주는 정도가 14.5로 평가되었으며, 평균 지수(6.3)의 2배 이상의 값의 차이를 보여 소비자들에게 영향을 주는 주요 유효성분으로 평가되었다. Propargite이 61로 평가되어 6개 유효성분 중 생태계에 영향을 가장 크게 미치는 성분으로 평가되었다. 종합적인 EIQ 평가에서는 Etoxazole, Spirodiclofen, Tebufenpyrad의 성분이 각각 44.7, 37.3, 37.3으로 평가되어 평균값(31.0)을 상회하는 것으로 평가되었으나, 평균값과 크게 차이 나지 않아 그다지 많은 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

감귤원에 사용농약 포장 환경영향지수(Field Use EIQ)를 평가하였다. 살충제는 총 49개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 0.5에서 부터 최대값이 26.6으로 평가되었다. Chlorpyrifos WP(25%)가 Field Use EIQ 값이 26.6으로 가장 높았으며, Benfuracarb WG(30%), Phenthoate EC(47.5%)가 각각 22.2, 20.4로 평가 되었다. Field Use EIQ 값이 10~20미만 제품은 Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%), Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%), Methoxyfenozide SC(21%), Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%), Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%)였으며, 나머지 41개 제품은 Field Use EIQ 값이 10 이하로 평가되었다. 살충제 제품별 환경영향지수(Field Ues EIQ)와 제품별 유효성분 EIQ 값을 비교한 결과, Phenthoate EC(47.5%)가 Phenthoate에 대한 EIQ

값보다 높게 평가되었으며, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos WP(25%)가 각각 유효성분에 대한 EIQ 값과 비슷한 값으로 평가되었다. 나머지 46개 제품은 각각의 유효성분에 대한 EIQ 값보다 낮게 평가되어, 대부분 사용되는 살충제는 환경에 영향을 주는 정도가 낮을 것으로 판단된다.

살균제는 총 28개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값은 최소값이 9.3에서 부터 최대값이 35.2으로 평가되었다. Metiram WG(55%)가 Field Use EIQ 값이 116.1로 가장 높았으며, Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%)), Mancozeb WP(75%), Copper oxychloride+Dithianon WP(42+13%)가 각각 99.1, 94.5, 82.9로 높게 평가 되었다. 살균제 제품별 환경영향지수(Field Ues EIQ)와 제품별 유효성분 EIQ 값을 비교한 결과, Carbendazim+Kresoxim-methyl WP(40+20%), Cuprous oxide+Streptomycin WP(30+8%), Difenconazole DC(5%), Difenconazole SC(10%), Difenconazole WP(10%), Imibenconazole WP(15%), Iminoctadine triacetate SL(25%), Metconazole SC(20%), Pyraclostrobin EC(22.9%), Streptomycin WP(20%), Tribasic copper sulfate SC(15%(CU)), Trifloxystrobin WG(50%) 12개 제품이 각각의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ)를 합한 값보다 낮게 평가되었으며, Benomyl WP(50%), Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%), Dithianon SC(43%), Fluazinam WP(50%), Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%) 5개 제품이 각각의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ)를 합한 값과 비슷한 값으로 평가되었다. 나머지 Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%)), Copper hydroxide WP(77%), Copper oxychloride+Dithianon WP(42+13%), Copper sulfate basic WP(58%(CU32)), Dithianon WG(66%), Dithianon WP(75%), Mancozeb WP(75%), Propineb WP(70%), Thiophanate-methyl WP(70%) 9개 제품은 각각의 유효성분에 대한 환경영향지수(EIQ)를 합한 값보다 높게 평가되었다.

살충제와 달리 살균제 28개 제품 중 일부 제품에 대한 환경영향지수(Field Ues EIQ)가 유효성분에 대한 EIQ 값이 높은 이유는 유효성분 함량이 높아 살충제와 달리 위험성이 반전되는 경향을 보인 것으로 판단된다. 제품별 환경영향지수(Field Ues EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다.

살비제는 총 6개 제품이 사용되었으며, 이러한 제품들의 Field Use EIQ 값

은 최소값이 3.0에서부터 최대값이 46.3으로 평가되었다. Propargite WP(30%)가 Field Use EIQ 값이 46.3으로 가장 높았으며, Pyridaben WP(20%)가 13.4로 두 번째로 높게 평가 되었다. 나머지 4개 제품의 Field Use EIQ 값은 7 이하로 평가되었다. 살비제 6개 제품 중 Propargite WP(30%)만 환경영향지수(Field Use EIQ)가 유효성분에 대한 EIQ 값이 보다 높게 평가되었으며, 나머지 5개 제품은 유효성분에 대한 EIQ 보다 낮게 평가되었다. 제품별 환경영향지수(Field Use EIQ)가 높은 제품은 사용을 자제하거나 필요시 선택적으로 제한된 횟수로 사용해야 할 것으로 판단된다.

감귤원 연간 방제력 환경영향지수(Field Use EIQ) 적용 평가하였다. 157농가의 연간 방제력을 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 평가를 하였다(Fig. 4). 기존 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장사용 환경영향지수 결과 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 누적 값이 900 구간이 21.7%로 가장 비율이 높았으며, 700~1100 구간의 비율은 71.4%로 평가되었다. 개선된 모델로 계산한 EIQ 값을 가지고 농가의 포장사용 환경영향지수 결과 포장사용 환경영향지수(Field use EIQ) 누적 값이 600구간이 31.2%로 가장 높은 비율을 보였으며, 500~700 구간이 69.5%비율로 평가되었다. 기존 모델의 포장사용 환경영향지수 결과 값이 과대평가 되는 것으로 생각된다.

제 3 장에서 감귤원 농작업자 건강피해 조사를 하였다. 만성증상 조사 결과 부증 8개 항목 중 ‘몸이 나른하고 힘이 없다(Triedness and languor)’, ‘밤중에 소변을 보기위해 깬다(Nocturea)’, ‘눈이 흐리거나 눈물이 난다(Watery eyes)’, ‘손발이 저린다(Numbness in extremities)’, ‘밤에 잠을 잘 못잔다(Sleeplessness)’, ‘머리가 아프다(Headache)’라는 증상을 못 느끼는 농가 비중이 높게 나왔으며, ‘허리가 아프다(Lumbago)’와 ‘어깨가 결리다(Shoulder pain)’라는 증상을 느끼는 1점과 2점을 합한 농가 각각 43.8%로 나타났다. 또한 농부증 판정에서 응답자 137명 중 27명인 19.7%가 ‘양성’, 42명인 30.7%가 ‘의증’, 68명인 49.6%가 ‘음성’으로 나타났다.

농약 살포시 이상증상 경험 결과는 응답자 137명 중 57.7%가 ‘농약 살포시 이상증상 경험’에 대한 응답결과 ‘눈이 따가웠다(Eye glaring)’, 51.1%가 ‘피부가

따갑고 가려웠다(Itching sense of skin)’는 증상을 느끼고 있었다. 또한 ‘머리가 아프다(Dizziness/Headache)’는 증상이 29.9%, ‘온몸에 힘이 빠졌다(Fatigue)’는 증상이 24.8%, ‘눈앞이 흐려졌다(Visual distruance)’는 증상이 29.2%, ‘구역질이 났다(Nausea)’는 증상이 19.0%, ‘작업을 하지 않을 때도 땀 또는 눈물이 흘렀다(Sweating or Lacrimation)’는 증상이 18.2%, ‘호흡곤란이 왔다(Dyspnea)’는 증상이 10.2%, ‘사지경련이 왔다(Cramps in Limbs)’는 증상이 5.8%, ‘복통이 있었다(Abdominal pain)’는 증상이 8.0%, ‘구토를 하였다(Vomiting)’는 증상이 6.6%, ‘의식을 잃고 쓰러졌다(Syncope)’, ‘전신이 마비되었다(Quardripleisia)’, ‘말이 갑자기 나오지 않았다(Dysphasia)’는 증상이 각각 4.4%의 경험률을 보였다.

농작업자 농약 노출 평가에서 농약 위해성 지수(RQ)를 평가 결과는 다음과 같다. 49개의 살충제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이상인 제품이 6개로 Chlorpyrifos WP(25%)의 RQ값은 7이상, Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)는 4이상, Phenthoate EC(47.5%)는 3이상, Benfuracarb WG(30%)와 Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)는 각각 2이상 이었으며, Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam WG(1.4+6.7%)는 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 Chlorpyrifos WP(25%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다

살균제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 28개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1 이상인 제품이 6개로 Propineb WP(70%)의 RQ값은 10이상, Metiram WG(55%)는 6이상, Dithianon WG(66%)는 4이상, Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)는 3이상, Iminoctadine triacetate SL(25%)와Dithianon WP(75%)는 각각 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 ropineb WP(70%) 1개의 제품이 RQ값이 1이상 나타났다

살비제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 6개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우와 인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다.

제초제 위해성 지수(RQ) 평가 결과는 8개의 살균제 제품에 대한 위해성 지수(RQ)를 평가해본 결과 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 RQ값이 1이

상인 제품이 3개로 Glufosinate ammonium SL(41%)의 RQ값은 3이상, Glufosinate ammonium SL(18%)와 Glufosinate ammonium SL(16.2%)는 1을 조금 상회하였다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 RQ값이 1이상인 제품 없는 것으로 평가되었다

농약 제품에 의한 감귤생산농가의 통합위해성 평가 결과는 제주도 감귤생산농가의 통합위해성 평가 결과는 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 없었으며, 10~15미만은 22.9%로 가장 비중이 높았다. 3~5미만의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 1.3%였으며, 5~10미만은 17.2%, 15~20미만은 21%, 20~25미만은 10.2%, 25~30미만은 9.6%로, 30~35미만은 6.4%, 35~40미만은 5.7%, 40~45미만은 2.5%, 45~50미만은 0.6%로 평가되었다. 개인보호장비(PPE)를 착용한 경우 1이하의 평가 범위에 해당되는 농가는 8.3%로 었으며, 1~2미만의 위해성 평가 범위에 해당되는 농가는 35%로 비중이 가장 높았으며, 1~2미만은 26.8%, 3~4미만은 15.9%, 4~5미만은 6.4%, 5~6미만은 5.1%, 6~7미만은 2.5%로 평가되었다. 본 연구에서는 농약 살포자의 보호장비(산업용으로 안전성을 입증 바든 보호장비) 착용 여부에 따른 농약 제품별 노출량을 평가하였다. 실제 감귤원에서 농약을 살포하는 작업자는 대부분 산업용으로 안전성을 입증 받은 마스크, 장갑, 고글(goggles) 및 보호복을 착용하여 농약을 살포하는 농가는 전무하며, 마스크는 착용하지 않거나 착용하더라도 천재질의 마스크를 착용하는 경우가 대부분이고 장갑은 고무장갑 또는 면장갑을 착용하는 실정이다. 눈을 보호하는 고글(goggles)을 착용하는 농가는 전무한 실정이며, 보호복 상·하의는 대부분의 농가가 우의(雨衣)착용하고 있어 실제 보호장비를 완벽하게 착용하였다고 말할 수는 없는 상황이다. 현재 사용하는 농약별 위험도와 보호복 착용에서의 현실을 감안하면 감귤 생산 농가가 농약 살포시 농약에 대한 노출이 심각한 수준에 이르고 있을 것으로 판단된다. 따라서 농약으로 인한 감귤원 농약 살포자에 대한 위해성을 경감시키기 위한 교육과 제도적 마련이 시급하다고 생각된다.

Appendix 1. Questionnaire

2016년 제주도 감귤생산 농가의 농약사용
실태 및 농약노출로 인한 건강피해 조사

안녕하십니까?

저희는 감귤생산 농가의 농약사용 실태 및 농약 살포시 농약노출로 인한 건강피해를 조사하여, 생산자 여러분들께 농약 노출로 인한 건강피해 분석을 하고 여러분들께 건강에 도움이 되는 정보를 제공하고 조사를 실시하게 되었습니다.

관련 질문에 대한 응답내용은 통계법 제 33조에 의하여 일체의 비밀이 보장됩니다.

평소 경험 또는 느끼시던 바대로 질문에 응답하여 주시면 감사하겠습니다.

제주대학교 생명자원과학대학 교수 김동순
설문조사 담당 장용석

1	응답자 일반 현황 조사
----------	---------------------

성 함 : _____ (연락처 : 010 - _____)

1. 성 별 : ① 남 ② 여

2. 연 령 : ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대 이상

3. 영농경력

① 5년 미만 ② 5년 이상 ~ 10년 미만 ③ 10년 이상 ~ 20년 미만

④ 20년 이상 ~ 30년 미만 ⑤ 30년 이상

4. 영농지역 : ① 제주시 ② 서귀포시

5. 재배 면적

① 2000평 미만 ② 2000평~4000평 미만 ③ 4000평~6000평 미만

④ 6000평~8000평 미만 ⑤ 10,000평 이상

6. 년 간 농약살포 일수 : 1년에 (_____ 일(횟수))을 농약 살포 함

7. 농약 살포시 작업시간 : ① 6시간 이상 ② 4시간 미만

8. 흡연 여부 : ① 예 ② 아니오

9. 음주 여부 : ① 예 ② 아니오

2	농약사용 실태
----------	----------------

1. 병해충 방제시 농약 선택 방법(1개 문항만 선택)은 어떻게 하십니까?

- ① 보급용 방제력에서 추천하는 농약을 구입 한다
- ② 지도사/연구사 추천하는 농약을 구입 한다
- ③ 농감협등 판매소 추천하는 농약을 구입 한다
- ④ 농약회사 영업사원 추천하는 농약을 구입 한다
- ⑤ 주변 지인이 사용하는 농약을 구입 한다
- ⑥ (신문 또는 방송 광고 등) 농약 정보 전단지에서 홍보하는 농약을 하는 농약을 구입 한다
- ⑦ 기타(_____)

2. 병해충 방제시 농약사용 (의사)결정에 대한 방법(1개 문항만 선택)은 어떻게 결정하십니까?

1) 감귤 해충에 대한 농약사용 의사결정 방법

- ① 해충 발생 예찰을 통해 스스로 판단 후 농약을 살포 한다
- ② 일정한 시기/간격으로 농약을 살포 한다
- ③ 관계 기관에 방제 시점을 문의하여 농약을 살포 한다
- ④ (홍보물/판매상 정보 등) 보급용 방제력을 활용하여 시점을 결정 후 농약을 살포 한다

2) 감귤 병에 대한 농약사용 의사결정 방법

- ① 기상자료를 활용하여 병 발생 예측 후 스스로 판하여 농약을 살포 한다
- ② 일정한 시기/간격으로 농약을 살포한다
- ③ 관계 기관에 방제 시점을 문의하여 농약을 살포한다
- ④ (홍보물/판매상 정보등) 보급용 방제력을 활용하여 시점을 결정 후 농약을 살포 한다

3. 여러분은 감귤 재배에 사용하는 농약에 대하여 얼마나 만족하십니까?

1) 살충제	2) 살균제	3) 살비제(응애방제)	4) 제초제
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우불만족	① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우불만족	① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우불만족	① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우불만족

4. 농약을 사용할 때 농도(희석배수)는 어떻게 사용하십니까?

- ① 지시된 방법으로 사용 한다
- ② 진하게 사용 한다
- ③ 묽게 사용 한다

2	농약 살포자 건강피해 조사
---	-----------------------

1. 농약 살포 후 느끼는 만성 증상은 어떤 경험이 있습니까?(평상시에 느끼는 증상은 모두 표기함)

번호	만성증상	없음	일주일에 1회	일주일에 2회 이상
(1)	몸이 나른하고 힘이 없다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2)	허리가 아프다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3)	밤중에 소변을 보기위해 깬다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(4)	어깨가 결리고 아프다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(5)	눈에서 눈물이 생긴다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(6)	손발이 저리다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(7)	밤에 잠을 잘 못 잔다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(8)	머리가 아프다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(9)	숨이 가쁘거나 숨이 차다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(10)	팔다리 등의 근육이 떨린다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(11)	배가 불편하거나 아프다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. 농약 살포시 느끼는 이상증상 경험은 어떤 경험이 있습니까?(평상시에 느끼는 증상은 모두 표기함)

번호	항목	경험 여부	번호	항목	경험 여부
(1)	피부가 따갑고 가려웠다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(8)	호흡곤란이 왔다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(2)	머리가 어지럽거나 아프다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(9)	사지경련이 왔다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(3)	온몸에 힘이 빠졌다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(10)	복통이 있었다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(4)	눈이 따가웠다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(11)	구토를 하였다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(5)	눈앞이 흐려졌다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(12)	의식을 잃고 쓰러졌다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(6)	구역질이 났다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(13)	전신이 마비되었다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>
(7)	작업을 하지 않을 때에도 땀/눈물이 흘렀다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>	(14)	말이 갑자기 나오지 않았다	예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/>

3. 안전수칙을 준수하는 항목을 모두 기입해주세요.

번호	안전수칙	항상 실천	보통 실천	가끔 실천	실천하지 않음
(1)	농약살포 후 바로 목욕을 한다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2)	농약살포작업 후 옷을 갈아 입는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3)	피로할 때나 술마신 후에는 농약 살포작업을 피한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(4)	휴식시간에 음식을 먹을때는 손을 비누로 씻는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(5)	농약살포 후 입을 헹군다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(6)	농약 살포시 농약사용 지침대로 사용한다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(7)	피로감을 느낄때 농약살포를 하지 않는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(8)	농약 살포 후 흡연하기 전에 손을 씻는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(9)	농약 살포 전 사용하는 농약의 라벨 또는 설명서를 먼저 읽는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(10)	농약을 살포하는 동안에는 음주와 흡연을 하지 않는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(11)	농약살포작업은 한낮을 피해 서늘하고 바람이 적을 때 한다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(12)	농약살포 후 용변을 보기전에 손을 씻는다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(13)	보호장비는 잘 세탁하여 보관한다	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Appendix 2-1. Eco-toxicological data for the calculation of EI_Q, insecticides.

NO	Chemical Composition	C	DT	D	Z	B	F	P	S	SY	L	R
		Long-term health effects	Dermal toxicity (RatLD50)	Bird toxicity (8dayLC50)	Bee toxicity	Beneficial arthropod toxicity	Fish toxicity (96hrLC50)	Plant surface half-live	Soil residue half-live	Mode of action	Leaching potential	Surface runoff potential
1	Acetamiprid	Group E	>2000(rat)	98	Moderate	Harmful	>100	2.3	10	Systemic	Low	Low
2	Alpha-cypermethrin	Group C	>2000(rat)	>2025	High	Moderate	0.0028	7.3	28	Non-systemic	Low	Medium
3	Amitraz	Group C	>200	788	Moderate	Harmful	0.74	11	0.2	Non-systemic	Low	Low
4	Benfuracarb	x	>2000(rat)	HT	High	Moderate	HT	4.73	5	Systemic	Low	Low
5	Buprofezin	Group D	>2000(rat)	>2000	Low	Harmless	>0.33	6.08	50	Non-systemic	Low	High
6	Chlorantraniliprole	Group E	>5000(rat)	>2250	Moderate	Moderate	>12.0	5.4	523	Systemic	High	Medium
7	Chlorfenapyr	Group D	>2000	10	High	x	10	3.62	1.4	Systemic	Low	Medium
8	Chlorfluazuron	Group E	>1000(rat)	>2510	Moderate	Moderate	>300	8.22	100<	Non-systemic	Low	High
9	Chlorpyrifos	Group E	>1250(rat)	HT	High	Moderate	0.00013	6.7	30.5	Systemic	Low	High
10	Clothianidin	Group E	>2000	430	High	Harmful	>104.2	4.63	214	Systemic	High	Medium
11	Cypermethrin	Group C	>2000(rat)	>10000	High	Harmful	0.0028	7.3	69	Non-systemic	low	High
12	Deltamethrin	Group E	>2000(rat)	>2250	High	Harmful	0.00026	3.2	13	Non-systemic	Low	Medium
13	Diflubenzuron	Group E	>2000	>5000	Moderate	Harmful	0.13	18	3	Non-systemic	Low	Medium
14	Dinotefuran	Group E	>2000(rat)	>2000	High	Moderate	>100.0	10	75	Systemic	High	Medium
15	Esfenvalerate	Group E	>5000(rat)	1312	High	Moderate	0.0001	3.6	38	Non-systemic	Low	High
16	Etofenprox	Group E	>2000(rat)	>2000	High	Harmful	0.0027	2.3	11	Non-systemic	Low	Medium
17	Fenitrothion	Group E	890(rat)	2.3	High	Harmless	1.3	1.6	2.7	Systemic	Low	Low
18	Fenpropathrin	Group E	870(rat)	1089	High	Harmful	0.0023	6	28	Non-systemic	Low	Medium

NO	Chemical Composition	C	DT	D	Z	B	F	P	S	SY	L	R
		Long-term health effects	Dermal toxicity (RatLD50)	Bird toxicity (8dayLC50)	Bee toxicity	Beneficial arthropod toxicity	Fish toxicity (96hrLC50)	Plant surface half-live	Soil residue half-live	Mode of action	Leaching potential	Surface runoff potential
19	Fenvalerate	Group E	>1000	9932	High	Harmful	0.0036	3.2	40	Non-systemic	Low	High
20	Flufenoxuron	Group E	>2000(rat)	>2000	Moderate	Mortality	0.0049	13.5	42	Non-systemic	Low	High
21	Gamma-cyhalothrin	Group E	1643(rat)	>2000	High	Mortality	0.000035	x	30	Non-systemic	Low	Medium
22	Imidacloprid	Group E	>5000(rat)	31	High	Mortality	>83	2.97	997	Systemic	High	Medium
23	Indoxacarb	Group E	>5000(rat)	98	High	Mortality	0.6	2.88	27	Non-systemic	Low	Medium
24	Lambda-cyhalothrin	Group D	>632(rat)	>3950	High	Harmless	0.00021	4	27	Non-systemic	Low	High
25	Lufenuron	x	>2000(rat)	>2000	Low	Moderate	>29	9.8	20	Systemic	Low	Medium
26	Methoxyfenozide	Group E	5000(rat)	>2250	Moderate	Harmless	>4.2	x	133	Non-systemic	High	Medium
27	Phenthoate	x	72	300	High	x	2.5	10	2	Non-systemic	Low	Medium
28	Sulfoxaflor	Group C	>5000(rat)	676	High	Moderate	>101	x	8	Systemic	Low	Low
29	Tebufenozide	Group E	>2000(rat)	>2150	Low	Moderate	3	44.3	82	Non-systemic	Low	Medium
30	Teflubenzuron	x	>2000(rat)	>2250	Moderate	Harmful	>0.0065	28	17	Non-systemic	Low	High
31	Thiacloprid	Group C	>2000(rat)	49	Moderate	Moderate	24.5	7.5	27	Systemic	Low	Low
32	Thiamethoxam	Group E	>2000(rat)	576	High	Harmful	>125	4.2	72	Systemic	High	Medium

Appendix 2-2. Eco-toxicological data for the calculation of EI_Q, fungicides.

NO	Chemical Composition	C	DT	D	Z	B	F	P	S	SY	L	R
		Long-term health effects	Dermal toxicity (RatLD50)	Bird toxicity (8dayLC50)	Bee toxicity	Beneficial arthropod toxicity	Fish toxicity (96hrLC50)	Plant surface half-live	Soil residue half-live	Mode of action	Leaching potential	Surface runoff potential
1	Benomyl	Group C	>5000(rat)	1000	Moderate	Harmful	0.17	7.2	0.79	Systemic	Low	High
2	Bordeaux mixture	Group D	>2000(rat)	>616	Moderate	Moderate	0.086	x	1600	Non-Systemic	x	Low
3	Carbendazim	Group C	>2000(rat)	>2250	Moderate	Harmful	0.19	9	22	Systemic	High	High
4	Copper hydroxide	Group D	>2000(rat)	223	Moderate	Moderate	0.017	x	2600	Non-Systemic	Low	High
5	Copper oxychloride	Group D	>2000(rat)	173	Moderate	Moderate	>43.8	17.71	1600	Non-Systemic	Low	High
6	Copper sulfate basic	Group D	>2000(rat)	>72.4	Moderate	Moderate	13.2	x	1600	Non-Systemic	Low	High
7	Cuprous oxide	Group D	>2000(rat)	1183	Moderate	Moderate	0.207	x	1600	Non-Systemic	Low	High
8	Cyprodinil	Group E	>2000(rat)	>500	Low	Harmless	2.41	2.8	20-60	Systemic	Low	High
9	Difenoconazole	Group C	>2010(rat)	>2150	Moderate	Moderate	1.1	7.8	318	Systemic	Low	Medium
10	Dithianon	Group C	>2000(rat)	309	Moderate	Moderate	0.07	14.85	21	Non-Systemic	Low	x
11	Fluazinam	Group D	>2000(rat)	1780	Low	Moderate	0.055	4.3	26.5	Non-Systemic	Low	Medium
12	Imibenconazole	Group E	>2000(rat)	>2250	Low	Moderate	0.67	x	4-28.0	Systemic	Low	Medium
13	Iminoctadine triacetate	Group E	>2000(rat)	>985	Moderate	Moderate	36	x	14.5	Non-Systemic	High	Medium
14	Iminoctadine tris (albesilate)	Group E	>2000(rat)	>1827	High	Moderate	4.5	x	90-122	Non-Systemic	Low	High
15	Kasugamycin	Group E	>4000(rat)	>4000	Moderate	Moderate	>40	3.78	3.91	Non-Systemic	Low	Low
16	kresoxim-methyl	Group C	>2000(rat)	>2150	Moderate	Moderate	0.19	6.52	<1	Systemic	Low	Low
17	Mancozeb	Group B	>2000(rat)	>2000	Low	Moderate	0.074	13.87	2	Non-Systemic	Low	Low
18	Metconazole	Group E	>2000(rat)	787	Moderate	Moderate	201	x	265	Systemic	High	High

NO	Chemical	Composition	C	DT	D	Z	B	F	P	S	SY	L	R
			Long-term health effects	Dermal toxicity (RatLD50)	Bird toxicity (8dayLC50)	Bee toxicity	Beneficial arthropod toxicity	Fish toxicity (96hrLC50)	Plant surface half-live	Soil residue half-live	Modeof action	Leaching potential	Surface runoff potential
19	Metiram		Group B	>2000(rat)	>2150	Moderate	Moderate	0.33	x	7	Non-Systemic	Low	Low
20	Propineb		Group C	>5000(rat)	>5000	Low	Harmless	0.4	2.43	3	Non-Systemic	x	x
21	Pyraclostrobin		Group E	>2000(rat)	>2000	Moderate	Moderate	0.006	4.3	32	Systemic	Low	Medium
22	Streptomycin		Group E	325(Mouse)	>4640	Low	x	>180	2-3w	25	Systemic	Low	x
23	Thiophanate-methyl		Group C	>5000(rat)	>4640	Moderate	Harmless	11	29.6	1	Systemic	x	Low
24	Tribasic copper sulfate		Group D	>2000(rat)	>72.4	Moderate	Moderate	13.2		10,000	Non-Systemic	Low	High
25	Trifloxystrobin		Group E	>2000(rat)	>2000	Low	Harmless	0.015	5.44	7	Systemic	Low	Medium

Appendix 2-3. Eco-toxicological data for the calculation of EIQ, miticides.

NO	Chemical Composition	C	DT	D	Z	B	F	P	S	SY	L	R
		Long-term health effects	Dermal toxicity (RatLD50)	Bird toxicity (8dayLC50)	Bee toxicity	Beneficial arthropod toxicity	Fish toxicity (96hrLC50)	Plant surface half-live	Soil residue half-live	Modeof action	Leaching potential	Surface runoff potential
1	Cyhexatin	Group E	>2000	520	Moderate	Moderate	0.06	x	50	Non-systemic	Low	High
2	Etoxazole	Group E	>2000(rat)	>2000	Low	Harmful	2.8	2.73	19	Non-systemic	Low	Medium
3	Propargite	Group B	>4000	>4640	Moderate	Moderate	0.043	(2.73-5.21)	40	Non-systemic	Low	High
4	Pyridaben	Group E	>2000(rat)	>2250	High	Moderate	0.0007	11.18	55	Non-systemic	Low	High
5	Spirodiclofen	Group C	>2000(rat)	>2000	Low	Harmful	>0.035	x	7	Non-systemic	Low	Medium
6	Tebufenpyrad	Group C	>2000(rat)	>2000	Moderate	Moderate	0.023	(2.46-10.54)	14	Systemic	Low	Medium

Appendix 3-1. Field use EIQ values by insecticides Products in citrus orchards used.

NO	Common Name	First Material EIQ	Second Material EIQ	First ai	Second ai	Rate	First Material Field use EIQ	Second Material Field use EIQ	Field use EIQ
1	Acetamiprid SP, WP, WG(8%)	14.7	-	0.08	-	1.5	1.8	-	1.8
2	Acetamiprid+Buprofezin EC(4+15%)	14.7	15.3	0.04	0.15	1.5	0.9	3.5	4.3
3	Acetamiprid+Diflubenzuron WP(5+14%)	14.7	18.0	0.05	0.14	1.5	1.1	3.8	4.9
4	Acetamiprid+Etofenprox WP(2.5+8%)	14.7	17.3	0.03	0.08	3.0	1.1	4.2	5.3
5	Acetamiprid+Flufenoxuron WP(8+5%)	14.7	14.7	0.08	0.05	1.5	1.8	1.1	2.9
6	Acetamiprid+Lufenuron WP(8+5%)	14.7	15.8	0.08	0.05	1.5	1.8	1.2	2.9
7	Acetamiprid+Methoxyfenozide WG(6+7%)	14.7	21.3	0.06	0.07	1.5	1.3	2.2	3.6
8	Alpha-cypermethrin EC(2%)	26.3	-	0.02	-	3.0	1.6	-	1.6
9	Amitraz+Buprofezin EC(12.5+12.5%)	27.7	15.3	0.13	0.13	3.0	10.4	5.8	16.1
10	Benfuracarb WG(30%)	24.7	-	0.30	-	3.0	22.2	-	22.2
11	Buprofezin+Dinotefuran WP(20+15%)	15.3	20.7	0.20	0.15	1.5	4.6	4.7	9.3
12	Buprofezin+Tebufenozide WP(12+5%)	15.3	9.3	0.12	0.05	1.5	2.8	0.7	3.5
13	Buprofezin+Thiacloprid SC(20+5%)	15.3	29.2	0.20	0.05	1.5	4.6	2.2	6.8
14	Buprofezin+Thiamethoxam SC(20+3.3%)	15.3	22.7	0.20	0.03	3.0	9.2	2.2	11.4
15	Chlorantraniliprole WP, WG(5%)	16.7	-	0.05	-	1.5	1.3	-	1.3
16	Chlorfenapyr WP, SC, EC(5%)	25.3	-	0.05	-	1.0	1.3	-	1.3
17	Chlorfenapyr SC(10%)	25.3	-	0.05	-	1.0	1.3	-	1.3
18	Chlorfluazuron EC(5%)	18.0	-	0.05	-	1.5	1.4	-	1.4
19	Chlorpyrifos WP(25%)	28.0	-	0.25	-	3.8	26.6	-	26.6

NO	Common Name	First Material EIQ	Second Material EIQ	First ai	Second ai	Rate	First Material Field use EIQ	Second Material Field use EIQ	Field use EIQ
20	Chlorpyrifos+Alpha-cypermethrin EC(10+1%)	28.0	26.3	0.10	0.01	3.0	8.4	0.8	9.2
21	Chlorpyrifos+Diflubenzuron WP(20+7%)	28.0	12.7	0.20	0.07	3.0	16.8	2.7	19.5
22	Clothianidin SG, SC(8%)	26.7	-	0.08	-	1.5	3.2	-	3.2
23	Clothianidin+Methoxyfenozide SC(7+8%)	26.7	21.3	0.07	0.08	1.5	2.8	2.6	5.4
24	Cypermethrin EC(5%)	28.0	-	0.05	-	3.0	4.2	-	4.2
25	Deltamethrin EC(1%)	17.3	-	0.01	-	3.0	0.5	-	0.5
26	Dinotefuran+Methoxyfenozide SC(10+4%)	20.7	21.3	0.10	0.04	1.5	3.1	1.3	4.4
27	Esfenvalerate EC(1.5%)	18.7	-	0.02	-	3.0	0.8	-	0.8
28	Esfenvalerate+Fenitrothion EC(1.25+15%)	18.7	22.7	0.01	0.15	3.0	0.7	10.2	10.9
29	Etofenprox+Imidacloprid WG(8+4%)	17.3	27.2	0.08	0.04	3.0	4.2	3.3	7.4
30	Fenpropathrin WP(5%)	19.7	-	0.05	-	3.0	3.0	-	3.0
31	Fenvalerate EC(5%)	20.7	-	0.05	-	3.0	3.1	-	3.1
32	Gamma-cyhalothrin CS(1.4%)	32.0	-	0.01	-	1.2	0.5	-	0.5
33	Imidacloprid WP(10%)	27.2	-	0.10	-	1.5	4.1	-	4.1
34	Imidacloprid+Methoxyfenozide WP(4+8%)	27.2	21.3	0.04	0.08	1.5	1.6	2.6	4.2
35	Indoxacarb+Teflubenzuron WP(1+2%)	18.3	18.5	0.01	0.02	3.0	0.6	1.1	1.7
36	Lambda-cyhalothrin EC(1%)	27.3	-	0.01	-	3.0	0.8	-	0.8
37	Lambda-cyhalothrin+Imidacloprid WP(1+10%)	27.3	27.2	0.01	0.10	1.5	0.4	4.1	4.5

NO	Common Name	First Material EIQ	Second Material EIQ	First ai	Second ai	Rate	First Material Field use EIQ	Second Material Field use EIQ	Field use EIQ
38	Lambda-cyhalothrin+Thiamethoxam WG(1.4+6.7%)	27.3	22.7	0.01	0.07	1.5	0.6	2.3	2.9
39	Methoxyfenozide SC(21%)	21.3	-	0.21	-	3.0	13.4	-	13.4
40	Methoxyfenozide WP(4%)	21.3	-	0.04	-	3.0	2.6	-	2.6
41	Phenthoate EC(47.5%)	14.3	-	0.48	-	3.0	20.4	-	20.4
42	Sulfoxaflor SC(7%)	35.5	-	0.07	-	1.5	3.7	-	3.7
43	Tebufenozide WP(8%)	9.3	-	0.08	-	3.0	2.2	-	2.2
44	Thiamethoxam WG(10%)	22.7	-	0.10	-	1.5	3.4	-	3.4

Appendix 3-2. Field use EIQ values by fungicides Products in citrus orchards used.

NO	Common Name	First Material EIQ	Second Material EIQ	First ai	Second ai	Rate	First Material Field use EIQ	Second Material Field use EIQ	Field use EIQ
1	Benomyl WP(50%)	19.0	-	0.5	-	2.0	19.0	-	19.0
2	Bordeaux mixture WG(76.2(Cu20%))	21.7	-	0.8	-	6.0	99.1	-	99.1
3	Carbendazim+Kresoxim-methyl WP(40+20%)	27.3	22.7	0.4	0.2	1.2	13.1	5.4	18.6
4	Copper hydroxide WP(77%)	25.2	-	0.8	-	3.0	58.1	-	58.1
5	Copperoxychloride+Dithianon WP(42+13%)	25.2	25.0	0.4	0.1	6.0	63.4	19.5	82.9
6	Copper oxychloride+Kasugamycin WP(45+5.75%)	25.2	12.0	0.5	0.1	3.0	34.0	2.1	36.0
7	Coppersulfatebasic WP(58%(CU32))	25.2	-	0.6	-	3.0	43.8	-	43.8
8	Cuprous oxide+Streptomycin WP(30+8%)	22.7	16.7	0.3	0.1	3.0	20.4	4.0	24.4
9	Cyprodinil WG(50%)	16.0	-	0.5	-	1.5	12.0	-	12.0
10	Difenoconazole DC(5%)	29.3	-	0.1	-	3.0	4.4	-	4.4
11	Difenoconazole SC(10%)	29.3	-	0.1	-	1.5	4.4	-	4.4
12	Difenoconazole WP(10%)	29.3	-	0.1	-	1.5	4.4	-	4.4
13	Dithianon WG(66%)	25.0	-	0.7	-	3.0	49.5	-	49.5
14	Dithianon WP(75%)	25.0	-	0.8	-	3.0	56.3	-	56.3
15	Dithianon SC(43%)	25.0	-	0.4	-	3.0	32.3	-	32.3
16	Fluazinam WP(50%)	15.3	-	0.5	-	1.5	11.5	-	11.5
17	Imibenconazole WP(15%)	15.0	-	0.2	-	1.5	3.4	-	3.4
18	Iminoctadine triacetate SL(25%)	25.0	-	0.3	-	1.5	9.4	-	9.4

NO	Common Name	First Material	Second Material	First	Second	Rate	First Material	Second Material	Field use
		EQ	EQ	ai	ai		Field use EQ	Field use EQ	EQ
19	Iminoctadine tris(albesilate) WP(40%)	34.2	-	0.4	-	3.0	41.0	-	41.0
20	Mancozeb WP(75%)	21.0	-	0.8	-	6.0	94.5	-	94.5
21	Metconazole SC(20%)	30.7	-	0.2	-	1.0	6.1	-	6.1
22	Metiram WG(55%)	35.2	-	0.6	-	6.0	116.1	-	116.1
23	Propineb WP(70%)	11.3	-	0.7	-	6.0	47.6	-	47.6
24	Pyraclostrobin EC(22.9%)	15.3	-	0.2	-	0.8	2.8	-	2.8
25	Streptomycin WP(20%)	16.7	-	0.2	-	3.0	10.0	-	10.0
26	Thiophanate-methyl WP(70%)	17.0	-	0.7	-	3.0	35.7	-	35.7
27	Tribasic copper sulfate SC(15%(CU))	25.2	-	0.2	-	3.0	11.3	-	11.3
28	Trifloxystrobin WG(50%)	9.3	-	0.5	-	0.8	3.7	-	3.7

Appendix 3-3. Field use EIQ values by miticides Products in citrus orchards used.

NO	Common Name	First Material EIQ	Second Material EIQ	First ai	Second ai	Rate	First Material Field use EIQ	Second Material Field use EIQ	Field use EIQ
1	Propargite WP(30%)	30.8		0.30		5.0	46.3		46.3
2	Cyhexatin WP(25%)	13.3		0.25		2.0	6.7		6.7
3	Pyridaben WP(20%)	44.7		0.20		1.5	13.4		13.4
4	Spirodiclofen SC(22%)	22.7		0.22		0.8	4.0		4.0
5	Tebufenpyrad EC(10%)	37.3		0.10		1.5	5.6		5.6
6	Etoxazole SC(10%)	37.3		0.10		0.8	3.0		3.0