การประเมินการสัมผัสและความเสี่ยงต่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ไม่ได้รับจากการทำงานของเด็กก่อนวัยเรียน : กรณีศึกษา ชุมชนเกษตรกรรมบางเหรียง อ.ควนเนียง จ.สงขลา

นางสาวชิดหทัย เพชรช่วย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-3906-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

492132

ชิดหทัย เพชรช่วย : การประเมินการสัมผัสและความเสี่ยงต่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ไม่ได้รับจากการทำงานของเด็กก่อนวัยเรียน : กรณีศึกษาชุมชนเกษตรกรรมบางเหรียง อ.ควนเนียง จ. สงขลา (NON-OCCUPATIONAL PESTICIDE EXPOSURE AND RISK ASSESSMENT AMONG PRESCHOOL CHILDREN : CASE STUDY IN BANG RIENG AGRICULTURAL COMMUNITY, KHUAN NIENG DISTRICT, SONGKHLA PROVINCE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ปาริชาติ วิสุทธิสมาจาร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : Prof. Mark G. Robson, PhD., M.P.H., ผศ.ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์ 163 หน้า ISBN 974-14-3906-7

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ไม่ได้รับจากการทำงานในเด็กก่อนวัยเรียน (อายุ 2-5 ปี) ที่อาศัยในชุมชนเกษตรกรรมปลูกผักบางเหรียง โดยทำการตรวจวิเคราะห์สารออร์กาโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ ไดโครโทฟอส คลอร์ไพริฟอส เมททิลพาราไทออน และ โพรฟีโนฟอส ในตัวอย่างดิน ฝุ่นบ้าน ผิวหนังที่สัมผัสสิ่งปนเปื้อน (มือและเท้า) รวมทั้งวิเคราะห์หาสารเมทาบอไลท์ของออร์กาโนฟอสเฟตในตัวอย่างปัสสาวะของเด็ก 37 คนที่อาศัยในพื้นที่แปลงปลูกผักหรือใกล้เคียง และเด็กกลุ่มอ้างอิง 17 คนที่อาศัยนอกพื้นที่ โดยทำการเก็บตัวอย่างครอบคลุมสองฤดูในการฉีดพ่นสารเคมี คือ ฤดูแล้ง (ฉีดพ่นในปริมาณมาก) และฤดูฝน (ฉีดพ่นในปริมาณน้อย) ผลการวิเคราะห์พบว่า ในฤดูร้อนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นรวมของสารเมทาบอไลท์ของออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะของเด็กในพื้นที่แปลงผัก (26.2 ไมโครกรัม/กรัม creatinine) สูงกว่าในเด็กกลุ่มอ้างอิง (9.3 ไมโครกรัม/กรัม creatinine) อย่างมีนัยสำคัญ และมีระดับความเข้มข้นสูงกว่าในเด็กกลุ่มเดียวกันเมื่อเทียบกับในฤดูฝน นอกจากนี้ยังพบว่า ในฤดูร้อน สารออร์กาโนฟอสเฟตทั้ง 4 ชนิดมีเปอร์เซนต์การตรวจพบในตัวอย่าง ดิน ฝุ่นพื้นบ้าน มือและเท้าของเด็กในพื้นที่แปลงผักสูงกว่าเมื่อเทียบกับเด็กกลุ่มอ้างอิง โดยที่ ไดโครโทฟอส และ โพรฟีโนฟอส มีเปอร์เซนต์การตรวจพบสูงที่สุด ดังนั้นฤดูในการฉีดพ่นสารเคมีจึงถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟตของเด็กในพื้นที่เกษตรกรรม จากผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงสหสัมพันธ์ (multiple regression analysis) พบว่าพฤติกรรมบางประการของเด็กที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของการได้รับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ การเอานิ้วมือเข้าปาก การไม่สวมรองเท้าขณะออกนอกบ้าน และ การลงไปวิ่งเล่นในแปลงผักเป็นประจำ และพบว่าปริมาณที่เพิ่มขึ้นของไดโครโทฟอสที่ตกค้างในมือและโพรฟีโนฟอสที่ตกค้างที่เท้าของเด็กในพื้นที่เกษตรมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มขึ้นของระดับเมทาบอไลท์ในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญ

เส้นทางการสัมผัสสารที่ไม่ได้รับจากการทำงานของเด็กในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย การสัมผัสสารจากการรับประทานดิน การสัมผัสสารโดยการเอามือเข้าปาก การสัมผัสสารในดินทางผิวหนัง และ การสัมผัสสารในฝุ่นพื้นบ้านทางผิวหนัง จากผลการประเมินความเสี่ยงของสารไม่ก่อมะเร็ง ไม่พบค่าความเสี่ยงที่สูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ในแต่ละเส้นทางการสัมผัสทั้งสองกลุ่มศึกษา อย่างไรก็ตามพบว่าในฤดูร้อน ค่าเฉลี่ยผลรวมของค่าความเสี่ยงจากทุกเส้นทางการสัมผัสของเด็กในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ (Hazard Index, HI > 1) ขณะที่ไม่พบความเสี่ยงจากการสัมผัสดังกล่าวในเด็กกลุ่มอ้างอิงทั้งสองฤดู

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4589656020: MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORD: NON-OCCUPATIONAL EXPOSURE / EXPOSURE ASSESSMENT / ORGANOPHOSPHATE PESTICIDE / AGRICULTURAL COMMUNITY /CHILDREN

CHIDHATHAI PETCHUAY: NON-OCCUPATIONAL PESTICIDE EXPOSURE AND RISK ASSESSMENT AMONG PRESCHOOL CHILDREN : CASE STUDY IN BANG RIENG AGRICULTURAL COMMUNITY, KHUAN NIENG DISTRICT, SONGKHLA PROVINCE. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PARICHART VISUTHISMAJARN, Dr.Phil., THESIS CO-ADVISOR: PROF. MARK G. ROBSON, PhD., M.P.H., AND ASST. PROF. BANJONG VITAYAVIRASAK, PhD. 163 pp. ISBN 974-14-3906-7

This study was designed to investigate non-occupational pesticide exposure among preschool children (2-5 years) living in Bang Rieng vegetable farming community. Four organophosphate (OP) pesticides, dicrotophos, chlorpyrifos, methyl parathion, and profenofos, were analyzed from soil, floordust, and dermal wipes (hands and feet) samples collected from 37 farm children living in or nearby the field, and 17 reference children outside the farmland. The common OP metabolites were also measured from children's urine. All samples were collected covering two spraying seasons, dry season (high spraying) and wet season (less spraying). The results showed that the average of total urinary OP metabolite for the farm children (26.2 μg/g creatinine) was significantly higher than for the reference (9.3 μg/g creatinine) during the dry season. The farm children also had higher levels of the metabolite during the dry season compared to the wet season. In addition, the percentages of detectable for the four OP pesticides residue in soil, floordust, and children's hands and feet were found to be higher in the farm children than in the reference. Seasonal pesticide spraying, therefore, is an important factor for the children's pesticide exposure. The results from multiple regression analysis showed that some children's behaviors including, putting hand into the mouth, walking barefeet outside their home and frequent playing in the field were significantly positively associated with the OP exposures. The levels of dicrotophos on hands and profenofos on feet for the farm children were also significantly associated with the increasing levels of the urinary metabolites.

The potential non-occupational exposure pathways for the children in this study consist of soil ingestion, hand mouthing, soil dermal contact, and surface residue contact. Non-carcinogenic hazard estimation indicated that non hazard effect was found from each exposure pathway for both the study groups. However, it was found that the average of the sum of hazard index for each pathway of the farm children in the dry season exceeded the acceptable values (Hazard Index, HI>1), whereas no significant hazard was found for the reference in both seasons.

Student's signature Chidhathai P.

Field of Study Environment Management Advisor's signature P. Visuthismajarn

Academic year 2006 ..... Co-Advisor's signature

Co-Advisor's signature Banjong Vitayavirasak

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my respect and gratitude to my thesis advisor, Assistant Professor Dr. Parichart Visuthismajarn for her helpful guidance and encouragement throughout this work. I am grateful to Professor Dr. Mark G. Robson, my thesis co-advisor, for his kindness supporting, useful suggestions and strong encouragement during this study. I am also thankful to Assistant Professor Dr. Banjong Vitayavirasak, another of my co-advisors, for his remarkable comments and supports.

I would like to take this opportunity to thank Assistant Professor Dr. Sutha Khaodhiar, Chairman of the committee, Associate Professor Dr. Yupha Rongsriyam, Assistant Professor Dr. Kumthorn Thirakhupt, and Assistant Professor Pongthep Sutheravut, members of the thesis committee for their expert comments and valuable suggestions.

I am always indebted to all the children who participated, their parents, and to all officials of Public Health Center and local organizations in Bang Rieng sub-district for their invaluable and strong co-operation. Without their great participation, this dissertation would not be accomplished.

Many thanks are extended to Reference Laboratory and Toxicology Center, Bureau of Occupational and Environmental Disease, Ministry of Public Health, for providing the instruments. I am grateful to the scientists and technicians at the laboratory for their kindness helping. Without their encouragements, my laboratory works would not be completed.

Sincerely thanks to National Research Center-Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHMW), Chulalongkorn University, for financial support.

Finally, I own my deep thanks to my beloved parents for their love, understanding and their continuing support. My grateful thanks are extended to my sister and brother, and all friends of mine for their helping hands and supporting.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xii
ABBREVIATIONS	xiv
CHAPTER I INTRODUCTION	1
1.1 Objectives	3
1.2 Hypothesis	4
1.3 Scopes of the Study	4
CHAPTER II BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW	6
2.1 Organophosphate Pesticide	6
2.2 Children's Health Risk	15
2.3 Health Risk Assessment	19
2.4 Exposure Assessment	21
2.5 Biological Monitoring	25
2.6 Children's Pesticide Exposure Studies	28
2.7 Intake and Dose Estimation	32
2.8 Risk Characterization	33
CHAPTER III METHODOLOGY	35
3.1 Study Design	35
3.2 Population Recruitment	35
3.3 Parental Interview	36
3.4 Sample Collection and Analysis	37
3.4.1 Environmental and Personal Monitoring	37
3.4.2 Biological Monitoring	39

Page

3.5 Data and Statistical Analysis 41

CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION..... 45

4.1 General Information and Study Population..... 45

4.2 Children's Activity Information..... 49

4.2.1 Children's Activity Pattern..... 49

4.2.2 Time Spent Indoors and Outdoors..... 52

4.2.3 Children Personal Hygiene Behaviors..... 56

4.3 Biological Monitoring..... 58

4.3.1 Direct Measurement of Urinary DAP Metabolites..... 58

4.3.2 Biological Monitoring Results..... 61

4.3.3 Biologically Based Pesticide Dose Estimates..... 67

4.4 Environmental and Personal Monitoring..... 72

4.4.1 Soil Samples..... 72

4.4.2 Surface Floordust Samples..... 74

4.4.3 Dermal Wipe Samples..... 75

4.4.4 OP Pesticide Residues among Different Exposure Media..... 78

4.5 The Relationship among Potential Exposure Variables..... 82

4.6 Dose and Risk Estimates..... 88

4.6.1 Soil Ingestion Exposure..... 89

4.6.2 Hand-To-Mouth Exposure..... 93

4.6.3 Dermal Exposure..... 97

4.6.3.1 Soil Contact Exposure..... 97

4.6.3.2 Surface Residue Contact Exposure..... 101

4.6.4 Non-carcinogenic Hazard Index Estimates..... 107

4.6.5 Uncertainties in Exposure and Dose Estimation..... 113

CHAPTER V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS..... 115

5.1 Conclusions..... 115

5.2 Work Limitations..... 118

5.3 Contribution of This Work 119

Page

5.4 Recommendation for Future Work 120

REFERENCES 121

APPENDICES..... 135

BIOGRAPHY 163

LIST OF TABLES

	Page
Table 4.1 General information for the study population.....	46
Table 4.2 Percentages of reported daily behaviors for the participating children.....	50
Table 4.3 Percentage of reported exposure-specific behaviors for the farm children.....	52
Table 4.4 Average time spent indoors and outdoors (hrs/day) for the participating children.....	53
Table 4.5 Summary of the method specifications.....	60
Table 4.6 Concentrations of urinary DAP metabolites in participating children's urine.....	61
Table 4.7 Total molar concentrations (μmol/L) in participating children's urine	68
Table 4.8 Dose estimates (μg/kg/day) for each OP pesticides based on attribution of dialkylphosphate metabolites.....	69
Table 4.9 OP pesticide concentrations in soil (μg/g soil) collected from children's household.....	73
Table 4.10 OP pesticide loadings in surface floor dust samples (μg/cm^2) collected from children's household.....	74
Table 4.11 OP pesticide concentrations on children's hands (μg/two hands)	76
Table 4.12 OP pesticide concentrations on children's feet (μg/two feet).....	77
Table 4.13 Spearman rank correlation coefficients (r) between OP levels in outdoor soil and indoor floordust of the farm children's household.....	82
Table 4.14 Spearman rank correlation coefficients (r) between OP pesticides on hands and feet of farm children.....	83
Table 4.15 Spearman rank correlation coefficients (r) between OP concentration in surface floor dust and dermal wipes of farm children's household.....	83

Page

Table 4.16 Spearman rank correlation coefficients (r) between OP concentration in soil and dermal wipes of farm children's household..... 84

Table 4.17 Linear regression model estimating the association of farm children's activities and total urinary OP metabolites..... 85

Table 4.18 Linear regression model estimating the correlation of OP residues and total urinary DAP metabolites..... 86

Table 4.19 Site specific values of children's characteristic..... 88

Table 4.20 Average daily dose and hazard quotient for soil ingestion exposure for participating children during the dry season 91

Table 4.21 Average daily dose and hazard quotient for soil ingestion exposure for participating children during the wet season 92

Table 4.22 Average daily dose and hazard quotient for hand mouthing exposure for participating children during the dry season 95

Table 4.23 Average daily dose and hazard quotient for hand mouthing exposure for participating children during the wet season 96

Table 4.24 Average daily dose and hazard quotient for soil contact exposure for participating children during the dry season 99

Table 4.25 Average daily dose and hazard quotient for soil contact exposure for participating children during the wet season 100

Table 4.26 Average daily dose and hazard quotient for surface residue contact for participating children during the dry season 103

Table 4.27 Average daily dose and hazard quotient for surface residue contact for participating children during the wet season 104

Table 4.28 The distribution of hazard index for a given exposure pathway among the farm children 109

Table 4.29 The distribution of aggregate hazard index for each OP pesticide of concern among the farm children 110

LIST OF FIGURES

	Page
Figure 1.1 Map of Bang Rieng agricultural community.....	2
Figure 2.1 General chemical structure of organophosphate pesticides.....	7
Figure 2.2 Chemical structure of the six dialkylphosphate metabolites.....	8
Figure 2.3 Children's exposure to pesticides	18
Figure 2.4 Component of the human health and chemical risk assessment process.....	20
Figure 2.5 Possible approaches for exposures assessment.....	23
Figure 2.6 Typical fate of non-persistent pesticides in biologic media.....	27
Figure 3.1 Subject's locations grouped by farm children and reference children.....	36
Figure 3.2 Floor surface wipe sampling technique.....	38
Figure 4.1 Daily behaviors for the participating children categorized by age.....	50
Figure 4.2 Exposure-specific behaviors for the farm children categorized by age.....	52
Figure 4.3 Time spent outdoor for the participating children (a) categorized by age; (b) categorized by gender.....	55
Figure 4.4 Time spent indoor for the participating children (a) categorized by age; (b) categorized by gender.....	56
Figure 4.5 Summarized procedures for the urinary DAP metabolite analysis	58
Figure 4.6 The materials and instruments involved with the DAP metabolite measurement.....	59
Figure 4.7 Concentrations of urinary DAP metabolites in the participating children (a) the dry season; (b) the wet season.....	62
Figure 4.8 Levels of total OP pesticide metabolites categorized by the study population between the dry and the wet seasons.....	64
Figure 4.9 Levels of total OP pesticide metabolites in children's urine grouped by household location between dry and wet seasons.....	64

Page

Figure 4.10 Total OP urinary metabolites in farm children grouped by gender between the dry and the wet seasons..... 65

Figure 4.11 Total OP urinary metabolites in the farm children grouped by age between the dry and the wet seasons..... 65

Figure 4.12 Frequency of detection of OP pesticides in soil, floor dust, hand wipe and feet wipe samples of the farm children (a) the dry season; (b) the wet season..... 82

Figure 4.13 Mean of average daily dose of four OP pesticides from all exposure pathways of concern for farm children (a) the dry season; (b) the wet season..... 105

Figure 4.14 Schematic of non-occupation pesticide exposures for farm children in Bang Rieng agricultural community..... 112

ABBREVIATIONS

ABS	Absorption factor/bioavailability
ACh	Acetylcholine
AChE	Acetylcholinesterase enzyme
ADD	Average daily dose
AF	Soil to skin adherence factor
AT	Averaging time
BSA	Body surface area
BW	Body weight
C	Chemical concentration
CF	Contact frequency
CR	Contact rate
Cr	Creatinine
DAP	Dialkylphosphate
DBP	Dibutylphosphate
DEP	Diethylphosphate
DETP	Diethylthiophosphate
DEDTP	Diethyldithiophosphate
DMP	Dimethylphosphate
DMTP	Dimethylthiophosphate
DMDTP	Dimethyldithiophosphate
D_{pot}	Potential dose
ED	Exposure duration
EF	Exposure frequency
EJF	Environmental Justice Foundation
EXTOXNET	Extension Toxicology Network
FI	Fraction of intake from contaminated source
GC-FPD	Gas chromatography- flame photometric detector
GC-NPD	Gas chromatography-nitrogen phosphorous detector
GC-MS-MS	Gas chromatography-tandem mass spectrophotometer

GIS	Geographical Information System
HI	Hazard Index
HQ	Hazard quotient
I	Intake
IPCS	International Program on Chemical Safety
IPM	Integrated pest management
IR	Ingestion rate
IRIS	Integrated Risk Information System
IUPAC	International Union Pure and Applied Chemistry
LOD	Limit of detection
M_w	Molecular weight
ND	Non detection
NRC	National Research Council
OP	Organophosphate
PFBBr	Pentafluorobenzyl bromide
RfD	Reference dose
SA	Surface area
TC_{der}	Dermal transfer coefficient
TE	Transfer efficiency from hand to mouth
US EPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization