EFFECT OF PHOSPHORUS IN FERTILIZER ON AVAILABLE CADMIUM AND ZINC UPTAKE BY SUGARCANE

Miss Suchera Ruangkhum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2007
Copyright of Chulalongkorn University

ผลของฟอสฟอรัสในปุ๋ยต่อการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีโดยอ้อย

นางสาวสุวีรา เรืองขำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

500629

Thesis Title	EFFECT OF PHOSPHORUS IN FERTILIZER ON AVAILABLE CADMIUM AND ZINC UPTAKE BY SUGARCANE
By	Miss Suchera Ruangkhum
Field of Study	Environmental Management
Thesis Principal Advisor	Pantawat Sampanpanish, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Chantra Tongcumpou, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

Vice President

.....Acting Dean of the Graduate School

(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairperson

(Assistant Professor Chakkaphan Sutthirat, Ph.D.)

.....Thesis Principal Advisor

(Pantawat Sampanpanish, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor

(Chantra Tongcumpou, Ph.D.)

.....External Member

(Associate Professor Wasant Pongsapich, Ph.D.)

สุว์ชีรา เรืองขำ : ผลของฟอสฟอรัสในปุ๋ยต่อการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีโดยอ้อย (EFFECT OF PHOSPHORUS IN FERTILIZER ON CADMIUM AND ZINC UPTAKE BY SUGARCANE) อ. ที่ปรึกษา: ดร. พันธวัศ สัมพันธ์พานิช, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ดร. จันทรา ทองคำเภา, 132 หน้า.

การส่งเสริมผลผลิตในการปลูกอ้อยมักมีการเติมธาตุฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตามเป็นที่รู้โดยทั่วไปว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นแหล่งสำคัญของแคดเมียมและโลหะหนักอื่นๆ ดังนั้น เมื่อพืชนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ จึงทำให้พืชมีโอกาสที่จะดูดดึงโลหะหนักอื่นๆ รวมถึงแคดเมียม และสังกะสีได้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของฟอสฟอรัสในปุ๋ยต่อแคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน รวมไปถึงการสะสมในอ้อย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การศึกษาในพื้นที่จริง และ 2) การศึกษาในเรือนทดลอง โดยการศึกษาในพื้นที่จริง ได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน และอ้อยจากพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ < 3, 3-20 และ >20 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกิโลกรัม ในอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาของการปลูกอ้อย 1 และ 5 เดือน สำหรับการศึกษาในเรือนทดลอง เป็นการศึกษาผลของฟอสฟอรัสในปุ๋ยต่อปริมาณแคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน และอ้อย โดยใช้ดินทดลองจากอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน <3 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกิโลกรัมดิน โดยปลูกท่อนพันธุ์อ้อยที่มีความสมบูรณ์กระถางละ 1 ท่อนพันธุ์ จากนั้นทำการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ลงในดินที่อัตราแตกต่างกัน คือ 0 (ควบคุม), 50, 100 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะเวลาของการปลูกอ้อย 1 และ 5 เดือน หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างดิน และอ้อยที่ระยะเวลาของการปลูกอ้อย 2 และ 6 เดือน ทั้งในพื้นที่จริง และในเรือนทดลอง

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณแคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินจากพื้นที่จริง ที่ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียม >20 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกิโลกรัม มีปริมาณสูงกว่าที่ระดับ < 3 และ 3-20 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ พบว่า ปริมาณการสะสมของแคดเมียม และสังกะสีของอ้อยในพื้นที่จริง ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม >20 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกิโลกรัม มีค่ามากกว่าอีก 2 พื้นที่เช่นเดียวกัน ซึ่งการที่ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม และสังกะสีทั้งหมดในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้แคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน และอ้อยสูงขึ้นด้วย สำหรับในเรือนทดลอง พบว่า อัตราการเติมปุ๋ยที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อการสะสมแคดเมียม และสังกะสีทั้งหมดในดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงข้าม การเติมปุ๋ยในอัตราต่างๆ กันมีผลต่อแคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน และการสะสมในอ้อย ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นจากการเติมปุ๋ยมีผลทำให้แคดเมียม และสังกะสีในรูปที่พืชสามารถดูดดึงได้มีค่าลดลง เช่นเดียวกับการสะสมในอ้อย นอกจากนี้ ยังพบว่า ความเข้มข้นของแคดเมียม และสังกะสีมีค่าสูงที่สุดในราก และน้อยที่สุดในน้ำอ้อย ทั้งในพื้นที่จริง และเรือนทดลอง

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....
ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4989478020 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORDS: CADMIUM / ZINC / PHOSPHORUS / FERTILIZER / AVAILABLE / SUGARCANE

SUCHERA RUANGKHUM : EFFECT OF PHOSPHORUS IN FERTILIZER ON AVAILABLE CADMIUM AND ZINC UPTAKE BY SUGARCANE. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: PANTAWAT SAMPANPANISH, Ph.D., THESIS COADVISOR: CHANTRA TONGCUMPOU, Ph.D., 132 pp.

To enhance sugarcane yield, phosphorus is generally applied to soil in the form of NPK fertilizer. However, phosphorus (P) fertilizer is known as a source of Cd and some other metals. Besides, phosphorus to be uptake to plant may affect the uptake of other ions including Cd and Zn. Therefore, this study aimed to investigate phosphorus in fertilizer on available Cd and Zn in soil and hence in sugarcane. The study was conducted both in field and in pot experiment. In field experiment, soil and sugarcane samples were collected from three areas difference in the range of Cd concentration in soil (< 3, 3-20 and >20 mg Cd/kg) in Mae Sot district, Tak province, Thailand. These areas was applied with 16-16-8 NPK fertilizer at the rate of 50 kg fertilizer/rai in the first month after cultivation and a repeat application of fertilizers was conducted at the same rate in the fifth month. Pot experiment was set up in order to investigate the effect of P in the fertilizer on available Cd and Zn in soil and its uptake to sugarcane under the control conditions at various rates of fertilizer application. The soil used for pot experiment was taken from Cd contaminated areas in Mae Sot district with the range of < 3 mg Cd/ kg. In each experimental pot sugarcane was planted by a piece of mature cane stem as normally practice. The 16-16-8 NPK fertilizer was applied to every experimental pot at rate 0 (control), 50, 100 and 200 kg fertilizer/rai in the first month and the fifth month. Soil and sugarcane samples were collected at the end of the second and sixth months after cultivation, respectively for both field and pot experiment.

As expected, the result from field experiment showed that available Cd and Zn in soil were significantly higher ($P < 0.05$) in the area contaminated Cd at the rate of >20 mg Cd/kg as compared to the other two areas (<3 and 3-20 mg Cd/kg). Consequently, the accumulation of Cd and Zn in sugarcane cultivated in the area of Cd contaminated >20 mg Cd/kg areas was higher than the other two areas. This is because the higher total Cd and Zn concentrations in soil tend to provide higher available Cd and Zn in soil and hence in sugarcane. For pot experiment, the fertilizer application rate showed insignificant affects on the total accumulation of Cd and Zn in soil. In contrast, the different fertilizer application rates affect on available Cd and Zn concentrations in soil and in sugarcane. The results showed that the higher the rate of the fertilizer application, the lower the available Cd and Zn concentration in soil and the lower Cd and Zn concentration in sugarcane. This may be explained by the higher P through increasing fertilizer application rate competed with Cd and hence reduced its uptake to the plant. The results also indicated that concentrations of Cd and Zn were highest in root and lowest in juice for both field and pot experiment.

Field of study..Environmental Management.. Student's signature Suchera Ruangkhum

Academic year...2007..... Principal Advisor's signature Pantawat S.

Co-advisor's signature Ch. T.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude and deep appreciation to the following people who contributed to the completion of my thesis:

First of all, I would like to express my deepest and sincerest gratitude to my advisor, Dr. Pantawat Sampanpanish for his kindness in giving me the opportunity to carry out my thesis and for his supervision and valuable suggestions. He also gave me a useful knowledge and promoted systematic thinking in environmental applications and management. His continuous encouragement and support has always been an inspiration for me. He has not just only guided in technical matters but always taught several important points to gain the completion of work. I wish to express my sincere appreciation to my co-advisor, Dr. Chantra Tongcumpou, for her guidance, valuable suggestion, supervision, encouragement and special kindness throughout this study.

I am also equally grateful to the thesis committee chairman, Assistance Professor Dr. Chakkaphan Sutthirat and the thesis committee member, Associate Professor Dr. Wasant Pongsapich for their detailed review, supervision, helpful suggestions, and constructive criticism and encouragement. Furthermore, I gratefully acknowledge National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM), Chulalongkorn University for providing me the full scholarship, research funding and supporting facilities to complete this work. I would like to express my gratitude to Mae Sot Clean Energy Co, Ltd. Thailand for the financial support throughout this study. Additional gratitude goes to all laboratory staff at the Environmental Research Institute, Chulalongkorn University (ERIC) for assistance in providing academic facilities and research instrument support.

Special thanks to Mr. Piti Ektaku, my best friend who always stays beside me, for his moral support, continuous assistance and strong encouragement. My sincere thanks are also given to Ms. Wilaiwan Chaengcharoen, Ms. Waraporn Sritumpawa and Ms. Sureeporn Chuenjit for their helps with sincerity, kindness, encouragement and guidance. Thanks to Mr. Mongkolchai Assawadittalert and Mr.Witchaya Boonvanich for their kindness and helpfulness in sample collection for the field experiment. Finally, I would like to take this opportunity to express my wholeheartedly thanks and the deepest appreciation to my parents for their infinite love, understanding, consolation and encouragement my success in this study.

CONTENTS

page

Abstract (Thai) iv
Abstract (English) v
Acknowledgements vi
Contents vii
List of Tables xi
List of Figures xii
List of Abbreviations xiv

CHAPTER

I INTRODUCTION 1
1.1 General Statement 1
1.2 Objectives 3
1.3 Hypothesis 3
1.4 Scope of the study 4

II THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEWS 6
2.1 Cadmium 6
2.1.1 Cadmium in soils 6
2.1.2 Cadmium in plants 7
2.2 Zinc 8
2.2.1 Zinc in soils 9
2.2.2 Zinc in plants 9
2.3 Bioavailability 11
2.4 Phosphorus 12
2.4.1 Forms of phosphorus in soils 13
2.4.2 Phosphorus cycle 14

page

CHAPTER

2.5 Fertilizer 16
2.6 Effect of added fertilizers on cadmium-zinc-phosphorus interactions 17
2.6.1 Cadmium-Phosphorus interactions 17
2.6.2 Zinc- Phosphorus interactions 17
2.7 Sugarcane 18
2.8 Literature reviews 21

III METHODOLOGY 25
3.1 Apparatus, Instruments and Chemicals 25
3.1.1 Apparatus 25
3.1.2 Instruments 26
3.1.3 Chemicals 26
3.2 Field experiment 27
3.2.1 Study area 27
3.2.2 Site selection and Sampling points 27
3.3 Pot experiment 29
3.3.1 Soil preparation 29
3.3.2 Plant preparation 29
3.3.3 Fertilizer analysis 30
3.3.4 Experimental design and procedure 30
3.4 Samples collection and preparation 30
3.4.1 Soil samples 30
3.4.2 Sugarcane samples 31
3.5 Samples analysis 31
3.5.1 Soil samples 31
3.5.2 Sugarcane samples 32
3.6 Statistical analysis 33

page

CHAPTER

IV RESULTS AND DISCUSSION 34
4.1 Field experiment 34
4.1.1 Physical and chemical properties of soils in the field experiment 34
4.1.2 Soil pH 36
4.1.3 Total phosphorus in soils 37
4.1.4 Available phosphorus in soils 37
4.1.5 Total cadmium and zinc in soils 38
4.1.6 Available cadmium and zinc in soils 39
4.1.7 Cadmium and zinc in sugarcane 41
4.2 Pot experiment 47
4.2.1 Physical and chemical properties of soil used in the pot experiment 47
4.2.2 Fertilizer analysis 49
4.2.3 Effect of fertilizer application rates on soil pH 49
4.2.4 Effect of fertilizer application rates on dry matter yield of sugarcane 50
4.2.5 Effect of fertilizer application rates on total phosphorus in soil 52
4.2.6 Effect of fertilizer application rates on available phosphorus in soil 53
4.2.7 Effect of fertilizer application rates on total cadmium and zinc in soil 54
4.2.8 Effect of fertilizer application rates on available cadmium and zinc in soil 55
4.2.9 Effect of fertilizer application rates on cadmium and zinc in sugarcane 58
4.3 Application of using NPK fertilizer for contaminated area in Mae Sot district, Tak province 67

page

CHAPTER

V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 69
5.1 Conclusions 69
5.2 Recommendations 70

REFERENCES 71

APPENDICES 86
APPENDIX A 87
APPENDIX B 91
APPENDIX C 98
APPENDIX D 99
APPENDIX E 111

BIOGRAPHY 132

LIST OF TABLES

Table **page**

3.1 Co-ordinates of sampling points in field experiment 28

3.2 Analytical methods for the physical and chemical properties of soils used in the experiment 29

4.1 Physical and chemical properties of soils in the field experiment 35

4.2 pH values of field experiment soil 36

4.3 Concentration of total cadmium and zinc in field experiment soil 39

4.4 Concentration of available cadmium and zinc in field experiment soil 40

4.5 Concentration of total cadmium and zinc in sugarcane 43

4.6 Physical and chemical properties of soil used in the pot experiment 48

4.7 Properties of a granular 16-16-8 NPK fertilizer used in the study 49

4.8 Effect of fertilizer application rates on soil pH 50

4.9 Effect of fertilizer application rates on dry weight of sugarcane 51

4.10 Effect of fertilizer application rates on total phosphorus in soil 52

4.11 Effect of fertilizer application rates on available phosphorus in soil 54

4.12 Effect of fertilizer application rates on total cadmium and zinc in soil 55

4.13 Effect of fertilizer application rates on available cadmium and zinc in soil 56

4.14 Effect of fertilizer application rates on cadmium and zinc in sugarcane 59

LIST OF FIGURES

Figure **page**

1.1 Schematic diagram of scope of the study 5
2.1 Schematic representation of phosphorus cycle in soils 15
2.2 Sugarcane growth phases 20
2.3 Hypothetical growth curves for sugarcane 20
3.1 The schematic diagram of experimental metric 32
4.1 Concentration of total phosphorus in soils 37
4.2 Concentration of available phosphorus in soils 38
4.3 Cadmium accumulated in field experiment sugarcane 41
4.4 Zinc accumulated in field experiment sugarcane 42
4.5 Concentration of cadmium in different parts of sugarcane at the end of the second months after cultivation 44
4.6 Concentration of cadmium in different parts of sugarcane at the end of the sixth months after cultivation 45
4.7 Concentration of zinc in different parts of sugarcane at the end of the second months after cultivation 46
4.8 Concentration of zinc in different parts of sugarcane at the end of the sixth months after cultivation 46
4.9 Effect of fertilizer application rates on available cadmium in soil 57
4.10 Effect of fertilizer application rates on available zinc in soil 58
4.11 Effect of fertilizer application rates on concentration of total cadmium in sugarcane 60
4.12 Effect of fertilizer application rates on cadmium accumulated in sugarcane 61
4.13 Effect of fertilizer application rates on concentration of total zinc in sugarcane 62
4.14 Effect of fertilizer application rates on zinc accumulated in sugarcane 62

Figure **page**

4.15 Concentration of total cadmium in different parts of sugarcane in the second months after cultivation in pot experiment 64
4.16 Concentration of total cadmium in different parts of sugarcane in the sixth months after cultivation in pot experiment 64
4.17 Concentration of total zinc in different parts of sugarcane in the second months after cultivation in pot experiment 66
4.18 Concentration of total zinc in different parts of sugarcane in the sixth months after cultivation in pot experiment 66

LIST OF ABBREVIATIONS

AAS	Atomic Absorption Spectrometer
ANOVA	Analysis of variance
AOAC	Association of Analytical Communities
°C	Degree Celsius
CEC	Cation Exchange Capacity
CCFAC	Codex Committee on Food Additive and Contaminants
DAP	Diammonium Phosphate
DMRT	Duncan's New Multiple Range Test
DTPA	Dethylenetriamine pentaacetic acid
GFAAS	Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer
GF/C	Glass Micro Filters
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
IFA	International Fertilizers Association
MAP	Monoammonium Phosphate
NPK	Nitrogen Phosphorus Potassium
NRC-EHWM	National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management
OM	Organic Matter
PCD	Pollution Control Department
ppm	part per million
SSP	Single superphosphate
USA	United States of America
USEPA	United States Environmental Protection Agency