

ความสามารถของดินชุดสระบุรีในการดูดซับสังกะสี และแคดเมียม
ภายหลังการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ในพื้นที่ที่มีการปลูกผัก



นายอนุชิต สุธาพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

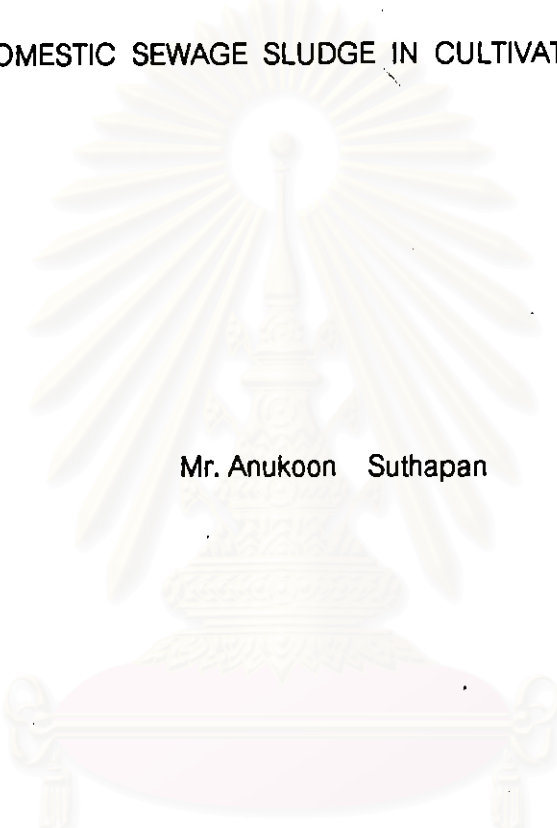
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-129-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CAPACITY FOR ADSORPTION OF ZINC AND CADMIUM
OF SARABURI SOIL SERIE AFTER ADDITION OF
DOMESTIC SEWAGE SLUDGE IN CULTIVATED AREA



Mr. Anukoon Suthapan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Inter-Department of Environmental Science
Graduate School


Chulalongkorn University

Academic Year 1999

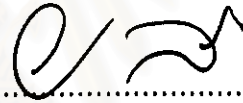
ISBN 974-333-129-8


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความสามารถของดินชุดสระบุรีในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมภายหลัง
การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ที่มีการปลูกผัก
โดย นายอนุกุล สุธาพันธ์
สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.อรรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ ไชยิตานนท์)


.....กรรมการ
(ดร.ชนินทร์ ทองธรรมชาติ)

อนุญต สุธาพันธ์ : ความสามารถของดินชุดสระบุรีในการดูดซับสังกะสี และแคดเมียมภาย
หลังการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ในพื้นที่ที่มีการปลูกผัก (CAPACITY FOR
ADSORPTION OF ZINC AND CADMIUM OF SARABURI SOIL SERIE AFTER
ADDITION OF DOMESTIC SEWAGE SLUDGE IN CULTIVATED AREA) อ.ที่ปรึกษา
: รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 150หน้า. ISBN 974-333-129-8

การศึกษาวิจัยในภาคสนามถึงความสามารถของดินชุดสระบุรีในการดูดซับสังกะสี และแคดเมียมภายหลังจากเติม
กากตะกอนน้ำเสียชุมชนในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ แล้วปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้ง ณ พื้นที่เกษตรกรรม
ตำบลทุ่งน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 6 Factorial in Randomized Complete Block
Design ทำ 3 ไร่ และมีการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวในการปลูกผักครั้งที่สอง 3 ลักษณะคือ การไม่ทิ้งช่วงเวลาในการปลูกซ้ำ
การทิ้งช่วงเวลาครั้งฤดูกาลเพาะปลูก และการทิ้งช่วงเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

ผลการศึกษาพบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนลงสู่ดินจะมีผลทำให้ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมเพิ่มขึ้น
อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ความสามารถในการดูดซับสังกะสีของพืชจากการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์
จะสูงกว่าการเติมในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ความสามารถในการดูดซับสังกะสีของดินที่ปลูกผักกวางตุ้งจะสูงกว่าดินที่
ปลูกผักคะน้า ในขณะที่อัตราการดูดซับแคดเมียมในดินปลูกผักคะน้าจะสูงกว่าในดินที่ปลูกผักกวางตุ้ง อย่างไรก็ตามอัตรา
ความสามารถในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมจากการเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ในดินที่ปลูก
ผักกวางตุ้งจะสูงกว่าในดินที่ปลูกผักคะน้า

จากการศึกษาการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 พบว่า การไม่ทิ้งช่วงเวลาและการทิ้งช่วงเวลา
ครั้งฤดูกาลเพาะปลูกจะไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับให้มี
ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินเพื่อการเกษตรของประเทศกลุ่มประชาคมยุโรป และประเทศแคนาดา อย่างไรก็ตามความ
สามารถในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมจะลดลงสำหรับการทิ้งช่วงเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก จะลดลงทั้งในการเติม
กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าความสามารถในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียม
ของดินชุดสระบุรีจะขึ้นอยู่กับปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งลองแต่ไม่เป็นสัดส่วนที่แน่นอน ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณ
แคดเมียมที่ตรวจพบน้อยมาก

ผลผลิตผักคะน้าและผักกวางตุ้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์
โดยผลผลิตมากที่สุดจากการเพาะปลูกที่มีการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวหนึ่งฤดูกาล

ภาควิชา สหสาขา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3972345023

INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: DOMESTIC SEWAGE SLUDGE / CADMIUM / ZINC / ADSORPTION CAPACITY / CHINESE KALE / CRUCIFERAE

ANUKOON SUTHAPAN: CAPACITY FOR ADSORPTION OF ZINC AND CADMIUM OF SARABURI SOIL SERIE AFTER ADDITION OF DOMESTIC SEWAGE SLUDGE IN CULTIVATED AREA. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, Ph.D., 150 pp. ISBN 974-333-129-8

The main objective of this study is to investigate the adsorption capacity of Zinc (Zn) and Cadmium (Cd) by adding the domestic sewage sludge (DSS) into Saraburi soil serie. The two rate : 20-metric tons DSS /hectare (20 DSS) and 80-metric tons DSS /hectare (80 DSS) were tested with Chinese kale (*Brassica oleracea L.Var. alboglabra Bailey*) and Cruciferae (*Brassica compestris L. var. parachinensis Bailey*) in cultivated area at Tumbol Thoong-noi, Amphoe Muang, Nakhon Pathom Province. Three replications of 3X6 factorial in randomized complete block design were applied based on fallow periods: 1) no fallow period, 2) a haft of fallow period, and 3) a fallow period.

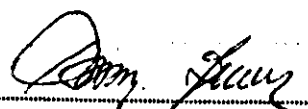
The results of the study showed that the amount of DSS adding into the cultivated soils significantly affect on the increasing of Zn and Cd adsorbtion (P < 0.05) . Zn adsorption capability from plants with addition of 20 DSS was higher than that of the addition of 80 DSS. Zn adsorption of soils for Cruciferae was higher than that of Chinese kale while Cd adsorption rates of Chinese kale was higher than that of Cruciferae. However, Zn and Cd adsorption rates from 80 DSS added in cultivated soil for Cruciferae was higher than that for Chinese kale.


The investigation of various periods of times left over after cultivated seasons showed that there were no effect on Zn and Cd adsorption capacity of no fallow period and a haft of fallow period compared to the permissible criteria of heavy metal contamination in cultivated soils set up by the commission of the European Communities and Canada. The Zn and Cd adsorption capacity of a fallow period for both 20 DSS and 80 DSS, however, were decrease. This can be concluded that adsorption capability of Zn and Cd in Saraburi soil serie related to the amount of the contaminated substances but there was uncertainty. The Chinese kale and Cruciferae productions of 20 DSS applications were increased in both first and second crop applications. While the highest production was from a fallow period.

ภาควิชา..... สหสาขา.....

สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.....

ปีการศึกษา..... 2542.....

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง "การจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน" โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเมตตาอุดหนุนของ รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตนศิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและเกร็ดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ทั้งต่องานเขียนวิทยานิพนธ์และต่อการดำเนินงานในอนาคต

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายบางส่วน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการจัดทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้เงินทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิพัฒน์ พัดผวนผลใหญ่ลย์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นต่อการเขียนวิทยานิพนธ์และได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โหมะรัตนานนท์ และดร.ชนินทร์ ทองธรรมชาติ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่าง ๆ

กราบขอบพระคุณ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ อดีตเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งคุณประเสริฐสุข จามรรณ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เนื้อที่สถานที่ในการจัดเตรียมกากตะกอน ณ บริเวณตลาดฟ้า อาคารสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

กราบขอบพระคุณ คุณนิศากร โหมะรัตนานนท์ ผู้อำนวยการกองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย อดีตผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพน้ำ ที่กรุณาสนับสนุนส่งเสริมให้ศึกษาในระดับปริญญาโทและขอขอบคุณ ดร.ยุวีร์ อินนา ผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุนในการขออนุมัติลาศึกษา

ขอขอบคุณ คุณสุทธิมน เกตุสมบุญณ์ และคุณสมบุญณ์ ปะทีปะกิติ แห่งโรงงานบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียชุมชน ที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยทดลอง ขอขอบคุณ คุณสายพาน สุขสมใจ และครอบครัว ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานภาคสนามตลอดช่วงการศึกษาระดับปริญญาโทครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณสุภาณี อภัย คุณพรทิมล เป็เลียนโรตง คุณสมพร ศรีคำภา คุณเข็มพร นาศัย และคุณกิติกุล แสงกุล ที่ได้ช่วยเหลืองานภาคสนาม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำ โดยเฉพาะคุณสมคิด ปิ่นทอง คุณพรชัย กะการดี คุณวรรณเพ็ญ ธิราพงษ์คุณละเอียด ดานเจริญ และคุณสายหยุด ใจปัญญา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั่วไป และขอขอบคุณ คุณอุมากร อ่อนทอง คุณมงคล เจริญเกียรติคุณคุณณรินทร์ สุนทรสถิตย์คุณสง่า ทับทิมหิน คุณพรพนวดี อารยวงศ์วาท และคุณดุสิต วงษ์สีวันงาม ที่ได้ช่วยงานพิมพ์บางส่วน ขอขอบคุณ คุณจินตนา กรมน้อย และ คุณคมสัน เจริญเกษม ที่ได้ให้คำแนะนำทั่วไปรวมทั้งช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ ดร.วิจารณ์ สิมานายา และดร.พรสุข จงประสิทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์รวมทั้งช่วยพิสูจน์อักษรในเบื้องต้น และขอขอบคุณ คุณวิรัช ธรรมวินิจัย คุณประสาน สีปานันท์ ที่ได้เป็นธุระในเรื่องการติดต่อประสานงาน

ขอขอบคุณ คุณนพวรรณ(สุรัตน์) สุธาพันธ์ คุณวิฑูรี ที่ให้ความเข้าใจและเป็นกำลังใจสำคัญเสมอมา รวมทั้งสมาชิกทุกคนในครอบครัว

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบอนุชานบิดามารดาที่ให้อิทธิพลและเป็นกำลังใจสำคัญตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ

บทที่

1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
3. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินงานวิจัย	32
4. ผลการทดลอง	42
5. วิจารณ์ผลการทดลอง	80
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	121
รายการอ้างอิง.....	124
ภาคผนวก	135
ประวัติผู้เขียน	150

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอน (Sludge) จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง...15	
2.2	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร.....19	
2.3	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร...20	
2.4	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช22	
2.5	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ในดินสำหรับประเทศไทย30	
2.6	ระดับความเข้มข้นสูงสุด (Maximum Allowance Concentration) ของสารพิษประเภทโลหะหนัก(Heavy Metal) ที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ.....31	
3.1	ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม.....35	
3.2	พารามิเตอร์ต่าง ๆ และวิธีวิเคราะห์.....39	
4.1	คุณภาพน้ำเข้าและออกของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง.....42	
4.2	ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการทดลอง.....43	
4.3	ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบเคมีของดินทดลองและกากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง44	
4.4	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....45	
4.5	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักวางตุ้งในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1..... 47	
4.6	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในพืชภายหลังการเก็บเกี่ยวผักคะน้าและผักวางตุ้งในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....48	
4.7	ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าโดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....49	
4.8	ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา50	

ตารางที่	หน้า
4.9 ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลาง เพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	51
4.10 ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลาง เพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	52
4.11 ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	53
4.12 ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	54
4.13 ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในผักวางตั้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	55
4.14 ปริมาณแคดเมียมในผักวางตั้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วง เวลา.....	56
4.15 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	57
4.16 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้ง ช่วงเวลา.....	58
4.17 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการ ทิ้งช่วงเวลา.....	59
4.18 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	60
4.19 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมี การทิ้งช่วงเวลา.....	61
4.20 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมี การทิ้งช่วงเวลา.....	62
4.21 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	63
4.22 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้ง ช่วงเวลา.....	64
4.23 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการ ทิ้งช่วงเวลา.....	65

ตารางที่

หน้า

4.24	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลิลิตรสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1	66
4.25	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลิลิตรสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	67
4.26	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(มิลลิลิตรสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	68
4.27	ผลผลิตของพืช (น้ำหนักแห้ง,กิโลกรัมต่อไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 1	69
4.28	ผลผลิตของผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	72
4.29	ผลผลิตของผักกวางตุ้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	71
4.30	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกลางที่ 1	72
4.31	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกลางที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา.....	73
4.32	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกลางที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลาครั้งฤดู	74
4.33	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกลางที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลานึ่งฤดู.....	75
4.34	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกลางที่ 1	76
4.35	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกลางที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา.....	77
4.36	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกลางที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลาครั้งฤดู	78
4.37	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกลางที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลานึ่งฤดู.....	79
5.1	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	81

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	แผนผังแปลงทดลองปลูกผักคะน้า.....37
3.2	แผนผังแปลงทดลองปลูกผักกวางตุ้ง.....38
5.1	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....89
5.2	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....90
5.3	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....91
5.4	ส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100%.....92
5.5	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....94
5.6	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....95
5.7	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....97
5.8	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....97
5.9	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....99

รูปที่	หน้า
5.10	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....100
5.11	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....100
5.12	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....101
5.13	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....103
5.14	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....103
5.15	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....105
5.16	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....105
5.17	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....107
5.18	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....107
5.19	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลกรัมสมมูลต่อ100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนลงดิน ในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....109
5.20	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลกรัมสมมูลต่อ100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนลงดิน ในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....109
15.21	ผลผลิตของผักคะน้า (นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์....111

15.22	ผลผลิตของผักกวางตุ้ง (นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....	112
5.23	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....	113
5.24	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว.....	114
5.25	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....	115
5.26	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....	116
5.27	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....	117
5.28	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว.....	118
5.29	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....	119
5.30	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงการหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....	120

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง "การจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน" โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเมตตาการุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.อรรพวง ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและเกร็ดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ทั้งต่องานเขียนวิทยานิพนธ์และต่อการดำเนินงานในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นต่อการเขียนวิทยานิพนธ์รวมทั้งได้กรุณาสละเวลาเป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ และดร.ชรินทร์ ทองธรรมชาติ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ ตริเขต อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ อดีตเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม และคุณประเสริฐสุข จามรมาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดเตรียมกากตะกอนบนดาดฟ้าอาคารสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

กราบขอบพระคุณ คุณนิศากร โฆษิตรัตน์ ผู้อำนวยการกองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ อดีตผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้กรุณาสนับสนุนส่งเสริมให้ศึกษาในระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ

ขอขอบคุณ ดร.ยุวี อินนา ผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุนในการขออนุมัติการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณสุทธิมน เกตุสมบุรณ์ และคุณสมบุรณ์ ปะทีปะกิติ แห่งโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อเพื่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อใช้ในการศึกษาศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายบางส่วน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความ

ขอขอบคุณ คุณทศพร แก้วไทรทอง เจ้าหน้าที่บริหารการเกษตร คุณศิริชัย เลี้ยงอำนาจ เจ้าหน้าที่งานการเกษตร5 คุณวัฒนา คุ้มครอง เจ้าหน้าที่งานการเกษตร3 แห่งสำนักงานเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยติดต่อขอใช้สถานที่สำหรับวิจัยภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณสายพาน สุขสมใจ และครอบครัวที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานภาคสนามตลอดช่วงการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณสุภาณี อรทัย คุณพรพิมล เปลี่ยนไธสง คุณสมพร ศรีคำภา คุณเข้มพร หาชัย และคุณกิติกุล แสงกุลที่ได้ช่วยเหลืองานภาคสนาม

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง อาทิ คุณสมคิด ปิ่นทอง คุณสมพร วาศ์พรหม คุณมณฑิชา ฐปชัย คุณพรชัย กะการดี คุณพรรนิภา อีระจินดาชล คุณมณีรัตน์ อุ่นจิตติวรรณ คุณจิตนา เนื่องภา คุณรุ่งทิวา สนศิริ คุณณัฐมาตย์ มุสิกะเจริญ คุณณอม คงคา ที่ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำ คุณวรรณเพ็ญ อีราชพงษ์ คุณละเอียด ถานเจริญ และคุณสายหยุด ใจปัญญา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั่วไป และขอขอบคุณ คุณอุมากร อ่อนทอง คุณมงคล เถลิ้มเกรียงศักดิ์ คุณณรินทร์ สุนทรสถิตย์ คุณสง่า ทับทิมหิน คุณพรพรรณดี อารยวงศ์วาฬ และคุณดุสิต วงษ์ส่วนงาม ที่ได้ช่วยงานพิมพ์บางส่วน รวมทั้งคุณจินตนา กรรมน้อย ที่ได้ให้คำแนะนำทั่วไปและช่วยเหลือในเรื่องการถ่ายเอกสาร

ขอขอบคุณ ดร.วิจารณ์ สิมายา ที่ได้ให้คำแนะนำและพิสูจน์อักษรในเบื้องต้น และขอขอบคุณ ดร.พรสุข จงประสิทธิ์ คุณสมชาย ทรงประกอบ ที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเฉพาะคุณคมสัน เชิดสูงเนิน ที่ได้ให้คำแนะนำความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ คุณวิรัช ธรรมวินิจัย คุณประสาน สีปานมัน ที่ได้เป็นธุระในเรื่องการติดต่อประสานงานทั่วไป และขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนวพรรณ(สุนันท์) สุธาพันธ์ คู่ชีวิตที่ให้ความเข้าใจและเป็นกำลังใจสำคัญเสมอมา รวมทั้งสมาชิกทุก ๆ คนในครอบครัว

และเหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบคุณบิดามารดาที่ให้ชีวิตและเป็นกำลังใจสำคัญตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ

บทที่

1. บทนำ.....	1
2. การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
3. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	32
4. ผลการทดลอง.....	42
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....	80
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	121
รายการอ้างอิง.....	124
ภาคผนวก.....	135
ประวัติผู้เขียน.....	150

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอน (Sludge) จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง.	15
2.2	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร.....	19
2.3	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร.	20
2.4	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช	22
2.5	ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ในดินสำหรับประเทศไทย	30
2.6	ระดับความเข้มข้นสูงสุด (Maximum Allowance Concentration) ของสารพิษประเภทโลหะหนัก(Heavy Metal) ที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ.....	31
3.1	ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม.....	35
3.2	พารามิเตอร์ต่าง ๆ และวิธีวิเคราะห์.....	39
4.1	คุณภาพน้ำเข้าและออกของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง.....	42
4.2	ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการทดลอง.....	43
4.3	ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบเคมีของดินทดลองและกากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง	44
4.4	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูการเพาะปลูกที่ 1.....	45
4.5	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักวางตุ้งในฤดูการเพาะปลูกที่ 1.....	47
4.6	ปริมาณสังกะสีและแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในพืชภายหลังการเก็บเกี่ยวผักคะน้าและผักวางตุ้งในฤดูการเพาะปลูกที่ 1	48
4.7	ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าโดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	49
4.8	ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูการเพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	50

ตารางที่	หน้า
4.9 ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลาง เพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	51
4.10 ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลาง เพาะปลูกที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	52
4.11 ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	53
4.12 ปริมาณแคดเมียม(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	54
4.13 ปริมาณสังกะสี(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)ในผักวางตั้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	55
4.14 ปริมาณแคดเมียมในผักวางตั้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วง เวลา.....	56
4.15 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	57
4.16 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้ง ช่วงเวลา.....	58
4.17 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการ ทิ้งช่วงเวลา.....	59
4.18 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	60
4.19 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมี การทิ้งช่วงเวลา.....	61
4.20 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมี การทิ้งช่วงเวลา.....	62
4.21 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกลางที่ 1.....	63
4.22 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการทิ้ง ช่วงเวลา.....	64
4.23 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักวางตั้งในฤดูกลางที่ 2 โดยมีการ ทิ้งช่วงเวลา.....	65

ตารางที่	หน้า
4.24 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลิกรัมสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกาลที่ 1	66
4.25 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มิลลิกรัมสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	67
4.26 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(มิลลิกรัมสมมูลย์/100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งในฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	68
4.27 ผลผลิตของพืช (น้ำหนักแห้ง,กิโลกรัมต่อไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 1	69
4.28 ผลผลิตของผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2โดยมีการทิ้งช่วงเวลา.....	72
4.29 ผลผลิตของผักกวางตุ้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลา	71
4.30 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 1	72
4.31 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา.....	73
4.32 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลาครั้งฤดู	74
4.33 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลานิ่งฤดู.....	75
4.34 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลที่ 1	76
4.35 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา.....	77
4.36 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลาครั้งฤดู	78
4.37 ค่าความเป็นกรดและต่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลที่ 2 โดยทิ้งช่วงเวลานิ่งฤดู.....	79
5.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	81

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	แผนผังแปลงทดลองปลูกผักคะน้า.....37
3.2	แผนผังแปลงทดลองปลูกผักกวางตุ้ง.....38
5.1	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....89
5.2	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....90
5.3	สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %.....91
5.4	ส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100%.....92
5.5	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....94
5.6	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....95
5.7	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....97
5.8	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....97
5.9	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....99

รูปที่	หน้า
5.10	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....100
5.11	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....100
5.12	ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....101
5.13	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....103
5.14	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....103
5.15	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....105
5.16	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....105
5.17	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....107
5.18	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....107
5.19	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มีลกรัมสมมูลต่อ100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....109
5.20	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (มีลกรัมสมมูลต่อ100กรัมดิน) ของดิน ภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....109
15.21	ผลผลิตของผักคะน้า (นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์....111

รูปที่	หน้า
15.22	ผลผลิตของผักกวางตุ้ง (นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังจากเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์.....112
5.23	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....113
5.24	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว.....114
5.25	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....115
5.26	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....116
5.27	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1.....117
5.28	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว.....118
5.29	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....119
5.30	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้ง ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงการหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก.....120