

ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโต
และการสะสมโลหะหนักในพืชผักบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี

นางสาว ศิราณี ศรีสุโขดม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตรสภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-412-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018698.
117222721

EFFECT OF SEWAGE SLUDGE ON GROWTH AND HEAVY METAL

ACCUMULATION IN VEGETABLES FROM

PATHUM THANI AGRICULTURAL AREA

Miss Siranee Sirisukhodom

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

1992

ISBN 974-581-412-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของภาคตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสมโลหะหนักในพืชผักบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดปทุมธานี

โดย นางสาว ศิราณี ศิริสุโขดม

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรารณ ศิริรัตนไพริยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนุญ โรจนะบุรานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรารณ ศิริรัตนไพริยะ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไนรัช สายเชื้อ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.จริยา สุจารีกุล)



ศิริณี ศิริสุขโขดม : ผลของกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและการสะสม
โลหะหนักในพืชผัก บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดปทุมธานี (EFFECT OF SEWAGE SLUDGE
ON GROWTH AND HEAVY METAL ACCUMULATION IN VEGETABLES FROM PATHUM THANI
AGRICULTURAL AREA) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อรรวรรณ ศิริรัตนพิริยะ 138 หน้า.
ISBN 974-581-412-1

การกำจัดกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโลหะหนักปนเปื้อน โดยนำมาใช้ประโยชน์ทาง
การเกษตร เพื่อศึกษาถึงชนิดพืชที่เหมาะสมและการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน โดยพิจารณาจากผล
ของการเติมกากตะกอนลงดินอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ที่มีต่อการเติบโตและการสะสม
โลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม นิเกิล ทองแดง มังกานีส สังกะสี และเหล็ก) ของพืชผักสี่ชนิดคือ
ผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกวางตุ้ง และผักบุ้งจีน รวมทั้งการตกค้างของโลหะหนักในดิน ดำเนินการ
ทดลองในภาคสนามที่พื้นที่เกษตรกรรมจังหวัดปทุมธานี แผนการทดลองเป็นแบบ 2 x 4 factorial
in-completely randomize

ผลการทดลองพบว่า กากตะกอนที่เติมลงดินอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผล
ให้ได้รับผลผลิตผักคะน้าและผักบุ้งจีนเท่าเทียมกับการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 96 กิโลกรัมต่อไร่
อัตราเติมกากตะกอน 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตผักกวางตุ้งที่ได้รับสูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมี
และอัตราเติมกากตะกอน 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ได้รับผลผลิตผักกาดหอมต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมี
อย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเติมกากตะกอนลงดินการสะสมโลหะหนักทั้ง 7 ชนิดของผักคะน้าและผักกวางตุ้งจะ
ไม่แตกต่างกับค่ารับทดลองอื่น ๆ แต่ผักกาดหอมจะสะสมทองแดงและเหล็กในส่วนใต้ดินเพิ่มขึ้น การเติม
กากตะกอนอัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ส่วนเหนือดินของผักกาดหอมและส่วนใต้ดินของผักบุ้งจีน
สะสมสังกะสีเพิ่มขึ้น ปริมาณโลหะหนักทั้ง 7 ชนิดที่สะสมในพืชผักทุกชนิดนี้ยังอยู่ในระดับที่มีในเนื้อเยื่อพืช
ทั่วไป และต่ำกว่าปริมาณที่ยอมรับได้ปนเปื้อนในอาหารและบริโภคได้สูงสุดในแต่ละวันของคณะกรรมการ
วิชาการร่วม FAO/WHO (Codex)

นอกจากนี้โลหะหนักส่วนใหญ่ที่ตกค้างในดิน หลังจากเติมกากตะกอนคือ ตะกั่ว แคดเมียม
ทองแดง และเหล็กมีปริมาณไม่แตกต่างจากค่ารับทดลองอื่น ๆ มีเพียงการตกค้างของนิเกิลในดินที่ปลูก
ผักกวางตุ้งและสังกะสีในดินที่ปลูกผักทั้ง 4 ชนิดที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอนลงดิน
มีผลให้สังกะสีตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินทุกแปลง
ทดลองยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้มีได้ในดินเพื่อการเกษตรกรรม

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
สาขาวิชา.....
ปีการศึกษา 2534.....

ลายมือชื่อนิติต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C225933 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : SEWAGE SLUDGE/VEGETABLE/HEAVY METAL

SIRANEE SIRISUKHODOM : EFFECT OF SEWAGE SLUDGE ON GROWTH AND HEAVY METAL ACCUMULATION IN VEGETABLES FROM PATHUM THANI AGRICULTURAL AREA.

THESIS ADVISOR : ASST.PROF.ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc., 138 PP.
ISBN 974-581-412-1

Disposal of sewage sludge, which contaminated with heavy metals, to agricultural area for consideration about suitable vegetable species and heavy metal contaminated in the soil. Effects of two sewage sludge application rates (1,600 and 3,200 kg/rai) on growth and heavy metals (Pb, Cd, Ni, Cu, Mn and Fe) accumulation in four vegetables (Chinese Kale, Lettuce, Edible Rape and Kang-Kong) included heavy metals residual in the soil were studied. Field experiment was carried out in an agricultural area at Pathum thani Province by using experimental design 2 x 4 factorial incompletely randomized.

The results showed that applied sewage sludge 1,600 and 3,200 kg/rai gave Chinese Kale and Kang-Kong products equal to add fertilizer (25-7-7) 96 kg/rai. Only Edible Rape at the sewage sludge application rate 3,200 kg/rai gave production significantly higher than added fertilizer. On the other hand, added fertilizer gave Lettuce products higher than applied sewage sludge 1,600 kg/rai. Sewage sludge application at both rate had no effect on accumulation of heavy metals in Chinese Kale and Edible Rape difference among treatments but there were resulted in increased Cu and Fe accumulation in the root system of Lettuce. Applied sewage sludge 3,200 kg/rai enabled the increasing of Zn accumulation in the shoot system of Lettuce and in the root system of Kang-Kong. All of heavy metals accumulated in four vegetables in this experiment were in the range that generally accumulated in plant tissue. The heavy metals content in the vegetables were within acceptable daily intake (ADI) of FAO/WHO.

Residue effect of heavy metals after applied sewage sludge were (1) non significant difference among treatments on Pb, Cd, Cu and Fe contents in the soil (2) increased both Ni content in the soil that grew Edible Rape and Zn content in the soil that grew four vegetables. Moreover, Zn residual in the soil was increased following the increasing rate of sewage sludge application. However heavy metals residual in the soil were in the acceptable range for the agricultural soil.

ภาควิชา..... สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

สาขาวิชา.....

ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต..... *S. Siranee*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Orawan Siriratpiriya*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลาย ๆ ท่าน ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพรรณ ศิริรัตนนิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา สั่งสอนและแนะนำทุกอย่าง รวมทั้งกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ประพฤติธรรม อาจารย์ประจำภาควิชาปรัชญา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาต่าง ๆ และรับเชิญเป็นกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง ประโยชน์สูงสุดเพื่อพื้นที่เกษตรกรรม ในการนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและภาคเกษตรน้ำเสียมาใช้อย่างเหมาะสมและปลอดภัยจากโรคหะหนัก ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นอกจากนี้แล้ว สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก็ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเช่นกัน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยงานต่าง ๆ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลทางวิชาการ อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณสุรชัย กลอนสุวานรชัย และครอบครัว ที่อนุเคราะห์ให้ใช้พื้นที่ทำการทดลอง จัดการดูแล และรักษาแปลงทดลองเป็นอย่างดี รวมทั้ง คุณทินฮ์วารณ แหม่ม ที่ได้ช่วยเหลือและแนะนำการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณคมกฤษ ภาคย์ทองสุข และคุณอรพรรณ หอมจันทร์ เพื่อนร่วมงานวิจัย ที่ช่วยเหลือและร่วมงานกันอย่างดี และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และทุก ๆ คนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนทุก ๆ อย่างจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
3 วิธีศุ อุปกรณัและการดำเนินงานวิจัย	26
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	37
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	90
รายการอ้างอิง	95
ภาคผนวก	109
ประวัติผู้เขียน	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 จุลธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบแก่ของพืช	19
2 แผนการทดลอง	30
3 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์	34
4 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนและดินที่ใช้ในการทดลอง	38
5 ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์กากตะกอนทางการเกษตรตามเกณฑ์ของประเทศ ต่าง ๆ	40
6 การประเมินระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) ในดิน	42
7 การประเมินระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ในดิน	43
8 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) โดยทั่ว ๆ ไปที่ขอมให้มิได้ในดินเกษตรกรรม ของประเทศเยอรมันและอังกฤษ.....	45
9 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) สูงสุด ที่ขอมรับให้มิได้ในกากตะกอนที่จะใส่ ในพื้นที่การเกษตรประเทศต่าง ๆ	49
10 ผลผลิตผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกวางตุ้ง และผักบุงจีน (กก. ต่อไร่, น้ำหนักแห้ง)	50
11 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักคะน้า	56
12 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักกาดหอม	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักกวางตุ้ง	59
14 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักบุงจั้น	61
15 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ชนิดต่าง ๆ ในพืช ณ ระดับปกติ และระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช	63
16 ปริมาณโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในอาหาร และยอมให้บริโภคสูงสุดในแต่ละวัน (สำหรับทองแดง เหล็ก และสังกะสี) และในแต่ละสัปดาห์ (สำหรับตะกั่วและแคดเมียม)	65
17 ค่ามาตรฐานอาหารที่มีโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ปนเปื้อน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 71 พ.ศ.2525	66
18 pH ของดินตามระยะเวลาการเพาะปลูกผักคะน้า	68
19 pH ของดินตามระยะเวลาการเพาะปลูกผักกาดหอม	69
20 pH ของดินตามระยะเวลาการเพาะปลูกผักกวางตุ้ง	71
21 pH ของดินตามระยะเวลาการเพาะปลูกผักบุงจั้น	72
22 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังปลูกผักคะน้า	74
23 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังปลูกผักกาดหอม	76
24 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังปลูกผักกวางตุ้ง	78
25 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังปลูกผักบุงจั้น	79
26 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในดินหลังปลูกผักคะน้า	82
27 ปริมาณโลหะหนัก (มก.ต่อ กก.) ในดินหลังปลูกผักกาดหอม	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
28 ปริมาณโลหะหนัก (มก. ต่อ กก.) ในดินหลังปลูกผักกวางตุ้ง	86
29 ปริมาณโลหะหนัก (มก. ต่อ กก.) ในดินหลังปลูกผักบุ้งจีน	87
30 ปริมาณโลหะหนัก (มก. ต่อ กก.) สูงสุด ที่ยอมให้มีได้ในดินเกษตรกรรม ของประเทศไทยต่าง ๆ	89
31 Analysis of variance ของปริมาณผลผลิตผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกวางตุ้ง และผักบุ้งจีน	110
32 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักคะน้า	111
33 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักกาดหอม	112
34 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักกวางตุ้ง	113
35 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในส่วนเหนือดิน (U) และส่วนใต้ดิน (L) ของผักบุ้งจีน	114
36 Analysis of variance ของลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของ ดินแปลงทดลองที่ปลูกผักคะน้าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	115
37 Analysis of variance ของลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของ ดินแปลงทดลองที่ปลูกผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	116
38 Analysis of variance ของลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของ ดินแปลงทดลองที่ปลูกผักกวางตุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
39 Analysis of variance ของลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของ ดินแปลงทดลองที่ปลูกผักบึงจีนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	118
40 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินแปลงทดลอง ที่ปลูกผักคะน้าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	119
41 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินแปลงทดลอง ที่ปลูกผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	120
42 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินแปลงทดลอง ที่ปลูกผักกวางตุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	121
43 Analysis of variance ของปริมาณโลหะหนักตกค้างในดินแปลงทดลอง ที่ปลูกผักบึงจีนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	122

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ทำการทดลอง (พื้นที่เกษตรกรรมตำบลบ้านแดง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี)	124
2 ภาพตะกอนสด	125
3 ภาพตะกอนแห้ง	125
4 ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักคะน้า	126
5 ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักกาดหอม	127
6 ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักกวางตุ้ง	128
7 ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของผักบุ้งจีน	129
8 ผลผลิตผักคะน้าดำรับทดลองควบคุม	130
9 ผลผลิตผักคะน้าดำรับทดลองเติมปุ๋ยเคมี	130
10 ผลผลิตผักคะน้าดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ..	131
11 ผลผลิตผักคะน้าดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ..	131
12 ผลผลิตผักกาดหอมดำรับทดลองควบคุม	132
13 ผลผลิตผักกาดหอมดำรับทดลองเติมปุ๋ยเคมี	132
14 ผลผลิตผักกาดหอมดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่.	133
15 ผลผลิตผักกาดหอมดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่.	133
16 ผลผลิตผักกวางตุ้งดำรับทดลองควบคุม	134
17 ผลผลิตผักกวางตุ้งดำรับทดลองเติมปุ๋ยเคมี	134
18 ผลผลิตผักกวางตุ้งดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่.	135
19 ผลผลิตผักกวางตุ้งดำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่.	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ผลผลิตผักบุงจันตำรับทดลองควบคุม	136
21	ผลผลิตผักบุงจันตำรับทดลองเติมปุ๋ยเคมี	136
22	ผลผลิตผักบุงจันตำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่..	137
23	ผลผลิตผักบุงจันตำรับทดลองเติมกากตะกอนอัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่..	137