การใช้ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน

นางสาวสวลี สวัสดิ์แก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2559

Usage of Sludge from Rice Bran Oil Factory for Growing Water Convolvulus (*Ipomea aquatic* Forsk.)

Miss Sawalee Sawatkaew

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Agriculture in Agricultural Resources Management

School of Agriculture and Cooperatives

Sukhothai Thammathirat Open University

2016

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน

ชื่อและนามสกุล นางสาวสวลี สวัสดิ์แก้ว

แขนงวิชา การจัดการการเกษตร

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริชาติ ดิษฐกิจ

2. รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ปริยานุช จุลกะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริชาติ ดิษฐกิจ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมคิด พรมจุ้ย)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน
ผู้วิจัย นางสาวสวลี สวัสดิ์แก้ว **รหัสนักศึกษา** 2579000080
ปริญญา เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรเกษตร)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริชาติ ดิษฐกิจ (2) รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) ผลของตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน และ (2) ผลของตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียต่อการสะสมโลหะหนักในดินและผักบุ้งจีน

การวิจัยเป็นการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 6 ทรีตเมนต์ ประกอบด้วย ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด ใส่ปุ๋ยยูเรีย และใส่ตะกอนบ่อบำบัด 100 300 500 และ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน อายุ 7 15 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ปริมาณผลผลิต วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณโลหะหนักของดินก่อนหว่านเมล็ดและหลังเก็บเกี่ยว และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งจีนหลังเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดย Duncan's new multiple-range test

ผลการวิจัย พบว่า 1) การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 1.7 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($p\leq0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด เท่ากับ 5.900 0.540 0.516 และ 0.057 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และแตกต่างกับทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด 700 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงและความกว้างใบมากที่สุดเท่ากับ 23.7 และ 1.7 เซนติเมตร ตามลำดับ มีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด เท่ากับ 12.780 1.360 1.288 และ 0.207 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และแตกต่างกับทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด เท่ากับ 25.130 2.020 และ 2.159 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และไม่แตกต่างกับผักบุ้งที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด 700 กิโลกรัมต่อไร่ และยูเรีย แต่แตกต่างกับทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) 2) โลหะหนักที่สะสมในดินและผักบุ้งจีน พบว่า ดินก่อนปลูกมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด และเมื่อวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวทุกทรีตเมนต์มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานเช่นกัน แต่ปริมาณสารหนู โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว มีปริมาณน้อยกว่าค่าตามมาตรฐาน และไม่พบปรอท ส่วนผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียทำให้มีปริมาณตะกั่วในผักบุ้งจีนสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการปลูกพืชควรมีการวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนการปลูกพืช เพื่อลดการสะสมโลหะหนักในพืช อย่างไรก็ตามการใช้ตะกอนบ่อบำบัดในดิน ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากขึ้น และค่า pH เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ ตะกอนบ่อบำบัด ผักบุ้งจีน โลหะหนัก โรงงานน้ำมันรำข้าว

Thesis title: Usage of Sludge from Rice Bran Oil Factory for Growing Water Convolvulus (*Ipomea aquatic* Forsk.)
Researcher: Miss Sawalee Sawatkaew; **ID:** 2579000080;
Degree: Master of Agriculture (Agricultural Resources Management);
Thesis advisors: (1) Dr. Parichat Dittakit, Assistant Professor;
(2) Dr. Achara Chittaladakorn, Associate Professor; **Academic year:** 2016

Abstract

The objectives were to study 1) the effects of sludge from a rice bran oil factory as soil treatment on growth and yield of water convolvulus and 2) the effects of sludge from a rice bran oil factory on heavy metal content in soil and water convolvulus.

This experimental research design was completely randomized design (CRD) consisting of 6 treatments: no application of urea or sludge, application of urea fertilizer, and application of sludge at 100, 300, 500 and 700 kg.rai^{-1} with three replications (1 rai = 1,600 m^2). Data recorded were growth of water convolvulus 7, 15, 21 and 25 days after sowing, yields, soil fertility and heavy metals content in soil (before sowing and after harvesting) and heavy metals content in water convolvulus. Data were subjected to ANOVA analysis and Duncan's new multiple-range test was conducted for mean separation when a significant difference was found.

The results showed that 1) at age 7 days after sowing, water convolvulus in the treatment group that received sludge 500 kg.rai^{-1} had the highest height at 1.7 cm. and it was significantly different from other treatments ($p \leq 0.05$). Water convolvulus age 15 days after sowing from the treatment group that received sludge 500 kg.rai^{-1} had highest shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, and root dry weight at 5.900, 0.540, 0,516, and 0.057 g.plant^{-1} respectively and it was significantly different from other treatments ($p \leq 0.05$). Water convolvulus age 21 days after sowing from the treatment group that received sludge 700 kg.rai^{-1} had highest height, leaf width, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, and root dry weight at 23.7 cm., 1.7 cm., 5.900, 0.540, 0,516, and 0.057 g .plant^{-1} respectively and it was significantly different from other treatments ($p \leq 0.05$). Water convolvulus age 25 days after sowing from the treatment group that received sludge 500 kg.rai^{-1} had highest shoot fresh weight, root fresh weight, and shoot dry weight at 25.130, 2.020, and 2.159 g.plant^{-1} respectively and it was significantly different from other treatments ($p \leq 0.05$). 2) The heavy metals accumulated in soil and water convolvulus showed that the soil before planting had higher cadmium content than the standard. As a result, the soil after harvesting had higher cadmium content than the standard. The arsenic, chromium, copper, and lead content were lower than the standard and no mercury was found in soil. Water convolvulus from the urea fertilizer treatment group had higher lead content than the standard. Therefore, planting areas should be analyzed for heavy metals in the soil before planting to reduce heavy metal accumulation in plants. However, the use of sludge treatment in soil can help increase the organic matter, phosphorus, and potassium content and make the pH suitable for plant growth.

Keywords: Sludge ,Water convolvulus, Heavy metal, Rice bran oil factory

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริชาติ ดิษฐกิจ รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา จิตตลดากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้ให้คำแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเรียบร้อยสมบูรณ์ ตลอดจน รองศาสตราจารย์ ดร. อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้การชี้แนะแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์เพื่อให้มีเนื้อหาที่สมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการเรียน และบริษัทไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด ที่ช่วยสนับสนุนพื้นที่ และแรงงาน รวมไปถึงคุณวัฒนา ซาบุตร นักวิชาการเกษตร ที่ช่วยเหลือในการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ที่ทุกท่านได้ให้ความกรุณาในการสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

และขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ให้ทุนในการสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

สวลี สวัสดิ์แก้ว

กันยายน 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 1

ขอบเขตการวิจัย 2

นิยามศัพท์เฉพาะ 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3

ของเสียจากอุตสาหกรรม 3

โลหะหนักที่พบในผลผลิตทางการเกษตร 4

ผักบุ้งจีนและกระบวนการผลิตผักบุ้งจีน 7

ปุ๋ย 10

สารปรับปรุงดิน 13

ดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน 14

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 19

การวางแผนการทดลอง 19

ขั้นตอนการทดลอง 19

การเก็บรวบรวมข้อมูล 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 24
สมบัติของดินและตะกอนบ่อบำบัด 24
โลหะหนักในดิน ตะกอนบ่อบำบัดและผักบุ้งจีน 26
การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน 29
ค่าปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีน 38
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 40
สรุปการวิจัย และอภิปรายผล 40
ข้อเสนอแนะ 42
บรรณานุกรม 43
ภาคผนวก 47
ก ภาพการทดลอง 48
ข การวิเคราะห์ต้นทุน 51
ประวัติผู้วิจัย 53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับได้ในดิน ตะกอนบ่อบำบัด และอาหาร 7
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของผักบุ้งจีน 8
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ 12
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธาตุอาหารในดิน 17
ตารางที่ 4.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนและหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน 25
ตารางที่ 4.2 สมบัติของตะกอนบ่อบำบัด 26
ตารางที่ 4.3 การสะสมโลหะหนักในดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน 27
ตารางที่ 4.4 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนบ่อบำบัด 28
ตารางที่ 4.5 การสะสมโลหะหนักในผักบุ้งจีน 29
ตารางที่ 4.6 ความสูงของผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 30
ตารางที่ 4.7 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นผักบุ้งจีนอายุ 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 31
ตารางที่ 4.8 ความกว้างของใบผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 32
ตารางที่ 4.9 ความยาวของใบผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 33
ตารางที่ 4.10 น้ำหนักสดของรากผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 34
ตารางที่ 4.11 น้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 35
ตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 36
ตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด 37
ตารางที่ 4.14 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของผักบุ้งจีน 38
ตารางที่ 4.15 ค่าปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีน 39

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว เป็นของเสียชนิดหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ที่มีการย่อยสลายสารต่างๆ โดยจุลินทรีย์ จากนั้นนำตะกอนก้นบ่อขึ้นมาตากแห้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการตากประมาณ 7-14 วัน จะได้ตะกอนบ่อบำบัดที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีดำ จากการวิเคราะห์คุณภาพตะกอนบ่อบำบัด พบว่า มีธาตุอาหารต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทส และธาตุอาหารอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และสามารถนำไปปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ร้อยละ 68.1 แต่ตะกอนบ่อบำบัดมักพบโลหะหนักอยู่หลายชนิด ได้แก่ แคดเมียม ปรอท สารหนู ตะกั่ว โครเมียม และทองแดง ที่มีปริมาณไม่เกินค่ากำหนดที่ยอมให้มีได้ในกากตะกอนในการนำมาใช้ทางการเกษตร (เครือวัลย์ บุญเงิน จันทนา ใจจิตร ศักดิ์ดา เสือประสงค์ อรัญญา ภู่วิไล และมณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์, 2556) แต่อย่างไรก็ตามโลหะหนักเหล่านี้อาจส่งผลตกค้างในผลผลิตพืชและพื้นที่การเพาะปลูก และหากมีโลหะหนักตกค้างในผลผลิตพืชปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น ระบบประสาทของร่างกาย รวมไปถึงระบบตับ ไต อวัยวะภายในของร่างกาย ที่ทำหน้าที่ในการขับสารพิษเหล่านี้ออกจากร่างกาย (ดวงกมล วิรุฬห์อุดมผล และรัชนีกร มิ่งขวัญ, 2548)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาในผักบุ้งจีน ซึ่งเป็นผักมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น และมีรายงานการตกค้างของโลหะหนัก โดยศึกษาผลของตะกอนบ่อบำบัดต่อการตกค้างของโลหะหนักในผักบุ้งจีนและดิน ผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักบุ้งจีน

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาผลของตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวต่อการสะสมโลหะหนักในดินและผักบุ้งจีน

2.2 เพื่อศึกษาผลของตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว มีการทดลอง ณ บริษัท ไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด เลขที่ 38 หมู่ 9 ตำบล บางไทร อำเภอ บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทดลองระหว่างวันที่ 19 พฤษภาคม ถึง 13 มิถุนายน 2559

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว หมายถึง ตะกอนบ่อบำบัดได้มาจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวดิบของบริษัท ไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด เกิดจากกระบวนบำบัดน้ำเสียที่มีการย่อยสลายสารต่างๆ โดยจุลินทรีย์ จากนั้นนำตะกอนก้นบ่อขึ้นมาตากแห้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการตากประมาณ 7-14 วัน

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 ทราบผลของการใช้ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน

5.2 ทราบผลของการใช้ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวต่อการสะสมโลหะหนักในดินและผักบุ้งจีน

5.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตพืชผักอย่างปลอดภัย

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการใช้ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน โดยมีเรื่องที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. ของเสียจากอุตสาหกรรม
2. โลหะหนักที่พบในผลผลิตทางการเกษตร
3. ผักบุ้งจีนและกระบวนการผลิตผักบุ้งจีน
4. ปุ๋ย
5. สารปรับปรุงดิน
6. ดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ของเสียจากอุตสาหกรรม

ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือกากอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ระบุไว้ว่า สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว หมายถึง สิ่งของที่ไม่ใช้หรือของเสียทั้งหมดที่เกิดจากโรงงาน ทั้งที่เกิดจากวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ส่วนสนับสนุนการผลิต ผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพและน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย

1.1 ประเภทของเสีย แบ่งเป็น 3 ประเภท (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ได้แก่

1.1.1 ของเสียจากกระบวนการหลัก เกิดจากขั้นตอนการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่เป็นเศษวัตถุดิบและเศษผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ

1.1.2 ของเสียจากกระบวนการสนับสนุนการผลิต ได้แก่ ระบบผลิตไอน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย ห้องปฏิบัติการ เป็นต้น ของเสียที่เกิดขึ้น เช่น กระดาษกรองปนเปื้อนสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

1.1.3 ของเสียจากสำนักงาน บ้านพักและโรงอาหาร ภายในบริเวณโรงงาน ของเสียจากสำนักงาน มีทั้งที่เกิดจากการปฏิบัติงานและการบริโภคของพนักงาน เช่น กระดาษ ขวดน้ำ

ถุงพลาสติก เป็นต้น ของเสียจากโรงอาหาร ส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารและเศษภาชนะบรรจุภัณฑ์ ของเสียจากบ้านพัก มีลักษณะเช่นเดียวกับของเสียจากสำนักงานและโรงอาหาร

1.2 ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถจำแนกได้ 2 ประภท (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ดังนี้

1.2.1 ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.2.2 ของเสียที่เป็นอันตราย

จากข้อมูลของเสียหรือกากอุตสาหกรรมที่มีการขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อขอนำออกนอกโรงงาน ปี 2549-2551 พบว่ามีการกำจัดโดยวิธีฝังกลบประมาณ 7-10% ทางกรมโรงงานจึงได้มีการส่งเสริมให้มีการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ (กรมโรงงาน, 2555)

1.3 การจัดการของเสีย สามารถดำเนินการได้ 3 วิธี (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ดังนี้

1.3.1 การฝังกลบ โดยจัดระบบกันซึม การตรวจสอบการรั่วไหล การระบายก๊าซ และระบบการบำบัดน้ำเสีย ตามความเหมาะสมของสิ่งปฏิกูล โดยไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม

1.3.2 การเผา เผาได้ในของเสียที่ไม่เป็นอันตราย ต้องควบคุมค่ามาตรฐานของมลสารที่ระบายออกจากปล่อง

1.3.3 การจัดการวิธีอื่นๆ เช่น การทำปุ๋ยหมักหรือสารปรับปรุงดิน การนำไปถมที่ การนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เป็นต้น

โดยการจัดการข้างต้นที่กล่าวมานั้น ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรอ) ก่อนการดำเนินการจัดการของเสียต่างๆ เพื่อความเหมาะสมและไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. โลหะหนักที่พบในผลผลิตทางการเกษตร

โลหะหนัก หมายถึง โลหะหนักที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้น ซึ่งเป็นสารที่มีการสลายตัวช้า เป็นพิษสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน (กรมประมง, 2558) โลหะหนักเป็นธาตุที่พบได้ตามธรรมชาติทั่วไป บางธาตุมีประโยชน์ต่อร่างกาย บางธาตุหากได้รับสารพิษในปริมาณสูง ทำให้โทษแก่ร่างกาย เช่น สารหนู ตะกั่ว ปรอท เป็นต้น (โรงพยาบาลเวชศาสตร์เขตร้อน, 2548)

2.1 โลหะหนักที่สำคัญ

2.1.1 สารหนู (Arsenic, As)

สารหนู เป็นสารพิษ และเป็นสารต้องห้ามในอาหาร น้ำ ที่พบในยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารหนูเป็นสารพิษที่มีการตกค้างได้ในพืช ผัก ผลไม้ ผู้ที่ได้รับสารหนูเหล่านี้จะแพร่กระจายไปตามเส้นผม ขน เล็บและสมอง ในเล็บมือและเล็บเท้าจะพบเป็นรอยแถบสีขาว แสดงถึงการหยุดการเจริญของเล็บ สารหนูถูกขับออกจากกระแสเลือด หลังจากได้รับเข้าไป ทางการถ่ายปัสสาวะภายใน 28 ชั่วโมง แต่หากมีการสะสมในระยะเวลานานและปริมาณที่มาก อาจให้เวลาการขับออกถึง 70 วัน (นันทฤทธิ์ โชคถาวรและไมตรี สุทธจิตต์, 2545)

2.1.2 แคดเมียม (Cadmium, Cd)

แคดเมียมจัดเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่นำมาใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ เม็ดสี สารเคลือบโลหะ เป็นต้น แคดเมียมสามารถสะสมได้ในพืชผลทางการเกษตร และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ผู้ที่รับสารแคดเมียม สำหรับผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ส่วนใหญ่เกิดจากการรับประทานอาหารจำพวกหอย เครื่องในสัตว์ และผักบางชนิด แต่หากเป็นผู้ที่สูบบุหรี่ จะได้รับโดยตรงจากใบยาสูบ แคดเมียมไม่สามารถดูดซึมได้ทางผิวหนัง แต่เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะไปยังตับและไต หากรับในปริมาณที่มากจะอยู่นานหลายปี แต่หากรับในปริมาณที่น้อย จะถูกขับออกทางปัสสาวะและอุจจาระ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2558)

2.1.3 ตะกั่ว (Lead, Pb)

ตะกั่ว เป็นสารพิษที่เกิดจากการทำเหมือง แบตเตอรี่ กระสุนปืนและอื่นๆ สารตะกั่ว สามารถเคลื่อนย้ายและปะปนได้ทั้งในดินและน้ำ ผู้ที่ได้รับสารตะกั่วส่วนใหญ่เกิดจากการรับประทานทั้งอาหารและเครื่องดื่มที่มีการปนเปื้อน เมื่อเข้าสู้ร่างกายจะมีผลต่อทำให้การทำงานของระบบประสาทลดลง ยังส่งผลให้มือและเท้าอ่อนแรงลง และยังทำให้เกิดโลหิตจาง (หมอชาวบ้าน, 2550)

2.1.4 โครเมียม (Chromium, Cr)

โครเมียม เป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง ส่วนใหญ่เป็นมะเร็งปอด พบได้ในธรรมชาติ ตามหินทั่วไปและอุตสาหกรรม ป้องกันการกัดกร่อน ฟอกหนัง เป็นต้น โครเมียมสารมารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางทั้งการหายใจ ทางผิวหนังและการรับประทาน มีการสะสมในร่างกายน้อยมาก ส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางไตและน้ำดี (ชุลีกร ธนธิติกร, 2554)

2.1.5 ปรอท (Mercury, Hg)

สารปรอท เป็นสารที่พบทั่วไปในดิน อากาศและน้ำ เกิดจากการเผาไหม้ขยะ เชื้อเพลิงต่างๆ และยังสามารถพบได้ในเครื่องสำอางและอาหาร โดยเฉพาะอาหารทะเล สาเหตุของการปนเปื้อนหลักๆ มาจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการปล่อยน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารปรอทออกมา สารปรอทสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจ สัมผัสทางผิวหนัง และการกิน สารปรอทเมื่อกลายเป็นไอ มีพิษต่อร่างกายมาก เมื่อหายใจเข้าไปแล้ว จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดทันที และกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว การขับออกจากร่างกายค่อนข้างน้อย เนื่องจากปรอทจะเข้าไปจับกับเม็ดเลือดแดง จากนั้นกระจายไปทั่วร่างกาย และทำลายเนื้อเยื่อสมอง โดยอาการพิษเมื่อได้รับสารปรอท มี 2 แบบ คือ แบบเฉียบพลันและเรื้อรัง (หมอชาวบ้าน, 2550)

2.1.7 ทองแดง (Copper, Cu)

ทองแดง พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งในอากาศ น้ำ และดิน ทองแดงยังเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท และมีการนำไปใช้ในทางการเกษตร พวกสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลงรบกวนต่างๆ ทองแดงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจ และการกินเข้าไป หากได้รับในปริมาณที่เหมาะสมต่อร่างกาย ซึ่งทองแดงเป็นส่วนประกอบในกระดูกและกล้ามเนื้อ แต่หากได้รับมากเกินไป จะทำให้เกิดพิษต่อร่างกาย คลื่นไส้อาเจียน และยังส่งผลให้ตับทำงานผิดปกติ ทองแดงสามารถถูกขับออกได้ทางอุจจาระ (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา, 2548)

2.2 เกณฑ์พื้นฐานของโลหะหนัก

โลหะหนักเป็นสารที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติ โรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตร ซึ่งสารโลหะหนักสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้หลายทาง ทางการหายใจ ผิวหนัง การกินเข้าไป เมื่อสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย ร่างกายสามารถขับออกได้ทางอุจจาระ เหงื่อ ปัสสาวะ แต่หากรับไปในปริมาณที่มาก จะทำให้ร่างกายทำงานผิดปกติ ดังนั้นจึงต้องมีเกณฑ์ในการยอมรับให้มีโลหะหนักได้ ทั้งในดิน ตะกอนบ่อบำบัด และอาหาร ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับได้ในดิน ตะกอนบ่อบำบัด และอาหาร

โลหะหนัก	ระดับเกณฑ์พื้นฐานของโลหะหนักในดิน (กก./มก.)[1]	ค่ากำหนดที่ยอมให้มีได้ในกากตะกอนที่จะนำไปใช้ในการเกษตร (กก./มก.)[1]	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในอาหาร (กก./มก.)[2]
1. สารหนู	30	-	2
2. แคดเมียม	0.15	20	3
3. โคบอลต์	20	-	-
4. โครเมียม	80	1,000	-
5. ทองแดง	45	900	20
6. ปรอท	0.1	10	0.5
7. นิกเกิล	45	400	-
8. ตะกั่ว	55	1,000	1
9. สังกะสี	70	3,000	100

ที่มา : 1. เครือวัลย์ บุญเงิน จันทนา ใจจิตร ศักดิ์ดา เสือประสงค์ อรัญญา ภู่วิไล และมณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์ (2556)

2. เกณฑ์คุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

3. ผักบุ้งจีนและกระบวนการผลิตผักบุ้งจีน

พืชตระกูล Convolvulaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ipomoea aquatic* Forsk.

มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนพบได้ทั่วไปในอัฟริกาและเอเชียเขตร้อนจนถึงมาเลเซียและออสเตรเลีย (เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์, 2539)

3.1 ผักบุ้งจีน มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ราก มีลักษณะเป็นแบบรากแก้วมีรากแขนงแตกออกด้านข้างของรากแก้วและสามารถแตกออกตามข้อลำต้นได้

3.1.2 ลำต้น ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุกการเจริญเติบโตในระยะแรก จะมีลำต้นตรง ระยะต่อไปจะเลื้อยไปตามพื้นดินหรือน้ำลำต้นมีสีเขียวมีข้อและปล้องข้างในกลวง

3.1.3 ใบ มีลักษณะเป็นใบเดี่ยวมีขอบใบเรียบโคนใบกว้างแล้วค่อยๆ เรียวเล็กตอนปลายใบแหลม

3.1.4 ดอกและช่อดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์มีลักษณะเป็นช่อ มี 3 ดอก โดยมีดอกตรงกลาง 1 ดอกและดอกด้านข้างอีก 2 ดอกแต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวยด้านนอกมีสีขาวด้านในมีสีม่วงการผสมเกสรมีทั้งแบบผสมด้วย ตัวเองและมีการผสมข้ามดอก

3.1.5 ผล เป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมมีขนาดใหญ่ลักษณะผิวภายนอกเหี่ยวย่นขรุขระ ไม่แตกเมื่อแห้งสีของผลแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มใน 1 ผล มี 4-5 เมล็ด

3.1.6 เมล็ด มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมนมีสีน้ำตาลเมล็ดมีขนาดเล็ก ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูงโดยมีลักษณะของเมล็ดแข็ง (hard seed) หรือเรียกว่าเมล็ดหิน

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของผักบุ้งจีน

คุณค่าทางอาหาร	จากผักบุ้งสด 100 กรัม
กาก (%)	28
น้ำ (%)	90
เถ้า (%)	1.3
โปรตีน (%)	2.7
ไขมัน (%)	0.4
ไฟเบอร์ (%)	1.1
คาร์โบไฮเดรทรวมไฟเบอร์ (%)	5.6
แคลอรี	30
แคลเซียม (มก.)	30
ฟอสฟอรัส (มก.)	42

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

คุณค่าทางอาหาร	จากผักบุ้งสด 100 กรัม
เหล็ก (มก.)	2.5
ซัลเฟอร์ (มก.)	44
โปรแตสเซียม (มก.)	469
วิตามินซี	47
วิตามินเอ	9550
วิตามินบี 1	0.09
วิตามินบี 2	0.16
ไนอาซิน	0.8

ที่มา : เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์ (2539)

หมายเหตุ : คำนวณจากผักบุ้งสด 100 กรัม ในส่วนที่รับประทานได้

3.2 กระบวนการผลิตผักบุ้งจีน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549)

ผักบุ้งจีน เป็นผักที่เจริญเติบโตเร็ว สามารถเก็บผลผลิตได้ภายใน 20-25 วัน

3.2.1 การเตรียมดิน ไถดินให้ลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร ตากทิ้งไว้ 7-14 วัน ย่อยดินให้ละเอียด ยกแปลงให้สูงประมาณ 30 เซนติเมตร

3.2.2 การปลูก นิยมหว่านเมล็ดลงในแปลงปลูก โดยใช้เมล็ดประมาณ 15 กิโลกรัม/ไร่ ทำการรดน้ำให้ชุ่มทั่วแปลง แล้วหว่านเมล็ดผักบุ้งจีนให้กระจายทั่วแปลงปลูก แล้วคลุมด้วยฟางบางๆ

3.2.3 การดูแลรักษา

1) การให้น้ำ ควรรดน้ำสม่ำเสมอ วันละ 1-2 ครั้ง เนื่องจากผักบุ้งจีนเป็นพืชที่ชอบดินชื้น หากขาดน้ำจะทำให้ผักบุ้งจีนหยุดการเจริญ

2) การให้ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัม / ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อผักบุ้งจีนอายุ 7 วัน และ 15 วัน

3) การดูแลป้องกันแมลงและโรคผักบุ้งจีน

(1) เพลี้ยอ่อน ส่วนใหญ่มีสีเขียวเข้มจนถึงดำ ออกลูกตามซอกใบของพืช และช่อดอก ทำลายพืชโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงพืช

การป้องกัน ใช้สารเคมีที่มีพิษตกค้างในพืชและดินน้อยที่สุด

(2) ผีเสื้อหัวกะโหลก ผีเสื้อจะทำการวางไข่ตามใบพืช และออกเป็นตัวหนอนที่มีสีเขียวและทำลายพืช โดยการกัดกินใบ

การป้องกัน ใช้สารเคมีที่มีพิษตกค้างในพืชและดินน้อยที่สุด

(3) โรคราสนิมขาว เกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoea –aquaticae* Sawada อาการของโรค บนใบพืชจะพบจุดสีเหลืองซีด และใต้ใบจะมีตุ่มนูนเล็ก

การป้องกัน

ก) เมื่อพบโรคระบาดให้ฉีดพ่นสารเคมี ตามอัตราส่วนที่ฉลากแนะนำ

ข) การเลือกเมล็ด ต้องไม่มาจากแหล่งระบาด และคลุกสารเคมีก่อนปลูก

ค) ดูแลระบบน้ำในแปลง ไม่ให้ดินแฉะจนเกินไป

(4) โรคใบไหม้ เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Xanthomonas compestris pv. ทำให้เกิดตุ่มใสๆ ใต้ใบ และเป็นแผลขยายใหญ่ ใบจะแห้งเหี่ยวและเหลืองซีด จนร่วงออกจากต้น

การป้องกัน

ก) เผาทำลาย ต้นที่เป็นโรค

ข) ปลูกพืชหมุนเวียน

ค) ใช้ปูนขาวคลุกกับดิน ตากทิ้งไว้ 1 เดือน ก่อนปลูกพืช

3.2.4 การเก็บเกี่ยว เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 20-25 วัน ทำการถอดผักบุ้งจีนทั้งต้น และล้างให้สะอาด

4. ปุ๋ย

ปุ๋ย ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ให้ความหมายไว้ว่า สารอินทรีย์ อนินทรีย์ อินทรีย์สังห์เคราะห์ หรือจุลิทรีย์ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือทำขึ้น ใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับพืช หรือทำให้ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชีวภาพ หรือกายภาพ เพื่อบำรุงการเจริญเติบโตของพืช

4.1 ประเภทของปุ๋ย แบ่งตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้ดังนี้

4.1.1 ปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยที่ได้จากสารประกอบอนินทรีย์ ที่ผ่านกระบวนการผลิตทางเคมี เพื่อให้ได้ธาตุอาหารพืช สามารถละลายได้เร็วเมื่อดินมีความชื้นที่เหมาะสม ทำให้พืชดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้รวดเร็ว

4.1.2 ปุ๋ยชีวภาพ คือ ปุ๋ยประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถสร้างธาตุอาหารพืชได้ หรือเปลี่ยนธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้พืช นำไปใช้ในการปรับปรุงดิน ทั้งทางด้านชีวภาพ กายภาพหรือทางชีวเคมี

4.1.3 ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของดิน ทำให้ดินร่วนซุย อากาศถ่ายเท และระบายน้ำได้ดี ทำให้รากพืชสามารถชอนไชได้ง่ายขึ้น การตั้งตัวของต้นกล้าเร็วทำให้มีโอกาสรอดมากขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด (นรีลักษณ์ ชูวรเวช, 2552)

1) ปุ๋ยคอก ได้มาจากการขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ และสุกร ฯลฯ ใช้ได้ทั้งแบบสดและแห้ง หรือนำไปหมักให้ย่อยสลายก่อนนำไปใช้ การนำไปใช้ต้องคำนึงถึงชนิดของดินและพืชที่ปลูก โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยคอกแบบสด ซึ่งมีความร้อนอยู่ในตัวปุ๋ย อาจทำให้พืชเหี่ยวตายได้

2) ปุ๋ยหมัก ได้มาจากการนำชิ้นส่วนของพืช วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล และแกลบจากโรงสีข้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น นำมาหมักแบบกองบนพื้นดิน หรือในหลุม เพื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายให้เน่าเปื่อย โดยอาศัยจุลินทรีย์จนได้สารอินทรียวัตถุที่ไม่เปลี่ยนรูป ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ

3) ปุ๋ยพืชสด ได้มาจากการปลูกพืช ในการบำรุงดิน ได้แก่พืชจำพวกตระกูลถั่วต่างๆ ควรเป็นพืชอายุสั้น ปลูกง่ายทำการไถกลบ ในช่วงที่กำลังมีการออกดอก มีระบบรากลึก ทนแล้ง ทนโรคและแมลงได้ดี ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วลาย และปอเทือง เป็นต้น

4.2 มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 × 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวย	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคมและโลหะอื่นๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.5-8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C/N)	ไม่เกิน 20:1
8	ค่านำไฟฟ้า	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	-ไนโตรเจน (Total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (Total K_2O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม / กิโลกรัม
	แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม / กิโลกรัม
	โครเมียม (Chromium)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม / กิโลกรัม
	ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม / กิโลกรัม
	ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม / กิโลกรัม
	ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2548)

4.3 ข้อดีและข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์ (นรีลักษณ์ ชูวรเวช, 2552)

4.3.1 ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์

1) เป็นวัสดุที่สามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง เมื่อมีการใช้ร่วมกันระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีทำให้สารฮิวมัสในปุ๋ยอินทรีย์ที่มีประจุเป็นลบ ช่วยดูดยึดอนุภาคของธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่มีประจุบวก และลดการสูญเสียธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี

2) ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และเพิ่มปริมาณออกซิเจนในดิน ทำให้โครงสร้างดินดีขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น ลดการพังทลายของหน้าดินอีกทั้งยังเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นตัวย่อยอินทรีย์วัตถุ ทำให้ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยออกมา

4.3.2 ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้าเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี จึงควบคุมธาตุอาหารที่พืชต้องการได้ยาก และต้องใช้ในปริมาณที่มาก เพื่อให้ธาตุอาหารเพียงพอต่อพืช

5. สารปรับปรุงดิน

เป็นสารที่ใส่ลงไปในดิน ทำให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเคมี กายภาพและชีวภาพ ซึ่งสามารถแบ่งสารปรับปรุงดินได้ดังนี้ (อภิรดี อิ่มเอิบ, 2546)

5.1 สารปรับปรุงทางด้านเคมี

5.1.1 ปูน เมื่อใส่ลงไปในดินจะเกิดปฏิกิริยาสะเทินความเป็นกรดของดิน ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสม อีกทั้งยังช่วยให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุเร็วขึ้น ทำให้ไนโตรเจนมีประโยชน์มากขึ้น

5.1.2 ยิปซัม ใช้แก้ปัญหาดินที่มีโซเดียมสูง ซึ่งโซเดียมทำให้ดินมีลักษณะแน่นทึบไถพรวนยาก จึงต้องมีการเติมสารที่ทำให้ดินเป็นกรด เข้าไปไล่โซเดียมให้ลดลง

5.1.3 สารประกอบที่มีจุลธาตุอาหารพืช นิยมใส่ในดินที่เป็นด่าง โดยใส่ในดินปนหินปูน จะทำให้ความเป็นกรด – ด่างสูงไม่เหมาะแก่การเจริญ ทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนจุลธาตุอาหารพืชต่างๆ

5.2 สารปรับปรุงทางกายภาพ

สภาพทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความร่วนซุย ความโปร่ง การอุ้มน้ำในดิน ดินได้รับอินทรียวัตถุจากการไถพรวนเศษเหลือของพืชต่างๆ ดินที่ขาดอินทรียวัตถุ ทำให้โครงสร้างดินไม่ดี

5.2.1 อินทรียวัตถุในดินหรือฮิวมัส ได้แก่

1) สารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวแล้ว ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อใส่ลงดินจะเปลี่ยนเป็นฮิวมัส

2) สารประกอบอินทรีย์ที่ยังไม่สลายตัว ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบ รวมถึงวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากพืชและกากตะกอนจากระบบน้ำเสีย

3) ฮิวมิกแอซิด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากลิกไนท์นำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ช่วยทำให้สมบัติทางชีวะเคมีของดินดีขึ้น

5.2.2 สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์สังเคราะห์ เป็นสารสังเคราะห์ที่มีโมเลกุลใหญ่ละลายน้ำได้และสามารถเชื่อมโยงอนุภาคของดินให้เกาะเป็นเม็ดดิน

5.3 สารปรับปรุงดินในการรักษาความชื้น

5.3.1 สารอุ้มน้ำ เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่มีสมบัติที่อุ้มน้ำได้ดี สามารถดูดน้ำได้ 200-400 เท่าของน้ำหนักแห้งของสาร

5.3.2 Calined clay เป็นการเผาดินด้วยความร้อนสูงและทำให้เย็นอย่างเร็ว จะทำให้ดินมีความสามารถดูดยึดประจุบวกได้และอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น

5.3.3 Isolite ทนความร้อนไม่แตกหักง่าย มีลักษณะเป็นรูพรุนกักเก็บน้ำได้

5.3.4 Zeolites เป็นแร่อลูมิโนซิลิเกต ซึ่งสามารถดูดซับอนุภาคของธาตุต่างๆ ตลอดจนโมเลกุลของสารอินทรีย์และน้ำ มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง

6. ดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดินเกิดจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ รวมไปถึงหินและแร่ องค์ประกอบของดินมีทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซ มีดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

อนินทรีย์วัตถุ เป็นแหล่งอาหารของพืช ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของดิน หิน และแร่ธาตุ เป็นส่วนที่มีมากที่สุด

อินทรียวัตถุ มีการทับถมกันบนดิน เกิดจากการสลายตัวของซากพืชและสัตว์

สิ่งมีชีวิต ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น ซึ่งจะอาศัยอยู่ในช่องว่างของดิน ช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ

น้ำ พบอยู่ตามช่องว่างของดิน ช่วยสลายธาตุอาหารในดินและช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่พืช

อากาศ พบอยู่ตามช่องว่างของดิน เป็นแหล่งออกซิเจนแก่พืชและจุลินทรีย์ในดิน

6.1 ประเภทของดิน สามารถแบ่งลักษณะเนื้อดินออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

6.1.1 ดินทราย มีลักษณะเป็นเม็ดเดี่ยวๆ เกาะกันแบบหลวมๆ ดินทรายเป็นดินที่ระบายน้ำและอากาศได้ดี แต่ไม่สามารถอุ้มน้ำได้ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

6.1.2 ดินร่วน มีลักษณะเนื้อดินที่ละเอียดนุ่มมือ เมื่อดินแห้งจะจับตัวเป็นก้อน แต่เมื่อดินชื้นจะยืดหยุ่น ดินร่วนเป็นดินที่ระบายน้ำและอากาศได้ดี มีความอุดมสมบูรณ์ดี เหมาะแก่การเพาะปลูก

6.1.3 ดินเหนียว มีลักษณะเนื้อดินที่ละเอียด เมื่อดินแห้งจะจับตัวเป็นก้อนแข็ง แต่เมื่อเปียกมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนได้ การระบายน้ำและอากาศมีทั้งดีและไม่ดี สามารถอุ้มน้ำดูดซับและเปลี่ยนธาตุอาหารในพืชได้ดี

6.2 คุณภาพของดิน

6.2.1 อินทรียวัตถุในดิน คือ สิ่งที่ย่อยสลายจากสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ที่ตายแล้ว มีความสำคัญในแง่ของการควบคุมคุณสมบัติของดิน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ ตลอดจนเป็นแหล่งอาหารของพืชและจุลินทรีย์ในดิน

1) แหล่งกำเนิดของอินทรียวัตถุในดิน

(1) การย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ โดยเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ

(2) การย่อยสลายของเศษพืชที่ไถ กลบ ในดิน

(3) การสลายตัวของสิ่งขับถ่ายทั้งหมด

(4) จากปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก

(5) จากจุลินทรีย์ในดิน ทั้งที่มีชีวิตและตายไปแล้ว

2) ประโยชน์ของอินทรียวัตถุที่มีผลต่อดิน

(1) ทางกายภาพ

ก) ช่วยลดการชะล้างของเม็ดฝน บริเวณผิวดิน

ข) เพิ่มช่องว่าง ลดความหนาแน่นของดิน

ค) ลดการระเหยของน้ำในดิน ช่วยไม่ให้แสงแดดส่องถึงผิวดิน

ง) ช่วยให้ดินอุ้มน้ำมากขึ้น

(2) ทางเคมี

ก) เป็นแหล่งอาหารของพืช เนื่องจากจุลินทรีย์มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืช

ข) เพิ่มการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีผลทำให้ธาตุอาหารพืชที่ใส่ลงไปถูกดูดซับและการนำไปใช้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ค) ลดความรุนแรงของความเค็มในดิน

(3) ทางชีวภาพ

ก) เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดิน

ข) ช่วยควบคุมโรคพืชบางชนิดในดินได้ เนื่องจากปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราสาเหตุของโรคพืช

6.2.2 ฟอสฟอรัส

เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบที่ถ่ายทอดพลังงานของพืช การดึงดูดธาตุอาหาร การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารภายในพืช การสังเคราะห์โมเลกุลของสารประกอบหลายอย่าง (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548)

1) แหล่งที่มาของฟอสฟอรัส เกิดจากการสลายตัวของแร่บางชนิดที่ผุพังในดิน การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา

2) หากพืชขาดฟอสฟอรัส จะเริ่มจากส่วนล่างก่อน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายได้ ซึ่งจะมีอาการคือ ไม่เจริญเติบโต แคระแกร็น ดอกและผล ไม่สมบูรณ์

6.2.3 โพแทสเซียม

ธาตุโพแทสเซียม มีหน้าที่หลายกระบวนการ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ และเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ให้มีประสิทธิภาพ (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548) หากพืชขาดโพแทสเซียม จะเริ่มจากส่วนล่างก่อน เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายได้ ซึ่งจะมีอาการดังนี้

1) ขอบใบของพืชจะเหลือง และเหี่ยวคล้ายไฟลวก

2) ความต้านทานพืชลดลง

3) ให้ผลผลิตต่ำ และผลไม่สวย

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธาตุอาหารในดิน

ปริมาณธาตุอาหารในดิน	หน่วย	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
อินทรียวัตถุ (organic matter)	%	<1.5	1.5-2.5	>2.50
ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P)	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	<15	15-45	>45
ธาตุโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K)	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	<90	90-120	>120

ที่มา : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, (2559)

6.2.4 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตโดยตรงต่อพืช แต่มีผลทางอ้อม คือควบคุมการละลายของธาตุอาหารมาสู่ดินให้อย่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้งานได้ ถ้าดินมีความเป็นกรดเป็นด่าง ไม่เหมาะสมต่อธาตุอาหารในดิน อาจทำให้ละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ของพืช หรือหากละลายมากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืชได้ ทำให้ไม่เหมาะสมในการเพาะปลูก ซึ่งช่วงความเป็นกรด เป็นด่างในดิน ที่เหมาะสมต่อพืชอยู่ในช่วง 5.8 – 6.5 (พัชรี ธีรจินดาขจร, 2550)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี ต่อการผลิตผักบุ้งจีน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลวัว 2,000 กิโลกรัม/ไร่ มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าผักบุ้งจีนแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (สายชล พรมีอยู่, อัจฉรา จิตตลดากร และหฤษฎี ภัทรดิลก 2555, น. 1-12)

การศึกษาปริมาณ สารหนู ตะกั่ว ปรอท และนิเกิล ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน จากการวิจัยพบรากมีการสะสมของโลหะหนักทุกชนิดมากกว่าส่วนอื่นๆ รองลงมา คือ ลำต้นแก่และลำต้นแขนง และส่วนของใบและยอด มีการสะสมน้อยที่สุด ซึ่งโลหะหนักที่พบมากที่สุดในผักบุ้งจีน คือ สารหนู รองลงมา คือ นิลเกิล ตะกั่ว และปรอท โดยมีค่าเท่ากับ 9.882 ± 0.479 , 5.486 ± 0.413 , 2.286 ± 0.592 และ 0.018 ± 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนของการนำไปบริโภค เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า ปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร จึงปลอดภัยต่อการนำไปบริโภค (วีรยาภรณ์ รัตนไพบูลย์, นฤชิต ดำปิน และเกษม จันทร์แก้ว, 2558)

การศึกษาโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในพืช 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน มะเขือเปราะ และมันเทศ ในดินที่ผสมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่าอัตราส่วนของดิน:ตะกอนเท่ากับ 1:3 ที่ทำให้พืชที่ปลูกมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและมวลชีวภาพสูง ในผักบุ้งจีน ส่วนเหนือดิน และมันเทศ พบค่าแคดเมียมอยู่ในช่วง 1.584 – 1.979 ppm และ 0.125 – 0.250 ppm ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณตะกั่ว พบค่าอยู่ช่วง 1.000 – 1.896 ppm และ 2.229 – 5.646 ppm ตามลำดับ ผักบุ้งจีน ส่วนเหนือดิน และมันเทศ พบปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐาน ไม่ปลอดภัยในการนำไปบริโภค ส่วนมะเขือเปราะ มีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่ามาตรฐานสามารถนำไปบริโภคได้ (วรกาย อุส่าห์, สามัคคี บุญยะวัฒน์, วิชา นิยม และวีระศักดิ์ อุดมโชค, 2542)

ศึกษาการสะสมโลหะหนักของทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิก 77 ปลูกในดินร่วนปนทรายที่มีการปนเปื้อนตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และศึกษาอิทธิพลของ (NH4)2SO4 , NH4NO3 และ EDTA สารคีเลตติงค์ ที่มีผลต่อการสะสมโลหะหนักในทานตะวัน โดยศึกษาในราก ลำต้น ใบ และเมล็ด ทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ พบว่าแบบไม่เติมเกลือ การสะสมตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีของทานตะวันเท่ากับ 29.91, 45.50 และ 100.70 มิลิกรัมต่อกิโลกรัม ของพืช ตามลำดับ แต่เมื่อเติม $(NH_4)2SO_4$, NH_4NO_3 พืชมีการสะสมโลหะหนักเพิ่มมากขึ้นทุกชนิด ซึ่ง NH_4NO_3 มีผลต่อการสะสมโลหะหนักมากที่สุด ในส่วนของเมล็ด พบปริมาณตะกั่วเกินมาตฐานอาหาร แต่ปริมาณสังกะสีและทองแดง ไม่เกินมาตรฐาน (ดวงกมล คำสอน และชมพูนุช ไชยรักษ์, 2556 น. 468-475)

ศึกษาการดูดซึมโลหะหนักของผักกาดเขียวปลี โดยเติมโลหะหนัก 5 ธาตุ ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง สังกะสีและตะกั่ว พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักมีผลต่อการเจริญของผักกาดปลี โดยค่าน้ำหนักแห้งมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของโลหะหนักที่สูง ธาตุแคดเมียมทำให้น้ำหนักลดลงในช่วง 45 และ 70 วัน แต่ธาตุสังกะสี ตะกั่ว และทองแดง เห็นผลในระยะ 70 วัน ซึ่งส่งผลช้ากว่าในส่วนของโครเมียมน้ำหนักลดลงเล็กน้อยในระยะ 70 วัน (เบญจมาศ อุ่นศรี, 2558)

การทดสอบประสิทธิภาพของกากชูรสต่อการจริญเติบโตของผักคะน้า โดยเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยยูเรียกับกากชูรสในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าแปลงที่ใส่กากชูรสอัตรา 300 ลิตร/ไร่ แบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง ผักคะน้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุด และมีต้นทุนในการปลูกต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรีย (บุญชัย ไหลชลธารา, 2554)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาการใช้ตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน มีการวางแผนการทดลองและวิธีการทดลอง ดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง

รูปแบบการวิจัยเป็นการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ ONE-WAY ANOVA มีทั้งหมด 6 ทรีตเมนท์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด
ทรีตเมนต์ 2 ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนต์ 3 ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนต์ 4 ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนต์ 5 ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนต์ 6 ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่
ทรีตเมนท์ละ 3 ซ้ำ และหน่วยการทดลอง คือ ต้นผักบุ้งจีนที่ปลูกในแปลงกว้าง 0.8 เมตร × ยาว 0.8 เมตร เท่ากับ 0.64 ตารางเมตร ทั้งหมด 18 แปลง

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 เก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง โดยสุ่มกระจายทั่วแปลง เพื่อวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในดิน ส่งวิเคราะห์ที่กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 นครสวรรค์ และวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2.2 เก็บตัวอย่างตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานน้ำมันรำข้าว เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

2.3 การเตรียมดิน ขุดดินลึก 20 เซนติเมตร พรวนดินและตากดินไว้ 15 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2549) ยกแปลง ขนาดกว้าง 0.8 เมตร × ยาว 0.8 เมตร

2.4 การปลูก ชั่งเมล็ดผักบุ้งจีน แปลงละ 6.13 กรัม และแช่ในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถ่ายน้ำออก และแช่ในน้ำอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการงอกพร้อมกัน หากพบเมล็ดลอยน้ำ ให้ทำการแยกออก เนื่องจากเป็นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ รดน้ำให้ชุ่มทั่วแปลง แล้วจึงหว่านเมล็ดที่เตรียมไว้ให้ทั่วแปลง จากนั้นกลบดินหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร และคลุมด้วยฟางบางๆ

2.5 การดูแลรักษา

2.5.1 การให้น้ำ รดน้ำแปลงผักบุ้งจีนทุกวัน ในช่วงเช้า ปริมาณ 5 ลิตรต่อแปลง

2.5.2 การกำจัดวัชพืชรอบแปลง ทำการถอนโดยใช้คน

2.5.3 การใส่ปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัด ตามทรีตเมนต์ที่กำหนด โดยวิธีการหว่านตะกอนบ่อบำบัดให้ทั่วแปลง และรดน้ำตามหลังหว่านเสร็จ แบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อผักบุ้งจีน อายุได้ 7 และ 15 วัน

2.6 การเก็บเกี่ยว เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 25 วันหลังหว่าน เก็บเกี่ยวผักบุ้งจีนในแปลงทั้งหมด ก่อนถอนรากทำการรดน้ำ และค่อยๆ ถอนเพื่อไม่ให้รากขาด จากนั้นล้างน้ำให้สะอาด ไม่ให้มีดินติดที่รากและต้นผักบุ้งจีน ผึ่งให้แห้งและชั่งน้ำหนักผักบุ้งจีนทั้งหมด

2.7 เก็บตัวอย่างดินหลังปลูก วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในดิน ส่งวิเคราะห์ที่กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 นครสวรรค์ และวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดินและโลหะหนัก

3.1.1 การเก็บข้อมูลดิน ก่อน – หลัง ปลูกผักบุ้งจีน

1) สมบัติของดิน วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในดิน ส่งวิเคราะห์ที่กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 นครสวรรค์

2) โลหะหนัก วิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3.1.2 การเก็บข้อมูลตะกอนบ่อบำบัด โลหะหนัก วิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

3.1.3 การเก็บข้อมูลโลหะหนักในพืช นำผักบุ้งจีน อายุ 25 วันหลังหว่าน ผึ่งลมให้แห้ง ส่งวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3.2 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

3.2.1 ความสูงของต้น วัดจากพื้นดินถึงข้อสุดของยอดใบ เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 7, 15, 21 และ 25 วันโดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3.2.2 ความกว้างของใบ โดยใช้ใบที่แผ่เต็มที่วัดตามแนวกว้างของใบช่วงกลางใบ เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 7, 15, 21 และ 25 วันโดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3.2.3 ความยาวของใบ โดยใช้ใบแผ่เต็มที่วัดจากโคนใบถึงปลายใบ เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 7, 15, 21 และ 25 วันโดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3.2.4 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น วัดจากกึ่งกลางลำต้น เมื่อผักบุ้งมีอายุ 15, 20 และ 25 วัน หลังปลูก โดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3.2.5 น้ำหนักสดต้นและราก ถอนต้นผักบุ้งจีน แล้วนำไปล้างรากให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักทั้งต้นและราก และทำการตัดรากชั่งน้ำหนักอีกครั้ง โดยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 7, 15, 21 และ 25 วันโดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2.6 น้ำหนักแห้งต้นและราก นำรากและต้นผักบุ้งจีนสดที่ชั่งแล้ว อบในตู้อบ (Hot Air Oven) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง อบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำออกจากตู้อบมาใส่ในตู้ดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที นำตัวอย่างชั่งน้ำหนัก โดยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง และจดบันทึกข้อมูล เมื่อผักบุ้งจีนอายุได้ 7, 15, 21 และ 25 วัน โดยสุ่มวัดจำนวน 3 ต้นต่อแปลง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2.7 การวัดอัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ทำโดยการเก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งรวมของผักบุ้งจีนที่อายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหว่านเมล็ด หลังจากนั้นนำมาหาค่าอัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ช่วงอายุต่างๆ โดยใช้วิธีการของ Hunt (1978)

ซึ่งคำนวณจากสูตรต่อไปนี้คือ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{1 \times (W2-W1)}{GA\ (T2-T1)}$$

GA = พื้นที่ดิน (ground area)

W1 = น้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนทั้งหมดที่ระยะเวลา T1

W2 = น้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนทั้งหมดที่ระยะเวลา T2

T1 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 1

T2 = ระยะเวลาในการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 2

3.3 การเก็บตัวอย่างดินและตะกอนบ่อบำบัด

3.3.1 การเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2555)

1) เตรียมอุปกรณ์ จอบ สำหรับเจาะดินและถุงพลาสติก สำหรับใส่ดิน

2) สุ่มเก็บตัวอย่างดิน กระจายให้ทั่วแปลง แปลงละ 5 จุด โดยต้องถางหญ้าและนำออกจากหน้าดิน แล้วจึงใช้จอบขุดหลุม เป็นรูปตัว V ลึก 15 เซนติเมตร แล้วแซะเอาดินด้านข้างหนาประมาณ 2 เซนติเมตร จากปากหลุมถึงก้นหลุม ทำเช่นนี้จนครบ 5 จุดใน 1 แปลง นำดินทุกจุดใส่ถุงรวมกัน ทำแบบเดียวกันจนครบ 18 แปลง

3) ดินในแต่ละถุงที่เก็บรวมกัน ถือเป็นตัวแทนของแปลงนั้น ในดินมีความชื้นจึงต้องทำให้แห้งโดยการผึ่งในที่ร่มจนแห้ง ส่วนดินที่เป็นก้อนใหญ่ ทุบให้มีขนาดเล็กลงและคลุกเคล้าให้เข้ากัน

4) เมื่อดินแห้งแล้ว นำใส่ถุงพลาสติก แบบซิป ประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วปิดปากถุงให้แน่น ระบุตัวอย่างหน้าถุงให้ชัดเจน

3.3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนบ่อบำบัด

1) เตรียมอุปกรณ์ ถัง จอบ และถุงพลาสติก สำหรับใส่ตะกอนบ่อบำบัด

2) สุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนบ่อบำบัด ซึ่งมีตะกอนบ่อบำบัดอยู่ 50 กระสอบ ทำการชักตัวอย่าง โดยใช้วิธีตามรูปแบบของขีดจำกัดคุณภาพที่ยอมรับ (AQL) ได้ตัวอย่าง 8 กระสอบ ในแต่ละกระสอบสุ่ม อย่างละ 1 กิโลกรัม นำมารวมกัน

3) นำตะกอนบ่อบำบัด มาทำการทุบให้ละเอียด และใส่ถุงพลาสติกแบบซิป ประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วปิดปากถุงให้แน่น ระบุตัวอย่างหน้าถุงให้ชัดเจน

4) นำดินส่งวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ คอปเปอร์ ปรอท สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สมบัติของดินและตะกอนบ่อบำบัด

1.1 สมบัติของดิน

1.1.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกผักบุ้งจีน

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 3.10, 19 และ 54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

1.1.2 สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน

ผลการวิเคราะห์ของดินหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีนอายุ 25 วัน พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้นกว่าดินก่อนปลูกและแปลงที่ไม่ใส่ตะกอนบ่อบำบัดและปุ๋ยยูเรีย ในส่วนของค่าความเป็นกรด – ด่าง เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 5.5 เป็น 5.6 – 5.8 ซึ่งช่วยลดความเป็นกรดของดินและสภาพ pH ของดินเหมาะสมกับการปลูกพืชมากขึ้น โดย pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 5.8-6.5 (พัชรี ธีรจินดาขจร, 2550) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนและหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน

ทรีตเมนต์	ค่าวิเคราะห์ดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
	อินทรียวัตถุ	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	pH
ดินก่อนปลูก	3.10	19	54	5.5
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	3.69	22	69	5.7
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	4.50	24	74	5.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	3.57	36	78	5.6
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด ในอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	4.50	38	69	5.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	4.50	37	78	5.6
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด ในอัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	5.20	52	83	5.8

1.2 สมบัติของตะกอนบ่อบำบัด

ผลการวิเคราะห์ตะกอนบ่อบำบัด พบว่า มีธาตุอาหาร ไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 4.7 ฟอสเฟตทั้งหมด ร้อยละ 3.2 โพรแทสทั้งหมด ร้อยละ 0.2 ปริมาณโซเดียม ร้อยละ 0.1 ค่าการนำไฟฟ้า 3.3 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรียคาร์บอน ร้อยละ 39.5 ปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ 68.1 ค่าความแตกต่างระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน 8/1 และดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ ร้อยละ 24.4 (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 สมบัติของตะกอนบ่อบำบัด

รายการวิเคราะห์	ผลทดสอบ	รายการวิเคราะห์	ผลทดสอบ
1.pH	5.6	8. Organic Carbon (%)	39.5
2. Moisture Content at 75 deg.C. 20 hrs. (%)	10.58	9. Organic Matter (%)	68.1
3. Total Nitrogen (%)	4.7	10. C/N (%)	8/1
4. Total Phosphate (%)	3.2	11. Germination Index (%)	24.4
5. Total Potash (%)	0.2	12. Plastic , Glass Etc.	ไม่พบ
6. Sodium (%)	0.1	13. Gravel (%)	ND
7. EC (ds/m)	3.3	14. Sieve size (12.5 × 12.5 mm.) %)	100

หมายเหตุ วิเคราะห์โดย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

2. โลหะหนักในดิน ตะกอนบ่อบำบัดและผักบุ้งจีน

2.1 ปริมาณโลหะหนักในดิน

2.1.1 ปริมาณโลหะหนักในดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกผักบุ้งจีน พบว่า ดินก่อนปลูกมีปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมที่กำหนด ส่วนปริมาณสารหนู โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว เท่ากับ 8.335, 27.351, 19.975, 14.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน และไม่พบปรอทในดิน

2.1.2 ปริมาณโลหะหนักในดินหลังเก็บเกี่ยว

ผลการวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน พบว่า หลังเก็บเกี่ยวที่ได้รับยูเรียและตะกอนบ่อบำบัดทุกทรีตเมนต์ มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ (0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เช่นเดียวกับดินก่อนปลูกและมีค่าไม่แตกต่างกับดินก่อนปลูก ส่วนปริมาณสารหนู โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว มีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐาน และไม่พบปรอทในทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 การสะสมโลหะหนักในดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีน

ทรีตเมนต์	โลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	สารหนู	แคดเมียม	โครเมียม	ทองแดง	ปรอท	ตะกั่ว
ค่ามาตรฐานโลหะหนักที่ยอมรับได้หรือยอมให้มีได้	**30**	**0.15**	**80**	**45**	**0.1**	**55**
ดินก่อนปลูก	8.335	0.400	27.351	19.975	ND	14.100
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	7.628	0.400	33.378	23.977	ND	16.902
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	7.853	0.350	35.050	22.500	ND	16.325
ใส่ตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	7.728	0.375	30.304	23.252	ND	17.677
ใส่ตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	9.014	0.400	31.075	24.050	ND	17.375
ใส่ตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	8.166	0.350	44.179	22.702	ND	16.452
ใส่ตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	8.397	0.400	22.745	23.945	ND	17.272

ที่มา : เครือวัลย์ บุญเงิน จันทนา ใจจิตร ศักดิ์ดา เสือประสงค์ อรัญญา ภู่วิไล และมณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์ (2556)

2.2 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนบ่อบำบัด

ผลการวิเคราะห์ตะกอนบ่อบำบัด พบว่าปริมาณแคดเมียม โครเมียม ปรอท ตะกั่ว สารหนูและทองแดง มีค่าเท่ากับ 0.71, 76.9, 0.89, 13.4, 2.4 และ 95.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนบ่อบำบัด

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)	ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ให้มีในกากตะกอน* (mg/kg)
1. Total Cadmium	0.71	20
2. Total Chromium	76.9	1,000
3. Total Mercury	0.89	10
4. Total Lead	13.4	1,000
5. Total Arsenic	2.4	-
6. Total Copper	95.3	900

ที่มา : เครือวัลย์ บุญเงิน จันทนา ใจจิตร ศักดิ์ดา เสือประสงค์ อรัญญา ภู่วิไล และมณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์ (2556)
หมายเหตุ วิเคราะห์โดย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

2.3 ปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนที่เก็บเกี่ยวอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด พบว่า ผักบุ้งจีนที่ไม่ได้รับยูเรียและตะกอนบ่อบำบัดมีปริมาณโครเมียมสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐานแห่งชาติสาธารณรัฐประชาชนจีน (National Standard of the People's Republic of China) เช่นเดียวกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยเฉพาะผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุด เท่ากับ 3.550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียพบว่ามีปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 1.025 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ทรีตเมนต์อื่นๆ ไม่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณสารหนู แคดเมียม ทองแดง และปรอทของทุกทรีตเมนต์ไม่เกินมาตรฐาน และไม่พบปรอทในทุกทรีตเมนต์ (ดังตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 การสะสมโลหะหนักในผักบุ้งจีน

ทรีตเมนต์	โลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	สารหนู[1]	แคดเมียม[2]	โครเมียม[3]	ทองแดง[1]	ปรอท[1]	ตะกั่ว[1]
ค่ามาตรฐาน	2	3	0.5	20	0.5	1
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.403	0.400	1.950	15.975	ND	0.375
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.669	0.350	3.550	16.275	ND	1.025
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.340	0.450	1.775	17.675	ND	0.450
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.456	0.425	1.750	17.250	ND	0.325
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.426	0.375	1.850	15.850	ND	0.600
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.338	0.400	1.925	17.150	ND	0.400

ที่มา 1. เกณฑ์คุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

2. สถาบันอาหาร (2547)

3. มาตรฐานแห่งชาติสาธารณรัฐประชาชนจีน (National Standard of the People's Republic of China)

3. การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

3.1 ความสูงของผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 1.7 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีความสูงน้อยที่สุด เท่ากับ 1.2 เซนติเมตร (ดังตารางที่ 4.6)

ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 23.7 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีความสูงน้อยที่สุด เท่ากับ 18.7 เซนติเมตร ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ดังตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ความสูงของผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	ความสูงของผักบุ้งจีน (เซนติเมตร)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	1.6ab[1/]	11.6	18.7b[1/]	27.3
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	1.6ab	12.5	20.4ab	27.6
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	1.6ab	12.4	23.3ab	30.2
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	1.4ab	12.7	19.5b	28.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	1.7a	11.8	22.0ab	30.4
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	1.2b	13.5	23.7a	30.0
F-test	*	ns	*	ns
%CV	15.04	13.59	14.19	17.36

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 15 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นผักบุ้งจีน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) (ดังตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นผักบุ้งจีนอายุ 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นผักบุ้งจีน (เซนติเมตร)		
	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.4	0.5	0.7
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.4	0.6	0.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.4	0.5	0.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.4	0.5	0.7
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.4	0.6	0.8
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.4	0.6	0.8
F-test	ns	ns	ns
%CV	11.25	12.19	10.81

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

3.3 ความกว้างของใบผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 15 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีความกว้างของใบผักบุ้งจีน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) และ 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีความกว้างของใบมากที่สุดเท่ากับ 1.7 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น (P ≤ 0.05) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีความกว้างของใบน้อยที่สุด เท่ากับ 1.3 เซนติเมตร (ดังตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ความกว้างของใบผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	ความกว้างของใบผักบุ้งจีน (เซนติเมตร)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.6	1.0	1.3b[1/]	1.7
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.6	1.0	1.5ab	1.8
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.6	0.9	1.7a	1.9
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.6	1.1	1.5ab	1.8
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.5	0.9	1.6ab	2.0
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.6	1.0	1.7a	2.0
F-test	ns	ns	*	ns
%CV	9.70	12.30	16.65	18.95

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.4 ความยาวของใบผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) มีความยาวของใบมากที่สุด เท่ากับ 4.7 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีความยาวน้อยที่สุด เท่ากับ 4.1 เซนติเมตร ผักบุ้งจีนอายุ 15 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีความยาวของใบผักบุ้งจีน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ดังตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ความยาวของใบผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	ความยาวของใบผักบุ้งจีน (เซนติเมตร)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	4.4ab[1/]	11.2	14.4	17.0
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	4.7a	11.9	15.6	17.5
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	4.2b	10.8	16.7	17.9
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	4.4ab	12.3	14.7	17.0
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	4.3ab	12.2	15.5	17.6
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	4.1b	11.7	17.2	18.0
F-test	*	ns	ns	ns
%CV	9.86	8.81	16.97	10.73

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.5 น้ำหนักสดของรากผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีน้ำหนักสดของรากผักบุ้งจีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีน้ำหนักสดของรากมากที่สุด เท่ากับ 0.54 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ให้น้ำหนักสดของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 0.36 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ดที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีน้ำหนักสดของรากมากที่สุด เท่ากับ 1.36 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) ให้น้ำหนักสดของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 0.89 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ดที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 และ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดของรากมากที่สุด เท่ากับ 2.02 กรัม รองลงมาคือที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) เท่ากับ 1.88 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) ให้น้ำหนักสดของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 1.32 กรัม (ดังตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักสดของรากผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสดของรากผักบุ้งจีน (กรัม/ต้น)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.11	0.41b[1/]	0.89c[1/]	1.32b[1/]
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.11	0.44b	0.99bc	1.88a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.11	0.36b	1.12b	1.37b
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.11	0.43b	1.10b	1.71ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.11	0.54a	1.17b	2.02a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.11	0.45ab	1.36a	2.02a
F-test	ns	*	*	*
%CV	17.75	16.81	17.19	19.29

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.6 น้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีน้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีน้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 5.90 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) ที่ให้น้ำหนักสดของต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 4.70 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) และที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีน้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 12.77 และ 12.78 กรัม ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) ให้น้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนน้อยที่สุด เท่ากับ 8.56 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีน้ำหนักสของต้นผักบุ้งจีนมาที่สุดเท่ากับ 25.13 กรัม และไม่แตกต่างกับที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเท่ากับ 24.51 กรัม

แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนน้อยที่สุด 14.24 กรัม (ดังตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสดของต้นผักบุ้งจีน (กรัม/ต้น)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.52	4.70b[1/]	8.56b[1/]	14.24b[1/]
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.55	4.87b	9.85b	20.17ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.55	5.13b	9.77b	19.39ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.51	4.85b	10.75ab	19.63ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.52	5.90a	12.77a	25.13a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.51	5.44ab	12.78a	24.51a
F-test	ns	*	*	*
%CV	17.09	20.70	17.57	19.12

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.7 น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีน้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) ให้น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 0.057 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) มีน้ำหนักแห้งของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 0.045 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีน้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 0.207 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักแห้งของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 0.130 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) มี

น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 0.320 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P < 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักแห้งของรากน้อยที่สุด เท่ากับ 0.221 กรัม (ดังตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	น้ำหนักแห้งของรากผักบุ้งจีน (กรัมต่อต้น)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.011	0.046b[1/]	0.130c[1/]	0.221b[1/]
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.011	0.051ab	0.163b	0.320a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.009	0.045b	0.167b	0.237ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.010	0.048b	0.158b	0.261ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.010	0.057a	0.168b	0.294ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.009	0.050ab	0.207a	0.284ab
F-test	ns	*	*	*
%CV	17.47	17.49	19.84	19.00

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.8 น้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 7 วันหลังหว่านเมล็ด ทุกทรีตเมนต์มีน้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผักบุ้งจีนอายุ 15 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีน้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 0.516 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักแห้งของต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 0.408 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 21 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีน้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 1.288 กรัม และไม่แตกต่างกับที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 500 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) เท่ากับ 0.274, 0.271 และ 1.223 กรัม ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักแห้งของต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 0.962 กรัม ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด ที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัม

ต่อไร่ (T5) มีน้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนมากที่สุด เท่ากับ 2.159 กรัม และไม่แตกต่างกับที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) และที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) เท่ากับ 2.093 และ 2.016 กรัม ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทรีตเมนต์อื่น ($P < 0.05$) ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) มีน้ำหนักแห้งของต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 1.390 กรัม (ดังตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีนอายุ 7, 15, 21 และ 25 วันหลังหว่านเมล็ด

ทรีตเมนต์	น้ำหนักแห้งของต้นผักบุ้งจีน (กรัมต่อต้น)			
	7 วัน	15 วัน	21 วัน	25 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0.047	0.408b[1/]	0.962b[1/]	1.390b[1/]
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.048	0.420b	1.028ab	2.016a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.048	0.421b	1.223a	1.770ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.048	0.417b	1.274a	1.738ab
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.048	0.516a	1.271a	2.159a
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.047	0.451b	1.288a	2.093a
F-test	ns	*	*	*
%CV	17.26	19.20	18.64	18.61

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.9 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนอายุ 25 วันหลังหว่านเมล็ด เมื่อเก็บเกี่ยวพบว่าทุกทรีตเมนต์ให้น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของผักบุ้งจีน

ทรีตเมนต์	น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	4,850
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	5,408
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	5,041
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	5,358
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	5,550
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	5,508
F-test	ns
%CV	28.25

หมายเหตุ คิดการปลูกผักบุ้งจีนเต็มพื้นที่ 1 ไร่

4. ค่าปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีน

ค่าปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีนแต่ละทรีตเมนต์ต่อตารางเมตร พบว่าผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) มีค่าใช้จ่ายสูงที่สุด เท่ากับ 0.84 บาทต่อตารางเมตร หรือคิดเป็นต่อไร่ เท่ากับ 2,100 บาท ส่วนผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1) ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เท่ากับ 0 บาทต่อตารางเมตร (ดังตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 ค่าปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีน

ทรีตเมนต์	ค่าใช้จ่ายต่อตารางเมตร (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อไร่ (บาท)
ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและตะกอนบ่อบำบัด (T1)	0	0
ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)	0.26	650
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)	0.12	300
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)	0.36	900
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)	0.60	1,500
ใส่ตะกอนบ่อบำบัด อัตรา 700 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)	0.84	2,100

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การใช้ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันรำข้าวในการปลูกผักบุ้งจีน ผู้วิจัยได้นำเสนอในประเด็นที่สำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย และอภิปรายผล

1.1 ผลการศึกษาผลของตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวต่อการสะสมโลหะหนักในดินและผักบุ้งจีน

1.1.1 ผลของตะกอนบ่อบำบัดต่อการสะสมโลหะหนักในดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกผักบุ้งจีน พบว่าปริมาณแคดเมียมมีค่าสูง 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐาน จึงส่งผลให้ดินหลังปลูกมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งตะกอนบ่อบำบัดมีปริมาณแคดเมียม เท่ากับ 0.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าค่ามาตราฐาน จากผลการวิเคราะห์ในดินที่มีการใส่ตะกอนบ่อบำบัด มีปริมาณแคดเมียมสูงไม่ต่างจากดินก่อนปลูก ดังนั้นการจะปลูกพืช ควรมีการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกอย่างสม่ำเสมอ

1.1.2 ผลของตะกอนบ่อบำบัดต่อการสะสมโลหะหนักในผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีนที่ให้ปุ๋ยยูเรีย 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสะสมโลหะหนักของตะกั่วสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งตะกั่วมีการนำมาใช้ในรูปแบบของปุ๋ยและสารเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2541) จึงทำให้พบการสะสมปริมาณตะกั่วในผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และพบในทุกทรีตเมนต์มีค่าโครเมียมที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ที่กำหนดโดยมาตรฐานแห่งชาติสาธารณรัฐประชาชนจีน (National Standard of the People's Republic of China) ซึ่งมีการกำหนดค่าโครเมียม เท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การศึกษาโลหะหนักในผักบุ้งจีน พบว่าทุกทรีตเมนต์มีปริมาณโครเมียมที่สูงเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ในดินก่อนปลูกและตะกอนบ่อบำบัด พบว่าดินก่อนปลูกมีปริมาณโครเมียม เท่ากับ 27.351 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกอนบ่อบำบัดมีปริมาณโครเมียม เท่ากับ 76.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับมาตรฐานพบว่าปริมาณโครเมียมน้อยกว่าค่ามาตรฐาน แต่เมื่อเทียบกับมาตรฐานในอาหารพบว่ามีปริมาณโครเมียมสูง จากการศึกษาของวรกาย อุส่าห์ (2541) พบว่าโครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว มีการ

สะสมในส่วนของลำต้นเหนือดินมาก อาจเนื่องมาจากธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้ มีการเคลื่อนย้ายได้ดีในท่อน้ำ และผักบุ้งจีนได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ พบปริมาณตะกั่วมีค่าเกินค่ามาตราฐาน จากการวิจัยของวรกาย อุส่าห์ และคณะ (2542) มีการใช้ดินผสมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน พบปริมาณตะกั่วในผักบุ้งจีนเหนือดิน มีปริมาณตะกั่วสูงเกินค่ามาตรฐาน และตะกั่วมีการสะสมในรากมากที่สุด รองลงมา คือ ลำต้นแก่ ลำต้นแขนง ใบและยอด (วีรยาภรณ์ รัตนไพบูลย์, 2558) ส่วนของปริมาณโลหะหนักอื่นๆ ทุกทรีตเมนต์มีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐาน

1.2 ผลการศึกษาของตะกอนบ่อบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน

การให้ตะกอนบ่อบำบัด 500 และ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างกับผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังเก็บเกี่ยวผักบุ้งจีนอายุ 25 วัน มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม เพิ่มสูงขึ้น ตะกอนบ่อบำบัดช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งตะกอนบ่อบำบัดที่นำมาใช้มีอินทรียวัตถุสูง เท่ากับ 68.1% ทำให้ดินโปร่งและร่วนซุย ระบบรากสามารถชอนไชดินได้ง่าย ช่วยเพิ่มพื้นที่การหาอาหารได้ (พัชรี ธีรจินดาขจร, 2549) หากมีการใช้ตะกอนบ่อบำบัดอย่างต่อเนื่องช่วยปรับโครงสร้างดิน ลดความหนาแน่นของดิน เพิ่มความพรุนของเม็ดดินและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ซึ่งช่วยในการยึดธาตุอาหารของพืชไว้ได้ดี (อานุช แก้ววงค์, 2549) ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่าง ในดินแปลงที่มีการใส่ตะกอนบ่อบำบัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 5.5 เป็น 5.6-5.8 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (พัชรี ธีรจินดาขจร, 2549) และจากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในตะกอนบ่อบำบัด พบไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 4.7 ฟอสเฟตทั้งหมด ร้อยละ 3.2 โพรแทสทั้งหมด ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้พืชใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งในปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยดูดยึดธาตุอาหารต่างๆ เอาไว้ไม่ให้สูญเสียไปจากดินได้โดยง่าย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน (บัญชา รัตนีทู, 2555)

1.3 ค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ยและตะกอนบ่อบำบัดในการปลูกผักบุ้งจีน

พบว่าผักบุ้งจีนที่ได้รับตะกอนบ่อบำบัดในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตเท่ากับ 5,550 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าใช้จ่ายตะกอนบ่อบำบัด เท่ากับ 0.60 บาทต่อตารางเมตร หรือเท่ากับ 1,500 บาทต่อไร่ ซึ่งผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับผักบุ้งจีนได้รับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเท่ากับ 5,408 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.26 บาทต่อตารางเมตร หรือเท่ากับ 650 บาทต่อไร่ ซึ่งการใช้ตะกอนบ่อบำบัดมีผลต่างกับการใช้ปุ๋ยยูเรีย เท่ากับ 850 บาทต่อไร่ ซึ่งของตะกอนบ่อบำบัดมีต้นทุนที่สูงกว่า ถึงแม้ปุ๋ยเคมีจะมีต้นทุนที่ถูกกว่า ก็ยังพบผลกระทบเมื่อใช้เป็นเวลานานและไม่ได้มีการบำรุงดิน ซึ่งปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติช่วยให้ดินโปร่ง และหากใช้ในปริมาณที่มาก

ติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้ดินเป็นกรดมากขึ้น ทำให้ดินเสื่อมสภาพ และหากผู้ใช้ไม่มีความรู้ความเข้าใจถึงวิธีการใช้ อาจทำให้เกิดอันตรายต่อต้นพืชได้ หากใส่ติดโคนต้นจนเกินไป (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) แต่อย่างไรก็ตามในตะกอนบ่อบำบัดมีค่าอินทรียวัตถุสูง 68.1%หากมีการใช้ตะกอนบ่อบำบัดอย่างต่อเนื่องจะช่วยปรับโครงสร้างดินให้ดีขึ้น ลดความหนาแน่นของดิน เพิ่มความพรุนของเม็ดดินและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ซึ่งช่วยในการยึดธาตุอาหารของพืชไว้ได้ดี (อานุช แก้ววงค์, 2549) จากการศึกษาของ บัญชา รัตนีทู (2555) พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในระยะยาว จะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งในช่วงแรกของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อาจทำให้ผลผลิตไม่มากนัก แต่ในระยะยาวแล้ว ผลผลิตจะสูงขึ้น เนื่องจากสมบัติของดินดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 การปลูกผักปลอดภัย ต้องมีการวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนปลูก เนื่องจากพื้นที่นั้นอาจมีการสะสมโลหะหนักในดิน

2.2 ควรศึกษาผลกระทบของตะกอนบ่อบำบัดต่อดินในระยะยาว ในด้านสมบัติของดินและการสะสมของโลหะหนักในดิน เนื่องจากตะกอนบ่อบำบัดมีโลหะหนักบางชนิดปะปนอยู่ เมื่อมีการใช้ตะกอนบ่อบำบัดเป็นเวลานาน อาจเกิดการสะสมโลหะหนักในดิน จึงควรมีการวิเคราะห์โลหะหนักในดินอย่างสม่ำเสมอ

2.3 ควรศึกษาตะกอนบ่อบำบัดต่อการเจริญเติบโตกับพืชชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ตะกอนบ่อบำบัดต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง. (2558, 28 สิงหาคม). โลหะหนัก. *กรมประมง,*น.1-3 สืบค้นจาก http://www.fisheries.go.th/quality/KM.php

กรมพัฒนาที่ดิน. (ม.ป.ป.). ความรู้เรื่อง ดิน สำหรับเยาวชน (ฉบับปรับปรุงที่ 2). *กรุงเทพฯ,* สืบค้นจาก http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/pdf/D_easysoils_editvol2.pdf

กรมส่งเสริมการเกษตร. (ม.ป.ป.). ผักบุ้งจีนพืชสร้างรายได้งาม. *กรุงเทพฯ*, น. 1-2 สืบค้นจาก http://www.ldd.go.th/menu_Dataonline/G8/G8_09.pdf

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555, กุมภาพันธ์). คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน. *กรุงเทพฯ,*น. 4-21. สืบค้นจาก www2.diw.go.th/iwmb/form/iwd040_ผนวก%20ค_คู่มือ3Rs.pdf

เครือวัลย์ บุญเงิน, จันทนา ใจจิตร, ศักดิ์ดา เสือประสงค์, อรัญญา ภู่วิไล และ มณฑาทิพย์ อรุณวรากรณ์. (2556). ศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมในการผลิตพืชผักอินทรีย์ภาคกลางและภาคตะวันตก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5. หน้าที่ 19

ชุลีกร ธนธิติกร. (2554, 11 มิถุนายน). Chromium. มูลนิธิสัมมาอาชีวะ สืบค้นจาก http://www.summacheeva.org/index_thaitox_chromium.htm

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์. (2539). ผักบุ้งจีน. กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร. กันยายน 2539.

ดวงกมล คำสอน และชมพูนุท ไชยรักษ์. (2556). การดึงดูดโลหะหนักของทานตะวันที่ปลูกในดินปนเปื้อนสังกะสี ตะกั่ว และทองแดง. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 41*(2), 468-475.

ดวงกมล วิรุฬห์อุดมผล และ รัชนีกร มิ่งขวัญ. (2548). *โลหะหนัก*. [แผ่นพับ]. คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยามหิดล.

บุญชัย ไหลชลธารา. (2554). ผลของกากชูรสที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า. น. 311-326. ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย. “มสธ. วิจัย ประจำปี 2554”

เบญจมาศ อุ่นศรี. (2558). การดูดซึมโลหะหนักของผักกาดเขียวปลีตามระยะการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของโลหะหนักในดินร่วนปนทราย. สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2548). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. (2558). ผลกระทบต่อสุขภาพจากโลหะหนัก : สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัชรี ธีรจินดาขจร. (2550). pH ของดินกับความต้องการปูนของดินกรด. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์, 52*(3), 73-84.

พัชรี ธีรจินดาขจร. (2549). ดินดีเมื่อมีอินทรียวัตถุ. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ, 14*(3), 11-16.

พระราชบัญญัติ ปุ๋ย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐

นันทฤทธิ์ โชคถาวร และ ไมตรี สุทธจิตต์. (2545). อันตรายและความเป็นพิษของสารหนู. พิษวิทยาสาร ปีที่ 12 ฉบับที่ 1

นรีลักษณ์ ชูวรเวช. (2552). เอกสารวิชาการ เรื่องควรรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. น. 2-7.

วรกาย อุส่าห์, สามัคคี บุณยะวัฒน์, วิชา นิยม และ วีระศักดิ์ อุดมโชค. (2542). ปริมาณโลหะหนักในพืชที่ปลูกโดยใช้วัสดุปลูกผสมระหว่างดินและกากตะกอนน้ำเสียในท้องที่จังหวัดเพชรบุรี. น.451-455 การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37.

วีระยาภรณ์ รัตนไพบูลย์, นฤชิต ดำปิน และเกษม จันทร์แก้ว. (2558). ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้งจีน (Ipomuea aquatic Forsh) ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23*(1), 82-93.

สถาบันอาหาร. (2547). เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีทดสอบทางเคมี. รุ่นที่ 1/2547. สถาบันอาหาร. กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. (2541). มลพิษสิ่งแวดล้อม.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 367-370.

สายชล พรมีอยู่, อัจฉรา จิตตลดากร และหฤษฎี ภัทรดิลก. (2555). ผลของการใช้มูลวัว ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุ้งจีน. น. 1-12 ใน: การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. *ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ*. 16 กุมภาพันธ์ 2529, เล่มที่ 103 ตอนที่ 23 พ.ศ. 2529, หน้า 16-17.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2559) เอกสารประกอบการอบรมการวิเคราะห์และปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร สืบค้นวันที่ 6 สิงหาคม 2560 http://www.clinictech.most.go.th/online/filemanager/fileclinic/F1/files/20160215content%20organic%20farming.pdf

ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. (2548). ความเป็นพิษของทองแดง. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษสาระสังเขป ออนไลน์ วันที่ 20 เมษายน 2559 http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_fertilizer.htm

หมอชาวบ้าน. (2550). ปรอท ตะกั่ว สารหนู โลหะหนักภัยใกล้ตัว. *บทความสุขภาพ* เล่มที่ 334 กุมภาพันธ์ 2550 https://www.doctor.or.th/article/detail/4102

อานุช แก้ววงค์. (2548). ประโยชน์จากตะกอนนาเสียชุมชน. *วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ, 2*(2), 34-43.

Hunt, R. (1978). *Plant growth analysis*. Edward Arnold : London.

Ministry of Health of the People's Republic China. (2013). National food safety standard maximum levels of contaminants in food. National Standard of the People's Republic of China: 2-7.

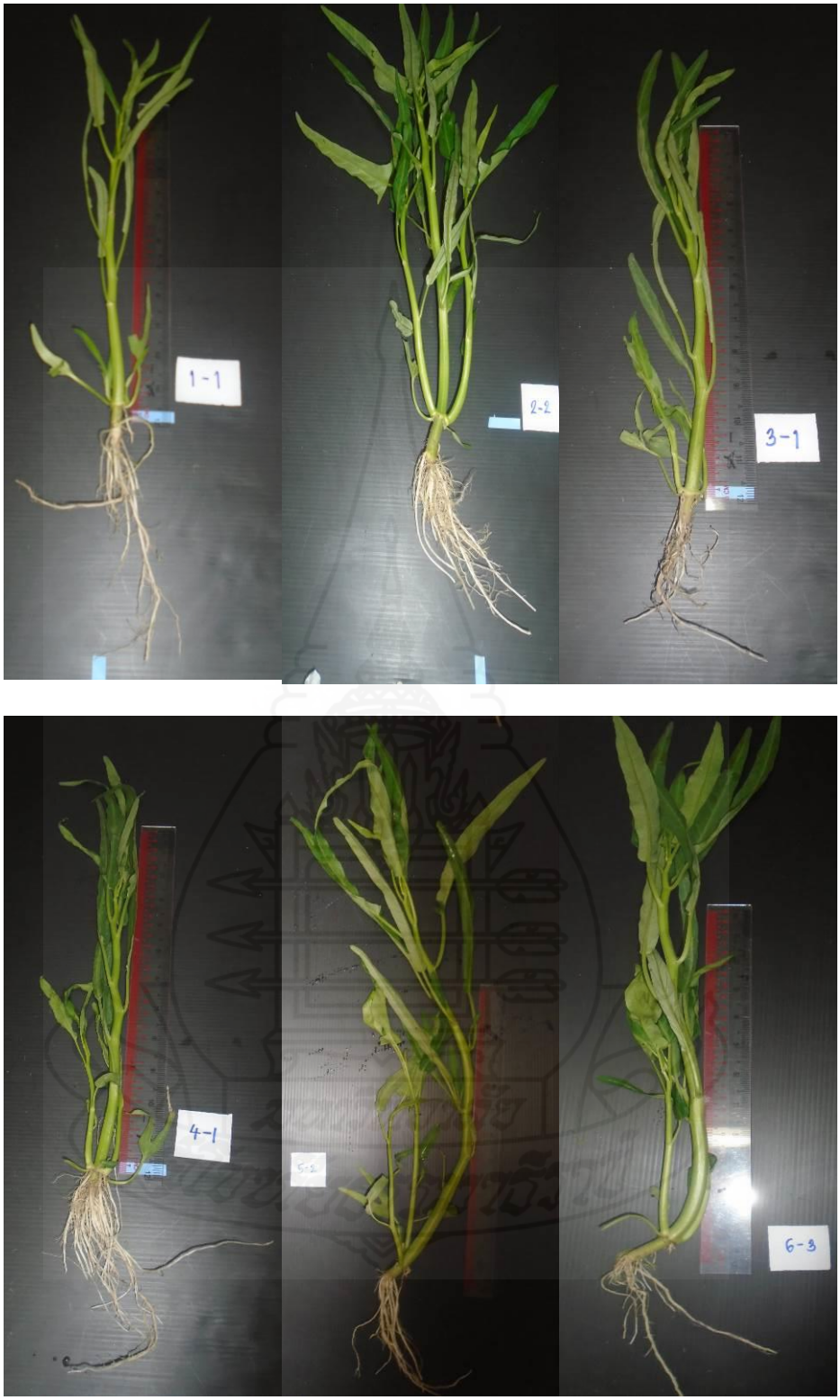
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพการทดลอง

ภาพที่ 1 สภาพแปลงทดลอง

ภาพที่ 2 ผักบุ้งจีน 7 วันหลังหว่าน



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผักบุ้งจีน อายุ 25 วันหลังหว่าน

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ต้นทุน

ตารางการคำนวณค่าใช้จ่ายการผลิตผักบุ้งจีนต่อตารางเมตร

รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาท) ต่อทรีตเมนต์/แปลง					
	1	2	3	4	5	6
ค่าเช่าที่ 25 บาท / 12 ตารางเมตร	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
ฝักบัวรดน้ำ 200 บาท	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11
เมล็ดพันธุ์ 120 บาท	6.66	6.66	6.66	6.66	6.66	6.66
ค่าแรง 300 บาท	16.66	16.66	16.66	16.66	16.66	16.66
ปุ๋ย / ตะกอนบ่อบำบัด	0	0.26	0.12	0.36	0.6	0.84
รวมค่าใช้จ่าย (ทั้งหมด/แปลง 0.64 ตารางเมตร)	35.81	36.07	35.93	36.17	36.41	36.65
รวมค่าใช้จ่าย (ทั้งหมด/แปลง 1 ตารางเมตร)	55.95	56.36	56.14	56.52	56.89	57.27
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	3.03	3.34	3.12	3.34	3.47	3.44
ค่าตอบแทน (บาท)	45.45	50.10	46.80	50.10	52.05	51.60

**ผักบุ้งจีน ราคา 15 บาทต่อกิโลกรัม ราคา ณ เดือนพฤษภาคม 2559 ตลาดสี่มุมเมือง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสวลี สวัสดิ์แก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	6 สิงหาคม 2532
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ.2555
สถานที่ทำงาน	บริษัท ไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด 38 หมู่ 9 ถนน สามโคก – เสนา ตำบลบางไทร อำเภอ บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13190
ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ