หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องเป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง

ผู้วิจัย นายวิชาวุธ พงศ์ธำรง **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ศริศักดิ์ สุนทรไชย (2) รองศาสตราจารย์ สมทรง อินสว่าง (3) อาจารย์ ศักดา ศรีนิเวศน์ **ปีการศึกษา** 2545

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) การนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรืองได้ (2) หาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุปลูกระหว่างดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ทำให้ต้นบานชื่นและดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดี

การวิจัยเป็นการทดลองในเรือนเพาะชำ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจากจังหวัดระยองมาผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยปริมาตร มาทดลองปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ จำนวน 5 ชุดการทดลองตามอัตราส่วนต่าง ๆ 5 อัตราส่วน ได้แก่ ชุดดินที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 75 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 25 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อย่างเดียว จำนวน 5 ซ้ำ แล้วทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดลำต้น จำนวนใบและจำนวนดอก โดยใช้เวอร์เนียและตลับเมตร และวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าหาความแปรปรวนทางเดียว

การทดลองพบว่า (1) กากตะกอนจากบ่อหมักสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง (2) กากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรืองได้ดีตามอัตราส่วนผสมที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากขึ้น

คำสำคัญ กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย โรงงานอาหารกระป๋อง บานชื่น ดาวเรือง

Thesis title : UTILIZATION OF SLUDGE FROM WASTEWATER TREATMENT PLANT OF A CANNED FOOD FACTORY AS GROWING MEDIA FOR *Zinnia elegans* AND *Tagetes erecta*

Researcher : Mr. Wichawut Pongtumrong : **Degree** : Master of Public Health (Industrial Environment Management); **Thesis Advisors**: (1) Dr. Sarisak Soontornchai, Associate Professor; (2) Somsong Insawang, Associate Professor; (3) Mr. Sakda Sinives, **Academic year** : 2002

ABSTRACT

The objectives of this research were (1) to use sludge from wastewater treatment plant of a canned food factory as growing media for *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta;* and (2) to find out the suitable ratio of growing media between low humus soil and sludge for the best growth of *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta.*

This experimental research was conducted in greenhouse by using sludge from wastewater treatment system of a canned food factory mixed with low humus soil from Rayong Province at various ratios for growing *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta.* The experiment was Completely Randomized Design at 5 ratios including sludge only, low humus soil 25 part and sludge 75 part by volume, low humus soil 50 part and sludge 50 part by volume, low humus soil 75 part and sludge 25 part by volume, and low humus soil only. All ratios were repeated 5 times. Growth rate of the plants was recorded in terms of height, size of stem, number of leaves and flowers. The instruments used were vernia and meter casket. The statistical analysis used was one-way ANOVA.

The results of the study were found that (1) the sludge from the fermentation tank could be used as growing media for *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta;* (2) the sludge from wastewater treatment plant of the factory could be used as growing media for *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta* at higher ratios of the sludge in growing media.

Keywords : wastewater treatment sludge, a food canned factory, *Zinnia elegans*, *Tagetes erecta*

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ ด้วยการให้คำปรึกษาและแนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ศริศักดิ์ สุนทรไชย ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ สมทรง อินสว่าง อาจารย์ ศักดา ศรีนิเวศน์ กรรมการที่ปรึกษา รวมทั้งคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความสมบูรณ์และสำเร็จได้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้จัดการ บริษัท อิสเทิร์น ดีไลท์ฟู้ดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างดิน

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน เขต 2 จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ คำปรึกษาแนะนำ โดยเฉพาะ คุณแม่สมศรี และคุณพ่อวิทยา พงศ์ธำรง พี่สาว น้องชาย และหลาน ๆ ที่เป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา ตลอดจนบุคคลอื่นที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนให้การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

วิชาวุธ พงศ์ธำรง

พฤษภาคม 2547

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…….. ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…… จ
กิตติกรรมประกาศ…… ฉ
สารบัญตาราง……... ฌ
สารบัญภาพ…….. ญ

บทที่1 บทนำ……..…… 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……..…….. 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย…….…….…… 3
สมมติฐานการวิจัย……..……... 4
ขอบเขตการวิจัย……..……... 4
นิยามศัพท์เฉพาะ……..…… 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..…….…… 5
บทที่2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง……..……..... 6
นิยาม แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการปลูกไม้ดอก.....…… 6
นิยาม แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย.....…… 17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย.....… 20
บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย……..... 23
รูปแบบของการวิจัย.....…….. 23
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง……..…….. 23
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย……..…….…. 23
การเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการวิจัย……..……..…….. 23
การวิเคราะห์ข้อมูล……..……... 24
บทที่4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล……..... 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 44
สรุปการวิจัย..... 44
อภิปรายผล..... 46
ข้อเสนอแนะ..... 48
บรรณานุกรม..... 50
ภาคผนวก..... 53
ก. วิธีการวิเคราะห์..... 54
ข. ผลวิเคราะห์..... 67
1. ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ.....
1.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย..... 68
1.2 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ..... 69
1.3 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักของกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย..... 70
2. ผลวิเคราะห์การทดลองปลูกบานชื่น..... 71
3. ผลวิเคราะห์การทดลองปลูกดาวเรือง..... 75
4. ภาพต้นบานชื่น 66 วัน และภาพต้นดาวเรือง 97 วัน..... 79
ค. หนังสือขอความอนุเคราะห์..... 80
ประวัติผู้วิจัย..... 82

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นบานชื่นกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 28
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 29
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดลำต้นของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 30
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 31
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกของต้นบานชื่นกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 32
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นบานชื่นกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 33
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบของต้นบานชื่นกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 34
ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นบานชื่นกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 35
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 36
ภาพที่4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 37
ภาพที่4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 38
ภาพที่4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 39
ภาพที่4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกของต้นดาวเรืองกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน..... 40

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นดาวเรืองกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน……. 41
ภาพที่4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบของต้นดาวเรืองกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน……... 42
ภาพที่4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นดาวเรืองกับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน……. 43

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยในการตัดสินใจนำกากตัวทำละลายหมุนเวียนใช้ภายในแหล่งกำเนิด..... 19
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในดินอุดมสมบูรณ์ต่ำและกากตะกอน บำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง……..…. 26
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักของตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง 26
ตารางที่ 4.3 ความสูงของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน.....…. 28
ตารางที่ 4.4 ขนาดลำต้นของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน..... 30
ตารางที่ 4.5 จำนวนดอกของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน..... 32
ตารางที่ 4.6 จำนวนใบของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน.....… 34
ตารางที่ 4.7 ความสูงของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน……... 36
ตารางที่ 4.8 ขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน..... 38
ตารางที่ 4.9 จำนวนดอกของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน..... 40
ตารางที่ 4.10 จำนวนใบของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน..... 42

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็ว ยังผลให้เกิดการปลดปล่อยมลภาวะต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิต หรือแม้แต่การใช้พลังงานในการแปรรูปผลผลิต ล้วนก่อให้เกิดปัญหาด้านมลพิษแก่สิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น มลภาวะอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาแก่สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน คือ ปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดจากการผลิตของโรงงาน โดยน้ำที่ผ่านการใช้จากกระบวนการผลิตแล้วจะเป็นส่วนที่เรียกว่าน้ำทิ้ง หากเราปล่อยน้ำทิ้งเหล่านี้ไว้เฉย ๆ โดยไม่มีการบำบัดที่ดีก็จะเกิดการเน่าเสียกลายเป็นน้ำเน่า หรือหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ มลสารจากน้ำเสียเหล่านี้จะทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดการเน่าเสียได้ด้วย

ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรม จึงต้องมีการทำระบบบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ก่อนที่จะระบายลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น และจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน อุตสาหกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดส่วนของกากตะกอน (Sludge) ขึ้นด้วย กากตะกอนน้ำเสียเหล่านี้จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบ ขั้นตอนและวิธีการบำบัดของแต่ละโรงงาน ซึ่งหากโรงงานไม่สามารถนำตะกอนเหล่านี้ไปกำจัดให้ถูกวิธีหรือไม่นำไปใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมก็จะก่อให้เกิดปัญหาในการทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษเช่นเดียวกับน้ำเสีย จึงควรได้มีการศึกษาถึงวิธีการนำกากตะกอนเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือการกำจัดให้ถูกวิธี ซึ่งวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสียนำมาเป็นวัสดุปลูกพืช

เนื่องจากกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติและองค์ประกอบที่มีความเหมาะสมในการช่วยให้พืชเจริญเติบโตหากเรานำตะกอนน้ำเสียเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ก็จะลดปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง และยังช่วยลดปัญหาสภาพแวดล้อมเป็นพิษได้อีกด้วย

นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรงต่อเกษตรกร เนื่องจากในแง่ของการใช้กากตะกอนเป็นวัสดุปลูกพืช โดยเฉพาะพืชพวกไม้ดอกไม้ประดับที่มีระบบรากตื้น น่าจะเป็นประโยชน์จากแร่ธาตุอาหารที่มีอยู่ในกากตะกอนน้ำเสียของแต่ละโรงงานที่นำมาทดสอบได้ดีกว่าการนำต้น

ไม้ชนิดอื่น ๆ มาทดลองและยังเป็นพืชที่ดูแลรักษาง่าย มีดอกที่สวยงามและโรคที่เกิดกับพืชพวกนี้มีน้อยอีกด้วย

กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรคือ ส่วนของตะกอนที่เกิดจากระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ถ้าไม่มีการบำบัดที่ถูกต้อง น้ำเสียที่ออกจากโรงงาน อุตสาหกรรมโดยไม่มีการบำบัดที่เหมาะสมในการกำจัดสิ่งสกปรกออกเสียก่อนจะทำให้เกิดมลพิษได้ ซึ่งแหล่งของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดน้ำเสียนั้นมีส่วนมาจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และน้ำตาล ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ง่ายและยังพบว่าสามารถนำไปใช้เป็นอาหารจุลินทรีย์ได้

มีรายงานว่าสารอินทรีย์ต่าง ๆ มาจากผลิตผลทางการเกษตร (Agricultural Organic Wastes) สามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ได้โดยใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาชีวเคมีกับสารเคมีได้พลังงานในการดำรงชีวิต จุลินทรีย์จึงขยายพันธุ์ในน้ำที่มีสารอินทรีย์ดังกล่าวได้ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเสีย ดังนั้นกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้ออกกฎให้โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียและมีการประเมินคุณภาพน้ำเสมอ สำหรับประเทศไทยมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ว่าน้ำเสียที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีลักษณะคือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 5-9 สารแขวนลอยเจือปน (Suspended Solids) 30 มิลลิกรัมต่อลิตร สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) รวมไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร สีต้องมีความเจือจาง กลิ่นต้องไม่เป็นที่เดือดร้อนรำคาญ

การที่น้ำออกจากโรงงานจะมีคุณสมบัติดังกล่าวได้จะต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อน วิธีการบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธี เช่น แอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) คลองวนเวียน (Oxidation Ditches), บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoons) และ ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters) เป็นต้น

กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรนั้น ปกติแล้วจะได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งจะทำให้ลักษณะของกากตะกอนมีความแตกต่างกันด้วย ขึ้นกับชนิดของโรงงานและคุณสมบัติของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

โดยทั่วไปน้ำเสียที่ระบายจากบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรมจะมีปริมาณของสารประกอบทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รวมทั้งสารที่อาจเป็นสารพิษหรือปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อผ่านการบำบัดแล้วจะได้กากตะกอนน้ำเสียที่มีลักษณะต่างกัน

การปลูกพืชโดยเฉพาะไม้ดอกไม้ประดับในกระถาง นับวันยิ่งเพิ่มบทบาทความสำคัญมากขึ้น ไม่ว่าในด้านการค้าหรือจัดประดับสถานที่เพื่อความสวยงาม ด้วยเหตุนี้ความต้องการวัสดุปลูก สำหรับการปลูกพืชในกระถางจึงเพิ่มตามไปด้วย ดังนั้นวัสดุปลูกและธาตุอาหารสำหรับไม้กระถางจึงมีความสำคัญมาก วัสดุปลูกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและความเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ในอดีตการปลูกพืชในกระถางนิยมใช้ดินชั้นบนเป็นวัสดุปลูก และพบปัญหาว่า พืชจะมีการเจริญเติบโตไม่ดี เนื่องจากดินเกิดการสูญเสียคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการ ดังนั้นนักปลูกเลี้ยงต้นไม้และนักวิจัยจึงได้พยายามค้นหาอินทรียวัตถุและอนินทรียวัตถุชนิดต่าง ๆ มาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ต่อมาพบว่าวัสดุปลูกที่ปราศจากส่วนผสมของดิน (Soilless Mixes) สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกในกระถางได้ผลดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากมีความสม่ำเสมอที่ดีกว่าดิน การประเมินการให้น้ำและปุ๋ยสามารถกระทำได้ง่าย อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา สะดวกในการขนย้ายและปราศจากศัตรูพืชที่อาจติดมากับวัสดุดังกล่าว ตัวอย่างของอินทรียวัตถุที่ใช้กันมากคือ พีท (Peat) เปลือกไม้บด (Shredded Bark) เปลือกถั่วบด (Shredded Hulls) ขี้เลื่อย (Sawdust) แกลบผุ (Rice Hulls) และกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนอนินทรียวัตถุที่ใช้กันมากคือ ทราย (Sand) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) และพลาสติกไฟเบอร์ (Plastic Fiber) ในประเทศไทยการศึกษาด้านนี้ยังไม่แพร่หลายมากนัก แต่ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งไปที่การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง มาคลุกเคล้ากับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยปริมาตรเพื่อเป็นวัสดุปลูก ซึ่งในทางการจัดการสิ่งแวดล้อม และทางการเกษตรยังไม่มีผู้ใดศึกษามากนัก จึงเป็นโอกาสดีที่จะได้ทำการศึกษาเพื่อหาชนิดของวัสดุเหลือใช้ในการดัดแปลงเป็นวัสดุปลูกต่อไป อีกทั้งเป็นการจัดการวัสดุที่เหลือใช้ที่เหมาะสมแทนที่จะนำไปกำจัดโดยวิธีอื่นที่ให้คุณค่า และประโยชน์น้อยกว่า อีกทั้งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหามลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกสำหรับต้นบานชื่นและดาวเรืองได้

2.2 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุปลูกระหว่างดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำให้ต้นบานชื่นและดาวเรืองเจริญเติบโตดีที่สุด

3. สมมติฐานการวิจัย

3.1 การปลูกบานชื่นหรือดาวเรืองในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน จะมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

3.2 การใช้วัสดุปลูกที่มีกากตะกอนระบบบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนผสมมีผลให้การเจริญเติบโตของบานชื่นและดาวเรืองดีกว่าไม่มีกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนผสม

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ศึกษาการใช้กากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอาหารกระป๋องมาเป็นวัสดุใช้ในการปลูกบานชื่นและดาวเรือง

1.2 ช่วงระยะเวลาการศึกษาทดลองการปลูกบานชื่น (วันที่ 11 มีนาคม 2546 ถึง วันที่ 7 พฤษภาคม 2546) และดาวเรือง (วันที่ 20 พฤษภาคม 2546 ถึง วันที่ 18 สิงหาคม 2546)

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 **การเจริญเติบโต** หมายถึง การเพิ่มขึ้นของความสูงและขนาดของลำต้น จำนวนของใบและดอก

5.2 **วัสดุปลูก** หมายถึง กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องที่ตากให้แห้ง มีส่วนผสมดังนี้

5.1.1 ชุดทดลองที่ 1 ชุดดินที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว

5.1.2 ชุดทดลองที่ 2 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วน โดยปริมาตร

5.1.3 ชุดทดลองที่ 3 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร

5.1.4 ชุดทดลองที่ 4 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 75 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 25 ส่วน โดยปริมาตร

5.1.5 ชุดทดลองที่ 5 ชุดดินที่มีดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำอย่างเดียว

5.3 **ต้นกล้า** หมายถึง ต้นบานชื่น หรือต้นดาวเรืองที่ผ่านการเพาะเมล็ดประมาณ 1 สัปดาห์ โดยมีความสูงของลำต้น จำนวนของใบและดอก รวมทั้งขนาดใบและดอก เท่ากันหมด

5.4 **ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ** หมายถึง ดินที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมีธาตุอาหารที่ จำเป็นต่อพืชน้อย

6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 เป็นแนวทางในการลดปัญหามลภาวะที่เกิดจากกากตะกอนของเสียจากโรงงานอาหารกระป๋อง

6.2 เป็นแนวทางในการนำกากตะกอนของเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เช่น ไม้ตัดดอก เป็นต้น

6.3 เป็นแนวทางในการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมการเกษตรหรืออุตสาหกรรมอาหารอื่น ๆ ต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. นิยาม แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการปลูกไม้ดอก

1.1 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกไม้ดอก

1.1.1 แสงสว่าง (Light)

แสงสว่างมีความสำคัญยิ่งต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชนับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอก การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) การสร้างฮอร์โมนในพืช การสร้างเม็ดสี ตลอดจนการออกดอกออกผลและอื่น ๆ ที่มาของแสงสว่างอาจจำแนกได้ 2 ทาง ดังนี้

1) จากดวงอาทิตย์ (Sunlight)

2) แสงที่มนุษย์สร้างขึ้น (Artificial Light)

แสงสว่างที่ได้จากดวงอาทิตย์และแสงที่มนุษย์สร้างขึ้นมีความแตกต่างกันในเรื่องความเข้มของแสงทั้งในเรื่องความเข้มของแสง (Intensity) ช่วงแสง (Duration) และคุณภาพ (Quality) ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ย่อมจะมีอิทธิพลหรือมีบทบาทต่อต้นพืชแตกต่างกันออกไป

ถ้าความเข้มข้นของแสงมากขึ้น โดยปกติแล้วจะทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นด้วย ในการปลูกไม้ดอกส่วนมากมักจะเกิดปัญหาเรื่องการวางกระถางชิดกัน ทำให้พุ่มใบชนและซ้อนกัน บังแสงแดดซึ่งกันและกัน ฉะนั้นถ้าได้มีการเพิ่มความเข้มของแสงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะช่วยให้ไม้ดอกได้รับการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นด้วย ไม้ดอกแต่ละชนิดต้องการความเข้มของแสงแตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น สิ่งที่ตามมาก็คืออุณหภูมิ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำหรือความชื้นตามไปด้วย

1.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของไม้ดอก ตลอดจนปริมาณของดอกด้วย เช่น กุหลาบ ถ้าปลูกในที่ ๆ สามารถปรับอุณหภูมิกลางคืนประมาณ 60 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้จำนวน ขนาด ความแข็งแรงของก้าน สีสรรของดอกดีที่สุด ถ้าอุณหภูมิกลางคืนสูงขึ้นกว่านี้ จำนวนดอกจะเพิ่มขึ้น ขนาดดอกเล็กลง สีดอกจางลงและกลีบดอกบาง อีกทั้งก้านดอกอ่อนด้วย แต่ถ้าอุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่า 60 องศาฟาเรนไฮต์ ทำให้สี

ดอกเข้มขึ้น ก้านดอกแข็ง แต่จำนวนดอกน้อยลง ไม้ดอกอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน และอุณหภูมิที่พอเหมาะ (Optimum Temperature) ของดอกไม้แต่ละชนิดย่อมแตกต่างกันออกไป

อุณหภูมิในดิน (Soil Temperature) มีผลต่อการดูดน้ำและอาหารมาก ถ้าอุณหภูมิในดินต่ำ จะทำให้การดูดซับน้ำ (Absorption) ลดลง ต้นพืชจะเหี่ยว นอกจากนั้นแล้วการเจริญของจุลินทรีย์ในดินจะลดลงด้วยเป็นผลให้อินทรีย์วัตถุในดินสลายตัวได้ช้า เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชน้อย

1.1.3 น้ำและการให้น้ำ (Water & Irrigation)

1) ความสำคัญของน้ำ บทบาทของน้ำต่อการมีชีวิตอยู่ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืชนั้น มีหลายอย่าง เช่น การแบ่งเซลและการขยายตัวของเซล (Cell Division & Enlargement) ไม้ดอกบางชนิดตาดอกจะไม่เกิดเลยถ้ายังไม่เกิดการยืดตัวของลำต้น บางชนิดที่ได้รับน้ำไม่เพียงพอจะทำให้การเจริญเติบโตในส่วนยอดช้าและลดลง มีผลให้ปล้องสั้น การเกิดตาดอกและการบานของดอกจะช้าลง

2) เวลาในการรดน้ำ (Time of Watering) ยังไม่มีกฎหรือระเบียบเพื่อกำหนดเวลาในการรดน้ำไม้ดอกเลย เพราะมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีเพียงข้อพิจารณาเท่านั้น

(1) สำหรับกะบะหรือแปลงเพาะเมล็ด ดินหรือส่วนผสมสำหรับเพาะเมล็ดจะต้องมีความชื้นสม่ำเสมอตลอดเวลาในการงอก ดังนั้นควรจะได้ตรวจเช็คอยู่บ่อย ๆ ว่าสมควรจะรดน้ำตอนไหน เมื่อใด อย่าปล่อยให้ดินที่ใช้เพาะเมล็ดแห้งเป็นอันขาด เพราะจะทำให้การงอกของเมล็ดไม่สม่ำเสมอหรืออาจล้มเหลวเลยก็ได้

(2) สำหรับกิ่งปักชำ ปัจจัยสำคัญยิ่งในการออกรากของกิ่งปักชำก็คือน้ำ อย่าปล่อยให้กิ่งปักชำโดยเฉพาะกิ่งอ่อนที่มีใบติดอยู่ด้วยแห้งหรือเหี่ยวแม้แต่ชั่วขณะหนึ่ง ก่อนปักชำควรจะพรมน้ำแปลงเพาะชำครั้งหนึ่งก่อน เมื่อปักชำเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องรดน้ำตามทันที หลังจากนั้นจะต้องรักษาความชื้นในดินและบรรยากาศรอบ ๆ ให้ชื้นอยู่เสมอ อาจจะต้องรดน้ำบ่อย ๆ หรือติดตั้งระบบพ่นหมอกแบบอัตโนมัติก็ได้

(3) ต้นกล้าหรือกิ่งปักชำที่ย้ายปลูกใหม่ จะต้องรดน้ำทันที และพยายามรักษาความชื้นอยู่เสมอในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (2-3 วัน) จนกว่ารากฝอยที่ถูกทำลายไปในขณะย้ายปลูกเกิดใหม่ หลังจากต้นกล้าหรือกิ่งปักชำเริ่มเจริญเติบโตแตกรากใหม่จึงลดความถี่ของการรดน้ำลง และรดน้ำตามความจำเป็น คือ เมื่อพืชต้องการเท่านั้น

(4) สำหรับไม้ที่ปลูกในกระถาง ยิ่งกระถางมีขนาดเล็ก ดินภายในกระถาง ยิ่งจะแห้งเร็วขึ้น ดังนั้นควรจะได้ตรวจดูความต้องการน้ำของกระถางอย่างถี่ถ้วน อย่าปล่อยให้ดินแห้งจนดินหดตัว เพราะจะทำให้การให้น้ำไม่ได้ผล น้ำจะไหลหนีทางรูก้นกระถางหมด อีกประการหนึ่ง

ส่วนผสมของดินที่ใช้ปลูกควรจะมีอินทรีย์วัตถุมาก ๆ เพื่อจะช่วยในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น การให้น้ำแต่ละครั้งควรจะให้จนดินเปียกโชกโดยตลอดทั้งกระถาง

(5) ไม้ดอกต่างชนิดในส่วนผสมของดินต่างกัน ย่อมมีเวลาในการรดน้ำแตกต่างกันออกไป อาจจะรดน้ำวันละ 1-2 เวลาตามความเหมาะสมหรือความต้องการของไม้ดอก บางวันลมแรง อากาศร้อนไม้ดอกมีการคายน้ำมาก อาจจะต้องการเพิ่มน้ำขึ้น ไม้ดอกบางชนิดมีระบบรากลึก อาจจะไม่จำเป็นต้องรดน้ำทุกวันและดินบางชนิดอาจจะต้องรดน้ำบ่อยครั้งเพราะไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ ดังนั้นผู้ปลูกจะต้องเรียนรู้ความต้องการของไม้ดอกที่ปลูกด้วยตนเองในระยะแรกของการปลูกไม้ดอกชนิดนั้น ๆ ภายหลังจะทราบได้เองว่าควรรดน้ำวันละกี่ครั้ง หรือกี่วันครั้ง เป็นต้น

(6) ควรจะรดน้ำในตอนเช้า เพื่อให้โอกาสใบพืชแห้งก่อนที่พระอาทิตย์ตกดิน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงโรคอันเกิดจากเชื้อรา เพราะความชื้นใบ ต้น และดอกเป็นที่ชื่นชอบของเชื้อรา อีกประการหนึ่งไม้ดอกต้องการน้ำและแร่ธาตุไปปรุงอาหารในขณะที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น ดังนั้นถ้าให้น้ำในตอนเย็นโดยเฉพาะเมื่อพระอาทิตย์ตกดินแล้วย่อมไร้ประโยชน์และเป็นการสนับสนุนการแพร่กระจายของเชื้อโรคอีกด้วย

3) ปริมาณน้ำที่ใช้รด (Amount of Water)

การรดน้ำไม้ดอก หรือพืชใดก็ตามควรอย่างยิ่งที่จะรดในปริมาณที่เพียงพอที่จะให้มีน้ำเหลืออยู่ในช่องว่างของเม็ดดิน พืชจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าจะให้ดียิ่งขึ้น เพื่อไม่ให้มีการสะสมของเกลือเกิดขึ้นในดินจนเป็นอันตรายต่อรากพืช ควรจะได้รดน้ำให้ดินเปียกโชคโดยตลอด และมีเหลือพอที่จะระบายออกทางก้นกระถางหรือด้านล่างได้

ส่วนปริมาณน้ำที่ใช้รดนั้น ผู้ปลูกจะต้องเรียนรู้เอง แต่ที่สำคัญที่สุดคือน้ำจะต้องเปียกถึงบริเวณรากพืช โดยทั่วไปแล้วถ้าปลูกไม้ดอกลงแปลงหรือกะบะที่มีดินลึกประมาณ 4-6 นิ้ว ปริมาณน้ำที่ใช้รดต่อ 1 ตารางฟุต ควรจะเป็น ½ ถึง 1 แกลลอน (5 ลิตร) ถ้าเป็นการปลูกพืชในกระถางขนาดต่าง ๆ กันจากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำที่ใช้รดควรเป็นดังนี้

กระถาง 4 นิ้ว	ใช้น้ำ	100 มิลลิลิตร
กระถาง 6 นิ้ว	ใช้น้ำ	200 มิลลิลิตร
กระถาง 8 นิ้ว	ใช้น้ำ	500 มิลลิลิตร

กระถางดังกล่าวนี้เป็นกระถางแบบมาตรฐานคือ ความกว้างของปากกระถางเท่ากับความสูง

1.1.4 เครื่องปลูก (Growing Media)

1) ดิน เป็นวัตถุแร่ธาตุที่ไม่แข็งบนผิวหน้าสุดของโลกที่ใช้เป็นตัวกลาง ธรรมชาติ สำหรับการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตที่ดีกว่าของพืชสามารถที่จะมุ่งหวังได้ก็ต่อเมื่อมีสภาพการ

ที่พอเหมาะหรือเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สภาพการที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชยุ่งยากที่จะให้คำจำกัดความเพราะว่าพืชมีความแตกต่างกันมากในชนิดของพืช ชนิดของดินและภูมิอากาศ สภาพการบางประการหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชจะเกี่ยวโยงไปถึงคุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ ปัจจัยเหล่านี้มีผลโดยตรงหรือผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของราก การดูดซับน้ำและแร่ธาตุ อาหารและตามมาด้วยการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต

ดิน (Soil) แต่เดิมเราปลูกพืชลงดินในดินหรือนำเอาดินมาเป็นเครื่องปลูก ดินช่วยในการพยุงลำต้น ให้อากาศ ตลอดจนให้น้ำและแร่ธาตุ แก่ต้นพืช ซึ่งดินเหล่านั้นมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีเป็นไปตามความเหมาะสมของพืช อีกทั้งไม่มีสิ่งที่เป็นพิษเจือปนอยู่

เท่าที่เป็นอยู่ขณะนี้ดินหายากขึ้นทุกวัน ดินที่มีอยู่ก็หามีคุณสมบัติเป็นไปตามความต้องการของพืชดังแต่ก่อนไม่ แถมบางครั้งยังมีสารที่เป็นพิษกับต้นพืชอีกด้วย จึงจำเป็นอย่างยิ่งต้องปรับปรุงดินให้ดีขึ้น ถ้าเป็นไปได้ควรจะปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด โดยเฉพาะไม้ดอกที่มีอายุสั้น ดินที่ใช้ปลูกจะต้องมีความอุดมสมบูรณ์สูง เพื่อว่าการเจริญเติบโตทางต้นของไม้ดอกเป็นไปได้ด้วยดี ดอกที่ได้จากต้นที่สมบูรณ์เท่านั้นจึงจะมีคุณภาพที่ดีตามความต้องการของตลาด

2) การปรับปรุงดิน การปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติครบถ้วนตามความต้องการของไม้ดอกนั้นสามารถทำได้โดยใช้วัสดุต่าง ๆ ทั้งอินทรียวัตถุ และอนินทรียวัตถุ ซึ่งรวมเรียกว่า “วัสดุปรุงดิน” (Soil Amendments) และควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

(1) โปร่ง
(2) อุ้มน้ำได้ดีพอสมควร
(3) ไม่เน่าเปื่อยผุพังเร็วจนเกินไป
(4) มีปริมาณเกลือแร่ต่ำ
(5) ราคาถูก
(6) สะอาด ปราศจากโรคแมลงตลอดจนสารพิษเจือปน
(7) มีความสม่ำเสมอ
(8) ไม่เป็นกรดหรือด่าง
(9) หาง่าย

3) การเก็บตัวอย่างดิน วิธีการเก็บตัวอย่างดินตามคำแนะนำของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ให้คำแนะนำไว้ดังนี้

การเก็บตัวอย่างดินให้ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ผลการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องแน่นอนเพียงใด ย่อมขึ้นกับตัวอย่างดินที่ได้รับ ถ้าเก็บตัวอย่างดินไม่ถูกต้องตามหลักการ ตัวอย่างดินนั้นจะไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวแทนของดินทั้งหมด เมื่อนำผลการวิเคราะห์ดินมาใช้ในการแนะ

นำการใช้ปุ๋ย และแก้ไขคุณสมบัติเพื่อให้เหมาะแก่การใช้ปลูกพืชตามต้องการ ย่อมจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้ถ่องแท้ก่อนซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) ขอกล่องใส่ตัวอย่างดินและแบบฟอร์มรายละเอียดประกอบการเก็บตัวอย่างดินได้จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(2) เวลาที่เหมาะที่สุดในการเก็บตัวอย่างดิน คือ ภายหลังการเก็บเกี่ยว หรือก่อนฤดูปลูกประมาณสองเดือน ในขณะที่ดินแห้งไม่แฉะ หรือมีน้ำขัง

(3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น จอบ หรือเสียม ถังน้ำ กระบุง หรือกระดาษ จะต้องสะอาด ไม่มีดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง หรือผงสกปรกติดอยู่ เพราะจะเข้าไปปนกับตัวอย่างดิน

(4) ในการเก็บตัวอย่างดินจากไร่ นาหรือสวน ในขั้นต้นจะต้องตรวจดูลักษณะความแตกต่างของที่ดินก่อน ดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น สีดินต่างกัน ความลาดเทของพื้นที่ต่างกัน เคยใส่ปุ๋ยต่างกัน ปลูกพืชต่างกัน หรือมีเนื้อที่มากจะแบ่งเป็นแปลงย่อยๆ แล้วเก็บตัวอย่างดินแยกกันเป็นคนละตัวอย่าง เป็นต้น

(5) การเก็บดินหนึ่งตัวอย่าง จากที่ดินที่ได้แบ่งเป็นส่วนๆ ตามข้อ 4 ไว้แล้วนั้น ควรเก็บหลุมย่อย จากที่ต่างๆ กระจายทั่วทั้งแปลงไม่ต่ำกว่า 10 หลุมย่อย

(6) การเก็บดินหลุมหนึ่งๆ จะต้องถางหญ้าหรือกวาดเศษพืชและใบไม้ทิ้งเสียก่อน แล้วขุดหลุมลึกประมาณ 6 นิ้วฟุตทำหลุมเป็นรูปตัว " วี " ใช้เสียมหรือพลั่วแซะดินจากด้านหนึ่งหนาประมาณครึ่งนิ้วฟุตจากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้จนถึงก้นหลุมเอาดินที่ได้ใส่ถังหรือกระบุงไว้ ดินหลุมย่อยต่างๆ เหล่านี้รวมกันเป็นดินตัวอย่างเดียว

(7) ดินที่เก็บมาจะต้องผึ่งในที่ร่ม ห้ามตากแดดหรือใช้ความร้อนให้ดินแห้ง ถ้าเก็บดินหลายตัวอย่างก็ต้องผึ่งดินแยกกัน และทำเครื่องหมายให้ทราบว่าเป็นดินจากแปลงใด

(8) เมื่อดินแห้งดีแล้วใช้ไม้ หรือค้อนที่สะอาดทุบเป็นก้อนเล็กๆ แล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วแบ่งเอาดินใส่กล่องตัวอย่างดินจนเต็ม ส่วนดินที่เหลือทิ้งไป

(9) กรอกข้อความที่กล่องตัวอย่างดิน และแบบฟอร์มรายละเอียดประกอบตัวอย่างดิน แล้วห่อกล่องตัวอย่างดินให้แน่นหนา ส่งวิเคราะห์ต่อไป

(10) จดหมายและแบบฟอร์มรายละเอียดประกอบตัวอย่างดินใส่ซองแยกส่งไปต่างหาก

1.1.5 ปุ๋ย (Fertilizer) แต่เดิมมาเราปลูกไม้ดอกในดินเป็นส่วนใหญ่ และในดินมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชถึง 13 ชนิดด้วยกัน และอีก 3 ธาตุ คือ C,H,O พืชได้มาจากน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศโดยผ่านเข้าทางใบ แต่ขณะนี้ดินที่ใช้ปลูกพืชจะ

หาดินที่มีธาตุอาหารครบถ้วนในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชนั้นหาได้ยากอย่างยิ่ง จึงจำเป็นจะต้องเติมปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารไปในดิน ให้เป็นไปตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด ส่วนคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนนั้นต่างประเทศที่ปลูกไม้ดอกในเรือนกระจกจะเพิ่มให้โดยการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ไปในบรรยากาศ ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารได้ครบถ้วนทั้ง 16 ธาตุตามความต้องการทุกประการ ทำให้โตเร็วต้นสมบูรณ์ ดอกผลที่ได้มีคุณภาพที่ดี นั่นย่อมหมายความว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ทุกประการ ธาตุอาหารพืช ที่พืชต้องการปริมาณมาก มีดังนี้

1) ธาตุไนโตรเจน ปกติจะอยู่ในอากาศ ในรูปของแก๊สไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้น ที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปแก๊สไนโตรเจนในอากาศเอามาใช้ประโยชน์ได้ ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้นต้องอยู่ในรูปอนุมูลสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน(NH_4^+)และไนเตรท(NO_3^-) ซึ่งมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุและฮิวมัสในดิน เป็นต้น โดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อยให้ นอกจากนั้นยังได้มาจากการที่เราใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ในดินด้วย

ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในสารประกอบต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน สารประกอบคลอโรฟิล ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นสีเขียวของต้นพืช ทำหน้าที่จับพลังงานแสงแดดในการสร้างอาหารของพืช เป็นต้น

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการเสริมสร้างการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของต้นพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอใบจะมีสีเขียวสดแข็งแรง สมบูรณ์โตเร็ว ดอกผลที่ออกมาจะมีคุณภาพดี แต่ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียได้เช่นกัน คือ ทำให้ต้นพืชอวบน้ำ โรคและแมลงเข้ารบกวนได้ง่าย ในกรณีของไม้ดอกจะทำให้การบานของดอกช้าลง ก้านดอกอ่อน

พืชที่ขาดไนโตรเจนจะแสดงอาการให้เห็นเด่นชัดทางใบ ใบที่อยู่ตอนล่าง ๆ จะเหลือง การเจริญเติบโตช้าลง ถ้าขาดมาก ๆ และในช่วงเวลานาน อาจจะทำให้พืชใบร่วง หล่น ต้นโกร๋น การออกดอกผลช้า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอาจจะใส่ได้ทั้งปุ๋ยรองก้นหลุม ใส่เสริมภายหลังหรือละลายรดน้ำก็ได้ ทั้งนี้ปุ๋ยไนโตรเจนส่วนมากละลายน้ำได้ดี สามารถเคลื่อนที่เข้าหารากพืชได้อย่างง่าย

ปุ๋ยไนโตรเจนประกอบไปด้วย

(1) ปฏิกิริยากรด (Acid Reaction)	ร้อยละไนโตรเจน
- แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium Sulfate)	20.0
- แอมโมเนียมไนเตรท (Ammonium Nitrate)	33.5
- ยูเรีย (Urea) หรือ นิวกรีน (Nugreen)	42-46
- แอกติเวกเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)	4-6

- กากตะกอนแห้ง (Dried Sludge)	9-14
- มูลสัตว์ (Animal Tankage)	5-10
(2) ปฏิกิริยาด่าง (Basic Reaction)	ร้อยละไนโตรเจน
- โซเดียมไนเตรท (Sodium Nitrate)	16
- คัลเซียมไนเตรท (Calcium Nitrate)	15.5
- โพแทสเซียมไนเตรท (Potassium Nitrate)	12-14

2) ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ และฮิวมัสในดินสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน ฉะนั้นการใส่ปุ๋ยคอกลงไปในดินหรือส่วนผสมของดินที่ใช้ปลูกพืชนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วยังได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย

ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อต้นพืชได้ จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสฟอรัสไอออน ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นจึงพบปัญหาอยู่เสมอว่าถึงแม้ดินจะมีฟอสฟอรัสอยู่มากก็จริง แต่พืชก็ยังขาดฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยากนั่นเอง นอกจากนั้นแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลฟอสเฟตที่ละลายน้ำนั้นได้ง่ายมาก ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้เมื่อใส่ลงไปในดินประมาณร้อยละ 80-90 จะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดิน โดยเฉพาะพวกเหล็กและอลูมินัมกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากไม่อาจเป็นประโยชน์ต่อต้นพืชได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจึงไม่ควรคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน เพราะจะยิ่งทำให้ปุ๋ยฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินได้เร็วขึ้น ควรจะใส่เป็นจุด หรือโรยเป็นแถบลึกลงไปในดิน ในบริเวณรากของพืช การเคลื่อนย้ายอนุมูลฟอสเฟตในดินจะช้ามากหรือแทบจะไม่เคลื่อนย้ายเลย ใส่ไว้ตรงไหนมักจะอยู่ตรงนั้น พืชจะดึงดูดปุ๋ยฟอสเฟตโดยการแผ่รากเข้าสู่จุดที่เราใส่ปุ๋ยไว้ ถ้าเราใส่ปุ๋ยฟอสเฟตไว้บนผิวดิน อนุมูลฟอสเฟตจะอยู่เฉพาะผิวดินเท่านั้นแม้จะรดน้ำส่วนที่ละลายน้ำได้ก็จะเคลื่อนที่ลงไปในดินได้ไม่ไกลเพราะถูกตรึงอยู่กับแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินหมดจึงไม่มีโอกาสเข้าถึงรากพืชได้ ดังนั้นถ้าจะใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้ได้ผลดีที่สุดจึงต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตรองก้นหลุมหรือใส่ไว้ใต้ดินบริเวณรากพืช ถึงแม้ว่าปุ๋ยฟอสเฟตจะอยู่ใกล้ชิดกับรากพืชก็จะไม่เป็นอันตรายกับรากพืชแต่อย่างใด

ถ้าจะให้ปุ๋ยฟอสเฟตเป็นประโยชน์กับต้นพืชโดยเฉพาะไม้ดอกมากที่สุดแล้ว นอกจากอินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยป้องกันไม่ให้ปุ๋ยฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินและสูญเสียความเป็นประโยชน์ต่อพืชเร็วเกินไป จึงควรจะเติมปุ๋ยคอกลงไปในดินหรือส่วนผสมของดินปลูกพืชไม้ดอกทุกครั้ง ถ้าเป็นได้ควรจะประมาณหนึ่งในสี่หรือร้อยละ 25 ของเครื่องปลูก

ฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อขบวนการต่าง ๆ ของต้นพืชเป็นอย่างมาก แม้ว่าพืชมีความต้องการฟอสฟอรัสน้อยกว่าไนโตรเจนก็ตาม แต่มักจะเกิดปัญหาขาดแคลนหรือไม่พอกับที่พืชต้องการอยู่เสมอจากสาเหตุที่กล่าวมา เมื่อขาดฟอสฟอรัสพืชจะมีต้นที่แคระแกรน ใบมีสีเขียวคล้ำ ใบล่างจะมีสีม่วงตามขอบใบ รากของพืชจะชะงักการเจริญเติบโต พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะต้นกล้าไม้ดอก จะมีระบบรากแข็งแรงแผ่กระจายอยู่ในดินอย่างกว้างขวาง สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี อันเป็นผลทำให้ต้นสมบูรณ์ การออกดอกมีคุณภาพ

3) ธาตุโพแทสเซียม ธาตุในดินที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ มีกำเนิดจากการสลายตัวของหิน และแร่ในดินหลายชนิด โพแทสเซียมไอออนเท่านั้นที่พืชจะดึงดูดเอาไปใช้ได้ อนุมูลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือถูกยึดอยู่ที่พื้นดินของอนุภาคดินเหนียวก็ได้ ส่วนใหญ่จะถูกยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นดินเหนียวจึงมีปริมาณของธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าดินทรายและการสูญเสียของอนุมูลโพแทสเซียมจากดินทรายจะเร็วและเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าดินเหนียว โพแทสเซียมไอออนจะเคลื่อนที่ได้ดีกว่าฟอสเฟตไอออน ทั้งนี้เนื่องจากจะถูกยึดอยู่ที่พื้นผิวอนุภาคดินเหนียว แต่รากพืชก็สามารถดึงดูดธาตุนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายพอ ๆ กับเมื่อมันละลายอยู่ในน้ำในดิน

ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อาจจะใส่แบบคลุกเคล้าให้เข้ากับดินก่อนปลูกพืชหรือใส่ตามภายหลัง หรือถ้าจะให้ได้ผลดียิ่งขึ้นควรใส่เป็นจุด หรือเป็นแถบลึกใต้ผิวดินในบริเวณรากพืชทำนองเดียวกันกับปุ๋ยฟอสเฟต แต่ต้องระวังอย่าให้ใกล้รากจนเกินไปเพราะจะทำให้ยอดและใบเหี่ยวได้

โพแทสเซียมมีบทบาทในการสร้างอาหาร การเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้ง และน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโต ตลอดจนการส่งไปเก็บสะสมไว้ที่หัวและลำต้น พืชที่ขาดโพแทสเซียมมักจะเหี่ยว แคระแกรน ใบล่างเหลือง และเป็นรอยไหม้ตามขอบใบ พืชที่ปลูกในดินทรายและเป็นกรดอย่างรุนแรงมักจะมีปัญหาขาดธาตุโพแทสเซียม ถ้าปลูกในดินเหนียวมักจะมีโพแทสเซียมเพียงพอ และไม่ค่อยมีปัญหาที่จะต้องใส่ปุ๋ยมากนัก

1.2 คุณลักษณะของบานชื่นและดาวเรือง

1.2.1 บานชื่น

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Zinnia elegans*
ชื่อสามัญ	Zinnia, Youth and Old Age

วงศ์	Compositae
ถิ่นเดิม	ทางตะวันออกเฉียงใต้ของอเมริกาอเมริกากลางถึงอเมริกาใต้
ความสูง	7-18 นิ้ว
จำนวนเมล็ดในหนึ่งกรัม	80-120 สำหรับดอกใหญ่ และ ประมาณ 200 สำหรับพวกดอกเล็ก
สี	ทุกสีเว้นสีฟ้า
เวลาจากเพาะเมล็ดจนให้ดอก	2-3 เดือน

ชื่อ *Zinnia* ตั้งให้เป็นเกียรติแก่ ดร. โจฮานน์ กอตต์ฟรีด ซินน์ (Dr.Johann Gottfried Zinn) ศาสตราจารย์ทางพฤษศาสตร์ชาวเยอรมัน ในศตวรรษที่18 ผู้นำเมล็ดบานชื่นจากอเมริกาไปยุโรปเป็นคนแรก

บานชื่นเป็นไม้พื้นเมืองของเม็กซิโก พันธุ์ป่าขึ้นอยู่ตามเชิงเขาในเม็กซิโกและอเมริกากลาง มีดอกเล็ก ๆ กลีบชั้นเดียวสีม่วงซีด ๆ ชาวเม็กซิกันชอบเด็ดมาติดหมวก ปัจจุบันนี้นักผสมพันธุ์พืชได้ทำให้บานชื่นมีทุกสียกเว้นสีฟ้า ดอกมีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดกระดุมเสื้อนอกจนถึงขนาดใหญ่เท่าจานรองถ้วยน้ำชา (1-7 นิ้ว) มีรูปร่างดอกแตกต่างกันมากมาย การปลูกก็ง่าย เมล็ดมีขนาดใหญ่ต้นโตเร็วให้ดอกเร็วทันใจ เมื่อดอกบานสะพรั่งพร้อมกันแล้วสวยสะดุดตามาก พันธุ์เก่า ๆ มักให้ดอกที่เหี่ยวเร็วปนกันอยู่กับดอกที่บานใหม่จึงมีชื่อสามัญว่า Youth and Old Age แต่ลูกผสมใหม่ในปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีปัญหาคือ จะบานพร้อมกันในคราวเดียวกัน

บานชื่นเป็นชนิดหนึ่งในไม้ดอกสามชนิดที่ปลูกมากที่สุดในอเมริกา (ได้แก่ ดาวเรือง พิทูเนีย และบานชื่น) นอกจากจะนิยมปลูกเป็นไม้ประดับบ้านเรือน (Bedding Plant) แล้ว บานชื่นสมัยใหม่ยังเหมาะที่จะใช้ปลูกเป็นไม้กระถาง (Pot Plant) อีกด้วย เนื่องจากบานชื่นเป็นชื่อที่จัดว่าเป็น “มงคลนาม” ฟังดูแล้วรู้สึกสดชื่นขึ้นโดยได้เห็นต้นเห็นดอก ในเมืองไทยผู้คนที่เชื่อโชคลางยังมีอยู่มาก ดังนั้นการปลูกต้นไม้ดอกเพื่อตกแต่งบ้านเรือนหรือไว้ใช้ประโยชน์ มักจะนิยมสรรหาไม้ที่เป็น “มงคลนาม” เป็นอันดับแรก

นอกจากบานชื่นจะมีชื่อเป็นมงคลแล้ว ยังเป็นไม้ดอกที่ปลูกง่ายเลี้ยงง่าย ไม่ต้องพิถีพิถันต่อการดูแลรักษา ดินที่ใช้ปลูกจะเหนียวไปนิด หรือร่วนไปหน่อยก็ไม่เป็นไร ฝนจะตกแดดจะออกก็ทนได้ คือเป็นไม้ที่ไม่รู้หนาวรู้ร้อนนั่นเอง การจะปลูกไม้ดอกไม้ประดับบ้านเรือนทำให้บ้านเรือนมีสีสรรสดชื่นเป็นการสร้างสภาพแวดล้อมที่ไม่ต้องลงทุนมากมายนัก บานชื่นจึงน่าจะถูกเลือกเป็นอันดับหนึ่งเลยทีเดียว

ต้นบานชื่นสามารถเกิดตาดอกและพัฒนาดอกได้เร็วในช่วงวันสั้น (Facultative Short Day Plant) ดังนั้น ถ้าปลูกบานชื่นในช่วงฤดูหนาวของเมืองไทย ถ้าไม่มีการให้

แสงเพิ่ม ต้นจะเกิดตาดอกตั้งแต่ยังไม่ทันเติบโตทางต้นและใบเต็มที่ ทำให้ได้ต้นเล็กไม่สมบูรณ์พอจะรับขนาดและจำนวนดอกได้ การแก้ไข คือ ให้แสงเพิ่มวันละ 14 ชั่วโมงสัก 20-25 วัน เป็นอย่างน้อยหลังจากย้ายปลูก จะได้ดอกที่มีก้านแข็งแรง ดอกใหญ่มีกลีบดอกมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าต้นที่ปลูกในสภาพที่ให้แสงเป็น 14 ชั่วโมงต่อวันจะมีความสูง ขนาดใบ ขนาดดอกและจำนวนข้อมากกว่าและออกดอกช้ากว่าต้นที่ปลูกในสภาพวันสั้นด้วย

ลักษณะทางพฤษศาสตร์บานชื่นเป็นไม้ดอกฤดูเดียว ลักษณะลำต้นมีขนใบเป็นแบบโอเวท (Ovate) ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ใบติดกับลำต้น เส้นใบเป็นแบบปาล์เมทลี่ (Palmately) แยกออกจากฐานของใบ มี 5 แฉก การจัดเรียงของใบเป็นแบบตรงข้าม ดอกเป็นแบบเฮท (Head) มีหลายสี

1.2.2 ดาวเรือง

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Tagetes erecta*
ชื่อสามัญ	Marigolds
วงศ์	Compositae
ถิ่นเดิม	เม็กซิโก
ความสูง	25-26 เซ็นติเมตร
อุณหภูมิ	14.5-28.6 องศาเซลเซียส
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.0-7.5

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่ปลูกง่ายและโตเร็ว ไม่ค่อยมีโรคและแมลงรบกวน บางคนไม่ชอบดาวเรืองเพราะใบและดอกดาวเรืองมีกลิ่นเหม็น ได้มีการปลูกดาวเรืองในเมืองไทยเป็นเวลานานแล้ว แต่เป็นการปลูกดาวเรืองเป็นไม้กระถางหรือปลูกประดับตามแปลง ซึ่งต้นไม่สูงและดอกมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับดาวเรืองที่กำลังปลูกเป็นไม้ตัดดอก ในปัจจุบัน การปลูกดาวเรืองเป็นไม้ตัดดอกในประเทศไทยเพิ่งได้รับความนิยมเมื่อ 5-6 ปี ที่ผ่านมาหลังจากที่ได้มีการนำเข้าเมล็ดดาวเรือง พันธุ์ใหม่ สำหรับเป็นไม้ตัดดอกจากสหรัฐอเมริกา

พันธุ์ของดาวเรืองที่นิยมปลูกเป็นไม้ดอกคือ พันธุ์ดอกสีเหลืองและพันธุ์ดอกสีส้ม สีเหลือง คือ พันธุ์โซเวอร์เรียน์ (Sovereiegn) และสีส้ม คือ พันธุ์ทอรีดอร์ (Toreador) ดอกสีเหลืองได้รับความนิยมมากกว่าดอกสีส้ม เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูก ในปัจจุบัน ซึ่งนำเข้าจากสหรัฐอเมริกาและขายปลีกในไทยราคาเมล็ดละ 60-80 สตางค์

ฤดูการออกดอก ดาวเรืองเป็นพืชอายุสั้นและสามารถปลูกได้ตลอดปี สามารถปลูกให้ออกดอกตรงกับช่วงเทศกาลที่ต้องการจำหน่ายโดยการกำหนดวันปลูก ต้นดาวเรืองจะออกดอกหลังจากย้ายปลูกด้วยกล้าแล้วโดยใช้เวลาประมาณ 60-70 วัน

แหล่งปลูก ดาวเรืองเป็นการค้าที่สำคัญคือ รอบ ๆ ชานเมือง นนทบุรี กรุงเทพมหานคร และเชียงใหม่

การตลาด เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชอายุสั้น ผู้ปลูกไม้ดอกจึงนิยมปลูกดาวเรืองเป็นดอกไม้เพื่อเสริมรายได้ แต่เนื่องจากเป็นดอกไม้ที่ผู้ใช้ไม่ค่อยนิยม และเมื่อเวลาออกดอกจะออกดอกมากพร้อม ๆ กันภายในแปลงดาวเรืองที่ปลูกพร้อมกัน และต้องตัดดอกพร้อมกันครั้งละจำนวนมาก ๆ ทำให้ราคาของดาวเรืองลดลงมาก ดาวเรืองได้รับการยอมรับว่าเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถยึดเป็นอาชีพหลักได้ เพราะต้นทุนการผลิตต่ำ ปลูกง่าย โตเร็วให้ผลตอบแทนสูง นอกจากนี้ยังปลูกได้ทุกภาคและให้ผลการผลิตตลอดทั้งปี จึงเป็นข้อได้เปรียบพันธุ์ไม้ดอกต่าง ๆ

ประโยชน์ใช้สอยของดาวเรือง นอกจากจะใช้ปลูกเป็นไม้ตัดดอก (Cut Flower) ไม้ประดับ (Bedding Plants) และไม้กระถาง (Potted Plants) แล้ว ยังใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นสีย้อมผ้านับแต่โบราณกาลมา ในต่างประเทศได้ใช้กลีบดอกดาวเรืองบางพันธุ์ซึ่งมีแซนโทฟิลส์ (Xanthophylls) สูง ๆ ผสมลงไปในอาหารไก่ นอกจากจะได้สีของไข่แดงและผิวหนังไก่เข้มขึ้นแล้ว ดาวเรืองยังให้โปรตีนและวิตามินอีกด้วย ในเมืองไทยเองได้ตระหนักถึงความสำคัญอันนี้จึงได้มีการผสมกลีบดาวเรืองลงไปในอาหารไก่และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ยังมีรายงานจากต่างประเทศว่า รากของดาวเรืองจะขับสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แอลฟา เทอเธียนิล (α-Terthienyl) ซึ่งมีผลในการควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดินได้เป็นอย่างดี

2. นิยาม แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย

2.1 ความสำคัญ แหล่งกำเนิด และลักษณะของสลัดจ์

กระบวนการสำคัญที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียก็คือ การกำจัดของแข็งออกจากน้ำเสีย ทั้งของแข็งที่อยู่ในรูปของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Dissolved Solids)ของแข็งเหล่านี้จะมีน้ำปนอยู่ด้วยเมื่อแยกออกมา ซึ่งเรียกว่าสลัดจ์ (Sludge) ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ หลังจากที่แยกสลัดจ์เหล่านี้ออกมาแล้ว มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำจัดหรือบำบัดด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป หากไม่ได้กำจัดหรือบำบัดโดยวิธีที่เหมาะสมแล้ว สลัดจ์เหล่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาที่น่ารังเกียจตามมา เช่น มีกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันและสัตว์นำโรคต่าง ๆ รวมทั้งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมข้างเคียงอีกด้วย เป็นต้น

2.1.1 แหล่งกำเนิดของสลัดจ์

สลัดจ์เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ถังตะกอนหรือถังปฏิกิริยา เป็นต้น ทั้งนี้จะขึ้นกับประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียและวิธีการในการเดินระบบ ตัวอย่างเช่น ในระบบเอเอส (Activated Sludge Process ; AS) ทั่วไป สลัดจ์จะเกิดจากถังตะกอนถังสุดท้าย (Final Settling Tank) แต่ถ้าเป็นระบบเอเอสแบบผสม (Complete Mixed Activated Sludge Process) ที่มีการหมุนเวียนของแบคทีเรีย สลัดจ์จะถูกระบายออกจากถังปฏิกิริยาหรือบ่อเติมอากาศ เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะของสลัดจ์

ลักษณะของสลัดจ์จะแปรเปลี่ยนไปตามแหล่งกำเนิดเช่นเดียวกับปริมาณสลัดจ์ ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่เป็นสารอินทรีย์ สลัดจ์จากถังตะกอนขั้นต้น (Primary Settling Tank) ของระบบ โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นโคลนเลนสีเทา กลิ่นเหม็นรุนแรง สลัดจ์จากกระบวนการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) อาจจะมีสีดำหรือสีแดง ขึ้นกับสารเคมีที่ใช้ช่วยในการตกตะกอน ถ้าเป็นสลัดจ์จากระบบเอเอสหรือระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) จะเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มและจะไม่ส่งกลิ่นเหม็นมากนัก

สลัดจ์เหล่านี้จะย่อยสลายตัวเองอย่างช้า ๆ ด้วยกระบวนการย่อย (Digestion) ทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ถ้าหากเป็นกระบวนการย่อยที่ไม่ใช้อากาศและไม่มีการบำบัดที่เหมาะสมก็จะมีสภาพเน่าดำ (Septic) และส่งกลิ่นเหม็นเนื่องจากแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายตัวเองได้ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเสร็จสิ้นลง ไม่ว่าจะเกิดการปล่อยให้ย่อยตัวเองหรือจากระบบบำบัดที่เหมาะสมก็ตาม สีของสลัดจ์จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำและจะไม่มีกลิ่นเหม็นต่อไป

2.1.3 กระบวนการบำบัดและกำจัดสลัดจ์

การเลือกวิธีการหรือกระบวนการในการบำบัดและกำจัดสลัดจ์ขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย กระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ข้อบังคับด้านกฎหมายของท้องถิ่นและสภาพที่ตั้งของระบบบำบัดและกำจัดสลัดจ์ นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบและการดำเนินการ กระบวนการที่ใช้ในการบำบัดและกำจัดสลัดจ์จำแนกได้ ดังนี้

1) การปรับเสถียรสลัดจ์ (Stabilization)
2) การปรับสภาพสลัดจ์ (Conditioning)
3) การทำให้สลัดจ์ข้น (Concentration)
4) การรีดน้ำออกจากสลัดจ์ (Dewatering)
5) การทำให้สลัดจ์แห้ง (Drying)
6) การกำจัดส่วนที่เหลือของสลัดจ์ (Residue Disposal)

สลัดจ์ดิบที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียอาจนำมาผ่านกระบวนการบำบัดและกำจัดจากกระบวนการที่ 1-6 เรียงลำดับหรืออาจยกเว้นกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการได้ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของสลัดจ์ที่ต้องบำบัดและกำจัด

2.1.4 เทคนิคการใช้หมุนเวียนกากของเสีย

การใช้หมุนเวียนกากของเสียคือ การใช้ซ้ำ หรือการสกัดเอาของมีค่าจากส่วนใดส่วนหนึ่งของกากของเสียอันตรายหรือทั้งหมด เป็นหลักการของการลดกากของเสียอันตรายที่สำคัญรองจากการลดแหล่งกำเนิด ข้อเด่นของการใช้หมุนเวียนคือ ไม่ต้องมีการจัดการมากและให้ผลตอบแทนกลับสัดส่วนที่สูง กล่าวคือ ผลตอบแทนในทางเศรษฐศาสตร์จากการลดวัตถุดิบที่ใช้ลง และผลประโยชน์ในทางสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดและกำจัดของเสียอันตราย

การใช้หมุนเวียนทำได้ใน 2 ลักษณะได้แก่ 1) การใช้หมุนเวียนภายในแหล่งกำเนิด (โรงงานอุตสาหกรรม) และ 2) การใช้หมุนเวียนภายนอกแหล่งกำเนิด โดยการขนส่งกากของเสียอันตรายไปยังโรงงานแปรรูปและส่งกลับคืนให้โรงงานเดิมหรือขายให้แหล่งอื่นต่อไป กากของเสียอันตรายที่มีความเหมาะสมในการใช้หมุนเวียนใหม่ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์/ความสะอาด ความเข้มข้นของสาร และสถานะเคมีของสาร ทำให้การใช้หมุนเวียนกากของเสียอันตรายในบางประเภท อาจจะต้องบำบัดก่อนนำไปใช้หมุนเวียน ดังนั้น ทางเลือกที่ต้องบำบัดกากของเสียอันตรายจึงไม่พิจารณานำมาใช้มากนัก

เทคนิคการใช้หมุนเวียน มี 3 แนวทาง ดังนี้

(1) การใช้และการใช้ซ้ำภายในแหล่งกำเนิด กระทำได้โดยการนำกลับไปในสายการผลิตเดิมหรือนำกลับไปสายการผลิตอื่น องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้ประมาณว่า ประมาณร้อยละ 50 ของตัวทำละลายได้มีการคัดแยกและมีการนำกลับไปใช้ซ้ำ ปัจจัยที่สามารถใช้พิจารณาตัดสินใจนำกากตัวทำละลายมาหมุนเวียนใช้ภายในแหล่งกำเนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ข้อดีที่เกิดขึ้น เช่น ลดการขนส่งกากตัวทำละลาย ลดการจัดทำเอกสารการขนส่ง เป็นต้น ข้อด้อย เช่น อาจจะมีความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งเครื่องจักร เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยในการตัดสินใจนำกากตัวทำละลายหมุนเวียนใช้ภายในแหล่งกำเนิด

ข้อดี	ข้อเสีย
ลดการจัดการกากของเสีย	มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องจักรสูง
สามารถสกัดตัวทำละลายบริสุทธิ์กลับมาใช้ใหม่	เสี่ยงต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานเสี่ยงต่อการเกิดไฟ
	ไหม้การระเบิด การรั่วไหล และความเสี่ยง
ลดค่าใช้จ่ายในการจัดการ และลดค่าใช้จ่ายใน	จากการทำงานกับเครื่องจักร
การ ขนส่งกากของเสีย	ต้องฝึกอบรมให้กับผู้ปฏิบัติงาน
ค่าใช้จ่ายต่ำในการนำตัวทำละลายหมุนเวียนมาใช้	เพิ่มค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และบำรุงรักษา
ประโยชน์ที่ได้รับ	**ความยุ่งยากที่จะตามมา**
ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการลดวัตถุดิบ	สูญเสียตัวทำละลายจากกระบวนการกลั่นกาก
ที่ใช้ลง เช่น ลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย	ตัวทำละลาย
ลดค่าใช้จ่ายในการจัดการกากตัวทำละลาย	ได้ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพต่ำ
ลดการจัดทำเอกสารกำกับการขนส่ง	ปัญหาจากการติดตั้ง
ลดความเสี่ยงจากกระบวนการบำบัด และกำจัด	ปัญหาจากการซ่อมบำรุง
กากของเสียอันตราย	

ที่มา : สุปราณี จงดีไพศาล “การจัดการกากของเสียอันตรายในโรงงานอุตสาหกรรม” ใน อาชีวอนามัยและความปลอดภัย และการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม หน่วยที่ 9-15 หน้า 131-132 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2544

(2) การสกัดของมีค่าภายนอกแหล่งกำเนิด การสกัดของมีค่า (Reclamation) หมายถึง การนำเอากากของเสียอันตรายมาสกัดเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ และขายต่อไป ซึ่งแตกต่างจากการใช้ซ้ำที่นำกลับมาใช้ในโรงงานเดิม วิธีการที่ใช้สกัดของมีค่า ได้แก่ การแยกโดยกระบวนการทางเคมี ฟิสิกส์ และเคมีไฟฟ้า เช่น การกลั่นกากตัวทำละลาย การลดคลอรีน (Dechlorination) ของกากของเสียที่มีสารประกอบฮาโลเจน และการสกัดเอาโลหะที่เจือปนในกากของเสียอันตราย เป็นต้น

(3) การแลกเปลี่ยนกากของเสียอันตราย กากของเสียอันตรายบางประเภทที่เกิดจากอุตสาหกรรมหนึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นได้ ดังนั้น การจัดทำบัญชีรายชื่อกากของเสียอันตรายรวมกันและ บริการแลกเปลี่ยนกากของเสียอันตราย จะทำให้กำจัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นได้ ตัวอย่างกากของเสียอันตรายที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ เช่น กรด ด่าง ตัวทำละลาย สารกัดกร่อน เป็นต้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย

ชัยสิทธ์ ทองจู ศึกษาการใช้ประโยชน์กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นวัสดุปลูกสำหรับโป๊ยเซียน ได้นำกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงาน อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษผสมขุยมะพร้าวในสัดส่วนที่แตกต่างกันโดยปริมาตร ทำการปลูกทดลองกับโป๊ยเซียนพันธุ์หนึ่งในจักรวาลโดยวางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 10 ซ้ำ 5 ตำรับทดลอง พบว่าวัสดุทั้งหมดให้ผลการเจริญเติบโตด้านความสูงจำนวนใบและขนาดของทรงพุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 โดยวัสดุปลูกสูตรกากตะกอนผสมอย่างเดียว ให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านดีที่สุดตลอดจนจำนวนช่อดอกต่อต้นและจำนวนดอกต่อช่อสูงสุด ขณะที่วัสดุปลูกสูตรชุดดินกำแพงแสนอย่างเดียวให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านต่ำที่สุด ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นพบว่า วัสดุปลูกทุกสูตรให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านปริมาณและคุณภาพของดอกโป๊ยเซียนพบว่า วัสดุปลูกทุกชนิดให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 นอกจากนี้คุณภาพดอกในด้านความกว้างและความยาวของดอกพบว่า วัสดุปลูกทุกชนิดให้ผลไม่แตกต่างกัน ในประเด็นการคายน้ำของโป๊ยเซียนพบว่า วัสดุปลูกสูตรกากตะกอนผสมอย่างเดียวมีอัตราการคายระเหยน้ำสูงสุดคิดเป็น ร้อยละ 5.39 และมีอัตราการระเหยน้ำลดลงตาม สัดส่วนของกากตะกอนผสมที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้วัสดุปลูกทุกชนิดภายหลังจากปลูกโป๊ยเซียน มีผลให้คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูกเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนคุณภาพทางกายภาพเช่น ความหนาแน่นรวม (Db) ความหนาแน่นอนุภาค (Ds) มีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้มีความพรุนรวม (E) และสัดส่วนช่อง (e) ของวัสดุเพิ่มขึ้น

ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์ ศึกษาการใช้ประโยชน์กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำทิ้งเพื่อปลูกเห็ดฟางในเชิงอุตสาหกรรม โดยศึกษาทดลองการประยุกต์ใช้ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โรงงานผลิตเครื่องดื่มของบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด และกิจกรรมบริการโรงแรมรอยัล ออคิด เชอราตัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ปลูกเห็ดฟางในเชิงอุตสาหกรรมได้ แต่จะต้องทำการปรับปรุงสภาพทางกายภาพและเคมีบางส่วนของกากตะกอนเหล่านั้นเสียก่อนให้มีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ ศึกษาการจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อนำศักยภาพความเป็นปุ๋ยมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร กากตะกอนจะเกิดขึ้นเสมอในทุกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียชุมชนไม่ว่าจะเป็นกระบวนการใดจะมีกากตะกอนเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 60 กรัมกากตะกอนแห้งต่อคนต่อวัน อนาคตอันใกล้นี้เมื่อกรุงเทพมหานครมีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับประชากร 6 ล้านคน นั่นหมายถึง จะมีกากตะกอนแห้งที่รอรับการจัดการประมาณ 360 ตันต่อวัน หรือมีกากตะกอนรีดน้ำ ร้อยละ 20 ประมาณ 1,800 ตัน ซึ่งต้องการรถบรรทุกเพื่อขนย้าย 90 เที่ยวต่อวัน

การจัดการกับกากตะกอนมีหลายวิธี ทุกวิธีการที่ดำเนินอยู่ล้วนแล้วแต่มีข้อโต้แย้งเสมอถึงการจัดการอย่างเหมาะสมที่จะลดปัญหามลภาวะต่อเนื่อง กรณีของประเทศไทยที่มีแสงแดดจ้าตลอดทั้งปี และเป็นประเทศเกษตรกรรม ทางเลือกของการจัดการน่าจะพิจารณาถึงการนำศักยภาพความเป็นปุ๋ยของกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ โดยคำนึงถึงอัตราการเติมกากตะกอนที่เหมาะสมลักษณะของดิน และพืช เพราะกากตะกอนน้ำเสียชุมชน (กรณีตัวอย่างจากชุมชนห้วยขวาง) นั้นในหนึ่งตันกากตะกอนแห้ง มีธาตุอาหารหลักของพืช คือ ไนโตรเจน (N) 19.24 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส (P) 245.8 กรัม โพแทสเซียม (K) 440 กรัม อีกทั้งมีลักษณะสมบัติที่ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินอีกด้วย ผลการศึกษาวิจัยทั้งในเรือนทดลอง และภาคสนามยืนยันว่า กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนสามารถเพิ่มผลผลิตพืชผัก (ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักกาดหอม) ในพื้นที่เกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่าปุ๋ยเคมี และมีความปลอดภัยจากโลหะหนัก (Fe, Mn, Ni, Pb, และ Zn.) ณ อัตราเติม 20 – 80 ตันต่อเฮกเตร์ (3,200 – 12,800 กิโลกรัมต่อไร่) ดังนั้นทางเลือกของการจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อการเกษตร จึงเป็นทางเลือกที่ทำให้การลงทุนเพื่อแก้ปัญหามลภาวะน้ำได้รับประโยชน์กลับคืนมา และลดปัญหามลภาวะต่อเนื่อง

แสวง รวยสูงเนิน ศึกษาการใช้ตะกอนก้นบึงและกากเยื่อเพื่อการปลูกข้าวโพด และถั่วเหลือง ซึ่งการกำจัดของเสียที่เป็นของแข็งของโรงงานเยื่อกระดาษฟินิกซ์ เป็นปัญหาที่สะสมมาตลอดช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมา ทำให้มีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาที่สะสมพร้อมกับหาทางป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นโดยการทดลองนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งอาจเป็นลู่ทางที่จะทำให้ได้ประโยชน์ และแก้ปัญหาการทิ้งของเสียในขณะเดียวกัน ภายใต้โครงการเพื่อการแก้ปัญหาดังกล่าวได้

วางแผนทดสอบเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ โดยการสำรวจ เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทดสอบปลูกพืชในเรือนทดลอง และในแปลงทดลอง

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ของเสียที่ขุดลอกประกอบด้วยธาตุอาหารต่าง ๆ เป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะ แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ในบางกรณีอีกทั้งยังมีค่า pH ที่เป็นกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุถึงหนึ่งในสามของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำกากเยื่อมาใส่ให้กับดินชุดโคราชในอัตราตั้งแต่ 1 ถึง 16 ตันต่อไร่ พบว่าทำให้ช่วยแก้ปัญหาความเป็นกรดของดินเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช ซึ่งเป็นผลให้พืชให้ผลผลิตสูง โดยไม่ปรากฏอาการเป็นพิษใดๆ ผลของการใส่กากเยื่อยังช่วยให้ดินมีโครงสร้างดี อุ้มน้ำได้มากขึ้น ซึ่งช่วยลดปัญหาในการดูแลพืชที่ปลูกได้อีกทางหนึ่ง การทดลองปลูกในแปลงที่ไร่สาธิตของโรงงาน พบว่าการคลุกกากเยื่อสดๆ ลงไปในดินช่วยให้ข้าวโพด และถั่วเหลืองงอกได้ดี เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากแปลงทดลองมีความแปรปรวนมาก จึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในด้านผลผลิตที่เก็บเกี่ยว การใช้กากตะกอนที่ขุดลอกจากห้วยโจดเพื่อการปลูกพืชสวนพบว่าพืชที่ปลูกเจริญเติบโตได้ดีมาก โดยการใส่ปุ๋ยเพียงเล็กน้อยในระยะกล้า และไม่มีการรดน้ำเลยตลอดช่วงการปลูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะกอนที่ลอกจากห้วยโจดมีธาตุอาหารในระดับสูงมาก และอุ้มน้ำได้ดี เหมาะแก่การนำไปใช้ปลูกพืชผักหรือบำรุงดินโดยทั่วไป ขีดจำกัดของการใช้ของเสียเพื่อการเกษตรเท่าที่พบได้แก่ คุณสมบัติในการอุ้มน้ำสูง ทำให้การหมักเกิดได้ช้า มีกลิ่นรบกวน และขนส่งได้ยาก การนำของเสียดังกล่าวไปกองหมักไว้บนที่ดอน ระบายน้ำได้ง่ายอาจเป็นลู่ทางที่ทำให้นำของเสียเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ศึกษาผลของการนำแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Cake) จากโรงงานโคคา-โคล่า มาใช้เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับข้าวโพดที่ปลูกบนชุดดินจันทึก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าวโพด โดยวางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) มีจำนวน 10 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำดังนี้ ตำรับควบคุม (T1) ตำรับที่ใส่แอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Cake) อัตรา 200, 400 และ 800 กรัม/กระถาง (T2, T3 และ T4) ตามลำดับ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ กทม. อัตรา 50, 100 และ 200 กรัม/กระถาง (T5, T6 และ T7) ตามลำดับ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 2, 4 และ 8 กรัม/กระถาง (T8, T9 และ T10) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ตำรับที่มีการใส่แอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Cake) มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าวโพดดีที่สุด โดยเฉพาะตำรับที่มีการใช้แอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Cake) อัตรา 800 กรัม/กระถาง จะให้น้ำหนักสดของต้น น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของราก ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของต้นและราก ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของต้นและรากสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นร้อยละไนโตรเจนของต้นและรากข้าวโพด จะมีค่าสูงสุดในตำรับที่ใส่ยูเรีย อัตรา 8 กรัม/กระถาง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบของการวิจัย

รูปแบบของการวิจัยเป็นการวิจัยโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการและโรงเรือนเพาะชำ

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 **ประชากร** ได้แก่

2.1.1 กากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋อง

2.1.2 ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.1.3 เมล็ดพันธุ์บานชื่นและดาวเรือง

2.2 **ตัวอย่าง** ได้แก่

2.2.1 กากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน อิสเทิร์นดีไลท์ฟู้ด จำกัด เก็บเมื่อ วันที่ 29 ธันวาคม 2545 และได้รับการวิเคราะห์จากกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน เขต 2 จังหวัดชลบุรี กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์

2.2.2 ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจากจังหวัดระยอง เก็บเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2546

2.2.3 เมล็ดพันธุ์บานชื่นและดาวเรืองของ บริษัท เจียไต๋ จำกัด

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 เวอร์เนียร์ขนาด 6 นิ้ว ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

3.2 ตลับเมตรขนาด 3 เมตร ความละเอียด 1 มิลลิเมตร

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการวิจัย

4.1 ตัวอย่างดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยขุดลึก 15 เซ็นติเมตร นำมาผึ่งในร่มและแห้ง ผสมคลุกเคล้าด้วยมือให้เป็นเนื้อเดียวกัน

4.2 เก็บกากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากบ่อหมักสุดท้ายของโรงงานอาหารกระป๋อง แล้วนำมาพึ่งในที่ร่มและแห้ง ผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

4.3 ตวงดินโดยปริมาตรอัตราส่วนต่าง ๆ 5 อัตราส่วนดังนี้

1) ชุดทดลองที่ 1 ชุดดินที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว

2) ชุดทดลองที่ 2 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วน โดยปริมาตร

3) ชุดทดลองที่ 3 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร

4) ชุดทดลองที่ 4 ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 75 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 25 ส่วน โดยปริมาตร

5) ชุดทดลองที่ 5 ชุดดินที่มีดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำอย่างเดียว

4.4 จัดสิ่งทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 5 ตำรับการทดลองตามอัตราส่วนต่าง ๆ 5 อัตราส่วน จำนวน 5 ซ้ำ

4.5 ปลูกบานชื่นและดาวเรือง ในถุงเพาะชำ ขนาด 6 นิ้ว โดยใช้เมล็ดของ บริษัท เจียไต๋ จำกัด

4.6 ดูแลให้น้ำพืชตลอดการทดลอง และจำกัดน้ำต่อหนึ่งชุดการทดลองที่ 200 มิลลิลิตรต่อวัน โดยให้น้ำวันละหนึ่งครั้ง

4.7 บันทึกผลการเจริญเติบโตโดยวัดความสูง โดยวัดตั้งแต่โคนต้นถึงยอดสูงสุด วัดขนาดลำต้น โดยวัดเส้นรอบวงที่โคนต้น และนับจำนวนใบ โดยนับใบทั้งหมด รวมทั้งจำนวนดอก โดยนับดอกทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มปลูกจนสิ้นสุดการทดลอง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ส่งตัวอย่างดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำและตัวอย่างตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องให้กองวิเคราะห์ กรมพัฒนาที่ดิน เขต 2 จังหวัดชลบุรี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ วิเคราะห์หาธาตุอาหาร

5.2 ส่งตัวอย่างตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องวิเคราะห์หาโลหะหนักที่อาจปนเปื้อน โดยวิเคราะห์สังกะสี และดีบุกซึ่งเป็นโลหะหนักที่มีในกระบวนการผลิต

5.3 ทำการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของบานชื่นและดาวเรือง ตั้งแต่เริ่มปลูกจนสิ้นสุดเวลาวิจัย โดยเปรียบเทียบในแต่ละชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างดินอุดมสมบูรณ์ต่ำและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียรวมทั้งแสดงกราฟความแตกต่างของการเจริญเติบโตด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ความสูง
2) ขนาดลำต้น
3) จำนวนใบ
4) จำนวนดอก

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ผลการวิเคราะห์ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและตะกอนบำบัดน้ำเสียโรงงานอาหารกระป๋อง โดยได้รับการวิเคราะห์จาก กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน เขต 2 จังหวัดชลบุรี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ผลดังตารางที่4.1

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในดินอุดมสมบูรณ์ต่ำและตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง

รายการวิเคราะห์	ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย
อินทรียวัตถุ	ร้อยละ 0.58 (ร้อยละ 2.5 – 4.5)	ร้อยละ 0.61
ไนโตรเจน	ร้อยละ 0.29 (ร้อยละ 0.06 – 0.5)	ร้อยละ 0.31
ฟอสฟอรัส	2 ส่วนในล้านส่วน (100 ส่วนในล้านส่วน)	7 ส่วนในล้านส่วน
โพแทสเซียม	38 ส่วนในล้านส่วน (100 ส่วนในล้านส่วน)	240 ส่วนในล้านส่วน
pH	4.8 (6.0 – 7.0)	4.0

หมายเหตุ ในวงเล็บคือ ค่าของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

1.2 ผลการวิเคราะห์ตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องวิเคราะห์โลหะหนักโดย บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด มีผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์โลหะหนักของตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง

โลหะหนัก	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
สังกะสี	5.09 (ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)
ดีบุก	< 0.05 (ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)

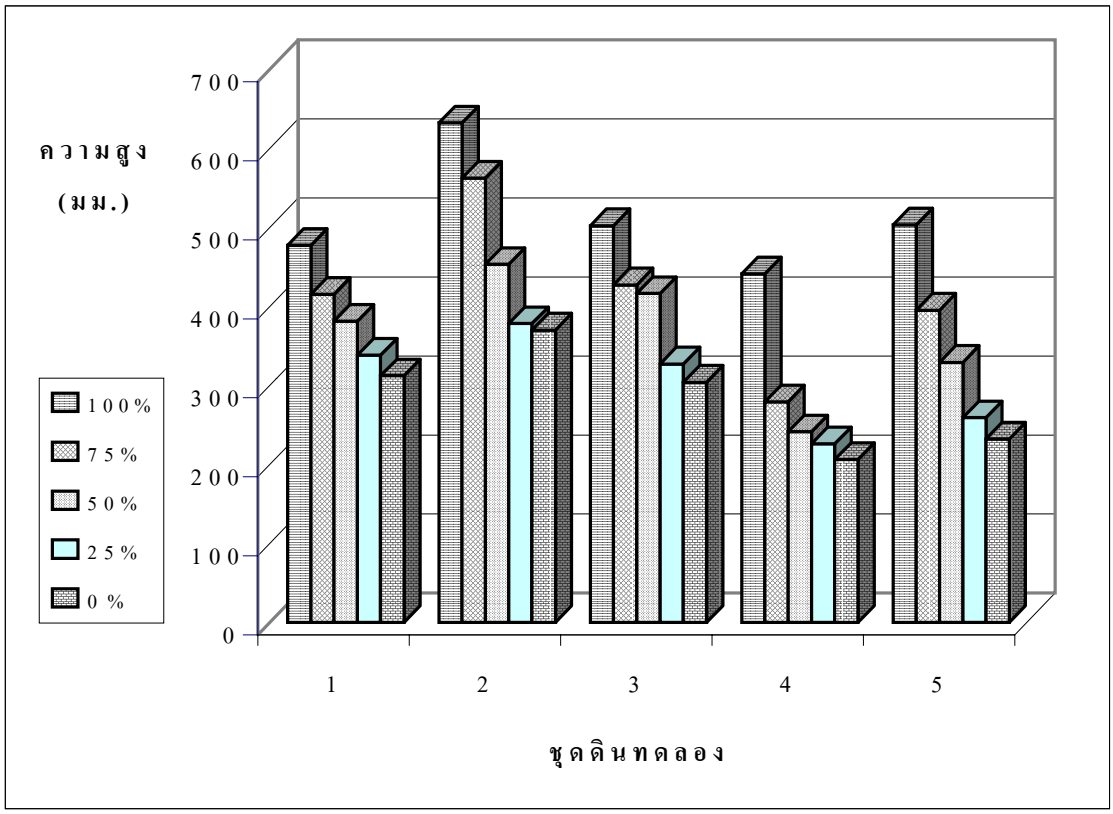
หมายเหตุ ในวงเล็บคือ ค่ามาตรฐาน

2. ผลการทดลอง

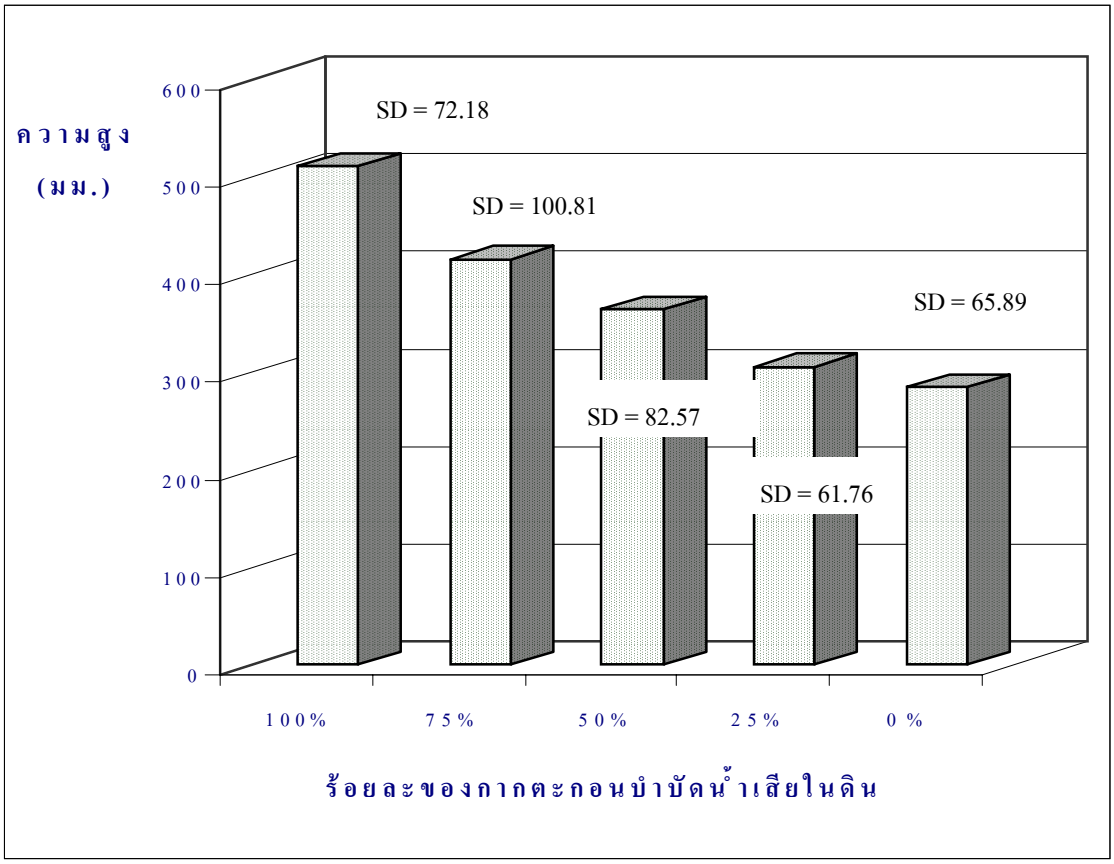
ผลการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของบานชื่น (ปลูก 66 วัน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2546 ถึง 7 พฤษภาคม 2546) และดาวเรือง (ปลูก 97 วัน ตั้งแต่วันที่ 13 พฤษภาคม 2546 ถึง 18 สิงหาคม 2546) โดยวัดการเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดลำต้น จำนวนใบ และจำนวนดอก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 – 4.10 และภาพที่ 4.1 – 4.16

ตารางที่ 4.3 ความสูงของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	ความสูงของต้นบานชื่น (มม.)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	477	415	381	338	312
2	632	562	453	378	370
3	502	427	416	327	304
4	441	279	241	226	206
5	503	395	329	259	232
ค่าเฉลี่ย	511	415.6	364	305.6	284.8
SD	72.18	100.81	82.57	61.76	65.89



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

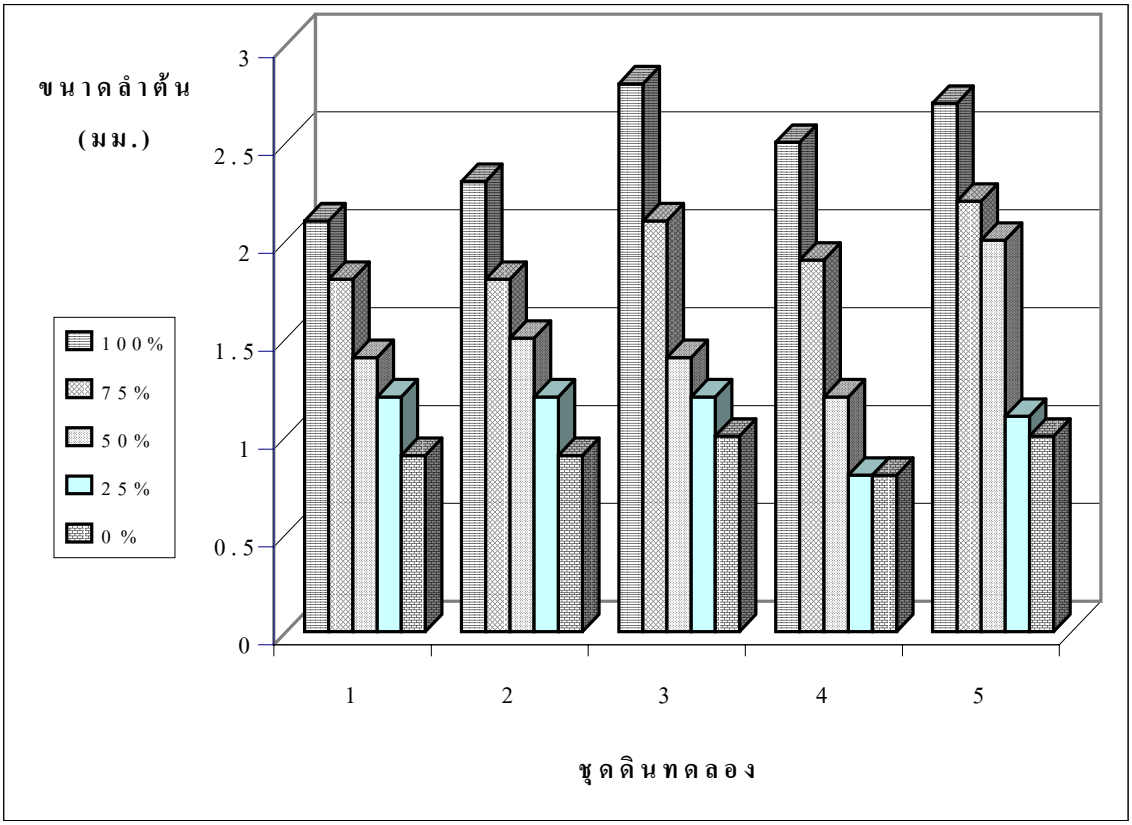


ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

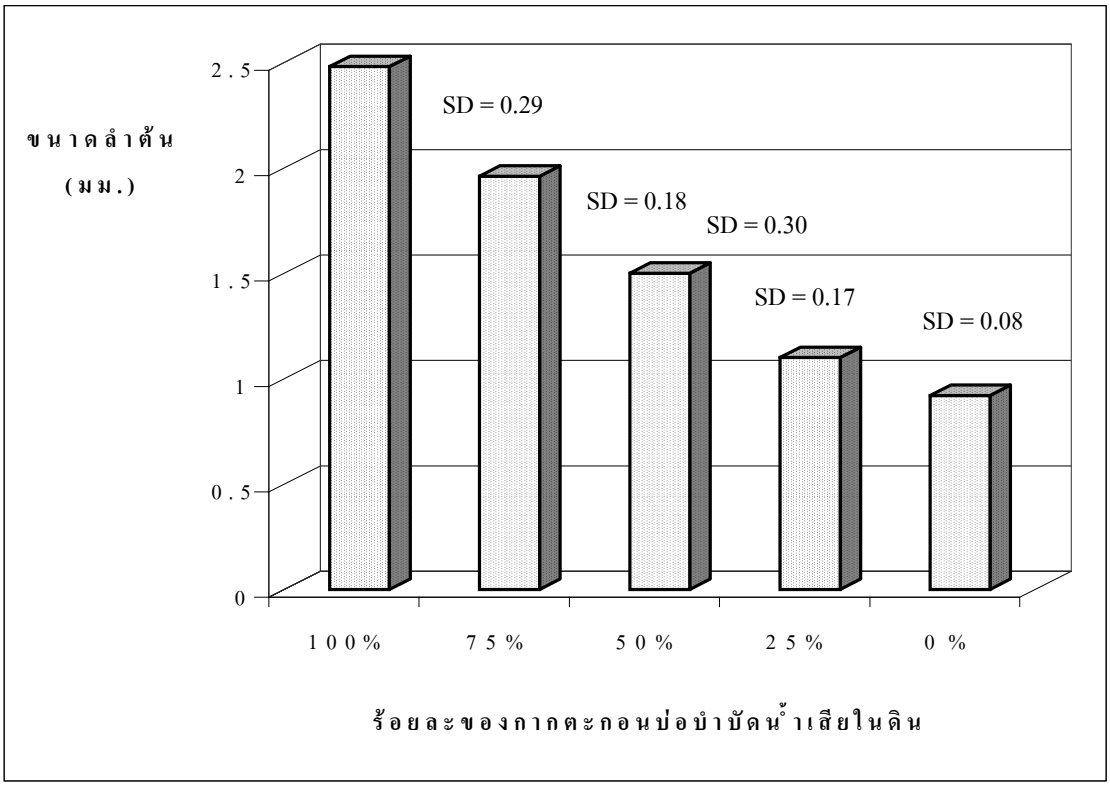
ข้อมูลจากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 – 4. 2 พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นบานชื่นมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ขนาดลำต้นของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	ขนาดลำต้นของต้นบานชื่น (มม.)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	2.1	1.8	1.4	1.2	0.9
2	2.3	1.8	1.5	1.2	0.9
3	2.8	2.1	1.4	1.2	1.0
4	2.5	1.9	1.2	0.8	0.8
5	2.7	2.2	2.0	1.1	1.0
ค่าเฉลี่ย	2.48	1.96	1.5	1.1	0.92
SD	0.29	0.18	0.30	0.17	0.08



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดลำต้นของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

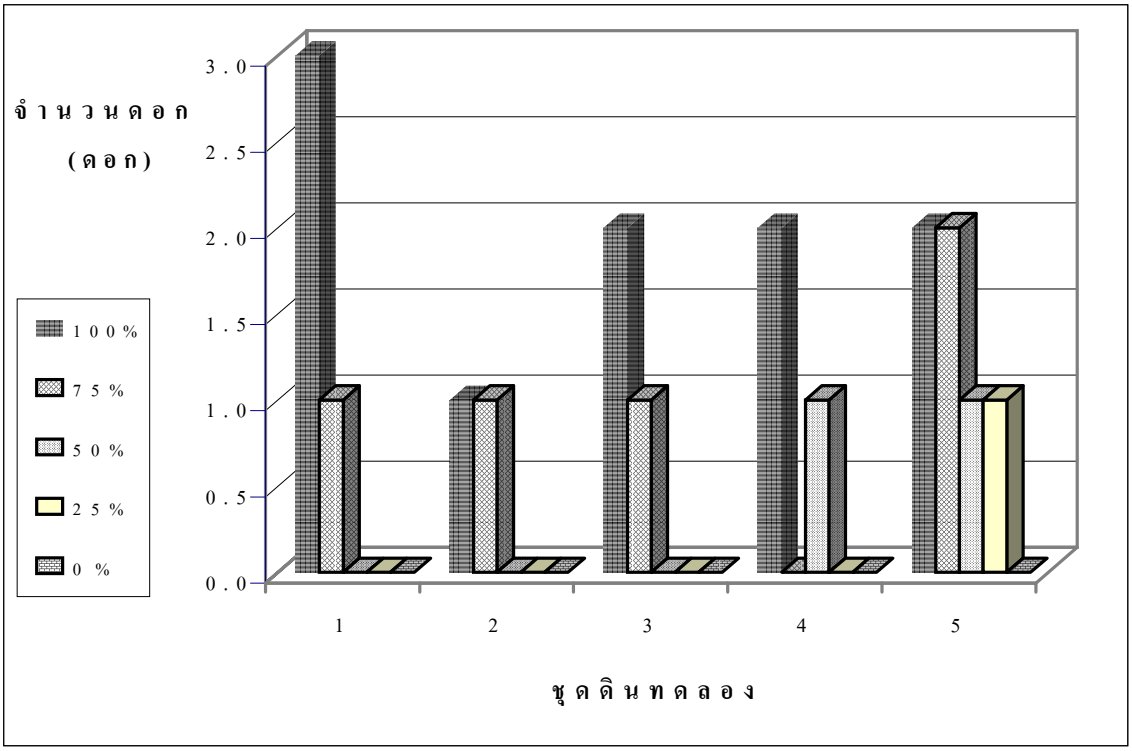


ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

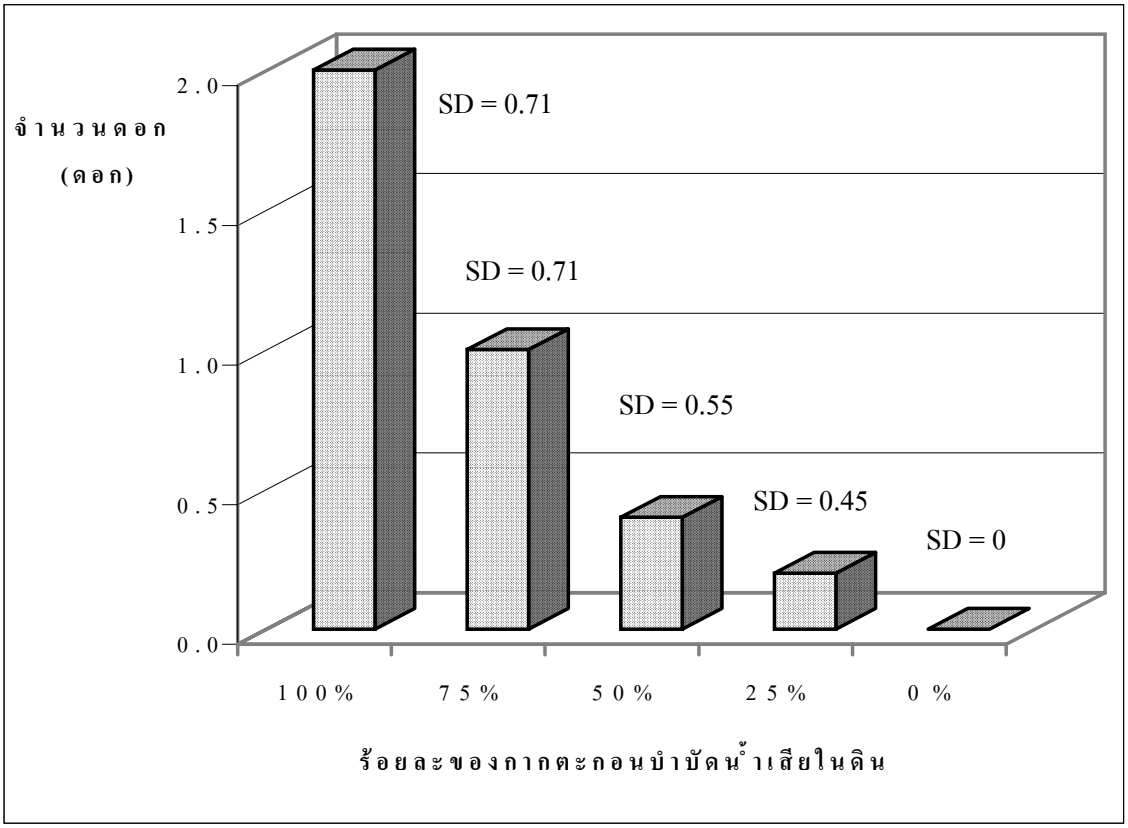
ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.3 – 4.4 พบว่าการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นของต้นบานชื่นมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นมากกว่าต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 จำนวนดอกของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	จำนวนดอกของต้นบานชื่น (ดอก)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	3	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0
3	2	1	0	0	0
4	2	0	1	0	0
5	2	2	1	1	0
ค่าเฉลี่ย	2.0	1.0	0.4	0.2	0
SD	0.71	0.71	0.55	0.45	0



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

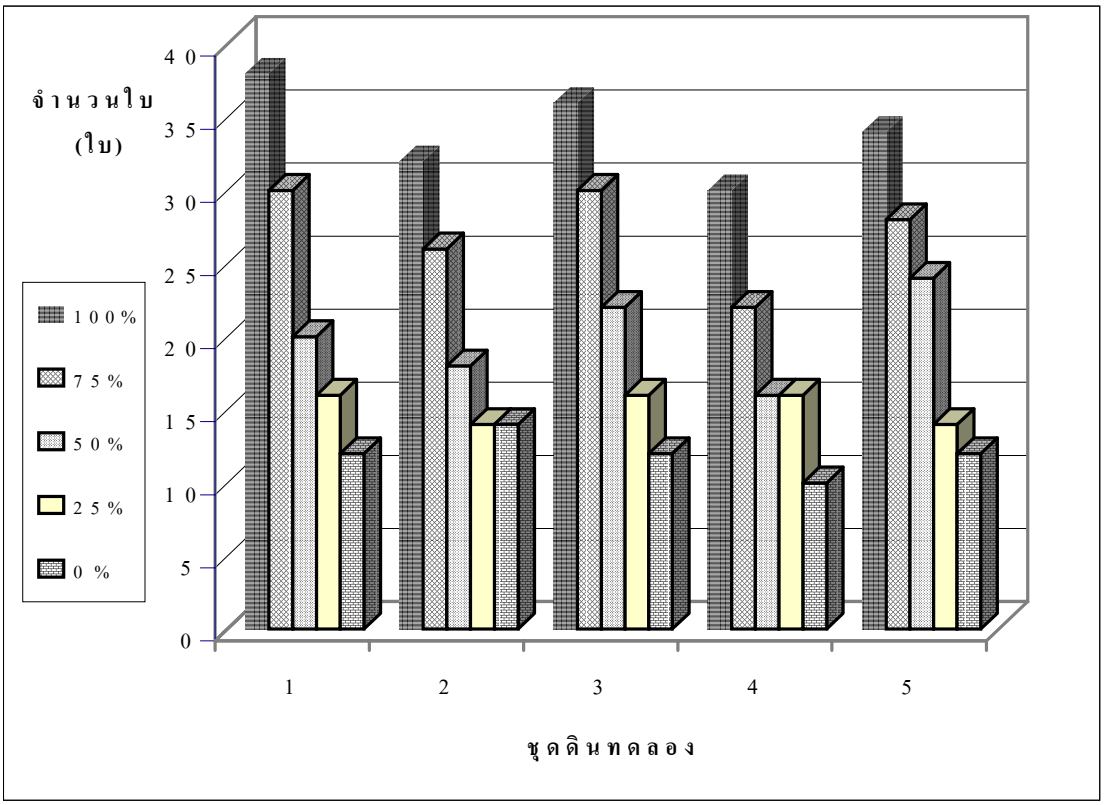


ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

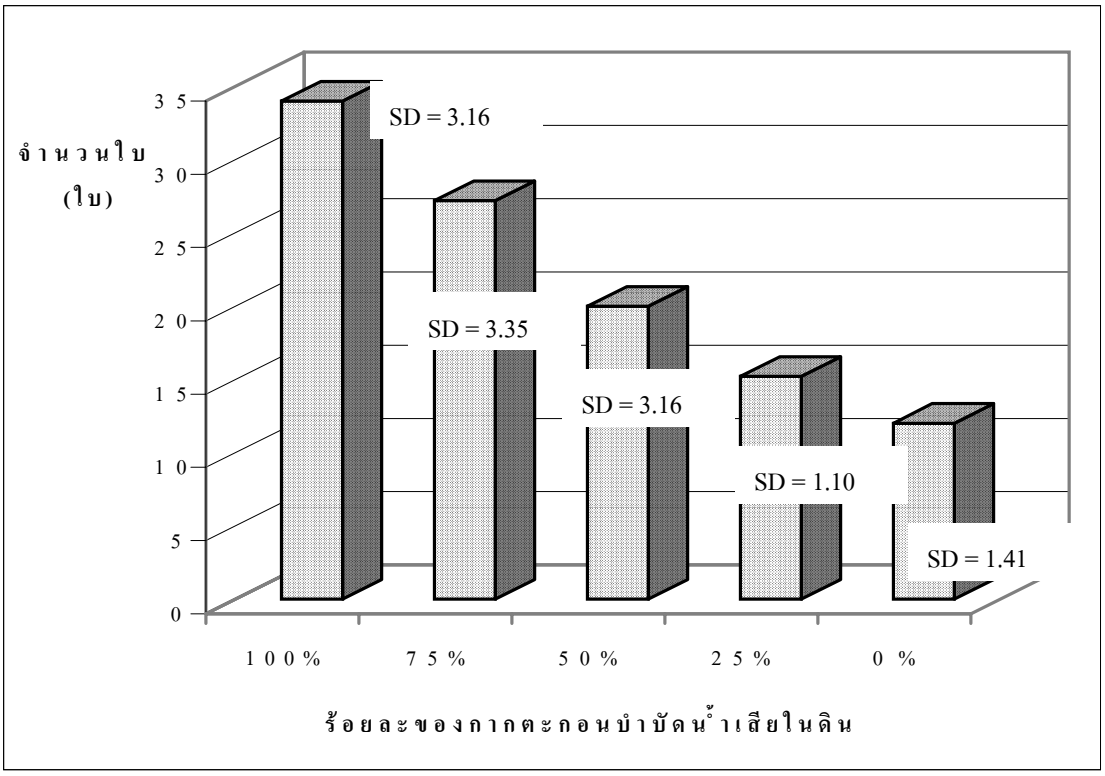
ข้อมูลจากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 – 4.6 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของต้นบานชื่น เมื่อใช้จำนวนดอกเป็นเกณฑ์พบว่าจำนวนดอกมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากก็มีจำนวนดอกมากกว่าต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ ยกเว้นชุดดินทดลองที่ 4 จำนวนดอกบานชื่นของชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วน โดยปริมาตร น้อยกว่า ชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.6 จำนวนใบของต้นบานชื่นตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	จำนวนใบของต้นบานชื่น (ใบ)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	38	30	20	16	12
2	32	26	18	14	14
3	36	30	22	16	12
4	30	22	16	16	10
5	34	28	24	14	12
ค่าเฉลี่ย	34.0	27.2	20.0	15.2	12.0
SD	3.16	3.35	3.16	1.10	1.41



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

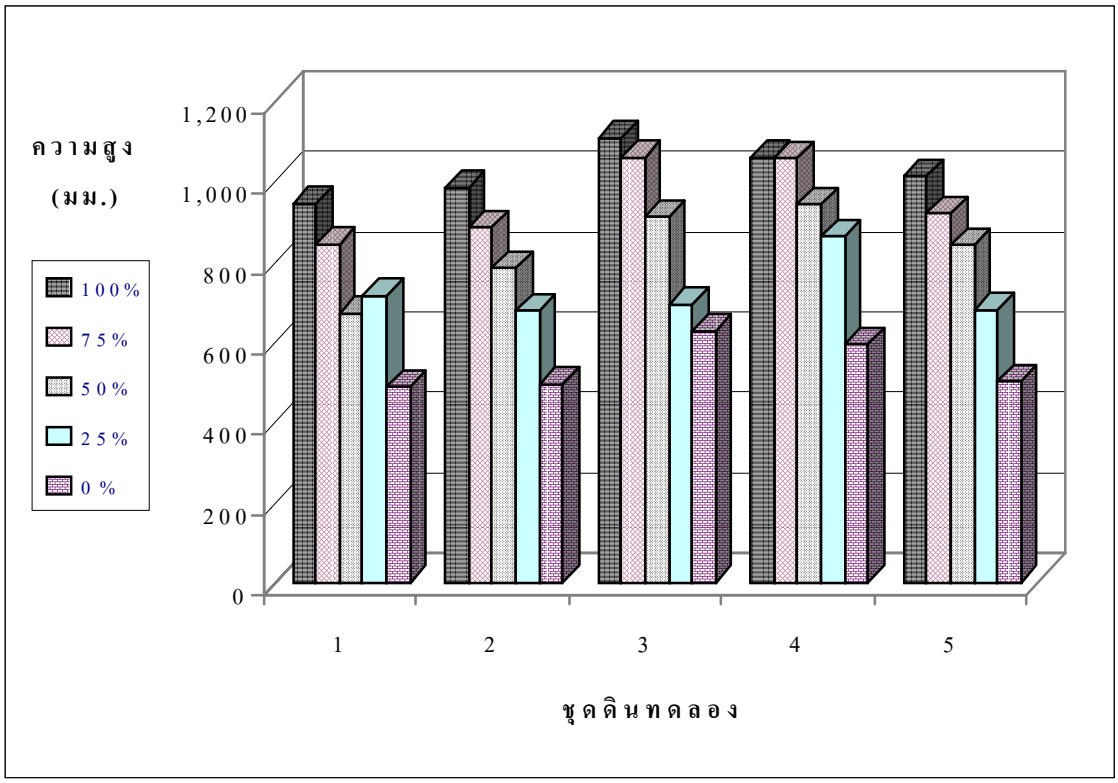


ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นบานชื่นกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

ข้อมูลจากตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 – 4.8 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของต้นบานชื่นเมื่อใช้จำนวนใบเป็นเกณฑ์พบว่าจำนวนใบมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีการเจริญเติบโตเมื่อวัดจำนวนใบมากกว่าต้นบานชื่นที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ

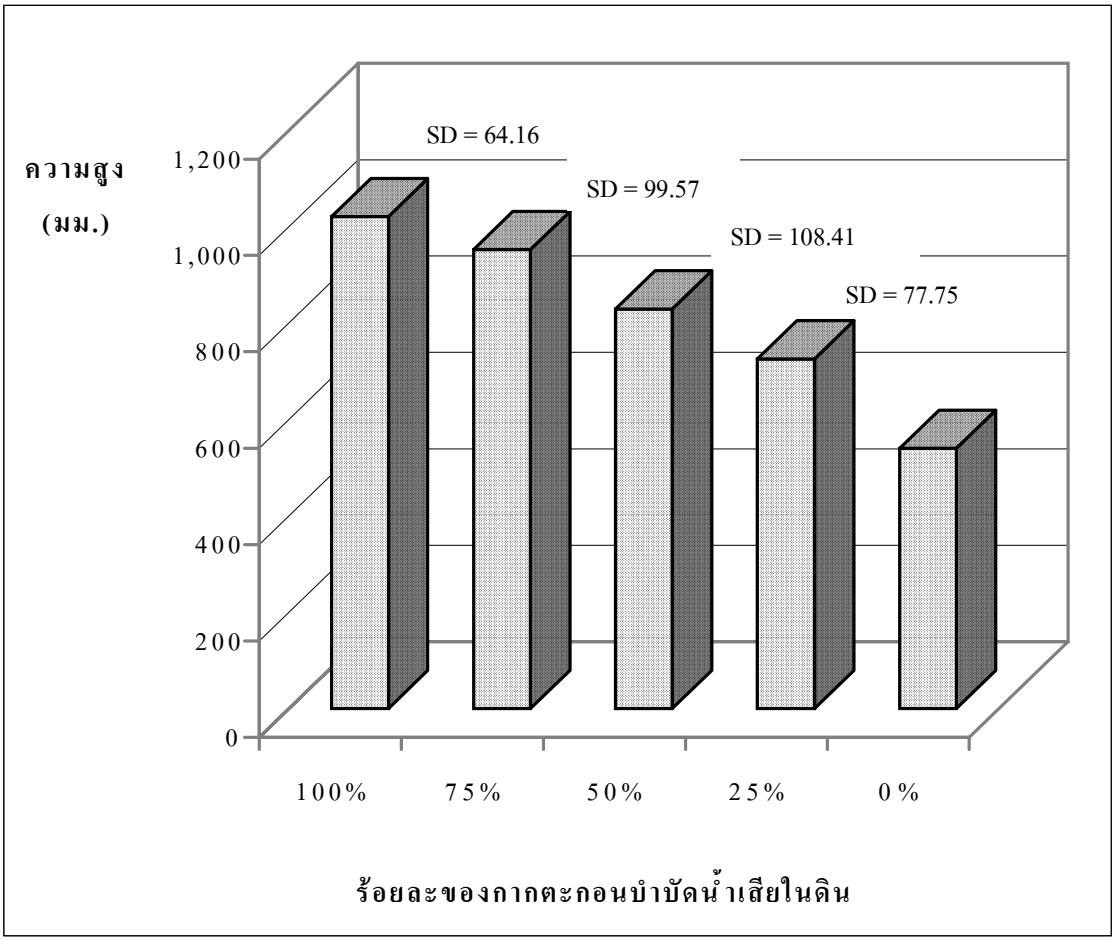
ตารางที่ 4.7 ความสูงของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (มม.)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	944	843	670	714	488
2	983	885	783	677	493
3	1,108	1,058	911	694	626
4	1,059	1,057	942	862	593
5	1,012	920	840	680	500
ค่าเฉลี่ย	1,021.2	952.6	829.2	725.4	540.0
SD	64.16	99.57	108.41	77.75	64.65



SD = 77.75

ภาพที่ 4.9

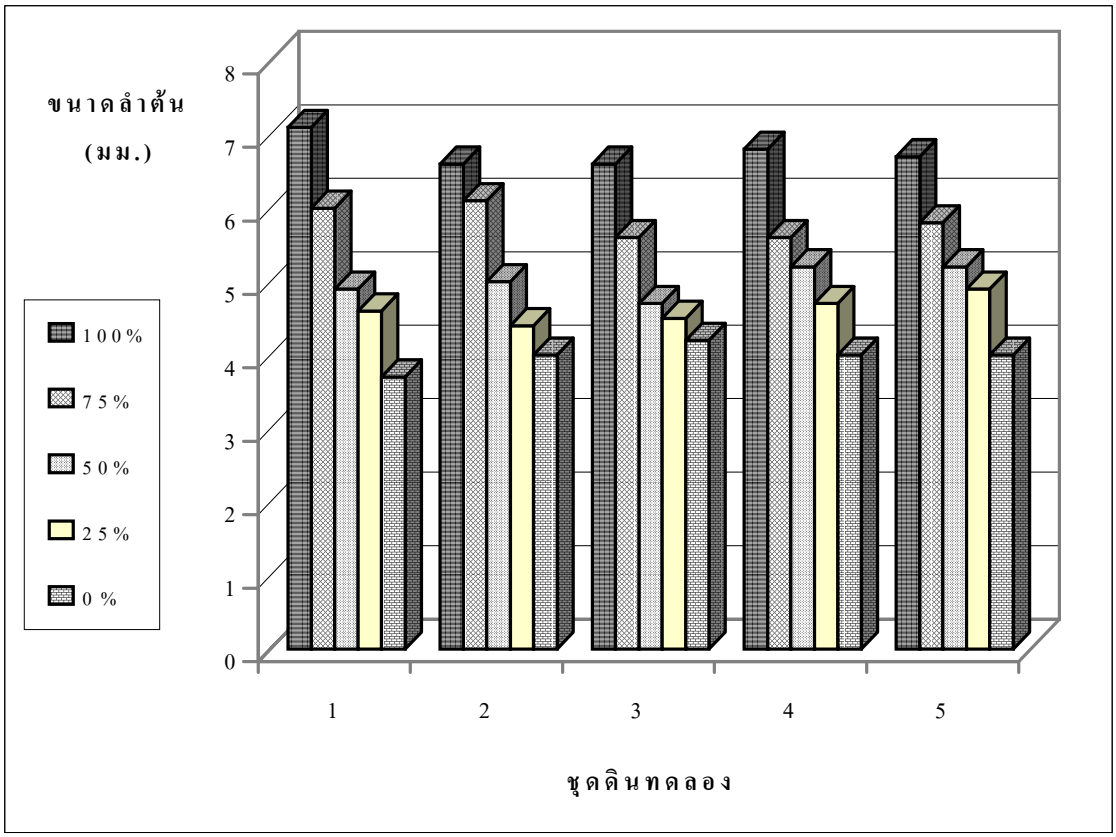


ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

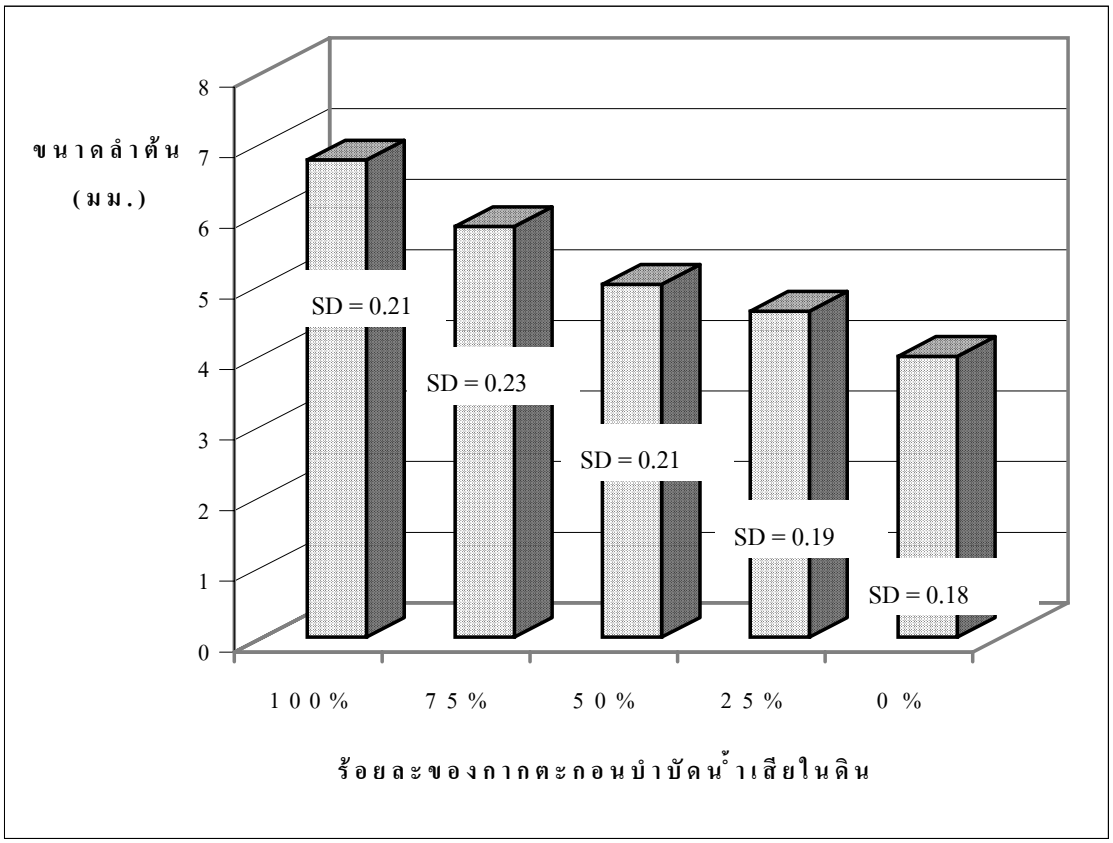
ข้อมูลจากตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9 – 4. 10 พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นดาวเรืองมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับยกเว้นชุดทดลองที่ 1 ชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร น้อยกว่า ชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 75 ส่วน กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 25 ส่วน โดยปริมาตร เนื่องจากมีการแตกยอดจึงทำให้ความสูงลดลง

ตารางที่ 4.8 ขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	ขนาดลำต้นของต้นดาวเรือง (มม.)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	7.1	6.0	4.9	4.6	3.7
2	6.6	6.1	5.0	4.4	4.0
3	6.6	5.6	4.7	4.5	4.2
4	6.8	5.6	5.2	4.7	4.0
5	6.7	5.8	5.2	4.9	4.0
ค่าเฉลี่ย	6.8	5.8	5.0	4.6	4.0
SD	0.21	0.23	0.21	0.19	0.18



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

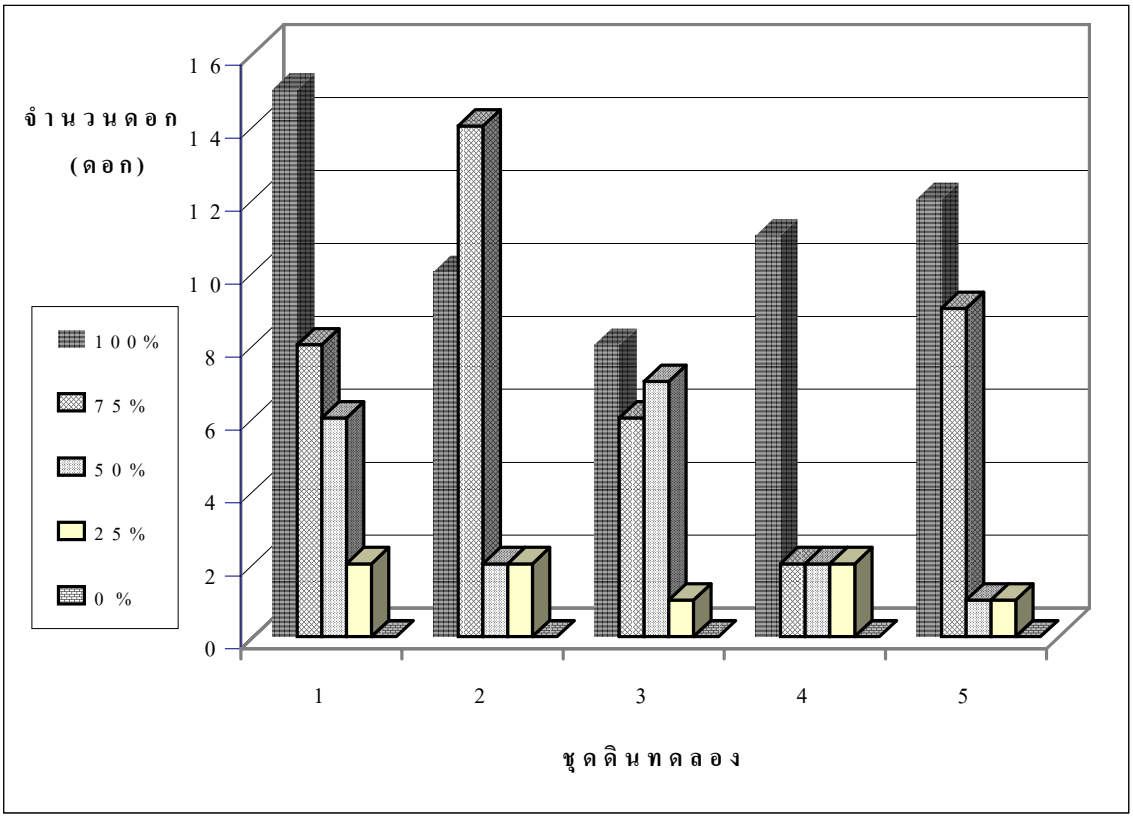


ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

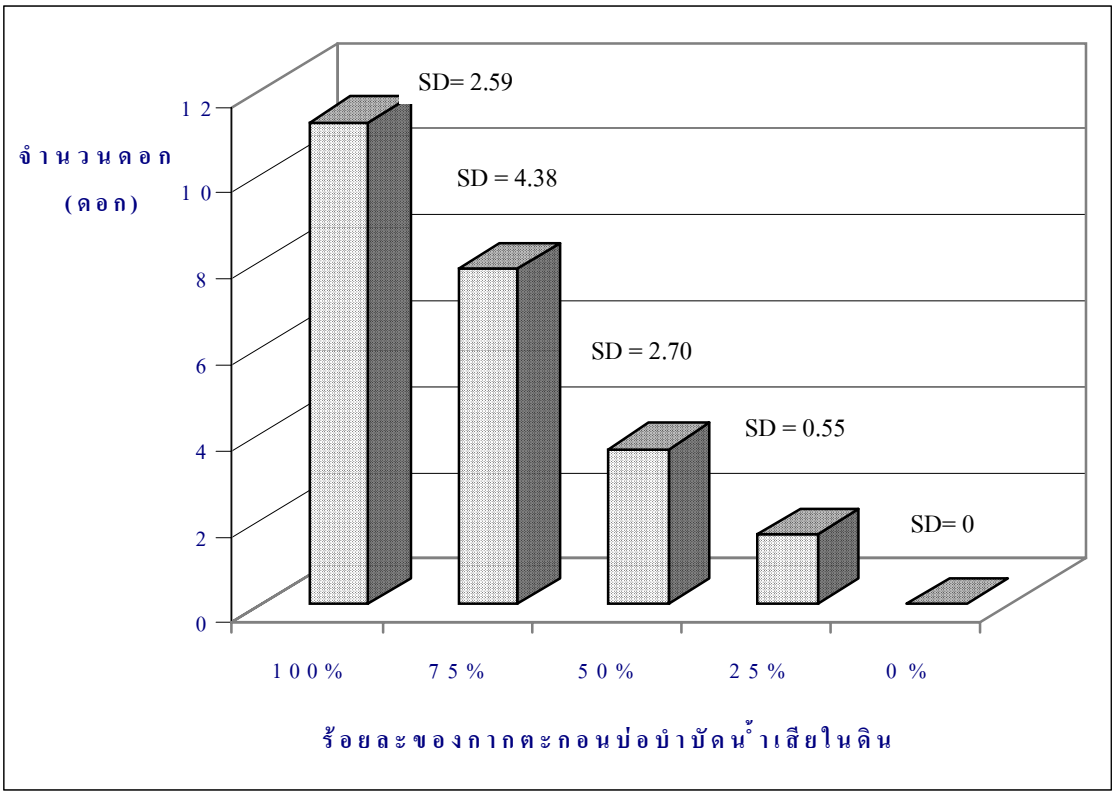
ข้อมูลจากตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.11 – 4.12 พบว่าการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นของต้นดาวเรืองมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นมากกว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 จำนวนดอกของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	จำนวนดอกของต้นดาวเรือง (ดอก)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	15	8	6	2	0
2	10	14	2	2	0
3	8	6	7	1	0
4	11	2	2	2	0
5	12	9	1	1	0
ค่าเฉลี่ย	11.2	7.8	3.6	1.6	0
SD	2.59	4.38	2.70	0.55	0



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

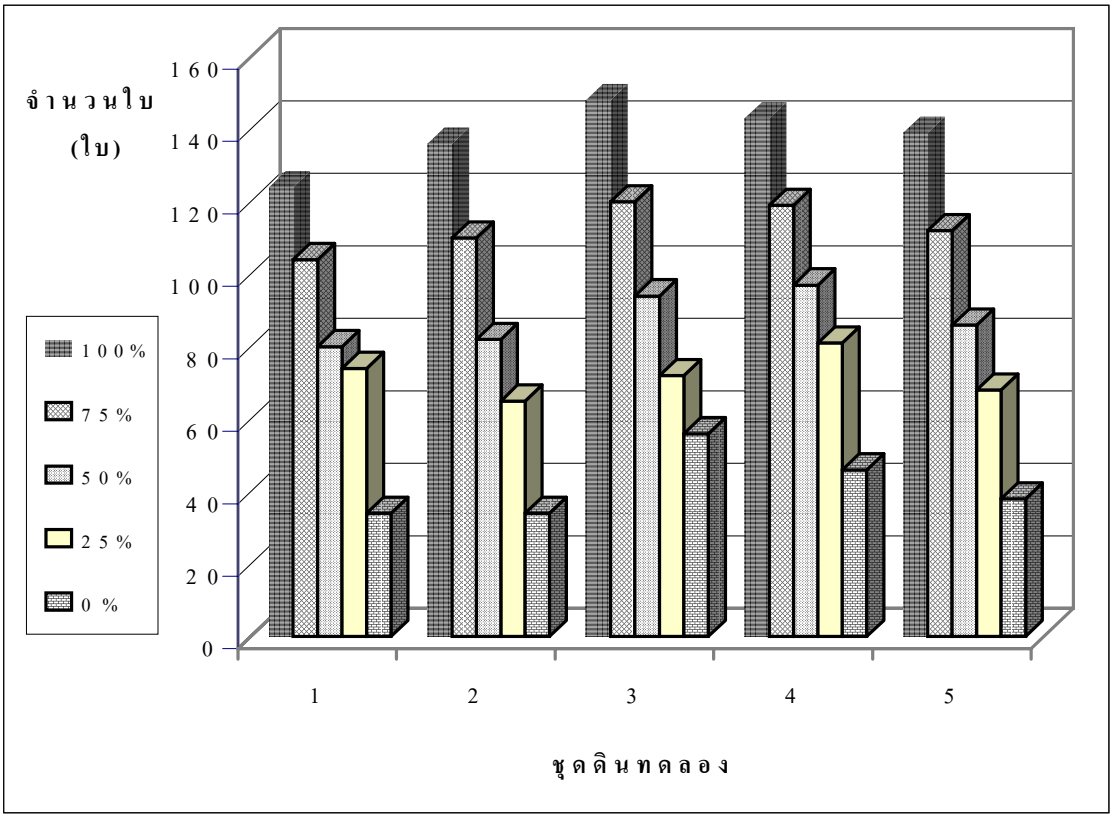


ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนดอกของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

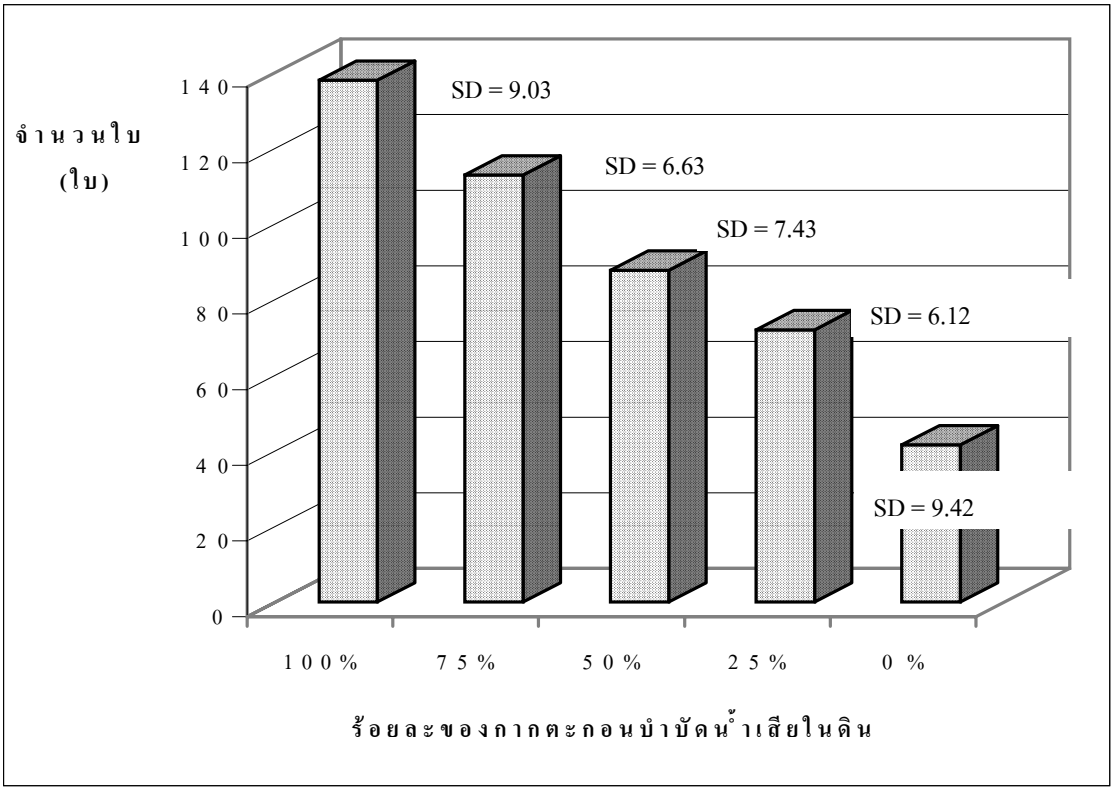
ข้อมูลจากตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.13 – 4.14 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองเมื่อใช้จำนวนดอกเป็นเกณฑ์พบว่าจำนวนดอกมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากก็มีจำนวนดอกมากกว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ ยกเว้นชุดทดลองที่ 2 ชุดดินที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว น้อยกว่าชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วน โดยปริมาตร และชุดทดลองที่ 3 ชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วน ต่อ กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วน โดยปริมาตร น้อยกว่า ชุดดินที่มีสัดส่วนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร เนื่องจากขนาดดอกมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.10 จำนวนใบของต้นดาวเรืองตามอัตราส่วนต่างๆ ระหว่างดินและกากตะกอน

ร้อยละของตะกอน / ชุดที่	จำนวนใบของต้นดาวเรือง (ใบ)				
	100%	75%	50%	25%	0%
1	124	104	80	74	34
2	136	110	82	65	34
3	148	120	94	72	56
4	143	119	97	81	46
5	139	112	86	68	38
ค่าเฉลี่ย	138.0	113.0	87.8	72.0	41.6
SD	9.03	6.63	7.43	6.12	9.42



ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นดาวเรืองกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในดิน

ข้อมูลจากตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.15 – 4.16 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองเมื่อใช้จำนวนใบเป็นเกณฑ์พบว่าจำนวนใบมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ ต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากมีจำนวนใบมากกว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกด้วยดินที่มีร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

กากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกต้นบานชื่น และดาวเรือง หรือใช้แทนวัสดุปลูกทั้งหมดซึ่งจากการวิจัยพบว่าต้นบานชื่นและดาวเรืองมีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเพิ่มส่วนผสมของกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยสังเกตการเจริญเติบโตจากความสูงของต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ และจำนวนดอก (ต้นบานชื่นสังเกตเมื่อปลูก 66 วัน / ต้นดาวเรืองสังเกตเมื่อปลูก 97 วัน)

1. สรุปการวิจัย

1.1 **วัตถุประสงค์การวิจัย** เพื่อศึกษาการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกสำหรับต้นบานชื่น และดาวเรืองได้ และเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุปลูก ระหว่างกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียและดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ทำให้ต้นบานชื่นและดาวเรืองเจริญเติบโตดีที่สุด โดยวัดการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ จำนวนดอก ตั้งแต่เริ่มต้นปลูกจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อลดปัญหามลภาวะที่เกิดจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย อันเป็นวิธีการหนึ่งในการจัดการสิ่งแวดล้อม

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากรในการวิจัย คือ กากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋อง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเมล็ดพันธุ์บานชื่นและดาวเรือง

1.2.2 ตัวอย่างในการวิจัย คือ

1) กากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋อง บริษัท อิสเทิร์นดีไลท์ฟู้ด จำกัด โดยเก็บเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2545

2) ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจากจังหวัดระยอง เก็บเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2546

3) เมล็ดพันธุ์บานชื่นและดาวเรืองของ บริษัท เจียไต๋ จำกัด

1.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เวอร์เนียขนาด 6 นิ้ว และตลับเมตร ขนาด 3 เมตร

1.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษาประกอบด้วย

1) วิเคราะห์หาธาตุอาหารหลักที่พืชใช้เพื่อการเจริญเติบโตในตะกอนบำบัดน้ำเสีย โดย กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน เขต 2 จังหวัดชลบุรี

2) วิเคราะห์หาโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง โดย บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

3) การเจริญเติบโตของบานชื่นและดาวเรือง ดังนี้

(1) ความสูง และขนาดลำต้น เก็บข้อมูลทุก 3 วัน

(2) จำนวนใบ และจำนวนดอก เก็บข้อมูล ณ วันสิ้นสุดการทดลอง

1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นบานชื่นและร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การเจริญเติบโตของขนาดลำต้นของบานชื่น และ ร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวนใบบานชื่นที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาศึกษากับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวนดอกบานชื่นที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาศึกษากับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2) การเจริญเติบโตด้านความสูงของดาวเรือง และร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การเจริญเติบโตของขนาดลำต้นดาวเรือง และร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวนใบดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาศึกษากับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวนดอกดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาศึกษากับร้อยละกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ผสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

1.3 ผลการวิจัย

ศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องเป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่น และดาวเรือง โดยนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียผสมดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในสัดส่วนที่แตกต่างกันโดยปริมาตร ทำการทดลองปลูกต้นบานชื่น และดาวเรือง โดยวางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 5 ซ้ำ 5 อัตราส่วน พบว่า

1.3.1 ***กากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง*** สามารถนำมา ใช้เป็นวัสดุปลูกพืชดอกจำพวกบานชื่น และดาวเรืองได้ดี ตามอัตราส่วนผสมของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่พืชเจริญเติบโตดีที่สุดคือ ปลูกด้วยกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว

1.3.2 การปลูกบานชื่นและดาวเรือง ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ มีแนวโน้มการเจริญเติบโตเหมือนกัน คือ การเจริญเติบโตของบานชื่นและดาวเรืองแปรผันตรงกับอัตราส่วนผสมของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น เมื่อวัดความเจริญเติบโตโดยใช้ความสูงของต้น ขนาดลำต้น จำนวนดอก จำนวนใบ

1.3.3 การเจริญเติบโตของต้นบานชื่นและดาวเรือง มีความสัมพันธ์กับร้อยละของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียแบบแปรผันตรง

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง พบว่าโดยทั่วไปผลการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบของต้นบานชื่นและด้านขนาดลำต้น และจำนวนใบของดาวเรือง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อใช้วัสดุปลูกสูตรกากตะกอนบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว จะให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านดีที่สุด ขณะที่เมื่อใช้วัสดุปลูกสูตรดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอย่างเดียว จะให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยสิทธิ์ ทองจู ซึ่งศึกษาการใช้ประโยชน์กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นวัสดุปลูกโป๊ยเซียน โดยนำกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษผสมขุยมะพร้าวในสัดส่วนที่แตกต่างกันโดยปริมาตร ทำการปลูกทดลองกับโป๊ยเซียนพันธุ์หนึ่งในจักรวาลโดยวางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 10 ซ้ำ 5 ตำรับทดลอง พบว่าวัสดุทั้งหมดให้ผลการเจริญเติบโตด้านความสูงจำนวนใบและขนาดของทรงพุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 โดยวัสดุปลูกสูตรกากตะกอนบำบัดน้ำเสียผสมอย่างเดียวให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านดีที่สุดตลอดจนจำนวนช่อดอกต่อต้นและจำนวนดอกต่อช่อสูงสุด ขณะที่วัสดุปลูกสูตรชุดดินกำแพงแสนอย่างเดียว ให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านต่ำที่สุด และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืชที่ต้องนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต กล่าวคือ มีธาตุโพแทสเซียม 240 ส่วนในล้านส่วน

จากการตรวจปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนบำบัดน้ำเสียเพียง 2 ชนิดคือ สังกะสี และดีบุก เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของภาชนะบรรจุอาหาร อีกทั้งบริษัท อิสเทิร์น ดีไลด์ฟู้ดส์ จำกัด มี

การตรวจน้ำทิ้งและอาหาร โดยว่าจ้างบริษัทภายนอก ซึ่งผลที่ได้พบว่าผ่านมาตรฐานที่กำหนดสามารถส่งออกต่างประเทศได้ และผลที่ได้พบว่ามีปริมาณที่น้อยมาก เช่น สังกะสี 5.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ดีบุก น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจึงสามารถนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียไปใช้ในไร่เป็นประโยชน์กับเกษตรกร ทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและรักษาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

ส่วนผลการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดลำต้น จำนวนดอก ของบานชื่น รวมทั้งผลการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนดอกของดาวเรือง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ยกเว้นบางสัดส่วนที่มีส่วนผสมของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียใกล้เคียงกันก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งหากทดลองโดยใช้อัตราส่วนผสมของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียให้ต่างกันมากขึ้นโดยผสม 3 อัตราส่วนคือ กากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วน ต่อกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วน โดยปริมาตร และดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำอย่างเดียว ศึกษาพบว่าที่จะให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 เนื่องจากหากพิจารณาผลวิเคราะห์ธาตุหลักที่จำเป็นต่อพืชในการเจริญเติบโตพบว่ากากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องนี้จะมีธาตุโพแทสเซียม 240 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับพืชโดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุพบร้อยละ 0.61 ไนโตรเจนพบร้อยละ 0.31 ฟอสฟอรัสพบ 7 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่สูงนักเมื่อเทียบกับความจำเป็นที่พืชต้องการและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมีสภาพเป็นกรด (pH 4) ดังนั้นการนำไปใช้ต้องปรับสภาพให้เหมาะสมกับพืชที่จะนำไปปลูก ที่ตรวจพบปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในปริมาณน้อยอาจเนื่องมาจากเก็บตะกอนจากบ่อหมักบ่อสุดท้ายที่พึ่งจะมีการลอกบ่อประมาณ 2 เดือน สำหรับธาตุโพแทสเซียมนั้นมีบทบาทในการสร้างอาหาร สังเคราะห์น้ำตาลและแป้งภายในพืช ช่วยในการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้ง และน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโต ช่วยในการเจริญเติบโตของหน่อ และส่วนยอดอ่อนตลอดจนการส่งไปเก็บสะสมไว้ที่หัวและลำต้น ดังนั้นกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่มีธาตุโพแทสเซียมสูงมากนี้จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์โดยนำไปเป็นวัสดุปลูกพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง สมหวัง อ้อย เป็นต้น

การวิจัยครั้งนี้เลือกต้นบานชื่นและดาวเรืองมาทดลอง เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิด มีช่วงเวลาสั้นในการเจริญเติบโต ตั้งแต่เพาะเมล็ดจึงออกดอก โดยบานชื่นใช้เวลา 60-90 วัน ดาวเรืองใช้เวลา 60-70 วัน และมีลักษณะ ต้น ดอก ใบ ของพืชดังกล่าวง่ายต่อการเก็บข้อมูล อีกทั้งเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรสูง จึงได้เลือกนำมาศึกษา

การที่ผลการวิจัยบางส่วนไม่เป็นไปตามทฤษฎีอาจเนื่องมาจากข้อจำกัดดังนี้ คือระยะห่างของกระถาง โดยเฉพาะการปลูกต้นดาวเรือง เนื่องจากลักษณะต้นดาวเรืองเป็นไม้พุ่มใหญ่กว่าต้นบานชื่น ดังนั้น การตั้งกระถางควรคำนึงถึง ทรงพุ่มของต้นไม้ที่จะนำมาทดลองด้วย และการแตก

ยอดเป็นจำนวนไม่เท่ากันก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่ง โดยเฉพาะส่งผลต่อจำนวนดอกเนื่องจากปกติของไม้ดอกโดยทั่วไปจะแทงช่อดอกออกจากยอดดังนั้นหากมีจำนวนยอดมากย่อมเกิดดอกมากตามไปด้วยแต่จะแตกต่างที่ขนาดของดอก สำหรับการศึกษาครั้งนี้มิได้นำขนาดดอกมาร่วมเปรียบเทียบทำให้บางชุดการทดลองไม่ตรงตามทฤษฎี เนื่องจากพืชมีขนาดดอกแตกต่างกันและยากต่อการวัดขนาดดอกขั้นตอนการวัดความสูงของลำต้นหากระยะห่างระหว่างต้นน้อย ผู้วิจัยต้องเคลื่อนย้ายกระถาง ซึ่งจะส่งผลให้ต้นพืชบอบช้ำได้ ขนาดของกระถางและปริมาณของวัสดุปลูก ควรคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากช่วงปลายของการทดลองจะไม่มีธาตุอาหารเหลือสำหรับพืชในการออกดอกทำให้ดอกที่ได้มีขนาดเล็กไม่ใหญ่เหมือนทั่วไป ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล อาจเก็บข้อมูลสัปดาห์ละครั้งเพื่อลดความบอบช้ำของต้นพืช ในขั้นตอนการวัดความสูง และขนาดลำต้นเนื่องจาก ที่ผ่านมาเก็บข้อมูลทุกสามวันเป็นระยะเวลาที่สั้นเกินไปดูได้จากค่าความแตกต่างของข้อมูลซึ่งมีความแตกต่างกันไม่มาก

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลมาใช้

กากตะกอนบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องสามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยนำมาปลูกเป็นวัสดุปลูกพืชดอกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชกินหัว เนื่องจากมีธาตุโพแทสเซียมสูงจะช่วยเกษตรกรลดค่าใช้จ่ายเรื่องปุ๋ย อาจใช้เสริมร่วมกับปุ๋ยหมัก เนื่องจากโดยทั่วไปปุ๋ยหมักจะมีธาตุโพแทสเซียมต่ำ ทั้งยังช่วยโรงงานลดปัญหาเรื่องการกำจัดกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหน่วยงานราชการควรประสานงานระหว่างโรงงานและเกษตรกร เพื่อให้การจัดการกากของเสียเป็นไปโดยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรมีความไม่แน่ใจถึงคุณภาพของกากตะกอนบำบัดน้ำเสียว่ามีคุณประโยชน์อย่างไร เพราะส่วนใหญ่มักได้รับข้อมูลเชิงลบ จึงขาดความเข้าใจที่ถูกต้อง เนื่องจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมีสภาพเป็นกรด(pH ต่ำ) ดังนั้นก่อนนำไปใช้ต้องทำการปรับสภาพทางกายภาพ และเคมีบางส่วนของตะกอนเสียก่อนให้มีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ๆ โดยใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพกรดด่างให้เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ แต่จะดีหากนำไปใช้กับดินเค็มซึ่งมีสภาพเป็นด่าง ในส่วนของโรงงาน สามารถนำกากตะกอนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในรูปของปุ๋ยชีวภาพใช้ปลูกต้นไม้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีในการทำงาน หรืออาจขายให้กับเกษตรกร ซึ่งมีการปลูกยางพารารอบ ๆ โรงงาน หรืออาจให้ปล่าวเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชนรอบโรงงานซึ่งจะทำให้ลดความขัดแย้งกับชุมชนได้หลังมวลชนสัมพันธ์ และการลอกบ่อจะทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

3.2.1 การศึกษาครั้งต่อไป อาจนำกากวัตถุดิบ เช่น ก้างปลา เศษเนื้อปลา ซึ่งมีปริมาณมาก และไม่ได้ใช้ประโยชน์เป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิต ประกอบกับมีธาตุอาหารสูงกว่ากากตะกอนจากบ่อบำบัด มาศึกษาซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในการเจริญเติบโต แต่ก่อนการนำไปใช้ควรผ่านขั้นตอนการหมักเพื่อให้ย่อยสลาย และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

3.2.2 กากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากบ่อหมักของโรงงานอาหารกระป๋องที่พึ่งเดินระบบ โดยส่วนใหญ่การลอกตะกอนจะกระทำนาน ๆ ครั้งดังนั้นเวลาน่าจะมีผลต่อปริมาณธาตุอาหาร และโลหะหนักที่พบในตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหากมีปริมาณปริมาณธาตุอาหารมากก็จะเป็นผลดีต่อพืช แต่หากตรวจพบโลหะหนักมากก็จะส่งผลต่อ การนำไปใช้ จึงน่าจะมีการศึกษาโดยนำตะกอนจากบ่อหมักที่เวลาต่างกันมาทดสอบปริมาณธาตุอาหาร และโลหะหนัก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

การทดสอบตัวอย่างตะกอน ในรายการทดสอบ Zn , Sn ด้วย ICP มีรายละเอียดดังนี้

ก. การเตรียมตัวอย่างตะกอน รายละเอียดดัง Flow Chart

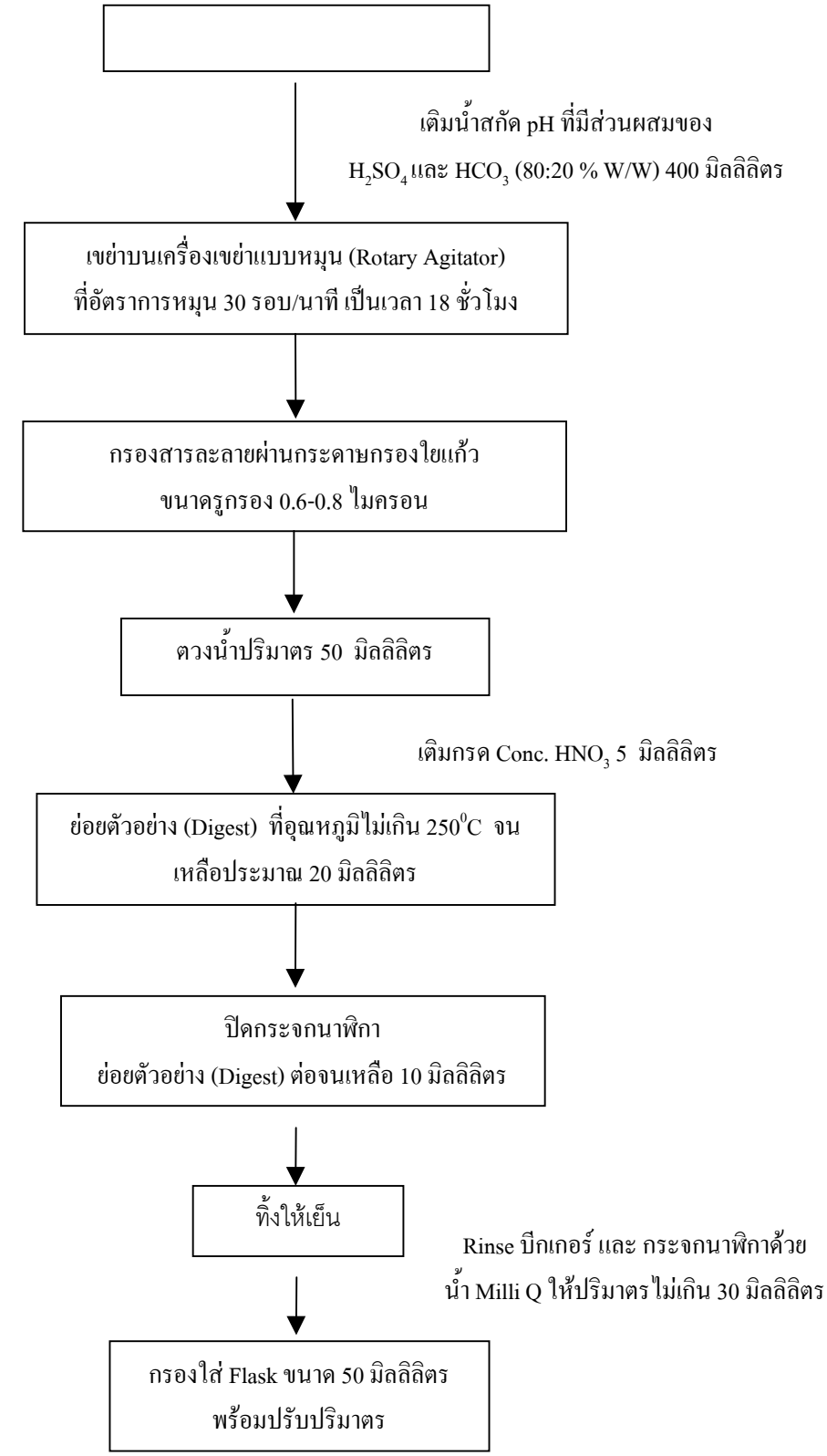
อ้างอิงตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)
ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

การสกัดสาร (Leachate Extraction Procedure) และการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำสกัด (Leachate หรือ Extraction Fluid) ให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วมีของแข็ง (Dry Solids) ปะปนในปริมาณมากกว่า ร้อยละ 0.5 ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้
   1.1 บดตัวอย่างสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วให้เป็นผง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกรอง 9.5 มิลลิเมตร (ขนาดตะกอนที่ส่งมาให้ไม่ต้องบดเป็นผงสามารถทำข้อ 1.2 ต่อได้เลย)
   1.2 นำตัวอย่างที่ได้จาก (1) หนัก 100 กรัม (ทดสอบจริง ใช้ 20 กรัม)เติมด้วยน้ำสกัด (Leachant)หรือน้ำฝนกรดสังเคราะห์(SyntheticAcid RainExtraction Fluid) ซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมสารละลายของกรดกำมะถันและกรดไนตริก (ในสัดส่วน 80 ต่อ 20 โดยน้ำหนัก) จนค่าความเป็นกรดด่าง พีเอช (pH) ของส่วนผสม (Mixture) มีค่า คงที่เท่ากับ 5 แล้วจึงปรับปริมาตรของของผสมให้อัตราส่วนปริมาตรของน้ำสกัดเป็น 20 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่าง (น้ำสกัด pH 5 = 400 มิลลิลิตร)
   1.3 เขย่าบนเครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (Rotary Agitator) ที่มีอัตราการหมุน 30 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง
   1.4 กรองสารละลายจากการสกัด (Leachate) ด้วยแผ่นกรองใยแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน
   1.5 นำของเหลวที่ผ่านการกรองแล้วไปทำการวิเคราะห์ตามข้อ 2

2. การวิเคราะห์หาค่าสารในของเหลวที่ผ่านการกรองแล้วจากข้อ 1. ให้ใช้วิธีมาตรฐาน APHA, AWWA, WEF, “Standard Method For Examination of Water and Wastewater”, 20 th ed, American Public Heath Association Inc., Washington D.C., 1998.

Flow Chart การหาปริมาณความเข้มข้นของสารในน้ำสกัด



ข. การทดสอบโลหะหนักในน้ำ

1. เอกสารอ้างอิง

1.1 APHA, AWWA, WEF, “Standard Method For Examination of Water and Wastewater”, 20 th ed, American Public Heath Association Inc., Washington D.C., 1998.

1.2 “JY ICP’ s Spectrometer user Manual” Jobin gren emission Horiba group, March 1998.

2. ชนิดของตัวอย่าง

สามารถแบ่งประเภทของตัวอย่างน้ำได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1 น้ำเสีย ได้แก่ น้ำทิ้งชุมชน น้ำจากอาคารบ้านเรือน โรงพยาบาล โรงแรม น้ำจากห้องน้ำ ห้องส้วม น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 น้ำดี ได้แก่ น้ำจากแหล่งน้ำไหล เช่นแม่น้ำ ลำธาร ห้วย คลอง น้ำจากแหล่งน้ำนิ่ง หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ รวมถึงน้ำที่ใช้อุปโภคและบริโภค

3. พารามิเตอร์ที่ทดสอบและช่วงของการทดสอบหาปริมาณโลหะหนักในน้ำ

Zn 213.856 , Sn 242.949 ช่วงของการทดสอบ 0.05 – 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. หลักการ

การทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักโดยใช้เทคนิค Inductively Couple Plasma (ICP) เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้อง (Accuracy) แม่นยำ (Precision) และความไว (Sensitivity) ในการทดสอบสูง อีกทั้งสามารถทดสอบธาตุต่างๆ ได้มากหลักการทำงานของ ICP คือ ตัวอย่างที่ผ่านการย่อย (Digest) ด้วยกรดเข้มข้นจะถูกดูด (Aspirate) เข้าสู่ Spray Chamber และถูกทำให้เป็นอะตอมอิสระ (Atomized) โดยใช้ความร้อนจากพลาสมา (Plasma) ซึ่งปริมาณอะตอมอิสระของธาตุที่ต้องการทดสอบจะคายแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะของธาตุนั้นๆ และปริมาณความเข้มของแสงที่คายออกจะถูกตรวจวัด (Detector) ซึ่งจะแปลค่าIntensity เป็นค่าความเข้มข้นของธาตุที่ทดสอบ

5. เครื่องมือ

5.1 เครื่องแก้ว

5.1.1 ขวดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50,100, 200, 1,000 มิลลิลิตร

5.1.2 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50, 100, 150 มิลลิลิตร

5.1.3 ปิเปต (Pipette) ขนาด 2, 4, 5, 10, 20 มิลลิลิตร

5.1.4 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 มิลลิลิตร

5.1.5 หลอดหยด (Dropper)

5.1.6 Dispensette

5.2 เตาให้ความร้อน (Hot Plate) สามารถให้ความร้อนได้ตั้งแต่ 100-500 $^{\circ}$C

5.3 กระดาษกรอง (Filter Paper : Whatman No. 40 หรือ No. 2) ขนาด $\varnothing$ 12.5 cm

5.4 Inductively Couple Plasma Spectrophotometer (JY 2000)

6. สารเคมี

6.1 กรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 65-70 %

6.2 สารละลายอ้างอิง (Blank); 2%HNO_3 (v/v) มีวิธีการเตรียมดังนี้ โดยใช้ dispensette ดูด conc. HNO_3 40 มิลลิลิตร ถ่ายลงใน Volumetric flask 2,000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำ MilliQ ประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ Milli Q

6.3 Standard Solution Zn , Sn เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

7. สารมาตรฐานอ้างอิง

Certified Reference Material (CRM)

8. ภาวะแวดล้อม

8.1 อุณหภูมิห้องเครื่องมือทดสอบ 25 $\pm$ 5 $^{\circ}$C

8.2 ความชื้นสัมพัทธ์ห้องเครื่องมือทดสอบ 70 $\pm$ 15 %

9. วิธีการ

9.1 ขั้นตอนการเตรียม Reagent blank (RBLK)

เตรียม Reagent blank (RBLK) เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนจากสารเคมีหรือระหว่างขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยตวงน้ำ Milli Q มา 50 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง (ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ) และทำการทดสอบเหมือนขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (ข้อ 11.3)

9.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

9.2.1 สารละลายมาตรฐาน (Standard Solution) Zn, Sn เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารละลายมาตรฐานสำเร็จรูป ซึ่งต้องอยู่ในช่วงที่ยังไม่หมดอายุการใช้งาน

9.2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานผสม Zn, Sn ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (Stock Standard) โดยทำการเจือจางจากสารละลายมาตรฐานเข้มข้น1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรมาธาตุละปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

9.2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะช่วงที่ใช้งาน (Working Standard)

9.2.3.1 การเตรียมสารละลาย Intermediate Standard และ Working Standard ของโลหะผสมที่ความเข้มข้น 10.00, 2.00, 1.00, 0.50, 0.10, 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 10.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (Intermediate Standard) ปิเปตสารละลายมาตรผสมเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในVolumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

2) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 4 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

3) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

4) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

5) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

6) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย Blank

9.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

9.3.1 เขย่าตัวอย่างน้ำจนแน่ใจว่าเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้กระบอกตวง ตวงตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร จดบันทึกปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้น ก่อนการย่อย (Digest) (b) ถ่ายตัวอย่างใส่ใน Beaker ขนาด 150 มิลลิลิตร

9.3.2 เติม conc. HNO_3 5.0 มิลลิลิตร โดย Dispensette ลงไปในตัวอย่างย่อยตัวอย่างโดยใช้ความร้อนจากเตาให้ความร้อน (Hot Plate) กำหนดให้ปรับระดับความร้อนของเตาให้ความร้อน

(Hot Plate) อยู่ในช่วงไม่เกิน 250 °C แล้วปรับระดับความร้อนลดลงเมื่อตัวอย่างมีปริมาตรน้อยลง ระเหยตัวอย่างจนเหลือปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตร

9.3.3 ปิดกระจกนาฬิกา ย่อยตัวอย่างต่อจนเหลือปริมาตรประมาณ 10 มิลลิลิตร

9.3.4 ยกตัวอย่างลงจาก Hot Plate ตั้งทิ้งให้เย็น Rinse ด้วยน้ำ Milli Q ให้ทั่วบีกเกอร์และกระจกนาฬิกา โดย rinse ด้วยน้ำ Milli Q ครั้งละน้อยๆ ให้ปริมาตรไม่เกิน 30 มิลลิลิตร

9.3.5 กรองตัวอย่างใส่ Volumetric Flask ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยเทตัวอย่างที่ Rinse ด้วยน้ำ Milli Q ผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 40 โดยพับกระดาษกรองให้เป็นจีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการกรองแล้วปรับปริมาตรจนเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ Milli Q จดบันทึกปริมาตรสุดท้ายหลังการ Digest (f) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะ

การคำนวณผลการทดสอบ

$$\text{ความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะ (Total Metal Concentration, มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{a^* f^* z}{b}$$

เมื่อ a = ความเข้มข้นของตัวอย่างที่ทดสอบได้จากเครื่อง AAS (มิลลิกรัมต่อลิตร)

f = ปริมาตรสุดท้ายหลังการ Digest (Intitial Volume; มิลลิลิตร)

b = ปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้นก่อนการ Digest (Final Volume; มิลลิลิตร)

z = จำนวนเท่าที่ทำการเจือจางตัวอย่าง (Dilution Factor) กำหนดให้ z=1

9.4 ขั้นตอนการทดสอบโดยเครื่อง ICP

นำตัวอย่างที่เตรียมได้และตัวอย่างในข้อ 9.1 – 9.3 มาทำการทดสอบหาโลหะโดยเครื่อง ICP

10. การตรวจสอบเครื่องมือ

เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือดังนี้

10.1 เช็คปริมาณ Gas Argon ต้องมีมากกว่า 100 psi

10.2 ระบบ Drain ท่ออุดตันหรือไม่

10.3 ระบบ Cooling ที่ใช้น้ำ DI Water ต้องทำการเปลี่ยนทุกเดือน

10.4 ระบบ Hood สังเกตมีกลิ่นของกรดรั่วไหลออกมาหรือไม่

10.5 เช็ตระบบ Plasma โดยการจุด Plasma (Reflex < 7 Watts)

11. การรายงานผล

การทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะในตัวอย่าง 2 ซ้ำ ซึ่งกำหนดค่าแตกต่างกัน ≤ 10% (เฉพาะในช่วงการทดสอบ) มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และรายงานผลการทดสอบด้วยค่าเฉลี่ยทศนิยม 2 ตำแหน่ง ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

หลักการและวิธีการใช้เครื่อง

1. หลักการ

Inductively Couple Plasma ; JY 2000 มีโปรแกรมการใช้งาน 2 โปรแกรม ได้แก่ JY.V4 ซึ่งเป็นโปรแกรมการใช้ Dos และ JY.V5 ซึ่งเป็นโปรแกรมการใช้ Window ในการ Operate เครื่อง ICP โดยในที่นี้จะกล่าวถึงโปรแกรม JY.V4 ซึ่งเป็นโปรแกรมการใช้ DOS ในการทดสอบหาปริมาณโลหะหนักด้วย ICP โดยการใช้โปรแกรม JY.V4 จะแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

1. โปรแกรม Atomization เป็นโปรแกรมการเปิด-ปิด และปรับ Condition ต่างๆ ของการ Operate เครื่อง ICP เป็นโปรแกรมที่อยู่ใน Window
2. โปรแกรม Method เป็นโปรแกรมการสร้างและแก้ไขวิธีทดสอบ
3. โปรแกรม Sequence เป็นโปรแกรมการสร้าง, กำหนดลำดับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบและการแก้ไขลำดับการทดสอบ
4. โปรแกรม Result เป็นโปรแกรมการพิมพ์ผลข้อมูลการทดสอบที่ทดสอบเรียบร้อยแล้วซึ่งถูกเก็บไว้ใน Hard disk

2. วิธีการใช้เครื่อง ICP

2.1 การเปิดเครื่อง JY 2000

2.1.1 เปิด Switch ICP และ Cooling Water ที่ Mainboard ICP

2.1.2 เปิด Switch Air/Hood และ Hood ICP ที่ Mainboard AAS

2.1.3 กด Start ที่ Hood AAS สังเกตไฟเขียวติด

2.1.4 กด Reset ที่ Stabilizer

2.1.5 เปิด Switch ICP ที่ด้านซ้ายของตัวเครื่อง ICP (ON)

2.1.6 เปิด Switch Power On ของเครื่อง UPS

2.1.7 เปิด Switch Power ที่ตัว Computer

2.1.8 Double Click ที่ JY 4.09 เพื่อเข้าโปรแกรมการใช้งาน

2.2 โปรแกรม Method

2.2.1 การสร้าง Method ใหม่ สำหรับการทดสอบ

2.2.1.1 กด Shift-F1 เพื่อ No. Zero Search

2.2.1.2 (Main Menu) เลือก Method กด Enter

2.2.1.3 เลือก Create ; กด Enter

2.2.1.4 พิมพ์ชื่อ Method ที่จะสร้างกด Enter

2.2.1.5 Set Parameter ต่างๆ ดังนี้

1) เลือก Plasma
2) Speed for Analyze 0
3) Nb Measures – Calibrate : 3
4) Nb Measures for Sequencetial : 3
5) Nb Measures – Recalibrate : 3
6) Inter-element Correction? NO.
7) Weighted Regression? NO.
8) Analyze Mode (0,1,2) 0
9) Use Nuance Control? NO.
10) Flush-time 10.00
11) Use More Than 10 Standards? NO.
12) กด ESC

2.2.1.6 เลือก Add Element กด Enter

2.2.1.7 เลือก Element จาก Master file หรือ Method ก็ได้

2.2.1.8 เลือก Element ที่ต้องการ แล้วกด Enter

2.2.1.9 กด Store เพื่อ Set Element นั้นใน Method

2.2.1.10 กด ESC เมื่อ Set Element ที่ต้องการครบแล้ว

2.2.1.11 เลือก View/Modify Element กด Enter

2.2.1.12 เลือก Element ที่ต้องการ Set Working Standard

1) เลือก Standard กด Enter
2) Set Standard ดังนี้

A; STDLOW

0.000

B; STD1

0.02

C; STD2

0.50

D; STDHIGH

2.00

3) กด ESC ,เลือก Unit ตั้งค่า ppm

4) กด ESC ,เลือก Store เป็นการจบ Set Standard Curve ของ Element นั้นๆ

2.2.1.13 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.2.2 การ Modify Method

2.2.2.1 กด Shift-F1 เพื่อ No Zero Search

2.2.2.2 (Main Menu) เลือก Method กด Enter

2.2.2.3 เลือก Modify/Display กด Enter

2.2.2.4 เลือก Method ที่ต้องการ Modify กด Enter

2.2.2.5 เลือก Add หรือ Delete เพื่อเพิ่มหรือลด Element

2.2.2.6 เลือก View/Modify Element กด Enter

2.2.2.7 ทำการ Modify ตามข้อ 2.2.1.12 ตามที่ต้องการ

2.2.2.8 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.3 โปรแกรม Sequence

2.3.1 การสร้าง Sequence ใหม่

2.3.1.1 กด Shift-F1 เพื่อ No Zero Search

2.3.1.2 (Main Menu) เลือก Method ที่ต้องการสร้าง Sequence กด Enter

2.3.1.3 เลือก Modify/Display กด Enter

2.3.1.4 เลือก Method ที่ต้องการสร้าง Sequence กด Enter

2.3.1.5 กด ESC เพื่อไปที่ Main Menu

2.3.1.6 เลือก Analysis กด Enter

2.3.1.7 เลือก Sample file กด Enter

2.3.1.8 พิมพ์ชื่อ Sequence กด Enter File dose not exists! Create one? Yes กด Enter

2.3.1.9 พิมพ์ชื่อลำดับที่ต้องการสร้าง กด Enter

กด F6 เพื่อเลือก Element ที่ต้องการทดสอบในตัวอย่างนี้

(F5 ; yes ,F9 ; no)

กด F10 เมื่อเลือก Parameter เสร็จแล้ว

กด F3 เพื่อบันทึกในลำดับ

2.3.1.10 พิมพ์ลำดับต่อไป ตามข้อ 2.3.1.9

2.3.1.11 กด ESC ออกไปที่ Main Menu

2.3.2 การแก้ไข Sequence

2.3.2.1 ทำตามขั้นตอน 2.3.1.1-2.3.1.7

2.3.2.2 กด ? ใน Keyboard กด Enter

2.3.2.3 เลือก Sequence ที่ต้องการแก้ไข กด Enter

2.3.2.4 เลือก Modify Sequence

2.3.2.5 แก้ไข Sequence ตามข้อ 2.3.1.9-2.3.1.10

2.3.2.6 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.4 ขั้นตอนการทำ Atomization

2.4.1 Set ค่าต่างๆ ดังนี้

Power	1000
Pump Speed	20
Plasma Gas	P1
Auxiliary	0
Sheaf Gas	G1

2.4.2 กด Control เพื่อไล่อากาศในระบบออก

2.4.3 กด Start เพื่อจุด Plasma

2.4.3.1 กรณีจุด Plasma ติด ให้รอจนขึ้นว่า Ready for Analysis จึงทำการทดสอบได้

2.4.3.2 กรณีจุด Plasma ไม่ติดให้กด Security แล้วกด Auk security จากนั้นทำตามขั้นตอน 2.4.2-2.4.3 ต่อไปเรื่อยๆ จน Plasma ติด กรณีเป็นมากกว่า 4 ครั้ง ให้แจ้งต่อผู้รับผิดชอบเพื่อแก้ไขต่อไป

2.4.4 เมื่อ Plasma ขึ้น Ready for Analysis แล้ว ให้ดูค่า Reflected โดยจะต้องมีค่าไม่เกิน 10 Watts จึงทำการทดสอบได้ กรณีค่าสูงเกินช่วงให้แจ้งต่อผู้รับผิดชอบต่อไป

2.5 ขั้นตอนการทดสอบ

2.5.1 ขั้นตอนการทำ Zero Order Search, Autohlen, Profile

2.5.1.1 เข้าโปรแกรม ICP JY V4.09(DOS)

2.5.1.2 เลือก Instrument กด Enter เพื่อทำ Zero Order Search

2.5.1.3 เลือก Preparation กด Enter

2.5.1.4 เลือกทำ Auto Search โดย Present Standard เข้มข้น 0.50 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) กด F10 เพื่อทดสอบ

2.5.1.5 เลือกทำ Auto Attenuate โดย Present Standard เข้มข้น 0.50 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) กด F10 เพื่อทดสอบ

2.5.1.6 เลือก Profile โดย Present Standard เข้มข้น 0.50 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) พิมพ์ชื่อ Profile Name กด F10 เพื่อทดสอบ

2.5.1.7 หลังจากทำ Profile เสร็จ กด F3 เพื่อไปตัด Background เลือกชื่อที่ทำ Profile กด Enter กด F10 เพื่อเข้า Graphics (กด F10 ~ 3 ครั้ง) (เจอรูป Peak)

2.5.1.8 กด Insert แล้ว set background ซ้าย, ขวา เลือกโดยกด (Set) F5 และกด F10 เพื่อเลือก Element ต่อไป

2.5.1.9 กด ESC เพื่อเข้าสู่ Preparation Menu

2.5.2 ขั้นตอนการทำ Calibration

2.5.2.1 เลือกทำ Calibration ที่หน้า Preparation Menu กด Enter

2.5.2.2 เลือก Calibration กด Enter

2.5.2.3 Present Standard ตามที่โปรแกรมเรียกหา แล้วกดทดสอบ (Enter)

2.5.2.4 กด F10 เพื่อ Present Standard ในลำดับต่อไปจนกระทั่งถึง STDHIGH

2.5.2.5 กด F3 เพื่อดู Calibration Coefficients พิจารณาที่ Correl. Coef. $\geq$ 0.998

2.5.2.6 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.5.3 ขั้นตอนการทดสอบหาปริมาณ

2.5.3.1 เลือก Analysis กด Enter

2.5.3.2 เลือก Sample File กด Enter

2.5.3.3 พิมพ์ ? เพื่อเลือก Sequence ที่ต้องการทดสอบ

2.5.3.4 เลือก Analyze

2.5.3.5 ทดสอบโดย Present ตามที่โปรแกรมเรียก

2.5.3.6 กด ESC เพื่อออกไปสู่ Main Menu

2.6 ขั้นตอนการ Print Report

2.6.1 การ Print Calibration Curve

2.6.1.1 เข้า Preparation Menu กด Enter

2.6.1.2 เลือก Calibration กด Enter

2.6.1.3 เลือก View Curve เพื่อเข้า Calibration Results

2.6.1.4 กด F3 เพื่อเข้า Calibration Coefficient

2.6.1.5 กด F9 เพื่อ Print Out ข้อมูล

2.6.1.6 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.6.2 กด Print ผลการทดสอบ

2.6.2.1 เข้าหน้า Main Menu กด Enter

2.6.2.2 เลือก Results กด Enter

2.6.2.3 เลือก List Analytical Results กด Enter

2.6.2.4 เลือก Print ข้อมูล โดยกด F9

2.6.2.5 กด ESC เพื่อออกไปที่ Main Menu

2.7 ขั้นตอนการปิดเครื่อง ICP

2.7.1 กด ESC เพื่อปิดโปรแกรม JY V4.09

2.7.2 กดปิดโปรแกรม Atomization

2.7.3 Shut Down เครื่อง Computer

2.7.4 ปิดเครื่อง UPS (โดยกดค้างไว้ 2 วินาที)

2.7.5 ปิดเครื่อง ICP โดยกดปุ่มล่างสุด ด้านซ้ายของตัวเครื่อง ICP

2.7.6 ปิด Main Board ต่างๆ

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์

รายงานผลวิเคราะห์ตัวอย่างดิน จุดที่ 1

กรมพัฒนาที่ดิน

ตะกอนดินบำบัดน้ำเสีย

รายงานผลวิเคราะห์ตัวอย่างดิน จุดที่ 2

กรมพัฒนาที่ดิน

Sn Zn

Test Report

ตารางภาคผนวก 1

ตารางภาคผนวก 1

ตารางภาคผนวก 3

ตารางภาคผนวก 4

ตารางภาคผนวก 5

ตารางภาคผนวก 6

ตารางภาคผนวก 7

ตารางภาคผนวก 8

ภาพต้นบานชื่น ปลูก 66 วัน

ภาพต้นดาวเรือง ปลูก 97 วัน

ภาคผนวก ค

หนังสือขอความอนุเคราะห์

หนังสืออนุญาต อีสเทิร์นดีไลท์ ฟู๊ดส์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กัลยา วาณิชย์บัญชา ***การวิเคราะห์สถิติ*** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539

_____. ***การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล เวอร์ชั่น 7-10*** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ 2543

ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์ "การประยุกต์ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อปลูกเห็ดฟางในเชิงอุตสาหกรรม" ม.ป.ท. 2542

ชัยสิทธิ์ ทองจู และคณะ "การผลิตแท่งเพาะชำจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ" สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร ม.ป.ท. 2541

ณรงค์ ชินบุตร **การแปลผลวิเคราะห์ดินและการจัดการเพื่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน** กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร ม.ป.ท. 2545

นันทิยา สมานนท์ ***คู่มือการปลูกดอกไม้*** กรุงเทพมหานคร โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์ ม.ป.ป.

_____. ***คู่มือการปลูกดอกไม้*** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร สยามสปอร์ตพับลิซซิ่ง2526

พจนีย์ มอญเจริญ ***การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน*** กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร ม.ป.ท. 2534

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย "การใช้ประโยชน์กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม" **วารสารจาร์พา** 9 (มกราคม – กุมภาพันธ์ 2545) หน้า 26-31

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล "การนำ Activated Sludge Cake จากโรงงานโคคา-โคล่า มาใช้เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับข้าวโพดที่ปลูกบนชุดดินจันทึก" **วรสารเกษตรพระจอมเกล้า 16** (มกราคม – เมษายน 2541) หน้า 13-20

มุกดา สุขสวัสดิ์ ***ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Facility)*** กรุงเทพมหานคร โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์ ม.ป.ป.

ยงยุทธ โอสถสภา ***หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย*** กรุงเทพมหานคร ไทยวัฒนาพานิช 2528

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ ***สถิติทางการวิจัย*** พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2540

วิเชษฐ ค้าสุวรรณ ***ไม้ตัดดอก*** กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช 2538

สายชล เกตุษา ***เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้*** กรุงเทพมหานคร สารมวลชน 2531

สวัสดิ์ วีรเดช ***คู่มือกสิกรรมวิทยาว่าด้วยดินและปุ๋ย*** กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี 2533

สมเพียร เกษมทรัพย์ ***การปลูกไม้ดอก*** ม.ป.ท. 2522

_____. ***เทคโนโลยีการผลิตและธุรกิจไม้ตัดดอก*** กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร ม.ป.ท. 2533

_____. ***ไม้กระถาง*** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์อักษรพิทยา 2526

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ***คู่มือประกอบคำบรรยายวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน*** พิมพ์ครั้งที่ 2 ม.ป.ท. 2518

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ ***แร่ธาตุอาหารพืชสวน*** ขอนแก่น โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท 2538

สุนทรี ปัสนานนท์ "ประโยชน์จากกากตะกอนทางการเกษตรและอุตสาหกรรม" **ชมรมนักวิทยาศาสตร์การประปานครหลวง วารสารการประปานครหลวง (น้ำก๊อก)** 16 (พฤศจิกายน–ธันวาคม 2543)

เหรียญ งามโรจน์ ***วิทยาศาสตร์การเกษตร*** ม.ป.ท. 2508

อฤชร พงษ์ไสว ***คู่มือคนรักต้นไม้ (ไม้ดอกกระถาง)*** กรุงเทพมหานคร อัมรินทร์พริ้นติ้ง 2542

Cheremisinff, Paul N. ***Sludge Management and Disposal***, Englewood. Cliffs, Ptr: Prentice-Hall, 1994.

George, Tchubanoglous, Frankle L.B. and Stevsel H.D. ***Wastewater Engineering***, 4th ed. New York: McGraw–Hill, 2003.

McFarland, Michael J. ***Biosolids Engineering***, New York: McGraw–Hill, 2001.

White, P.R. Franke, M. and Handle P. ***Integrated Solid Waste Management.*** A Lifecycle Inventory. Great Britain: Chapman & Hall, 1995.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	**นายวิชาวุธ พงศ์ธำรง**
วัน เดือน ปี เกิด	26 กุมภาพันธ์ 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดสตูล
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2537
	สศ.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัย
	สุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ. 2541
สถานที่ทำงาน	บริษัท อุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (มหาชน)
ตำแหน่ง	SHIFT SUPERVISOR แผนก TANK FARM 1