การนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ประดับ

นางสาว ปรมาภรณ์ โอจงเพียร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-4239-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REUSE OF HOUSEHOLD EFFLUENT FOR ORNAMENTAL PLANTS

Miss Paramaporn Ojongphein

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974- 17-4239-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ประดับ
โดย	นางสาว ปรมาภรณ์ โอจงเพียร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

……... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรมาภรณ์ โอจงเพียร : การนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ประดับ (REUSE OF HOUSEHOLD EFFLUENT FOR ORNAMENTAL PLANTS) อ.ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์,อ.ที่ปรึกษาร่วม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล, 106 หน้า. ISBN 974-17-4239-8

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีการปรับความเข้มข้นโดยการเจือจางด้วยน้ำประปาเพื่อการปลูกไม้ประดับ ได้แก่ เตยหอม *Pandanus odorus* เฮลิโคเนีย *Heliconia psittacorum* และลิ้นมังกร *Sanservieria trifasciata* โดยศึกษาผลของน้ำทิ้งในด้านของภาระไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้และผลกระทบของน้ำทิ้งต่อดิน

การวิจัยพบว่าลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อการเกษตร และสามารถนำมารดพืชแทนน้ำประปาได้โดยให้ผลผลิตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการปลูกเตยหอมและเฮลิโคเนีย เนื่องจากพบว่าน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน (TKN) ค่อนข้างสูงโดยอยู่ในช่วง 549.5-723.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นภาระไนโตรเจนเท่ากับ 4.6-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และฟอสฟอรัสเข้มข้นเท่ากับ 80.4-95.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.7-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเตยหอม ด้านความสูง จำนวนใบ และหน่อมากที่สุด สำหรับเฮลิโคเนียน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน (TKN) อยู่ในช่วง 395.9-1,011.2 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นภาระไนโตรเจนเท่ากับ 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และฟอสฟอรัสเข้มข้นเท่ากับ 55.6-123.3 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย ด้านจำนวนใบ หน่อและดอกมากที่สุด ส่วนการปลูกลิ้นมังกรพบว่าน้ำทิ้งไม่มีผลต่อการเติบโตของต้นลิ้นมังกร โดยส่งผลต่อความสูงของลิ้นมังกรมากที่สุด แต่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนใบและหน่อ ส่วนผลการวิเคราะห์ดินที่ปลูกพืชพบว่าการนำน้ำทิ้งมาใช้เพื่อการปลูกไม้ประดับไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อดินปลูก

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ทีปรึกษาร่วม.....

4489084020 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD :HOUSEHOLD EFFLUENT / REUSE / ORNAMENTAL PLANTS

PARAMAPORN OJONGPHEIN: REUSE OF HOUSEHOLD EFFLUENT FOR ORNAMENTAL PLANTS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF.ORATHAI CHAVALPARIT, THESIS CO ADVISOR : ASST.PROF.CHAVALIT RATANATAMSKUL,Ph .D, 106 pp. ISBN 974-17-4239-8

The objective is to study the feasibility of using household effluent after adjusting concentration with tap water for ornamental plants.The plants are *Pandanus odorus* , *Heliconia psittacorum* and *Sanservieria trifasciata*. The study focused on the nitrogen and phosphorus loading in effluent and their effects to plants and soil .

The results showed that the quality of the diluted household effluent was in the standard of effluent reuse for irrigation and could replace tap water for plant watering without any significant effect to yield. In particular, it was quite suitable for *Pandanus odorus* and *Heliconia psittacorum.* The treated household effluent with nitrogen concentration (TKN) at 549.5-723.5 mg/l or nitrogen loading at 4.6-6.0 mg/plant/day with the phosphorus concentration of 80.4-95.5 mg/l or phosphorus loading at 0.7-0.8 mg/plant/day was the most effective to the growth of *Pandanus odorus* ., especially in height , number of leaves and bulbs .For *Heliconia* ,the suitable nitrogen concentation (TKN) at 395.9-1,011.2 mg/l or nitrogen loading at 3.3-8.4 mg/plant/day and phosphorus concentration at 55.6-123.3 mg/l or phosphorus loading at 0.5-1.0 mg/plant/day was the most effective to the growth of leaves ,bulbs and flowers .For *Sanservieria trifasciata ,* it was found that the effluent was not effective to growth rate, especially of leaves and bulbs.The result from the soil analysis showed that utilization of the household effluent for ornamental plants had no negative effect to the soil.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter-department Environmental Science . Student's signature……
Field of study Environmental Science . Advisor's signature……...
Academic year 2003 . Co advisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการวิจัย ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย อีกทั้งสละเวลาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รองศาสตราจารย์ ดร.วรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ และอาจารย์วรัญญา อรัญวาลัย ที่กรุณาตรวจทาน ให้คำแนะนำและคำปรึกษาด้านกายวิภาคของพืชและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องเสมอมา

ขอขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสารเคมีและสถานที่ในการทำการทดลอง และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ช่วยในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้โอกาส และให้ความอุปการะทางด้านทุนการศึกษาและกำลังใจตลอดมา ตลอดจนญาติพี่น้องและเพื่อนๆที่ช่วยดูแลด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 สำรวจเอกสาร..... 4
2.1 น้ำเสีย..... 4
2.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) 4
2.1.1.1 ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน 5
2.1.1.2 ธาตุอาหารที่มีในน้ำเสียชุม..... 6
2.1.1.3 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม 7
2.1.2 การบำบัดน้ำเสียชุมชน 8
2.2 การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Water Reuse)..... 9
2.2.1 การใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภค..... 10
2.2.2 การใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม..... 10
2.2.3 การใช้ประโยชน์สำหรับการเติมแหล่งน้ำใต้ดิน 10
2.2.4 การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร 10
2.2.5 ข้อดีของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่..... 11
2.2.6 ข้อเสียของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่..... 11
2.2.7 ข้อจำกัดของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่..... 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 ไม้ประดับ……. 16

2.3.1 เฮลิโคเนีย……. 16

2.3.2 เตยหอม……. 21

2.3.3 ลิ้นมังกร……. 23

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….. 24

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย……. 28

3.1 สถานที่ทำการทดลองและวิเคราะห์……..…….. 28

3.2 วัสดุอุปกรณ์…..……..……..……..…… 28

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย……..…….... 29

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ……..….. 35

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์……..…….……. 36

4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้ง……..…… 36

4.1.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ……..…… 36

4.1.2 น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลอง……..…….. 37

4.1.2.1 ค่าพีเอช (pH)……. ……..…….. 39

4.1.2.2 ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ……..……..….. 39

4.1.2.3 ค่าทีเคเอ็น (TKN) ……..……..…….. 39

4.1.2.4 ค่าบีโอดี (BOD) ……..…….. 40

4.1.2.5 ค่าซีโอดี (COD) ……..…….. 42

4.1.2.6 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) ……..…….. 42

4.1.2.7 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)…….. ……...….. 42

4.1.2.8 ค่าไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N)……..…….. 44

4.1.2.9 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)……..……..…….. 45

4.1.2.10 ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (SAR) ……..…….. 45

4.1.3 ผลภาระธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง……..……. 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลของการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรที่มีต่อการเจริญเติบโตพืช..... 47
4.2.1 เตยหอม 48
4.2.1.1 ความสูง..... 48
4.2.1.2 จำนวนใบ..... 49
4.2.1.3 จำนวนหน่อ..... 50
4.2.2 เฮลิโคเนีย..... 53
4.2.2.1 ความสูง..... 53
4.2.2.2 จำนวนใบ..... 54
4.2.2.3 จำนวนหน่อ..... 55
4.2.2.4 จำนวนดอก..... 56
4.2.3 ลิ้นมังกร..... 59
4.2.3.1 ความสูง..... 59
4.2.3.2 จำนวนใบ..... 59
4.2.3.3 จำนวนหน่อ..... 60
4.3 ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีต่อพืช..... 62
4.4 ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีต่อดิน..... 66
4.5 ผลของน้ำทิ้งที่มีต่อมวลชีวภาพ..... 69
4.6 การนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้จริง..... 69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 71
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 71
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 72
รายการอ้างอิง..... 73
ภาคผนวก..... 77
ภาคผนวก ก : ข้อมูลดิบของการวิจัย..... 78
ภาคผนวก ข : การคำนวณการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส..... 92
ภาคผนวก ค: รูปของพืชทดลองก่อนและหลังรดด้วยน้ำทิ้ง..... 94
ภาคผนวก ง: ข้อมูลทางสถิติของพืชทดลอง..... 99
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 106

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 องค์ประกอบน้ำเสียจากชุมชน…… 5
2.2 องค์ประกอบน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย…… 6
2.3 การใช้ประโยชน์และข้อจำกัดในการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว…… 12
2.4 ข้อกำหนดของน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร..... 14
2.5 คู่มือด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตร..... 15
3.1 ชุดการทดลองในการศึกษาวิจัยความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด …….. 30
3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพดิน……..... 32
3.3 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ……..... 33
3.4 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างพืช……..... 34
4.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ..... 37
4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งหลังผสมปัสสาวะแล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาในแต่ละชุดการทดลอง..... 38
4.3 อัตราภาระธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง……..... 47
4.4 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเตยหอม..... 52
4.5 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย..... 58
4.6 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของลิ้นมังกร..... 62
4.7 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจนในพืชทดลอง…… 63
4.8 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารฟอสฟอรัสในพืชทดลอง…… 64
4.9 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง…… 66
4.10 ปริมาณธาตุอาหารที่มีในดินที่ใช้ในการทดลอง…… 68
4.11 ปริมาณธาตุอาหารที่มีในดินชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช)…… 68
4.12 การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด …… 69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ก-1 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ..... 79
ก-2 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 80
ก-3 ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 80
ก-4 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 81
ก-5 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 81
ก-6 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 82
ก-7 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 82
ก-8 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 83
ก-9 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 83
ก-10 ค่าไนไตรต์-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 84
ก-11 ค่าไนเตรต-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง..... 84
ก-12 ค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง..... 85
ก-13 ค่าจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง..... 85
ก-14 ค่าจำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง..... 86
ก-15 ค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง..... 86
ก-16 ค่าจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง..... 87
ก-17 ค่าจำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง..... 87
ก-18 ค่าจำนวนดอกที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง..... 88
ก-19 ค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 88
ก-20 ค่าจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 89
ก-21 ค่าจำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 89
ก-22 น้ำหนักแห้งของเตยหอมก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง..... 90
ก-23 น้ำหนักแห้งของเตยหอมหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง..... 90
ก-24 น้ำหนักแห้งของเฮลิโคเนียก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง..... 90
ก-25 น้ำหนักแห้งของเฮลิโคเนียหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง..... 91
ก-26 น้ำหนักแห้งของลิ้นมังกรก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง..... 91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ก-27 น้ำหนักแห้งของลิ้นมังกรหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง……...……..….. 91
ง-1 ผลการทดสอบทางสถิติของเตยหอม (ความสูง)…….. 100
ง-2 ผลการทดสอบทางสถิติของเตยหอม (จำนวนใบ)…….….. 100
ง-3 ผลการทดสอบทางสถิติของเตยหอม (จำนวนหน่อ)……... 101
ง-4 ผลการทดสอบทางสถิติของเฮลิโคเนีย (ความสูง)……..…….. 101
ง-5 ผลการทดสอบทางสถิติของเฮลิโคเนีย (จำนวนใบ)…….. 102
ง-6 ผลการทดสอบทางสถิติของเฮลิโคเนีย (จำนวนหน่อ)…….……..….. 102
ง-7 ผลการทดสอบทางสถิติของเฮลิโคเนีย (จำนวนดอก)…….. 103
ง-8 ผลการทดสอบทางสถิติของลิ้นมังกร (ความสูง)…….. 103
ง-9 ผลการทดสอบทางสถิติของลิ้นมังกร (จำนวนใบ)…….…….. 104
ง-10 ผลการทดสอบทางสถิติของลิ้นมังกร (จำนวนหน่อ)……...……..... 104
ง-11 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิด (ความสูง)…….. 105

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของเฮลิโคเนีย…………………………………………………...…… 16

2.2 ลักษณะการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย……………………………………..…….…… 17

2.3 ลักษณะเหง้าของเฮลิโคเนีย……………………………………………………………. 17

2.4 ลักษณะช่อดอกตั้งและช่อดอกห้อยของเฮลิโคเนีย...……..............……................................ 18

2.5 ลักษณะผลของเฮลิโคเนีย………………………….………………………………… 18

2.6 เฮลิโคเนียซิทตาคอรัม…………………………………………………………………. 19

2.7 ลักษณะของเตยหอม……………………...........................……….......................... 22

2.8 ลักษณะลิ้นมังกร………………………………………………………..……………. 23

3.1 แปลงปลูกพืชทดลองที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.......................……......................... 28

3.2 ลักษณะการจัดวางชุดการทดลอง 1 ชุดการทดลอง……………………………...…………… 30

3.3 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัย............................……....................... 31

3.4 ถังเก็บน้ำรวมที่ใช้ในการทดลอง (น้ำทิ้งผสมกับปัสสาวะ)………...…………………. 31

3.5 การเตรียมน้ำทิ้งเพื่อใช้ในการรดพืชทดลอง……………………….…………………… 32

4.1 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง ………………………………...……… 40

4.2 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง …………………………………………….. 41

4.3 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง …………………………………...……… 41

4.4 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง……………………………………..……….. 43

4.5 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง………………………..………….. 43

4.6 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง……………………..………….. 44

4.7 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง……………………………………… 46

4.8 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง……………………………………….. 48

4.9 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง…………..………………………. 49

4.10 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง…………………….………. 50

4.11 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง……………………………...……. 53

4.12 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง………………………….…… 54

4.13 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง………………………………. 55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 จำนวนดอกที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง..... 56
4.15 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 59
4.16 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 60
4.17 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง..... 61
ค-1 เตยหอมก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง..... 95
ค-2 เตยหอมหลังรดด้วยน้ำทิ้ง..... 95
ค-3 เฮลิโคเนียก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง..... 96
ค-4 เฮลิโคเนียหลังรดด้วยน้ำทิ้ง..... 96
ค-5 ลิ้นมังกรก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง..... 97
ค-6 ลิ้นมังกรหลังรดด้วยน้ำทิ้ง..... 97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำของประชากรในชุมชนเมืองเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางทั้งต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะแหล่งชุมชนริมน้ำ มักระบายน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ฉะนั้นในปัจจุบันรัฐบาลจึงมีมาตรการในการบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น แต่การสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียถึงร้อยละ 90 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละชุมชนนั้นต้องใช้งบประมาณและพื้นที่มาก ในขณะที่ทั้ง 2 ปัจจัยนี้เป็นข้อจำกัดอันเนื่องมาจากสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยในปัจจุบัน จึงจำเป็นจะต้องหาแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำเสียให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบันของประเทศไทย โดยแนวทางหนึ่งที่สามารถกระทำได้ก็คือการลดปริมาณการเกิดน้ำเสียในชุมชน และการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งแนวทางดังกล่าวไม่เพียงแต่จะได้ประโยชน์จากของเสียและน้ำเสียที่สามารถนำมาเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้เพิ่มผลผลิตทางอาหารเท่านั้น แต่ยังช่วยลดปัญหาด้านสุขาภิบาลได้อีกด้วย

ประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรปและอเมริกา ซึ่งเคยประสบกับปัญหาน้ำเสีย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยศึกษาถึงคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนผลของการนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งผลของการศึกษาส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันว่า ในน้ำเสียชุมชนและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นต้น ดังนั้นการนำน้ำเสียชุมชน หรือ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ใหม่ นอกจากจะสามารถลดปัญหาปริมาณน้ำเสียแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิต และลดปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติลงได้ส่วนหนึ่ง อีกทั้งยังบรรเทาการขาดแคลนน้ำไปพร้อมๆกันด้วย แนวคิดดังกล่าวได้มีการดำเนินการแล้วในหลายประเทศด้วยกัน อาทิเช่น สวีเดน ฝรั่งเศส และอิสราเอล เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยก็มีบางแห่งที่มีการหมุนเวียนนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการรดต้นไม้ และสนามหญ้า เป็นต้น และมีการทดลองนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาใช้ในกิจกรรมอื่นๆ อีกมากมาย อาทิเช่น

นำมารดพืช ผัก ผลไม้ ที่ใช้ในการบริโภค (สุรีย์ บุญญานุพงศ์, 2544) ซึ่งการนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะดังกล่าวยังต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบและความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ใหม่

ปัจจุบันแนวโน้มในการผลิตไม้ตัดดอก และไม้ตัดใบของตลาดโลกได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ซึ่งพบว่าตลาดไม้ดอก ไม้ประดับนี้กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยไม้ดอก ไม้ประดับที่ได้รับความนิยมในตลาดมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งหนึ่งในจำนวนนั้น ก็คือ ธรรมรักษา หรือ เฮลิโคเนีย ซึ่งมีหลายชนิด แต่ที่นิยมในตลาดจะมีพันธุ์ เลดี้ได *Heliconia psittacorum* L.f. หรือ 'Lady Di ' แซสซี *Heliconia psittacorum* L.f. หรือ 'Sassy ' และโกลเดนทอร์ช (Golden Torch) เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2541) ซึ่งตลาดใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นที่นำเข้าสูงถึงสัปดาห์ละ 50,000 ก้าน (เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ , 2534) นอกจากไม้ดอกที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังมีไม้ประดับที่เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น ก็คือ เตยหอม *Pandanus odorus* ซึ่งเป็นพันธุ์เตยที่นิยมปลูกเพื่อตัดใบขายเป็นการค้า และตลาดมีความต้องการสูง มีคุณสมบัติและลักษณะใบเหมือนกับเตย มีกลิ่นหอมมาก นิยมตัดใบออกจำหน่ายเป็นการค้า และยังจัดเป็นไม้ประดับสวนได้อย่างสวยงาม (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2530) และไม้ประดับที่ได้รับความนิยมไม่แพ้กันก็คือ ลิ้นมังกร *Sanservieria trifasciata* ซึ่งนิยมใช้เป็นไม้ประดับสวนหรือใช้เป็นแนวรั้ว ซึ่งไม้ดอก ไม้ประดับดังกล่าวถือได้ว่าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ จากการศึกษาพบว่าพืชทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นพืชที่มีข้อได้เปรียบไม้ดอก ไม้ประดับอื่นๆ คือ ปลูกเลี้ยงง่าย มีความสวยงามคงทน ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และต้องการการดูแลรักษาต่ำ นอกจากนี้ยังไม่ค่อยพบโรคและแมลงอีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นหากสามารถนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ในการปลูกไม้ดอก ไม้ประดับได้ นอกจากจะสามารถแก้ไขปัญหาน้ำเสียได้แล้ว ยังสามารถสร้างรายได้อีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ดอก ไม้ประดับ ซึ่งเป็นพืชที่มีค่าทางเศรษฐกิจ โดยจะศึกษาถึงอัตราการเจริญเติบโตและอัตราภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับไม้ประดับ ตลอดจนศึกษาถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อดินที่ใช้ปลูกพืชดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ประดับ 3 ชนิด ได้แก่ เฮลิโคเนีย เตยหอมและลิ้นมังกร
2. ศึกษาผลกระทบของอัตราภาระธาตุอาหาร (Nutrient loading) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย เตยหอม และลิ้นมังกร
3. ศึกษาอัตราภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการปลูกไม้ประดับ ทั้ง 3 ชนิด
4. ศึกษาผลกระทบของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อคุณภาพดินที่ใช้ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ทำการวิจัยตั้งอยู่หมู่ 6 ตำบลเกาะเรียน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

2. ดินที่ใช้ในการปลูกพืชเป็นดินผสมระหว่างดินในพื้นที่ทำการศึกษากับดินสำเร็จรูปในอัตราส่วน 2 : 1 ตามลำดับ

3. พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการทดลอง 3 ชนิดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ เฮลิโคเนีย *Heliconia psittcorum* เตยหอม *Pandanus odorus* และ ลิ้นมังกร *Sanservieria trifasciata*

4. ทดลองในกระถางซึ่งจัดวางในสภาพธรรมชาติ

5. น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งจากบ้านเรือน (น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะ) โดยนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาในอัตราส่วนน้ำทิ้ง:น้ำประปา ดังนี้ 1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 1:10 และ น้ำประปา (ใช้รดชุดควบคุมที่มีพืช)

6. การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย เตยหอม และลิ้นมังกร เมื่อรดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในระยะเวลา 4 เดือน โดยทำการวัดความสูง นับจำนวนใบ หน่อ และดอกที่เพิ่มขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงอัตราการเจริญเติบโตของพืชเมื่อปลูกโดยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะ

2.ทราบถึงอัตราภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมของการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะมาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม

3.ทำให้เกิดแนวทางปฏิบัติในการนำน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่โดยสามารถประยุกต์ใช้กับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดของแหล่งกำเนิดต่าง ๆ อาทิเช่น หมู่บ้านจัดสรร อาคาร สำนักงานหรือ สถาบัน เป็นต้น เพื่อให้เกิดคุณค่าทางเศรษฐกิจและไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

สำรวจเอกสาร

2.1 น้ำเสีย (Wastewater)

ปัจจุบันน้ำเสียได้กลายเป็นปัญหาสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากน้ำเสียเป็นน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆมากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ และหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำธรรมชาติเสียหายได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) น้ำเสียมีแหล่งกำเนิดจากหลายแหล่งด้วยกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ น้ำเสียจากการเกษตรซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร น้ำเสียจากอุตสาหกรรมโดยเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ตลอดจนสารเคมีที่ใช้ในการผลิตซึ่งล้วนก่อให้เกิดน้ำเสียทั้งสิ้น และน้ำเสียจากชุมชน ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)

ชุมชนเป็นย่านที่อยู่อาศัยและย่านการค้า ที่ก่อให้เกิดน้ำทิ้งจากการอุปโภคและบริโภค พบว่าความเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติเกิดจากน้ำเสียชุมชนนี้ ถึงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2546) ได้ให้คำจำกัดความของน้ำเสียจากชุมชนไว้ว่า น้ำเสียจากชุมชน หมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่างๆ เป็นต้น ทำให้ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่พักอาศัยจะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของอาคารและลักษณะของระบบประปา เช่น ในบ้านพักแบบทันสมัยที่มีมาตรฐานการครองชีพสูงจะมีการใช้น้ำมากกว่าในบ้านพักแบบเก่าที่มีมาตรฐานการครองชีพต่ำ ซึ่งจากสถิติการใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ยเพื่อการอุปโภคและบริโภคของเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดอื่นๆ ทั่วประเทศ มีค่าประมาณ 440 และ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน ตามลำดับ ประมาณร้อยละ 70-90 ของน้ำประปาที่ใช้นี้จะแปรสภาพเป็นน้ำเสีย

2.1.1.1 ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

ลักษณะน้ำเสียจากชุมชนโดยทั่วไปจะมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งสิ่งสกปรกในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย ซึ่งสิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ซึ่งแบคทีเรียสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันนิยมวัดรวมกันเป็นค่าความสกปรกในรูปของบีโอดี (Biochemical oxygen demand : BOD) โดยเฉลี่ยประชากร 1 คน จะปล่อยสารอินทรีย์ที่ออกจากกิจวัตรประจำวันทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าสมมูลประชากร (population equivalence) เท่ากับ 53 กรัมบีโอดีต่อคนต่อวัน (อภิชัย เชียร์ศิริกุล , 2533) จากลักษณะน้ำเสียชุมชนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถแจกแจงเป็นองค์ประกอบของน้ำเสียจากชุมชนได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบน้ำเสียจากชุมชน

สิ่งปนเปื้อน	หน่วย	ความเข้มข้นเฉลี่ย		
		สกปรกน้อย	สกปรกปานกลาง	สกปรกมาก
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	350	720	1,200
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	100	220	350
ของแข็งจมตัวได้	มก./ล.	5	10	20
บีโอดี	มก./ล.	110	220	400
ซีโอดี	มก./ล.	250	500	1,000
ไนโตรเจน(Total as N)	มก./ล.	20	40	85
-อินทรีย์	มก./ล.	8	15	35
-แอมโมเนีย	มก./ล.	12	25	50
ฟอสฟอรัส(Total as P)	มก./ล.	4	8	15
-อินทรีย์	มก./ล.	1	3	5
-อนินทรีย์	มก./ล.	3	5	10
น้ำมันและไขมัน	มก./ล.	50	100	150
โคลิฟอร์มทั้งหมด	เอ็มพีเอ็น/100มล.	10^6 - 10^7	10^7 - 10^8	10^7 - 10^9
ฟีคอลโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น/100มล.	10^4 - 10^5	-	-

น้ำเสียจากชุมชนมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากบ้านพักอาศัย ทั้งนี้เนื่องมาจากบ้านพักอาศัยมีการประกอบกิจกรรมต่างๆที่ล้วนก่อให้เกิดน้ำเสียทั้งสิ้น ดังที่ได้แจกแจงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

พารามิเตอร์	น้ำเสียจากส้วม	จากห้องอาบน้ำ		จากการซักผ้า		จากครัว	
		ตักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	ด้วยเครื่อง	ผ่านตะแกรง	ไม่ผ่านตะแกรง
pH	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	6.3
COD(mg/l)	1,500	230	400	200	560	960	2,900
BOD(mg/l)	700	120	260	70	150	540	1,800
TKN(mg/l)	300	8	38	14	12	18	120
PO_4(mg/l)	24	6	1	10	24	13	90
SS(mg/l)	560	45	80	60	55	210	1,200
FOG(mg/l)	540	400	480	500	520	500	2,700

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์และคณะสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ , 2530

2.1.1.2 ธาตุอาหารที่มีในน้ำเสียจากชุมชน

ธาตุอาหารของน้ำเสียจากชุมชนส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen compounds) และสารประกอบฟอสฟอรัส (Phosphorus compounds) สารประกอบไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic nitrogen) เช่น แอมโมเนีย (Ammonia : NH_3) ไนไตรต์ (Nitrite : NO_2^-) และไนเตรท (Nitrate : NO_3^-) สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปปุ๋ย หรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค สารดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายมนุษย์ พืชและสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ เป็นต้น และสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นสารอินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำ ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Mineralization ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่างๆ ก็อาจเกิดการเปลี่ยนรูปได้โดยแบคทีเรียเช่นกัน กระบวนการในการเกิดมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น Ammonification Nitrification และ Denitrification กระบวนการ

ดังกล่าวมีความสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรในน้ำเสีย เพราะทำให้มีสารอาหารซึ่งพวกพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (สุรชัย ใหญ่สว่าง , 2530)

สำหรับฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟต (phosphate) รวมถึง orthophosphate และ condensed phosphate ทั้งชนิดที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ล้วนเป็นตัวการทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งสาหร่ายในแหล่งน้ำจะใช้ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้มีสีเขียวคล้ำไม่อาจใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้อย่างเหมาะสม

สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน มาจากอาหารที่บริโภค และผงซักฟอกที่ใช้ในการซักล้าง และจากกิจกรรมอื่นๆ สามารถคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนจากกรุงเทพฯและปริมณฑล และทั้งประเทศได้เท่ากับ 5,320 และ 31,226 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นฟอสฟอรัสที่มาจากสารซักฟอกในสัดส่วน 24-26 % นอกจากนั้นส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมอื่นๆ

2.1.1.3 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

การระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ทำให้ปัญหาน้ำเสียกระจายทั่วไปทั้งในแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ฯ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศน์

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทิ้งของเสียและน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำ มีดังนี้

1. ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศและเกิดการปนเปื้อนในดิน ทำให้สภาพแวดล้อมของระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติเสื่อมโทรม

2. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง (Breeding Places) ขยะมูลฝอยจำนวนมากที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อเกิดการเน่าเสียจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำนั้น ทั้งยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในบริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยที่มีสารเคมีเป็นพิษเจือปน

3. ก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ประชาชนผู้ที่อยู่ใกล้เคียงและผู้พบเห็น อาทิเช่น กลิ่นเน่าเหม็น ความสกปรกไม่น่าดู ทำให้สูญเสียทัศนียภาพที่สวยงาม ทั้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ในระยะยาว

4. ทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำลดลง โดยค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) หรือความต้องการออกซิเจนในทางชีวเคมีสูงเกินมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ค่าของความเป็นกรด-ด่าง

(pH) ไม่ได้มาตรฐาน และค่าของออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen Demand :DO) ต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้แหล่งน้ำเกิดมลภาวะเน่าเสียได้

5. ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เช่น ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับการทำให้น้ำสะอาดในการผลิตน้ำประปา ทำให้น้ำที่จะใช้ในการอุปโภค-บริโภค ไม่ได้มาตรฐาน

จากปัญหาน้ำเสียดังกล่าวข้างต้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้มีลักษณะดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งวิธีการดังกล่าวก็คือการบำบัดน้ำเสียนั่นเอง

2.1.2 การบำบัดน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียจากชุมชนเป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากมายทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ และยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิที่ก่อให้เกิดโรคปนอยู่ด้วย ซึ่งหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยปราศจากการบำบัดจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียด้วยเครื่องมือและกระบวนการต่างๆ ซึ่งใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้ดีขึ้น และอยู่ในสภาพที่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้โดยปลอดภัย และปราศจากเชื้อโรค เพื่อลดผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 3 กระบวนการ คือ กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางชีวภาพ และกระบวนการทางเคมี ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายระบบโดยมีประสิทธิภาพและข้อจำกัดในการบำบัดแตกต่างกันไป ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการบำบัด ซึ่งจะได้กล่าวถึงระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีอยู่ในประเทศไทยในลำดับต่อไป

2.1.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทยสามารถ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.2.1.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Central wastewater treatment plant เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนกลาง ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond system,OP) ระบบบ่อเติมอากาศกลางแจ้ง (Aerated Lagoon ,AL) ระบบคูวนเวียน (Oxidation Ditch , OD) และระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor ,RBC)

2.1.2.1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ On-site wastewater treatment plant เช่น ระบบบ่อเกรอะ และหรือ บ่อเกรอะ/บ่อซึม ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยนั้น มีหลายประเภทด้วยกัน คือ

1. ห้องส้วมแบบชักโครก พร้อมบ่อเกรอะ/บ่อซึม หรือ Anaerobic upflow filter
2 . ห้องส้วมแบบราดน้ำ พร้อมบ่อซึม
3. ห้องส้วมแบบราดน้ำ พร้อมบ่อเกรอะ/บ่อซึม หรือ Anaerobic upflow filter
4. ส้วมหลุมที่มีการระบายอากาศ
5. ส้วมลอยที่ใช้กันตามริมฝั่งแม่น้ำ

2.2 การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Water Reuse)

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณน้ำที่ใช้ ซึ่งแนวคิดนี้เกิดขึ้นเนื่องจาก ปริมาณน้ำที่ใช้มีจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งก่อนที่จะนำน้ำกลับมาใช้ใหม่นั้น ควรมีการตรวจสอบสภาพการใช้น้ำในปัจจุบัน และวางแผนการใช้น้ำให้ประหยัดและเหมาะสมที่สุด โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปริมาณน้ำที่ใช้และคุณภาพน้ำที่ใช้แล้ว ซึ่งน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่นั้นไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพดีเท่ากับน้ำประปาหรือน้ำที่ยังไม่ได้ใช้ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้การบำบัดขั้นสูง เพียงแค่บำบัดให้ได้ตามคุณภาพและวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ จากนั้นจึงพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ หรือนำน้ำที่ใช้แล้วไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆ โดยต้องคำนึงถึงความประหยัดและเหมาะสมโดยภาพรวมทั้งหมด เช่น การใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจในการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม กลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสามารถนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ใช้ในการบริการของเทศบาล ใช้ในการเกษตร อุตสาหกรรม การพักผ่อนหย่อนใจ และสามารถใช้เติมลงในแหล่งน้ำใต้ดินได้ (Groundwater recharge) หรืออาจนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต การล้างพื้นภายในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ในชักโครก ซึ่งจะเห็นว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกิจกรรมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งต่อไปนี้จะขอยกตัวอย่างกิจกรรมการหมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ดังนี้

2.2.1 การใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภค ได้แก่ การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและสัมผัสกับชีวิตประจำวันของมนุษย์โดยตรงที่มิใช่เพื่อการบริโภค เช่น

-ใช้ในระบบชักโครก

-ใช้ในระบบดับเพลิง

-ใช้ในการทำความสะอาดพื้น หรือ ล้างรถ

2.2.2 การใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ การนำมาใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

-ใช้เป็นน้ำชดเชยของระบบหล่อเย็น

-ใช้เป็นน้ำเลี้ยงสำหรับหม้อไอน้ำ

-ใช้ในการทำความสะอาด หรือชะล้าง

2.2.3 การใช้ประโยชน์สำหรับเติมแหล่งน้ำใต้ดิน ได้แก่ การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ในการเติมน้ำบาดาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

-เพื่อช่วยชะลอการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน

-เพื่อป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็มในชั้นหินอุ้มน้ำ

-เพื่อควบคุมการทรุดตัวของดิน

2.2.4 การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ซึ่งเป็นการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการชลประทานเพื่อการเพาะปลูก เช่น การเพาะปลูกพืชสวนครัว หรือพืชเศรษฐกิจ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนจะประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ ซึ่งนอกจากจะสามารถลดปัญหาปริมาณน้ำเสียได้แล้ว ยังสามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการชลประทานในฤดูแล้งได้อีกด้วย อีกทั้งสามารถประหยัดปริมาณการใช้ปุ๋ยในการเกษตรลงได้ ซึ่งในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการนำแนวทางดังกล่าวมาปฏิบัติบ้างแล้ว โดยกลุ่มประเทศเอเชียตะวันตก ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศที่ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรหายากดังนั้นจึงต้องมีการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า จึงมีความตระหนักถึงการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ โดยตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 ประเทศการ์ตา มีการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วไปใช้สำหรับรดน้ำต้นไม้ริมถนน สวนสาธารณะ และสวนดอกไม้ของเทศบาล ส่วนประเทศคูเวตได้ทดลองนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วไปใช้ในการเกษตรกรรมตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 โดยการแนะนำของ FAO โดยนำไปใช้ในการปลูกผัก พืชไร่ ข้าวบาร์เล่ย์ และใช้สำหรับส่งไปยังพื้นที่การเกษตรและป่าไม้ ประเทศ

สาธารณรัฐอาหรับอามิเรตมีการใช้ประโยชน์เพื่อวัตถุประสงค์ของการชลประทาน และมีการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืชริมถนน ประเทศซาอุดิอาระเบีย ใช้สำหรับการชลประทานและการเกษตร และประเทศบาเรน มีการนำน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียส่งไปยังพื้นที่ทำการเกษตร โดยสามารถส่งน้ำไปใช้ได้ถึง 1 ใน 3 หรือ 1 ใน 2 ของพื้นที่เพาะปลูก ส่วนในประเทศไทยก็มีการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ประโยชน์เช่นกัน โดยนำไปใช้ในการรดสนามหญ้า (อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, 2545) นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการปลูกดอกแอสเตอร์ ข้าว และพืชผัก เช่น ผักคะน้า กะหล่ำปลี เป็นต้น (เสนีย์ กาญจนวงศ์ และคณะ, 2545)

2.2.5 ข้อดีของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

จากตัวอย่างการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในด้านต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นได้แสดงให้เห็นว่าปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกเริ่มให้ความนิยมในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อได้เปรียบในหลายๆประการ กล่าวคือ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงได้ ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่แห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณน้ำเสียที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นผลให้ปัญหาน้ำเสียลดลงตามไปด้วย ซึ่งก่อให้เกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ สามารถลดงบประมาณที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาน้ำเสียลงได้เป็นจำนวนมาก

2.2.6 ข้อเสียของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ถึงแม้จะมีข้อได้เปรียบหลายประการ แต่ก็มีข้อเสียและข้อจำกัดเช่นกัน ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 การใช้ประโยชน์และข้อจำกัดในการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

การใช้ประโยชน์ (Wastewater Reuse Categories)	ข้อจำกัด (Potential constraints)
1.ชลประทานเพื่อการเกษตร -การปลูกพืช (Crop Irrigation) -แปลงเพาะชำเพื่อการค้า (commercial Nurseries)	-น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอาจเกิดมลพิษได้ ถ้าไม่มีการจัดการที่ดี -ด้านการตลาดอาจขาดการยอมรับของประชาชน -ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะด้านความเค็ม -ผลกระทบต่อดินและพืช -สุขภาพของประชาชนซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสนใจโดยเฉพาะเรื่องเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และพยาธิ -การควบคุมพื้นที่ที่มีการใช้น้ำเสียรวมทั้งการทำแนวกั้น (Buffer Zone) ซึ่งใช้ต้นทุนสูง
2.ชลประทานเพื่อภูมิทัศน์ (Landscape Irrigation) -สวนสาธารณะ (Park) -สนามหญ้าในโรงเรียน (School Yard) -สวนสาธารณะริมทาง -สนามกอล์ฟ -ป่าช้า -รั้วสีเขียว -พื้นที่อยู่อาศัย	
3.ด้านอุตสาหกรรม -ใช้ทำความเย็น (Cooling) -ใช้เติมหม้อน้ำ (Boiler Feed)	สิ่งสำคัญที่ต้องสนใจคือ -การตกตะกอน การกัดกร่อน การเติบโตของสิ่งมีชีวิต และความสกปรก -ด้านสุขภาพอนามัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อโรคที่ฟุ้งกระจายในอากาศ
4.การเติมลงในแหล่งน้ำใต้ดิน -ใช้เติมลงในน้ำใต้ดิน -ใช้ควบคุมความเค็มของน้ำ -ใช้ควบคุมการลดระดับน้ำ	ต้องคำนึงถึงผลกระทบจากคุณสมบัติทางเคมีและความเป็นพิษ เช่น ของแข็ง ไนเตรท และสิ่งที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ
5.ใช้ในการพักผ่อนหย่อนใจหรือเพื่อสิ่งแวดล้อม -ใช้เติมทะเลสาปและสระน้ำ -ใช้เพิ่มอัตราการไหลของน้ำ	ต้องคำนึงถึงด้านสุขอนามัย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รวมทั้งความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
6.การใช้น้ำเพื่อการอุปโภค -ใช้ดับเพลิง -ใช้ทำความเย็น (Air Condition) -ใช้ในห้องส้วม (Toilet Flushing)	ต้องคำนึงถึงด้านสุขอนามัย เช่น การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคในอากาศและผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ การกัดกร่อน การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต และตะไคร่น้ำ
7.การใช้น้ำเพื่อการบริโภค -ใช้เติมในแหล่งน้ำสำรอง -ใช้เติมอ่างเก็บน้ำ -ใช้ผสมกับน้ำประปา	ต้องคำนึงถึง -องค์ประกอบในน้ำเสียที่บำบัดแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของส่วนประกอบทางเคมีและความเป็นพิษ -ความงดงามและการยอมรับของสาธารณชน -ด้านสุขอนามัย เกี่ยวกับการเกิดโรคติดต่อโดยเฉพาะเชื้อไวรัส

2.2.7 ข้อจำกัดของคุณภาพน้ำเสียและมาตรฐานการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่นั้น ต้องระมัดระวังผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เช่น ผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียที่จะนำมาใช้ในการเกษตรกรรม ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยทั่วไปน้ำเสียที่นำมาใช้ในการเกษตรกรรมควรมีค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลาง โดย FAO ได้กำหนดไว้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่นำมาใช้ในการเกษตรควรมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.4 (FAO, 1985)

2. ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids , TDS) ซึ่งมักหมายถึงปริมาณเกลือหรือแร่ธาตุที่ละลายน้ำ โดยเกลือที่ละลายในน้ำเสียจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ลดลง โดย FAO ได้กำหนดค่า TDS ของน้ำที่นำมาใช้ในการเกษตรไว้ว่าไม่ควรมีค่ามากกว่า 450 มิลลิกรัมต่อลิตร (FAO, 1985)

3. ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity) เป็นตัวบ่งชี้อย่างกว้างๆ เกี่ยวกับปริมาณไอออนทั้งหมดในน้ำ ซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงต่อผลรวมของแคตไอออนและแอนไอออน หรือปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด โดย U.S. EPA ได้กำหนดค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำที่นำมาใช้ในการเกษตรไว้ว่าไม่ควรมีค่ามากกว่า 750 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (EPA, 1976)

4. ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio , SAR) โซเดียมเป็นแคตไอออนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินทั้งทางด้านกายภาพและเคมี โดยจะมีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคเม็ดดินและความเข้มข้นของเกลือที่ละลายในดิน ในดินแห้งโดยเฉพาะดินเหนียวอนุภาคของเม็ดดินจะกระจาย หรือแยกจากกัน น้ำเสียที่นำมาใช้จะมีผลทำให้โซเดียมไอออนในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งโซเดียมไอออนสามารถแทนที่แคลเซียม และแมกนีเซียมไอออนในอนุภาคดินได้ เมื่อสัดส่วนของโซเดียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนมีค่าสูงจะทำให้ดินแน่นขึ้นและการซึมได้ของน้ำจะลดลง โดย U.S. EPA ได้กำหนดค่าอัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำที่นำมาใช้ในการเกษตรไว้ว่าไม่ควรมีค่ามากกว่า 6 (EPA, 1976)

5. โลหะหนักและสารพิษ โลหะหนักและสารพิษอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคนและมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักที่ U.S. EPA ได้กำหนดให้นำมาพิจารณาในการนำน้ำทิ้งมาใช้ในการเกษตร คือ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอท โมลิบดินัม นิกเกิล เซเรเนี่ยม และสังกะสี ส่วนตัวอย่างของสารพิษ เช่น Aldrin Chlorodane DDT Heptachlor และ PCB เป็นต้น (EPA, 1993)

6. เชื้อโรค เชื้อโรคที่อยู่ในน้ำเสียอาจก่อให้เกิดโรคระบาดได้ ดังนั้น U.S. EPA จึงกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการเกษตรไว้ว่า พืชที่ไม่ได้นำมาเป็นอาหาร ต้องใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดขั้นที่สองเป็นอย่างต่ำ และต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งต้องมีค่าฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ฟีคอลโคลิฟอร์มต่อ 100 มิลลิลิตร และ

มีค่าบีโอดี 5 (BOD_5) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (EPA, 1992) ซึ่งจากรายละเอียดทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดของน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร

ค่าพารามิเตอร์	ข้อกำหนด	ที่มา
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	อยู่ในช่วง 6.5-8.4	(FAO, 1985)
2.ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids , TDS)	ไม่ควรมีค่ามากกว่า 450 มิลลิกรัมต่อลิตร	(FAO, 1985)
3. ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)	ไม่ควรมีค่ามากกว่า 750 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	(EPA, 1976)
4.ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio , SAR)	ไม่ควรมีค่ามากกว่า 6	(EPA, 1976)
5.โลหะหนักและสารพิษ	สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่วปรอท โมลิบดินัม นิกเกิล เซเรเนี่ยม และสังกะสี ส่วนตัวอย่างของสารพิษ เช่น Aldrin Chlorodane DDT Heptachlor และ PCB เป็นต้น	(EPA, 1993)
6. เชื้อโรค	ค่าฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 ฟีคอลโคลิฟอร์มต่อ 100 มิลลิลิตร และมีค่าบีโอดี 5 (BOD_5) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30มิลลิกรัมต่อลิตร	(EPA, 1992)

นอกจากข้อกำหนดต่างๆเกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตรที่หลายๆ สถาบันได้กำหนดไว้แล้วข้างต้นนั้น ก็ยังมีการจัดทำคู่มือแนะนำเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ซึ่งจัดทำขึ้นโดย EPA NSW โดยทำขึ้นในปี 1995 ซึ่งมีการตรวจสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำทิ้งเพื่อดูว่าเกินระดับที่เป็นอันตรายหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบค่าคลอรีนคงเหลือเพื่อดูว่ามีปริมาณเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคได้หรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คู่มือด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ทางการเกษตร

พารามิเตอร์	มาตรฐานน้ำทิ้ง	การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง	การติดตามผลกระทบ
ธาตุอาหาร	อัตราภาระธาตุอาหารต้องมีความสมดุลย์กับความต้องการธาตุอาหารของพืช	ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งเบื้องต้นและทำการตรวจสอบเป็นระยะเพื่อดูปริมาณฟอสฟอรัส (P) และไนโตรเจน (N)	ทำการคำนวณความสมดุลย์ธาตุอาหาร เพื่อพิจารณาระดับความเป็นอันตรายของไนโตรเจน (N) และ ฟอสฟอรัส (P)
TDS Electrical conductivity	500 มิลลิกรัมต่อลิตร 800 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	ตรวจสอบเบื้องต้นและตรวจสอบเป็นระยะๆ	การตรวจสอบความเค็มต้องตรวจสอบเป็นระยะๆ โดยทำการตรวจสอบบริเวณดินส่วนบนและบริเวณ Root zone
SAR	น้อยกว่า 6	ตรวจสอบเบื้องต้นและตรวจสอบเป็นระยะๆ	โครงสร้างของ Clay ในดินจะถูกทำลายเมื่อน้ำทิ้งที่นำมาใช้นั้นมีค่าโซเดียม (Na) มากกว่า แคลเซียม (Ca) หรือ แมกนีเซียม (Mg) อาจเกิดปัญหาด้านการยอมให้น้ำผ่านและการระบายอากาศของดิน
BOD	อัตราอินทรียสารอยู่ที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน	ตรวจสอบเบื้องต้นและตรวจสอบเป็นระยะๆ	ถ้ามีอัตราอินทรีย์สารในระดับสูงอาจส่งผลให้เกิดการลดลงของประสิทธิภาพการซึมของดิน
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.5-8.5	ตรวจสอบเบื้องต้นและตรวจสอบเป็นระยะๆ	ความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะส่งผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช
คลอรีนคงเหลือ (Residual chlorine)	น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร	ตรวจสอบเบื้องต้นและตรวจสอบเป็นระยะๆ	ต้องทำการรักษาระดับคลอรีนให้อยู่ในระดับนี้

ที่มา :The Utilisation of Treated Effluent by Irrigation , EPA NSW , 1995

2.3 ไม้ประดับ

2.3.1 เฮลิโคเนีย

เฮลิโคเนียเป็นพันธุ์ไม้ที่เจริญเติบโตได้ทั่วไปในทุกพื้นที่ แม้แต่บริเวณริมน้ำหรือพื้นที่ชื้นแฉะ มีปลูกในประเทศไทยมาช้านานรู้จักกันในนาม ก้ามกุ้ง ก้ามกั้ง ก้ามปู ธรรมรักษา สร้อยกัทลีหรือบันไดสวรรค์ จัดอยู่ในประเภทไม้ล้มลุกข้ามฤดูหรือหลายฤดู ลำต้นคล้ายต้นกล้วยไม้ ไม่มีเนื้อไม้ (วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2538)

2.3.1.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

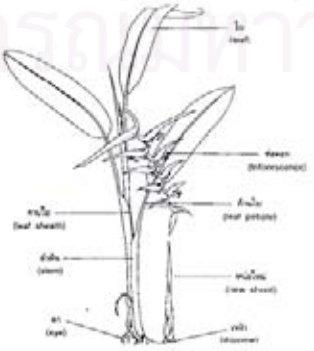
เฮลิโคเนีย หรือ ธรรมรักษา เป็นไม้ดอกเขตร้อนชนิดหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจกันมาก เนื่องจากปลูกเลี้ยงง่าย มีดอกที่สวยงามและคงทน เป็นพืชที่ต้องการการดูแลรักษาต่ำ เมื่อเทียบกับไม้ตัดดอกชนิดอื่น โดยธรรมชาติของเฮลิโคเนียจะตอบสนองต่อน้ำ ปุ๋ยและแสงดีมาก ไม่ค่อยมีโรคและแมลงรบกวนและนอกจากนี้ยังขยายพันธุ์ได้เร็วอีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

2.3.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเฮลิโคเนีย

เฮลิโคเนีย จัดอยู่ในสกุล (Genus) Heliconia วงศ์ (Family) HELICONIACEAE มีอยู่ประมาณ 200-250 ชนิด (Species) ถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา หมู่เกาะทางใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก ไปจนถึงอินโดนีเซีย (Berry and Kress , 1991)

2.3.1.3 ส่วนประกอบของเฮลิโคเนีย

1. ลำต้นเหนือดิน ประกอบด้วย แผ่นใบ(Blade) และก้านใบ(Petiole) โดยใบจะเรียงสลับตรงข้ามกันเป็น 2 แถว ในแนวตั้งระนาบเดียวกัน (Distichous) ซึ่งแผ่นใบจะมีขนาดใหญ่สีเขียวคล้ายใบกล้วย ปลายใบแหลม ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเฮลิโคเนีย

ซึ่งจากลักษณะการเรียงตัวของแผ่นใบ ความยาวก้านใบ และการเจริญเติบโตของต้น ทำให้สามารถจำแนกลักษณะการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียได้เป็น 3 แบบ (แสดงในรูปที่ 2.2) คือ

- ลักษณะการเจริญเติบโตแบบ Cannoid จะมีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายต้นพุทธรักษา และมีก้านใบยาวไม่มากนัก แผ่นใบเรียงตัวทำมุมแหลมกับต้น

- ลักษณะการเจริญเติบโตแบบ Zingiberoid จะมีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายต้นขิงและมีก้านใบสั้น แผ่นใบเรียงตัวค่อนข้างอยู่ในแนวราบ

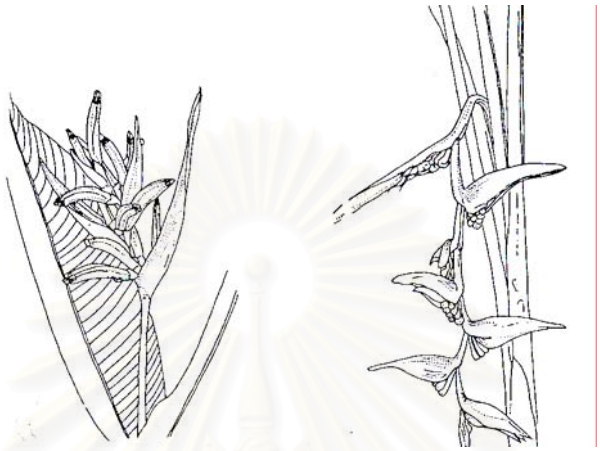
- ลักษณะการเจริญเติบโตแบบ Musoid จะมีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายต้นกล้วยและมีก้านใบยาว แผ่นใบเรียงตัวค่อนข้างอยู่ในแนวตั้ง

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย

2. เหง้า (Rhizome) เป็นลำต้นที่แท้จริงอยู่ทอดเลื้อยอยู่ใต้ดิน ซึ่งสามารถแทงหน่อเกิดเป็นต้นใหม่อยู่เหนือดินต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ลักษณะเหง้าของเฮลิโคเนีย

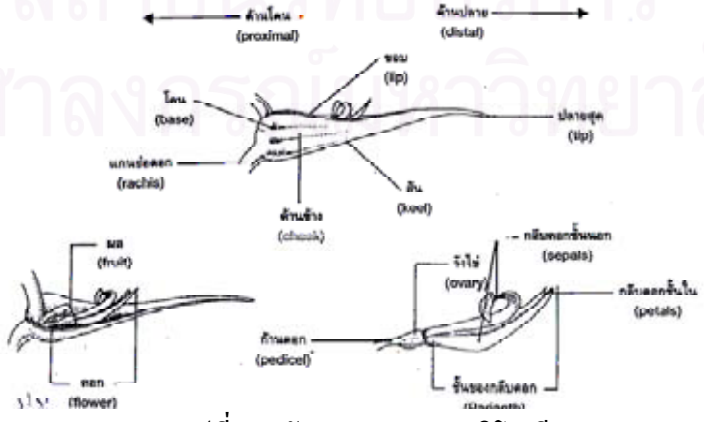
3. ช่อดอก (Inforescence) เป็นส่วนที่พัฒนามาจากใบ (Bract) เรียกว่า “ กาบรองดอก ใบประดับ หรือกลีบประดับ” ช่อดอกหนึ่งๆ ประกอบด้วยกาบรองดอก 3-30 อัน ส่วนกาบรองดอกแต่ละกาบประกอบด้วยดอกย่อยที่เรียงกันอยู่เพียง 1 แถว มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ช่อดอกตั้ง และช่อดอกห้อย แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะช่อดอกตั้งและช่อดอกห้อยของเฮลิโคเนีย

4. ดอก (Flower) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ส่วนชั้นของกลีบดอกประกอบด้วยกลีบดอกชั้นนอก (Outer sepals) และกลีบดอกชั้นใน (Inner petals) ชั้นละ 3 กลีบ ดอกจะบานเพียง 1 วัน แล้วหลุดร่วงไป เหลือแพียงส่วนล่างของดอกซึ่งเป็นส่วนของรังไข่ (Ovary)

5. ผล (Fruit) เป็นแบบ Drupe มีรูปร่างคล้ายผลท้อ มีเนื้อนุ่ม ภายในมีเมล็ด 1-3 เมล็ด ซึ่งมีเปลือกแข็งหุ้ม ผลมีหลายสีต่างกันไป โดยส่วนใหญ่เฮลิโคเนียที่พบในทวีปอเมริกา ผลจะมีสีน้ำเงิน ส่วนที่พบในหมู่เกาะแปซิฟิกผลสุกจะมีสีส้ม (วชิรพงศ์ หวลบุตตา , 2538) แสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะผลของเฮลิโคเนีย

2.3.1.4 ชนิดและพันธุ์เฮลิโคเนีย

ชนิดและพันธุ์เฮลิโคเนียที่น่าสนใจมีอยู่มากมายแต่ในที่นี้จะเน้นเฉพาะพันธุ์ซิทตาคอรัม *(H. psittacorum)* ที่ทำการศึกษาเท่านั้นซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. เฮลิโคเนียซิทตาคอรัม *(H. psittacorum)* เป็นเฮลิโคเนียชนิดช่อตั้ง (Upright) ขนาดเล็กที่มีความสูง 0.5-2.0 เมตร ลักษณะต้นผอมเพรียว ใบคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้างหรือแคบ ขอบใบขนานกัน หรือเป็นรูปรี ปลายใบแหลม ใบยาวประมาณ 10-50 เซนติเมตร ผิวใบเกลี้ยงเป็นมัน มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ Musoid ช่อดอกตั้ง ยาวประมาณ 7-18 เซนติเมตร รูปร่างผอมเพรียว กาบรองดอก 2-7 อัน ลักษณะอ่อนโค้ง เรียงสลับกันเป็น 2 แถว ในแนวตั้งระนาบเดียวกัน มีสีชมพู สีส้ม หรือสีแดง กลีบดอกค่อนข้างตรง ผิวเกลี้ยง ไม่มีขนปกคลุม มีสีเหลืองอมเขียว สีส้ม หรือสีแดง บริเวณปลายกลีบดอกมีสีเขียวเข้มคาดปลายสุดสีขาว ผลรูปไข่ค่อนข้างกว้าง ยาวประมาณ 7.5-10.0 มิลลิเมตร ผิวมันสีคราม ขยายกอเป็นวงกว้างอย่างรวดเร็ว ออกดอกตลอดปี (วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2538) ซึ่งเฮลิโคเนียซิทตาคอรัมนี้มีอยู่หลายพันธุ์แต่ในที่นี้จะเน้นเฉพาะพันธุ์ซิทตาคอรัมเลดี้ไดที่ทำการศึกษาเท่านั้น

2. เฮลิโคเนียซิทตาคอรัม (*Heliconia psittacorum* L.f. หรือ 'Lady Di')

เฮลิโคเนียซิทตาคอรัมเลดี้ไดมีชื่อเรียกอื่นๆว่า MATCHSTICK ไม่ทราบถิ่นกำเนิดแน่นอน ปลูกเลี้ยงกันมากที่ฮาวาย ฟลอริด้า คอสตาริกา และเกาะบาร์เบโดส ลักษณะทั่วไปมีความสูงของต้นเมื่อโตเต็มที่ไม่เกิน 2 เมตร มีกาบรองดอก 5-8 อัน สีแดงถึงสีแดงเข้มทางด้านโคนจะมีสีอ่อนกว่า แกนช่อดอก สีชมพูอ่อนถึงสีแดง ดอก สีเหลืองอ่อน ปลายกลีบดอกมีสีเขียวเข้มคาดปลายสุดสีขาว รังไข่ สีเหลือง บางครั้งโคนจะเป็นสีครีม (คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาไม้ดอกไม้ประดับ, 2536) แสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เฮลิโคเนียซิทตาคอรัม

2.3.1.5 วิธีการขยายพันธุ์

1. การขยายพันธุ์โดยอาศัยเมล็ด การเพาะเมล็ดทำโดยนำเมล็ดที่สุกซึ่งจะมีสีน้ำเงินหรือสีแดงแล้วแต่แหล่งกำเนิดไปแช่น้ำ จากนั้นนำไปเพาะในกระบะหรือกระถางที่มีขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก ควรให้วัสดุปลูกชื้นเสมอและควรมีแสงแดดส่องถึง ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ถึง 3 ปี ขึ้นกับชนิดและพันธุ์ เมล็ดจะทยอยงอก แล้วจึงย้ายไปปลูกในกระถางต่อไป แต่วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจาก ค่อนข้างใช้เวลานาน และ เมล็ดมีเปลือกแข็งเพาะยาก (เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ, 2534)

2. การขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อ การแยกหน่อทำโดยใช้มีดที่คมและสะอาดแยกเหง้าให้ติดต้นที่มีใบอยู่อย่างน้อย 1 หน่อ นำไปปลูกในภาชนะที่มีวัสดุปลูกที่เก็บความชื้นได้ดี และระบายน้ำได้ดีซึ่งควรมีส่วนผสมของขุยมะพร้าวด้วย ใช้เวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์ รากและหน่อใหม่จะเริ่มงอก หลังจากนั้น จึงนำไปปลูกในกระถาง (เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ, 2534)

2.3.1.6 ปัจจัยสำคัญในการปลูกเฮลิโคเนีย

1. ดินปลูก เฮลิโคเนียสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกประเภท และทนต่อสภาพของดินได้หลายชนิด แต่ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียนั้นควรเป็นดินร่วนที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ มีอินทรีย์วัตถุในปริมาณสูง ระบายน้ำได้ดี และมีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อย (ค่า pH ของดินประมาณ 5.4-6.2)

2. แสงและอุณหภูมิ เฮลิโคเนียสามารถปลูกได้ทั้งที่ร่มรำไร และที่กลางแจ้ง ส่วนมากเฮลิโคเนียดอกเล็ก เช่น *H. psittacorum* มักจะทนแสงได้ดีกว่าชนิดดอกใหญ่ เฮลิโคเนียเป็นพืชที่ไวต่อแสงมาก ปริมาณแสงและอุณหภูมิจึงมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการให้ดอก ช่วงเวลาออกดอก และคุณภาพสีของช่อดอก มีการศึกษาพบว่า *H. psittacorum* จะมีปริมาณช่อดอกลดลงเมื่อต้นได้รับแสงลดลง และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยกระตุ้นให้การเจริญเติบโตของช่อดอกเร็วขึ้น

3. น้ำ เฮลิโคเนียเป็นพืชที่ชอบน้ำมาก แต่ดินปลูกต้องระบายน้ำได้ดีด้วย เพราะปริมาณน้ำมีผลต่อคุณภาพสีและขนาดของช่อดอก ถ้าต้นได้รับน้ำไม่สม่ำเสมอ ช่อดอกจะมีขนาดลดลง สีสันไม่สดใส อาการขาดน้ำของเฮลิโคเนีย สามารถสังเกตได้จากใบที่ห่อม้วนในเวลากลางวัน

4. ปุ๋ย ถ้าปลูกเฮลิโคเนียในดินที่เหมาะสมและมีธาตุอาหารสมบูรณ์ เฮลิโคเนียจะไม่ต้องการปุ๋ยมากนัก แต่เนื่องจากเป็นพืชที่มีการแตกหน่อรวดเร็วจึงใช้แร่ธาตุในดินมาก ดังนั้นอาจต้องเพิ่มปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ให้บ้างหากปลูกเป็นเวลานาน (วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2538)

2.3.1.7 วิธีการปลูกและการดูแลรักษา

1. วิธีปลูก นิยมปลูกเป็นกลุ่มบนแปลงดิน เนื่องจากเจริญเติบโตแตกกอขยายเป็นวงกว้างได้รวดเร็ว ส่วนการปลูกเป็นไม้กระถางควรพิจารณาขนาดกระถางกับต้นให้เหมาะสมกัน พันธุ์ที่มีกอเล็ก ดอกเล็ก เช่น *H. psittacorum* สามารถปลูกเป็นไม้กระถางสำหรับตกแต่งอาคาร สำนักงานได้

2. การให้ปุ๋ย เฮลิโคเนียหลายชนิดมักมีปัญหาขาดแคลนธาตุไนโตรเจน ซึ่งมีอาการใบอ่อนจะมีสีเขียวเหลือง และอัตราการเจริญเติบโตลดลง ในสภาพดินด่าง จะมีอาการขาดธาตุเหล็กและแมงกานีส เฮลิโคเนียตอบสนองต่อปุ๋ยดีมาก จากการศึกษาพบว่าควรให้ปุ๋ยสลายตัวช้ากับ *H. psittacorum* ในอัตรา 3:1:2 (N:P:K) ด้วยความเข้มข้น 650 กรัม ไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก นอกจากจะให้ธาตุอาหารแล้วยังทำให้ดินร่วนซุย ซึ่งจะทำให้เฮลิโคเนียแทงหน่อและแตกกอได้เร็วขึ้น

3. การให้ดอก เฮลิโคเนียชนิดดอกเล็กสามารถให้ดอกได้ภายในเวลา 8-10 สัปดาห์หลังปลูก ส่วนชนิดดอกใหญ่ อาจใช้เวลาถึง 7 เดือน บางพันธุ์อาจใช้เวลาถึง 2 ปี (วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2538)

4. การให้น้ำเฮลิโคเนียเป็นพืชที่ชอบน้ำหากน้ำไม่เพียงพอจะเป็นปัจจัยจำกัดของการผลิตและคุณภาพของดอก (เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ, 2534)

2.3.1.8 โรคและแมลงที่พบ

ในประเทศไทยยังไม่ค่อยพบโรคของเฮลิโคเนียที่เป็นปัญหาสำคัญ แต่มีรายงานโรคที่พบในต่างประเทศ คือ โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Cylindrocladium* , *Pythium* และ *Rhizoctonia* โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา Cercospora ,Curvularia และไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดอาการขาดธาตุอาหาร เป็นต้นส่วนแมลงที่พบ เช่นเพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ และด้วงกินใบ เป็นต้น แต่แมลงไม่เป็นปัญหาที่สำคัญของเฮลิโคเนีย (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

2.3.2 เตยหอม *(Pandanus odorus)*

เตยเป็นพันธุ์ไม้จำพวกหญ้า สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกชนิดของประเทศไทย โดยเฉพาะดินร่วนซุยที่มีการระบายน้ำและอากาศได้ดี เกษตรกรส่วนใหญ่มักปลูกเตยใต้รังกล้วยไม้ ปลูกแซมตามร่องสวน หรือปลูกล้วนๆคล้ายกับการปลูกข้าว

2.3.2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

เตยหอมเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อตัดใบขายเป็นการค้า และตลาดมีความต้องการสูง โดยตลาดรับซื้อเตยแหล่งใหญ่อยู่ที่ปากคลองตลาด ซึ่งมีราคาขายอยู่ประมาณร้อยละ 25-30 บาท หรือคิดเป็นรายได้เฉลี่ยประมาณ 4,800 บาทต่อไร่

2.3.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเตยหอม

เตยหอมอยู่ในวงศ์ PANDANACEAE มีลำต้นเป็นกอที่เกิดจากหัวหรือแง่งที่อยู่ใต้ดิน ส่วนที่โผล่มาเหนือดินเป็นเพียงก้านใบและใบ มีลำต้นสูงประมาณ 2-3 ฟุต ใบมีลักษณะเรียวยาว สวยงาม ใบจะหยักม้วนเป็นเกลียว ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ มีสีเขียวเป็นมัน ลำต้นเรียงกันเป็นระเบียบ เป็นกอขึ้นไป มีความมีความสำคัญในการนำมาจัดแจกันดอกไม้สด บูชาพระ ฯลฯ นอกจากนี้เตยยังมีสารสีเขียวสามารถนำมาผสมในอาหารให้เป็นสีเขียวได้ และในใบเตยยังมีน้ำมันหอมระเหยสร้างความสดชื่นได้ด้วย (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม , 2530) แสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 ลักษณะของเตยหอม

2.3.2.3 ชนิดและพันธุ์ที่น่าสนใจของเตย

พันธุ์เตยที่นิยมปลูกเพื่อตัดใบขายเป็นการค้า และตลาดมีความต้องการสูง คือพันธุ์เตยหอม มีคุณสมบัติและลักษณะใบเหมือนกับเตย มีกลิ่นหอมมาก นิยมนำมาทำเชื้อเพิ่มความหอมในอาหาร และตัดใบออกจำหน่ายเป็นการค้า และยังจัดเป็นไม้ประดับสวนได้อย่างสวยงาม

2.3.2.4 วิธีการขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์เตยโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีแยกหน่อหรือแยกต้นออกไปปักชำ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ได้จำนวนต้นมากและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว เมื่อปลูกเป็นเวลานานลำต้นจะแตกรากอากาศเป็นฝอยๆ ยาว 2 ฟุต เพื่อดูดกลืนความชื้นในอากาศ โดยส่วนมากจะไม่พบรากอากาศนี้ในเตยหอมที่ปลูกในกระถาง ก่อนปลูกควรตัดปลายใบของต้นกล้าออกบ้าง โดยตัดให้เหลือครึ่งหนึ่งของความยาวใบ เพื่อลดการคายน้ำ และกระตุ้นให้ต้นแตกใบใหม่ได้เร็วขึ้น

2.3.2.5 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

เตยเจริญได้ดีในพื้นที่ที่มีแสงแดดรำไร สามารถเจริญได้ในดินทุกประเภทแต่จะเจริญได้ดีในดินร่วนซุยที่มีการระบายน้ำและระบายอากาศดี ต้องการความชื้นในดินสูง และต้องการน้ำมาก

2.3.2.6 การดูแลรักษา

เตยเป็นพืชที่เจริญเติบโตง่ายมาก ไม่จำเป็นต้องดูแลมากนัก นอกจากต้องให้น้ำทุกวันในปริมาณมาก และดินที่ปลูกควรมีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารเพียงพอ ถ้าจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีควรเป็นสูตรที่มีธาตุไนโตรเจนสูง เช่น 27-13-13 21-10-10 หรือ 46-0-0

2.3.2.7 โรคและแมลง

เตยหอมไม่ค่อยพบปัญหาเรื่องโรคและแมลง

2.3.3 ลิ้นมังกร (*Sanservieria trifasciata)*

2.3.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นมังกร

ลิ้นมังกรมีชื่อสามัญ คือ Mather -in-law's Tongue อยู่ในตระกูล AGAVACEAE มีถิ่นกำเนิด อยู่ในแถบทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป เป็นพรรณไม้ที่มีลำต้นเป็นหัว หรือเหง้าอยู่ในดิน ลักษณะลำต้นเป็นข้อๆ ใบเกิดจากหัวที่โผล่ออกมาพ้นดินเป็นกอ ลักษณะใบยาวปลายแหลม แข็งเป็นมัน ขอบใบเรียบ โค้งงอเล็กน้อย ขอบใบมีสีเหลือง กลางใบมีสีเขียวอ่อน ขนาดของใบกว้างประมาณ 4-7 เซนติเมตร ยาวประมาณ 40-60 เซนติเมตร ก้านดอกประกอบด้วยกลุ่มดอกเป็นชั้นๆ ลักษณะดอกมีขนาดเล็ก เรียงกันเป็นแนวตามชั้นของก้านดอก ดอกมีสีขาว ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ลักษณะลิ้นมังกร

2.3.3.2 วิธีการปลูกลิ้นมังกร

วิธีการปลูกมีอยู่ด้วยกัน2 วิธี ดังนี้

1. การปลูกในแปลง นิยมปลูกเพื่อเป็นแนวรั้ว ขนาดหลุมปลูก 30 x 30 x 30 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก : ดินร่วน ในอัตราส่วน 1:1 ผสมดินปลูก

2. การปลูกในกระถาง ควรใช้กระถางสูง ขนาด 10-15 นิ้ว ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก : ดินร่วน ในอัตราส่วน 1:1 ผสมดินปลูก และควรเปลี่ยนกระถางทุก 1-2 ปี เพราะเนื่องจากการขยายตัวของรากและหน่อแน่นเกินไป และเพื่อเปลี่ยนดินปลูกใหม่แทนดินปลูกเดิมที่เสื่อมสภาพไป

2.3.3.3 วิธีการดูแลรักษา

ต้องการแสงแดดปานกลาง จนถึงแสงแดดจัด หรือกลางแจ้ง ต้องการปริมาณน้ำปานกลาง ควรให้น้ำ 5-7 วัน/ครั้ง ปลูกได้ดีในดินร่วนซุย ไม่ค่อยพบโรคและแมลงที่ก่อให้เกิดปัญหา

2.3.3.4 วิธีการขยายพันธุ์

ใช้วิธีแยกหน่อหรือตัดชำใบ

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Guillaume P. (1996) ได้ศึกษาการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชผักสวนครัวในประเทศเบลเยี่ยม โดยทำการศึกษาที่ Hesbaye –Frost เป็นเวลา 3 ปี โดยในการศึกษาได้มีการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำและดิน เช่นสารอินทรีย์ ปริมาณเกลือ ความเป็นพิษของอิออนบางตัว

เช่น Na^+ , Cl และ Boron ต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณของโลหะหนักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการสะสมในผลผลิต (Bioaccumulation) รวมทั้งการตกค้างที่ดิน ปริมาณของปุ๋ย ปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรค เช่น Fecal Coliform , Helminths Eggs เป็นต้น ซึ่งจากการทดลองสรุปได้ว่า การนำน้ำทิ้งไปใช้ในการเกษตรกรรม รวมทั้งการกำหนดหลักเกณฑ์การนำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์ ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติสิ่งแวดล้อม คุณภาพดินหลังการเพาะปลูก คุณภาพของผลผลิต การนำปุ๋ยหรือสารอาหารและน้ำกลับไปสู่วัฏจักรธรรมชาติของน้ำต้องมั่นใจว่าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของพืชน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์และสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์

Mujeriego R. และคณะ (1996) ทำการศึกษาผลกระทบของการนำน้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) มาใช้ในการเพาะปลูกหญ้าในสนามกอล์ฟที่ Mas Nou ประเทศสเปน โดยมีการตรวจสอบทางด้านปฐพีวิทยา เช่นปริมาณเกลือ ปริมาณสารอาหาร และปริมาณของโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำทิ้ง พารามิเตอร์ทางด้านสุขภาพ เช่น ปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) และ Salmonella Entrica พารามิเตอร์ทางด้านทัศนียภาพ ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า น้ำทิ้งที่ใช้ควรมีการฆ่าเชื้อโรคก่อนนำมาใช้ และ ค่าฟีคอลโคลิฟอร์ม ที่ตรวจสอบได้ในแต่ละสัปดาห์ มีค่าน้อยกว่า 100 ฟีคอลโคลิฟอร์มต่อ 100 มิลลิลิตร นอกจากนี้ การใช้เครื่องกวนผสมเติมออกซิเจนในบ่อผึ่งจะทำให้ได้น้ำทิ้งที่ไม่มีปัญหาด้านกลิ่นเหม็น และมีคุณภาพทางสารอาหารทำให้สามารถประหยัดค่าปุ๋ยได้

Hakan Jonsson และ คณะ (1997) ได้ศึกษาการนำปัสสาวะที่ได้จากโถแยกปัสสาวะมาใช้เป็นปุ๋ยเพื่อการปลูกธัญญพืช เนื่องจาก ปัสสาวะมีไนโตรเจนอยู่ในปริมาณมาก โดยร้อยละ 90 อยู่ในรูปของยูเรีย (Jonsson และคณะ, 1996) ซึ่งการวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลของปุ๋ยที่ได้จากปัสสาวะกับปุ๋ยอินทรีย์อื่น ๆ พบว่า สัดส่วนของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงจากโถแยกปัสสาวะนี้มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น และยังพบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในปัสสาวะต่ำมาก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญของการนำปัสสาวะมาใช้เป็นปุ๋ย นอกจากนี้โถแยกปัสสาวะยังมีข้อได้เปรียบด้านสุขอนามัยมากกว่าระบบกำจัดปฏิกูลอื่นๆ เนื่องจากมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงไม่มากที่จะปนมากับปัสสาวะเพราะมันจะตายในช่วงระหว่างที่อยู่ในถังเก็บปัสสาวะ

รื่นฤดี ศรีสุนทร (2533) ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า ด้วยวิธีการปลูกพืชในน้ำ ผลการศึกษาพบว่า พืชมีการดูดซึมธาตุอาหารต่างๆ จากน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและรอง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และแมงกานีส) ในน้ำเมื่อสิ้นสุดการ

ทดลอง (8 สัปดาห์) พบว่าทุกตำหรับการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารลดน้อยลง โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน มีค่าลดลงจนตรวจไม่พบ

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2542) ทำการศึกษาการใช้น้ำเสียโดยตรงเพื่อการเกษตร (Direct Agricultural Use) ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำกากส่าจากโรงงานสุรา ซึ่งพบว่า น้ำกากส่าสดๆ มี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.1-4.5 ค่าบีโอดี (BOD) 35,000 -40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) 120,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจน (N) 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าฟอสฟอรัส (P_2O_5) 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าโพแทสเซียม (K_2O) 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำน้ำกากส่าจากโรงงานไปสู่นาข้าวทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้าของเกษตรกรในฤดูแล้ง ในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งปลูกแบบนาปีหรือปลูกปีละครั้ง โดยใส่ปีเว้นปีในแต่ละแปลง ในอัตราประมาณ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทุก 2 ปี จากการศึกษาพบว่า ผลผลิตข้าวที่ได้จะเพิ่มมากขึ้นจาก 20 ถังต่อไร่ มาเป็น 50 ถังต่อไร่ และที่จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งทำการศึกษาเช่นเดียวกัน พบว่าผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 140 ถังต่อไร่ เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลผลิตเพียง 80-100 ถังต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำกากส่ามีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยอินทรีย์สามารถใช้ในการปลูกข้าวได้จริง และไม่มีการสะสมสารตกค้างในดิน หากใช้ในอัตราที่พอเหมาะ และนอกจากนี้ยังสามารถใช้ปลูกพืชอื่นๆ ได้อีก เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปาล์ม ยางพารา มันฝรั่ง พืชผักสวนครัว และ อ้อย เป็นต้น และยังได้มีการศึกษาถึงการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้โดยตรงเพื่อการเกษตรอีกด้วย ซึ่งพบว่าสามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน แต่ไม่ควรนำมาใช้กับพืชพวกผักสด ผักสลัด ในกรณีที่เป็นน้ำเสียสดซึ่งยังไม่ได้ผ่านการบำบัด แต่การใช้น้ำเสียชุมชนเพื่อการเกษตรต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษในเรื่องอีโคไล (E. Coli) ซึ่งมาจากสิ่งขับถ่าย (อุจจาระ) ที่อาจทำให้เกิดโรคได้

โชคชัย ไชยมงคล ทรงชัย อินสมพันธ์ และ เสนีย์ กาญจนวงศ์ (2544) ทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้า กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ ที่ปลูกโดยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน 4 ประเภท คือ น้ำเสีย น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอเอส และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเติมอากาศ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำธรรมชาติทั้งจากคลองชลประทานและน้ำบาดาล โดยได้ใช้ปุ๋ยและสารเคมีการเกษตรอื่นๆ เหมือนกันทุกประการและให้น้ำปริมาณเท่ากัน แตกต่างเพียงชนิดของน้ำเท่านั้น ซึ่งทำการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2543 –ตุลาคม 2544 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกโดยใช้น้ำทิ้งทั้ง 4 ประเภทในฤดูปลูกและนอกฤดูปลูกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนสามารถใช้ในการเพาะปลูกพืชได้โดยผลผลิตไม่แตกต่างจากน้ำธรรมชาติ

อดุง ศิลป์ประเสริฐ (2544) ทำการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี และ ดินที่ปลูกโดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งทำการวิเคราะห์โลหะหนัก 4 ชนิด คือ Cd Pb Cu และ Zn ในนาข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี และดินที่ใช้ปลูก โดยใช้น้ำบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ และน้ำบาดาลบริเวณ ต. ป่าแดด อ. เมือง จ. เชียงใหม่เพื่อปลูกผัก และ ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ. เชียงใหม่ เพื่อปลูกข้าว ในระหว่างเดือนมกราคม 2543 และ พฤษภาคม 2544 ผลการศึกษาพบว่า Cd Pb Cu และ Zn ในข้าวที่รดด้วยน้ำบำบัด และน้ำบาดาล มีปริมาณน้อยมากและใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุด (5.0 ไมโครกรัมต่อ100 กรัม น้ำหนักสด) ค่อนข้างมาก ส่วนผักคะน้าที่รดด้วยน้ำทั้ง 2 ชนิด มีค่าCd ต่ำกว่าค่าความปลอดภัย ประมาณ 6 เท่า และ Pb Cu และ Zn ก็พบว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสูงเช่นกัน ส่วนกะหล่ำปลีที่รดด้วยน้ำทั้ง 2 ชนิด พบว่า มี Cd ต่ำกว่าค่าความปลอดภัย ประมาณ 10เท่า Pb ต่ำกว่าค่าความปลอดภัย ประมาณ 150-600 เท่า Cu ต่ำกว่าค่าความปลอดภัย ประมาณ 30-50 เท่า และ Zn ต่ำกว่าค่าความปลอดภัย ประมาณ 60 เท่า ส่วนปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในดินพบว่าก่อนปลูกและหลังปลูกจะมีค่าต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุด อยู่ค่อนข้างมาก และไม่พบการสะสมของโลหะหนักที่เพิ่มขึ้นในดินหลังปลูกไปแล้ว 4 ครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ในการเกษตรกรรมสามารถได้ผลผลิตไม่แตกต่างไปจากการใช้น้ำบาดาล และไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ทั้ง 4 ชนิด ในระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่มีการสะสมของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในดินตลอดเวลาทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลองและวิเคราะห์

3.1.1 พื้นที่ทำการวิจัยตั้งอยู่บริเวณ หมู่ที่ 6 ตำบลเกาะเรียน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งใช้เป็นสถานที่ในการปลูกพืชทดลอง ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เฮลิโคเนีย เตยหอม และลิ้นมังกร ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1.2 ห้องปฏิบัติการน้ำเสีย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 แปลงปลูกพืชทดลองที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการปลูกพืชทดลอง ได้แก่

3.2.1.1 พันธุ์ไม้ 3 ชนิด ได้แก่ เฮลิโคเนีย เตยหอม และลิ้นมังกร

3.2.1.2 ดินสำเร็จรูป ซึ่งเป็นดินผสมปุ๋ยคอก ขุยมะพร้าวและใบก้ามปู

3.2.1.3 กระถางทดลองลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว สูง 10 นิ้ว จำนวน 115 กระถาง

3.2.1.4 น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4

3.2.1.5 อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการปลูกพืช เช่น เสียม ช้อนปลูก บัวรดน้ำ พลั่ว จอบ ถังน้ำ เป็นต้น

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ ได้แก่

3.2.2.1 หม้ออังน้ำ (Water Bath)

3.2.2.2 โถทำแห้ง (Desiccator)

3.2.2.3 ตาชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม

3.2.2.4 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

3.2.2.5 พีเอช มิเตอร์ (pH meter)

3.2.2.6 ตู้อบที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Oven)

3.2.2.7 ชุดกลั่นแอมโมเนีย (Macro Kjeldahl)

3.2.2.8 เครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

3.2.2.9 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ขวดรูปชมพู่ บีกเกอร์ ขวดบีโอดี ปิเปต เป็นต้น

3.2.2.10 ตู้บ่มบีโอดี

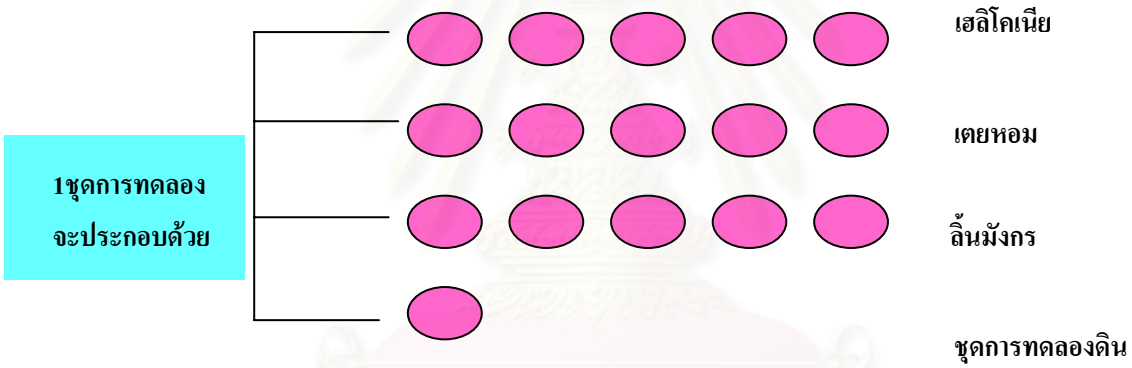
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 ทำการศึกษาวิจัยความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดลองในภาคสนามทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เฮลิโคเนีย เตยหอม และ ลิ้นมังกร

3.3.1.1 วางแผนการทดลองใช้ Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัย คือ พันธุ์พืช 3 ชนิด และความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือน 7 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองจะทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 รวมทั้งหมด 105 หน่วยทดลอง ซึ่งแต่ละหน่วยทดลองมีพื้นที่ 40 ตารางเซนติเมตร รวมพื้นที่ทดลองทั้งสิ้น 4,200 ตารางเซนติเมตร และชุดการทดลองดินจะทำการทดลองซ้ำเพียง 2 ครั้ง มีทั้งหมด 10 หน่วยทดลอง ซึ่งแต่ละหน่วยทดลองมีพื้นที่ 40 ตารางเซนติเมตร รวมพื้นที่ทดลองทั้งสิ้น 400 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ชุดการทดลองในการศึกษาวิจัยความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด

ชุดการทดลอง (Treatment)	สิ่งทดลอง
1	น้ำทิ้ง + น้ำประปา (ในอัตราส่วนผสม 1:1)
2	น้ำทิ้ง + น้ำประปา(ในอัตราส่วนผสม 1:2)
3	น้ำทิ้ง + น้ำประปา (ในอัตราส่วนผสม 1:3)
4	น้ำทิ้ง + น้ำประปา(ในอัตราส่วนผสม 1:4)
5	น้ำทิ้ง + น้ำประปา(ในอัตราส่วนผสม 1:5)
6	น้ำทิ้ง + น้ำประปา(ในอัตราส่วนผสม 1:10)
7	น้ำประปาเพียงอย่างเดียว (ชุดควบคุมที่มีพืช)



รูปที่ 3.2 ลักษณะการจัดวางชุดการทดลอง 1 ชุดการทดลอง

3.3.1.2 การเตรียมดินที่ใช้ในการปลูกพืชทดลอง เตรียมโดยขุดดินในพื้นที่ศึกษาขนาดกว้าง 2.00 เมตร ยาว 3.30 เมตร ลึก 0.15 เมตร เพื่อให้ได้ดินปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นนำมาผสมกับดินสำเร็จรูปในอัตราส่วน 2:1 ตามลำดับ และเตรียมกระถางทดลองชนิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว สูง 10 นิ้ว จำนวน 115 กระถาง เพื่อทำการบรรจุดินที่ผสมเสร็จแล้วลงในกระถางโดยให้มีปริมาตรเท่ากันทุกหน่วยทดลอง

3.3.1.3 การเตรียมพันธุ์ไม้ ทำการคัดเลือกพันธุ์ไม้ 3 ชนิด ได้แก่ เฮลิโคเนีย เตยหอม และ ลิ้นมังกร โดยเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรง และมีอายุใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการย้ายต้นกล้าลงในกระถางทดลองที่เตรียมไว้ โดยปลูกกระถางทดลองละ 1 ต้น และให้น้ำธรรมชาติจากแม่น้ำ

แก่ต้นกล้าทุกหน่วยทดลองในช่วงเริ่มต้นทดลอง เพื่อให้ต้นกล้าสามารถตั้งตัวและปรับเข้ากับสภาพแวดล้อมได้

3.3.1.4 การเตรียมน้ำทิ้งเพื่อรดแก่พืชทดลอง เตรียมโดยนำน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยซึ่งเป็นระบบแบบถังเกรอะ–กรองไร้อากาศผสมกับปัสสาวะที่ได้จากโถแยกปัสสาวะ จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาในอัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ 1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 1:10 และ น้ำประปา ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.3 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัย

รูปที่ 3.4 ถังเก็บน้ำรวมที่ใช้ในการทดลอง (น้ำทิ้งผสมกับปัสสาวะ)

รูปที่ 3.5 การเตรียมน้ำทิ้งเพื่อใช้ในการรดพืชทดลอง

3.3.1.5 ให้น้ำทิ้งที่เตรียมไว้แก่พืชทดลองทุกหน่วย โดยให้ในช่วงเช้าของทุกวัน วันละ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ พืชทดลองหนึ่งหน่วย และทำการปลูกพืชทดลองทั้งหมดเป็นเวลา 120 วัน

3.3.1.6 การศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพของดิน น้ำ และ พืช มีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาคุณภาพดิน

การศึกษาคุณภาพดินจะศึกษาด้านกายภาพและเคมี โดยทำการศึกษาในช่วงก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์คุณภาพดิน
pH (ความเป็นกรดเป็นด่าง)	Electrometric Method
O.M. (ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน)	Walkley-Black Method
Texture (เนื้อดินSand,Silt,Clay)	Hydrometer Method
Available Phosphorus	Spectrophotometric Method
Total Nitrogen	Kjeldahl Method

-การเก็บตัวอย่างดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากกองดินที่ผสมเสร็จเรียบร้อย โดยการนำดินที่ผสมได้ตามอัตราส่วนมากองเป็นรูปฝาชี จากนั้นใช้มือขีดเป็นกากบาดบนยอดฝาชี เพื่อแบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน เก็บตัวอย่างจากกองดินนี้เพียง 1 ส่วน ให้ได้ดินหนักประมาณ 0.5 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

-การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์

นำตัวอย่างดินออกผึ่งให้แห้ง แล้วบดดินด้วยเครื่องบด จากนั้นร่อนดินที่บดด้วยตระแกรงทองเหลืองขนาด 2 มิลลิเมตร ทำเช่นนี้จนกระทั่งดินถูกร่อนออกหมด เพื่อให้ดินมีโอกาสคลุกเคล้ากันและผสมรวมกันอย่างสม่ำเสมอ เก็บดินซึ่งบดแล้วไว้ในกล่องพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อไป

2. การศึกษาคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำจะศึกษาด้านกายภาพและเคมีของน้ำที่ใช้ในการรดพืชในแต่ละความเข้มข้น โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
1. pH	Electrometric Method
2.Temperature	Thermometer
3.Conductivity	Electrometric Method
4.SAR (Sodium Absorption Ratio)	Atomic Absorption Spectrometric Method
5.Biochemical Oxygen Demand (BOD)	Azide Modification Method
6.Nitrite -Nitrogen	Colorimetric Method
7.Total Nitrogen	Kjeldahl Method
8.Nitrate –Nitrogen	Cadmium Reduction Method
9.Total Phosphorus	Vanadomolybdophosphoric Acid Method
10.Chemical Oxygen Demand (COD)	Close Reflux Method
11.Total Solid	Gravimetric Method

-การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จากทุกถังที่บรรจุน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีการจ้วง จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในภาชนะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามพารามิเตอร์(ขวดพลาสติก หรือ ขวดแก้ว)โดยจะเก็บทุกครั้งที่มีการผสมน้ำทิ้งใหม่ (สัปดาห์ละ 2 ครั้ง)

-การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์

โดยทั่วไปแล้วควรทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันทีที่เก็บมา แต่เนื่องจากบางครั้งไม่สามารถที่จะทำได้ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอาจต้องมีการเติมกรดเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างน้ำให้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในบางพารามิเตอร์ เพื่อให้เป็นไปตามข้อควรปฏิบัติในคู่มือการวิเคราะห์น้ำเสีย

3. การศึกษาตัวอย่างพืช

การศึกษาตัวอย่างพืชจะทำการศึกษาในช่วงก่อนการทดลอง และหลังการทดลองโดยการศึกษาการเจริญเติบโต และ การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในพืช โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างพืช
การเจริญเติบโตของพืช	
1.ความสูง(เซนติเมตร)	วัดความสูงโดยไม้เมตร
2.การแตกยอด(ใบ)	นับจำนวนใบ
3.การแตกหน่อ	นับจำนวนหน่อ
4.การออกดอก	นับจำนวนดอก
5.มวลชีวภาพ	ชั่งน้ำหนักของพืชก่อนและหลังการทดลอง
องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช	
1.Total Nitrogen	Kjeldahl Method
2.Total Phosphorus	Ammonium Metavanadate

-การเก็บตัวอย่างพืช

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบจากพืชทดลอง ทั้ง 3 ชนิด จากทุกกระถางทดลอง โดยจะเก็บในช่วงก่อนและหลังการทดลอง

-การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อทำการวิเคราะห์

นำพืชตัวอย่างเข้าเตาอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด Wilay mill เก็บตัวอย่างที่บดไว้ในกล่องพลาสติกที่สะอาดและแห้ง จากนั้นทำการชั่งเพื่อนำไป Digest ต่อไป

3.3.2 การศึกษาวิจัยความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อคุณภาพดินในภาคสนาม

3.3.2.1 วางแผนการทดลองใช้ Completely Randomized Design มีดินที่ใช้ทดลองทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดเป็นดินที่เตรียมด้วยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 3.1.2 ซึ่งแต่ละชุดทำการทดลองเพียง 2 ครั้ง โดยให้น้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีความเข้มข้นดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 3.1 รวมทั้งหมด 10 หน่วยทดลอง

3.3.2.2 การเก็บตัวอย่างดิน ทำเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในข้อ 3.3.1.6

3.3.2.3 การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์ ทำเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในข้อ 3.3.1.6

3.3.2.4 วิเคราะห์คุณภาพดินโดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีต่อดินในภาคสนาม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละซ้ำและทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และทำการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้ง

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ดอก ไม้ประดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมีธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นการนำน้ำทิ้งดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่นอกจากจะเป็นการลดการใช้น้ำและประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องปุ๋ยแล้ว ยังสามารถลดปัญหามลภาวะด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย แต่การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่โดยเฉพาะด้านการเกษตรนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องระมัดระวังผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เช่น ผลกระทบด้านสุขอนามัย และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยศึกษาถึงผลของน้ำทิ้งที่มีต่อพืช และดินเพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศที่มีการเติมคลอรีนในระดับเดียวกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นน้ำที่ใช้ในการเกษตร แล้วนำมาผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะ โดยระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในรูปของบีโอดีได้ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหลังจากการบำบัดด้วยระบบดังกล่าวแล้วทำให้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพดังต่อไปนี้

4.1.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ

ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศก่อนนำมาผสมกับปัสสาวะ ซึ่งทำการตรวจสอบเป็นระยะเวลา 5 เดือน ตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.5-8.1 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.5) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.0-30.0 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.64 องศาเซลเซียส) ค่าบีโอดี (BOD) อยู่ในช่วง 15.0-150.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าซีโอดี (COD) อยู่ในช่วง 640.0-1,070.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) อยู่ในช่วง 11.0-95.2 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.8 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่วนค่าฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 2.0-27.8 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) และมีค่าของแข็ง โดยแยกเป็น ค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ซึ่งอยู่ในช่วง 638.0-920.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 788.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าของแข็ง

แขวนลอย (SS) อยู่ในช่วง 12.0-148.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.7 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าของแข็งจมตัว (Set tleable Solids) อยู่ในช่วง 0-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าซัลไฟด์อยู่ในช่วง 0.13-10.66 มิลลิกรัมต่อลิตร(เฉลี่ยเท่ากับ3.6 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) อยู่ในช่วง –212 ถึง –289 (เฉลี่ยเท่ากับ –246.7 มิลลิโวลต์) ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะคุณภาพของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
Temperature (° C)	29.9	29.5-31.5	29.6	29.0-30.0
pH	7.5	6.5-8.0	7.5	6.5-8.1
BOD(mg/l)	154.6	72.0-231.0	72.45	15.0-150.0
Sulfide(mg/l)	4.5	0.4-14.0	3.6	0.13-10.66
Set .Solids(mg/l)	1.30	0-5.0	0.06	0-0.5
SS(mg/l)	166.9	92.0-338.0	71.65	12.0-148.0
TDS(mg/l)	796.9	604.0-960.0	788.5	638.0-920.0
COD(mg/l)	1,120	640-1600	855	640-1,070
ORP (mv)	-229.6	-274 ถึง 74	-246.7	-212 ถึง -289
Phosphate(mg/l)	9.9	2.0-24.0	10.0	2.0-27.8
TKN(mg/l)	42.5	12.2-109.2	39.8	11.0-95.2

4.1.2 น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลอง

น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยผสมกับปัสสาวะจากโถแยกปัสสาวะแล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำประปา ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า เมื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยมาผสมกับปัสสาวะแล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำประปา ทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยส่วนใหญ่ค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลง ไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเจือจางด้วยน้ำประปา ทำให้คุณภาพของน้ำดีขึ้น ยกเว้นค่าไนโตรเจนทั้งหมด และค่าฟอสฟอรัสของน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง ชุดการทดลองที่ 4 ยังคงมีค่าใกล้เคียงกันกับน้ำทิ้งก่อนนำมาผสมกับปัสสาวะแล้วเจือจางด้วยน้ำประปา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในปัสสาวะนั้นมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

อยู่ในปริมาณมากเช่นกัน โดยมีถึงร้อยละ 80 และ 60 ตามลำดับ (Sundberg, 1995) ดังนั้นจึงทำให้ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับน้ำทิ้งเดิม แต่น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 6 พบว่ามีค่าไนโตรเจนทั้งหมด และค่าฟอสฟอรัสลดลงจากเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ถูกเจือจางด้วยน้ำประปาในปริมาณมากทำให้มีค่าดัชนีดังกล่าวลดลงจากเดิม ซึ่งรายละเอียดของคุณภาพน้ำทิ้งหลังผสมด้วยปัสสาวะแล้วเจือจางด้วยน้ำประปา แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งหลังผสมปัสสาวะแล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสม								
ดัชนีคุณภาพน้ำ		น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
pH	max	7.63	7.98	7.79	7.77	7.73	7.71	7.68
	min	6.87	7.30	7.28	7.25	7.22	7.15	7.14
	average	7.32	7.64	7.56	7.54	7.51	7.47	7.44
Temperature	max	33.8	33.3	33.5	33.4	33.8	33.3	33.4
(° C)	min	30.1	30.0	30.0	30.3	30.4	30.3	30.2
	average	32.31	32.14	32.17	32.21	32.3	32.21	32.26
BOD (mg/l)	max	0.0	78.0	57.0	36.0	34.5	25.5	16.5
	min	0.0	36.6	29.1	23.5	21.0	15.4	9.0
	average	0.0	46.5	30.0	26.4	23.2	17.4	12.2
COD(mg/l)	max	0.0	224.0	176.0	128.0	120.0	80.0	80.0
	min	0.0	80.0	56.0	48.0	40.0	32.0	16.0
	average	0	140.6	98.3	79.4	71.4	45.7	37.1
TS(mg/l)	max	1,396.0	2,010.0	1,650.0	1,780.0	1,735.0	1,612.0	1,498.0
	min	334.0	630.0	606.0	702.0	554.0	550.0	540.0
	average	717.1	1,319.8	1,067.1	1,007.9	921.9	852.6	802.4
TKN(mg/l)	max	0.0	67.2	56.0	42.0	33.6	22.4	19.6
	min	0.0	28.0	19.6	16.8	11.2	11.2	4.2
	average	0.0	40.7	30.3	22.6	16.9	14.0	8.3
Conductivity	max	1,242.0	1,565.0	1,492.0	1,396.0	1,371.0	1,279.0	1,243.0
(μs/cm)	min	923.0	1,285.0	1,182.0	1,060.0	1,041.0	1,026.0	974.0
	average	1,084.4	1,456.1	1,340.2	1,279.4	1,229.9	1,200.7	1,150.4
TP(mg/l)	max	0.0	9.5	8.75	7.25	6.75	2.25	1.75
	min	0.0	1.0	0.70	0.50	0.25	0.20	0.25
	average	0.0	4.82	3.66	2.88	2.06	0.76	0.58
NO_2^-(mg/l)	max	0.10	0.10	0.05	0.10	0.08	0.27	0.01
	min	0	0	0	0	0	0	0
	average	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0
NO_3^-(mg/l)	max	0.08	1.16	0.05	0.11	0.13	0.25	0.17
	min	0	0	0	0	0	0	0
	average	0.03	0.10	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04

หมายเหตุ : n = 14

4.1.2.1 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอช (pH) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดด่างของน้ำเสีย ซึ่งค่าพีเอชของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยพีเอชของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 7.44 –7.64 ส่วนชุดควบคุม (น้ำประปา) มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.87-7.63 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.32 นั่นคือค่าพีเอชของน้ำทิ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในสภาวะเป็นกลาง และมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกินมาตรฐานของน้ำทิ้งที่นำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร กล่าวคือไม่เกินช่วง 6.5-8.4 (FAO, 1985) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

4.1.2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

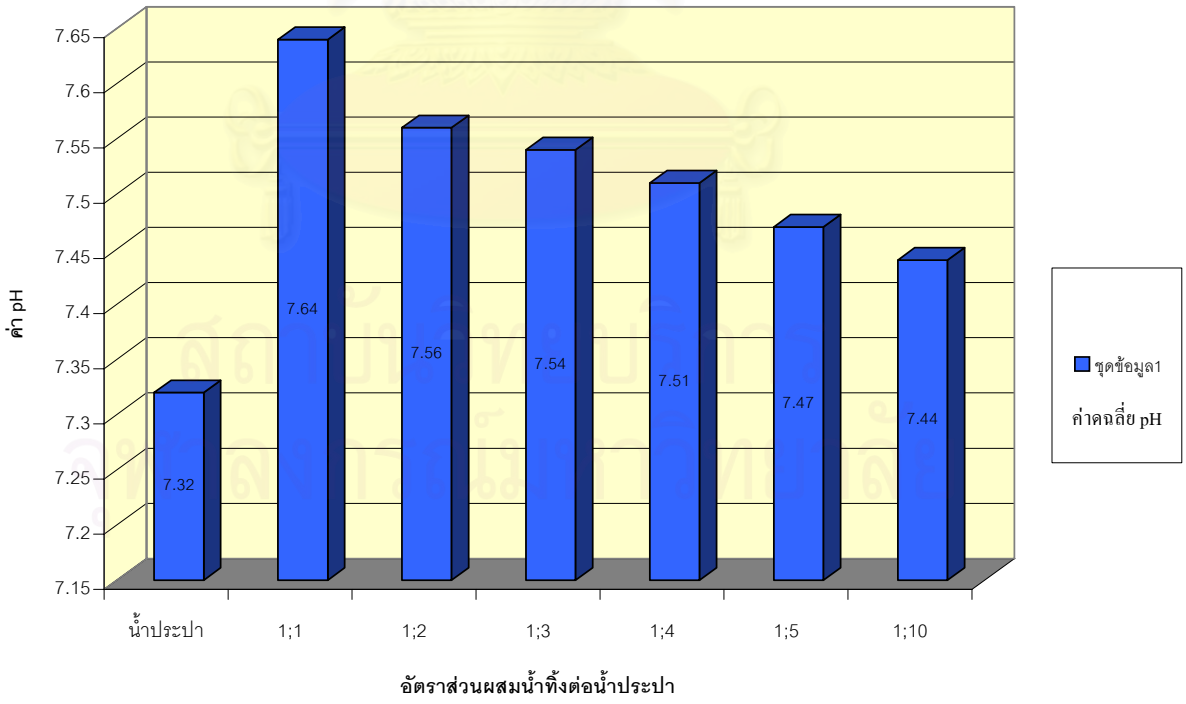
ค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง ที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 32.14–32.26 องศาเซลเซียส ส่วนชุดควบคุม (น้ำประปา) อยู่ในช่วง 30.1-33.8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.31 โดยค่าอุณหภูมิของน้ำทิ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จึงทำให้มีค่าอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก

4.1.2.3 ค่าทีเคเอ็น (TKN)

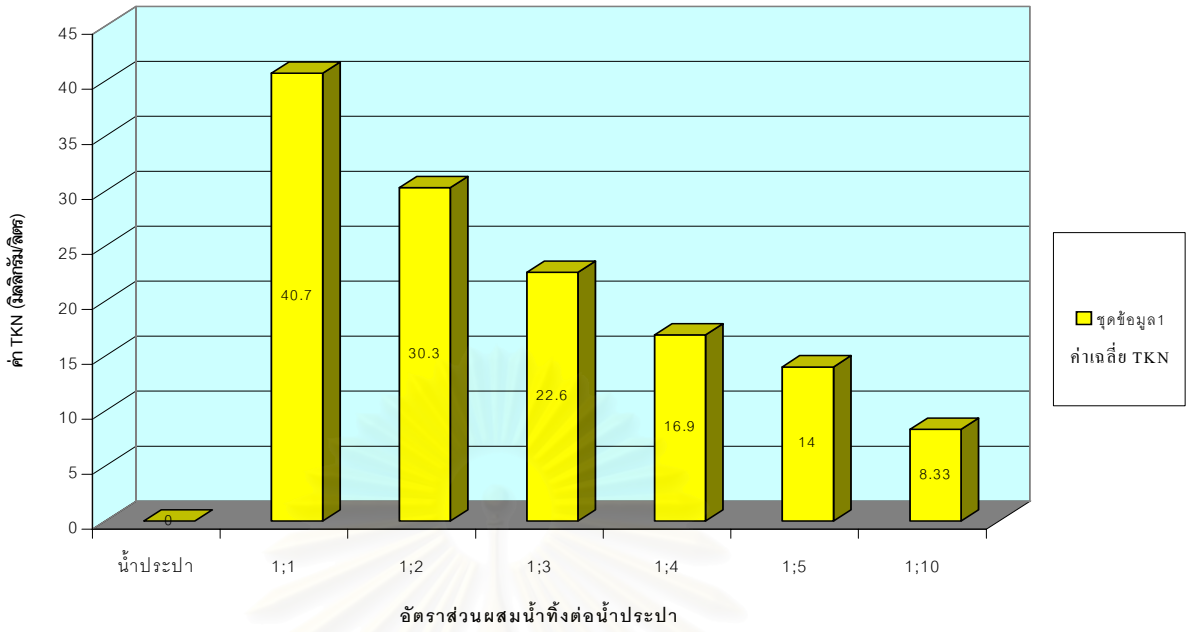
ค่าทีเคเอ็น (TKN) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง ที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่า มีค่าเฉลี่ยของทีเคเอ็นของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 8.3 -40.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าทีเคเอ็นมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา กล่าวคือ น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่1 (อัตราส่วน 1:1) มีค่าทีเคเอ็นสูงสุด และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 6 (อัตราส่วน1:10) มีค่าทีเคเอ็นต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องมาจากโดยทั่วไปในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่มาก ซึ่งมีมากถึง 20-85 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ ,2539) จึงเป็นผลให้น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน 1:1) ซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำทิ้งสูงที่สุด มีค่าทีเคเอ็นสูงกว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนชุดควบคุม (น้ำประปา) มีค่าทีเคเอ็นเท่ากับ 0 นอกจากนี้ยังพบว่าค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งในช่วงแรกมีค่าสูงกว่าในระยะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงระยะหลังเป็นช่วงฤดูฝนจึงทำให้น้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยถูกเจือจางโดยน้ำฝน เป็นผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง จึงทำให้ค่าทีเคเอ็นลดลงตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.1.2.4 ค่าบีโอดี (BOD)

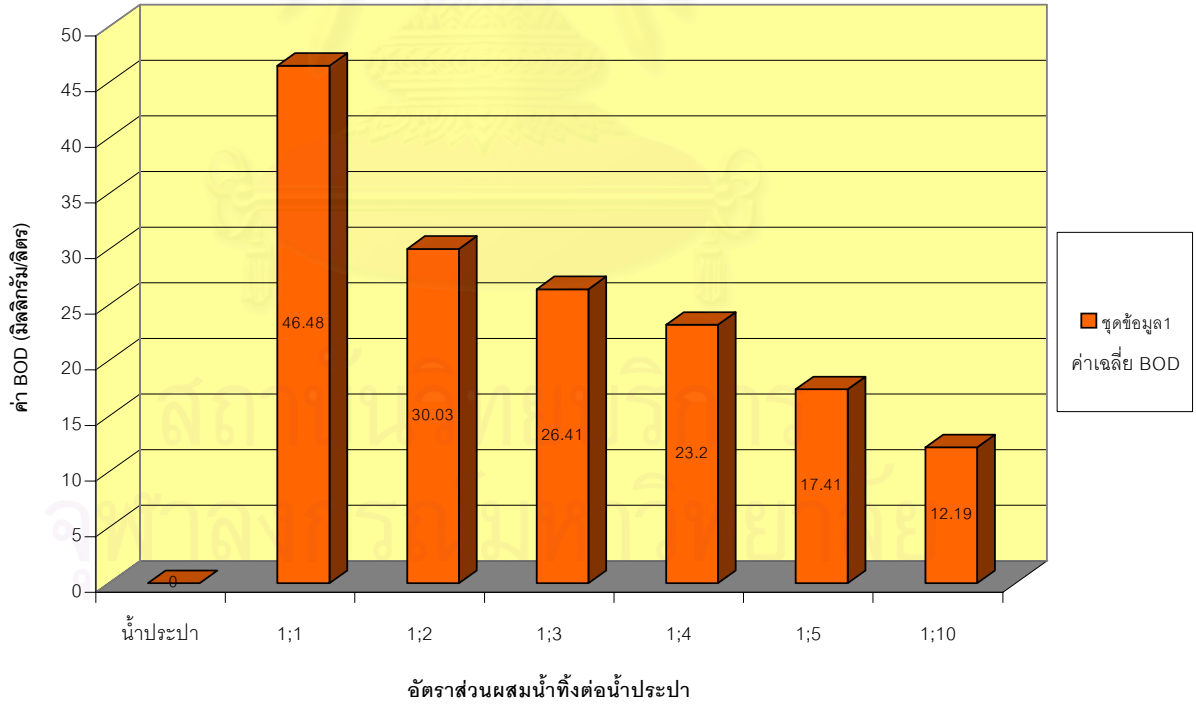
ค่าบีโอดี (BOD) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งหากค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก (กรมควบคุมมลพิษ ,2546) ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้ ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง ที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 12.2-46.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าบีโอดีมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา เช่นเดียวกับค่าทีเคเอ็น กล่าวคือ น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน1:1) มีค่าบีโอดีสูงสุด และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 6 (อัตราส่วน1:10) มีค่าบีโอดีต่ำสุดทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นของปริมาณน้ำทิ้งมากกว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองอื่นๆ นั่นหมายถึงมีความสกปรกหรือมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำมาก ดังนั้นจึงทำให้มีค่าบีโอดีสูงที่สุด ส่วนน้ำประปามีค่าบีโอดีเท่ากับ 0 และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าบีโอดีในช่วง 2 เดือนแรกมีค่าสูงกว่า 2 เดือนหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้มีน้ำฝนไปเจือจางน้ำทิ้งในระบบบำบัดส่งผลให้ค่าบีโอดีลดลง ซึ่งค่าเฉลี่ยของบีโอดีในน้ำทิ้งที่นำมาทดลองนั้นมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตรที่กำหนดไว้ว่า ควรมีค่าบีโอดีอยู่ที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน (EPA NSW ,1995) ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.2 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.3 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง

4.1.2.5 ค่าซีโอดี (COD)

ค่าซีโอดี (COD) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี ซึ่งจากผลการวิจัยค่าซีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง ที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 37.1-140.6 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา เช่นเดียวกับค่าบีโอดี ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นของปริมาณน้ำทิ้งมากกว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองอื่นๆ นั่นหมายถึงมีความสกปรกหรือมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำมาก ดังนั้นจึงทำให้มีค่าซีโอดีสูงที่สุดส่วนน้ำประปามีค่าซีโอดีเป็น 0 และยังพบอีกว่าค่าซีโอดีในช่วงระยะแรกมีค่าสูงกว่าในระยะหลัง เช่นเดียวกับค่าบีโอดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษที่กล่าวว่าโดยทั่วไปค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจะมีค่าแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าบีโอดี กล่าวคือ ค่าซีโอดีต่อบีโอดีของน้ำทิ้งชุมชนจะมีค่าประมาณ 2-4 เท่า (กรมควบคุมมลพิษ ,2546) ดังแสดงในรูปที่ 4.4

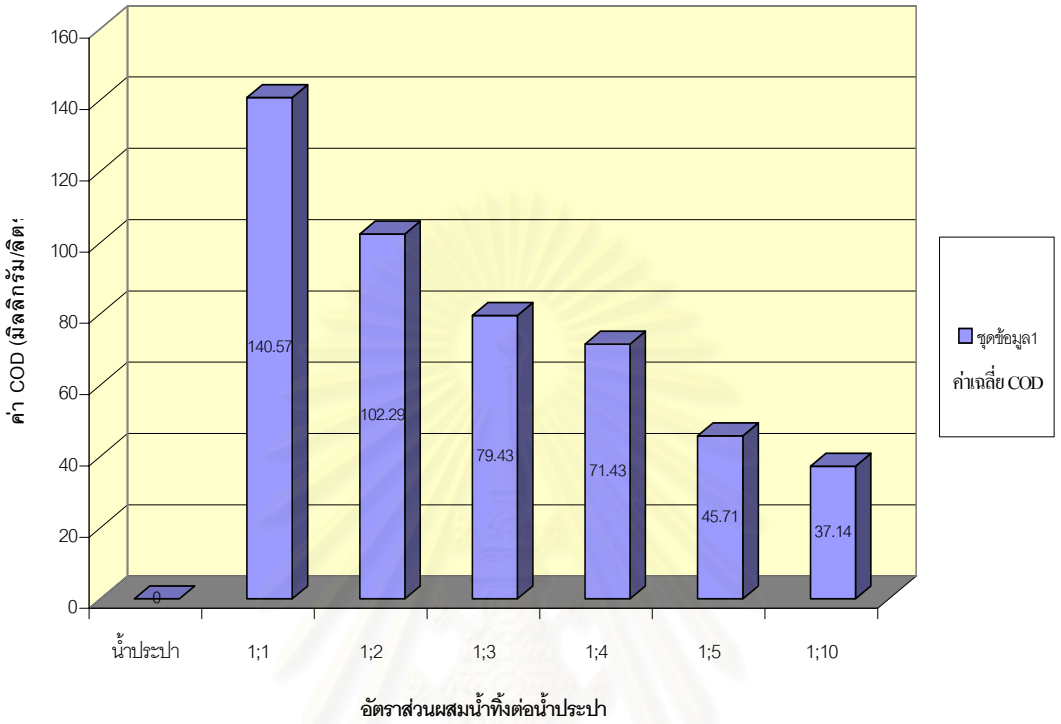
4.1.2.6 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS)

ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 802.4-1,319.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าของแข็งทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา เช่นเดียวกับพารามิเตอร์ข้างต้น ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นของปริมาณน้ำทิ้งมากกว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองอื่นๆ นั่นหมายถึงมีปริมาณสารต่างๆ ในน้ำมากดังนั้นจึงทำให้มีค่าของแข็งทั้งหมดสูงสุด ส่วนชุดควบคุมมีค่าของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 334.0-1,396.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยเท่ากับ 717.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5

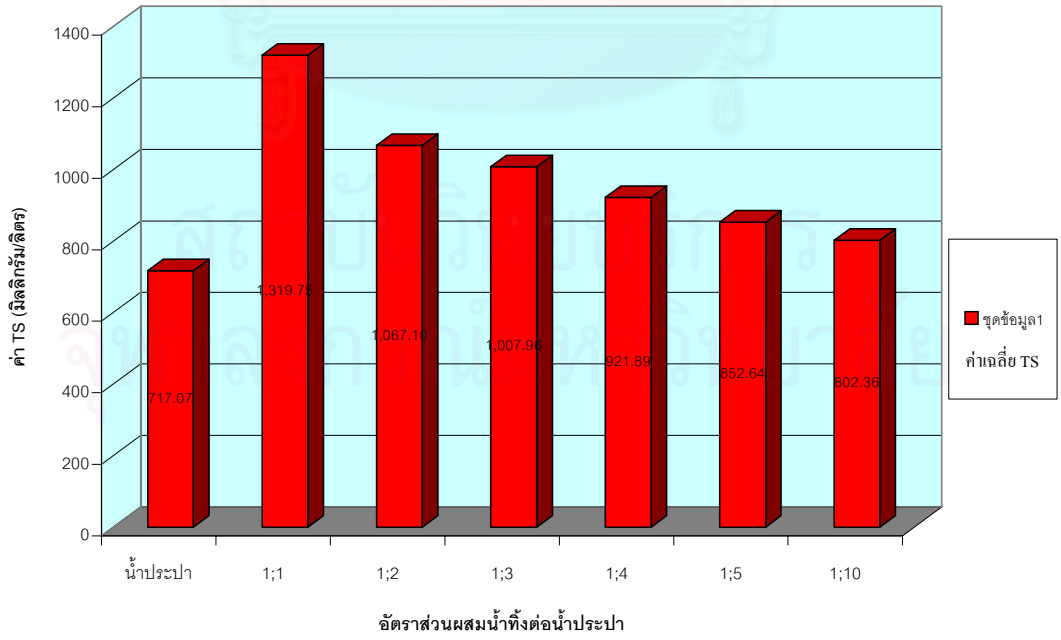
4.1.2.7 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 0.58-4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา เนื่องจากโดยทั่วไปในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ประมาณ 1.0-15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียนี้มีแหล่งกำเนิดมาจากอาหารที่บริโภคและผงซักฟอกที่ใช้ในกิจกรรมการซักล้างและกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งพบว่า ฟอสเฟตที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น มาจาก

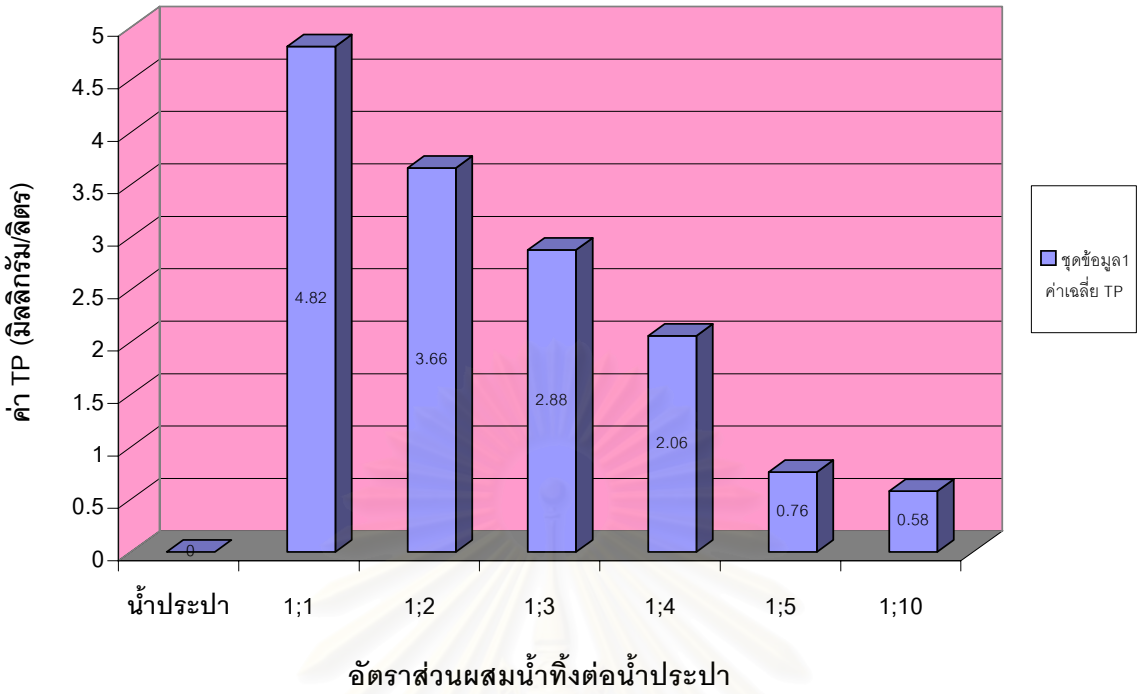
ผงซักฟอก หรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือน จะเป็นแหล่งธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่สำคัญ ส่วนน้ำประปามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0 ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง



รูปที่ 4.5 ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง



รูปที่ 4. 6 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองตลอดการทดลอง

4.1.2.8 ค่าไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N)

ค่าไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 0.04-0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าไนเตรต-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าไนเตรต-ไนโตรเจนไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง หากแต่ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจน ซึ่งหากมีเพียงพอจะทำให้ค่าไนเตรต-ไนโตรเจนมีปริมาณมากขึ้น ด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ที่มีแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดการเปลี่ยนแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน โดยทั่วไปแล้วในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีค่าไนเตรต-ไนโตรเจนในปริมาณต่ำ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่จะมีอยู่ในปริมาณมากที่สุด ส่วนน้ำประปามีค่าไนเตรต-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าไนไตรต์-ไนโตรเจน (NO_2^--N) มีค่าใกล้เคียงกับค่าไนเตรต-ไนโตรเจน

4.1.2.9 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity) เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำ ซึ่งค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้ในการรดพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำทิ้งเจือจางทั้ง 6 อัตราส่วนผสมอยู่ในช่วง 1,150.4-1,456.1ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปาเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าสภาพการนำไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องโดยตรงต่อผลรวมของแคตไอออนและแอนไอออน หรือปริมาณของของแข็งละลายทั้งหมด โดยที่ค่าจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับความเข้มข้นทั้งหมดของอนุมูลสารที่มีประจุ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ สารประกอบประเภทเกลืออินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522) ซึ่งจากการวิจัยพบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน1:1) มีปริมาณของของแข็งมากที่สุด ดังนั้นจึงมีแนวโน้มของค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงที่สุดตามไปด้วย ส่วนน้ำประปามีค่าสภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 923.0-1,242.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 1,084.4 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.7

4.1.2.10 ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (SAR)

ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม เป็นพารามิเตอร์จำเป็นที่ต้องตรวจสอบ เพราะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินทั้งด้านกายภาพและเคมี โดย U.S. EPA ได้กำหนดให้น้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการเกษตรต้องมีค่าไม่เกิน 6 (EPA , 1976) จากการตรวจวัดน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลอง พบว่า มีค่าเพียง 0.45 ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน โดยที่ค่าอัตราการดูดซับโซเดียมมีนิยามดังนี้

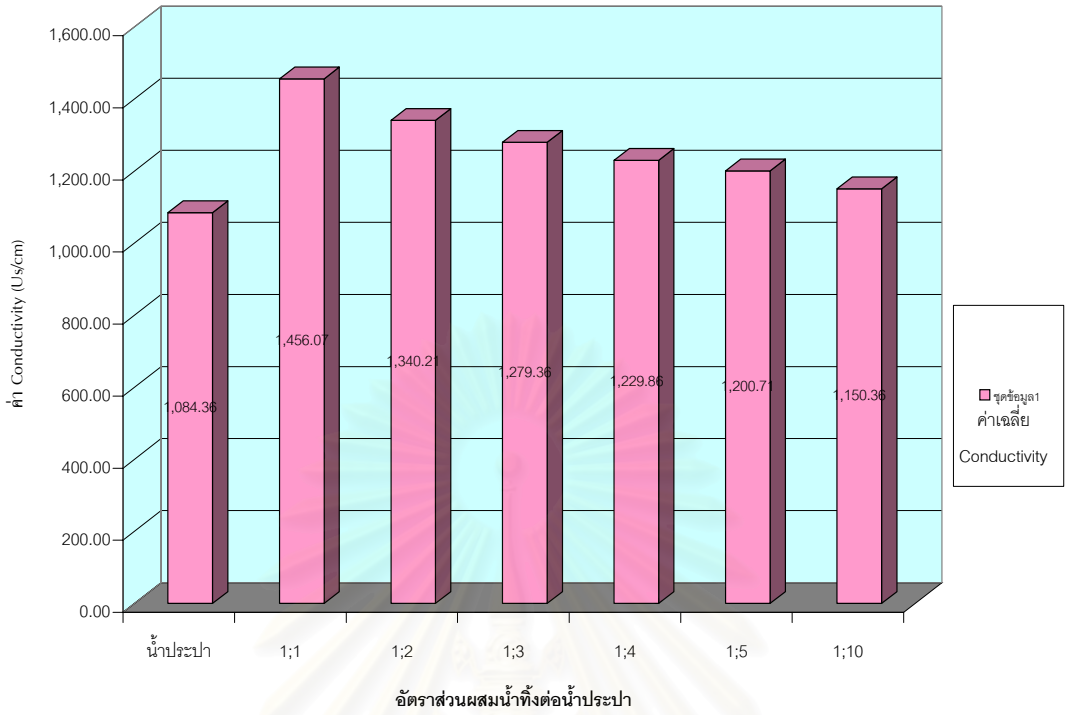
$$SAR = Na / \{ (Ca + Mg) / 2 \}^{0.5}$$

โดยที่ SAR = อัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio)

Na = ปริมาณโซเดียมในน้ำ (meq/l)

Ca = ปริมาณแคลเซียมในน้ำ (meq/l)

Mg = ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำ (meq/l)



รูปที่ 4.7 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

4.1.3 ภาระธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้ง

เมื่อพิจารณาถึงภาระธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองมีภาระธาตุอาหารที่แตกต่างกันไปตามอัตราส่วนผสมของน้ำทิ้งต่อน้ำประปา ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าภาระธาตุอาหารจะแปรผกผันกับอัตราการเจือจางด้วยน้ำประปา นั่นหมายถึง ยิ่งมีอัตราส่วนการเจือจางด้วยน้ำประปามาก ก็จะยิ่งมีภาระธาตุอาหารน้อย ดังนั้นจึงทำให้นำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1(อัตราส่วน1:1) มีอัตราภาระธาตุอาหารสูงสุด และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 6 (อัตราส่วน 1:10) มีอัตราภาระธาตุอาหารต่ำสุด ส่วนน้ำประปาซึ่งเป็นชุดควบคุมไม่พบธาตุอาหาร ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าภาระธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลองนั้นมีปริมาณแตกต่างกัน ทั้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 1,011.15 723.45 549.50 395.85 352.80 197.85 มิลลิกรัมตามลำดับชุดการทดลอง ส่วนชุดควบคุม (น้ำประปา) มีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 0 มิลลิกรัม ซึ่งภาระธาตุอาหารของธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลองในช่วงเดือนมิถุนายนมีค่ามากที่สุด และมีปริมาณลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม จากนั้นเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนกันยายน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงที่ทดลองเป็นฤดูฝนทำให้ค่าของปริมาณไนโตรเจนไม่คงที่ อันเป็นผลมาจากการมีน้ำฝนเข้า

ไปเจือจางน้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสียทำให้ปริมาณธาตุอาหารลดลงในบางช่วง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 123.31 95.51 80.44 55.61 19.76 17.39 มิลลิกรัม ตามลำดับชุดการทดลองแต่ไม่พบธาตุฟอสฟอรัสในชุดควบคุม โดยปริมาณฟอสฟอรัสในแต่ละเดือนตลอดการทดลองมีค่าไม่คงที่เช่นกัน อาจเนื่องจากกิจกรรมต่างๆของบ้านที่ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงไป เช่นการซักผ้า การล้างจาน เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชน ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสไม่คงที่ในบางช่วง

ตารางที่ 4.3 อัตราภาระธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง

ธาตุอาหาร														
ไนโตรเจน (N) (mg)								ฟอสฟอรัส (P) (mg)						
ชุดการทดลอง								ชุดการทดลอง						
เดือน	1	2	3	4	5	6	น้ำประปา	1	2	3	4	5	6	น้ำประปา
มิ.ย.	1,079.4	826.0	553.0	434.0	330.4	171.8	0	76.0	60.05	43.25	39.2	5.8	5.8	0
ก.ค.	977.2	716.8	534.8	397.6	362.6	247.8	0	211.5	158.25	145.5	94.25	29.25	26.5	0
ส.ค.	932.4	663.6	558.6	410.2	393.4	201.0	0	100.0	78.0	67.0	38.5	22.0	15.5	0
ก.ย.	1,055.6	687.4	551.6	341.6	324.8	170.8	0	105.75	85.75	66.0	50.5	22.0	21.75	0
รวม	4,044.6	2,893.8	2,198.0	1,583.4	1,411.2	791.4	0	493.25	382.05	321.75	222.45	79.05	69.55	0

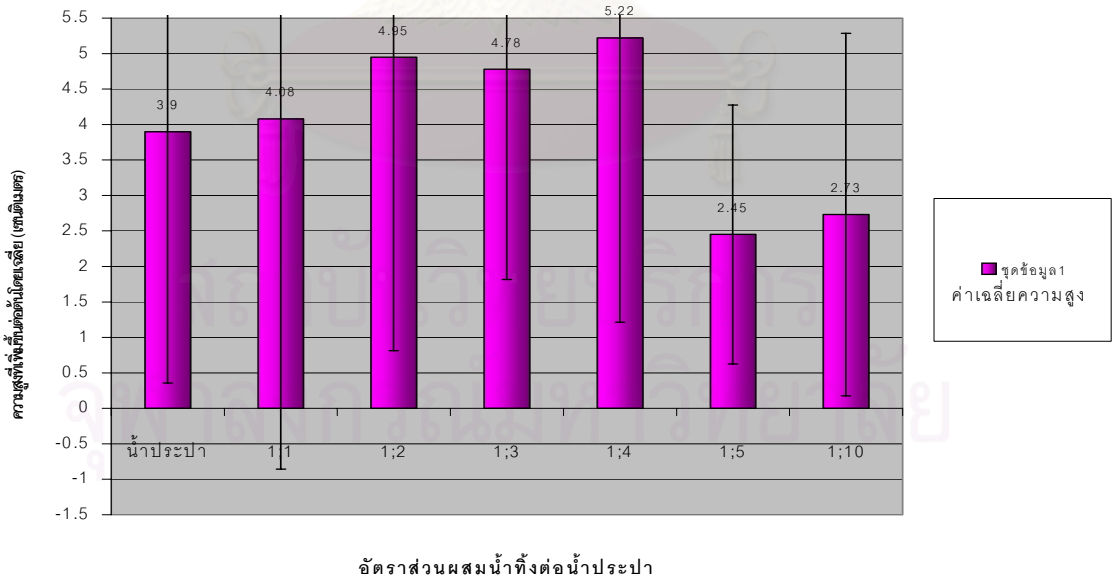
4.2 ผลของการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช อันได้แก่ ธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ซึ่งพืชสามารถดูดดึงธาตุอาหารหลักดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้ ด้วยวิธีการแอคทีฟทรานสปอร์ต (Active transport) ที่อาศัยพลังงานจากกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้พืชสามารถนำธาตุอาหารต่างๆไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (รื่นฤดี ศรีสุนทร ,2533) โดยพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่แตกต่างกันไป ดังนั้นหากพืชได้รับปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการก็จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างปกติ ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า พืชทดลองทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เตยหอม เฮลิโคเนีย และลิ้นมังกร สามารถทนต่อน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองได้ โดย พืชทั้ง 3 ชนิด ที่รดด้วยน้ำทิ้งในทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งในด้านความสูง จำนวนใบ จำนวนดอก ตลอดจนจำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตของพืชทดลองในแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ตามกายวิภาคของพืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดซึ่งจะแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดจะตอบสนองต่อภาระธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกัน โดยสามารถแยกตามชนิดของพืชได้ดังนี้

4.2.1 ต้นเตยหอม

4.2.1.1. ความสูง

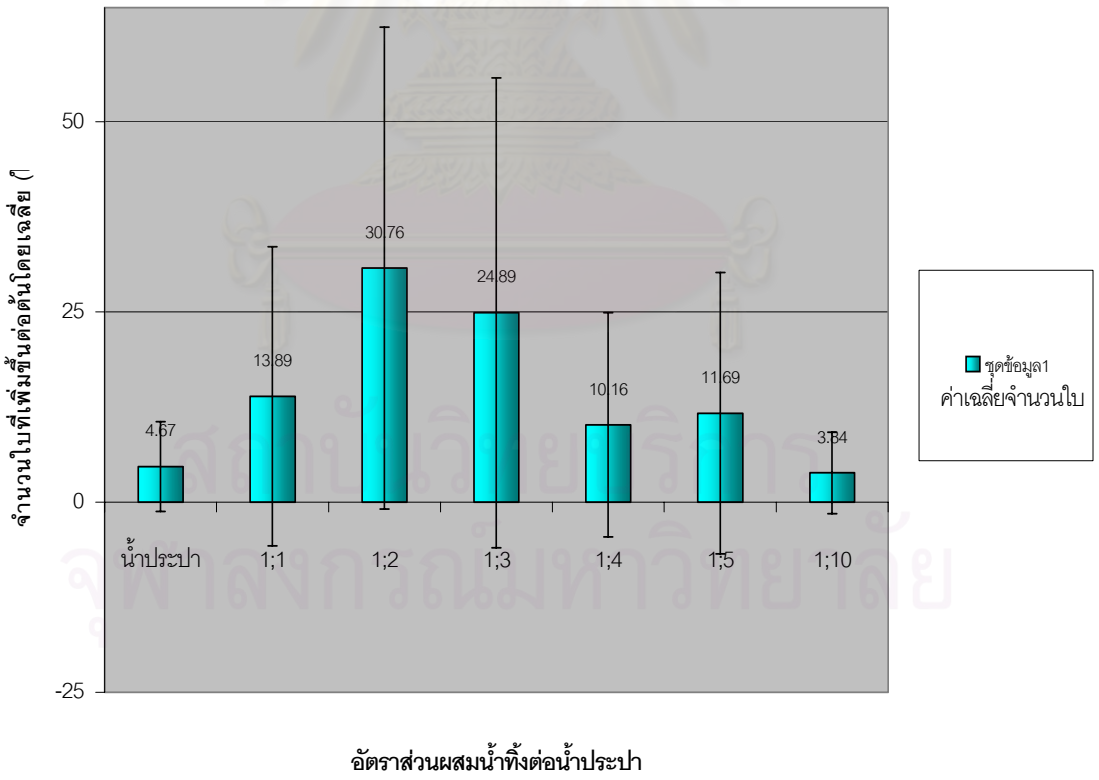
เมื่อพิจารณาความสูงที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำประปา (ชุดควบคุม) ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 มีผลต่อการเพิ่มความสูงของเตยหอมได้ดีกว่าน้ำประปา โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 (อัตราส่วน 1:4) ทำให้เตยหอมมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน 1:2) 3 (อัตราส่วน 1:3) และ 1(อัตราส่วน1:1) ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 (อัตราส่วน 1:5) และ 6(อัตราส่วน 1:10) มีผลต่อการเพิ่มความสูงของเตยหอมต่ำกว่าน้ำประปา (แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำประปา)(ดังแสดงในรูปที่ 4.8) ซึ่งเมื่อทำการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความสูงของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองกับน้ำประปา ที่มีเงื่อนไขการทดลองเดียวกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองสามารถนำมาใช้รดเตยหอมแทนน้ำประปาได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ โชคชัย และคณะ (2544) ที่พบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนสามารถนำมาใช้ปลูกพืชแทนน้ำธรรมชาติได้ โดยให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากน้ำธรรมชาติ (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) แต่จากผลการทดสอบทางสถิติยังพบอีกว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 ให้ผลแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยแนวโน้มค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมจะสูงสุดในช่วงชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 และเริ่มลดลงในชุดการทดลองที่ 5 และ 6



รูปที่ 4.8 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลองหมายเหตุ:ค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองที่นำมาสร้างกราฟของทุกพารามิเตอร์เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากพืชทดลองจำนวน 5 ต้นต่อชุดการทดลอง และเก็บข้อมูลจำนวน 9 ครั้ง

4.2.1.2 จำนวนใบ

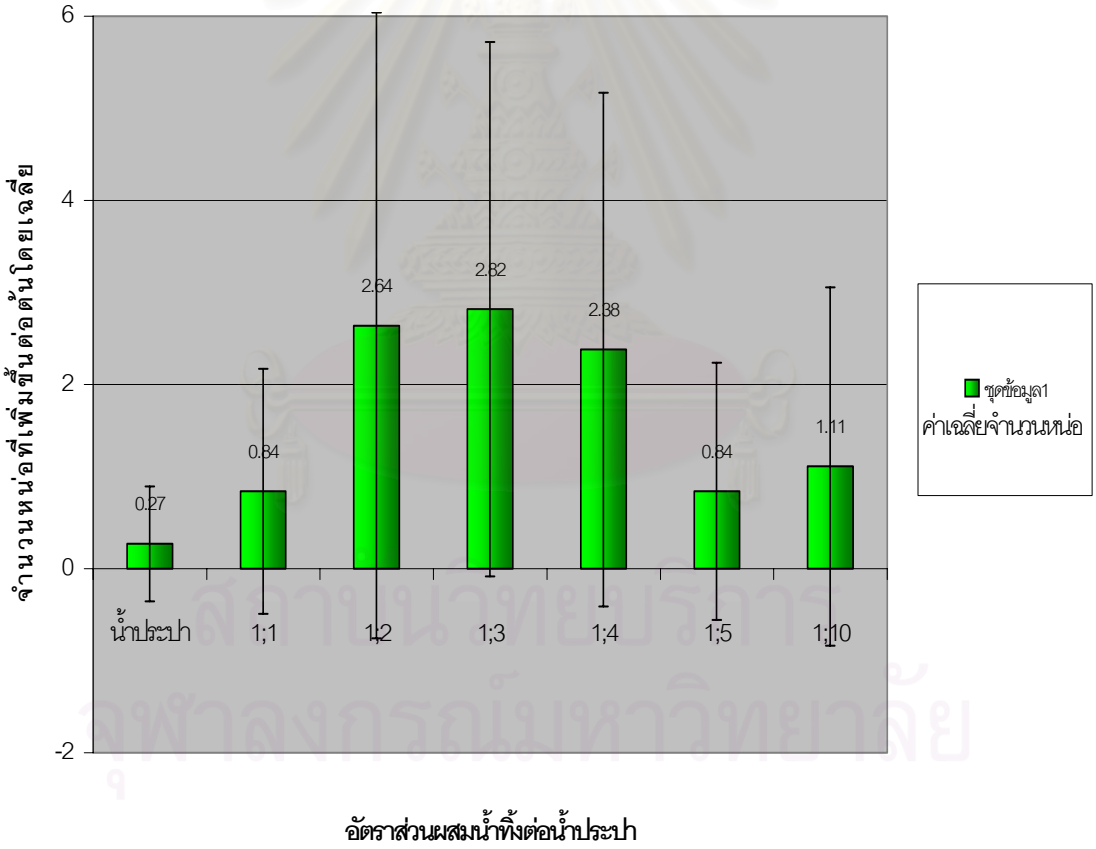
เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มจำนวนใบของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งกับน้ำประปา พบว่า น้ำทิ้งทุกชุดการทดลอง มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของเตยหอมมากกว่าน้ำประปา ยกเว้นน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 6 ที่ให้จำนวนใบน้อยกว่าน้ำประปา (แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันกับน้ำประปา) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 1 4 และ 5 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.9) และผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าการเพิ่มจำนวนใบของเตยหอมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 4 5 6 และ 7 (น้ำประปา) กับ กลุ่มเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 แต่ภายในกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนใบสูงกว่า เตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 4 5 6 และ น้ำประปา (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแตกต่างจากน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.9 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.1.3 จำนวนหน่อ

ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งทุกชุดการทดลองมีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อของเตยหอมได้ดีกว่าน้ำประปา โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 3 มีผลให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 4 6 1 และ 5 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.10) และจากผลการทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบจำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 5 6 และ น้ำประปา กับกลุ่มเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 แต่ภายในกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 มีแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนหน่อสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 5 6 และ น้ำประปา (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) ดังนั้นสรุปได้ว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อแตกต่างจากน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.10 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของเตยหอมในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.1.4 ผลของภาระธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นเตยหอม

จากผลการวิจัยข้างต้น พบว่าภาระธาตุอาหารทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของเตยหอมในด้านความสูง จำนวนใบ และจำนวนหน่อ โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน1:1) ถึง 4 (อัตราส่วน1:4) มีผลต่อการเพิ่มความสูง ในขณะที่น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน1:2) ถึง 3 (อัตราส่วน1:3) และ ชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน1:2) ถึง 4 (อัตราส่วน1:4) จะมีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบและหน่อ ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มจำนวนใบและจำนวนหน่อนั้นจะมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าจำนวนใบเพิ่ม จำนวนหน่อก็จะเพิ่มเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากภาระธาตุอาหารทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีในน้ำทิ้งของชุดการทดลองดังกล่าวมีปริมาณอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อความต้องการของเตยหอม ซึ่งจากผลการวิจัยยังพบอีกว่า หากเตยหอมได้รับธาตุอาหารที่มากเกินไปก็จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังเช่นเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 และหากได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าช่วงนี้ก็จะส่งผลให้เตยหอมมีการเจริญเติบโตลดลงเช่นกัน ดังเช่นเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 (ดังรายละเอียดที่แสดงในหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4) โดยธาตุอาหารข้างต้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยไนโตรเจนนั้นเป็นตัวสร้างโปรตีนให้แก่พืช ด้วยการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่พืชได้รับจากการสังเคราะห์แสงไปเป็นโปรตีน ซึ่งโปรตีนที่ได้นี้มีความจำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ และนอกจากนี้ยังพบว่าไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเอง เช่น ออกซิน (Auxin) ที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชในด้านการแบ่งเซลล์และเร่งการขยายขนาดเซลล์ ดังนั้นจึงทำให้ไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนฟอสฟอรัสนั้นพบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากในช่วงระยะแรกและจะลดลงตามลำดับเมื่อพืชแก่ (Barry และ Miller , 1989)

4.2.1.5 ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมในการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรในกรณีของต้นเตยหอม

ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเตยหอมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 395.9 -1,011.2 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 55.6- 123.3 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสที่ให้กับพืชเท่ากับ 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเพิ่มความสูงของเตยหอม ส่วนการเพิ่มจำนวนใบจะเหมาะสมกับน้ำทิ้งในช่วงชุดการทดลองที่ 2 ถึง 3 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 549.5-723.5 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ คิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 4.6-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 80.44-95.51 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.7-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และการเพิ่มจำนวนหน่อเหมาะสมกับช่วงชุดการทดลองที่ 2 ถึง 4 มีความเข้มข้น

ของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 395.85-549.5 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 3.3-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 55.61-95.51 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.2-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเตยหอม

อัตราส่วนการเจือจางน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
อัตราการเจริญเติบโตความสูง							
จำนวนใบ							
จำนวนหน่อ							

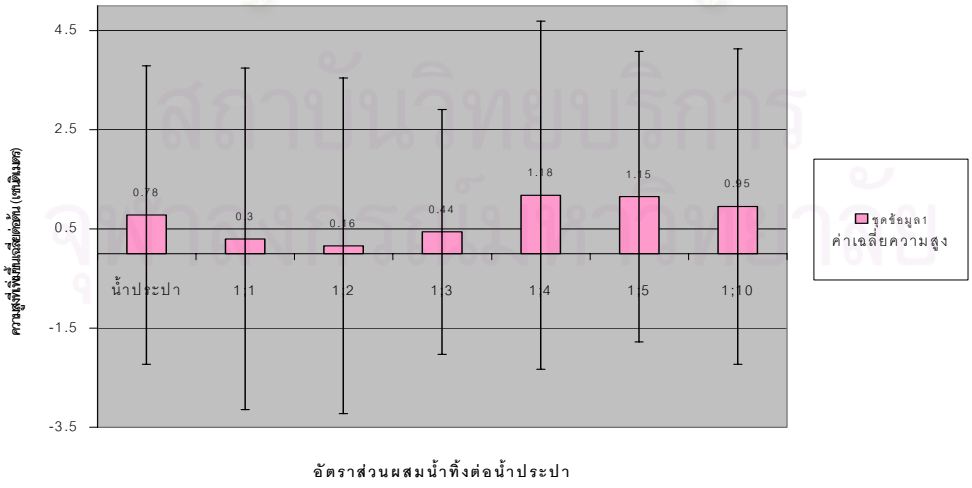
จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนการเจือจางน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเตยหอมอยู่ในช่วงอัตราการเจือจางน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน 1:2) ถึงชุดการทดลองที่ 3 (อัตราส่วน 1:3) หรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 4.6-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.7-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีผลดีต่อการเจริญเติบโตของเตยหอมในทุกด้านไม่ว่าจะเป็นความสูง จำนวนใบ รวมถึงจำนวนหน่อ ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้ในการปลูกเตยหอมเพื่อส่งขายเป็นไม้ประดับ ควรให้น้ำทิ้งหรือปุ๋ยให้มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบและหน่อซึ่งควรจะเจือจางให้อยู่ในช่วงดังกล่าว จะทำให้ได้ผลผลิตดีที่สุดตรงต่อความต้องการของตลาดและไม่สิ้นเปลืองงบประมาณ

4.2.2 ต้นเฮลิโคเนีย

4.2.2.1 ความสูง

เมื่อพิจารณาความสูงที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำประปา (ชุดควบคุม) ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 ถึง 6 มีผลต่อการเพิ่มความสูงของเฮลิโคเนียได้ดีกว่าน้ำประปา โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 (อัตราส่วน1:4)

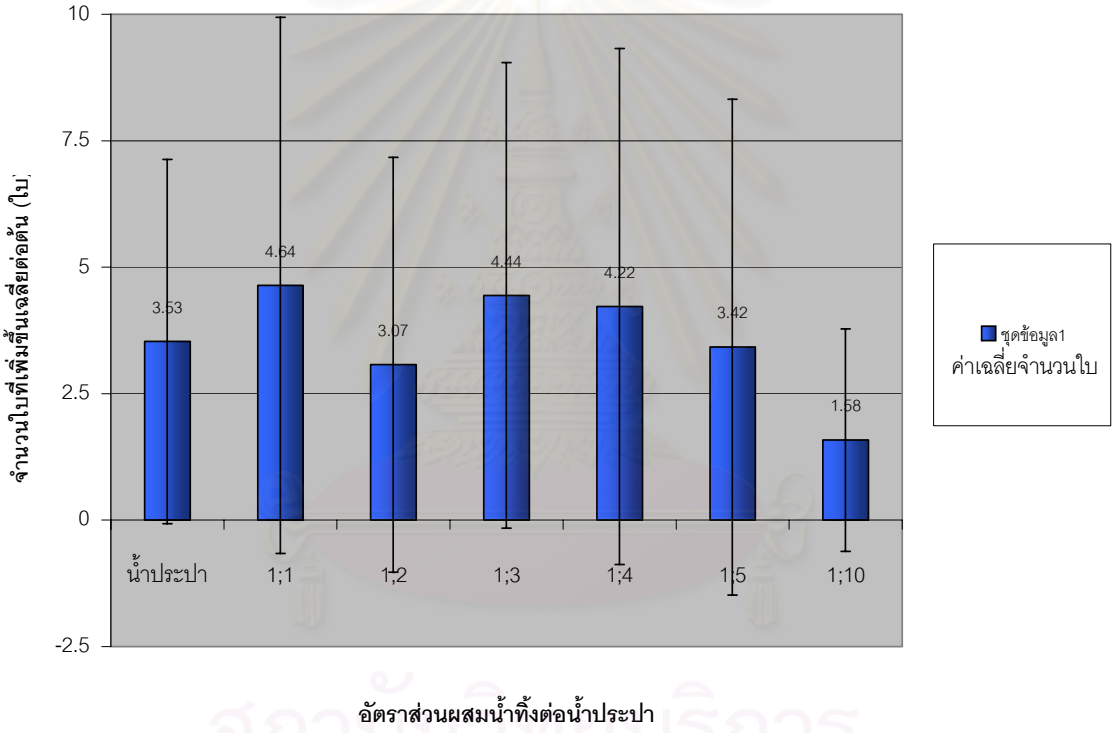
ทำให้เฮลิโคเนียมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 5 (อัตราส่วน 1:5) และ 6(อัตราส่วน1:10) ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน 1:1) 2 (อัตราส่วน 1:2) และ 3 (อัตราส่วน 1:3) มีผลต่อการเพิ่มความสูงของเฮลิโคเนียต่ำกว่าน้ำประปา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีความเข้มข้นของธาตุอาหารมากเกินความต้องการของพืช หรืออาจมาจากความคลาดเคลื่อนของตัวอย่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำประปา (ดังแสดงในรูปที่ 4.11) ซึ่งความสูงของเฮลิโคเนียจะเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกและเริ่มลดลงในเดือนที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเฮลิโคเนียมีการแทงหน่อใหม่เกิดขึ้นได้ในระยะหนึ่ง ต้นเก่าจะตายลงทำให้ความสูงที่วัดได้ลดลง เมื่อทำการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความสูงที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งกับน้ำประปา (ชุดควบคุม) ซึ่งต่างมีเงื่อนไขการทดลองเดียวกัน พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียไม่แตกต่างจากน้ำประปา นั่นหมายถึง น้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองสามารถนำมาใช้รดเฮลิโคเนียแทนน้ำประปาได้ โดยให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นไม่ต่างจากน้ำประปา (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของเสนีย์ กาญจนวงศ์ (2545) ที่ทำการศึกษาการนำน้ำทิ้ง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำเสีย (Raw wastewater) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment Effluent) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอเอส (Activated Sludge) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเติมอากาศ (Aerated Lagoon) เพื่อใช้ในการเกษตรสำหรับพืช 4 ชนิด คือ ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ เปรียบเทียบกับน้ำธรรมชาติจากคลองชลประทาน พบว่า ความสูงของพืชทั้ง 4 ชนิด ที่รดด้วยน้ำทิ้งทั้ง 4 ประเภทเปรียบเทียบกับน้ำจากคลองชลประทานให้ความสูงที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ น้ำทิ้งทั้ง 4 ประเภทสามารถนำมาใช้ในการเกษตรแทนน้ำจากคลองชลประทานได้



รูปที่ 4.11 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.2.2 จำนวนใบ

เมื่อพิจารณาการเพิ่มจำนวนใบของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำประปา พบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 3 และ 4 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของเฮลิโคเนียมากกว่าน้ำประปา ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 5 และ 6 มีผลต่อการให้จำนวนใบน้อยกว่าน้ำประปา (อาจเนื่องมาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.12) และผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าการเพิ่มจำนวนใบของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำประปาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) ดังนั้นสรุปได้ว่าน้ำทิ้งไม่มีส่วนช่วยในการเพิ่มจำนวนใบของเฮลิโคเนียอย่างชัดเจน

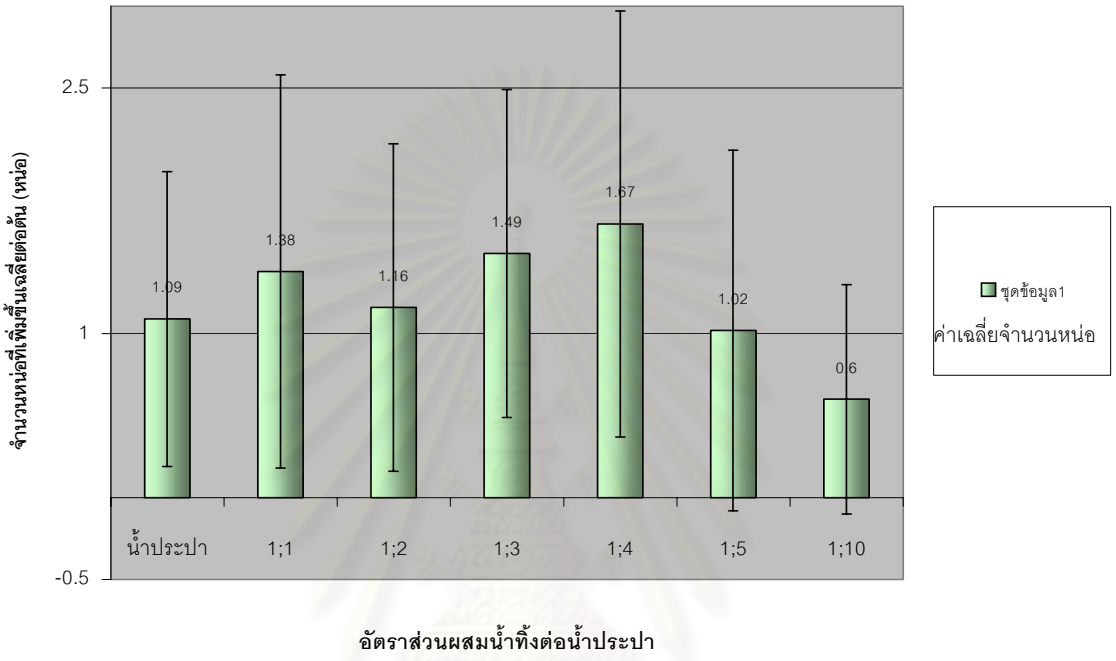


รูปที่ 4.12 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.2.3 จำนวนหน่อ

ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อของเฮลิโคเนียได้ดีกว่าน้ำประปา ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มีผลให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นน้อยกว่าน้ำประปา (แต่เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำประปา) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 มีผลให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 1 และ 2 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.13) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติเพื่อพิจารณาการเพิ่ม

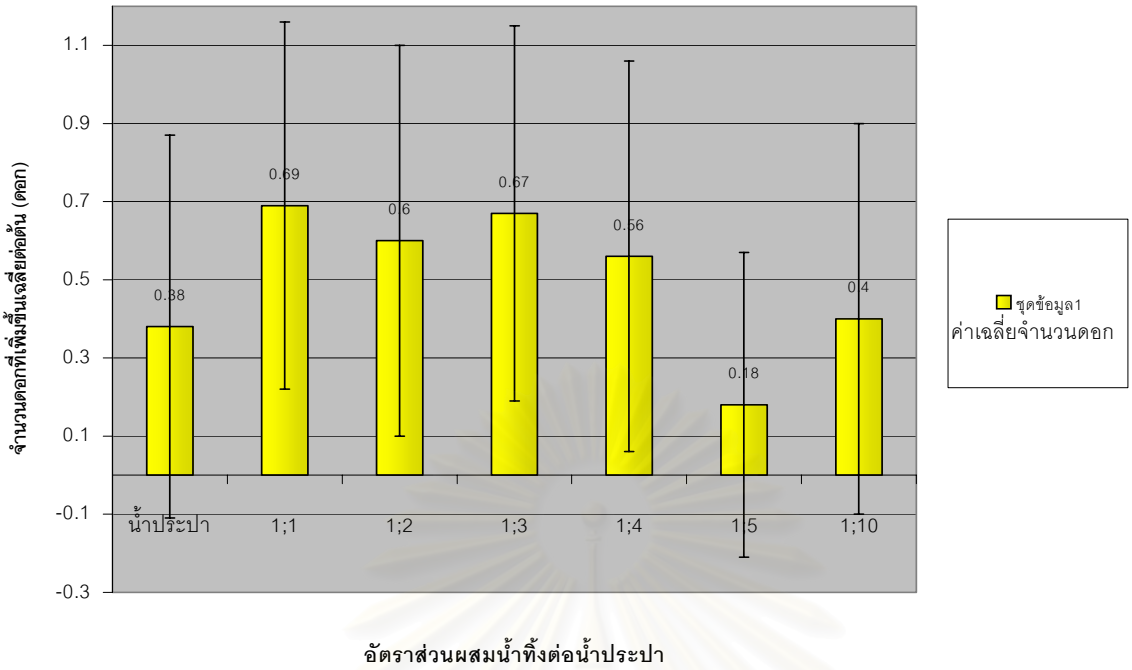
จำนวนหน่อของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำประปาพบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 และ 6 มีความแตกต่างกับน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อสูงกว่าน้ำประปา ส่วนชุดการทดลองที่ 6 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อต่ำกว่าน้ำประปา



รูปที่ 4.13 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.2.4 จำนวนดอก

เมื่อพิจารณาการเพิ่มจำนวนดอกของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำประปา พบว่า น้ำทิ้งทุกชุดการทดลองมีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกของเฮลิโคเนียได้ดีกว่าน้ำประปา ยกเว้นน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 ที่มีจำนวนดอกเพิ่มขึ้นน้อยกว่าน้ำประปา (อาจมาจากปัจจัยด้านแสงที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกดอกโดยพืชอาจได้รับไม่เท่ากันเนื่องจากในการปฏิบัติจริงแสงเป็นปัจจัยที่ควบคุมยากดังนั้นจึงอาจส่งผลให้ชุดที่ 5 มีดอกน้อยกว่าน้ำประปา) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 มีผลให้จำนวนดอกเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 2 4 และ 6 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.14) จากผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า จำนวนดอกที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 5 แตกต่างจากที่รดด้วยน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกสูงกว่าน้ำประปา ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกต่ำกว่าน้ำประปา



รูปที่ 4.14 จำนวนดอกที่เพิ่มขึ้นของเฮลิโคเนียในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.2.4 ผลของภาระธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นเฮลิโคเนีย

จากผลการวิจัยข้างต้น พบว่าภาระธาตุอาหารทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียในด้านความสูง จำนวนใบ จำนวนดอก และจำนวนหน่อ โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 (อัตราส่วน 1:4) ถึง 6 (อัตราส่วน 1:10) มีผลต่อการเพิ่มความสูงแต่ไม่เด่นชัด และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1(อัตราส่วน 1:1) 3 (อัตราส่วน 1:3) และ 4 (อัตราส่วน 1:4) มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแต่ไม่เด่นชัดเช่นกัน ส่วนชุดการทดลองที่ 4 (อัตราส่วน 1:4) มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่ออย่างมีนัยสำคัญ และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1(อัตราส่วน 1:1) ถึง 3 (อัตราส่วน 1:3) มีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าหากเฮลิโคเนียได้รับธาตุอาหารในปริมาณสูง ดังเช่นในช่วงชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 จะส่งผลให้เฮลิโคเนียไม่สูงเท่าที่ควร และหากได้รับธาตุอาหารน้อย คืออยู่ในช่วงชุดการทดลองที่ 5 และ 6 จะส่งผลให้มีจำนวนใบและจำนวนหน่อเพิ่มขึ้นน้อย (ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4) ทั้งนี้นอกจากบทบาทของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตแล้ว ยังมีอิทธิพลมาจากฮอร์โมนพืช อันได้แก่ ฮอร์โมนไซโทไคนิน ที่มีหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การเจริญของกิ่งใบและลำต้น (Davies, 1995) ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบ และ ฮอร์โมนออกซิน กับไซโทไคนินซึ่งมีหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการขยายตัวของเซลล์ และควบคุมการแตกของราก ดังนั้นถึงแม้ว่าพืชจะได้รับธาตุอาหารที่จำเป็น

ต่อการเจริญเติบโตในปริมาณที่เพียงพอแล้วแต่มีระดับของฮอร์โมนไม่เหมาะสมก็จะส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ (Bidwell, 1979) ส่วนการเพิ่มจำนวนดอกนั้นนอกจากธาตุอาหารแล้วยังมีอิทธิพลจากฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (Gibberellins) รวมถึงปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการออกดอกของพืช เช่น อายุของพืชและโฟโตเพอริโอดิซึม (Photoperiodism) ซึ่งหมายถึงปรากฏการณ์ที่พืชมีการตอบสนองต่อช่วงเวลาที่ได้รับแสงในการส่งเสริมการออกดอก โดยในทางสรีรวิทยาพืชนั้นหมายถึง ช่วงแสงวิกฤต (Critical Day Length) ที่เป็นตัวกำหนดการออกดอก ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป (Devlin, 1979)

4.2.2.5 ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมในการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรในกรณีของต้นเฮลิโคเนีย

ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 ถึง 6 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 197.85-395.85 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 1.6-3.3 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 17.39-55.61 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.1-0.5 มิลลิกรัม/ต้น/วัน จะมีผลต่อการเพิ่มความสูงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 3 และ 4 ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 395.85-1,011.15 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 55.61-123.31 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่ออย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 ก็มีผลต่อการเพิ่มหน่อสูงกว่าน้ำประปาแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในการเพิ่มจำนวนดอกนั้นพบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการปลูกเฮลิโคเนียเพื่อการตัดดอก นอกจากจะควบคุมให้พืชมีระดับฮอร์โมนให้เหมาะสมและจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการออกดอกแล้ว ยังควรให้ปุ๋ยหรือน้ำทิ้งในช่วงดังกล่าวก็เพียงพอต่อความต้องการของพืชสำหรับการออกดอกของเฮลิโคเนีย ควรหลีกเลี่ยงการให้ในปริมาณมากหรือน้อยเกินไปเพราะหากได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้พืชมีการแตกใบอ่อนแทนการแตกช่อดอก ซึ่งเป็นผลให้จำนวนดอกไม่มากเท่าที่ควร (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย

อัตราส่วนการเจือจางน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
อัตราการเจริญเติบโตความสูง							
จำนวนใบ							
จำนวนหน่อ							
จำนวนดอก							

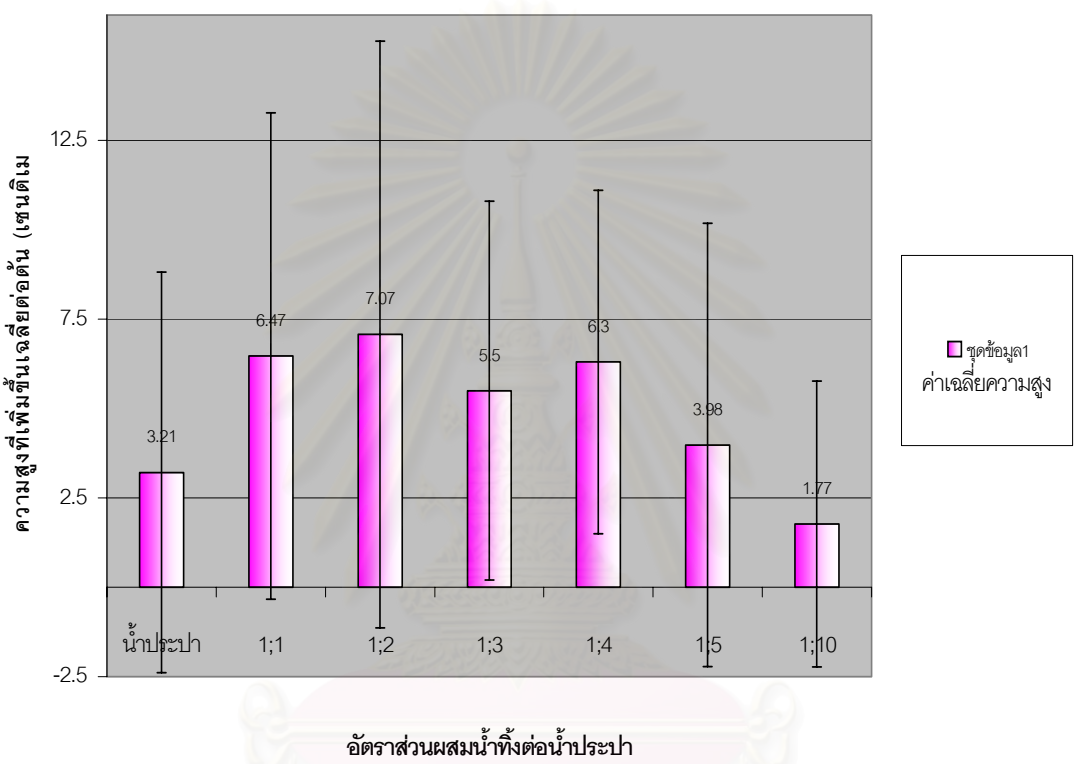
จากตารางที่ 4.5 สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนการเจือจางน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียอยู่ในช่วงอัตราการเจือจางน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 4 (อัตราส่วน 1:4) หรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนเท่ากับ 3.3 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัม/ต้น/วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีผลดีต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนียในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นความสูง จำนวนใบ จำนวนดอกรวมถึงจำนวนหน่อ แต่หากเกษตรกรต้องการนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้ในการปลูกเฮลิโคเนียเพื่อส่งขายควรจะให้น้ำทิ้งหรือปุ๋ยเพื่อเร่งการออกดอกและหน่อจึงควรจะเจือจางให้อยู่ในช่วงชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 หรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และภาระฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วันจะทำให้ได้ผลผลิตดีที่สุดและตรงต่อความต้องการของตลาด

4.2.3. ลิ้นมังกร

4.2.3.1 ความสูง

เมื่อพิจารณาความสูงที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำประปา (ชุดควบคุม) ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งทุกชุดการทดลองมีผลต่อการเพิ่มความสูงของลิ้นมังกรได้ดีกว่าน้ำประปา ยกเว้นชุดการทดลองที่ 6 (อัตราส่วน 1:10) ซึ่งมีความสูงที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าน้ำประปา (แต่เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำประปา) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน1:2) มีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ (อัตราส่วน 1:1) 4 (อัตราส่วน1:4) 3 (อัตราส่วน 1:3) และ 5 (อัตราส่วน 1:5)

(ดังแสดงในรูปที่ 4.15) ซึ่งเมื่อทำการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความสูงที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งกับน้ำประปา (ชุดควบคุม) ซึ่งต่างมีเงื่อนไขการทดลองเดียวกัน พบว่า ลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 4 มีความแตกต่างกับที่รดด้วยน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) ดังนั้นสรุปได้ว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 4 มีผลต่อการเพิ่มความสูงของลิ้นมังกรสูงกว่าน้ำประปาเช่นกันแต่ไม่มีนัยสำคัญ

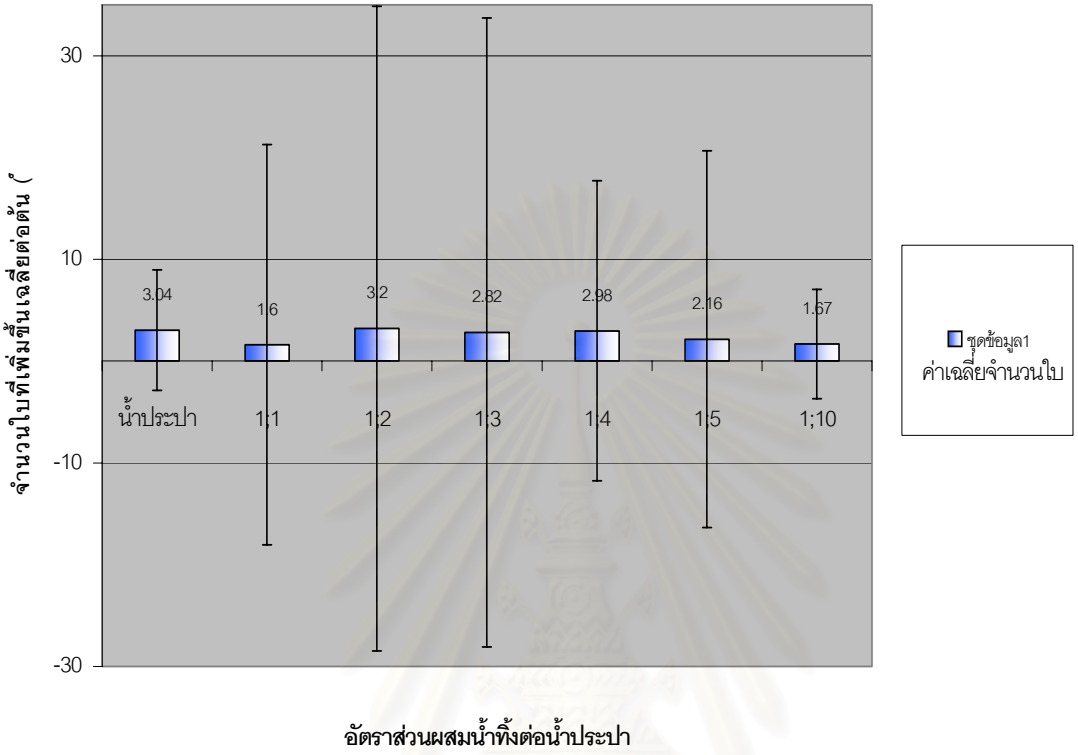


รูปที่ 4.15 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.3.2 จำนวนใบ

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งกับน้ำประปา พบว่าน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองมีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของลิ้นมังกรต่ำกว่าน้ำประปา (ทั้งนี้เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำประปา) มีเพียงน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 เท่านั้นที่มีผลต่อการให้จำนวนใบมากกว่าน้ำประปา (ดังแสดงในรูปที่ 4.16) และผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าการเพิ่มจำนวนใบของลิ้นมังกรมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 3 4 และ น้ำประปา กับ กลุ่มที่รด

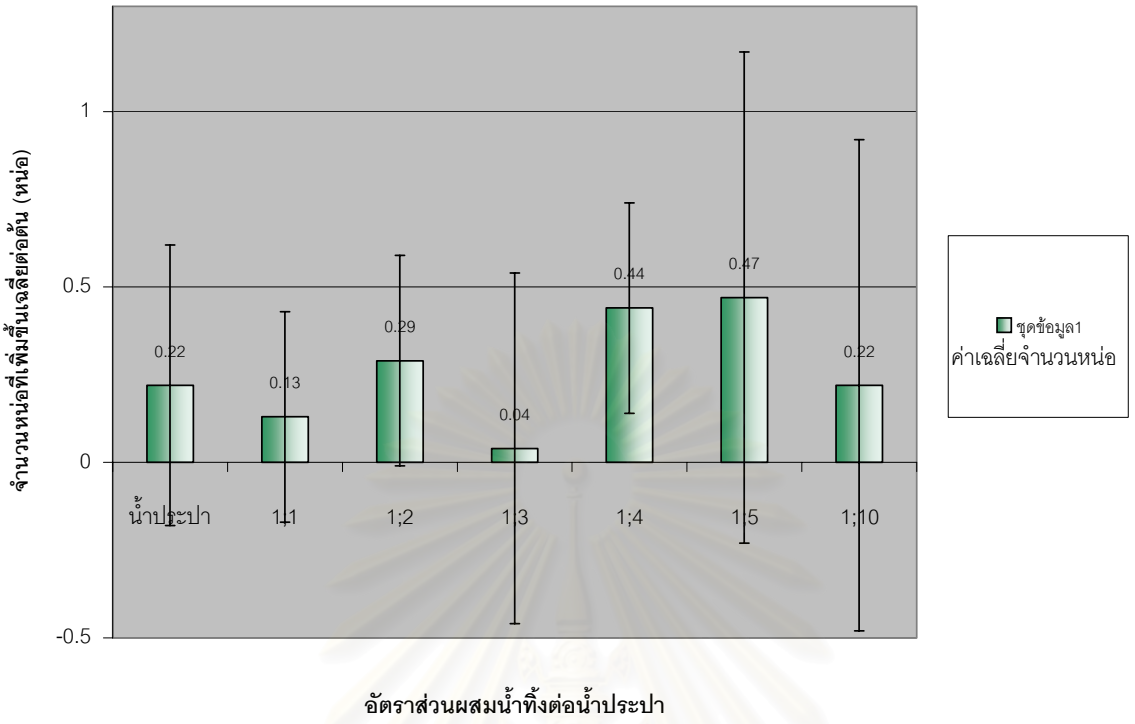
ด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 5 และ 6แต่ภายในกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มแรกมีแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนใบสูงกว่า (ดังแสดงในตารางที่ ง-11)



รูปที่ 4.16 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.3.3 จำนวนหน่อ

ผลการวิจัยพบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 3 5 และ 6 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อของลิ้นมังกรได้ดีกว่าน้ำประปา ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 4 มีผลให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นน้อยกว่าน้ำประปา (เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าใกล้เคียงกับน้ำประปา) โดยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 6 มีผลให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 5 และ 3 ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.17) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติเพื่อพิจารณาการเพิ่มจำนวนหน่อของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำประปาพบว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มีความแตกต่างกับน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ ง-11) สรุปได้ว่าน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มีผลต่อการเพิ่มหน่อสูงกว่าน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.17 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นของลิ้นมังกรในแต่ละชุดการทดลอง

4.2.3.6 ผลของภาระธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นลิ้นมังกร

จากผลการวิจัยข้างต้น พบว่าภาระธาตุอาหารทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลิ้นมังกรในด้านความสูง จำนวนใบ และจำนวนหน่อ โดยน้ำทิ้งชุดการทดลองที่ 1 (อัตราส่วน 1:1) 2 (อัตราส่วน 1:2) และ4 (อัตราส่วน 1:4) มีผลต่อการเพิ่มความสูงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน 1:2) ถึง 4 (อัตราส่วน 1:4) มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแต่ไม่มีผลอย่างเด่นชัด ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 (อัตราส่วน 1:5) และ 6 (อัตราส่วน 1:10) มีผลต่อการเพิ่มหน่ออย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า หากลิ้นมังกรได้รับธาตุอาหารที่น้อยมากจะส่งผลให้ลิ้นมังกรไม่ค่อยสูงเท่าที่ควรแต่จะให้หน่อมาก และหากได้รับธาตุอาหารในปริมาณมาก ดังเช่นในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 จะส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่อลดลง (ดังแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 4.3 และ4.4) ทั้งนี้ได้อธิบายเหตุผลไว้แล้วในเตยหอมและเฮลิโคเนีย

4.2.3.7 ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมในการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรในกรณีของต้นลิ้นมังกร

ภาระธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลิ้นมังกรทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่า น้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 4 ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง

395.85-1,011.15 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 55.61-123.31มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน มีผลต่อการเพิ่มความสูง ส่วนน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 2 ถึง 4 ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งเท่ากับ 395.85 -723.45 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 3.3-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งเท่ากับ 55.61-95.51มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็นภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.5-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน มีผลต่อการเพิ่มจำนวนใบแต่ไม่เด่นชัด ส่วนการเพิ่มหน่อจะเหมาะสมกับน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 แต่ผลของภาระธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งไม่ส่งผลเด่นชัดต่อการเจริญเติบโตของลิ้นมังกร ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของลิ้นมังกร

อัตราส่วนการเจือจางน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
อัตราการเจริญเติบโตความสูง							
จำนวนใบ							
จำนวนหน่อ							

จากตารางที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่าน้ำทิ้งทุกอัตราส่วนผสมสามารถนำมารดลิ้นมังกรแทนน้ำประปาได้ ซึ่งพบว่ามีส่วนช่วยทำให้ความสูงของลิ้นมังกรเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ที่อัตราส่วนผสม 1:1 ถึง 1:4 แต่ไม่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตด้านการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบอย่างเด่นชัด ส่วนอัตราส่วนผสม1:5 และ1:10 มีผลต่อการเพิ่มจำนวนหน่ออย่างเด่นชัด แต่เนื่องจากไม้ประดับประเภทลิ้นมังกรนี้จะพิจารณาการเจริญเติบโตจากการเพิ่มของจำนวนใบเป็นประการสำคัญ ดังนั้นจึงแนะนำว่าไม่ควรนำน้ำทิ้งมาประยุกต์ใช้กับลิ้นมังกรเพราะธาตุอาหารไม่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของลิ้นมังกร ทั้งนี้นอกจากธาตุอาหารแล้วยังอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตดังที่อธิบายในเตยหอมและเฮลิโคเนีย

4.3 ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีต่อพืชทดลอง

น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองมีผลกระทบต่อพืชในด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร จากผลการวิจัย พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เตยหอม เฮลิโคเนีย

และลิ้นมังกร ก่อนและหลังรดด้วยน้ำทิ้งมีการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยก่อนการทดลองเตยหอมที่ทำการสุ่มจากทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับ 11,143 และ 597 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฮลิโคเนียมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับ 8,509 และ 399 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนลิ้นมังกรมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับ 14,190 และ 3,130 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่หลังการทดลอง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารไป ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจนในพืชทดลอง

ชนิดพืชทดลอง						
อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	เตยหอม		เฮลิโคเนีย		ลิ้นมังกร	
	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)
1:1	24,475	119.64	25,304	197.38	26,526	86.93
1:2	20,493	83.91	25,143	195.49	26,202	84.65
1:3	19,431	74.38	21,037	147.23	19,557	37.82
1:4	15,195	36.36	20,008	135.14	16,416	15.69
1:5	14,871	33.46	19,703	131.55	15,442	8.82
1:10	14,089	26.44	18,770	120.59	14,420	1.62
ชุดควบคุม (น้ำประปา)	10,741	-3.61	18,766	120.54	10,735	-24.35

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (-) แทนการลดลงของปริมาณไนโตรเจน

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารฟอสฟอรัสในพืชทดลอง

ชนิดพืชทดลอง						
อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	เตยหอม		เฮลิโคเนีย		ลิ้นมังกร	
	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)	หลังทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ผลต่าง (%)
1:1	2,947	393.63	3,396	751.13	4,867	55.50
1:2	2,643	342.71	3,349	739.35	3,744	19.62
1:3	2,598	335.18	3,347	738.85	3,644	16.42
1:4	2,498	318.43	3,049	664.16	3,449	10.19
1:5	2,499	318.59	2,946	638.35	3,298	5.37
1:10	2,395	301.17	1,899	375.94	3,197	2.14
ชุดควบคุม (น้ำประปา)	2,231	273.70	1,649	313.28	2,691	-14.03

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (-) แทนการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัส

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันไป โดยก่อนการรดด้วยน้ำทิ้ง เตยหอมมีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือ ลิ้นมังกร และเฮลิโคเนีย ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสนั้นพบว่ามีในลิ้นมังกรมากที่สุด รองลงมาคือ เตยหอมและ เฮลิโคเนีย แต่หลังจากรดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองแล้ว พบว่าปริมาณธาตุอาหารในพืชเปลี่ยนแปลงไป ดังต่อไปนี้

4.3.1. เตยหอม

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่วนเตยหอมที่รดด้วยน้ำประปานั้นมีปริมาณไนโตรเจนลดลง แต่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในเตยหอมนี้สอดคล้องกับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งแต่ละชุดการทดลอง กล่าวคือ เตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงจะมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในพืชสูงตามไปด้วย ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวในพืชนั้นเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารจากน้ำทิ้งและดินที่พืชดูดดึงไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ส่วนการลดลงของปริมาณไนโตรเจนในเตยหอมที่รดด้วยน้ำประปานั้น อาจเป็นผลมาจากน้ำประปาไม่มีธาตุอาหารจึงทำให้พืชได้รับธาตุอาหารจากดินเพียงแหล่งเดียว ซึ่งเมื่อพืชดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้เป็นเวลานานก็ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารในพืชลดลงเช่นกัน ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในพืชนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช หากมีธาตุอาหารอยู่ในปริมาณที่เกินหรือน้อยกว่าความต้องการของพืช ก็จะทำให้พืชเจริญเติบโตลดลงหรือให้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร ดังที่อธิบายมาแล้วในข้างต้น

4.3.2. เฮลิโคเนีย

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเฮลิโคเนียหลังรดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารของเตยหอม แตกต่างกันเพียงเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำประปาที่มีการเปลี่ยนแปลงธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเฮลิโคเนียได้รับธาตุอาหารดังกล่าวจากดินด้วยการดูดดึงของพืช

4.3.3. ลิ้นมังกร

ลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นไปในแนวเดียวกันกับเตยหอมและเฮลิโคเนีย กล่าวคือลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงจะมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงตามไปด้วย ส่วนลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำประปา พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลดลงจากเดิมทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชไม่ได้รับธาตุอาหารดังกล่าวเพิ่มเติมจากน้ำประปา แต่ได้รับธาตุอาหารจากดินเพียงแหล่งเดียว ทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลังเก็บเกี่ยวลดลง

4.4 ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีต่อดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองก่อนการรดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองมีลักษณะเป็นดินเหนียว (Clay) มีลักษณะเป็นกรดปานกลาง คือ มีค่าพีเอช (pH) อยู่ที่ 5.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter , OM) อยู่ในระดับสูง คือ 6.1 % มีค่าไนโตรเจนอยู่ที่ 2,350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก คือ อยู่ที่ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับสูง คืออยู่ที่ 4,080 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ หลังการรดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ดินที่สุ่มมาจากน้ำทิ้งในทุกชุดการทดลองมีค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือก่อนรดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลองอยู่ที่ 5.2 หลังการรดด้วยน้ำทิ้งมีค่าพีเอช อยู่ที่ 5.6 ซึ่งยังคงเป็นดินที่มีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของเสนีย์ กาญจนวงศ์ (2545) ที่พบว่าค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากปลูกพืชด้วยน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าพีเอชในดินจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะหลังของการเจริญเติบโตของพืช ค่าอินทรีย์วัตถุพบว่ามีค่าลดลงจากเดิมอยู่ที่ระดับ 6.1% มาเป็น 5.2% โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลงจากระดับ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหลือเพียง 440 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รวมถึงค่าแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีค่าลดลงจากก่อนรดด้วยน้ำทิ้งเช่นเดียวกัน โดยจากเดิมอยู่ที่ระดับ 4,080 และ 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มาอยู่ที่ระดับ 3,200 และ 560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของเสนีย์ กาญจนวงศ์ (2545) ที่พบว่าหลังการปลูกพืชทดลองด้วยน้ำทิ้งแล้วทำให้ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน รวมถึงค่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดต่ำลงทั้งหมด ทั้งนี้เป็นผลมาจากขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโตนั้นพืชต้องการธาตุอาหารเหล่านี้ที่มีอยู่ในดินมาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต (OscarVazquez-Montiel และคณะ, 1996) ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติทางเคมีของดิน	ก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง	หลังรดด้วยน้ำทิ้ง
pH	5.2	5.6
Soil Texture	Clay	Clay
Organic Matter ,OM (%)	6.1	5.2
Potassium (มิลลิกรัม/กก.)	800	440
Calcium (มิลลิกรัม/กก.)	4,080	3,200
Magnesium (มิลลิกรัม/กก.)	600	560

ส่วนปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน โดยเฉพาะ ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเช่นกัน กล่าวคือ ก่อนการรดด้วยน้ำทิ้ง ดินทุกชุดการทดลองมีค่าไนโตรเจนเท่ากับ 2,350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังจากรดด้วยน้ำทิ้ง พบว่า ดินที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1(อัตราส่วน 1:1) ถึง 4 (อัตราส่วน 1:4) มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารเช่นเดียวกับในพืช กล่าวคือ ดินที่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงจะมีการเพิ่มของธาตุอาหารในดินสูงตามไปด้วย ส่วนดินที่รดด้วยน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 (อัตราส่วน1:5) และ 6 (อัตราส่วน 1:10) มีปริมาณธาตุไนโตรเจนลดลงเช่นเดียวกับดินที่รดด้วยน้ำประปา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.10 ทั้งนี้การลดลงของปริมาณไนโตรเจนในดินอาจเกิดจากการดูดดึงของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนไปอยู่ในรูปของก๊าซ ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในสภาพการถ่ายเทอากาศไม่ดี (Reddy and Patrick, 1980) นอกจากการเปลี่ยนแปลงของธาตุไนโตรเจนแล้ว ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินหลังการทดลองก็เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน โดยก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง ดินทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 935 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่หลังรดด้วยน้ำทิ้งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงไปในแนวเดียวกันกับไนโตรเจน กล่าวคือปริมาณฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำทิ้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสอาจมาจากการได้รับสารประกอบฟอสเฟตจากน้ำทิ้ง ส่วนดินที่รดด้วยน้ำประปามีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลายของเศษซากใบไม้ส่วนดินชุดควบคุมซึ่งไม่มีการปลูกพืช ก็มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเช่นกัน โดยมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับดินที่ปลูกพืช ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.11 ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินนี้ สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น และยังสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในพืชเช่นกัน นั่นคือ ถ้าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินมีสูงก็จะทำให้ปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวที่มีอยู่ในพืชสูงตามไปด้วย เนื่องจากพืชมีการดูดดึงธาตุอาหารจากดินไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ปริมาณธาตุอาหารที่มีในดินที่ใช้ในการทดลอง

ชุดการทดลองที่	ปริมาณธาตุอาหารในดิน			
	N(มิลลิกรัม/กก.)		Available P (มิลลิกรัม/กก.)	
	หลังรด	ผลต่าง (%)	หลังรด	ผลต่าง (%)
1 (อัตราส่วน 1:1)	2,853	21.40	2,404.46	157.16
2 (อัตราส่วน 1:2)	2,795	18.94	2,286.93	144.59
3 (อัตราส่วน 1:3)	2,572	9.45	1,955.70	109.17
4 (อัตราส่วน 1:4)	2,352	0.09	1,899.35	103.14
5 (อัตราส่วน 1:5)	2,183	-7.11	1,858.06	98.72
6 (อัตราส่วน 1:10)	1,844	-21.53	1,790.08	91.45
7 (น้ำประปา)	1,736	-26.13	1,050.00	12.30

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (-) แทนการลดลงของปริมาณธาตุอาหาร

ตารางที่ 4.11 ปริมาณธาตุอาหารที่มีในดินชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช)

ชุดการทดลองที่	ปริมาณธาตุอาหารในดิน			
	N(มิลลิกรัม/กก.)		Available P (มิลลิกรัม/กก.)	
	หลังรด	ผลต่าง (%)	หลังรด	ผลต่าง (%)
1 (อัตราส่วน 1:1)	2,912	23.91	2,766.29	195.86
2 (อัตราส่วน 1:2)	2,883	22.68	2,241.87	139.77
3 (อัตราส่วน 1:3)	2,782	18.38	1,764.41	88.71
4 (อัตราส่วน 1:4)	2,461	4.72	1,553.74	66.18
ชุดควบคุม(น้ำประปา)	2,293	-2.43	950.00	1.60

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (-) แทนการลดลงของปริมาณธาตุอาหาร

4.5 ผลของน้ำทิ้งที่มีต่อมวลชีวภาพ

จากผลการวิจัย พบว่ามวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เตยหอม เฮลิโคเนีย และลิ้นมังกร ก่อนและหลังทำการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชได้รับธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จากน้ำทิ้ง ไปใช้ประโยชน์ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้น้ำหนักแห้งของพืชที่ชั่งได้หลังทำการทดลองเพิ่มขึ้น โดยพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน คือพืชที่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงจะมีมวลชีวภาพสูงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยข้างต้น ยกเว้นในบางชุดการทดลองอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชหลังเก็บเกี่ยวบางต้นมีการแห้งเหี่ยวตามธรรมชาติทำให้มีผลของน้ำหนักแห้งคลาดเคลื่อนได้บ้าง ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพ (กรัม) ของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	เตยหอม			เฮลิโคเนีย			ลิ้นมังกร		
	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
1:1	12.35	27.60	15.25	10.22	38.31	28.09	53.20	67.25	14.05
1:2	15.97	42.29	26.32	12.81	55.87	43.06	55.95	94.36	38.41
1:3	15.60	33.56	17.96	10.50	47.50	37.00	49.41	86.94	37.53
1:4	14.57	27.66	13.09	10.07	35.21	25.14	45.24	65.57	20.33
1:5	16.00	25.61	9.61	9.77	31.05	21.29	55.19	73.92	18.73
1:10	18.40	21.69	3.29	9.74	30.76	21.02	38.78	55.96	17.18
น้ำประปา	17.33	22.05	4.72	9.48	30.75	21.27	54.94	57.33	2.39

4.6 การนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนไปประยุกต์ใช้จริง

4.6.1 น้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีความเข้มข้นสูง ควรนำไปเจือจางด้วยน้ำประปาหรือน้ำธรรมชาติก่อนนำไปใช้จริง เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง ซึ่งอาจเกินระดับที่พืชต้องการ

4.6.2 น้ำทิ้งจากบ้านเรือนเหมาะสำหรับการนำมาปลูกพืชที่มีความต้องการธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ซึ่งจากการวิจัยนี้ พบว่าเหมาะสำหรับการปลูกต้นเตยหอม และเฮลิโคเนีย แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาปลูกลิ้นมังกร เนื่องจาก ธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งไม่มีส่วนช่วยใน

การเจริญเติบโตของลิ้นมังกรอย่างเด่นชัด ดังนั้นการนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้จริง ควรพิจารณาถึงความต้องการปริมาณธาตุอาหารของพืชที่จะนำมาปลูกด้วย

4.6.3 การนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกไม้ประดับ สามารถลดการใช้น้ำประปาลงได้ถึงร้อยละ 25–50 และยังลดปริมาณการใช้ปุ๋ยได้ประมาณ 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน สำหรับปุ๋ยไนโตรเจนและ 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วันสำหรับฟอสฟอรัส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหลังการปรับความเข้มข้นด้วยการเจือจางน้ำประปา ทำให้สมบัติของน้ำทิ้งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อการเกษตร และสามารถนำมารดพืชแทนน้ำประปาได้ โดยให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งจากบ้านเรือนมีปริมาณเหมาะสมกับความต้องการของเตยหอมและเฮลิโคเนีย แต่ไม่เหมาะสมกับลิ้นมังกร ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการนำน้ำทิ้งมาประยุกต์ใช้กับพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังนี้

1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการนำน้ำทิ้งมาใช้ในการปลูกเตยหอมเพื่อการค้า พบว่าน้ำทิ้งในช่วงชุดการทดลองที่ 2 (อัตราส่วน 1:2) ถึง ชุดการทดลองที่ 3 (อัตราส่วน 1:3) มีความเหมาะสม โดยเตยหอมมีผลผลิตที่ดีในทุกด้านทั้งความสูง จำนวนใบและจำนวนหน่อ และพบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีของน้ำทิ้งในชุดการทดลองดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับเตยหอม นั่นคือ มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 550-723 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 80-96 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นภาระไนโตรเจนที่ให้กับพืชเท่ากับ 4.6-6.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และภาระฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.7-0.8 มิลลิกรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ

1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการนำน้ำทิ้งมาใช้เพื่อการปลูกเฮลิโคเนียเพื่อการค้านั้น คือน้ำทิ้งในช่วงชุดการทดลองที่ 1(อัตราส่วน 1:1) ถึง 4 (อัตราส่วน 1:4) ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 396-1,011 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสอยู่ในระหว่าง 56-123 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นภาระธาตุไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 3.3-8.4 มิลลิกรัม/ต้น/วัน และภาระฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการเจือจางน้ำทิ้งในช่วงดังกล่าวจะมีธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเฮลิโคเนีย โดยจะทำให้มีการเพิ่มจำนวนใบ หน่อ และดอกมากที่สุดซึ่งตรงกับความต้องการของตลาด ทั้งนี้เป็นเพราะเฮลิโคเนียเป็นไม้ประดับที่นิยมนำมาขายทั้งต้นหรือส่งขายเป็นไม้ตัดดอกก็นิยมไม่แพ้กัน

1.3 สำหรับกรณีของลิ้นมังกรพบว่าน้ำทิ้งไม่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตด้านการเพิ่มจำนวนใบอย่างเด่นชัด จึงไม่เหมาะสมในการนำมาปลูกลิ้นมังกร เนื่องจากลิ้นมังกรเป็นไม้ประดับที่พิจารณาการเจริญเติบโตด้านการเพิ่มจำนวนใบเป็นสำคัญ ซึ่งการเพิ่มจำนวนใบของลิ้นมังกรอาจมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากปริมาณธาตุอาหารที่มีในน้ำทิ้งก็เป็นได้

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติดินหลังการรดด้วยน้ำทิ้ง พบว่าการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่เพื่อการปลูกไม้ประดับไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อดินที่ใช้ปลูกพืช เช่น ไม่มีการสะสมของโลหะหนักและธาตุพิษ นอกจากนี้ยังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในอนาคตในกรณีที่นำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ อีกทั้งยังลดงบประมาณในการจัดการปัญหาน้ำเสียลงได้ โดยเฉพาะบริเวณชุมชนริมน้ำ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดนั้นๆและอัตราส่วนการผสมของน้ำทิ้งเพื่อผลผลิตที่ดีที่สุด และควรนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้ปลูกพืชในพื้นที่ทุรกันดารซึ่งมีดินไม่อุดมสมบูรณ์ เนื่องจากจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำทิ้งที่ได้จาก อาคาร บ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร ที่มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียได้เช่นกัน แต่หากจะนำน้ำทิ้งไปประยุกต์ใช้กับพืชผัก ผลไม้ ควรจะมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารพิษ เช่นโลหะหนัก และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งอาจปนเปื้อนมากับน้ำทิ้ง ซึ่งหากนำมาใช้รดพืช อาจเกิดการสะสมพิษ เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นควรพิจารณาถึงวิธีการฆ่าเชื้อโรคที่เหมาะสม เช่น การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล .

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. Water Quality[Online]. Available from: http://www.pcd.go.th/Water Qulity/WasteWt/Domestic.htm [2003,November 7]

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร : มิตรนราการพิมพ์.

คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาไม้ดอกไม้ประดับ. 2536. การพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทย. วารสารเคหะการเกษตร (ม.ป.ป.): 87-104.

ชวลิต รัตนธรรมสกุลและตุลชัย แจ่มใส. 2545. การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศแบบ EGSB สำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนจากอาคารสำนักงาน: ผลของเวลากักที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ J.Thai environmental engineering 16: 36-42.

โชคชัย ไชยมงคล,ทรงเชาว์ อินสมพันธ์และเสนีย์ กาญจนวงศ์. 2544. อัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้า กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนประเภทต่างๆ. ในเอกสารการประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่1. 1 : 272-280.

เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ. 2534. ธรรมรักษา. เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. กรมส่งเสริมการเกษตร.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์และคณะสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2530. น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. (ม.ป.ป.)

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility). กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รื่นฤดี ศรีสุนทร. 2533. การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียบึงมักกะสันเพื่อการปลูกผักคะน้า (*Brassica oleracea* L.var. *alboglabra* Bailey) ด้วยวิธีปลูกในน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วชิรพงศ์ หวลบุตตา. 2538. เฮลิโคเนีย:ไม้ดอกประดับสวรรค์. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.

วิชาการเกษตร. กรม. 2541. ไม้ตัดดอกเชิงการค้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.ศรีสะเกษ: กรมวิชาการเกษตร. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. 2530. พจนานุกรมไม้ดอกไม้ประดับในเมืองไทย. 1เล่ม. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

สุจินต์ พนาปวุตติกุล. 2542. การใช้น้ำเสียเพื่อการเกษตร. วารสารสิ่งแวดล้อม 13: 35-41.

สุรชัย ใหญ่สว่าง. 2530. การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์แอเร็ตเต็ดลากูน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรีย์ บุญญานุพงศ์ . 2544. แนวทางการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. 1 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสนีย์ กาญจนวงศ์. 2545. การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตร. ในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม ปีที่ 1: 1-85.

อดุง ศิลป์ประเสริฐ. 2545. การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าว คะน้า กะหล่ำปลีและดินที่ปลูกโดยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่. ในเอกสารการประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่1. 1 : 281-287.

อุดมผล พืชน์ไพบูลย์. 2545. การศึกษาการนำน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มารดสนามหญ้า. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24 (มกราคม-มีนาคม): 123-129.

อภิชัย เชียร์ศิริกุล. 2533. การบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยด้วยบ่อผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Barry, C. A. J. and M. H. Miller. 1989. Phosphorus Nutrition Requirement of Maize Seeding for Maximum Yield. Agron. J. 81 : 95-99.

Bayes, C. D. et al. 1989. Land-Treatment System : Design and Performance with Special Reference to Redd Beds. Journal of the Institute of Water and Environmental Management. 3 : 588-597.

Berry, F. and W. J. Kress. 1991. Heliconia an Identification Guide.Smithsonian Institution Press,Washington.

Bidwell, R. G. S. 1979. Plant Physiology. 2 nd ed. Mc Millan Publishing Co, Inc., New York. 276p.

Davies, P. J. 1995. Plant Hormones : Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. 2 nd ed. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 833 p.

Devlin, R. M. 1979. Plant Physiology. 2nd ed. East-West Press. Private Ltd. New Delhi. 600 p.

EPA. 1976. Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents, Design Factor-1,EPA-625/4-76-010,U.S.: Environmental Protection Agency ,Washington D.C.

EPA. 1992. Manual Guidelines for Water Reuse. EPA-625-R92-004, U.S.: Environmental Protection Agency ,Washington D.C.

EPA. 1993. Technical Support Doccuments for 40 CFR Part 503.: Environmental Protection Agency ,Washington D.C.

EPA NSW . 1995. Guidelines for the Utilisation of Treated Effluent by Irrigation. : New South Wales Environment Protection Authority.

FAO. 1985. Water Quality for Agriculture . Ayers R.S. and Westcot D.W. Irrigation and Drainage Paper 33.: FAO, Rome.

Guillaume, P. and D . Xanthonlis . 1996. Irrigation of Vegetable Crops as a means of Recycling Wastewater: Applied to Hesbaye Frost. Water Science and Technology. 33: 355-362.

Hakan, J. et al. 1997. Source separated Urine-Nutrient and Heavy Metal Content; Water Saving and Feacal Contamination. Water Science and Technology. 35 : 145-152.

Mujerieqo , R. et al . 1996. Agronomic and Public Health Assessment of Recliamed Water Quality for Landscape Irrigation . Water Science and Technology. 33 : 335-344.

Oscar, V. M. et al. 1996. Management of Domestic Wastewater for Reuse in Irrigation. Water Science and Technology. 33 : 335-361.

Reddy, K. R. and W. H. Patrick , Jr. 1980. Uptake of Fertilizer Nitrogen and Soil Nitrogen by Rice Using ^{15}N Labelled Nitrogen Fertilizer. Plant and Soil. 53 : 375-381.

Robert S. A. and K. K. Tanji. 1981. Agronomic Aspect of Crop Irrigation with Wastewater. Water Forum'81,Proceedings of the Speciality Conference.1: 579-586.

Sundberg. 1995. in Hakan J. et al. 1997. Source Separated Urine-Nutrient and Heavy Metal Content,Water Saving and Faecal Contamination. Water Science and Technology 35: 145-150.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1.ข้อมูลดิบลักษณะน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ

2.ข้อมูลดิบลักษณะน้ำทิ้งของแต่ละชุดการทดลอง ในพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- 2.1 ค่า พีเอช
- 2.2 ค่าอุณหภูมิ
- 2.3 ค่าซีโอดี
- 2.4 ค่าบีโอดี
- 2.5 ค่าทีเคเอ็น
- 2.6 ค่าของแข็งทั้งหมด
- 2.7 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด
- 2.8 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า
- 2.9 ค่าไนไตรต์-ไนโตรเจน
- 2.10 ค่าไนเตรต-ไนโตรเจน

3.ข้อมูลการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด ในพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- 3.1 ความสูง
- 3.2 จำนวนใบ
- 3.3 จำนวนหน่อ
- 3.4 จำนวนดอก
- 3.5 มวลชีวภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ

parameter	T		pH		BOD(mg/l)		Sulfide(mg/l)		SET.		PHOSPHATE(		TKN		SS (mg/l)		TDS (mg/l)		ORP(mv)		COD(mg/l)	
(ครั้งที่/วันที่	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
(1)2/7/45	30.0	29.0	8.00	8.00	90	15	7.47	0.13	1.4	0.0	19.25	19.25	20.4	19.0	186.0	12.0	784	858	-274	-277	1070-1600	640-800
(2)13/7/45	30.0	30.0	8.00	8.00	165	150	2.00	3.60	1.2	0.0	10.75	8.00	19.7	17.3	150.0	146.0	794	785	-244	-289	640-800	640-800
(3)14/8/45	30.0	29.0	8.00	8.00	155	70	10.13	10.66	0.1	0.5	6.25	7.75	21.7	19.0	146.0	148.0	958	710	-260	-248	-	-
(4)25/8/45	30.0	30.0	7.50	7.45	102	69	6.27	4.93	0.1	0.0	7.25	12.00	18.3	17.0	100.0	84.0	854	840	-214	-212	-	-
(5)7/7/45	31.5	30.0	7.00	7.00	220	50	6.00	5.87	0.0	0.0	8.25	11.75	22.7	20.0	92.0	56.0	604	638	-232	-269	640-800	1070-1600
(6)14/7/45	30.0	29.5	6.50	6.50	225	105	7.60	6.27	1.2	0.0	24.00	14.00	18.9	17.3	100.0	56.0	844	840	-263	-282	error	error
(7)21/7/45	30.0	30.0	6.80	6.80	231	63	2.67	3.33	0.5	0.0	9.75	27.75	19.4	18.7	148.0	36.0	960	920	74	-253	-	-
(8)28/7/45	30.0	29.0	7.10	6.90	211	80	4.13	5.33	1.9	0.0	11.50	9.00	12.2	11.0	191.0	55.0	690	786	-241	-254	-	-
(9)4/8/45	30.0	29.5	6.90	6.90	203	94	8.00	6.00	0.8	0.0	7.75	16.25	15.0	15.8	300.0	114.0	754	774	-229	-243	-	-
(10)11/8/45	29.5	29.5	7.40	7.00	223	60	10.53	8.93	0.5	0.3	14.75	4.00	14.4	12.4	118.0	62.0	676	674	-222	-228	-	-
(11)18/8/45	29.5	30.0	7.10	7.20	214	24	14.00	10.00	4.0	0.0	13.75	5.25	17.1	16.9	338.0	71.0	858	875	-224	-232		
(12)25/8/45	30.0	29.5	7.40	7.40	217	62	7.00	8.00	1.5	0.0	14.00	6.25	18.3	18.0	207.0	60.0	909	842	-231	-238		
(13)21/7/46	30.0	30.0	7.90	7.76	96	57	2.00	1.73	0.8	0.1	3.25	8.25	68.6	64.4	100.0	58.0	806	802	-221	-224		
(14)23/7/46	30.0	29.5	7.68	7.72	126	111	2.26	0.93	2.5	0.0	14.50	16.25	109.2	95.2	146.0	38.0	776	768	-229	-234		
(15)27/7/46	29.5	29.5	7.98	8.11	126	87	0.53	0.40	0.4	0.0	6.50	5.75	61.6	65.8	181.0	47.0	680	662	-223	-237		
(16)30/7/46	30.0	30.0	8.00	8.00	126	73	1.47	0.27	0.9	0.0	2.00	3.50	61.6	63.0	280.0	96.0	778	768	-242	-246		
(17)3/8/46	29.5	29.5	7.87	7.98	126	73	0.40	0.40	0.4	0.0	8.25	4.25	77.0	68.6	118.0	72.0	798	768	-238	-251		
(18)17/8/46	29.5	29.5	7.71	7.79	72	81	0.66	0.53	0.9	0.0	2.50	9.25	51.8	68.6	150.0	44.0	814	806	-234	-246		
(19)21/8/46	30.0	30.0	7.44	7.72	102	60	1.06	0.40	1.5	0.2	15.75	13.50	77.7	63.7	210.0	56.0	786	788	-252	-251		
(20)24/8/46	29.5	29.5	7.90	7.87	120	90	1.73	0.13	0.7	0.0	4.75	2.00	81.2	68.6	140.0	54.0	804	798	-244	-243		
(21)27/8/46	30.0	29.5	7.71	7.79	126	63	2.93	0.93	5.0	0.1	5.75	8.00	49.7	44.1	116.0	48.0	796	794	-231	-238		
(22)31/8/46	30.0	30.0	7.89	7.85	126	63	0.53	0.40	1.8	0.1	6.50	8.25	78.4	71.4	154.0	145.3	809	809	-229	-233		

ตารางที่ ก-2 ค่าพีเอช (pH) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	7.82	7.57	7.30	7.85	7.54	7.74	7.63	7.59	7.98	7.58	7.59	7.71	7.56	7.51
1:2	7.78	7.56	7.28	7.74	7.51	7.59	7.60	7.49	7.79	7.56	7.58	7.57	7.45	7.36
1:3	7.77	7.52	7.25	7.73	7.50	7.57	7.58	7.46	7.70	7.54	7.57	7.56	7.42	7.34
1:4	7.73	7.51	7.22	7.70	7.49	7.55	7.57	7.45	7.63	7.52	7.54	7.55	7.37	7.33
1:5	7.71	7.45	7.15	7.67	7.45	7.54	7.55	7.42	7.59	7.50	7.40	7.53	7.30	7.25
1:10	7.68	7.43	7.14	7.64	7.40	7.51	7.52	7.40	7.58	7.50	7.39	7.51	7.25	7.17
น้ำประปา	7.57	7.36	6.87	7.63	7.38	7.39	7.50	7.21	7.34	7.37	7.26	7.35	7.10	7.15

ตารางที่ ก-3 ค่าอุณหภูมิ (° C) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	30.0	31.4	32.7	32.8	33.3	33.3	33.0	32.0	33.0	32.0	30.0	32.0	33.0	31.5
1:2	30.6	31.3	32.4	32.8	33.1	33.2	33.0	32.2	33.0	32.1	30.0	32.2	33.5	31.0
1:3	30.3	31.3	32.7	32.8	33.2	33.1	33.1	32.0	33.4	32.2	30.3	32.0	33.0	31.6
1:4	30.4	31.3	32.7	32.8	33.2	33.0	33.0	32.4	33.0	32.3	30.4	32.2	33.8	31.8
1:5	30.3	31.3	32.6	32.7	33.3	33.0	33.3	32.1	33.2	32.1	30.3	32.3	33.0	31.5
1:10	30.2	31.3	32.7	32.7	33.1	33.3	33.2	32.3	33.2	32.3	30.4	32.2	33.4	31.4
น้ำประปา	30.4	31.5	32.6	32.8	33.2	33.1	33.4	32.2	33.1	32.3	30.1	32.3	33.8	31.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-4 ค่า COD (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	224	224	224	224	136	128	128	128	128	88	88	88	80	80
1:2	176	176	152	152	88	88	88	88	88	56	56	56	56	56
1:3	128	128	128	128	72	72	72	72	72	48	48	48	48	48
1:4	120	120	120	120	64	64	64	64	64	40	40	40	40	40
1:5	80	80	80	80	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
1:10	80	80	80	80	24	24	24	24	24	16	16	16	16	16
น้ำประปา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก-5 ค่า BOD (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	70.5	78.0	57.0	69.0	52.5	52.5	49.5	37.5	37.5	37.3	36.8	36.8	36.6	36.7
1:2	57.0	54.0	46.5	43.5	36.0	33.0	33.0	29.5	29.5	29.5	29.3	29.3	29.1	29.2
1:3	36.0	36.0	27.0	25.5	26.5	24.0	28.5	24.0	24.0	23.9	23.8	23.5	23.6	23.5
1:4	28.5	34.5	22.5	25.5	20.5	21.5	24.0	21.3	21.0	21.0	21.0	21.1	21.3	21.1
1:5	25.5	22.5	18.0	19.5	16.5	15.6	17.7	15.6	15.5	15.4	15.5	15.5	15.5	15.5
1:10	16.5	10.5	9.0	13.5	10.8	10.5	12.0	12.9	12.5	12.6	12.5	12.5	12.4	12.5
น้ำประปา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-6 ค่า TKN (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	61.6	60.2	67.2	42.0	30.8	33.6	36.4	30.8	28.0	33.6	36.4	36.4	36.4	36.4
1:2	47.6	37.8	56.0	40.6	22.4	22.4	28.0	19.6	25.2	22.4	28.0	28.0	23.8	22.4
1:3	36.4	25.2	42.0	21.0	16.8	19.6	19.6	16.8	21.0	16.8	25.2	16.8	19.6	19.6
1:4	28.0	19.6	33.6	16.8	14.0	14.0	11.2	11.2	18.2	11.2	14.0	11.2	11.2	11.2
1:5	22.4	16.8	22.4	11.2	12.6	11.2	11.2	11.2	18.2	11.2	14.0	11.2	11.2	11.2
1:10	11.2	5.6	19.6	5.8	9.8	5.6	5.6	4.2	9.8	5.8	14.0	5.6	8.4	5.6
น้ำประปา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก-7 ค่า TS (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตรา ส่วนผสมน้ำทิ้ง ต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	2,010.0	2,070.0	1,710.0	1,056.0	630.0	1,246.0	834.0	1,642.5	918.0	1,656.0	1,656.0	776.0	730.0	1,542.0
1:2	1,650.0	1,811.4	980.0	986.0	606.0	918.0	752.0	1,214.0	736.0	1,344.0	1,324.0	718.0	682.0	1,218.0
1:3	1,640.0	1,780.0	880.0	962.0	568.0	907.0	704.0	1,152.5	734.0	1,098.0	1,100.0	702.0	668.0	1,216.0
1:4	1,580.0	1,735.0	734.0	914.0	554.0	896.0	614.0	1,047.5	726.0	868.0	864.0	584.0	664.0	1,126.0
1:5	1,356.0	1,612.0	648.0	814.0	550.0	818.0	605.0	824.0	720.0	848.0	820.0	564.0	652.0	1,106.0
1:10	1,350.0	1,498.0	570.0	764.0	544.0	804.0	548.0	710.0	710.0	798.0	715.0	540.0	644.0	1,038.0
น้ำประปา	1,100.0	1,396.0	545.0	644.0	334.0	750.0	522.0	682.0	574.0	698.0	680.0	486.0	606.0	1,022.0

ตารางที่ ก-8 ค่า TP (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	1.0	2.0	3.5	9.5	7.25	5.25	7.25	2.0	4.0	7.75	3.0	3.25	8.75	3.0
1:2	0.7	1.25	3.25	7.75	6.75	2.0	3.0	1.75	3.0	5.75	2.0	3.25	8.75	2.0
1:3	0.5	0.5	0.5	7.25	6.5	2.0	2.0	1.75	2.0	4.75	2.0	3.0	6.0	1.5
1:4	0.3	0.5	0.25	6.75	4.25	0.5	1.5	0.5	1.25	4.5	1.25	2.5	3.5	1.25
1:5	0.25	0.4	0.25	0.25	1.25	0.5	0.5	0.5	0.5	2.25	0.5	1.0	2.0	0.5
1:10	0.25	0.4	0.25	0.25	1.25	0.25	0.25	0.5	0.25	1.25	0.25	1.0	1.75	0.5
น้ำประปา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ก-9 ค่า Conductivity (µs/cm) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสม น้ำทิ้ง ต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	1,474.0	1,565.0	1,616.0	1,439.0	1,437.0	1,440.0	1,441.0	1,318.0	1,438.0	1,442.0	1,438.0	1,285.0	1,530.0	1,522.0
1:2	1,250.0	1,268.0	1,492.0	1,365.0	1,370.0	1,350.0	1,348.0	1,211.0	1,362.0	1,372.0	1,373.0	1,182.0	1,400.0	1,420.0
1:3	1,148.0	1,060.0	1,396.0	1,340.0	1,335.0	1,310.0	1,302.0	1,167.0	1,343.0	1,322.0	1,323.0	1,177.0	1,339.0	1,349.0
1:4	1,076.0	1,041.0	1,371.0	1,276.0	1,250.0	1,280.0	1,279.0	1,166.0	1,247.0	1,290.0	1,295.0	1,093.0	1,270.0	1,284.0
1:5	1,042.0	1,026.0	1,204.0	1,258.0	1,247.0	1,265.0	1,260.0	1,133.0	1,245.0	1,245.0	1,279.0	1,084.0	1,255.0	1,267.0
1:10	974.0	994.0	1,082.0	1,238.0	1,240.0	1,241.0	1,221.0	1,033.0	1,243.0	1,241.0	1,243.0	1,053.0	1,146.0	1,156.0
น้ำประปา	923.0	962.0	931.0	1,180.0	1,235.0	1,230.0	1,057.0	965.0	1,242.0	1,192.0	1,193.0	1,033.0	1,010.0	1,028.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-10 ค่า NO_2^- (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	0.0923	0.0066	0.0923	0.0761	0.0896	0.0394	0.0347	0.0069	0.0110	0.0034	0.0456	0.0405	0.0136	0.0305
1:2	0.0455	0.0071	0.0465	0.0704	0.0591	0.0203	0.0244	0.0053	0.0079	0.0051	0.0260	0.1330	0.0095	0.0283
1:3	0.0446	0.0048	0.0481	0.0586	0.0441	0.0234	0.0213	0.0053	0.0095	0.0172	0.0095	0.0177	0.0043	0.0183
1:4	0.0964	0.0075	0.0951	0.0751	0.0327	0.0198	0.0244	0.0885	0.0074	0.0073	0.0084	0.0101	0.0043	0.0078
1:5	0.0414	0.0058	0.0415	0.1226	0.0203	0.0306	0.0270	0.0141	0.0011	0.0217	0.0095	0.0079	0.0115	0.0830
1:10	0.0155	0.0046	0.0155	0.0136	0.0115	0.0177	0.0244	0.0239	0.0142	0.0217	0.0089	0.0079	0.2662	0.0548
น้ำประปา	0.0001	0.0054	0.0001	0.0058	0.0033	0.0073	0.0033	0.0074	0.0027	0.0117	0.0038	0.0069	0.0038	0.0012

ตารางที่ ก-11 ค่า NO_3^- (mg/l) ของน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง เก็บตัวอย่าง 14 ครั้ง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1:1	0.0756	0.0553	0.0766	0.0651	0.0566	0.0194	0.0218	0.0111	0.0155	0.0104	0.0095	0.0170	0.0486	0.0376
1:2	0.0349	0.0256	0.0395	0.0714	0.0261	0.0053	0.0006	0.0167	1.1582	0.0025	0.0173	0.0141	0.0539	0.0170
1:3	0.0506	0.0033	0.0408	0.0332	0.0031	0.0006	0.0073	0.0167	0.0332	0.0037	0.0167	0.0075	0.0488	0.0025
1:4	0.0887	0.0687	0.0789	0.0663	0.0047	0.0088	0.0266	0.0245	0.048	0.0077	0.0112	0.0476	0.1117	0.0266
1:5	0.0544	0.0047	0.0355	0.1323	0.0006	0.0096	0.0280	0.0009	0.0601	0.0105	0.0610	0.0838	0.0013	0.0275
1:10	0.0136	0.0290	0.0144	0.0102	0.0145	0.0283	0.0806	0.0121	0.0050	0.2541	0.0032	0.0299	0.0023	0.0101
น้ำประปา	0.0017	0.0047	0.0019	0.0047	0.0277	0.0176	0.1697	0.0296	0.0631	0.0602	0.0498	0.0563	0.0047	0.0152

ตารางที่ ก-12 ความสูงที่เพิ่มขึ้น(เซนติเมตร)โดยเฉลี่ยของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	2.14	0.6	2.8	2.5	2.5	1.38	1.74
3	3.5	0.8	3.4	3.4	4.56	2	1.88
4	4.2	1.9	4.2	4.18	5.46	2.62	2.66
5	4.4	3.02	4.38	4.86	5.88	3.04	3.1
6	5.12	4.06	5.3	5.7	6.56	3.26	3.28
7	5.16	7.7	7.8	7.26	6.98	3.26	3.78
8	5.28	9.32	8.34	7.56	7.54	3.26	3.78
9	5.28	9.32	8.34	7.56	7.54	3.26	3.78

ตารางที่ ก-13 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น(ใบ)โดยเฉลี่ยของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	2.8	8.8	36.4	25.6	8.8	10.8	3.0
6	3.6	13.2	45.2	32.6	14.2	12.4	5.8
7	8.8	27.6	52.0	39.6	18.0	22.8	6.8
8	12	37.0	65.6	58.8	22.4	27.4	7.8
9	14.8	39.4	77.6	67.4	28.0	31.8	11.2

ตารางที่ ก-14 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้น(หน่อ)โดยเฉลี่ยของเตยหอมที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.2	0	0	0	0	0
5	0	0.2	3.8	3.0	2.6	0.6	0.4
6	0.6	0.2	4.8	5.0	3.6	0.6	1.0
7	0.6	2.2	5.0	5.8	4.8	1.4	2.6
8	0.6	2.4	5.0	5.8	5.2	2.2	2.6
9	0.6	2.4	5.2	5.8	5.2	2.8	3.4

ตารางที่ ก-15ความสูงที่เพิ่มขึ้น(เซนติเมตร)โดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1.76	1.3	1.8	0.92	1.38	1.8	2.7
3	2.4	1.8	1.9	1.72	1.98	3.36	3.08
4	3.2	3	2.52	2.5	4.5	3.82	3.4
5	3.8	3.1	2.66	2.68	5.06	4.08	3.54
6	3.88	3.62	2.84	2.82	5.12	4.14	3.62
7	-2.66	-3.5	-3.44	-2.22	-2.48	-2.28	-2.6
8	-2.66	-3.5	-3.44	-2.22	-2.48	-2.28	-2.6
9	-2.66	-3.5	-3.44	-2.22	-2.48	-2.28	-2.6

ตารางที่ ก-16จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น(ใบ)โดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.4	0	0	0.4	0	0.2	0
3	1.6	0	0	1.4	0.4	0.8	0
4	2.2	2.0	0	1.8	0.6	1.4	0
5	2.2	3.4	1.4	3.2	2.6	2.6	0.6
6	2.8	3.8	2.6	4.2	4.6	3.8	1.0
7	6.4	8.0	5.6	7.6	8.2	6.0	3.6
8	7.4	11.0	8.2	10.2	10.4	7.4	4.0
9	8.8	13.6	9.8	11.2	13.0	8.6	5.0

ตารางที่ ก-17 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้น(หน่อ)โดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.4	0.2	0.2	0	0.4	0.2	0
3	0.8	0.6	0.2	1.2	1.2	0.6	0.2
4	1.0	1.2	0.8	1.6	1.2	1.2	0.4
5	1.0	1.4	1.2	1.6	1.8	1.4	0.6
6	1.0	1.4	1.4	1.6	1.8	1.4	0.6
7	1.8	1.8	1.6	2.0	2.4	1.4	1.2
8	1.8	2.6	2.4	2.6	3.0	1.4	1.2
9	2.0	3.2	2.6	2.8	3.2	1.6	1.2

ตารางที่ ก-18 จำนวนดอกที่เพิ่มขึ้น(ดอก)โดยเฉลี่ยของเฮลิโคเนียที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.2	0.4	0.6	0.4	0.4	0	0.4
3	0.2	0.8	0.6	0.6	0.4	0	0.4
4	0.2	0.8	0.6	0.8	0.4	0	0.4
5	0.2	0.8	0.6	0.8	0.6	0.2	0.4
6	0.4	0.8	0.6	0.8	0.6	0.2	0.4
7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8
8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.6
9	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.4	0.2

ตารางที่ ก-19 ความสูงที่เพิ่มขึ้น(เซนติเมตร)โดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.3	0	0.42	1.6	2.22	0.42	0
3	0.3	0.7	1.12	2.8	3.78	0.42	0.4
4	1.6	3.98	1.94	5.18	4.5	0.8	0.52
5	3.3	6.06	3.44	5.66	6.98	1.64	0.78
6	3.64	6.96	5.82	5.92	7.58	3.08	1.32
7	5.56	11.4	14.88	8.72	9.1	7.42	3.28
8	6.44	12.96	17.72	9.48	10.44	9.84	4.08
9	7.76	16.14	18.32	10.18	12.1	12.22	5.56

ตารางที่ ก-20 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น(ใบ)โดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1.4	0	2.0	2.2	0.4	0.6	0.8
3	1.8	1.6	3.0	3.0	2.6	1.2	1.0
4	3.4	2.2	3.8	3.8	3.0	2.0	2.0
5	3.8	2.4	4.2	4.0	3.4	4.4	3.0
6	4.2	2.4	4.2	4.2	3.4	5.2	3.4
7	5.2	2.6	4.2	5.8	4.0	5.8	4.4
8	5.4	2.6	4.4	6.0	5.2	6.0	4.8
9	6.2	2.6	4.6	6.6	6.4	6.8	5.0

ตารางที่ ก-21 จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้น(หน่อ)โดยเฉลี่ยของลิ้นมังกรที่รดด้วยน้ำทิ้งในแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา							
ครั้งที่	น้ำประปา	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0.2	0	0	0
4	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2
5	0	0.2	0.2	0.4	0	0.8	0.8
6	0.2	0.2	0.2	0.4	0	0.8	0.8
7	0.6	0.2	0.2	0.4	0	0.8	0.8
8	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.8	0.8
9	0.6	0.2	0.2	0.4	0.4	0.8	0.8

ตารางที่ ก-22 น้ำหนักแห้งของเตยหอมก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	16.30	15.12	14.64	15.25	18.17	29.16	24.75
2	11.50	17.35	16.85	17.68	18.48	16.52	15.25
3	10.99	16.36	17.41	14.16	14.74	14.21	14.96
4	13.45	17.32	14.94	12.25	12.67	14.49	15.53
5	9.50	13.73	14.15	13.52	15.93	17.60	16.13

ตารางที่ ก-23 น้ำหนักแห้งของเตยหอมหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	26.95	42.73	34.54	26.45	24.91	20.55	20.81
2	25.55	40.85	30.85	27.77	26.33	20.38	20.39
3	28.34	41.76	35.00	26.62	25.46	21.45	22.94
4	29.53	43.27	34.98	29.34	26.52	23.58	22.39
5	27.65	42.86	32.45	28.12	24.84	22.47	23.71

ตารางที่ ก-24 น้ำหนักแห้งของเฮลิโคเนียก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	12.34	12.37	10.85	9.55	8.23	9.87	10.24
2	9.25	15.54	11.16	12.50	9.92	8.38	11.60
3	10.35	13.65	10.11	10.70	8.69	12.02	8.62
4	8.89	12.31	11.19	8.95	11.30	10.01	8.33
5	10.25	10.18	9.20	8.67	10.69	8.43	8.63

ตารางที่ ก-25 น้ำหนักแห้งของเฮลิโคเนียหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	46.23	54.99	48.02	35.02	32.21	30.21	30.18
2	35.48	55.44	46.07	34.42	31.23	31.47	30.56
3	35.69	57.38	45.98	39.32	30.38	31.14	30.74
4	37.86	54.64	49.82	33.25	30.96	30.55	31.2
5	36.28	56.91	47.63	34.03	30.48	30.43	31.05

ตารางที่ ก-26 น้ำหนักแห้งของลิ้นมังกรก่อนปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	32.05	54.96	48.07	43.65	55.50	35.80	60.02
2	41.61	44.15	48.17	38.85	74.83	40.61	70.45
3	58.23	56.73	56.88	38.59	50.44	32.67	37.20
4	55.79	45.78	42.46	56.44	46.88	35.17	54.27
5	78.30	78.12	51.50	48.65	48.29	49.67	52.79

ตารางที่ ก-27 น้ำหนักแห้งของลิ้นมังกรหลังปลูกของแต่ละชุดการทดลอง

อัตราส่วนผสมน้ำทิ้งต่อน้ำประปา / ต้นที่	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:10	น้ำประปา
1	68.93	95.54	89.95	66.24	78.42	55.53	54.26
2	65.82	90.64	88.05	64.23	76.34	54.69	58.86
3	64.38	93.87	82.39	63.21	68.87	58.33	59.77
4	67.78	94.38	85.47	69.52	70.64	56.45	56.19
5	69.33	97.36	88.83	64.63	75.32	54.79	57.58

ภาคผนวก ข

1. การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร

    1.1 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน

    1.2 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส

2. มวลชีวภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร

สูตรการคำนวณ

$$\% \text{ การเปลี่ยนแปลงธาตุ (N)} = \frac{(\text{ปริมาณธาตุ N หลังรดด้วยน้ำทิ้ง} - \text{ปริมาณธาตุ N ก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง})}{\text{ปริมาณธาตุ N ก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง}} \times 100$$

$$\% \text{ การเปลี่ยนแปลงธาตุ (P)} = \frac{(\text{ปริมาณธาตุ P หลังรดด้วยน้ำทิ้ง} - \text{ปริมาณธาตุ P ก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง})}{\text{ปริมาณธาตุ P ก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง}} \times 100$$

2.มวลชีวภาพ

สูตรคำนวณ

น้ำหนักแห้งของพืชหลังรดด้วยน้ำทิ้ง - น้ำหนักแห้งของพืชก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

1. รูปเตยหอมก่อนและหลังรดด้วยน้ำทิ้ง
2. รูปเฮลิโคเนียก่อนและหลังรดด้วยน้ำทิ้ง
3. รูปลิ้นมังกรก่อนและหลังรดด้วยน้ำทิ้ง
4. วิธีการวัดความสูงพืชทดลองทั้ง 3 ชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค-1 เตยหอมก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง

รูปที่ ค-2 เตยหอมหลังรดด้วยน้ำทิ้ง

รูปที่ ค-3 เฮลิโคเนียก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง

รูปที่ ค-4 เฮลิโคเนียหลังรดด้วยน้ำทิ้ง

รูปที่ ค-5 ลิ้นมังกรก่อนรดด้วยน้ำทิ้ง

รูปที่ ค-6 ลิ้นมังกรหลังรดด้วยน้ำทิ้ง

4. วิธีการวัดความสูงของต้นไม้

การวัดความสูงของพืชทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลองจะวัดจากความสูงของลำต้น ยกเว้น ในกรณีของต้นลิ้นมังกร ซึ่งจะทำการวัดความสูงด้วยการวัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอดของใบ ทั้งนี้เนื่องมาจากลำต้นของลิ้นมังกรมีความยาวเพียงนิดเดียวจึงไม่สามารถนำมาวัดได้ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำการวัดความสูงของใบแทน

*หมายเหตุ : รูปถ่ายของพืชทั้ง 3 ชนิดก่อนและหลังการรดด้วยน้ำทิ้งมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของพืชที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น มิได้ชี้ให้เห็นถึงวิธีการวัดความสูงของพืชแต่ประการใด ดังนั้นจึงมีการจัดใบพืชเพื่อความชัดเจนของรูปถ่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

1. ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ของพืช 3 ชนิด ในพารามิเตอร์ต่อไปนี้

1.1 ความสูง
1.2 จำนวนใบ
1.3 จำนวนหน่อ
1.4 จำนวนดอก

2. กราฟค่าเฉลี่ยของพืช 3 ชนิด ในพารามิเตอร์ต่อไปนี้

1.1 ความสูง
1.2 จำนวนใบ
1.3 จำนวนหน่อ
1.4 จำนวนดอก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องความสูงของเตยหอม Duncan

	N	Subset for alpha = .05		
TREAT		1	2	3
5.00	45	2.4533		
6.00	45	2.7333	2.7333	
7.00	45	3.8978	3.8978	3.8978
1.00	45		4.0800	4.0800
3.00	45			4.7800
2.00	45			4.9511
4.00	45			5.2244
Sig.		.068	.090	.117

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-2 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนใบของเตยหอม Duncan

	N	Subset for alpha = .05		
TREAT		1	2	3
6.00	45	3.8444		
7.00	45	4.6667	4.6667	
4.00	45	10.1556	10.1556	
5.00	45	11.6889	11.6889	
1.00	45		13.8889	
3.00	45			24.8889
2.00	45			30.7556
Sig.		.100	.051	.177

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-3 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนหน่อของเตยหอม Duncan

	N	Subset for alpha = .05	
TREAT		1	2
7.00	44	.2727	
1.00	45	.8444	
5.00	45	.8444	
6.00	45	1.1111	
4.00	45		2.3778
2.00	45		2.6444
3.00	45		2.8222
Sig.		.110	.384

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 44.854.

b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

ตารางที่ ง-4 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องความสูงของเฮลิโคเนีย Duncan

	N	Subset for alpha = .05
TREAT		1
2.00	45	.1556
1.00	45	.3022
3.00	45	.4422
7.00	45	.7844
6.00	45	.9489
5.00	45	1.1511
4.00	45	1.1778
Sig.		.192

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-5 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนใบของเฮลิโคเนีย Duncan

	N	Subset for alpha = .05	
TREAT		1	2
6.00	45	1.5778	
2.00	45	3.0667	3.0667
5.00	45	3.4222	3.4222
7.00	45	3.5333	3.5333
4.00	45		4.4222
3.00	45		4.4444
1.00	45		4.6444
Sig.		.051	.137

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-6 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนหน่อของเฮลิโคเนีย Duncan

	N	Subset for alpha = .05		
TREAT		1	2	3
6.00	45	.6000		
5.00	45	1.0222	1.0222	
7.00	45		1.0889	
2.00	45		1.1556	
1.00	45		1.3778	1.3778
3.00	45		1.4889	1.4889
4.00	45			1.6667
Sig.		.059	.062	.226

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-7 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนดอกของเฮลิโคเนีย Duncan

	N	Subset for alpha = .05			
TREAT		1	2	3	4
5.00	45	.1778			
7.00	45		.3778		
6.00	45		.4000	.4000	
4.00	45		.5556	.5556	.5556
2.00	45			.6000	.6000
3.00	45				.6667
1.00	45				.6889
Sig.		1.000	.093	.058	.230

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-8 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องความสูงของลิ้นมังกร Duncan

	N	Subset for alpha = .05			
TREAT		1	2	3	4
6.00	45	1.7711			
7.00	45	3.2111	3.2111		
5.00	45	3.9822	3.9822	3.9822	
3.00	45		5.5044	5.5044	5.5044
4.00	45			6.3000	6.3000
1.00	45			6.4667	6.4667
2.00	45				7.0733
Sig.		.097	.085	.071	.262

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง- 9 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนใบของลิ้นมังกร

Duncan

	N	Subset for alpha = .05	
TREAT		1	2
1.00	45	1.6000	
6.00	45	1.6667	
5.00	45	2.1556	
3.00	45		2.8222
4.00	45		2.9778
7.00	45		3.0444
2.00	45		3.2000
Sig.		.118	.311

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง- 10 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ Analysis of Variance ในเรื่องจำนวนหน่อของลิ้นมังกร

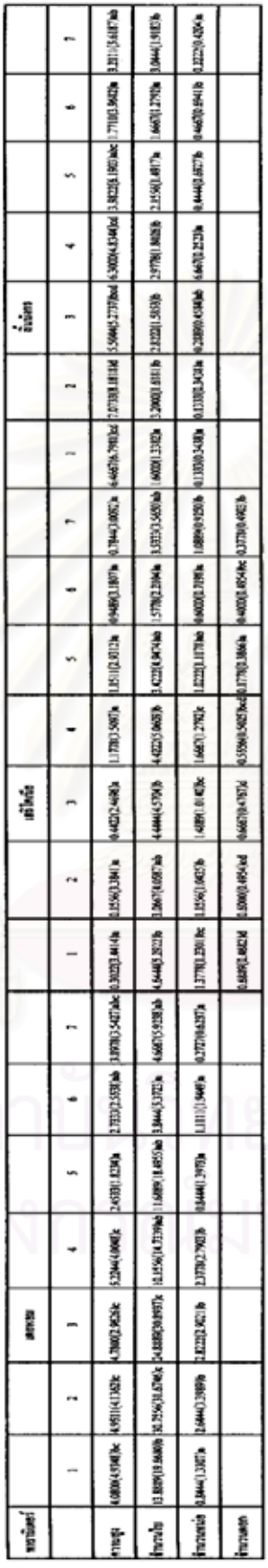
Duncan

	N	Subset for alpha = .05	
TREAT		1	2
4.00	45	6.667E-02	
1.00	45	.1333	
2.00	45	.1333	
7.00	45	.2222	
3.00	45	.2889	.2889
5.00	45		.4444
6.00	45		.4667
Sig.		.051	.101

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 45.000.

ตารางที่ ง-11 ผลการทดสอบทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิด



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปรมาภรณ์ โอจงเพียร เกิดวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบการศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขามัธยมวิทยาศาสตร์ เอกวิทยาศาสตร์ทั่วไปและชีววิทยา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2542 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย