สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ

Effect of *Neptunia oleracea* Lour. on Heavy Metal Level in Waste Water from KMITL Student Dormitory.

โดย

นายณัฐดนย์ มหาตมัน

นายลิขิต โฆสะนันท์ชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73536
วัน,เดือน,ปี 20 ก.ค. 2550

ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2549

b.11794501
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิด
ในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ

Effect of *Neptunia oleracea* Lour. on Heavy Metal Level
in Waste Water from KMITL Student Dormitory.

โดย

นายณัฐดนย์ มหาตมัน
นายลิขิต โฆสะนันท์ชัย

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

.....
(รศ.ดร.วิรัตน์ ภูวิวัฒน์)
อาจารย์ที่ปรึกษา
วันที่ 24 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2550

.....
(รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
วันที่ 24 เดือน มี.ค. พ.ศ. 50

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ)
หัวหน้าภาควิชาพืชสวน
วันที่ 24 เดือน มี.ค. พ.ศ. 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	:	ผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ
ชื่อนักศึกษา	:	นายณัฐดนย์ มหาตมัน
	:	นายลิขิต โฆสะนันท์ชัย
รหัสประจำตัว	:	46041134
	:	46041146
สาขาวิชา	:	การจัดการสิ่งแวดล้อมพืชสวน
ภาควิชา	:	พืชสวน
คณะ	:	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	รศ.ดร.วิรัตน์ ภูวิวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	:	รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของผักกระเฉด (*Neptunia oleracea* Lour.) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ โดยทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะหนักในน้ำทิ้งและในผักกระเฉด ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และปรอท รวมถึงปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจน โดยใช้ส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งจากคูรอบหอพักสถาบันฯ กับน้ำคลองสาธารณะ (คลองประเวศบุรีรมย์) ในอัตราส่วน 100:0 50:50 75:25 และ 0:100 เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณธาตุโลหะหนักและปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีแนวโน้มลดลง และจากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของพืชพบว่า ที่บริเวณส่วนของรากมีการสะสมของธาตุโลหะหนักมากกว่าส่วนของลำต้น และใบ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่การนำไฟฟ้า (EC) ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	Effect of *Neptunia oleracea* Lour. on Heavy Metal Level in Waste Water from KMITL Student Dormitory.
By	:	Mr. Nattadon Mahataman
	:	Mr. Likit Kosanunchai
Code	:	46041134
	:	46041146
Major	:	Environmental Horticulture Management
Department	:	Horticulture
Faculty	:	Agricultural Technology
Advisor	:	Assoc. Prof. Dr. Wirat Phuwiwat
Co-Advisor	:	Assoc. Prof. Dr. Aphisak Phopun

ABSTRACT

The effect of *Neptunia oleracea* Lour. on heavy metal level in waste water from KMITL student dormitory was studied by analyzing the level of iron, magnesium, copper, zinc, lead, arsenic, cadmium, mercury and nitrate-nitrogen in both the waste water and *Neptunia* plant parts. The waste water from KMITL student dormitory and the water from Khlong Prawetburirom were mixed in ratio of 100:0, 50:50, 25:75 and 0:100. The experiment was done for 30 days. It was observed that the levels of heavy metals and nitrate-nitrogen in the waste water were reduced. Moreover, the heavy metals were higher accumulated at the root than those at the stem and leaf. The water pH was not changed whereas the electron conductivity (EC) was found to be reduced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษนี้จะสำเร็จลงไม่ได้เลยหากขาดผู้ให้การสนับสนุน ผู้ศึกษาจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ และตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาพืชสวน และภาควิชาปฐพี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน รวมทั้งบิดามารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกด้านเสมอมา

ณัฐดนย์ มหาตมัน
ลิขิต โฆสะนันท์ชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
คำนิยม	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตารางภาคผนวก	VII
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลการทดลอง	13
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักสถาบันเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	13
2. เปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	14
3. เปรียบเทียบปริมาณธาตุแมงกานีสในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	14
4. เปรียบเทียบปริมาณธาตุทองแดงในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	15
5. เปรียบเทียบปริมาณธาตุสังกะสีในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	15
6. เปรียบเทียบปริมาณธาตุตะกั่วในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	16
7. เปรียบเทียบปริมาณธาตุสารหนูในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	16
8. เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	16
9. ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	17
10. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	17
11. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	18
12. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณธาตุเหล็กในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	19
2. ปริมาณธาตุแมงกานีสในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	19
3. ปริมาณธาตุทองแดงในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	20
4. ปริมาณธาตุสังกะสีในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	20
5. ปริมาณธาตุปรอทในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	21
6. ปริมาณธาตุตะกั่วในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	21
7. ปริมาณสารหนูในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	22
8. ปริมาณธาตุแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	22
9. ปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
1. การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	28
2. การวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	28
3. การวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	28
4. การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	29
5. การวิเคราะห์ปริมาณปรอทในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	29
6. การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	29
7. การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	29
8. การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	30
9. การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันการขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุทำให้แม่น้ำ ลำคลอง คูน้ำ เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ น้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นจะเกิดจากบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงานต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัด มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีการบำบัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ระบบที่ค่อนข้างซับซ้อนอาจเป็นเหตุให้ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมีน้อย โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนศูนย์กลางที่จะบำบัดน้ำเสียจากชุมชนทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดนั่นคือการใช้พืชน้ำบำบัดน้ำเสีย (เสริมพล และไชยยุทธ, 2524)

พืชน้ำตามธรรมชาติทั้งประเภทที่ลอยน้ำ อยู่บริเวณใกล้พื้นน้ำ และประเภทที่มีรากติดกับใต้น้ำและพืชน้ำชนิดอื่นๆ มีความสามารถในการดูดซับสารอาหารในน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สารประกอบประเภทโลหะหนักและธาตุที่เจือปนในน้ำเสียซึ่งอยู่ในลักษณะความเข้มข้นต่ำ (ประกรณ์, 2549) จากการศึกษาวิจัยและทดลองของนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่ผ่านมา เห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะใช้ผักตบชวาในการศึกษาบำบัดน้ำเสีย ซึ่งพืชอื่นๆ ยังมีผู้ศึกษาวิจัยกันน้อยมาก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเลือก ผักกระเฉด ซึ่งเป็นพืชน้ำที่สามารถพบเห็นได้ง่ายตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติ มักเจริญเติบโตคลุมพื้นผิวน้ำ เพื่อศึกษาถึงผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาของสถาบันฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง ของเหลวซึ่งผ่านการใช้แล้วทั้งที่มีกากและไม่มีกาก หรืออีกความหมายคือ ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (พัฒนา, 2541)

มัลลิกา (2544) ได้จำแนกแหล่งกำเนิดน้ำเสียไว้ 3 แหล่ง ดังนี้

1. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการอุปโภคบริโภคของประชาชนในชีวิตประจำวัน เกิดจากแหล่งที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม สถาบัน พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นน้ำที่มาจากห้องน้ำ ห้องส้วม การซักผ้าและการล้างพื้น

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ จากการเตรียมวัตถุดิบ จากกระบวนการผลิต น้ำหล่อเย็นที่ไม่ใช้แล้ว น้ำจากหม้อไอน้ำ น้ำจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำ น้ำจากสำนักงานและโรงอาหารในโรงงาน โดยปริมาณและลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ประเภทของอุตสาหกรรม กระบวนการผลิต เทคโนโลยีการผลิต วัตถุดิบและสารเคมีที่เลือกใช้และตารางการผลิต

3. น้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรม เกษตรกรรมเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่เป็นจุดเฉพาะ เช่น ฟาร์มสุกร บ่อปลา และที่เป็นพื้นที่กว้าง เช่น พื้นที่เพาะปลูก โดยน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่เป็นจุดเฉพาะจะสามารถรวบรวมและทำการบำบัดได้ง่ายกว่า

พัฒนา (2541) แบ่งลักษณะของน้ำเสียออกเป็น 3 ลักษณะ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบ การดำเนินงานและการควบคุมในการบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

1. ลักษณะทางด้านกายภาพ (physical characteristics) โดยทั่วไป ได้แก่

- ปริมาณของแข็งทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมดที่อยู่ในน้ำประกอบด้วย ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ โดยปริมาณของแข็งในน้ำสามารถบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียได้

- กลิ่น ส่วนมากแล้วกลิ่นจากน้ำเสียมาจากแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแก๊สส่วนใหญ่จะเป็นแก๊สไข่เน่า โดยเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์

- อุณหภูมิ อุณหภูมิของน้ำเสียมีความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอเพราะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดน้ำเสีย แต่โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิของน้ำเสียมักจะสูงกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศ ยกเว้นในฤดูร้อนอุณหภูมิของน้ำเสียอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำเสียจะมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีของจุลินทรีย์ คือ ถ้าอุณหภูมิสูงปฏิกิริยาเคมีของจุลินทรีย์ก็จะสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สี สีที่เกิดขึ้นในน้ำเสียนั้นมักถูกนำมาใช้บอกสภาวะของน้ำเสียว่าน้ำเสียขณะนั้นเป็นอย่างไร ถ้าเป็นน้ำเสียชุมชนในระยะแรกจะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อนๆ และหากทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานและไม่นำไปบำบัดก็จะกลายเป็นสีดำ ซึ่งสีของน้ำเสียนี้จะทำให้เกิดสภาพที่เป็นที่น่ารังเกียจของแหล่งน้ำนั้น

- ความขุ่น คือสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ซึ่งจะกั้นหรือขัดขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงในน้ำ

2. ลักษณะทางด้านเคมี (chemical characteristics) สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

- สารอินทรีย์ หมายถึง สารที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน อนุพันธ์ของคาร์บอนและไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและธาตุอื่นๆ ซึ่งโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์จะมีความซับซ้อนและมีจำนวนอะตอมมาก โดยปกติแล้วไม่แตกตัวเป็นไอออนในสารละลาย ส่วนใหญ่มาจากพืชและสัตว์และอาจจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ สารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสียมีหลายประเภท ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว สารประกอบอินทรีย์ระเหย เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้เมื่อปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียมากก็ย่อมทำให้น้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มากตามไปด้วย

- สารอนินทรีย์ กล่าวคือ สารอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากบ้านเรือน อุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรม โดยที่สารอนินทรีย์บางอย่างถ้ามีปริมาณไม่มากนักอาจเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง สังกะสี แต่ถ้ามีปริมาณมากก็เกิดโทษได้ แต่สารอนินทรีย์บางอย่างมีในน้ำในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟอร์ และสารประกอบที่เป็นพิษ เป็นต้น

- แก๊ส กล่าวคือ แก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนียและมีเทน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแก๊ส สามตัวแรกเป็นแก๊สที่มีอยู่ในธรรมชาติอยู่แล้วแต่ก็อาจได้รับจากปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ต่างๆ ส่วนแก๊ส สามตัวหลังจะเกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศ

3. ลักษณะด้านชีวภาพ (biological characteristics) การพิจารณาลักษณะของน้ำทางด้านชีวภาพจะพิจารณาจากสิ่งมีชีวิตที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ซึ่งมีทั้งชนิดที่ทำให้เกิดโรคและไม่ทำให้เกิดโรค

เกษม (2541) กล่าวว่าธรรมชาติของน้ำเสียจากชุมชนจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 99.9 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำเสีย ที่เหลืออีก 0.1 เปอร์เซ็นต์จะเป็นของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 25 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ 30 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยหิน กรวด ทราย ขี้ผึ้ง เกลือ และโลหะ น้ำเสียแต่ละแห่งจะมีลักษณะที่แตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ ลักษณะของชุมชน ระบบระบายน้ำ และอัตราการไหลภายในท่อ ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่ทิ้งจากอาคารจะมีค่าร้อยละ 70-80 ของปริมาณน้ำประปาที่ใช้

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัด (treatment) หมายถึง การทำให้ปริมาณมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมลดลงจากที่เป็นอยู่ให้ได้ระดับที่พอใจ โดยทั่วไปจะต้องลดให้ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเนื่องจากเป็นระดับที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ พืชและสิ่งแวดล้อม (เกษม, 2541) การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียในน้ำให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมพอที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้นๆ (พัฒนา, 2541)

บ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ มีลักษณะเป็นบ่อหรือถังขนาดใหญ่ ซึ่งใช้บำบัดน้ำเสีย โดยกระบวนการทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติล้วนๆ โดยวิศวกรเพียงแต่ออกแบบและควบคุมสภาพแวดล้อมในบ่อให้เหมาะสมเท่านั้น ฉัตรไชย (2539) กล่าวว่า บ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน เป็น 4 แบบ คือ

1. บ่อบำบัดแบบกึ่งแอโรบิค (facultative pond) เป็นบ่อที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในชั้นบนๆ ของบ่อ ชั้นล่างๆ อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน บ่อลึกประมาณ 1-1.5 เมตร

2. บ่อบำบัดแบบแอโรบิค (aerobic pond) ถูกออกแบบให้มีสภาพแอโรบิค กล่าวคือ มีออกซิเจนละลายอยู่ตลอดทั่วทั้งบ่อ บ่อลึกประมาณ 1-1.2 เมตร โดยมีหน้าที่สำคัญ คือ ฆ่าเชื้อโรคพวกแบคทีเรียฟีคอล (fecal bacteria)

3. บ่อบำบัดแบบแอนนาโรบิค (anaerobic pond) บ่อแบบนี้มีสภาพไร้ออกซิเจนทั่วทั้งบ่อ บ่อลึกประมาณ 2-4 เมตร ใช้บำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นสูง

4. บ่อบำบัดแบบแอโรบิค ชนิดอัตราการไหลเร็ว (high rate pond) บ่อแบบนี้จะถูกควบคุมให้มีออกซิเจนละลายอยู่ทั่วบ่อ แต่ออกแบบให้รับน้ำเสียในอัตราการไหลสูง บ่อลึกประมาณ 0.2-0.6 เมตร

เกษม (2541) กล่าวว่า ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

1. การเตรียมการบำบัดน้ำเสีย (preliminary treatment) เป็นขั้นตอนการเตรียมการบำบัดก่อนที่จะให้น้ำเสียผ่านเข้าสู่ระบบการบำบัด โดยการแยกเอาวัตถุแขวนลอยซึ่งไม่ละลายน้ำ เช่น ขยะและเศษวัตถุชิ้นใหญ่ ๆ ออกจากน้ำเสีย การแยกวัตถุแขวนลอยเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 เป็นการแยกสิ่งแขวนลอยใหญ่ๆ เช่น ถุงพลาสติก ขวด และเศษวัสดุอื่นๆ ออกโดยการใช้ตะแกรงเหล็ก น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนนี้จะยังมีวัตถุแขวนลอยอยู่ แต่จะเป็นพวกที่มีขนาดเล็กและเบา เช่น เศษดิน อินทรีย์วัตถุ และเศษวัตถุชิ้นเล็กๆ มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เป็นการทำให้วัตถุแขวนลอยที่ผ่านมาจากขั้นที่ 1 ตกตะกอน โดยให้น้ำเสียลดความเร็วลง และให้ไหลช้าๆ สารแขวนลอยเหล่านั้นจะตกตะกอน จากนั้นทำการแยกตะกอน และเศษขยะที่ตกอยู่ก้นบ่อออกทิ้งไป

2. การบำบัดขั้นที่หนึ่ง (primary treatment) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ของแข็งบางส่วนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ประมาณ 40-60 % ของของแข็งแขวนลอย ของแข็งจะถูกแยกออกจากน้ำเสีย โดยกระบวนการทางกายภาพและทางชีวเคมี น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมการบำบัดน้ำเสียแล้วจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนนี้ ซึ่งประกอบด้วย ถังตะกอน ที่มีการออกแบบไว้หลายแบบ เช่น บ่อเกรอะ (septic tanks) หรือ ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมมีเครื่องกวาดตะกอน เป็นต้น โดยให้การไหลของน้ำให้มีความเร็วน้อยที่สุด เพื่อช่วยให้มีการตกตะกอนดีขึ้น หรืออาจจะมีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อช่วยให้ของแข็งแขวนลอยและสิ่งเจือปนในน้ำมีการจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นและตกตะกอนได้ดีขึ้น น้ำที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นนี้อาจจะนำไปผ่านขั้นตอนการบำบัดขั้นที่สอง หรืออาจปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยการเติมคลอรีนก่อนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนตะกอนจะนำไปทิ้งหรือนำไปหมักด้วยกระบวนการหมักไร้ออกซิเจน จะได้ก๊าซชีวภาพนำออกไปเป็นเชื้อเพลิงได้ เศษที่เหลือจากการหมักนำไปทำปุ๋ยหรือทิ้งไป

3. การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่อจากการบำบัดขั้นที่หนึ่งในกรณีที่น้ำเสียยังมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากเกินกว่าจะปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมได้ การบำบัดที่ใช้เป็นกระบวนการทางชีวภาพ เพราะต้องใช้จุลินทรีย์ที่มีการเพาะเลี้ยงมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในน้ำ การใช้ระบบบำบัดโดยชีวภาพนี้มีหลายระบบได้แก่ ระบบโปรยกรอง ระบบเลี้ยงตะกอน และระบบ oxidation pond เป็นต้น

4. การบำบัดขั้นที่สาม (tertiary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่อจากขั้นที่สอง ใช้ในกรณีที่ต้องการให้น้ำนั้นมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น กระบวนการที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีรวมกัน เช่น การกรองและการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น

สำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ (natural treatment) เป็นวิธีการที่ใช้กลไกทางธรรมชาติเป็นหลักในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งอาศัยความเกี่ยวข้องกันระหว่าง กระบวนการทางธรรมชาติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของดินและน้ำ โดยการบำบัดด้วยวิธีนี้สามารถกำจัดสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสียได้ระดับหนึ่ง และมีวิธีการแบบต่างๆ ดังนี้

วิธีบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (land treatment systems) เป็นวิธีการปล่อยน้ำเสียลงบนพื้นที่เกษตรกรรม หรือพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ในกิจกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดแต่ต้องใช้พื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย การใช้วิธีนี้ต้องคำนึงด้วยว่าในน้ำเสียมีสารพิษปะปนหรือไม่ เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญงอกงามของพืช และถ้าเป็นพืชที่ต้องนำมารับประทานเป็นอาหาร อาจจะมีการปนเปื้อนของสารพิษเหล่านั้นในพืชผลที่เก็บเกี่ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีบึงประดิษฐ์หรือระบบที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland systems) เป็นวิธีการปล่อยน้ำเสียลงในบึง ซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ การบำบัดน้ำเสียโดยตรง ที่มีความลึกน้อยกว่า 0.6 เมตร มีพืชน้ำซึ่งมีรากอยู่ใต้ดินเจริญเติบโตภายในบึง ซึ่งใบของพืชเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้พวกแบคทีเรียเกาะได้ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำเสีย เพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำ และป้องกัน ยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำหน้าที่กั้นแสงแดดไม่ให้ส่องลงไป

วิธีพืชลอยน้ำ (floating aquatic plant treatment systems) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้คล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์ ส่วนที่แตกต่างกันคือพืชที่ใช้ในการบำบัด ซึ่งเป็นพืชจำพวกผักตบชวา และแหน ความลึกของบ่อมีความลึกมากกว่า คือ 50-180 เซนติเมตร น้ำเสียที่จะเข้าไปบำบัดด้วยวิธีนี้ต้องผ่านการตกตะกอนและการเติมอากาศในระยะเวลาสั้นมาก่อน เพื่อให้บ่อบำบัดมีปริมาณออกซิเจนตลอดเวลาและเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น และแมลงต่างๆ มาตอม เมื่อน้ำเสียที่ปล่อยลงบ่อไหลผ่านรากพืชลอยน้ำ ซึ่งมีแบคทีเรียเกาะอยู่บนราก ก็จะเกิดการบำบัดน้ำเสียขึ้น (เกษม, 2541)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิพัฒน์ และ พิศิษฏ์พงศ์ (2529) ศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวาในการลดปริมาณสารอินทรีย์ โดยใช้น้ำเสียของโรงงานผลไม้กระป๋อง ขนาด 270 ตารางเมตร ลึก 0.7 เมตร ใส่ผักตบชวาอายุประมาณ 14 วัน น้ำหนักสด 382.5 กิโลกรัม กระจาย 40% ของพื้นที่ผิว ช่วงกักเก็บน้ำเฉลี่ย 3-4 วัน หลังจากนั้น 18 วัน พบว่าผักตบชวาสามารถลดสารอินทรีย์ลงได้ 58.1% (ค่าบรรทุกทางอินทรีย์ของบ่อ 4,000 กิโลกรัมบีโอดีต่อตารางกิโลเมตรต่อวัน) แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

เกษม (2532) รายงานผลการทดลองศักยภาพการบำบัดน้ำเสียของบึงมักกะสัน ว่ามีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียในรูปสารอินทรีย์ (BOD) เฉลี่ยร้อยละ 51 และมีประสิทธิภาพในการฟอกตัวด้านการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เฉลี่ยร้อยละ 90 พบว่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอนพืช และสัตว์โปรโตซัว เหล่านี้ มีความสามารถในการช่วยฟอกน้ำและดูดสารพิษในบึงมักกะสัน ดังนั้นการจัดการให้มีแสงสว่างลงสู่ผิวน้ำจึงจำเป็นในการบำบัดน้ำเสียของบึงมักกะสัน นอกจากนี้การเปิดผิวน้ำให้มีโอกาสสัมผัสกับอากาศโดยตรงจะมีผลอย่างมากต่อการเติมออกซิเจนในน้ำโดยธรรมชาติ การศึกษาผักตบชวา ซึ่งปลูกในแปลงคิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่บึงมักกะสัน พบว่ามีรากสั้นกว่าเมื่อเทียบกับผักตบชวาที่ขึ้น ในน้ำที่มีคุณภาพดีกว่า มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 16-17 สัปดาห์ ภายหลังการปลูก ต่อจากนี้อัตราการเติบโตจะลดลง ดังนั้นจึงควรเก็บเกี่ยวภายหลังการปลูกในระหว่างสัปดาห์ที่ 16-17 ซึ่งจะได้ผลผลิตสูงสุดเพื่อทำการปลูกผักตบชวาชุดใหม่ต่อไป จากผลการวิจัยสามารถเพิ่มพื้นที่ของแปลงให้เพิ่มเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่บึงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียให้ดีขึ้น พบว่าธาตุอาหารและสารพิษในผักตบชวามีปริมาณมากกว่าในน้ำ โดยรากจะมีสมรรถนะในการเก็บสารพิษได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกว่าลำต้นและใบของผักตบชวา ซึ่งปริมาณสารพิษรวมทั้งโลหะหนักทั้ง 8 ตัว คือ Mn, Zn, Pb, Cu, Mi, Cr, Hg และ Cd ที่สะสมในผักตบชวามีค่าเท่ากับ 185-469, 48-97, 3.6-22, 3.1-95, 1.9-9.8, 0.6-8.5 และ 1.7-2.5 ppm ตามลำดับ มีการปนเปื้อน สูงกว่ามาตรฐานการยอมให้มีได้ในอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ในปี พ.ศ. 2529 จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์อย่างแน่นอน สำหรับสารพิษกลุ่ม organochlorine การสะสมมีปริมาณค่อนข้างน้อย แต่ก็พบว่ามีปริมาณมากกว่าในน้ำประมาณ 100 เท่า ซึ่งความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและสารพิษจะสามารถดูดซับได้สูงสุดและมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกันกับอัตราเจริญเติบโต คือช่วงระยะเวลา 16-17 สัปดาห์ ภายหลังการปลูก ดังนั้นการจะเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะในการดูดซับธาตุอาหารและสารพิษได้อย่างเต็มที่ จึงควรเก็บเกี่ยวภายหลังการปลูกในระหว่างสัปดาห์ที่ 16-17 เพื่อทำการปลูกผักตบชวาชุดใหม่ต่อไป สำหรับในพืชที่ปลูกบริโภค ได้แก่ ผักบุ้ง และผักกะเฉด ในบึงมักกะสัน พบว่า ภายหลังการปลูก 12 สัปดาห์ การสะสมโลหะหนัก อันได้แก่ Zn, Fe, Cu, Mn, Cd และ Pb เฉลี่ยในผักบุ้งต่อน้ำหนักสดเท่ากับ 4.80, 65.90, 0.59, 11.40, 0.07 และ 3.41 ppm ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยในผักกระเฉดเท่ากับ 15.55, 79.80, 0.82, 9.39, 0.08 และ 3.24 ppm ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าคงจะไม่สามารถนำพืชเหล่านี้มาบริโภคโดยตรงได้ นอกเสียจากว่าจะบริโภครวมกับสารอาหารอื่นๆ พร้อมๆ กันและต้องแน่ใจว่าสารอาหารเหล่านั้นไม่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก

วนิดา (2532) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงมักกะสัน ได้ทำการปลูกผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวา ใน 3 แนว ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้งสามชนิดนั้นใกล้เคียงกัน ในสัปดาห์ที่ 8 ผักบุ้งและผักกระเฉดมีน้ำหนักต่อกอสูงสุด ส่วนผักตบชวาน้ำหนักต่อกอสูงสุดในสัปดาห์ที่ 17 ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในน้ำหนักแห้ง พบว่ามีโปแตสเซียม ไนโตรเจน แคดเมียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ในผักบุ้งเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.403, 3.589, 0.865, 0.544 และ 0.201 เปอร์เซ็นต์ ในผักกระเฉดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.002, 3.585, 1.054, 0.442 และ 0.176 และในผักตบชวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.750, 2.280, 1.133, 0.633 และ 0.246 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความสามารถในการดูดซับโลหะหนักคิดเป็น ไมโครกรัมต่อกรัม ในน้ำหนักแห้งพบว่ามีเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมในผักบุ้ง เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 908.34, 202.36, 86.38, 21.48, 11.39 และ 0.74 ในผักกระเฉดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1,160.27, 288.51, 111.70, 32.40, 16.15 และ 0.64 และในผักตบชวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1,212.10, 415.68, 148.58, 30.63, 16.12 และ 0.69 ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักในน้ำคิดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยส่วนธาตุอาหารพบว่ามีโปแตสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.403, 3.589, 0.865, 0.544 และ 0.201 ตามลำดับ ส่วนโลหะหนัก พบว่ามีแมงกานีส แคดเมียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 0.27, 0.19, 0.15, 0.04, 0.03 และ 0.010 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ผักบุ้ง ผักกระเฉด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผักตบชวา มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และโลหะหนักในน้ำได้ดี และมีความเป็นไปได้มากที่จะนำพืชเหล่านี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในบึงมักกะสันได้

อภิชัย (2533) ศึกษาพบว่าผักตบชวาในระบบที่มีการเติมน้ำเสียแบบต่อเนื่องมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 0.47 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน และผักตบชวาในระบบที่มีการเติมน้ำเสียแบบครั้งคราวมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 0.43 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน ความหนาแน่นของผักตบชวาที่เหมาะสมที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยเท่ากับ 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร ซึ่งให้ผลได้มวลชีวภาพสูงสุดสัปดาห์ละ 2.28 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร ประสิทธิภาพของบ่อผักตบชวาในการลด ซีโอดี บีโอดี สารแขวนลอยรวม TKN และฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 80.9% , 85.8% , 96.4%, 70.6 % และ 48.3% ตามลำดับ

จิตติมา (2546) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัย โดยใช้พืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักกระเฉด จอก และผักตบชวา ผลการศึกษาพบว่าน้ำเสียที่ออกมาจากสภาพธรรมชาติ ผักกระเฉด จอก และผักตบชวา มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD เท่ากับ 35.70, 4.70, 56.17 และ 76.74 เปอร์เซ็นต์ COD เท่ากับ 37.58, 41.86, 55.24 และ 76.86 เปอร์เซ็นต์ TKN เท่ากับ 26.76, 87.74, 56.17 และ 62.56 เปอร์เซ็นต์ TP เท่ากับ 15.68, 61.78, 56.41 และ 44.09 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษามวลชีวภาพของพืชน้ำทั้ง 3 ชนิด พบว่าผักกระเฉด จอก และผักตบชวามีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 0.18, 0.34 และ 0.17 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก/ตร.ม./สัปดาห์

จุลวัฒน์ (2548) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียและตะกอนเลนจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาช่อนด้วยระบบบ่อเติมอากาศ ระบบบึงประดิษฐ์ และระบบลานตากตะกอน โดยระบบบึงประดิษฐ์ใช้พืชในการศึกษา 2 ชนิด คือ ผักบุ้ง และผักกระเฉด ทำการทดลองระบบบ่อเติมอากาศและระบบบึงประดิษฐ์แบบ Semi-Continuous ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1, 2, 3 และ 5 วัน ควบคุมค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบประมาณ 150 มก./ลในสภาวะ Ambient Condition โดยมิได้ควบคุมภาระบรรทุกของแข็งเท่ากับ 0.05, 0.10 และ 0.20 ลบ.ม./ตร.ม. ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัด BOD 94-96 % บำบัด COD 74-76 % TKN 94-95 % บำบัด TN 23-43 % และบำบัด TP 4-7 % ประสิทธิภาพการบำบัด BOD ของบึงประดิษฐ์ ชนิดผักบุ้ง 51-62 % บำบัด COD 57-62 %

ประกรณ์ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์และการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ พืชท้องถิ่น (กรณีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม) โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ 2. เพื่อศึกษาความสามารถของพืชท้องถิ่นในการดูดซับโลหะหนักและค่าพารามิเตอร์ของน้ำ 3. เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้พืชท้องถิ่นเพื่อการจัดการน้ำทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งน้ำทิ้งอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มาใส่ในวงบ่อที่ใช้ศึกษาตลอด 4 เดือน เริ่มในเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน 2544 และใช้พืช 3 ชนิด ผักตบชวา จอก ผักบุ้ง เต็มผิวหน้าวงบ่อเพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวดูดซับ แล้ววิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆและปริมาณโลหะหนักต่างๆ จากน้ำเสียเช่น ความเป็นกรด - เบส ค่าอุณหภูมิ ค่าดีโอ ค่าบีโอดี ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรีแล้วทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาวิเคราะห์พบว่าน้ำเสียจากวงบ่อ ผักตบชวา จอก และผักบุ้ง มีค่าความเป็นกรด – เบส เฉลี่ย 7.55, 7.64 และ 7.66 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 27.42, 27.51, 27.44 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์ในการเพิ่มค่า DO 1.74, 1.64, 1.51 เปอร์เซ็นต์ ค่า BOD ลดลง จากเดิม 1.50, 1.28, 1.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณทองแดงในน้ำลดลง 97.7, 89.02, 85.36 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณเหล็กในน้ำลดลง 98.81, 95.72, 79.51 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณตะกั่วในน้ำลดลง 61.70, 55.39, 55.51 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ในการลดปริมาณสังกะสีในน้ำลดลง 24.91, 22.83, 22.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาวิเคราะห์พบว่าผักตบชวาเป็นพืชที่ควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง ค่าอุณหภูมิ ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ จอกและผักบุ้งตามลำดับและพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างปริมาณของโลหะหนักต่างๆอยู่ในระดับที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักกระเฉด

"ผักกระเฉด" หรืออาจเรียกว่า "ผักรู้นอน" เป็นพืชคลุมดินตระกูลถั่วที่มีเถาเลื้อย จัดอยู่ในตระกูล Leguminosae ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Neptunia oleracea* Lour. และมีชื่อสามัญว่า Water mimosa ซึ่งมีถิ่นกำเนิดแถบเอเชียเขตร้อน เป็นพืชพื้นเมืองของไทยและมาเลเซีย (อุดม, 2542) ผักกระเฉดเป็นพืชลอยน้ำที่มีอายุหลายปี ลักษณะลำต้นกลมเรียวยาวรูปทรงกระบอกทอดยอดลอยอยู่เหนือน้ำ ลักษณะปล้องต่อกันเป็นเถาหยักไปมาเล็กน้อย ลำต้นภายในตัน รากแตกแขนงออกตามข้อจำนวนมาก โคนรากมีปมที่เกิดจากแบคทีเรียชื่อ *Rhizobium leguminosarum* เข้าไปอาศัยอยู่ซึ่งมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจน ลำต้นเมื่อมีอายุมากจะมีเนื้อเยื่อสีขาว เรียกว่า นมผักกระเฉด (aerenchyma) ล้อมรอบลำต้นไว้ ทั้งนี้ เพื่อช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำอยู่ได้ ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกซ้อน (bipinately compound leaf) ชูเหนือน้ำ ใบแตกจากลำต้นตรงข้อ ใบประกอบแต่ละใบประกอบด้วยใบย่อย 4-6 ใบ โดยแต่ละใบจะมีใบย่อย 8-15 คู่ ใบย่อยขนาดเล็กรูปไข่ขนานยาวประมาณ 1 เซนติเมตร โคนก้านใบและขอบใบมีสีเขียวอมม่วง ใบสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เร็วมาก ซึ่งเมื่อสัมผัสถูกใบจะหุบ เนื่องจากมีเนื้อเยื่อที่รับรู้ความรู้สึก (pulvinus) ดอกมีสีเหลือง เป็นดอกแบบช่อ ซึ่งก้านช่อดอกออกเดี่ยวๆ ตามซอกก้านใบ ปลายช่อประกอบด้วยดอกเล็กๆ มากมายอัดเบียดกันแน่นเป็นหัวกลม จนดูคล้ายกับเป็นดอกเดียว ดอกเล็กๆ นี้มีกลีบเลี้ยงติดกันตรงโคน และตอนปลายแยกเป็นแฉก 4-5 แฉก กลีบดอกไม่ติดกันและมี 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 10 อัน (สุชาดา, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล และวิเคราะห์คุณภาพน้ำและพืช

1. กระป๋องพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำ PE
2. เครื่องตรวจวัด pH, EC แบบ probe อ่านค่าเป็นตัวเลข ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C830
3. เครื่อง Atomic Absorption Spectophotometer
4. ตู้อบ
5. เครื่องบดตัวอย่างพืช

วิธีการ

1. การเตรียมน้ำทิ้ง โดยการเก็บน้ำทิ้งจากบริเวณคูรอบหอพักสถาบัน แล้วนำน้ำคลองสาธารณะ(คลองประเวศบุรีรมย์) ซึ่งจะใช้เป็นตัวควบคุมในการทดลองครั้งนี้ทำการผสมกันระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำคลองสาธารณะในอัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ โดยตวงใส่กระถางทดลอง ที่มีขนาดปริมาตร 25 ลิตร

2. การใส่ผักกระเฉด นำผักกระเฉดที่ขึ้นอยู่ในคลองบริเวณสถาบันฯ โดยตัดส่วนที่อยู่ถัดลงมาจากยอด ประมาณ 20 เซนติเมตร และมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยตัดให้แต่ละท่อนมีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ใส่ในกระถางทดลองๆ ละ 2 ท่อน

3. การเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยเก็บน้ำตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ใส่กระป๋องพลาสติก ซึ่งมีปริมาตร 120 – 125 มิลลิลิตร ในวันที่เริ่มต้นการทดลองและหลังการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อไป

4. การเก็บตัวอย่างพืช เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆในพืช เก็บผักกระเฉดทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองและหลังการทดลอง นำตัวอย่างพืชที่แยกส่วนของราก ลำต้น และใบ ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า นำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆต่อไป

5. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและพืช

นำตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และการนำไฟฟ้า (EC) โดยใช้เครื่องวัด pH/EC meter ตัวอย่างน้ำและพืชที่เก็บมาส่วนหนึ่งนำส่งห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆ ได้แก่ ไนเตรท-ไนโตรเจน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และปรอท โดยวิธีการดังนี้

การตรวจสอบค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ด้วยวิธีแคดเมียม รีดักชั่น (cadmium reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบค่าเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนูด้วยวิธีอะตอมมิค แอบซอพชั่น สเปกโตร์โฟโตเมตตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดเฟลม เทคนิค (Flame Technique)

การตรวจสอบค่าปรอท ด้วยวิธีอะตอมมิค แอบซอพชั่น โคลด์เวเปอร์ เทคนิค (Atomic Absorption Cold Vapour Technique)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณธาตุต่างๆ ของตัวอย่างน้ำและพืชมาศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักบางชนิด

เวลาที่ใช้ในการทดลอง

ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2549 ถึง 10 กุมภาพันธ์ 2549

สถานที่ที่ทำการทดลอง

บริเวณลานกลางแจ้งหน้าห้องปฏิบัติการ ชั้น 5 และห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ในการศึกษาผลของผักกระเฉดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ โดยใช้ส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำคลอง ในอัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ระยะเวลา 30 วัน รายละเอียดของผลการทดลอง มีดังต่อไปนี้

1. คุณภาพน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนการทดลอง พบว่าปริมาณธาตุแมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม ปรอท และไนเตรท-ไนโตรเจนที่ปนเปื้อนในน้ำมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) มีเพียงปริมาณธาตุเหล็กที่ปนเปื้อนในน้ำเท่านั้นที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานประมาณ 12 เท่า ส่วนค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ มีค่า 8.54 ซึ่งบ่งบอกความเป็นด่างของน้ำทิ้ง แต่ยังอยู่ในช่วงเกณฑ์ค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักสถาบันฯ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ปริมาณโลหะหนัก	
	ค่ามาตรฐาน[1/]	ค่าการปนเปื้อนในน้ำทิ้ง (ก่อนการทดลองที่ 100:0)
เหล็ก	ไม่เกิน 0.3 มก./ล.	3.568 มก./ล.
แมงกานีส	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	0.240 มก./ล.
ทองแดง	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	<0.020 มก./ล.
สังกะสี	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	0.338 มก./ล.
ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	<0.050 ไมโครกรัม/ล.
สารหนู	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	<0.020 ไมโครกรัม/ล.
แคดเมียม	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	<0.500 ไมโครกรัม/ล.
ปรอท	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	0.566 ไมโครกรัม/ล.
ไนเตรท-ไนโตรเจน	ไม่เกิน 100 มก./ล.	0.330 มก./ล.
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.5 – 9.0	8.54

[1/] ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากดำเนินการทดลองโดยนำผักกระเฉดมาใส่ในน้ำทิ้งเป็นเวลา 30 วัน และนำน้ำทิ้งไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆอีกครั้ง ปรากฏผลเปรียบเทียบปริมาณธาตุต่างๆในระยะก่อนและหลังการทดลอง ดังนี้

ปริมาณของธาตุเหล็กในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลองมีค่า 3.568, 2.342, 1.252 และ 1.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร) ประมาณ 12, 8, 4 และ 3 เท่าตามลำดับ หลังการทดลองพบว่าปริมาณของธาตุเหล็กมีค่าลดลงเหลือ 0.55, <0.10, <0.10 และ <0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 85, 96, 92 และ 91 ตามลำดับ โดยหลังการทดลองปรากฏว่าที่อัตราส่วน 100:0 เท่านั้นที่มีค่าปริมาณธาตุเหล็กเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (มก./ล.)	หลังการทดลอง (มก./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	3.568	0.55	85
50:50	2.342	<0.10	96
25:75	1.252	<0.10	92
0:100	1.100	<0.10	91

ปริมาณของธาตุแมงกานีสในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลองมีค่า 0.240, 0.204, 0.146 และ 0.098 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร) ประมาณ 21, 25, 34 และ 51 เท่าตามลำดับ หลังการทดลองปรากฏว่าปริมาณธาตุแมงกานีสมีค่าลดลงเหลือ 0.108, 0.050, <0.040 และ <0.040 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 55, 75, 73 และ 59 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณธาตุแมงกานีสในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (มก./ล.)	หลังการทดลอง (มก./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	0.240	0.108	55
50:50	0.204	0.050	75
25:75	0.146	<0.040	73
0:100	0.098	<0.040	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของธาตุทองแดงในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าน้อยกว่า 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร ในทุกอัตราส่วน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณธาตุทองแดงในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (มก./ล.)	หลังการทดลอง (มก./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	<0.020	<0.020	0
50:50	<0.020	<0.020	0
25:75	<0.020	<0.020	0
0:100	<0.020	<0.020	0

ปริมาณของธาตุสังกะสีในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลองมีค่า 0.338, 0.302, 0.232 และ 0.116 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร) ประมาณ 15, 16.5, 21.5 และ 43 เท่าตามลำดับ หลังการทดลองพบว่าปริมาณธาตุสังกะสีมีค่าลดลงเหลือ 0.108, <0.010, <0.010 และ <0.010 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 68, 67, 57 และ 59 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณธาตุสังกะสีในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (มก./ล.)	หลังการทดลอง (มก./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	0.338	0.108	68
50:50	0.302	<0.100	67
25:75	0.232	<0.100	57
0:100	0.116	<0.100	14

ปริมาณของธาตุตะกั่วในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าน้อยกว่า 0.050 ไมโครกรัม/ลิตร ในทุกอัตราส่วน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณธาตุตะกั่วในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (ไมโครกรัม/ล.)	หลังการทดลอง (ไมโครกรัม./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	<0.050	<0.050	0
50:50	<0.050	<0.050	0
25:75	<0.050	<0.050	0
0:100	<0.050	<0.050	0

ปริมาณของธาตุสารหนูในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าน้อยกว่า 0.020 ไมโครกรัม/ลิตร ในทุกอัตราส่วน และมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณธาตุสารหนูในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (ไมโครกรัม/ล.)	หลังการทดลอง (ไมโครกรัม./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	<0.020	<0.020	0
50:50	<0.020	<0.020	0
25:75	<0.020	<0.020	0
0:100	<0.020	<0.020	0

ปริมาณของธาตุแคดเมียมในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าน้อยกว่า 0.500 ไมโครกรัม/ลิตร ในทุกอัตราส่วน และมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (ไมโครกรัม/ล.)	หลังการทดลอง (ไมโครกรัม./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100 : 0	<0.500	<0.500	0
50 : 50	<0.500	<0.500	0
25 : 75	<0.500	<0.500	0
0 : 100	<0.500	<0.500	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของธาตุปรอทในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลอง มีค่า 0.566, 0.404, 0.322 และ 0.242 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร) ประมาณ 9, 12, 15.5 และ 21 เท่า ตามลำดับ หลังการทดลองพบว่าปริมาณธาตุปรอทมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 0.152, <0.090, <0.090 และ <0.090 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 73, 78, 72 และ 63 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (ไมโครกรัม./ล.)	หลังการทดลอง (ไมโครกรัม./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	0.566	0.152	73
50:50	0.404	<0.090	78
25:75	0.322	<0.090	72
0:100	0.242	<0.090	63

ปริมาณของธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลองมีค่า 0.330, 0.268, 0.230 และ <0.200 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร) ประมาณ 303, 373, 434 และ 500 เท่าตามลำดับ หลังการทดลองพบว่าปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าลดลงเหลือ 0.306, 0.222, <0.200 และ <0.200 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 7, 17, 13 และ 0 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (มก./ล.)	หลังการทดลอง (มก./ล.)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	0.330	0.306	7
50:50	0.268	0.222	17
25:75	0.230	<0.200	13
0:100	<0.200	<0.200	0

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งทั้งก่อนและหลังการทดลองมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 8.54, 8.54, 8.52 และ 8.53 ตามลำดับ และหลังการทดลองมีค่าเท่ากับ 8.49, 8.52, 8.52 และ

73536
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.45 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคุณภาพน้ำ ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ที่กำหนดไว้ให้มีค่าระหว่าง 5.5 – 9.0 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	8.54	8.49	0
50:50	8.54	8.52	0
25:75	8.52	8.52	0
0:100	8.53	8.45	1

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ ก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.81, 1.81, 1.84 และ 1.87 mS ตามลำดับ ส่วนหลังการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงเหลือเท่ากับ 0.78, 0.86, 1.02 และ 1.06 ตามลำดับ ซึ่งลดลงร้อยละ 57, 52, 45 และ 43 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ ก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วน น้ำทิ้ง:น้ำคลอง	ก่อนการทดลอง (mS)	หลังการทดลอง (mS)	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
100:0	1.81	0.78	57
50:50	1.81	0.86	52
25:75	1.84	1.02	45
0:100	1.87	1.06	43

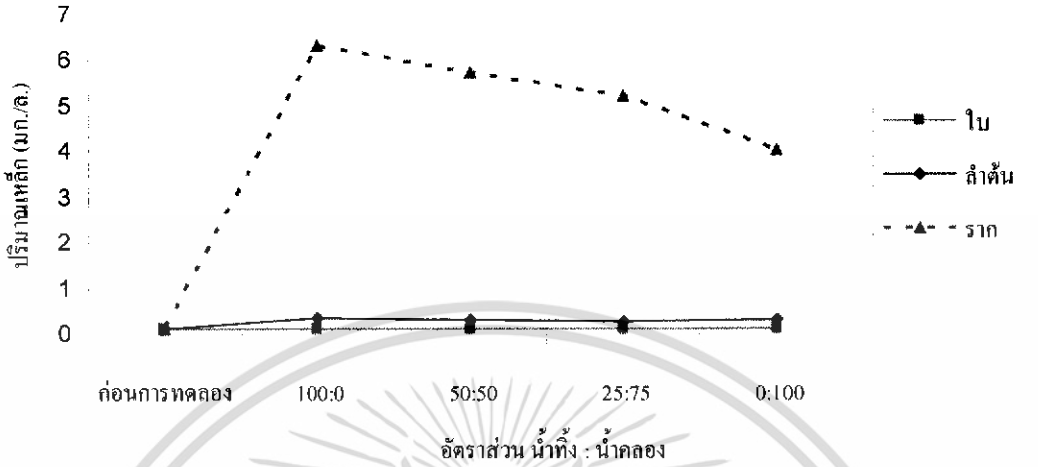
2. ปริมาณธาตุต่างๆ ในผักกระเฉดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

การวิเคราะห์การดูดซับธาตุโลหะหนักบางชนิด ที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆของผักกระเฉด คือ ราก ลำต้น และใบ ปรากฏผลดังนี้

ปริมาณธาตุเหล็กในผักกระเฉดก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการทดลองพบว่าผักกระเฉดที่ใส่ไว้ในน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น โดยสามารถพบธาตุเหล็กในส่วนของรากมากที่สุดมีปริมาณธาตุเหล็ก 6.35, 5.73, 5.22 และ 4.05 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนของลำต้นมีปริมาณธาตุเหล็ก 0.35, 0.31, 0.27

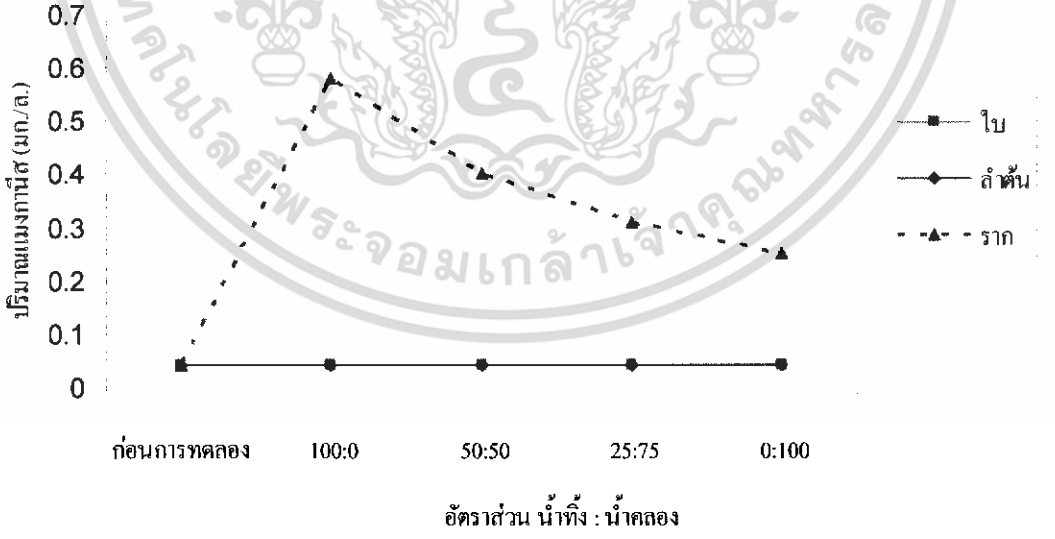
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สุดท้ายคือในส่วนของใบมีปริมาณธาตุเหล็กที่น้อยกว่า 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ปริมาณธาตุเหล็กในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

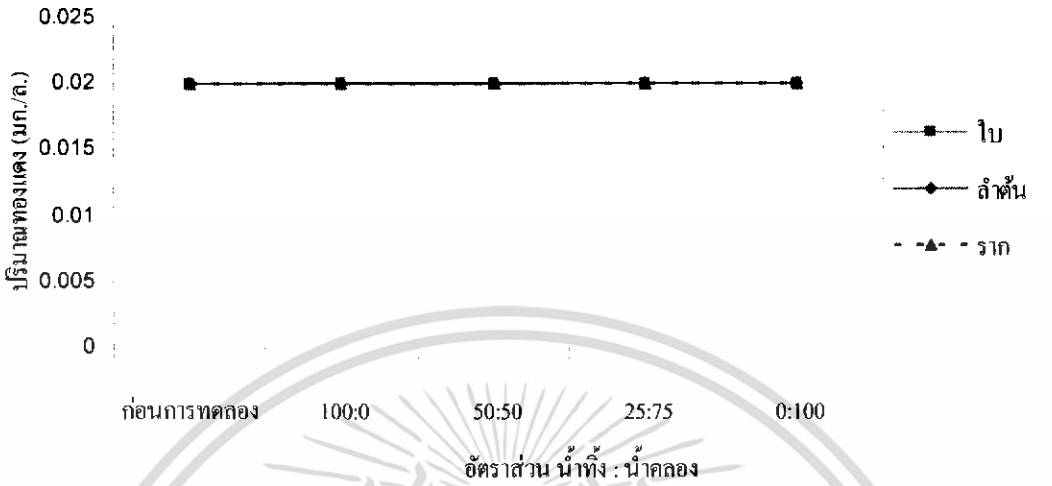
ปริมาณธาตุแมงกานีสในผักกระเฉดก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการทดลองพบว่าผักกระเฉดที่ใส่ไว้ในน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้น โดยสามารถพบธาตุแมงกานีสในส่วนของรากมากที่สุดมีปริมาณธาตุแมงกานีส 0.58, 0.40, 0.31 และ 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนของลำต้นและใบซึ่งมีปริมาณธาตุแมงกานีสน้อยกว่า 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปริมาณธาตุแมงกานีสในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

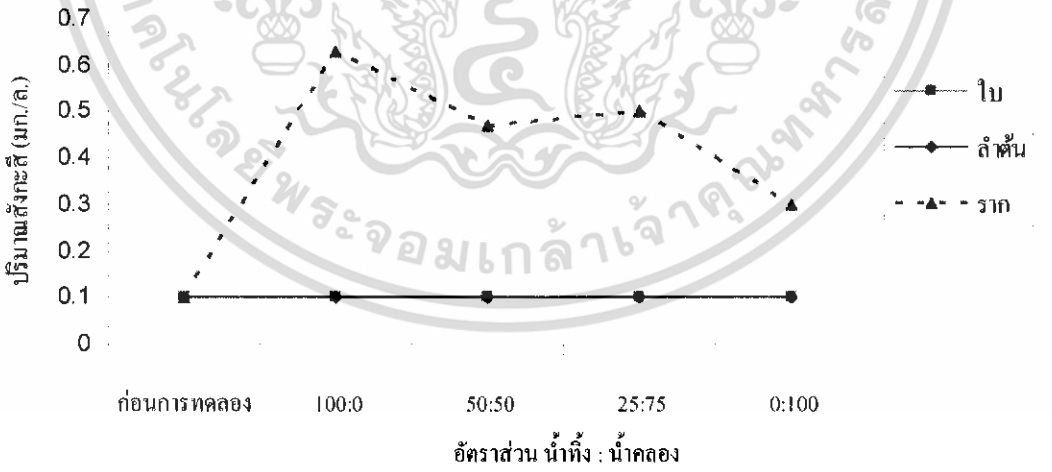
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุทองแดงในผักกระเฉดก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณธาตุทองแดงน้อยกว่า 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งในส่วนของใบ ลำต้น และราก (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณธาตุทองแดงในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

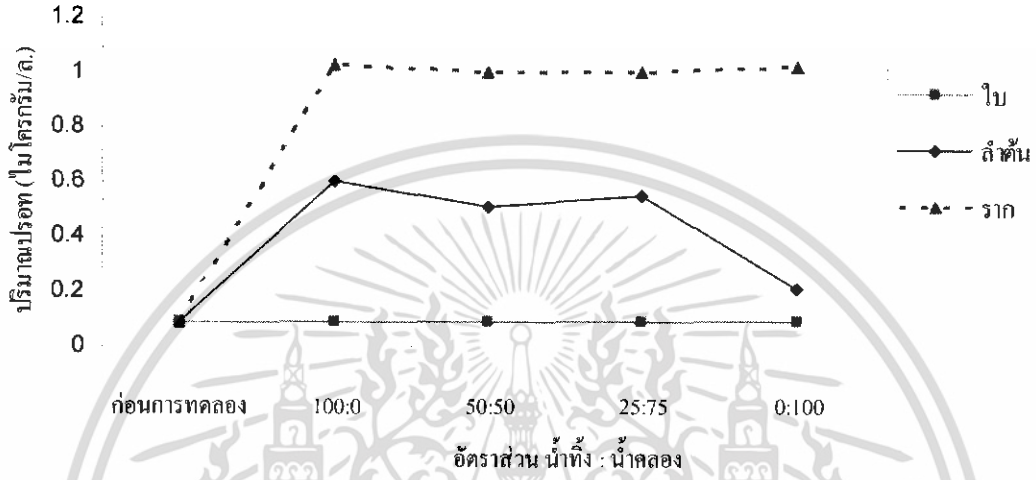
ปริมาณธาตุสังกะสีในผักกระเฉดก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการทดลองพบว่าผักกระเฉดที่ใส่ไว้ในน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณธาตุสังกะสีที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถพบธาตุสังกะสีในส่วนของรากมากที่สุดมีปริมาณธาตุสังกะสี 0.63, 0.47, 0.50 และ 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือในส่วนของลำต้นและใบมีปริมาณธาตุสังกะสีน้อยกว่า 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณธาตุสังกะสีในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุปรอทในผักกระเฉดก่อนการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.09 ไมโครกรัม/ลิตร หลังการทดลองพบว่าผักกระเฉดที่ใส่ไว้ในน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณธาตุปรอทที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถพบธาตุปรอทในส่วนของรากมากที่สุดมีปริมาณธาตุปรอท 1.03, 1.00, 1.00 และ 1.02 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนของลำต้น มีปริมาณธาตุปรอท 0.60, 0.51, 0.55 และ 0.21 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ สุดท้ายคือในส่วนของใบมีปริมาณธาตุปรอทที่น้อยกว่า 0.09 ไมโครกรัม/ลิตร (ภาพที่ 5)



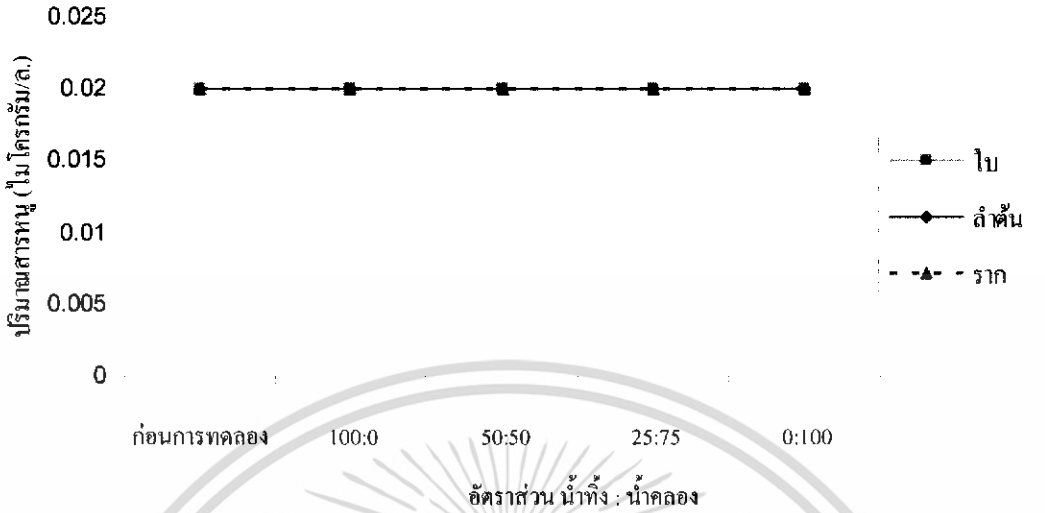
ภาพที่ 5 ปริมาณธาตุปรอทในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

ปริมาณธาตุตะกั่วในผักกระเฉดก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณธาตุตะกั่วที่น้อยกว่า 0.05 ไมโครกรัม/ลิตร ทั้งในส่วนของใบ ลำต้น และราก (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 ปริมาณธาตุตะกั่วในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารหนูในผักกระเฉดก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณสารหนูน้อยกว่า 0.02 ไมโครกรัม/ลิตร ทั้งในส่วนของใบ ลำต้น และราก (ภาพที่ 7)



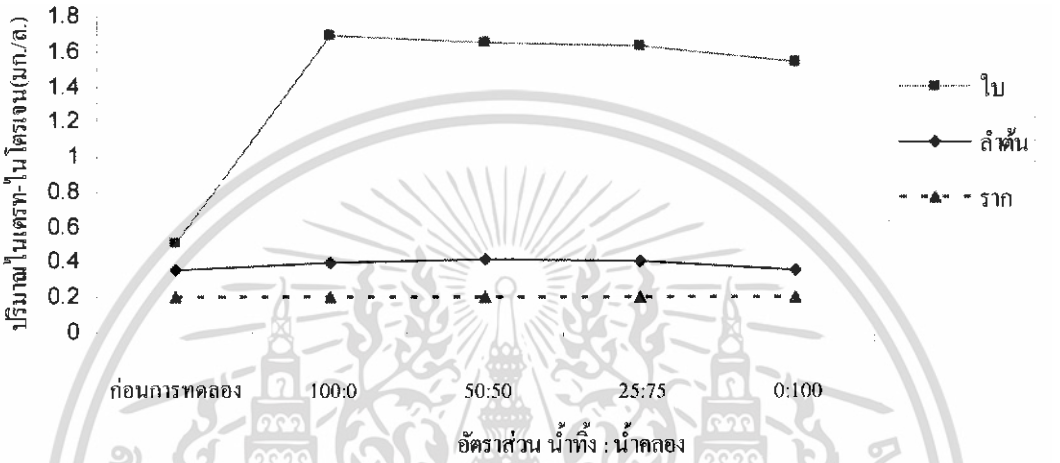
ภาพที่ 7 ปริมาณสารหนูในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

ปริมาณธาตุแคดเมียมในผักกระเฉดก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณธาตุแคดเมียมที่น้อยกว่า 0.50 ไมโครกรัม/ลิตร ทั้งในส่วนของใบ ลำต้น และราก (ภาพที่ 8)

ภาพที่ 8 ปริมาณธาตุแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนของใบ ลำต้น และราก ผักกระเฉดก่อนการทดลองมีค่า 0.51, 0.35, และน้อยกว่า 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ หลังการทดลองพบว่าผักกระเฉดที่ใส่ไว้ในน้ำทิ้งที่อัตราส่วน 100:0, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยสามารถพบธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนของใบมากที่สุดมีปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจน 1.69, 1.65, 1.63 และ 1.54 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนของลำต้น มีปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจน 0.39, 0.41, 0.40 และ 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และสุดท้ายในส่วนของรากมีปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนที่น้อยกว่า 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดก่อนและหลังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของผักกระเฉด (*Neptunia oleracea* Lour.) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ พบว่า ปริมาณธาตุโลหะหนักในน้ำทิ้งมีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ที่อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำคลอง 100:0 มีร้อยละความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองเท่ากับ 85, 55 และ 68 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด พบว่า บริเวณส่วนของรากมีปริมาณการสะสมของธาตุเหล็ก แมงกานีส และสังกะสี มากกว่าบริเวณส่วนของลำต้นและใบ ในขณะที่ปริมาณธาตุทองแดง ตะกั่ว สารหนู และแคดเมียม ในน้ำทิ้งไม่พบความแตกต่างอาจเนื่องมาจาก น้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ เป็นน้ำทิ้งที่มาจากครัวเรือนจึงมีปริมาณธาตุดังกล่าวอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนปริมาณธาตุไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งลดลงเล็กน้อย ซึ่งจากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของผักกระเฉดพบว่า บริเวณส่วนของใบมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด เป็นผลมาจากธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะที่บริเวณใบ (ยงยุทธ, 2543) สำหรับผลการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (*pH*) และการนำไฟฟ้า (EC) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการเน่าสลายของใบผักกระเฉดทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ทำให้น้ำมีสภาพความเป็นกรดสูงขึ้น (ปิยนุช, 2547) และไนเตรทถูกรีดิวซ์ให้เป็นไนไตรท์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเมทาบอลิซึมของไนโตรเจน (ยงยุทธ, 2543) จากผลการศึกษาครั้งนี้อาจสรุปได้ว่า ปริมาณธาตุโลหะหนักบางชนิดในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งไม่มีผลต่อสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่ปนเปื้อนในผักกระเฉดอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ เพราะฉะนั้นการนำผักกระเฉดมาใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ จึงอาจเป็นวิธีการบำบัดโดยธรรมชาติวิธีการหนึ่งซึ่งทำได้ง่าย ราคาถูก และปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. 2532. ศักยภาพการบำบัดน้ำเสียของบึงมักกะสัน.โครงการสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จิตติมา วสุสิน. 2546. การศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัยกรณีศึกษาจากศูนย์ศาลายา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล.

จุลวัฒน์ กิตติอัครสกุล. 2548. การบำบัดน้ำเสียและตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรไชย รัตนไชย. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล. 2549. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ พืชท้องถิ่น : กรณีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. พิษณุโลก.

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ปิยนุช บุญศิริชัย. 2547. การศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเฉด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2541. อนามัยสิ่งแวดล้อม. เอ็น เอส แอล พริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ ลือประสิทธิ์สกุล และ พิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์. 2529. การศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวาในการลดค่าบีโอดี. งานวิจัยระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัลลิกา ปัญญาคะโป. 2544. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 516457 การบำบัดน้ำเสีย 2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วนิดา ธนประโยชน์. 2532. ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงมักกะสัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. กรุงเทพฯ.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิชัย เชียร์ศิริกุล. 2533. การบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยด้วยบ่อผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดม โกสัยสุก. 2542. การปลูกผักกินใบ. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทิพยวิสุทธิ์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ราก (มิลลิกรัม/ลิตร)		ลำต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.10	<0.10	<0.10	6.35	<0.10	0.35
50 : 50		<0.10		5.73		0.31
25 : 75		<0.10		5.22		0.27
0 : 100		<0.10		4.05		0.30

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ราก (มิลลิกรัม/ลิตร)		ลำต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.04	<0.04	<0.04	0.58	<0.04	<0.04
50 : 50		<0.04		0.40		<0.04
25 : 75		<0.04		0.31		<0.04
0 : 100		<0.04		0.25		<0.04

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ราก (มิลลิกรัม/ลิตร)		ลำต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
50 : 50		<0.02		<0.02		<0.02
25 : 75		<0.02		<0.02		<0.02
0 : 100		<0.02		<0.02		<0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ราก (มิลลิกรัม/ลิตร)		ลำต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
50 : 50		<0.10		<0.10		<0.10
25 : 75		<0.10		<0.10		<0.10
0 : 100		<0.10		<0.10		<0.10

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณปรอทในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (ไมโครกรัม/ลิตร)		ราก (ไมโครกรัม/ลิตร)		ลำต้น (ไมโครกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.09	<0.09	<0.09	1.03	<0.09	0.60
50 : 50		<0.09		1.00		0.51
25 : 75		<0.09		1.00		0.55
0 : 100		<0.09		1.02		0.21

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (ไมโครกรัม/ลิตร)		ราก (ไมโครกรัม/ลิตร)		ลำต้น (ไมโครกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
50 : 50		<0.05		<0.05		<0.05
25 : 75		<0.05		<0.05		<0.05
0 : 100		<0.05		<0.05		<0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (ไมโครกรัม/ลิตร)		ราก (ไมโครกรัม/ลิตร)		ลำต้น (ไมโครกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
50 : 50		<0.02		<0.02		<0.02
25 : 75		<0.02		<0.02		<0.02
0 : 100		<0.02		<0.02		<0.02

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (ไมโครกรัม/ลิตร)		ราก (ไมโครกรัม/ลิตร)		ลำต้น (ไมโครกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
50 : 50		<0.05		<0.05		<0.05
25 : 75		<0.05		<0.05		<0.05
0 : 100		<0.05		<0.05		<0.05

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผักกระเฉด ที่ลอยในน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษาสถาบันฯ

อัตราส่วนน้ำทิ้ง : น้ำคลอง	ใบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ราก (มิลลิกรัม/ลิตร)		ลำต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
100 : 0	0.51	1.69	<0.20	<0.20	0.35	0.39
50 : 50		1.65		<0.20		0.41
25 : 75		1.63		<0.20		0.40
0 : 100		1.54		<0.20		0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของสารไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของบอนสี 5 พันธุ์

Effecf of Chitosan on Growth of Caladium 5 species

โดย

นาย มนตรี แสงนาค

ได้รับพิจารณาโดย

.....

(อาจารย์ บุญลือ กล้าหาญ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

วันที่ 31 เดือน ม.ค. พ.ศ. 2550

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ. ดร. สมชาย กล้าหาญ)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่ 2 เดือน ก.พ. พ.ศ. 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้