ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

Growth and Wastewater Treatment of Sacred Lotus in Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater

นามผู้วิจัย นางสาวเสาวรส เลื่องสุนทร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์นิรันดร์ จันทวงศ์, Dr.nat.tech.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

Growth and Wastewater Treatment of Sacred Lotus in Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater

โดย

นางสาวเสาวรส เลื่องสุนทร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสาวรส เลื่องสุนทร 2553: การเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D. 83 หน้า

พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีราคาต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย บัวหลวงเป็นพืชที่มีความสามารถในการดูดซับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย อีกทั้งนิยมปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับอย่างแพร่หลาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์และน้ำบาดาล และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของบัวหลวงบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง โดยปลูกบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในบ่อคอนกรีตกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร สูง 0.60 เมตร ใส่ดินนาสูง 0.30 เมตร บ่อละ 4 ต้น อนุบาลบัวด้วยน้ำประปา เริ่มทดลองและศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อบัวมีอายุครบ 8 สัปดาห์ เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 15 วัน เป็นเวลา 2 เดือน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า บัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีการเติบโตดีกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวมีน้ำหนักแห้งของใบ (558.8 กรัมต่อบ่อ) และน้ำหนักแห้งรวม (731.0 กรัมต่อบ่อ) สูง และมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบและราก + ไหล (1.27 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีบัวหลวงขาวให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งโดยรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มีบัวหลวงแดงและระบบที่ไม่มีพืช โดยบัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 96.96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบัวมีอายุ 10 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพในการบำบัด NH_4^+ ได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 97.30 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการลด BOD สูงสุดมีค่าเท่ากับ 89.77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบัวมีอายุ 16 สัปดาห์ ส่วนบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการบำบัด TP ได้สูงสุดเมื่อบัวมีอายุ 12 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 75.46 เปอร์เซ็นต์ และในสัปดาห์ที่ 16 บัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการเพิ่ม DO ได้สูงสุด 3 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด ซึ่งสรุปได้ว่าบัวหลวงขาวมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 16

_____ _____ ___ / ___ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Saowaros Luangsoonton 2010: Growth and Wastewater Treatment of Sacred Lotus in Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Sombun Techapinyawat, Ph.D. 83 pages.

Aquatic plants can be used in a cost-effective manner to treat nutrient-rich water before releasing to freshwater ecosystems. Sacred lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) can assimilate pollutants from wastewater in addition their ornamental and religious value. The objectives of this research were to compare growth of white and red lotus in ground water and in wastewater from Suphan Buri Municipal slaughterhouse, with the former serving as controls. Lotus seeds were planted in circular concrete pot, 1.0 m in diameter and 0.6 m in height. Paddy soil was added to the pot at 0.3 m dept and 4 lotus seedlings were planted in the pot filled with ground water. The experiment began after lotus plants were grown in the pot for eight weeks. Water was replaced every 15 days for 2 months. Both white and red lotus grew better in wastewater from the slaughterhouse than those grown in ground water. However, white lotus has higher growth than red lotus. After 16 weeks, dry and wet weight of white lotus leaves were 558.8 g/pot and 731.0 g/pot, respectively. In addition, white lotus has higher nitrogen in leaves and root of 1.27% and 1.26%, respectively than red lotus. White lotus was more effective in removing TKN (96.96%) and NH_4^+ (97.30%) at 10 weeks and BOD (89.77%) at 16 weeks than red lotus and the control treatments. Comparing to white lotus, red lotus was effective in removing TP (75.46%) at 12 weeks. At 16 weeks, red lotus effectively increased DO, three folds higher than that in the control. In summation, white lotus is effective in treating Slaughterhouse Wastewater with maximum efficiency at 16 weeks.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขในข้อบกพร่องต่างๆ จนมีผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังได้กรุณาให้ข้อคิดต่างๆ และทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการดำเนินชีวิตในสังคมอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ จันทร์วงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนดูแลแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผ่านทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดารวมทั้งครอบครัวที่คอยดูแลอยู่เคียงข้าง ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งอย่างดียิ่งเสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆพี่ๆน้องๆทุกคนที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือที่ดีมาโดยตลอด

เสาวรส เลื่องสุนทร

พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	26
ผล	26
วิจารณ์	48
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ภาคผนวก	65
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงอายุ 10 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)	42
2	ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 12 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)	43
3	ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 14 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)	44
4	ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 16 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)	45

ตารางผนวกที่

1	คุณสมบัติบางประการของตัวอย่างดินนาที่ใช้ในการปลูกบัว	66
2	คุณภาพน้ำของน้ำบาดาลที่ใช้ในการปลูกบัว	66
3	จำนวนใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ในสัปดาห์ที่ 10-16	67
4	พื้นที่ใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ในสัปดาห์ที่ 10-16	68
5	จำนวนดอก (อายุ 16 สัปดาห์) จำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำ จำนวนวันที่ดอกเริ่มบาน และจำนวนวันที่เริ่มติดฝักของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี	69
6	น้ำหนักสดของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์)	70
7	น้ำหนักแห้งของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์)	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

8 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล 72

9 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อบ่อ) ในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล 73

10 ประสิทธิภาพการบำบัด(%) ของน้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม บ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวและบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 74

11 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม 76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	บ่อคอนกรีตกลม	20
2	การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบ (ใบต่อบ่อ) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) และจำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำ ดอกเริ่มบาน เริ่มติดฝัก (วัน) และจำนวนดอก (ดอกต่อบ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาล	28
3	กราฟแสดงการเติบโตแบบซิกมอยด์ของจำนวนในบัวหลวง (A) และกราฟแสดงอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของจำนวนใบของบัวหลวง (B)	29
4	ปริมาณน้ำหนักสดในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์สูงกว่าปริมาณน้ำหนักสดในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวม (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) ปริมาณน้ำหนักแห้งในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์สูงกว่าปริมาณน้ำหนักแห้งในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)	30
5	เปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) เปอร์เซ็นต์การสะสมฟอสฟอรัสในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การสะสมฟอสฟอรัสในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)	32
6	ปริมาณไนโตรเจนที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) ปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)	34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7	ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการบำบัด pH(%), EC (%), TDS (%), และ DO (%)ในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยใช้บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม ทดลองในบ่อจำลอง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 หลังปลูก	46
8	ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการบำบัด BOD (%) Total N (%), NH_4^+ (%) และ Total P (%) และ ในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยใช้บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม ทดลองในบ่อจำลอง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 หลังปลูก	47

ภาพผนวกที่

1	บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 8 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล	78
2	บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 10 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล	79
3	บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 12 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล	80
4	บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 14 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล	81
5	บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 16 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

Growth and Wastewater Treatment of Sacred Lotus in Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater

คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ชุ่มน้ำ 36,616.12 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำจืดประมาณ 45% ของพื้นที่ชุ่มน้ำทั้งหมด คิดเป็นพื้นที่ 16,477.254 ตารางกิโลเมตร (กลุ่มงานทรัพยากรชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2545) สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกพืช ข้าว และบัวหลวงได้ ปัจจุบันนิยมปลูกบัวหลวงกันมากในเขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี และกระจายอยู่ในท้องที่อื่นๆทั่วทุกภาคของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดชลบุรี สกลนคร นครพนม หนองคาย อุบลราชธานี พิษณุโลก นครสวรรค์ พิจิตร ประจวบคีรีขันธ์ และสงขลา เป็นต้น บัวหลวงมีความสำคัญและประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของคนไทย อาทิ ปลูกเพื่อเป็นอาหาร การตัดดอก เก็บเมล็ด ฝักอ่อน ใบ ไหล และนิยมปลูกเป็นไม้ประดับที่มีความสวยงาม อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยา (เสริมลาภ, 2547) เนื่องจากการปลูกบัวหลวงมีลักษณะการขังน้ำเหมือนนาข้าว จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การทำนาบัว แต่จะสามารถดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรคและแมลงรบกวนน้อยและใช้น้ำน้อย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527) โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมปลูกบัวเพื่อเก็บดอก สามารถทำรายได้มากถึงไร่ละ 29,909.92 บาท/ปี ราคาผลผลิตบัวจะเป็นไปตามฤดูกาล ดอกบัวมีราคาดีในช่วงเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ ราคาอยู่ในช่วง 0.80-1.40 บาท และราคาต่ำในช่วงเดือนเมษายน – ตุลาคม ราคาอยู่ในช่วง 0.60-1.20 บาท หรือปลูกเพื่อเก็บเมล็ดซึ่งได้ผลผลิตเมล็ดบัวแห้งไร่ละประมาณ 12-15 ถัง หรือ 144-180 กิโลกรัม ราคาถังละประมาณ 120-400 บาท (ฤดี และคณะ, 2550) บัวหลวงเป็นพืชเศรษฐกิจ สามารถปลูกเพื่อส่งออกไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และสหรัฐอเมริกา เช่นเดียวกับประเทศจีนที่เป็นแหล่งผลิตบัวส่งออกที่สำคัญของโลก และประเทศออสเตรเลียที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐบาลให้ผลิตบัวหลวงเพื่อเป็นสินค้าส่งออก จึงเป็นการสร้างรายได้และอาชีพให้กับเกษตรกร และสามารถสร้างประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจได้เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Geartn.) เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมได้ มีความสามารถในการดูดซับสารอาหารและสิ่งเจือปนในน้ำเสีย เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี (Brix, 1989, อนันต์ และวรรณา, 2545) Jiang and Xinyuan (1998) รายงานว่าการปลูกบัวใน Waterfowl lake and Peony Pavilion Lake ทำให้น้ำในทะเลสาบมีคุณภาพดีขึ้น โดยลดค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ 58% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงถึง 38% บีโอดี และซีโอดีมีค่าลดลงเช่นกัน

โรงฆ่าสัตว์เป็นสถานที่ประกอบกิจกรรมสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับมนุษย์ เพราะเป็นสถานที่ในการแปรสภาพสัตว์มาเป็นเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค น้ำเสียจากกระบวนการต่างๆในโรงฆ่าสัตว์มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และมลสารอื่นๆ ส่งผลให้เกิดน้ำเสียซึ่งมีค่าเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ถ้าไม่มีการบำบัดก่อนที่จะปล่อยสู่บ่อหรือคู คลอง ก็จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของประชาชนและคุณภาพของทรัพยากรต่างๆ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมลภาวะที่เกิดขึ้นทั้งทางด้านกลิ่น จุลินทรีย์ น้ำเสีย ในระบบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ดังนั้นจึงควรหาวิธีการ เทคโนโลยีในการบำบัดเข้ามาช่วยลดมลภาวะเหล่านี้

การนำบัวหลวงมาปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชอย่างหนึ่งที่สามารถลดค่าความสกปรกต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะบัวหลวงมี Lacunar (aerenchyma) ในส่วนไหลที่ใหญ่ สามารถกักเก็บออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงไปใช้ในการหายใจ ช่วยในการดูดน้ำและการเคลื่อนย้ายน้ำจากรากสู่ลำต้นและใบได้ดี ส่วนของก้านใบมีท่อลำเลียงน้ำที่ใหญ่เช่นกัน ทำให้มีการดูดน้ำเสียเข้าไปในระบบการคายน้ำของพืชได้มาก โดยส่วนรากจะดูดน้ำซึ่งมีสารอาหารและมลสารขึ้นไปยังส่วนของลำต้นและใบแทนที่น้ำที่เสียไปในการคายน้ำ จะช่วยให้เกิดการลดมลสารในน้ำเสียได้ อีกทั้งการใช้บัวหลวงในการบำบัดน้ำเสียเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้สารเคมี หรือเครื่องกรองต่างๆ บัวสามารถใช้สารอาหารจากน้ำเสียทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกบัวเพื่อการเจริญเติบโตสร้างดอก และฝักได้ดี เป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจช่วยให้เกษตรกรทำนาบัวลดต้นทุนการผลิตจากการต้องซื้อปุ๋ยเคมีมาใช้ในการปลูกบัว และทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้บัวหลวงยังช่วยบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอกด้วย ดังนั้นการปลูกบัวหลวงในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จึงเป็นหนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจ ซึ่งควรมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารของบัวหลวงในน้ำเสียควบคู่กันไปด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของบัวหลวงแดงและบัวหลวงขาว ที่ปลูกด้วยน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของบัวหลวงแดงและบัวหลวงขาว ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ศึกษาการเจริญเติบโตของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และประสิทธิภาพของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมือง จังหวัดสุพรรณบุรีที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน พร้อมทั้งศึกษาการเจริญเติบโต การดูดซับธาตุอาหารของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

บัวหลวง

บัวหลวงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nelumbo nucifera* Geartn. จัดอยู่ในวงศ์ Nymphaeaceae สกุล Nelumbo มีชื่อสามัญว่า Sacred Lotus ชื่ออื่นๆ : บัวหลวง บุณฑริก ปทุม ปทุมมาลย์ สัตตบงกช และอุบล (เสริมลาภ, 2547) ลักษณะทั่วไปเป็นพืชน้ำอายุหลายฤดู ลำต้นมีลักษณะเป็นเหง้า (rhizome) และไหล (stolon) อยู่ใต้ดิน ใบ เป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ ชูเหนือน้ำ รูปเกือบกลม ขอบใบเรียบและเป็นคลื่น ก้านใบและก้านดอกแข็งยาว มีตุ่มเล็กๆทั่วไป เมื่อหักจะมีน้ำยางขาว และเป็นสายใย (Lawrence, 1995) ดอก เป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ ชูเหนือน้ำ กลีบดอกจำนวนมาก เรียงซ้อนกันหลายชั้น ดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก อับเรณูมีสีเหลือง เกสรเพศเมีย ประกอบด้วยรังไข่ที่มี carpel ประมาณ 12-30 หรือมากกว่าแยกออกจากกัน โดยแต่ละ carpel ฝังตัวอยู่ในตอนบนของฐานรองดอก ที่ขยายใหญ่เรียกว่า torus ผล เป็นผลกลุ่ม ผลย่อยแต่ละผลเมื่อแก่แล้วไม่แตก เปลือกแข็ง ผลย่อยมีรูปร่างคล้ายรูปไข่ เปลือกชั้นนอกของเมล็ดอ่อนนุ่ม ไม่มี endosperm มีใบเลี้ยงหนา 2 ใบ ซึ่งสะสมอาหารจำพวกแป้ง (วาสนา, 2527)

บัวหลวงในประเทศไทยมีเพียงชนิดเดียว แต่มีหลายสายพันธุ์ เรียกชื่อต่างกันไปตามขนาดและลักษณะของดอก คือ ดอกเล็กสีขาว เรียก บัวปักกิ่ง บัวหลวงจีนขาว บัวเข็มขาว ดอกเล็กสีชมพู เรียก บัวปักกิ่งชมพู บัวหลวงจีนชมพู บัวเข็มชมพู ดอกสีขาว เรียก บุณฑริก ปุณฑริก ดอกสีชมพู เรียก ประทุม ปทุมมาลย์ ปัทมา โกกระณต ดอกสั้นป้อมสีขาวกลีบซ้อน เรียก สัตตบุษย์ บัวฉัตรขาว ดอกสั้นป้อมสีชมพูกลีบซ้อน เรียก สัตตบงกช บัวฉัตรชมพู (เสริมลาภ, 2547) บัวหลวงมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทย สามารถนำส่วนต่างๆมาใช้ประโยชน์ อาทิ ใช้เป็นไม้ตัดดอก ปลูกเป็นไม้ประดับ ใบใช้ห่อของแทนใบตอง กลีบดอกใช้มวนบุหรี่หรืองานประดิษฐ์ต่างๆ เมล็ดบัวนำมาประกอบอาหารคาวและหวาน เหง้าหรือที่เรียกว่ารากบัวนำมาต้มน้ำตาลรับประทานเป็นอาหารหวานได้ หรือรับประทานดิบๆทำสลัด (บุญลือ, 2546) กลีบดอก เกสรตัวผู้ เมล็ดบัว ดีบัว และฝักบัว ยังมีสรรพคุณเป็นยาบำรุง ยาบรรเทา และใช้เป็นเครื่องสำอางค์ได้อีกด้วย (วุฒิ, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ปัจจัยสำคัญในการปลูกบัว

เสริมลาภ (2547) ได้สรุปปัจจัยสำคัญในการปลูกบัว ดังนี้

1. ผู้ปลูก เป็นปัจจัยสำคัญผู้ปลูกต้องหมั่นดูแลต้นบัวอยู่เสมอ เนื่องจากบัวเป็นพืชที่โตเร็ว และถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนการเจริญเติบโตจะเปลี่ยนเร็วมาก

2. ดิน เป็นดินที่มีธาตุโพแทสเซียมค่อนข้างสูง เช่น ดินเหนียวท้องนา ดินท้องร่อง สวนขุดใหม่ ไม่ควรใช้ดินที่มีซากอินทรีย์วัตถุที่ยังย่อยสลายไม่หมด เพราะจะทำให้น้ำเน่าเสียได้

3. น้ำ มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-8.0 อุณหภูมิของน้ำที่ปลูก 15-35 องศาเซลเซียส ระดับที่เหมาะสมคือ 20-30 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส

4. แสงแดด ควรปลูกในบริเวณที่ได้รับแสงแดดไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน

5. ลม ไม่ควรมีลมโกรกมาก เพราะอาจทำให้กลีบบัวบางพันธุ์ช้ำและเหี่ยวเร็วได้

6. ฤดูกาล บัวเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตให้ดอกได้ตลอดปี แต่ก็มีบางพันธุ์ที่พักตัวในฤดูหนาวหรือฤดูแล้ง เมื่อน้ำในหนองบึงแห้ง ใบจะร่วงและฝังหัวหรือเหง้าอยู่ในดิน จนกว่าสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น ในฤดูฝน เมื่อมีน้ำจึงแตกใบใหม่เจริญต่อไป

2. ความสำคัญทางเศรษฐกิจและการตลาด

ประเทศไทยมีพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติมากคิดเป็นพื้นที่ 36,616.12 ตารางกิโลเมตร และยังไม่มีการใช้ประโยชน์เป็นส่วนใหญ่ ควรได้รับการสนับสนุนจากทางภาครัฐสนับสนุนให้มีการทำงานวิจัยและพัฒนาการปลูกบัวหลวงเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจเช่นเดียวกับประเทศจีน และออสเตรเลีย ผลผลิตที่ได้นำไปใช้ในประเทศและผลิตเป็นสินค้าส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี สหรัฐอเมริกา เป็นต้น เนื่องจากประเทศดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่และแรงงาน มีความจำเป็นต้องสงวนพื้นที่เพื่อใช้ปลูกพืชชนิดอื่นที่มีความต้องการมากกว่า เสริมลาภ (2549) ได้ศึกษาพัฒนาการปลูกบัวหลวงในประเทศไทย เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพของบัวหลวงให้มีผลผลิตที่ใช้ในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออก ราคาดอกบัวจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ดอกบัวมีราคาดีในช่วงเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์ ราคาอยู่ในช่วง 0.80-1.40 บาท และราคาต่ำในช่วงเดือนเมษายน – ตุลาคม ราคาอยู่ในช่วง 0.60-1.20 บาท ราคาเมล็ดบัวแห้งถังละประมาณ 120-400 บาท (ฤดี และคณะ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญลือ และคณะ (2546) เปรียบเทียบผลผลิตและรายได้ของบัวหลวงพันธุ์สัตบงกช ระหว่างดอกกับการเก็บเมล็ดจำหน่าย พบว่าบัวจะให้ผลผลิตดอกตูมหลังจากปลูก 3 เดือน เกษตรกรสามารถเก็บดอกวันเว้นวัน ยกเว้นในช่วงฤดูหนาวเก็บวันเว้น 2 วัน การเก็บดอกจะเก็บในระยะที่ดอกยังตูม โดยตัดให้มีก้านดอกยาว 40-50 เซนติเมตร คัดขนาดแล้วจัดเป็นกำ กำละ 10 ดอก แล้วห่อด้วยใบบัว ตลาดดอกบัวที่สำคัญ คือ ปากคลองตลาด และตลาดจำหน่ายดอกไม้ในทุกจังหวัด โดยมีราคาแต่ละช่วงปีไม่เท่ากัน ดอกบัวมีราคาดีในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ และราคาต่ำในช่วงเดือนเมษายน-ตุลาคม แต่ราคาเฉลี่ยประมาณดอกละ 1 บาท นอกจากนี้ยังมีการส่งดอกบัวไปจำหน่ายในต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย เยอรมัน สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ซึ่งในปี 2534 มีมูลค่าการส่งออก 36,933 บาท (เฉพาะที่ผ่านการออกใบรับรองปลอดศัตรูพืช) การปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ด เกษตรกรผู้ปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ดสามารถเก็บเกี่ยวภายหลังการปลูก 3-4 เดือน นิยมซื้อขายเมล็ดบัวแห้งที่ยังไม่ได้กะเทาะเปลือก เพราะสามารถเก็บไว้ได้นาน เมื่อถึงช่วงที่ตลาดต้องการจึงกะเทาะออกมาจำหน่าย ตลาดรับซื้อเมล็ดบัวภายในประเทศที่สำคัญ คือ ตลาดทรงวาดและตลาดคลองเตย นอกจากนี้มีการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศในปี 2534 มูลค่าประมาณ 1 ล้านบาท ประเทศที่รับซื้อที่สำคัญได้แก่ เกาหลีใต้ สหรัฐอเมริกา และสิงคโปร์ โดยส่วนใหญ่ประเทศไทยผลิตดอกบัวและเมล็ดบัวเพื่อใช้ในประเทศ เนื่องจากยังมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำไม่มากเท่าที่ควร จึงไม่สามารถผลิตบัวหลวงเพื่อการส่งออกได้

น้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง หมายถึง ของเหลวหรือน้ำที่ผ่านการใช้มาแล้วจากบ้านเรือน สถานประกอบธุรกิจการค้าในสถานที่ต่างๆ ตลอดจนการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมด้วย น้ำทิ้งมักมีสิ่งสกปรกต่างๆ ปนเปื้อนมาทั้งในรูปแบบของสารแขวนลอยหรือละลายในน้ำ ความสกปรกหรือความไม่น่าใช้จึงมีมากกว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติ ลักษณะน้ำทิ้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน และรูปแบบของเสียนั้นๆ (พัฒนา, 2539) โดยสามารถแบ่งประเภทของน้ำทิ้งได้ดังนี้

1. น้ำทิ้งชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย โรงแรม ตลาด สำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิด น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบน้ำเสียอุตสาหกรรมแล้ว น้ำเสียชุมชนจะมีลักษณะไม่แตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่ของเสียจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า รถ บ้านเรือน ฯลฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ในกระบวนการอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน ฯลฯ สิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม

3. น้ำทิ้งจากการเกษตร ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรในด้านการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ และการประมง โดยการปนเปื้อนในน้ำเสียประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากมูลสัตว์ และยาปราบศัตรูพืช การปล่อยน้ำเสียออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นต้น (เกษม, 2541)

น้ำเสียจากโรงฆ่าสุกร

น้ำเสียโรงฆ่าสุกรมาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ เช่น การล้างตัวสุกร ล้างเครื่องในการลวก ล้างซาก ล้างพื้น และกิจกรรมอื่นๆ นอกจากนี้ยังมาจากของเสียที่เป็นของส่วนเหลวจากตัวสุกร เช่น เลือด น้ำเหลือง ปัสสาวะ น้ำดี เป็นต้น โดยเฉลี่ยการฆ่าสุกรเกิดน้ำเสียประมาณ 300-500 ลิตรต่อวัน น้ำเสียจากกระบวนการในโรงฆ่าสัตว์ มีค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไขมัน และไนโตรเจนทั้งหมด โดยเฉลี่ยต่อน้ำหนักสัตว์ 1,000 กิโลกรัม คิดเป็น 13.3, 10.3, 5.2 และ1.3 กรัม ตามลำดับ (สมใจ, 2546) มีการปนเปื้อนของมลพิษอยู่ในปริมาณสูง ถ้าหากมีการระบายน้ำโดยไม่ผ่านระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพก็จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์และการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำด้วย

ในเขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี มีโรงฆ่าสัตว์ที่เป็นของเทศบาลจำนวน 1 โรง ทำการฆ่าสุกรเพียงอย่างเดียว โดยจะรวบรวมสุกรที่ต้องการฆ่าในเขตเทศบาลจังหวัดสุพรรณบุรี มาเข้ากระบวนการฆ่าสัตว์ที่โรงฆ่าสัตว์แห่งนี้ประมาณวันละ 25-30 ตัว น้ำเสียจากกระบวนการฆ่า และชำแหละสุกร ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จะถูกปล่อยลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสียแบบผึ่งบ่อที่ 1 ของโรงฆ่าสัตว์ โดยบ่อผึ่งที่ 1 นี้จะรับน้ำเสียโดยตรง จากนั้นจะปล่อยน้ำเสียไหลล้นสู่บ่อผึ่งที่ 2 แต่เนื่องจากทั้ง 2 บ่อมีความลึกประมาณ 2 เมตร จึงไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ และมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูง น้ำเสียที่มาจากกระบวนการฆ่าสัตว์ของโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีของบ่อผึ่งที่ 1 มีบีโอดีประมาณ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลาย 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 60-70 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.93 การนำไฟฟ้า 877 ไมโครซีเมนต์ ออร์โธฟอสเฟต 11.22 มิลลิกรัมต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิตร และฟอสฟอรัสทั้งหมด 12.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการศึกษาในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม (วลัยนุช, 2550) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทยและยังไม่ได้รับการบำบัดให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เพียงแต่รวบรวมน้ำเสียไว้ในบ่อผึ่งของโรงฆ่าสัตว์ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน และไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการฆ่าและชำแหละสุกรขนาดเล็กแบบมาตรฐานที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 5-100 ตัวต่อวัน ลักษณะน้ำเสียรวมก่อนการบำบัดจากกระบวนการฆ่าสุกรในโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กมีค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และไขมันและน้ำมัน เท่ากับ 1,170, 1,580, 670, 192, 8 และ 110 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2541)

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การทำให้ปริมาณมลพิษ หรือสิ่งเจือปนในน้ำลดลง หรือการเปลี่ยนสภาพของเสียให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จิรภา (2545) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์โดยใช้ถังดักไขมัน ถังเกรอะ และถังกรองไร้อากาศ(กรณีศึกษา ณ โรงฆ่าสัตว์ อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย) โดยมี 3 ชุดการทดลองซึ่งแตกต่างกันเฉพาะความสูงของตัวกลางที่บรรจุในถังกรองไร้อากาศคือ 0.9, 1.2 และ 1.5 เมตร ตามลำดับ พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 569.43, 525.24 และ 509.72 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 68.35, 65.06 และ 59.53 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 824.06, 816.94 และ 793.35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการลดซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 77.97, 83.91 และ 70.81% ตามลำดับ รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 คือ 77.30, 82.41 และ 69.94% ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 1 มีค่าต่ำสุด คือ 75.38, 81.51 และ 69.68% ตามลำดับ

ฉัตรชัย (2547) ศึกษาสมรรถนะการบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์โดยถังปฏิกิริยายูเอเอสบีภายใต้การป้อนวันละ 6 ชั่วโมง โดยติดตั้งถังยูเอเอสบีในบริเวณโรงฆ่าสัตว์เทศบาลตำบลสันทรายหลวง อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ ทดลองบำบัดน้ำเสียที่เวลากักเก็บน้ำ 24, 12, 8 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีน้ำเสียเข้าระบบ 6 ชั่วโมง พบว่าระบบยูเอเอสบีสามารถกำจัดซีโอดีได้ในช่วง 61.6-89.8% ประสิทธิภาพที่เวลาเก็บกักน้ำ 12 และ 24 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันมากคือ 89.1 และ 89.8% ตามลำดับ ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 85.1 และ 89.8% ที่เวลากักเก็บ 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ระบบยูเอเอสบีสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นต้นสำหรับน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กได้ที่เวลาการกักเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด

การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครขอนแก่นโดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนและระบบตะกอนเร่ง นริศรา (2548) รายงานว่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของถังกรองไร้ออกซิเจน ระบบตะกอนเร่ง และถังกรองไร้ออกซิเจนร่วมกับระบบตะกอนเร่งมีค่า 69.8, 67.13 และ 90.63% ตามลำดับ ลดค่าบีโอดี 57.99, 58.77 และ 84.94% ตามลำดับ ลดปริมาณของแข็งแขวนลอย 37.65, 46.76 และ 67.7% ตามลำดับ ถ้าใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้งแบบถังกรองไร้ออกซิเจนและแบบตะกอนเร่งควบคู่กันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียมากยิ่งขึ้น

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธีทั้งที่เป็นกระบวนบำบัดทางธรรมชาติและกระบวนการบำบัดที่ต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย แต่ละวิธีนั้นจะมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งกระบวนการบำบัดที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยนั้นจะต้องใช้งบประมาณในปริมาณมากเพื่อใช้จ่ายในกระบวนการติดตั้งระบบบำบัด กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยบำบัดน้ำเสียได้และเสียงบประมาณใช้จ่ายในปริมาณที่น้อย โดยปกติแล้วธรรมชาติจะเกิดกระบวนการต่างๆ ที่จะทำให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติได้ (พัฒนา, 2539)

การบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ แบบกระจายบนดิน (land treatment system) แบบบึงประดิษฐ์ (construct wetland system) และแบบพืชลอยน้ำ (floating aquatic plant treatment system) (เกรียงศักดิ์, 2542) ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชเป็นระบบที่ผสมผสานกระบวนการทางกายภาพและชีวภาพเข้าด้วยกัน หลักการทำงานของระบบประกอบด้วยการกรอง (filtration) หรือการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสีย ด้วยลำต้นของพืชในระบบจากนั้นกระบวนการผ่านออกซิเจนจากลำต้นสู่รากที่บริเวณ ไรโซสเฟียร์ (rhizosphere) ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนสามารถนำไปสู่การย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ (เกษม, 2541) นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพไร้อากาศ ซึ่งอาศัยอยู่ในดินในสภาพน้ำขังมีส่วนในการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกัน

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ

พืชน้ำ (aquatic plants หรือ hydrophytes) หมายถึง พืชที่เจริญเติบได้ในน้ำ โดยมีส่วนของพืชอยู่ใต้น้ำ ลอยอยู่ผิวน้ำ โผล่พ้นน้ำ หรือขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง และรวมถึงพืชที่เจริญเติบโตในบริเวณที่มีน้ำขัง(สุชาดา, 2530) พืชน้ำสามารถเจริญเติบโต ปรับตัว และดำรงชีวิตได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชน้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับมลสารและธาตุอาหารในการเจริญเติบโต การเคลื่อนย้ายออกซิเจนของพืชน้ำ มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน เมื่อพืชน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ในขณะเดียวกันก็จะมีอัตราการสร้างออกซิเจนสูงด้วย การขนส่งออกซิเจนเข้าสู่ราก ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นได้ (Hammer, 1989) ซึ่งศรปราชญ์และคณะ (2545) ได้ศึกษาสมรรถนะในการชักนำออกซิเจนจากบรรยากาศสู่ระบบรากและไรโซเฟียร์ ของธูปฤาษี พบว่าธูปฤาษีมีอัตราการสังเคราะห์แสงของแผ่นใบค่อนข้างสูง และบริเวณปลายของใบมักมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าตอนล่างของใบ นอกจากนี้พืชน้ำมีความสามารถในการดูดมวลสาร สิ่งเจือปน และโลหะหนัก (Brix, 1989) Gazi *et al*.(1999) ศึกษาประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารตะกั่วในน้ำเสียจากทะเลสาป Davis ใน North Dakota โดยใช้แหนเป็ด (*Lemna minor*) พบว่า สามารถเคลื่อนย้ายสารตะกั่วออกจากแหล่งน้ำได้ประมาณร้อยละ 70-80 โดยเก็บสะสมไว้ในต้น ทำให้สารตะกั่วในน้ำลดลง ส่งผลให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

พืชน้ำต่างๆสามารถบำบัดและขจัดธาตุอาหารที่ปนเปื้อนมาในน้ำเสียได้ เพราะรากพืชดูดซับธาตุอาหารพืชในรูปอิออนต่างๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำ แล้วส่งไปให้พืชสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช และทำให้มวลชีวภาพเพิ่มขึ้น จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส จาก Lake Donghu ใน 2 ฤดู คือ ฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิโดยใช้พืชน้ำ 5 ชนิด คือ สาหร่ายพุงชะโด ดีปลีน้ำ สาหร่ายญี่ปุ่น สันตะวาใบข้าว และสาหร่ายหางกระรอก พบว่า สาหร่ายพุงชะโด มีอัตราการเจริญเติบโตสูงในฤดูใบไม้ร่วงเท่ากับ 1.29 และฤดูใบไม่ผลิเท่ากับ 0.58 ในขณะที่สาหร่ายญี่ปุ่น มีอัตราการเจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิต่ำที่สุดเพียง 0.022 และสาหร่ายพุงชะโดมีอัตราการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดถึง 91.75% และ 92.44% ในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิ ตามลำดับ ส่วนสาหร่ายหางกระรอก ดีปลีน้ำ สันตะวาใบข้าวและสาหร่ายญี่ปุ่นมีอัตราการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสทั้งหมดรองลงมา (Gao, 2008) Ayyasamy (2009) ศึกษาการเคลื่อนย้ายไนเทรตจากวัสดุสังเคราะห์และน้ำใต้ดิน โดยใช้พืชน้ำได้แก่ ผักตบชวา จอก และจอกหูหนู พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนได้ 64% ที่ภาวะบรรทุกไนเทรต 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นที่ภาวะบรรทุกไนเทรต 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 80% และ 83% ตามลำดับ ส่วนจอกและจอกหูหนู มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายซัลเฟต และฟอสเฟตสูงกว่าผักตบชวา และจากการศึกษาการใช้ผักบุ้งและผักกระเฉดในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส พบว่า ผักบุ้งมีประสิทธิภาพในการลด ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงกว่าผักกระเฉด แต่การใช้ผักบุ้งและผักกระเฉดสามารถลดค่าซีโอดีได้ไม่ต่างกัน และระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียที่ 20 วัน จะมีความเหมาะสมในการบำบัดมากที่สุดของทั้งผักบุ้งและผักกระเฉด (วิรัตนา, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประยุกต์ระบบบึงประดิษฐ์ขนาดเล็กในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า วิธีการให้น้ำแบบขังน้ำและเติมน้ำเสียเท่ากับส่วนที่สูญเสียไปทุกวัน เนื่องจากไม่มีน้ำเสีย/ของเสียออกจากระบบ มีประสิทธิภาพผลการบำบัดได้ร้อยละ 100 แต่อาจรับน้ำเสียได้ในปริมาณไม่มากนัก เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียในระดับครัวเรือน (กิตติชัย และคณะ,2545) และพบว่า พื้นที่ที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (โดยประมาณ) ต่อประชากร อยู่ในช่วง 2-5 ตารางเมตรต่อประชากร 1 คนต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความสกปรกในน้ำเสียและอัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชน ส่วนระบบให้น้ำแบบไหลล้นกกกลมและธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 51.6 และ 49.2 ตามลำดับ โดยกกกลมมีประสิทธิภาพค่อนข้างสม่ำเสมอมากกว่าธูปฤาษี เพ็ญชุดา (2546) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตย ตาลปัตรฤาษี และแว่นแก้วในระบบบึงประดิษฐ์ โดยการปล่อยน้ำเสียผ่านบ่อทดลอง และเก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกๆ 7 วัน พบว่า เตยหอม ตาลปัตรฤาษี และแว่นแก้วสามารถลดฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และซีโอดีได้ค่อนข้างดี โดยประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละของบ่อต้นเตย ตาลปัตรฤาษี และแว่นแก้วเท่ากับ 88, 97 และ 93 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 59, 58 และ 53 ตามลำดับ ส่วนต้นเตยหอม ตาลปัตรฤาษี และแว่นแก้ว มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 3.95, 2.33 และ 1.80 ตามลำดับ

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้พืชน้ำ ลักษณะของพืชน้ำที่นำมาใช้โดยเฉพาะรากของพืชน้ำ จะทำหน้าที่เสมือนเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย เพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำทิ้งจากหอพักหญิงสถาบันราชภัฏมหาสารคามที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ผักตบชวามีการเจริญเติบโตมากที่สุด และมีน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ในช่วง 2 สัปดาห์แรก คุณภาพน้ำของน้ำทิ้งที่มีผักตบชวามีคุณภาพดีขึ้นคือ ค่าพีเอชเป็นกลาง ค่าออกซิเจนละลายเพิ่มมากขึ้น และบีโอดี ออร์โธฟอสเฟต และ ไนเตรทมีค่าลดลง หลังจากนั้นคุณภาพน้ำมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลง (สุกัลยา และปารวี, 2542) ส่วนการบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์โดยใช้พืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา จอก ผักบุ้ง ผักตบชวาร่วมกับจอก และผักตบชวาร่วมกับผักบุ้ง พบว่า การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวาร่วมกับผักบุ้งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสเฟตและรักษาความเป็นกรด-ด่างได้ดี มีค่า 2.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7.455 ตามลำดับ ส่วนผักตบชวาและผักบุ้งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีได้ดี และมีประสิทธิภาพสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 (สุภาพร, 2549) สร้อยดาว (2534) ปลูกผักตบชวาเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยใช้น้ำทิ้งจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยให้น้ำเสียไหลต่อเนื่องผ่านบ่อทดลอง 5 บ่อ ที่ปลูกผักตบชวาที่มีความหนาแน่น 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม ตามลำดับ และอีก 1 บ่อเป็นบ่อควบคุมที่ไม่มีผักตบชวา พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 76.40-94.40%, 40.25-73.62%, 39.41-69.76% และ 73.78-91.93% ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตของผักตบชวาจะลดลงเมื่อความหนาแน่นเริ่มต้นของผักตบชวาในบ่อมีค่ามากขึ้น โดยมี relative growth rate เท่ากับ 0.067, 0.052, 0.036 และ 0.03 ต่อวัน ที่ความหนาแน่นเริ่มต้นของผักตบชวา 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก/ตารางเมตร) ตามลำดับ การบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงหมูโดยใช้พืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักบุ้ง ผักตบชวา และธูปฤาษี พบว่าภาระรองรับซีโอดี ที่อัตรา 50-300 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน ผักตบชวาสามารถลดซีโอดี ได้มากที่สุด 75-90% ส่วนผักบุ้งสามารถลด ซีโอดี ได้ 20-70% และระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดคือ 20 วัน (Kessombon, 1990) Lou(1994) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียมูลสุกรด้วยระบบพืชน้ำสามขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกบรรจุผักตบชวา ขั้นที่สองและสามบรรจุสาหร่ายและผักบุ้ง ตามลำดับ พบว่า ที่สภาวะบรรทุกสารอินทรีย์สูงจะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่สูง โดยภาระบรรทุกสารอินทรีย์ซีโอดี 395 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดคือ ซีโอดี 93 % บีโอดี 94% ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 95% ฟอสฟอรัสทั้งหมด 61% แอมโมเนีย 93% ไนโตรเจนที่เป็นสารอินทรีย์ 80 % ไนโตรเจนทั้งหมด 97% และ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม 99.80% และที่การบรรทุกสารอินทรีย์ซีโอดี 450 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน ระยะเวลากักเก็บ 8 วัน สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากกว่า 71% Jiang and Xinyuan (1998) ปลูกบัวร่วมกับผักตบชวาจากน้ำเสียในสวนสัตว์ Beijing ประเทศจีน ทำให้น้ำใน Waterfowl Lake and Peony Pavilion Lake มีคุณภาพดีขึ้นโดยลดค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ 58% และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงถึง 38% บีโอดี และซีโอดี มีค่าลดลงเช่นกัน

การนำผักตบชวามาใช้ลดปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งของหน่วยผลิตวงจรไฟฟ้าบริษัทธานินทร์อุตสาหกรรม จำกัด โดยทดลองที่สภาวะคงที่คือ ปริมาตรของน้ำทิ้ง เวลากักกัน และความเข้มข้นของโลหะหนัก พบว่าการดูดกลืนโลหะหนักโดยผักตบชวามีค่าสูงสุดในช่วง 3 วันแรก และลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึง 10 วัน ผักตบชวาขนาดกลางมีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักมากกว่าขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยโลหะหนักจะไปสะสมที่ใบเท่ากับ 11.5-11.8 มิลลิกรัม/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม มากกว่าสะสมที่ก้านใบ ซึ่งอยู่ในช่วง 6.3-6.9 มิลลิกรัม/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม และความทนทานของผักตบชวาต่อพิษของโลหะหนักคือ โครเมียม สังกะสี < นิกเกิล ทองแดง < ตะกั่ว แคดเมียม ประสิทธิภาพของการกำจัดโครเมียม สังกะสี นิกเกิล ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียมคือ 89.86, 91.05, 65.88, 60.85 และ 100% ตามลำดับ (ข้าวทิพย์, 2531) วรพันธ์ (2532) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และผักตบชวาในบึงมักกะสัน พบว่า ความเข้มข้นรวมของของโลหะหนักในน้ำของบึงมักกะสันมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดินของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในดินตะกอนความเข้มข้นของโลหะหนักมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่น โดยจะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ส่วนในผักตบชวามีการสะสมของโลหะหนักสูงเฉพาะในราก ซึ่งการสะสมของปริมาณโลหะหนักที่สูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษและแสดงอาการให้เห็นได้ Mishra(2009) ศึกษาการสะสมโครเมี่ยมและสังกะสีจากสารละลายโลหะโดยใช้ผักตบชวา ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายโลหะ 1.0, 5.0. 10.0 และ 20.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายโครเมี่ยมได้ 95% และสังกะสี 84% ในระยะเวลา 11 วัน และสามารถเคลื่อนย้ายโครเมี่ยมและสังกะสีได้ที่ความเข้มข้น 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

การบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้แหนแดงสามารถทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นได้ เพ็ญจา และคณะ (2538) ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 100, 50 และ 25% ตามลำดับ พบว่า น้ำทิ้งที่ความเข้มข้น 100% มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นหลังจากการบำบัดด้วยแหนแดงที่ 20 วัน สามารถลดค่าบีโอดี ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ในน้ำได้สูงที่สุด ส่วนแหนแดงสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกระดับความเข้มข้น แต่ผลผลิตที่ได้มีคุณลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 100% จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และที่ระดับความเข้มข้น 25%มีการเจริญเติบโตช้าที่สุด นอกจากนี้พืชน้ำชนิดอื่น เช่น ผักบุ้งและต้นบอนก็สามารถทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นได้ โดยสามารถลดค่าบีโอดีและฟอสเฟตได้ Jarmer *et al*. (2545) ใช้พืชบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนโดยใช้โอ่งเป็นระบบบำบัด อาศัยกระบวนการย่อยสลายด้วยการใช้และไม่ใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ตามหลักการของพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยการบำบัดน้ำเสียใช้โอ่ง 2 ใบ เป็นระบบบำบัดหลักและปลูกพืช 2 ชนิด คือ ผักบุ้งและต้นบอน พบว่าสามารถลดค่าบีโอดีจาก 87 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 1.84 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ในโอ่งใบที่ 1 และใบที่ 2 และสามารถลดค่าฟอสเฟตได้จาก 2.55 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ในโอ่งใบที่ 1 และใบที่ 2 ผักบุ้งสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย เพิ่มขึ้นพร้อมกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ของผักบุ้งจะสูงกว่าบ่อผึ่งที่ไม่มีพืชน้ำอาศัยอยู่อย่างชัดเจน

การใช้พืชที่มีอยู่ในแหล่งที่อยู่เดิมธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสียจะเป็นข้อดีเพราะพืชมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อมดิน พืชที่นำมาจากต่างถิ่นมักจะตายหรือเติบโตช้าและบางครั้งอาจเป็นปัญหาให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ (Hammer and Bastian, 1989) บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียสร้างเลียนแบบธรรมชาติ โดยมีคันขอบดิน พื้นก้นบ่อ ที่ให้พืชน้ำยึดเกาะได้ดี พืชน้ำที่นำมาปลูกจะมีทั้งพืชที่มีรากเกาะดิน เช่น ธูปฤาษี บัว กก ฯลฯ พืชที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอกแหน และพืชที่ลอยในน้ำ เช่น สาหร่ายชนิดต่างๆ น้ำเสียจะถูกบำบัดเมื่อไหลผ่านพืชน้ำเหล่านี้โดยรากพืชน้ำจะเป็นแหล่งให้ออกซิเจนให้แก่พวกจุลินทรีย์ที่อาศัยโดยรอบ การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บึงประดิษฐ์ด้วยหญ้าแฝกและผักบุ้งโดยใช้น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ศูนย์บริการก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เจือจางให้มีซีโอดีประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ไหลผ่านแปลงที่ 1 ที่มีอัตราการไหลต่อหน่วยความยาวของความชัน 0.00125 ลูกบาศก์เมตร/เมตร/ชั่วโมง โดยแปลงที่ปลูกผักบุ้งสามารถลดค่าต่างๆได้ดังนี้ บีโอดี 93.7 % ซีโอดี 86.61 % ไนโตรเจนทั้งหมด 90.50 % ของแข็งแขวนลอย 90.28 % และแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกสามารถลดค่าต่างๆได้ดังนี้ บีโอดี 97.76% ซีโอดี 86.61% ไนโตรเจนทั้งหมด 81.74% ของแข็งแขวนลอย 94.28% และอัตราการไหลผ่านแปลงที่ 2 ด้วยอัตราการไหลต่อหน่วยความยาวของความชัน 0.0025 ลูกบาศก์เมตร/เมตร/ชั่วโมง แปลงที่ปลูกผักบุ้งสามารถลดค่าต่างๆได้ดังนี้ บีโอดี 90.07% ซีโอดี 75.09% ไนโตรเจนทั้งหมด 79.87% ของแข็งแขวนลอย 81.14% และแปลงที่ปลูกหญ้าแฝก สามารถลดค่าต่างๆได้ดังนี้ บีโอดี 96.87% ซีโอดี 86.84% ไนโตรเจนทั้งหมด 80.82% ของแข็งแขวนลอย 93.36% โดยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพืชทั้งสองชนิดนี้ไม่แตกต่างกัน (ภัทรา และคณะ, 2546)สุชาดา(2548) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำโดยเปรียบเทียบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) และแบบไหลใต้ผิวตัวกลาง(SF) ที่ระยะเวลากักเก็บ 8, 10 และ 12 วัน ปลูกต้นกกรังกา (*Cyperus alternifolius* L.) ใช้น้ำเสียจากหอพักนักศึกษา เรือนพักบุคลากรและอาคารต่างๆภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบ FWS และ SF ที่ระยะเวลากักเก็บ 8, 10 และ 12 วัน มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดแตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 วัน พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบ FWS มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ยุทธนา (2550) ปลูกต้นกกลังกาและต้นพุทธรักษาเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตปลาส้มด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดิน ที่อัตราบรรทุกทางชลศาสตร์ 16 เซนติเมตร/วัน มีการหมุนเวียนน้ำ 100% มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการบำบัดซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 88, 85, 97, 93, 75, และ 88% ตามลำดับ

การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์โดยใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม และธูปฤาษี ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำต่างๆกัน คือ 3, 7, 11 และ 15 วัน พบว่า พืชทั้งสองชนิดมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมใกล้เคียงกัน สามารถกำจัดซีโอดีประมาณ 97% ไนโตรเจน 90% และฟอสฟอรัส 92% และที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์จะมีการสะสมไนโตรเจนในพืชเท่ากับ 58% ส่วนการดูดซึมฟอสฟอรัสของพืชมีการสะสมเท่ากับ 28% (กฤตธี, 2544) และประสิทธิภาพในการปรับค่าพีเอช ความขุ่น ความนำไฟฟ้า บีโอดี และซีโอดี ของกกกลมและธูปฤาษีนั้นมีค่าไม่ต่างกัน แต่บึงประดิษฐ์ที่ปลูกกกกลม มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มของสีน้ำเสียสูงกว่าบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษี (ประนัดดา และคณะ, 2549) สอดคล้องกับภาร์สุระ (2545) ที่ใช้กกกลม หญ้าแฝก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อินโดนีเซีย และธูปฤาษี ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบหญ้ากรอง พืชทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตะกั่ว และปรอท ได้สูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 80.8, 75.7, 50.7, 63.4, 26.2 และมากกว่าร้อยละ 75 ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดและแคดเมียมไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีหญ้ากรอง และจากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำในระบบการเลี้ยงปลาที่ใช้น้ำหมุนเวียนโดยใช้พืชน้ำ 3 ชนิด คือ กกราชินี กกร่ม และกกอียิปต์แคระ เปรียบเทียบกับธูปฤาษี พบว่า กกราชินีมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีสูงสุด คือ 1499.52 กรัม รองลงมาคือธูปฤาษี กกร่ม และกกอียิปต์แคระ ซึ่งลดค่าบีโอดีได้เท่ากับ 1315.2 1276.8 และ 1094 กรัม ตามลำดับ (อุธร และคณะ, 2539) การบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรแบบกระจายบนดิน โดยระบบน้ำไหลนอง โดยใช้น้ำทิ้งฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อผึ่งและน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และปลูกหญ้าขนเป็นพืชคลุมดิน อลิสรา (2544) รายงานว่า ประสิทธิภาพการบำบัดลดค่า ซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไนเทรต ไนโตรเจนทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าเท่ากับ 42-49%, 37-49%, 36-42%, 28-30%, 14-18%, 37-45% และ 42-4% ตามลำดับ การเจริญเติบโตของหญ้าขนมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ แปลงทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ลักษณะหญ้าขนขึ้นหน้าแน่น ลำต้นอวบมีสีเขียว และมีน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 20-87 กรัม/ตารางเมตร/วัน ส่วนแปลงทดลองที่ใช้น้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำ มีปริมาณหญ้าขนเบาบาง ลักษณะต้นผอม มีสีเขียวปนเหลือง และมีน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 10 เท่า

ปิยวรรณ และคณะ(2548) ใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แฝก 3 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แฝกแหล่งพันธุ์มอนโต สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3 พบว่า แฝกแหล่งพันธุ์มอนโตมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 73.10% และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้สูงสุดเท่ากับ 64.36% ฟอสฟอรัสทั้งหมดได้สูงสุดเท่ากับ83.09 % และโพแทสเซียมได้สูงสุดเท่ากับ 75.63 % แฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎ์ธานีมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้สูงสุดเท่ากับ 68.15% ไนไทรต์ได้สูงสุดเท่ากับ 77.01 % และไนเทรตได้สูงสุด 33.60% การเจริญเติบโตของแฝกแหล่งพันธุ์มอนโตมีการเจริญเติบโต ความสูง ความยาวราก จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักมวลชีวภาพ และรากสูงกว่าแฝกแหล่งพันธ์อื่นๆ

การคัดเลือกชนิดพรรณไม้น้ำที่มีศักยภาพในการปลูกในน้ำเสียชุมชน และนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียด้วยระบบหญ้ากรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยใช้พรรณไม้น้ำ ได้แก่ ธรรมรักษา พุทธรักษา และขิงแดง นั้นพบว่าพุทธรักษา และธรรมรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพน้ำขังสลับแห้ง แต่ขิงแดงไม่สามารถปรับตัวได้ คุณภาพน้ำหลังการบำบัดพบว่า การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บำบัดบีโอดีด้วยต้นพุทธรักษาและธรรมรักษา อยู่ในพิสัยเฉลี่ยร้อยละ 90.5±4.8 และ 86.9±7.3 การบำบัดซีโอดีด้วยพุทธรักษาและธรรมรักษาอยู่ในพิสัยเฉลี่ยร้อยละ 75.5±7.9 และ 75.3±9 แต่ระบบบำบัดนี้ไม่สามารถบำบัด ของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดได้ (สุกัญญา, 2548) การบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกสีชมพู และดินเปล่า ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในพิสัยร้อยละ 96.2 ± 1.9 94.5 ± 5.8 95.7 ± 4.1 และ 96.3 ± 3.2 ตามลำดับ ส่วนการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสทั้งหมด มีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในพิสัยร้อยละ 95.2 ± 2.1 96.6 ± 1 96.2 ± 1.9 และ 95.1 ± 1.7 ; 98.1 ± 1 98.1± 0.8 97.9 ± 09 และ 98.0 ± 0.6 ; 99.2 ± 0.2 99.0 ± 0.2 99.2 ±0.2 และ99.2 ± 0.1 ตามลำดับ พุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียชุมชน (อรทัย, 2550)

ศักดิ์ชัย(2547) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินร่วมกับระบบการระเหยโดยพืช โดยปลูกต้นธรรมรักษาและต้นเข็มในถังที่มีการไหลในแนวดิ่งและถังที่มีการไหลในแนวนอน ใช้น้ำเสียจากหอพักนิสิตหญิงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบแบบต่อเนื่องด้วยอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่างกัน 2 ค่า คือ 8.23 และ 16.46 เซนติเมตร/วัน ถังที่มีการไหลในแนวดิ่งที่อัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ 8.23 เซนติเมตร/วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเท่ากับ 71.27, 63.45, 64.92, 88.00, 88.16 และ 17.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และประสิทธิภาพสูงสุดของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินร่วมกับระบบการระเหยโดยพืชที่มีอัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ 8.23 เซนติเมตร/วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสเท่ากับ 91.81, 92.08, 91.05, 98.27, 96.48 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการระเหยน้ำของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.68 ลิตร/วัน อัตราการดูดน้ำไปใช้ของต้นเข็มอยู่ในช่วง 2.50-3.17 มิลลิลิตร/วัน วรวุฒิ (2547) ได้ประยุกต์ระบบบึงประดิษฐ์ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน โดยพืช 3 ชนิด คือ ต้นธูปฤาษี ต้นพุทธรักษา และต้นธรรมรักษา ที่ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน 1.5 วัน และ 0.75 วัน พบว่า ต้นธูปฤาษีและพุทธรักษา ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงใกล้เคียงกัน และเมื่อระยะเวลากักเก็บน้ำเสียลดลงประสิทธิภาพของระบบลดลงเนื่องจากเป็นการเพิ่มการบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบบำบัด ธูปฤาษีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 1.5 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด โดยบำบัดบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

89.81 ± 4.91 82.26 ± 6.84 67.45 ± 5.92 88.76 ± 3.12 และ 83.81 ± 10.02 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Lamk.) ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้อีกด้วย กฤติกา(2546) แบ่งชุดการทดลองเป็น 4 ปัจจัยคือ ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย(5, 7, และ 10 วัน) ระยะเวลาปล่อยให้แห้ง(3, 5, และ 7 วัน) ชนิดดิน(ดินเลน และดินทราย:ทราย(1:1)) และชุดการททดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในดินเลนที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 10 วัน ปล่อยให้แห้ง 7 วัน สามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสทั้งหมดและออร์แกโนฟอสเฟตได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด 95.96, 98.49, 77.75 และ 77.71% ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในดินเลนที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน ปล่อยให้แห้ง 5 วัน มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีสูงสุดคือ 95.39% สำหรับปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุดคือ 94.20% ในชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในดินเลน:ทราย ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 7 วัน ปล่อยให้แห้ง 3 วัน

การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อย ไม่ต้องอาศัยผู้ชำนาญการมากในการควบคุม รวมทั้งพืชน้ำที่นำมาช่วยในการบำบัดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ซึ่งเป็นการสร้างรายได้อีกทางหนึ่งด้วย บัวหลวงเป็นพืชน้ำชนิดหนึ่งที่สามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียได้และสามารถทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น โดยบัวหลวงสามารถเจริญเติบโตได้ มีความสูง และการแตกกอเพิ่มขึ้น มีการปรับตัวและตั้งตัวได้ดี เมื่อเก็บเกี่ยวให้ผลผลิตสูง

การบำบัดน้ำเสียและการดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักในบัวหลวงมีโดย Mon (2000) ปลูกบัวหลวงในบ่อ มีรูปแบบการทดลอง 4 รูปแบบ คือ บ่อที่ไม่ปลูกบัวหลวง บ่อที่ปลูกบัวหลวงจำนวน 0.5, 1, และ 2 ไหล/ตารางเมตร ตามลำดับ พบว่า ความหนาแน่นของบัวหลวงในบ่อที่มีความหนาแน่นของบัว 1 ไหล/ตารางเมตร และความหนาแน่นของบัว 2 ไหล/ตารางเมตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตทั้งหมดมากกว่า 120 ตัน/เฮกแตร์/ปี และบ่อที่ปลูกบัวด้วยความหนาแน่น 2 ไหล/ตารางเมตร จะให้ผลผลิตส่วนที่เป็นลำต้นและไหลมากที่สุด คือ 38 ตัน/เฮกแตร์/ปี บัวหลวงสามารถดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดได้ 1.73-2.3 % จาก 10.1-14.5 กรัม/ตารางเมตร โดยสะสมในใบ 3.76% ลำต้น 2.25% ราก 2.03% และไหล 2.57% ตามลำดับ และดูดซับฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 0.63-0.99 % จาก 1.2-1.6 กรัม/ตารางเมตร สะสมในใบ 0.27% ลำต้น 0.29% ราก 0.39% และไหล 0.30% ตามลำดับ จากบ่อทดลองทั้งสาม โดยบ่อที่ปลูกบัวหลวงด้วยความหนาแน่น 2 ไหล/ตารางเมตร จะสามารถดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด ผลตอบแทนที่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการปลูกบัวอยู่ในช่วง 350,892-478,726 บาท/เฮกแตร์/ปี โดยไม่มีความแตกต่างกันของทุกบ่อที่มีการปลูกบัว Thongchai and Puetpaiboon (2004) บำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและสาหร่ายหางกระรอก ในบ่อทดลองขนาดความยาว 1.8 เมตร ความกว้าง 0.6 เมตร จำนวน 3 บ่อ ณ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ระยะเวลากักพักน้ำ 5.4 และ 10.5 วัน ตามลำดับ ใช้น้ำเสียจากบึงประดิษฐ์ที่ 2 ในการเดินระบบที่ความลึกน้ำ 0.9 เมตร ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ ได้แก่ พีเอช ของแข็งทั้งหมด บีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย ไนไทรต์ ไนเทรต ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีพืชน้ำให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าระบบบ่อที่ไม่มีพืชหรือบ่อควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีบัวหลวงให้ประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีสาหร่ายหางกระรอกพบว่าค่า พีเอชและของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในบ่อโคลนด้วยการปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลา โดยมีรูปแบบการทดลอง 3 รูปแบบ คือ บ่อที่ปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลา บ่อที่เลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว และบ่อที่ปลูกบัวเพียงอย่างเดียว พบว่า บ่อที่ปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลาและบ่อที่ปลูกบัวเพียงอย่างเดียวสามารถดูดซับธาตุอาหารในบ่อโคลนได้ไม่แตกต่างกัน โดยสามารถดูดซับไนโตรเจนได้ 300 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน จาก 2400 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน และดูดซับฟอสฟอรัสได้ 43 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน จาก 1000 กิโลกรัม/เฮกแตร์/วัน ซึ่งธาตุอาหารจะสะสมในส่วนลำต้นและรากมากที่สุด ส่วนบ่อที่เลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวจะเจริญเติบโตดีกว่าบ่อที่เลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกบัว(Yang *et al.,* 2002)

จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายทองแดง และการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวง (*Nelumbo nucifera*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่า บัวหลวงสามารถเคลื่อนย้ายโลหะหนักและสารอาหารนำไปใช้ได้ดี ทำให้ปริมาณทองแดง ฟอสฟอรัส และสารแขวนลอยในน้ำลดลง และยังทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น(Wu-seng, 1996) (Vajpayee *et al.*, 1999) ศึกษากิจกรรมของพืช ได้แก่ การสังเคราะห์รงควัตถุ การสะสมของโครเมี่ยมและการเป็นพิษในพืช ปฏิกิริยาของไนเทรตและการสังเคราะห์โปรตีนโดยใช้บัวหลวง พบว่า บัวหลวงสามารถดูดโครเมี่ยมได้ดี โดยเคลื่อนย้ายมาสะสมในเนื้อเยื่อ จะพบมากบริเวณส่วนของราก และยังส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของไนเทรตและแอมโมเนียมและเกิดความเป็นพิษในพืช เช่นเดียวกับ (Poornima *et al.,* 1999) รายงานว่า บัวหลวงสามารถสะสมของโครเมี่ยมได้มากถึง 79% โดยปริมาณการสะสมจะมีมากที่สุดบริเวณราก รองลงมาคือบริเวณใบและไหลตามลำดับ ซึ่งการสะสมของโครเมี่ยมจะมีผลไปยับยั้งการสร้างคลอโรฟิลล์และยับยั้งการสร้างและไนเทรตด้วยเช่นกันโดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโครเมี่ยมที่ได้รับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนันต์และวรรณา (2545) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยบัวหลวงพันธ์ดอกสีขาวและดอกสีชมพู ที่ระยะเวลากักเก็บ 15, 20 และ 30 วัน พบว่า ลักษณะน้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 6.64-7.36 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 680-1,405 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณสารอินทรีย์ สารแขวนลอย และฟอสฟอรัสทั้งหมด อยู่ในช่วง 12.4-121, 503-187 และ 4.11-18.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ บ่อควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระยะเวลากักเก็บ 30 วัน ค่าเฉลี่ยร้อยละ 66.57 และบ่อบัวหลวงดอกสีขาวและบ่อบัวหลวงดอกสีชมพูมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลาการกักเก็บ 20 วัน ค่าเฉลี่ยร้อยละ 57.71 และ 47.63 ตามลำดับ สารแขวนลอยทั้ง 3 บ่อ มีประสิทธิภาพสูงสุดขึ้นตามระยะเวลาการกักเก็บ โดยบ่อควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ บ่อบัวหลวงสีชมพู และดอกสีขาว มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.1 76.72 และ 76.25 ตามลำดับ ส่วนบ่อบัวหลวงดอกสีชมพู มีประสิทธิภาพบำบัดฟอสเฟตสูงสุดที่ระยะเวลาการกักเก็บ 20 วัน ค่าเฉลี่ยร้อยละ 58.8 รองลงมาคือ บ่อบัวหลวงดอกสีขาว และบ่อควบคุม มีระยะเวลาการกักเก็บ 30 และ 20 วัน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 50.4 และ 38.7 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถใช้บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาวและดอกสีชมพูเป็นทางเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ระยะเวลาการกักเก็บ 20 วัน และปล่อยให้ตกตะกอนจนปริมาณสารแขวนลอยน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

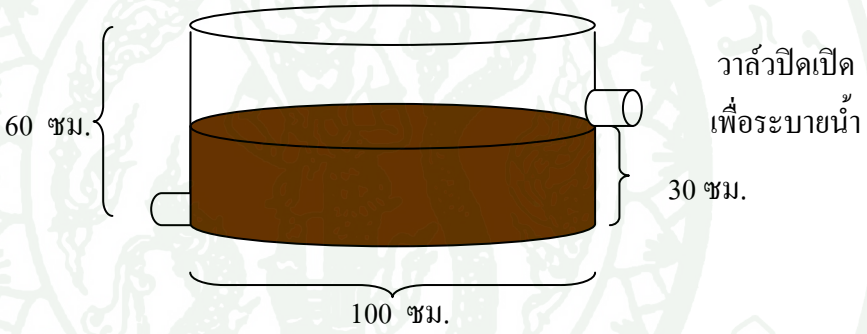
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การใช้บัวหลวงบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

1. การเตรียมบ่อทดลอง

ใช้บ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 60 เซนติเมตร ที่ก้นบ่อมีท่อระบายให้น้ำออกโดยมีวาล์วปิด-เปิด ใส่ดินนาลงในบ่อ เกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วทั้งบ่อและอัดให้หนา 30 เซนติเมตร ในแต่ละบ่อคอนกรีตจะมีน้ำหนักดินโดยประมาณ 1,600 กิโลกรัม และน้ำ 236 ลิตร



ภาพที่ 1 บ่อคอนกรีตกลม

2. การวางแผนการทดทอง

ประกอบด้วยการทดลอง 2 การทดลอง คือ

1.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการในการบำบัดน้ำเสียของบัวหลวง วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) โดยปลูกบัวหลวงแดงและบัวหลวงขาวในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ จังหวัดสุพรรณบุรี ทดลองชุดละ 5 ซ้ำ โดยมีหน่วยการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน่วยการทดลองที่ 1 บ่อบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสีย

หน่วยการทดลองที่ 2 บ่อบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย

หน่วยการทดลองที่ 3 บ่อที่ไม่ปลูกบัวในน้ำเสีย (บ่อควบคุม)

ในการศึกษาทำการทดลอง 5 ซ้ำ จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 15 หน่วยทดลอง

1.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวหลวง วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) โดยปลูกบัวหลวงแดงและบัวหลวงขาวในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ จังหวัดสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ทดลองชุดละ 5 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 ประเภทน้ำที่ใช้ในการปลูกบัวหลวง คือ น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และ น้ำบาดาล

ปัจจัยที่ 2 สายพันธุ์บัวหลวง คือบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดง

ในการศึกษาทำการทดลอง 5 ซ้ำ จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 20 หน่วยทดลอง

3. การปลูกบัว

เพาะเมล็ดบัวหลวงแดง (เมล็ดพันธุ์ได้จากบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์)และบัวหลวงขาว (เมล็ดพันธุ์ได้จากเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรี)ในบ่อคอนกรีตกลมที่ใส่ดินนาสูง 30 เซนติเมตรบ่อละ 4 ต้น อนุบาลบัวด้วยน้ำประปา เมื่อบัวอายุครบ 2 เดือน มีจำนวนใบเฉลี่ย 10 ใบต่อบ่อ และพื้นที่ใบเฉลี่ย 279.4 ตารางเซนติเมตร ไขน้ำในบ่อออกให้หมดจึงใส่น้ำเสียในบ่อที่ปลูกบัวและบ่อที่ไม่ปลูกบัวจนเต็มบ่อตามแผนการทดลองในข้อ 2 ทดสอบการเจริญเติบโตของบัวในน้ำเสียและการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียในบ่อบำบัด เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 15 วัน โดยเปลี่ยนน้ำ 100 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเก็บตัวอย่างดินและน้ำ

เก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกบัวหลวง อย่างละ 3 จุด นำมาผสมให้เข้ากันเป็น 1 ตัวอย่าง จึงนำไปวิเคราะห์ค่า Basic Soil Fertility Test, N, P, K, Na, Ca, และ Mg

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ก่อนใส่ในบ่อทดลอง และหลังการปลูกบัวหลวงทุก 15 วัน โดยเริ่มเก็บในเดือนที่ 2 จนครบ 4 เดือน นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี โดยวิเคราะห์น้ำในบ่อที่ใส่น้ำเสียที่ปลูกบัวหลวงและไม่ปลูกบัวหลวง

5. วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

วิเคราะห์ตัวอย่างดินทางเคมี วิเคราะห์ดินก่อนการปลูกบัวหลวงโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินอย่างละ 3 จุด นำมาผสมให้เข้ากันเป็น 1 ตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินที่กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน โดยการผึ่งดินให้แห้ง แล้วบดดินด้วยเครื่องบด จากนั้นร่อนดินที่บดด้วยตะแกรงทองเหลืองขนาด 2 มิลลิเมตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน ดังนี้ (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2548)

1) ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) โดยวิธี Bouyoucos hydrometer method

2) ค่าพีเอช (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 ด้วยเครื่อง pH meter

3) ค่าประจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation exchange capacity: CEC) โดยวิธี Kjeldahl method

4) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley and Black method

5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P)โดยวิธี Bray II method

6) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca, และ Mg) โดยวิธี 1N ammonium acetate pH 7.0 , Atomic absorption photometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทางเคมี วิเคราะห์น้ำในบ่อที่ใส่น้ำเสียทั้งที่ปลูกบัวหลวงและไม่ปลูกบัวหลวงก่อนและหลังการบำบัด โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามที่อธิบายใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Treatment (APHA, AWWA and WEF, 2005)

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter
2) อุณหภูมิ โดยใช้เครื่อง EC/TDS/Temperature/%NaCl
3) ความนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง EC/TDS/Temperature/%NaCl
4) ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยเครื่อง Dissolved Oxygen meter
5) Biochemical Oxygen Demand (BOD) โดยวิธี Five-Day BOD Method
6) ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) โดยวิธี Kjeldahl Method
7) NH_4^+ โดยวิธี Kjeldahl Method
8) ออร์โธฟอสเฟต (Ortho PO_3^{2-}) โดยวิธี Ascorbic Acid Method

การคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \left[\frac{\text{คุณภาพน้ำก่อนบำบัด} - \text{คุณภาพน้ำหลังบำบัด}}{\text{คุณภาพน้ำก่อนบำบัด}}\right] \times 100$$

7. การเจริญเติบโตของบัวหลวง

วัดการเจริญเติบโตของบัวหลวงเมื่อบัวมีอายุ 2, 3 และ 4 เดือน ในบ่อที่ปลูกบัวหลวงในน้ำเสียและน้ำประปา โดยนับจำนวนใบ วัดขนาดใบบัว พร้อมทั้งบันทึกวันที่ออกดอกแรก วันที่ติดฝัก และนับจำนวนดอก เมื่อบัวอายุครบ 4 เดือน นำต้นและรากไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นและรากเพื่อหาน้ำหนักชีวมวล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การหาพื้นที่ใบของบัวหลวง คำนวณได้จากสมการ

$$\text{พื้นที่ใบ} = A \times B \times k$$

A = ส่วนที่กว้างที่สุดของใบบัว

B = ส่วนที่ยาวที่สุดของใบบัว

k = ค่าคงที่ (= 0.84)

ค่า k คำนวณได้จาก

$$k = \frac{\text{พื้นที่ที่ได้จากนับจริง}}{A \times B}$$

8. วิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากบัวหลวงในเดือนที่ 4 โดยแยกส่วนใบ และ ราก+ไหล นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จนน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมดในบัวหลวง

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl method
2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Vanado molybdate yellow color

9. วิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลลักษณะต่างๆ ที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan' s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

สถานที่ในการดำเนินทำการวิจัย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี ฯ ภาคตะวันตก จังหวัดสุพรรณบุรี

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ห้องปฏิบัติการภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2552

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ก่อนปล่อยออกสู่ระบบระบายน้ำรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การปลูกบัวหลวง 2 สายพันธุ์ คือ บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงด้วยเมล็ด ใช้ดินนาที่มีเปอร์เซ็นต์ clay 77.6 เปอร์เซ็นต์ silt 13.8 เปอร์เซ็นต์ และ sand 8.6 เปอร์เซ็นต์ pH 5.4 สารอินทรีย์ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 0.067 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 8, 91, 4,030 และ 720 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 1) ใส่น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีโดยเริ่มใส่น้ำเสียเมื่อบัวอายุ 8 สัปดาห์ เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 15 วัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ศึกษาการเจริญเติบโตของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ในบ่อบำบัด ได้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโต

1.1 จำนวนใบ (ใบต่อบ่อ) พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวง พบว่า จำนวนใบและพื้นที่ใบของบัวหลวงช่วงอายุ 10 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนใบและพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 14.85 ใบต่อ4 ต้น และ 650.59 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 จำนวนใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียและน้ำบาดาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนใบสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยสัปดาห์ที่ 12 และ 14 บัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนใบสูงเท่ากับ 28.0 และ 35.2 ใบต่อบ่อ ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสีย ส่วนในสัปดาห์ที่ 16 บัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 41.6 ใบต่อบ่อ ในขณะที่บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลสัปดาห์ที่ 14 มีจำนวนใบไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล แต่สัปดาห์ที่ 12 และ 16 บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีจำนวนใบสูงแตกต่างกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 3)

พื้นที่ใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียและน้ำบาดาล สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีพื้นที่

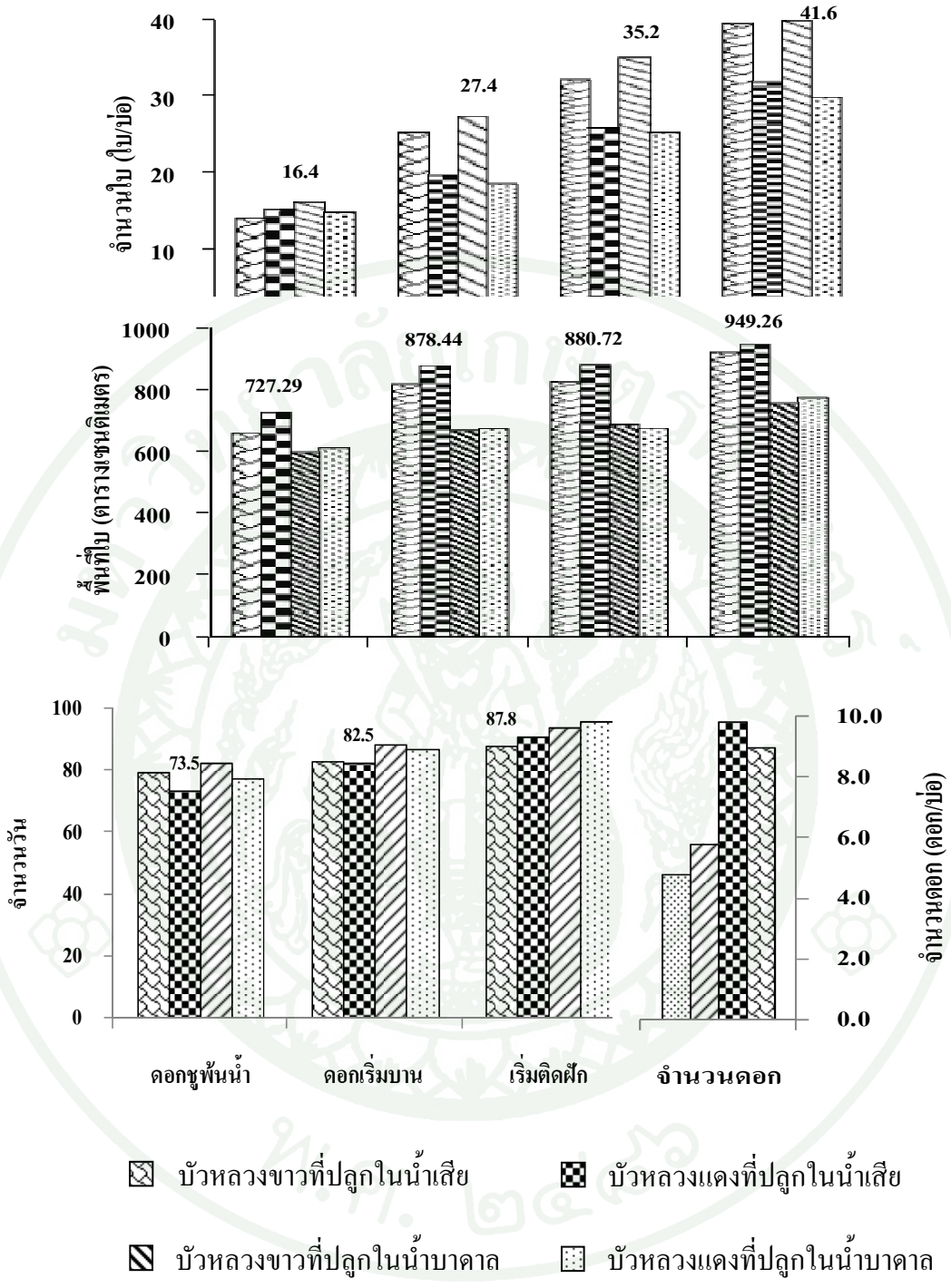
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีพื้นที่ใบสูงเท่ากับ 878.44, 880.72 และ 949.26 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แต่มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสีย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 821.03, 829.76 และ 924.13 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลมีพื้นที่ใบไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 4)

1.2 จำนวนดอก (ดอกต่อบ่อ) จำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำ ดอกเริ่มบาน และติดฝัก (วัน)

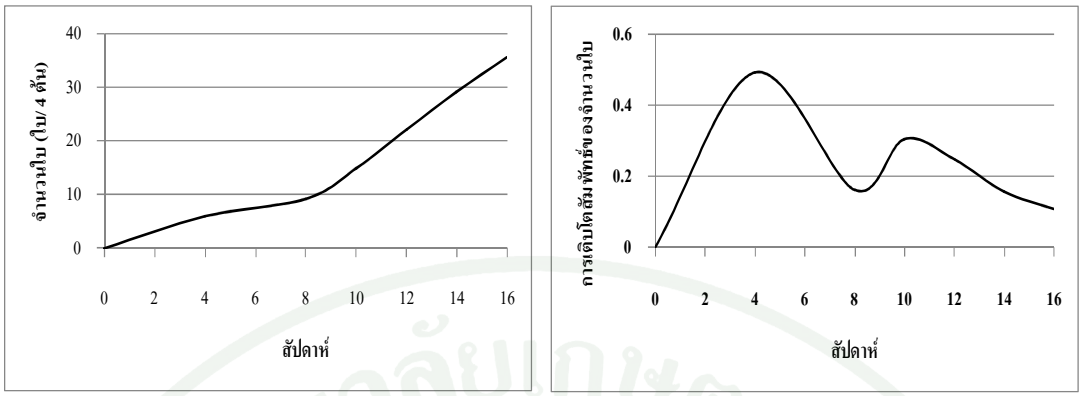
การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวง พบว่า จำนวนดอกของบัวหลวงอายุ 16 สัปดาห์ จำนวนวันที่ดอกเริ่มชูพ้นน้ำ จำนวนวันที่ดอกเริ่มบาน และเริ่มติดฝักของบัวหลวงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนดอกสูง เท่ากับ 9.8 ดอกต่อบ่อ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 9.0 ดอกต่อบ่อ ในขณะที่บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีจำนวนดอกไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน จำนวนวันที่ดอกเริ่มบาน เริ่มโผล่พ้นน้ำ และเริ่มติดฝักของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีค่าน้อยกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 73.5 วัน จำนวนวันที่ดอกเริ่มบานของบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียมีค่าน้อยเท่ากับ 82.5 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสีย ในขณะที่บัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลมีจำนวนวันที่ดอกเริ่มบานไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน ส่วนบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีจำนวนวันที่เริ่มติดฝักน้อยที่สุดเท่ากับ 87.8 วัน และจำนวนวันที่เริ่มติดฝักของบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล และไม่แตกต่างกับบัวหลวงหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสียเช่นกัน (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบ (ใบต่อบ่อ) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) และจำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำ ดอกเริ่มบาน เริ่มติดฝัก (วัน) และจำนวนดอก (ดอกต่อบ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(A) **(B)**

ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเติบโตแบบซิกมอยด์ของจำนวนใบบัวหลวง (A) และกราฟแสดงอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของจำนวนใบบัวหลวง (B)

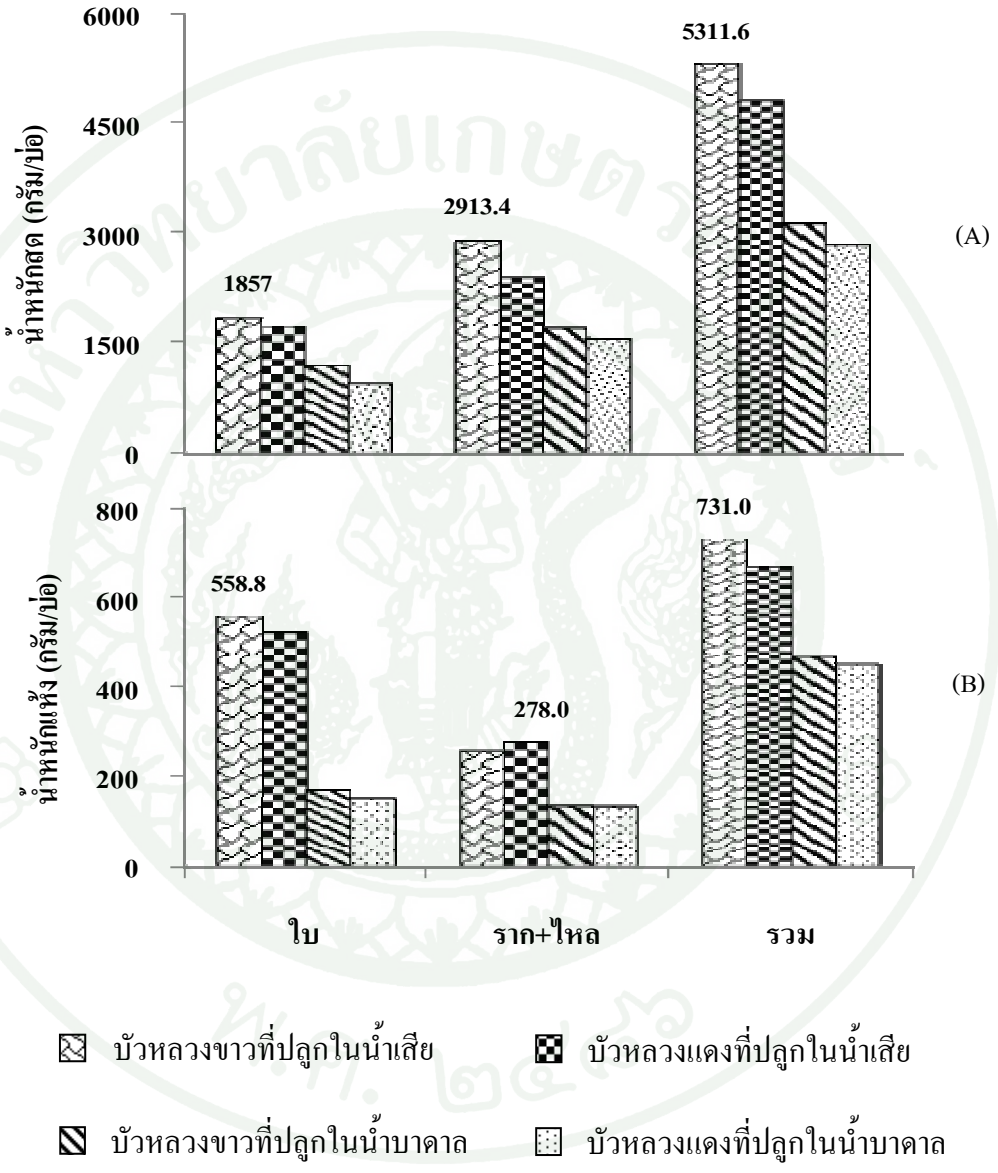
1.3 น้ำหนักสด(กรัมต่อบ่อ) น้ำหนักแห้ง(กรัมต่อบ่อ)

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) พบว่า น้ำหนักสดของใบและน้ำหนักสดรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และน้ำหนักสดของราก+ไหลของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) น้ำหนักสดของใบ ราก+ไหลและน้ำหนักสดรวมของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีค่าสูงกว่าปลูกหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีน้ำหนักสดของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวมสูง เท่ากับ 1857.0, 2913.4 และ 5311.6 กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 1729.0, 2408.0 และ 4800.0 กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักสดของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวมของบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 6)

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) พบว่า น้ำหนักแห้งของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีน้ำหนักแห้งของใบ ราก+ไหลและน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีน้ำหนักแห้งของใบและราก+ไหล สูง เท่ากับ 558.8 และ 258. กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย ส่วนบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีน้ำหนักแห้งรวมสูงสุด เท่ากับ 731.0 กรัมต่อบ่อ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวมของบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 7)



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำหนักสดในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์สูงกว่าปริมาณน้ำหนักสดในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักสดรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) ปริมาณน้ำหนักแห้งในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์สูงกว่าปริมาณน้ำหนักแห้งในส่วนใบ ราก+ไหล และน้ำหนักแห้งรวม(กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การสะสมธาตุอาหารในพืช

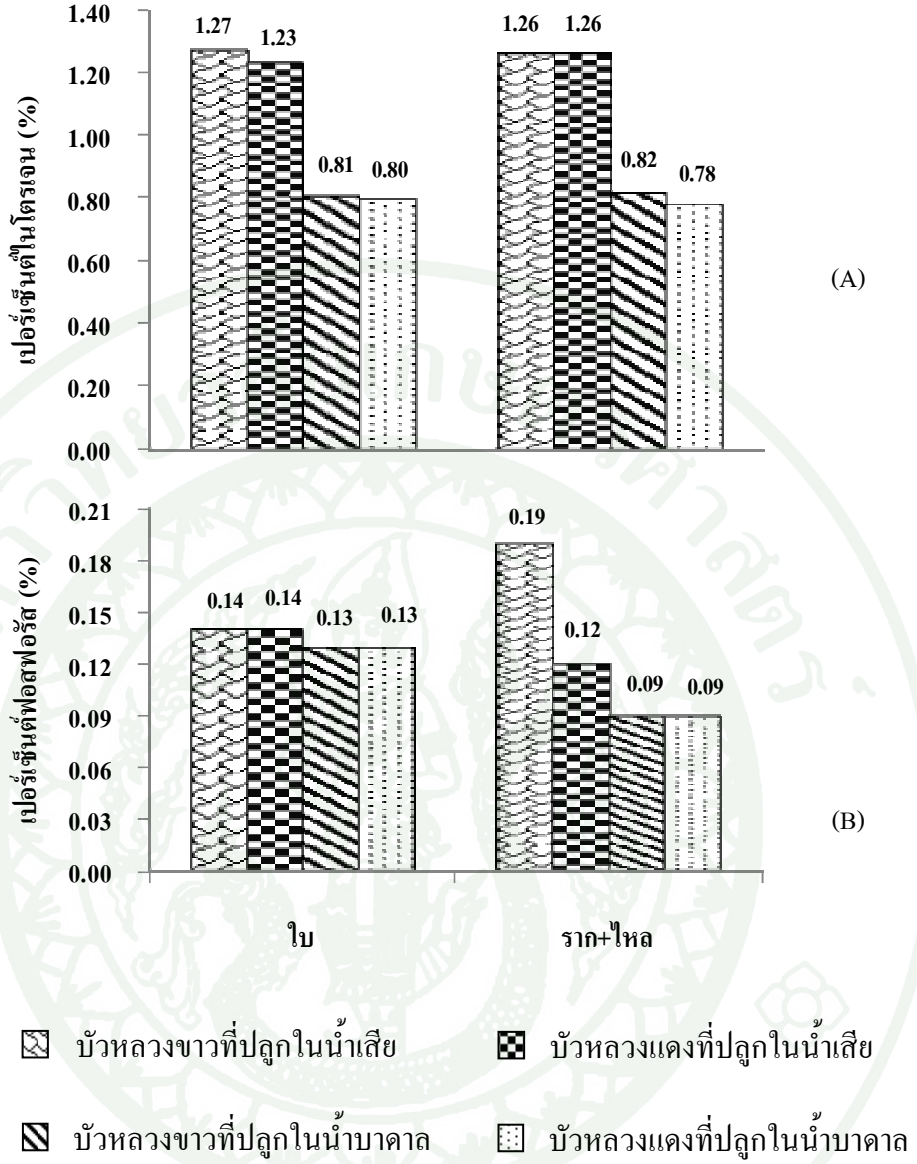
2.1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในพืช

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวง พบว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในส่วนใบและราก+ไหลสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบ และราก+ไหลสูง เท่ากับ 1.27 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย ในขณะที่บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในส่วนใบและราก+ไหลไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 8)

2.2 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในพืช

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในส่วนใบของบัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียและน้ำบาดาลไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในส่วนราก+ไหลของบัวหลวงทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในน้ำเสียและน้ำบาดาลมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสะสมในส่วนราก+ไหลสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงสุด เท่ากับ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในส่วนราก+ไหลไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) เปอร์เซ็นต์การสะสมฟอสฟอรัสในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การสะสมฟอสฟอรัสในส่วนใบ (%) และราก+ไหล (%) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

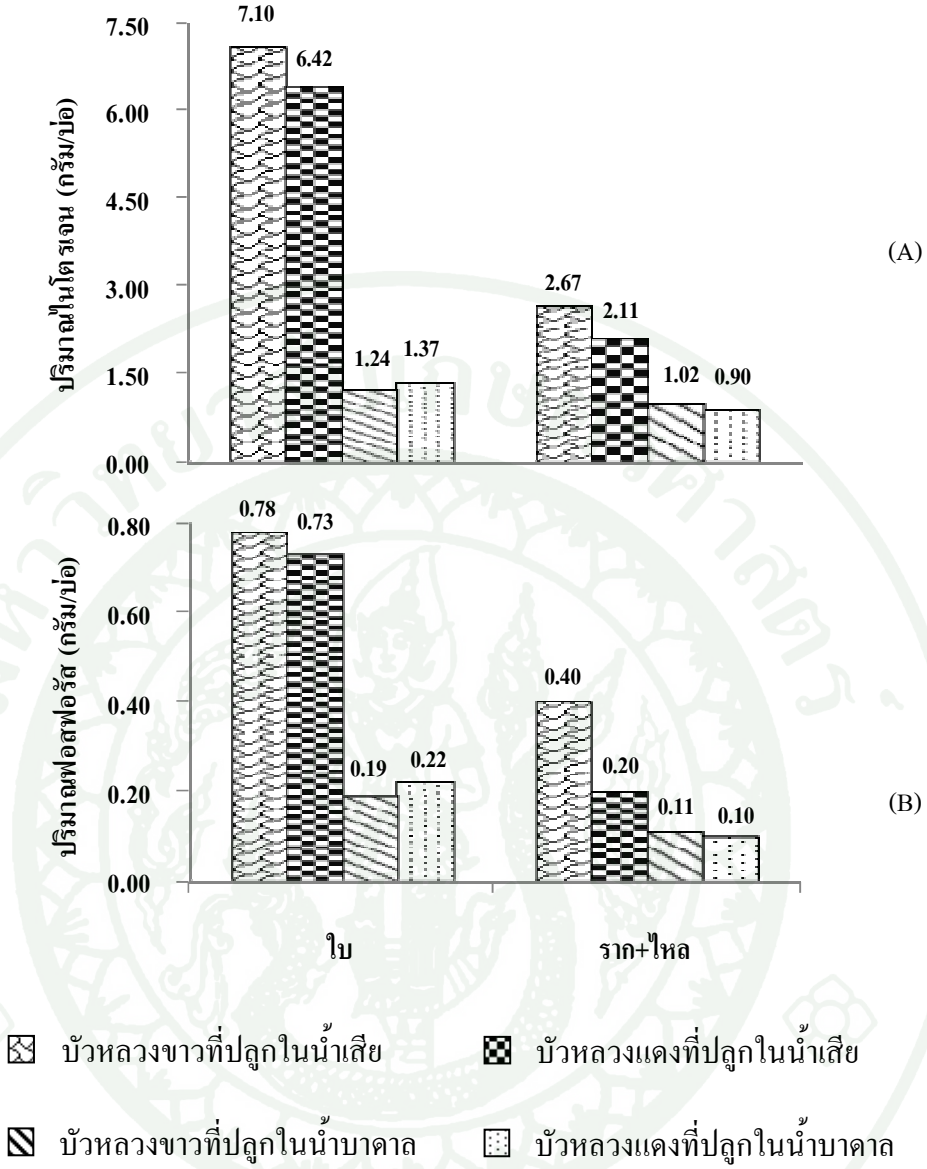
2.3 ปริมาณไนโตรเจนในพืช

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบและราก+ไหลสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบ และราก+ไหลสูงสุด เท่ากับ 7.10 และ 2.67 กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย และปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำบาดาลมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาลเช่นกัน (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 9)

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสในพืช

การใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์และน้ำบาดาลปลูกบัวหลวง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนใบของบัวหลวงทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) บัวหลวงที่ปลูกในน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในส่วนใบและราก+ไหลสูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนใบสูง เท่ากับ 0.78 กรัมต่อบ่อ ไม่แตกต่างกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำเสีย ในขณะที่บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนราก+ไหลสูงสุด เท่ากับ 0.40 กรัมต่อบ่อ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนราก+ไหลของบัวหลวงขาวที่ปลูกในบาดาลมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับบัวหลวงแดงที่ปลูกในบาดาล (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (A) ปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในส่วนใบ ราก+ไหล (กรัม/บ่อ) ของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. คุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพของบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

การปลูกบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงเพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยมีน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีในบ่อทดลองที่ไม่ปลูกบัวเป็นชุดควบคุม น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีอุณหภูมิ 27.0, 31.7, 30.7 และ 35.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ คุณภาพน้ำภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวง มีดังนี้

3.1 ความเป็นกรด-เบส (pH)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าความเป็นกรด-เบส 9.12, 8.16, 7.55 และ 9.00 ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงในสัปดาห์ที่ 10 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง มีค่าลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่น้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยเท่ากับ 7.21 และ7.26 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าความเป็นกรด-เบสได้ดีเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 20.94 และ 20.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อควบคุมมีค่าเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7.43 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเป็นกรด-เบสได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัดเท่ากับ 18.53 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 ค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ในบ่อที่ปลูกบัวหลวงไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมทางสถิติ น้ำทิ้งในบ่อควบคุม สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.61, 7.58 และ 7.19 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 6.74, -0.45 และ 20.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาว มีประสิทธิภาพในการบำบัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7.11, 0.42 และ 19.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.74, -0.17 และ 19.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2-4 และตารางผนวกที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีความนำไฟฟ้า 1,636, 2,218, 2,314 และ 2,162 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง ในสัปดาห์ที่ 10 ความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมทางสถิติ โดยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงและบ่อควบคุมทำให้น้ำทิ้งมีค่าความนำไฟฟ้า 1,796, 1805 และ 1,913 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และไม่สามารถบำบัดความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งได้ โดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อเทียบกับก่อนบำบัดเท่ากับ -9.78, -10.33 และ -16.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 ความนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ในบ่อที่ปลูกบัวหลวงมีค่าลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 มีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 2,153, 2,221 และ 2,026 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความนำไฟฟ้าเมื่อเทียบกับก่อนการบำบัด เท่ากับ 2.91, 4.02 และ 6.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่ปลูกบัว ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงทั้ง 2 ชนิด มีค่าความนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวมีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1,978, 2,001 และ 1,497 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความนำไฟฟ้าให้ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัดได้สูงสุด มีเท่ากับ 10.80, 13.53 และ 30.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 1,990, 2,004 และ 1,734 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพรองลงมาในการบำบัดความนำไฟฟ้าให้ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 10.26, 13.40 และ 19.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2-4, ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 10)

3.3 ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solid: TDS)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12,14 และ 16 มีค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 818, 1,109, 1,152 และ 1,079 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า สัปดาห์ที่ 10 ค่าของแข็งละลายน้ำมีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุมทางสถิติ โดยน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 898, 901 และ 957 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ -9.85, -10.21 และ -17.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด (ตารางที่ 1, ภาพที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 12 , 14 และ 16 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงสามารถลดค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีได้มีค่าแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 มีค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 1,085, 1,109 และ 1,104 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 2.16, 3.69 และ 6.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาว สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 มีค่าของแข็งละลายน้ำไม่แตกต่างกับน้ำทิ้งที่ปลูกบัวหลวงแดง โดยมีค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 989, 1,002 และ 749 กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดของแข็งละลายน้ำได้เมื่อเทียบน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 10.82, 12.98 และ 30.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 995, 1,005 และ 853 กรัมต่อบ่อ ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 10.28, 12.72 และ 20.91 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2-4, ภาพที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 10)

3.4 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved: DO)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 4.2, 3.1, 3.1 และ 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า สัปดาห์ที่ 10 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุมทางสถิติ โดยน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุมมีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 7.2, 8.0 และ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 73.49, 92.29 และ 57.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 10)

ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 14 น้ำทิ้งในบ่อควบคุมสัปดาห์ที่ 12,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14และ 16 มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 3.3, 3.2 และ 3.5 มิลลิกรัม ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 6.45, 2.58 และ 112.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนคุณภาพน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาวมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 7, 6.3 และ 6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งได้สูงเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 125.81, 103.23 และ 275.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับคุณภาพน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงทางสถิติซึ่งมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้นเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 6.4, 5.8 และ 6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้สูงเท่ากับ 106.45, 85.81 และ 300.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2-4, ภาพที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 10)

3.5 บีโอดี (Biochemical Oxygen demand: BOD)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าบีโอดีเท่ากับ 59.5, 41.0, 64.0 และ 60.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ในสัปดาห์ที่ 10, 14 และ 16 มีค่าบีโอดีลดลงแตกต่างกันกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนสัปดาห์ที่ 12 ค่าบีโอดีในบ่อน้ำทิ้งที่ปลูกบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีค่าแตกต่างจากน้ำทิ้งในบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุมมีค่าบีโอดีเท่ากับ 20.2, 22.8, 13.5 และ 49.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการลดค่าบำบัดบีโอดีได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 66.05, 44.39 , 78.91 และ 18.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาว สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกับน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดง โดยมีค่าบีโอดีเท่ากับ 7.0, 18.4, 9.2 และ 6.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 88.24, 55.12, 85.63 และ 89.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าบีโอดีเท่ากับ 9.4, 19.2, 9.4 และ 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 84.20, 53.17, 85.31 และ 87.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1-4, ภาพที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 45.14, 43.65, 47.3 และ 16.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง ในสัปดาห์ที่ 10-16 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุมสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 12.63, 12.08, 21.2 และ 16.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 72.02, 72.33, 55.17 และ 0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาว สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 1.37, 1.50, 14.8 และ 7.21 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 96.96, 96.56, 68.71 และ 56.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 10 และ 12 บัวหลวงขาวทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่าน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดง (ตารางที่ 1 และ 2) ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 3.6, 5.16, 12.4 และ 6.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 92.02, 88.18, 73.78 และ 60.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1-4, ภาพที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 10)

3.7 แอมโมเนียม (NH_4^+)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าแอมโมเนียมเท่ากับ 43.45, 49.90, 42.80 และ 37.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า สัปดาห์ที่ 10, 12 และ 14 ค่าแอมโมเนียมในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวและบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุมมีค่าแอมโมเนียมเท่ากับ 3.12, 4.52 และ 13.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียมได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 92.82, 90.94 และ 91.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนียมได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 93.83, 91.14 และ 93.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การลดแอมโมเนียมได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 93.74, 88.38 และ 92.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ (ตารางที่ 1-3, ภาพที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 16 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง สามารถลดค่าแอมโมเนียมในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีได้ แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยน้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุมมีค่าแอมโมเนียมเท่ากับ 2.98 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนียมได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 91.97 เปอร์เซ็นต์ น้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวสามารถลดค่าแอมโมเนียมในน้ำทิ้งได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนียมในน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 97.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงสามารถลดค่าแอมโมเนียมได้ เท่ากับ 2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม โดยมีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนียมในน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 92.56 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4, ภาพที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 10)

3.8 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus)

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 13.85, 11.37, 13.15 และ 12.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า สัปดาห์ที่ 10 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยน้ำทิ้งในบ่อบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุมมีค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 10.68, 10.19 และ 10.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัดเท่ากับ 22.86, 26.40 และ 22.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 12 และ 14 น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) กับน้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม น้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม สัปดาห์ที่ 12 และ 14 มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 8.77 และ 9.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 22.87 และ 25.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกับน้ำทิ้งที่ปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวงขาว และมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งได้สูงสุดเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 75.46 และ 37.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 73.61 และ 33.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และ 3, ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 10)

สัปดาห์ที่ 16 น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ภายหลังการบำบัดด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดง มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับน้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม น้ำทิ้งในบ่อควบคุมมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 8.58 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้ง เท่ากับ 29.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกับน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาว โดยน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 7.47 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งเท่ากับ 38.72 เปอร์เซ็นต์ และน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 7.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งเท่ากับ 38.31 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4, ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงอายุ 10 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ /1				CV	LSD	F
	ชนิดบัว						
	ก่อนบำบัด	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	(%)	95%	Test
Temperature(°c)	27.0	28.8	28.9	29.2			
pH	9.12	7.43b /2	7.21a	7.26a	1.4	0.14	*
EC(µs/cm)	1636	1913	1796	1805	6.4	161.24	ns
TDS(ppm)	818	957	898	901	6.2	78.96	ns
DO(mg/l)	4.2	6.5	7.2	8.0	17.7	1.77	ns
BOD(mg/l)	59.5	20.2b	7.0a	9.4a	39.6	6.66	**
NaCl(%)	4.00	4.34b	3.92a	3.90a	2.5	0.14	**
TKN(mg/l)	45.14	12.63c	1.37a	3.60b	10.1	0.82	**
NH_4^+(mg/l)	43.45	3.12	2.68	2.72	12	0.47	ns
Phosphate(mg/l)	13.85	10.79	10.68	10.19	5.1	0.74	ns

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 12 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ /1				CV	LSD	F
	ชนิดบัว						
	ก่อนบำบัด	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	(%)	95%	Test
Temperature(°c)	31.7	30.1	29.8	29.9			
pH	8.16	7.61	7.58	7.61	0.90	0.92	ns
EC(µs/cm)	2218	2153b /2	1978a	1990a	2.80	80.00	**
TDS(ppm)	1109	1085b	989a	995a	2.60	36.35	**
DO(mg/l)	3.1	3.3a	7.0b	6.4b	10.60	0.81	**
BOD(mg/l)	41.0	22.8b	18.4a	19.2a	11.40	3.15	*
NaCl(%)	4.35	4.72b	4.30a	4.32a	3.20	0.19	**
TKN(mg/l)	43.65	12.08c	1.50a	5.16b	41.00	3.53	**
NH_4^+(mg/l)	49.90	4.52	4.42	5.80	27.80	1.88	ns
Phosphate(mg/l)	11.37	8.77b	3.00a	2.79a	5.80	0.38	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 14 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ /1				CV	LSD	F
	ชนิดบัว						
	ก่อนบำบัด	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	(%)	95%	Test
Temperature(°c)	30.7	33.8	31.9	32.0			
pH	7.55	7.58	7.52	7.56	1.00	0.11	ns
EC(µs/cm)	2314	2221b /2	2001a	2004a	3.40	97.42	**
TDS(ppm)	1152	1109b	1002a	1005a	3.60	51.37	**
DO(mg/l)	3.1	3.2a	6.3b	5.8b	28.80	2.02	*
BOD(mg/l)	64.0	13.5b	9.2a	9.4a	10.00	1.47	**
NaCl(%)	4.70	4.90b	4.24a	4.38a	5.90	0.36	**
TKN(mg/l)	47.3	21.2b	14.8a	12.4a	16.10	3.58	**
NH_4^+(mg/l)	42.80	3.58	2.84	3.34	26.30	1.18	ns
Phosphate(mg/l)	13.05	9.66b	8.69a	8.26a	4.60	0.56	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ดีขึ้น หลังปลูกด้วยบัวหลวงขาว และบัวหลวงแดงอายุ 16 สัปดาห์ (ปลูกบัวหลวงด้วยเมล็ด)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ /1				CV	LSD	F
	ชนิดบัว						
	ก่อนบำบัด	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	(%)	95%	Test
Temperature(°c)	35.3	30.12	30.58	30.52			
pH	9.00	7.19	7.23	7.21	1.40	0.14	ns
EC(µs/cm)	2162	2026b /2	1497a	1734a	12.40	300.71	**
TDS(ppm)	1079	1004b	749a	853a	12.00	143.29	**
DO(mg/l)	1.7	3.5a	6.2b	6.6b	8.40	0.63	**
BOD(mg/l)	60.6	49.6b	6.2a	7.4a	22.90	6.65	**
NaCl(%)	4.70	4.4b	3.24a	3.82ab	11.60	0.61	**
TKN(mg/l)	16.75	16.62b	7.21a	6.63a	20.50	2.91	**
NH_4^+(mg/l)	37.10	2.98b	1.00a	2.76b	17.90	0.55	**
Phosphate(mg/l)	12.19	8.58b	7.52a	7.47a	8.40	0.91	*

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

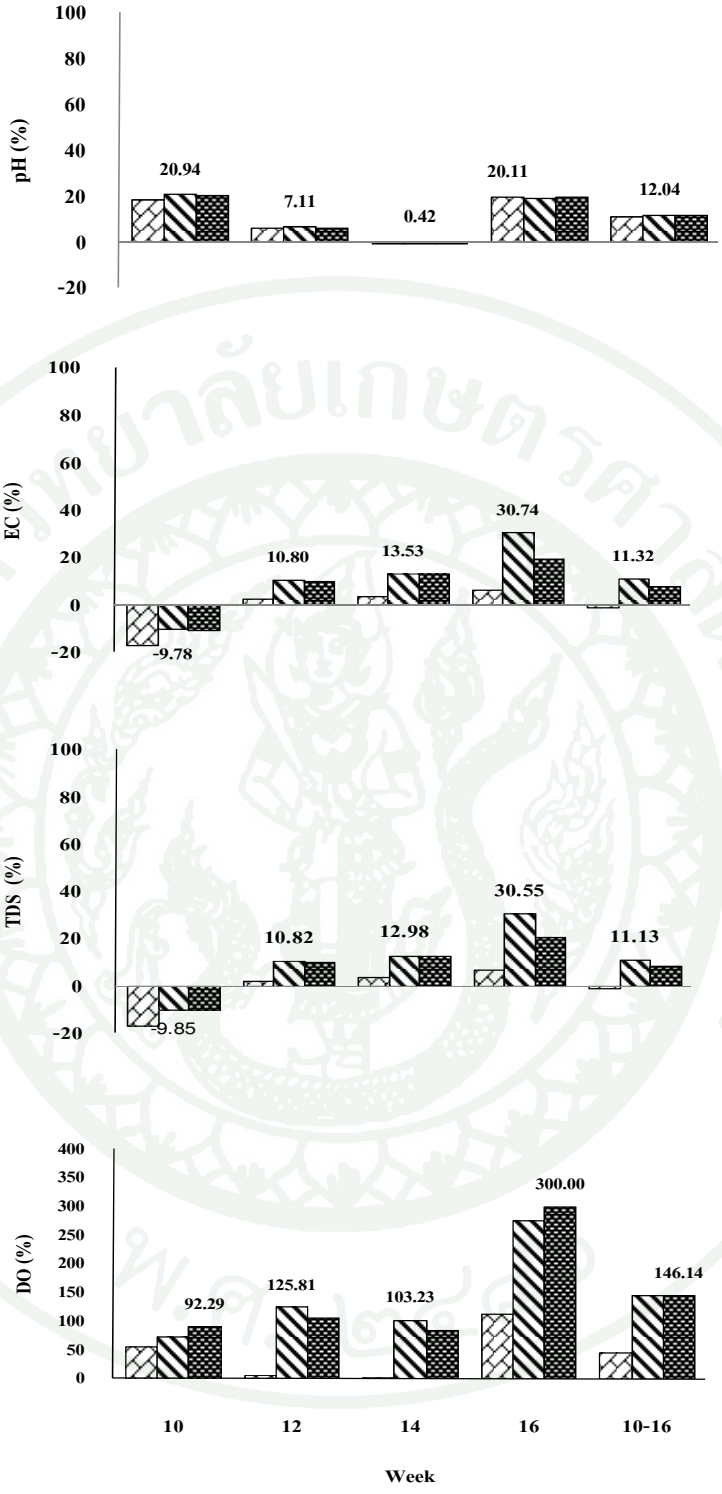
/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

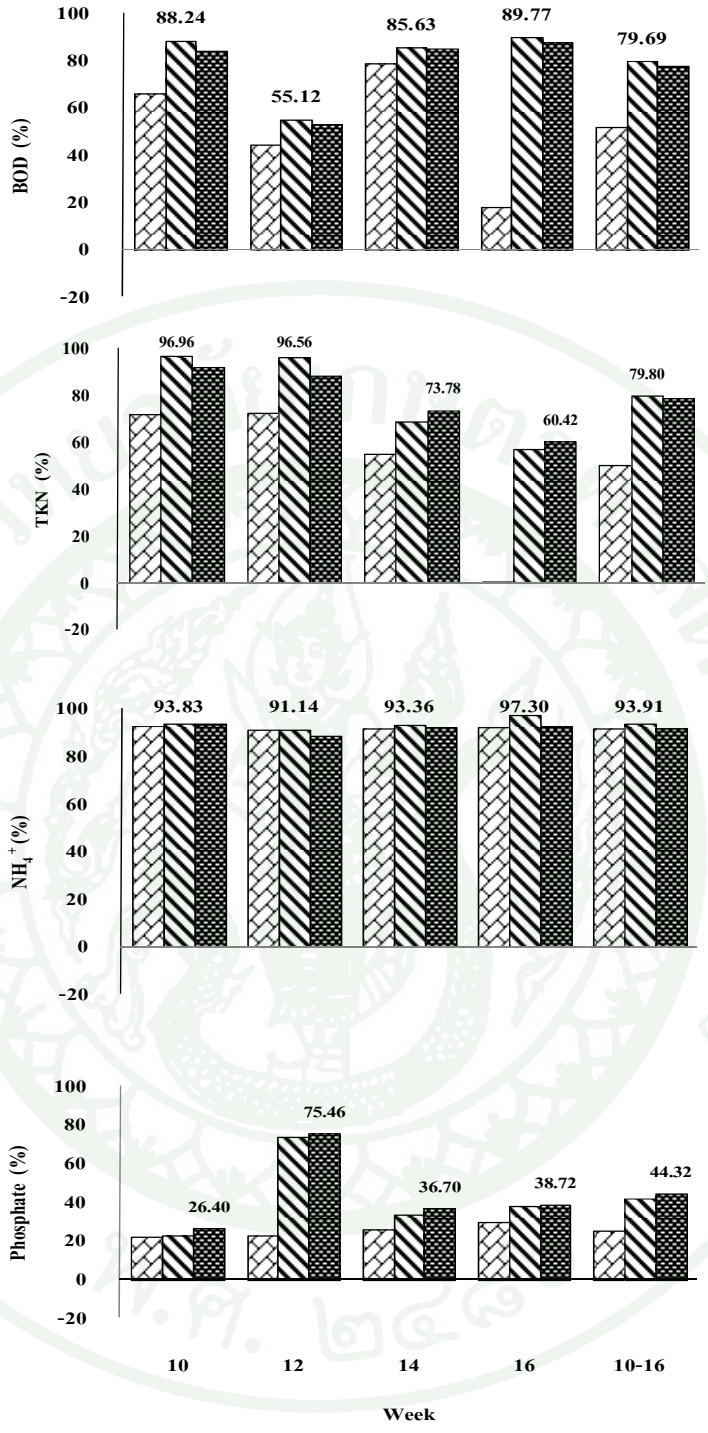
** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการบำบัด pH(%), EC (%), TDS (%), และ DO (%)ในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยใช้บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม ทดลองในบ่อจำลอง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 หลังปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการบำบัด BOD (%) Total N (%), NH_4^+ (%) และ Total P (%) และ ในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยใช้บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุม ทดลองในบ่อจำลอง สัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 หลังปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการทดลองปลูกบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของบัวหลวง ได้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารในพืช

การปลูกบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล พบว่า บัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล จะเห็นได้จากการใส่น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ทำให้บัวหลวงอายุ 12, 14 และ 16 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบเปรียบเทียบกับบัวหลวงอายุ 10 สัปดาห์ (85.42, 134.03 และ 181.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์การเพิ่มพื้นที่ใบ (22.12, 22.98 และ 34.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาลที่ช่วงอายุ 12, 14 และ 16 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบเปรียบเทียบกับบัวหลวงอายุ 10 สัปดาห์ (15.03, 60.13 และ 98.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ (11.44, 12.84 และ 26.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เนื่องจากในน้ำทิ้งมีธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัวหลวงมากกว่าในน้ำบาดาลจึงทำให้จำนวนใบและพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น กระบวนการเจริญเติบโตที่ได้จากการทดลองนี้ เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเพิ่มมวลหรือน้ำหนักแห้งของส่วนเจริญของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง เนื่องจากพืชดังกล่าวจัดเป็นพืชล้มลุก มีการเจริญเติบโตแบบ Sigmoid curve กล่าวคือ ระยะแรกของการเจริญเติบโตของบัวหลวงจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เริ่มตั้งแต่เมล็ดกำลังงอกและเติบโตอยู่ในระยะที่เป็นต้นอ่อน ได้อาหารจากที่เก็บสะสมไว้ในเมล็ดซึ่งมีปริมาณจำกัด (lag phase) และบัวหลวงจะเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และการเพิ่มขนาดหรือปริมาตรของเซลล์ เรียกระยะนี้ว่า log phase โดยสังเกตเห็นได้ชัดในช่วงอายุ 10-16 สัปดาห์ บัวหลวงมีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้น ก้านใบมีลักษณะแข็ง ชูพ้นน้ำ และมีการขยายขนาดของพื้นที่ใบ สร้างดอก และเจริญเติบโตจากดอกไปเป็นฝัก บัวหลวงเป็นพืชที่มีราก ลำต้นและไหลอยู่ใต้ดิน สามารถเจริญเติบโตได้ด้วยการดูดน้ำและธาตุอาหารจากดินไปใช้ในการเจริญเติบโต (เสริม ลาภ, 2543) ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดลองมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด มีธาตุอาหารไนโตรเจน (0.067เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัส(0.0008 เปอร์เซ็นต์) โพแทสเซียม (91 มิลลิกรัมต่อลิตร) และองค์ประกอบของสารอินทรีย์ (1.34 เปอร์เซ็นต์) ค่อนข้างต่ำซึ่งไม่เพียงพอกับการเจริญเติบโตของบัวหลวง โดยปกติแล้วจำเป็นที่จะต้องเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 หรือ 15-15-15 ในอัตราส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้บัวนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ แต่การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีเป็นแหล่งอาหารแทนการใส่ปุ๋ย

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีคุณสมบัติโดยทั่วไปเหมาะแก่การเจริญเติบโตของบัวหลวง มีอุณหภูมิน้ำ 27-35 องศาเซลเซียส บีโอดี 41.0-60.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความนำไฟฟ้า 1,634-2,314 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และของแข็งละลายน้ำ 1,079-1,636 ส่วนในล้านส่วน บัวหลวงสามารถเจริญเติบโตได้และสามารถใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งเป็นแหล่งอาหารได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของบัวหลวงทั้งธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง โดยมีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 16.75-47.30 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียมไอออนอยู่ในช่วง 37.10-49.90 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 11.37-13.85 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับบัวหลวงสามารถดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ ดังจะเห็นได้จากการตอบสนองต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของบัวหลวง บัวหลวงมีความต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ พอร์ไฟริน โคเอนไซม์ ฮอร์โมนบางชนิด และสารประกอบอื่นๆ และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญเช่นกัน เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสโฟลิปิด กรดไฟติก กรดนิวคลีอิก และโคเอนไซม์ บางชนิดเป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์และมีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP, NADP เป็นต้น (สมบุญ, 2548) หากพืชได้รับปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอจะส่งผลให้ใบพืชมีสีเหลือง ซึ่งอาการดังกล่าว เรียกว่า คลอโรซีส (Chlorosis) ลำต้นผอมสูง กิ่งก้านเล็กและมีจำนวนน้อย หากขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก ออกดอกช้า และจำนวนดอกน้อยกว่าปกติ การปลูกบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี พบว่า บัวหลวงมีจำนวนใบมาก และใบมีสีเขียว ลำต้นแข็ง ชูพ้นน้ำ มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในส่วนใบ (1.27 เปอร์เซ็นต์) ราก+ไหล (1.26 เปอร์เซ็นต์) และมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสะสมในส่วนใบ (0.14 เปอร์เซ็นต์) และราก+ไหล (0.19 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล แสดงให้เห็นว่าบัวหลวงสามารถเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินและน้ำ โดยการนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต สร้างส่วนประกอบของเซลล์และสะสมอยู่ในเซลล์ น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าในน้ำบาดาล เมื่อบัวหลวงได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้มีจำนวนใบมาก และมีพื้นที่ใบสูง ก้านใบยาวและใหญ่ ทำให้สามารถสร้างคลอโรฟิลล์และนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและสร้างเนื้อเยื่ออินทรีย์ต่างๆได้มากกว่า จึงทำให้เกิดความแตกต่างกันกับบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล ซึ่งจะได้รับธาตุอาหารหลักทั้งสองนี้มาจากดินเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณธาตุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจน(2.18 มิลลิกรัมต่อลิตร) และฟอสฟอรัส (0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำบาดาลมีอยู่น้อยมากซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ดังนั้นน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ถือได้ว่าเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักแก่พืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จากการทดลองของ Mon (2000) พบว่าบัวหลวงสามารถเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากบ่อดินไปสะสมในส่วนต่างๆของบัวหลวงได้เช่นกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในส่วนใบ ต้น ราก และไหล อยู่ในช่วง 3.69-3.83, 1.88-2.25, 1.95-2.37 และ 2.48-3.00 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสะสมในส่วนใบ ต้น ราก และไหล อยู่ในช่วง 0.23-0.27, 0.22-0.31, 0.37-0.39 และ 0.28-0.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในเซลล์พืชนั้นมาจากน้ำและดินในบ่อที่เคยใช้ในการเลี้ยงปลามาก่อนจึงมีการสะสมของสารอินทรีย์มากเป็นแหล่งอาหารให้กับบัวหลวง และจากการศึกษาการหมุนเวียนธาตุอาหารในบ่อโคลนโดยใช้ปลานิลร่วมกับบัวหลวง พบว่า บ่อดินที่ปลูกบัวหลวงร่วมกับการเลี้ยงปลานิล มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในใบ และราก+ไหล เท่ากับ 3.11 และ 1.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสะสมในส่วนใบและราก+ไหล เท่ากับ 0.35 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Yang, 2002) ดังจะเห็นได้ว่าบัวหลวงมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินและน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สามารถช่วยในการลดมลสารในน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี

2. คุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพของบัวหลวงขาว บัวหลวงแดง และชุดควบคุมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

ค่าการนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนและอุณหภูมิของสารต่างๆที่อยู่ในน้ำ เมื่อค่าการนำไฟฟ้าลดลงก็แสดงว่าสารหรือไอออนที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง ส่วนปริมาณของแข็งละลายน้ำขึ้นกับค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งบอกถึงความสามารถที่น้ำจะนำไฟฟ้าได้มากหรือน้อย ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ปลูกด้วยบัวหลวง ในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นระยะที่บัวหลวงมีการเจริญเติบโตเต็มที่ บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดค่าการนำไฟฟ้า (30.74 และ 19.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และของแข็งละลายน้ำ (30.55 และ 20.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ได้สูงสุด เนื่องจากบัวหลวงสามารถนำธาตุอาหารที่แตกตัวเป็นไอออนไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตสร้างใบ ดอก ฝัก และไหลได้มาก ปริมาณไอออนและของแข็งที่ละลายน้ำในน้ำทิ้งจึงลดลง อนันต์ และ วรรณา (2545) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยบัวหลวงพันธ์ดอกสีขาวและดอกสีชมพู ที่ระยะเวลากักเก็บ 15, 20 และ 30 วัน พบว่า ลักษณะน้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 6.64-7.36 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยู่ในช่วง 680-1,405 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณสารอินทรีย์ และสารแขวนลอย อยู่ในช่วง 12.4-121 และ 503-187 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงสุดที่ระยะเวลาการกักเก็บ 20 วัน ค่าเฉลี่ยร้อยละ 57.71 และ 47.63 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพในการลดสารแขวนลอย 76.72 และ 76.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ Thongchai and Puetpaiboon (2004) ใช้น้ำเสียชุมชน เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาปลูกบัวหลวงร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก พบว่า บัวหลวงมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่าของแข็งละลายน้ำ (67-70%) รองลงมาคือ สาหร่ายหางกระรอก (53-56%) และชุดควบคุม (22-23%) ตามลำดับ จากลักษณะน้ำทิ้งของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่มีค่าของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 818-1,152 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังจากการใช้บัวหลวงในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ พบว่า ค่าของแข็งละลายน้ำมีค่าลดลง ส่วนบ่อควบคุมที่ไม่ได้ปลูกบัวหลวงมีค่าของแข็งละลายน้ำลดลงน้อยกว่าบ่อที่ปลูกบัวหลวง ปริมาณของแข็งละลายน้ำและความเข้มข้นของสารที่แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าทำให้เกิดการนำไฟฟ้าในน้ำ พวกอนินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำมักจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น ไอออนที่เป็นธาตุอาหารพืชจะถูกดูดเข้าไปเพื่อสร้างการเจริญเติบโต แต่หากเป็นไอออนที่ไม่ใช่ธาตุอาหารพืชก็อาจถูกดูดเข้าไปและทำให้เสียสมดุลของธาตุอาหารพืชภายในรากและลำต้นได้ เมื่อมีปริมาณเกลือที่มากเกินไปพืชหลายชนิดอาจเจริญเติบโตได้น้อยลงหรืออาจตายได้เนื่องจากเกลือจะขัดขวางการดูดน้ำด้วยกระบวนการออสโมซิสของรากพืช (สมบุญ, 2548) ค่ามลสารในน้ำทิ้งในบ่อที่ปลูกด้วยบัวหลวงมีค่าลดลงซึ่งแสดงให้เห็นว่าบัวหลวงสามารถช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้

ค่าบีโอดี ออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำทิ้งโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ที่ปลูกด้วยบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 16 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (89.77 และ 87.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และออกซิเจนละลายน้ำ (275.76 และ 300.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ได้ดี ค่าบีโอดี คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นดัชนีชี้ความสกปรกของน้ำ น้ำทิ้งก่อนการบำบัดบีโอดีมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41-64 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งที่ปล่อยต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือได้ว่าเป็นน้ำเสีย เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์จะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ และเมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์ในปริมาณมาก ทำให้จุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำลง และค่าบีโอดีสูงขึ้น ภายหลังการบำบัดโดยใช้บัวหลวงในสัปดาห์ที่ 16 มีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะ บัวหลวงมีการเจริญเติบโตเต็มที่เป็นผลให้เกิดการสังเคราะห์แสงใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนใบสูง ผลที่ได้คือออกซิเจนลำเลียงผ่านทางต้นไปสู่รากและปลดปล่อยออกซิเจนออกสู่ภายนอก ทำให้ออกซิเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเมื่อมีออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น จะเป็นการเพิ่มจำนวนและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้ค่าบีโอดีลดลงและออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น จากการทดลองของ Thongchai and Puetpaiboon (2004) ใช้น้ำเสียชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาปลูกบัวหลวงร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5.4 และ 10.5 วัน พบว่าที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5.4 วัน น้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 18.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดด้วยบัวหลวงพบว่า น้ำเสียมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระยะเวลากักเก็บ 10.5 วัน น้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 19.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดพบว่า น้ำเสียมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และประสิทธิภาพในการบำบัดลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บ 5.4 และ 10.5 วัน มีค่าเท่ากับ 63 และ 79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความสามารถในการลดค่าบีโอดีในน้ำเสียได้เช่นกัน

ค่าไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียม และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีปริมาณสูง แต่ยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ คือค่าไนโตรเจนทั้งหมดต้องทีค่าไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัด พบว่า สัปดาห์ที่ 10 และ 12 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียม และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูง ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียม และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งลดลง โดยบัวหลวงมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้สูงสุดในสัปดาห์ที่ 10 เท่ากับ 96.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งได้สูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ 75.46 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนียมไอออนได้สูงในสัปดาห์ที่ 10 เท่ากับ 93.74 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียม และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีค่าสูงในช่วงอายุ 10-12 สัปดาห์ เนื่องจากเป็นช่วงที่บัวหลวงกำลังเจริญเติบโตหรือมีการการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (exponential phase) จึงมีความต้องการธาตุอาหารมาก ส่งผลให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียม และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำลดลง โดยบัวหลวงดูดซับสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งฟอสฟอรัส และไนโตรเจนนั้นเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยที่ไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ คือ ในรูปของไนเตรท (NO_3^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบในเซลล์พืชหลายชนิด ได้แก่ กรดนิวคลิอิก กรดอะมิโนชนิดต่างๆ โคเอนไซม์ รงควัตถุหลายชนิด ไวตามิน ฮอร์โมนบางชนิด และโปรตีน ซึ่งพืชต้องการในปริมาณที่มาก นำไปใช้ในการสร้างใบ สร้างดอก สร้างผล สร้างไหล ส่วนฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำคัญต่อพืช เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสฟอลิปิด กรดไฟติก กรดนิวคลิอิก และโคเอนไซม์บางชนิด เป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์ และมีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะองค์ประกอบของ ADP, ATP, NADP เป็นต้น (สมบุญ, 2548) จากการทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ระยะเวลากักเก็บ 15, 20 และ 30 วัน พบว่า บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ระยะเวลากักเก็บ 20 วัน โดยมีประสิทธิภาพเท่ากับ 38.7 และ 50.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (อนันต์ และวรรณา, 2545) และ Thongchai and Puetpaiboon (2004) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและสาหร่ายหางกระรอก ในบ่อทดลองขนาดความยาว 1.8 เมตร ความกว้าง 0.6 เมตร จำนวน 3 บ่อ ณ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำ ซึ่งดำเนินการทดลองไปพร้อมกันกับบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชน้ำ พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีพืชน้ำให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าระบบบ่อที่ไม่มีพืชหรือบ่อควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีบัวหลวงให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสาหร่ายหางกระรอก จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในบ่อโคลนด้วยการปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลา โดยมีรูปแบบการทดลอง 3 รูปแบบ คือ บ่อที่ปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลา บ่อที่เลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว และบ่อที่ปลูกบัวเพียงอย่างเดียว พบว่า บ่อที่ปลูกบัวร่วมกับการเลี้ยงปลาและบ่อที่ปลูกบัวเพียงอย่างเดียวสามารถดูดซับธาตุอาหารในบ่อโคลนได้ไม่แตกต่างกัน โดยสามารถดูดซับไนโตรเจนได้ 0.03 กิโลกรัม/ตารางเมตร และดูดซับฟอสฟอรัสได้ 0.0043 กิโลกรัม/ตารางเมตร ซึ่งธาตุอาหารจะสะสมในส่วนลำต้นและรากมากที่สุด (Yang *et al.,* 2002) ซึ่งไม่แตกต่างกับการทดลองปลูกบัวหลวงในบ่อคอนกรีตโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มากนัก โดยบัวหลวงดูดซับไนโตรเจนได้ 0.01 กิโลกรัม/ตารางเมตร และดูดซับฟอสฟอรัสได้ 0.0042 กิโลกรัม/ตารางเมตร จากปริมาณการดูดซับไนโตรเจนที่มากกว่าของบัวหลวงที่ปลูกในบ่อดินร่วมกับการเลี้ยงปลา และได้รับธาตุอาหารจากสิ่งขับถ่ายหรือของเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนโดยเฉพาะสารประกอบพวกแอมโมเนียจากปลา ทำให้เกิดการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในส่วนต่างๆของบัวหลวง ส่วนMon (2000) ศึกษาการดูดซับธาตุอาหารจากบ่อโคลนโดยใช้บัวหลวง โดยมีรูปแบบการทดลอง 3 รูปแบบ คือ บ่อที่ปลูกบัวหลวงจำนวน 0.5, 1, และ 2 ไหล/ตารางเมตร ตามลำดับ พบว่า บัวหลวงสามารถดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดได้ 1.73-2.3 เปอร์เซ็นต์ และดูดซับฟอสฟอรัสได้ 0.63-0.99 เปอร์เซ็นต์ โดยบ่อที่ปลูกบัวหลวงด้วยความหนาแน่น 2 ไหล/ตารางเมตร จะสามารถดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าบัวหลวงสามารถดูดซับธาตุอาหารจากในดินและน้ำไปสะสมในส่วนต่างๆ หากมีการใช้น้ำเสียในการปลูกบัวหลวงจะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับบัวหลวง สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเป็นการลดมลสารในน้ำทิ้งได้เช่นกัน จากการศึกษาของ Wu-seng (1996) ศึกษาการเคลื่อนย้ายทองแดง และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวง (*Nelumbo nucifera*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่า บัวหลวงสามารถเคลื่อนย้ายโลหะหนักและสารอาหารนำไปใช้ได้ดี ทำให้ปริมาณทองแดง ฟอสฟอรัส และสารแขวนลอยในน้ำลดลง การที่บัวหลวงสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้นั้น เนื่องจากบัวหลวงมี Lacunar (aerenchyma) ในส่วนไหลที่ใหญ่ สามารถกักเก็บออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงไปใช้ในการหายใจ ช่วยในการดูดน้ำ และการเคลื่อนย้ายน้ำจากรากสู่ลำต้นและใบได้ดี โดยส่วนของก้านใบมีท่อลำเลียงน้ำที่ใหญ่เช่นกัน ทำให้มีการดูดน้ำเสียเข้าไปในระบบการคายน้ำของพืชได้มาก ส่วนรากจะดูดน้ำซึ่งมีสารอาหารและมลสารขึ้นไปยังส่วนของลำต้นและใบแทนที่น้ำที่เสียไปในการคายน้ำ จะช่วยให้เกิดการลดมลสารในน้ำเสียได้ น้ำทิ้งประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นโดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งอยู่ในรูปแร่ธาตุที่ละลายน้ำ ทำให้บัวหลวงสามารถดูดเข้าไปเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียลดลง ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การใช้บัวหลวง 2 สายพันธุ์ คือ บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดง ปลูกในบ่อซีเมนต์ ใช้น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีเปรียบเทียบกับน้ำบาดาล ในสภาพการขังน้ำ 2 สัปดาห์และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% ช่วงระยะที่บัวหลวงมีอายุ 10, 12, 14 และ 16 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ในพื้นที่จริงได้ดี โดยบัวหลวงขาวจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าบัวหลวงแดง และสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. บัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีจำนวนใบ(41.6 ใบต่อ 4 ต้น) พื้นที่ใบ (949.26 ตารางเซนติเมตร) และจำนวนดอก(9.8 ดอกต่อ 4 ต้น) สูง ส่วนบัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีน้ำหนักสดของใบ (1,857 กรัมต่อ 4 ต้น) ราก+ไหล (2,913 กรัมต่อ 4 ต้น) น้ำหนักสดรวม (5311.6 กรัมต่อ 4 ต้น) น้ำหนักแห้งของใบ (558.8 กรัมต่อ 4 ต้น) และน้ำหนักแห้งรวม (731.0 กรัมต่อ 4 ต้น) สูงกว่าบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำบาดาล

2. บัวหลวงขาวที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบและราก+ไหล (1.27 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์) สูง มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในส่วนราก+ไหล (0.19 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด รวมถึงมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบ (7.10 กรัมต่อ 4 ต้น) ราก+ไหล (2.67 กรัมต่อ 4 ต้น) ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนใบ (0.78 กรัมต่อ 4 ต้น) และราก+ไหล (0.40 กรัมต่อ 4 ต้น) สูง

3. บัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 16 เท่ากับ 30.74 และ 30.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. บัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการบำบัดออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 16 เท่ากับ 300 เปอร์เซ็นต์ และบัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีได้ดีที่สุด เท่ากับ 89.77 เปอร์เซ็นต์

5. บัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการลดค่าความเป็นกรด-เบส ไนโตรเจนทั้งหมดและแอมโมเนียมไอออนในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 10 เท่ากับ 20.94, 96.96 และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

93.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งได้สูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ 75.46 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองนี้มีความเหมาะสมกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมาแล้วในขั้นที่ 1 ซึ่งควรมีการกักน้ำไว้ระยะหนึ่งก่อนที่จะใช้บัวหลวงมาช่วยบำบัด ทั้งนี้เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีก่อนปล่อยน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2. บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงสามารถปลูกเพื่อเพิ่มทัศนียภาพความสวยงามให้กับพื้นที่ในขณะเดียวกันสามารถบำบัดน้ำทิ้งและลดกลิ่นได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. **น้ำเสียชุมชน.** แหล่งที่มา: http://cc.msnscache.com/cache.aspx?q=8310739015394&lang=en-US&mkt=en-US&FORM=CVRE, 8 พฤษภาคม 2551.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2527. **การทำนาบัว**. เอกสารแนะนำที่ 100. โรงพิมพ์ สำนักข่าวพาณิชย์ กรุงเทพฯ.

กฤตธี วงศ์สถิตย์. 2544. **การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กฤติกา ทองสมบัติ. 2546. **ผลของสภาพน้ำขังสลับแห้งต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนขั้นที่สาม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. **การบำบัดน้ำเสีย**. สยามเสตชันเนอรีซัพพลายส์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิตติชัย ดวงมาลย์ เกษม จันทร์แก้ว และสมศักดิ์ เจริญวัย. 2545. **การประยุกต์ระบบบึงประดิษฐ์ขนาดเล็กในการบำบัดน้ำเสีย**. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการ การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียบนพื้นที่จำกัดด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีต้นแบบของการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย วันที่ 5-6 กันยายน 2545 ณ โรงแรมราชาการ์เดนส์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มงานทรัพยากรชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2545. **รายงานการประชุมวันพื้นที่ชุ่มน้ำโลก เรื่อง " 30 ปีของอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ"** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวทิพย์ เจนธุระกิจ. 2531. **การนำผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) มาใช้ในการลดปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จิรภา สัตถาผล. 2545. **การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์โดยใช้ถังดักไขมัน ถังเกรอะ และถังกรองไร้อากาศ(กรณีศึกษา ณ โรงฆ่าสัตว์ อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉัตรชัย ศักดิ์วีรสุวรรณ. 2547. **สมรรถนะการบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์โดยถังปฏิกิริยายูเอสบีภายใต้การป้อนวันละ 6 ชั่วโมง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นริศรา สมศิลา. 2548. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครขอนแก่นโดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจน และระบบตะกอนเร่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญลือ กล้าหาญ, ภัญชนา มีแก้วกุญชร และนิภาพร ยลสวัส. 2546. **เปรียบเทียบผลผลิตและรายได้ของบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชระหว่างดอกกับการเก็บเมล็ดจำหน่าย**. ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพฯ.

ประนัดดา เจริญราช กิตติ เอกอำพน และสุธา ภู่สิทธิศักดิ์. 2549. **การบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อมไหมโดยใช้บึงประดิษฐ์**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 6 (2): 68-78.

ปิยวรรณ โภชนพันธ์ สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ ฉลองชัย แบบประเสริฐ และมานพ ศิริวรกุล. 2548. **รายงานการวิจัยประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**. น. 641-649. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 43 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2539. **อนามัยสิ่งแวดล้อม**. หจก. เอ็นเอสแอล พริ๊นติ้ง, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย ศรีศักดิ์ และนิรุทร์ เหรียญโมรา. 2538. **รายงานการวิจัยการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหารโดยใช้แหนแดง (*Azolla microphylla*)**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมกล้าพระนครเหนือ.

เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล. 2546. **การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตย ตาลปัตรฤาษี และแว่นแก้ว ในระบบบึงประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์. 2545. **ประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำใต้ผิวดินในแปลงทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรสาสตร์.

ภัทรา วงษ์พันธ์กมล จีรวัฒน์ สิงห์ป้อง เฉลิมวิทย์ ไกรขาว ปิฏฐพงศ์ สุวรรณพฤกษ์ และสุพจจน์ ภาดา. 2546. **รายงานการวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์ด้วยหญ้าแฝกและผักบุ้ง**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, พิษณุโลก.

ยุทธนา วรพันธุ์. 2550. **การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตปลาส้มด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวแบบผสมผสาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฤดี ธีระวนิช พิมพรรณ สุจารินพงศ์ พรพรหม พรหมเพศ และจำเนียร บุญมา. 2550. **ศักยภาพการผลิต ต้นทุน และตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง**. *ใน* IWGS Annual Symposium 2007 "Potential Development of Lotus and Waterlity as Economic Plants V" 19 July 2007, กรุงเทพฯ.

วรพันธ์ แก้วอุดม. 2532. **การศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และผักตบชวาในบึงมักกะสัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวุฒิ จิตหมายเกษม. 2547. **การประยุกต์ระบบ Constructed Wetland สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วลัยนุช พรรณสังข์. 2550. **ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ในสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับธูปฤาษี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**,** วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาสนา มิตรนนท์. 2527. **การศึกษาลักษณะทางพฤษศาสตร์ของพืชสกุลบัวหลวง (*Nelumbo Adans*.) ในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิ ธรรมเวช. 2540. **สารานุกรมสมุนไพร** : รวมหลักเภสัชกรไทย. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ: 618 หน้า.

วิรัตนา สุขเกษม. 2547. **การใช้ผักบุ้งและผักกระเฉดในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ศรปราชญ์ ธนศวรรยางค์กูร สมศักดิ์ เจริญวัย และเกษม จันทร์แก้ว. **พืชน้ำและสมรรถนะในการชักนำออกซิเจนจากบรรยากาศสู่ระบบรากสร้างไรโซเฟียร์**. *ใน*เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการการกำจัดขนะและการบำบัดน้ำเสียบนพื้นที่จำกัด ด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีต้นแบบของการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย วันที่ 5-6 กันยายน 2545 ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์, กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ชัย อังคสิงห์. 2547. **ผลการบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินร่วมกับระบบการระเหยโดยพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมใจ สิมาฉายา. 2546. **การศึกษาสภาวะและการจัดการมลพิษจากโรงฆ่าสัตว์: กรณีศึกษาโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองลำพูนและเชียงใหม่**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

สร้อยดาว ยวดยง. 2534. **การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ผักตบชวาเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุกัญญา สารณาคมน์กุล. 2548. **การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของพุทธรักษา ธรรมรักษา และขิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัลยา พลพิมพ์ และปารวี สิงห์ยะบุศย์. 2542. **รายงานการวิจัยการศึกษาคุณลักษณะน้ำทิ้งจากหอพักหญิงสถาบันราชภัฏมหาสารคามที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา**. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์. 2548. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์. 2549. **การศึกษาทดลองบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์โดยใช้น้ำสกัดชีวภาพและพืชน้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสริมลาภ วสุวัต. 2547. **บัวประดับในประเทศไทย**. เนชั่นบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **พัฒนาการปลูกบัวหลวงในประเทศไทย มีดีอย่างไร**. *ใน* เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่อง “การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ” งานมหกรรมพืชสวนโลกเฉลิมพระเกียรติ ราชพฤกษ์ ณ โรงแรมกาดสวนแก้ว จ. เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 17-18 พฤศจิกายน 2549, กรุงเทพฯ.

_____. 2543. เจ็ดปัจจัยของการปลูกบัวเป็นไม้ดอกไม้ประดับ. **ปางอุบล**. แหล่งที่มา: http://www.thaiwaterlily.com/topf5.asp, 3 กรกฎาคม 2552.

สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2541. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร กรมโรงงานอุตสาหกรรม**. โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อนันต์ ขัมภรัตน์ และวรรณา โกศัลวิตร. 2545. **การบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวง**. รายงานการวิจัย, สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

อรทัย เชื้อวงษ์. 2550. **การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อลิสรา จิตรมณี. 2544. **การบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรแบบกระจายบนดิน โดยระบบน้ำไหลนอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อุธร ฤทธิลึก จันทร์พิมพ์ กังพานิช และมานพ กาญจนบุรางกูร. 2539. **รายงานการวิจัยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชน้ำในระบบกรเลี้ยงปลาที่ใช้น้ำหมุนเวียน**. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

Ayyasamy P.M., S. Rajakumar, K. Swaminathan, K. Shanthi, P. Lakshmanaperumalsamy and S. Lee. 2009. Nitrate removal from synthetic medium and groundwater with aquatic macrophyte. **Desalination** 242 (11): 286-296.

Brix, H. 1989. A. Wastewater Treatment in Constructed Wetland: System Design, Removal Process, and Treatment Performance. pp. 9-22. *In* Gerald Moshiri (ed.). **Constructed Wetland for Water Quality Improvement**. CRC Press, Inc. Florida.

Edward D.G. 1971. **Concept of Essentiality and Function of nutrients Plant Nutrition Refresher Course**, University of Queensland.

Gao J., Z. Xiong, J. Zhang, W. Zhang and F.O. Mba. 2009. Phosphorus removal from water of eutrophic Lake Donghu by five submerged macrophytes. **Desalination** 242 (12): 193-204.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gazi, N., H. 1989. Bioremoval of lead from water using *Lemna minor*. **Bioresource technology** 3 (70): 225-230.

Hammer, D.A. and R.K. Bastian. 1989. Wetland ecosystem: Natural water purificers, pp. 5-19. *In* D.A Hammer (ed). **Constructed Wetlands for Wastewater treatment**. Lewis Publishers, Inc., Michigan.

Jarmer M., M. Kengchuwong and W. Saikaew. 2545. **Phyto Purification Plants in Pots for Graywater Treatment**. M.S.Thesis, Rajabhat Mahasarakham University, Thailand.

Jiang, Z. and Z. Xinyuan. 1998. Treatment and Utilization of Wastewater in the Beijng Zoo Byan Aquatic Macrophyte System. **Ecol. Engineering** 11: 101-110.

Kessombon, S. 1990. **Piggery wastewater treatment by aquatic plant system**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Lawrence, G. H. M. 1955. **An Introduction to Plant Taxonomy**. Mac Millan Co., Ltd., New York. 104 p.

Luo Q. 1994. **Piggery Wastewater Treatment by Three-step Aquatic Plant System**. M.S. Thesis, Chiangmai University.

Mishra V.K. and B.D. Tripathi. 2009. Accumulation of chromium and zinc from aqueous solutions using water hyacinth (*Ecchhornia crassipes*). **Hazardous Materials** 164 (5): 1059-1063.

Mon A. A. 2000. **Use of lotus (*Nelumbo nucifera*) for nutrient retrieval from pond mud**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand

Nohara S. and M. Kimura.1997. Growth characteristics of *Nelumbo nucifera* Gaertn in response to water depth and flooding. **Ecological Research** 12 (1): 11-20.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Poornima V., S.C. Sharma, R.D. Triphathi,U.N. Rai and M. Yanus. 1999. Bioaccumulation of Chromium and Toxicity to Photosynthetic pigments, Nitrate reductase activity and Protein of *Nelumbo nucifera* Geartn. **Chemosphere** 39 (12): 2159-2169.

Shou S. Y., L.X. Miao, W. S. Zai, X. Z. Huang and D. P. Guo. 2008. Factors influencing shoot multiplication of lotus (*Nelumbo nucifera*). **Biologia Plantarum** 52 (3): 529-532

Sripen S., O. Khobkhet, S. Masuthon and S. Supanuchai. 2000. Growth period of aquatic plants for birds nesting at Bung Borapet, Nakhon Sawan. **Kasetsart J. (Nat. Sci)** 34: 17-24.

Thongchai, K. and U. Puetpaiboon. 2004. **Aquatic plant for domestic wastewater treatment: Lotus(*Nelumbo nucifera*) and Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) systems**. Available Source http://www2.psu.ac.th/Presidentoffice/EduService/journal/26-5.pdf/14wastewater-treat.pdf#search=%22kanabbkaew%22., 10 May 2008.

Vajpayee, P., S.C. Sharma., R.D. Thipathi., U. N Rai and M. Yunus. 1999. Bioaccumulation of chromium and toxicity to photosynthetic pigments, nitrate reductase activity and protein content of *Nelumbo nucifera* Gaertn. **Chemophere** 39 (11): 2159-2169.

Wu-seng, L. 1996. Modelling copper removal in wetland ecosystems. **Ecosystem Ecological Modelling** 93 (12): 89-100.

Yang, C., and James. 2002. Recycling pond mud nutrients in integrated lotus-fish culture. **Aquaculture** 212: 213-226.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 คุณสมบัติบางประการของตัวอย่างดินนาที่ใช้ในการปลูกบัว

คุณลักษณะ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
Sand (%)	8.6
Silt (%)	13.8
Clay (%)	77.6
Organic Matter (%)	1.34
pH	5.4
Available-P (mg/kg)	8
Exchangcable-K (mg/kg)	91
Exchangcable-Ca (mg/kg)	4030
Exchangcable-Mg (mg/kg)	720
Extractable Nitrogen (%)	0.067
CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	11.6

ตารางผนวกที่ 2 คุณภาพน้ำของน้ำบาดาลที่ใช้ในการปลูกบัว

คุณภาพน้ำ	ผลวิเคราะห์
pH	8.16
EC(µs)	1589
TDS(ppm)	750
DO(mg/l)	3.2
BOD(mg/l)	2.4
NaCl(%)	3.5
TKN(mg/l)	3.71
NH4(mg/l)	2.18
Phosphate(mg/l)	0.06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ในสัปดาห์ที่ 10-16

แหล่งพันธุ์		จำนวนใบ (ใบต่อบ่อ) /1			
		สัปดาห์			
		10	12	14	16
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	12.6 ± 1.67	25.4 ± 2.51a /2	32.2 ± 2.17a	39.6 ± 1.95b
	บัวหลวงแดง	16.2 ± 4.55	28.0 ± 1.22a	35.2 ± 2.39a	41.6 ± 2.41a
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	15.4 ± 2.07	19.2 ± 1.48b	24.6 ± 2.61b	31.8 ± 0.84c
	บัวหลวงแดง	15.2 ± 3.70	16.0 ± 2.65c	24.4 ± 1.95b	28.8 ± 1.10d
เฉลี่ย		14.85	22.15	29.1	35.45
CV(%)		21.7	9.3	7.9	4.8
LSD 95%		4.319	2.762	3.070	2.27
F-Test		ns	**	**	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 พื้นที่ใบของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ในสัปดาห์ที่ 10-16

แหล่งพันธุ์		พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) /1			
		สัปดาห์			
		10	12	14	16
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	664.36 ± 156.50	821.03 ± 168.10ab /2	829.76 ± 158.60ab	924.13 ± 134.28ab
	บัวหลวงแดง	727.29 ± 185.34	878.44 ± 161.29a	880.72 ± 174.21a	949.26 ± 144.08a
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	596.97 ± 135.48	671.82 ± 133.28b	687.34 ± 134.17b	757.74 ± 140.42b
	บัวหลวงแดง	613.73 ± 146.91	677.38 ± 111.67b	678.78 ± 111.82b	778.02 ± 105.13ab
เฉลี่ย		650.59	762.17	769.15	852.29
CV(%)		24.2	19.1	19.1	15.5
LSD 95%		210.695	194.877	196.604	176.812
F-Test		ns	*	*	*

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 จำนวนดอก (อายุ 16 สัปดาห์) จำนวนวันที่ดอกชูพ้นน้ำ จำนวนวันที่ดอกเริ่มบาน และจำนวนวันที่เริ่มติดฝักของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

แหล่งพันธุ์		จำนวนดอก (ดอกต่อบ่อ)	จำนวนวัน (วัน) /1		
		สัปดาห์ที่ 16	ดอกชูพ้นน้ำ	ดอกเริ่มบาน	เริ่มติดฝัก
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	9.0 ± 0.71a /2	79.4 ± 2.78b	82.7 ± 1.04b	87.8 ± 2.55c
	บัวหลวงแดง	9.8 ± 1.64a	73.5 ± 1.12c	82.5 ± 1.48b	91.0 ± 1.64b
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	5.8 ± 0.84b	82.2 ± 1.14a	88.4 ± 1.68a	93.6 ± 0.84ab
	บัวหลวงแดง	4.8 ± 1.30b	77.5 ± 1.67b	86.8 ± 1.13a	95.8 ± 2.77a
เฉลี่ย		7.4	78.2	85.1	92.1
CV(%)		16.1	2.3	1.6	2.3
LSD 95%		1.586	2.425	1.822	2.81
F-Test		**	**	**	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักสดของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์)

แหล่งพันธุ์		น้ำหนักสด (กรัมต่อบ่อ) /1		
		ใบ	ราก+ไหล	รวม
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	1857.0 ± 876.01a /2	2913.4 ± 975.41a	5311.6 ± 1471.56a
	บัวหลวงแดง	1729.0 ± 1416.91a	2408.0 ± 503.86a	4800.0 ± 1744.94a
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	1196.0 ± 149.89b	1708.0 ± 197.41ab	3134.0 ± 339.18b
	บัวหลวงแดง	960.6 ± 165.85b	1568.0 ± 389.32a	2860.0 ± 513.80b
เฉลี่ย		1437.0	2149.4	4026.4
CV(%)		14.5	27.5	28.7
LSD 95%		269.169	792.022	1533.404
F-Test		**	*	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักแห้งของใบ ราก+ไหล และน้ำหนักรวมของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล ระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์)

แหล่งพันธุ์		น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อบ่อ) /1		
		ใบ	ราก+ไหล	รวม
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	558.8 ± 221.39a /2	258.6 ± 80.21a	731.0 ± 244.99a
	บัวหลวงแดง	521.8 ± 230.62a	278.8 ± 31.34a	670.8 ± 249.01b
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	153.2 ± 23.02b	136.6 ± 15.68b	467.4 ± 37.66c
	บัวหลวงแดง	171.4 ± 49.48b	136.0 ± 34.01b	451.2 ± 77.04c
เฉลี่ย		351.3	202.5	580.1
CV(%)		46.2	14.7	6
LSD 95%		217.408	39.983	46.796
F-Test		**	**	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล

แหล่งพันธุ์		เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) /1			
		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส	
		ใบ	ราก+ไหล	ใบ	ราก+ไหล
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	1.27 ± 0.10a /2	1.26 ± 0.11a	0.14 ± 0.04	0.19 ± 0.01a
	บัวหลวงแดง	1.23 ± 0.11a	1.26 ± 0.13a	0.14 ± 0.02	0.12 ± 0.08b
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	0.81 ± 0.22b	0.82 ± 0.18b	0.13 ± 0.02	0.09 ± 0.02b
	บัวหลวงแดง	0.80 ± 0.15b	0.78 ± 0.15b	0.13 ± 0.03	0.09 ± 0.04b
เฉลี่ย		1.03	1.03	0.14	0.13
CV(%)		14.9	14.0	17.0	24.7
LSD 95%		0.205	0.193	0.031	0.041
F-Test		**	**	ns	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (กรัมต่อบ่อ) ในส่วนใบและราก+ไหลของบัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) ที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาล

แหล่งพันธุ์		ปริมาณ (กรัมต่อบ่อ) /1			
		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส	
		ใบ	ราก+ไหล	ใบ	ราก+ไหล
น้ำเสีย	บัวหลวงขาว	7.10 ± 2.81a /2	2.67 ± 1.01a	0.78 ± 0.31a	0.40 ± 0.15a
	บัวหลวงแดง	6.42 ± 2.84a	2.11 ± 0.39a	0.73 ± 0.32a	0.20 ± 0.04b
น้ำบาดาล	บัวหลวงขาว	1.24 ± 0.18a	1.02 ± 0.13b	0.19 ± 0.04b	0.11 ± 0.01b
	บัวหลวงแดง	1.37 ± 0.39a	0.90 ± 0.27b	0.22 ± 0.06b	0.10 ± 0.03b
เฉลี่ย		4.03	1.68	0.48	0.20
CV(%)		49.8	33.6	46.9	39.2
LSD 95%		2.693	0.754	0.303	0.108
F-Test		**	**	**	**

หมายเหตุ /1 = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

/2 = ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

* = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ประสิทธิภาพการบำบัด(%) ของน้ำทิ้งในบ่อชุดควบคุม บ่อที่ปลูกบัวหลวงขาวและบ่อที่ปลูกบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16

สัปดาห์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)								
	pH			EC			TDS		
	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง
10	18.53	20.94	20.39	-16.93	-9.78	-10.33	-17.06	-9.85	-10.21
12	6.74	7.11	6.74	2.91	10.80	10.26	2.16	10.82	10.28
14	-0.45	0.42	-0.17	4.02	13.53	13.40	3.69	12.98	12.72
16	20.11	19.67	19.89	6.27	30.74	19.78	6.91	30.55	20.91
เฉลี่ย	11.23	12.04	11.71	-0.93	11.32	8.28	-1.08	11.13	8.42

สัปดาห์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)								
	DO			BOD			Phosphate		
	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง
10	57.59	73.49	92.29	66.05	88.24	84.20	22.07	22.86	26.40
12	6.45	125.81	106.45	44.39	55.12	53.17	22.87	73.61	75.46
14	2.58	103.23	85.81	78.91	85.63	85.31	25.98	33.41	36.70
16	112.12	275.76	300.00	18.17	89.77	87.79	29.61	38.31	38.72
เฉลี่ย	44.69	144.57	146.14	51.88	79.69	77.62	23.64	43.29	46.19

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

สัปดาห์	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)					
	TKN			NH_4^+		
	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง	ชุดควบคุม	บัวหลวงขาว	บัวหลวงแดง
10	72.02	96.96	92.02	92.82	93.83	93.74
12	72.33	96.56	88.18	90.94	91.14	88.38
14	55.17	68.71	73.78	91.64	93.36	92.20
16	0.78	56.96	60.42	91.97	97.30	92.56
เฉลี่ย	66.51	87.41	84.66	91.80	92.78	91.44

ตารางผนวกที่ 11 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง		(pH) - 5.5-9.0
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3,000
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50
4. อุณหภูมิ (Temperature)	องศาเซลเซียส	ไม่เกิน 40
5. สีหรือกลิ่น		ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)		ต้องไม่พบเลย
13. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 20
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 120
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
2. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.25
3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.75
4. ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 2.0
5. แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.03
6. แบเรียม (Ba)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
7. ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
8. นิคเกิล (Ni)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1.0
9. แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5.0
10. อาร์เซนิค (As)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.25
11. เซเลเนียม (Se)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.02
12. ปรอท (Hg)	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 0.005

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี น้ำบาดาล

ภาพผนวกที่ 1 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 8 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

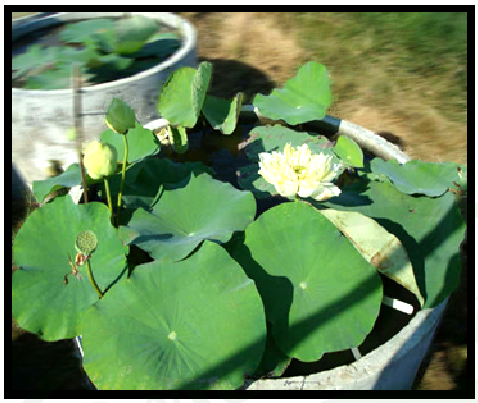
บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี น้ำบาดาล

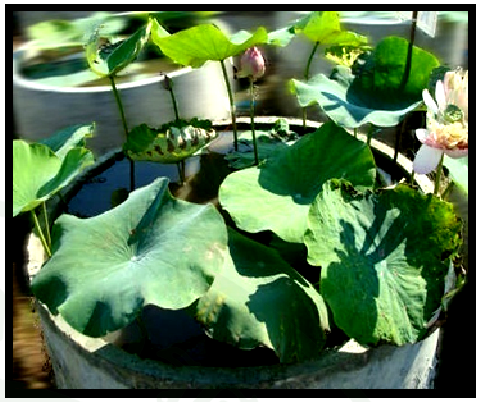
ภาพผนวกที่ 2 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 10 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวงขาว



บัวหลวงแดง



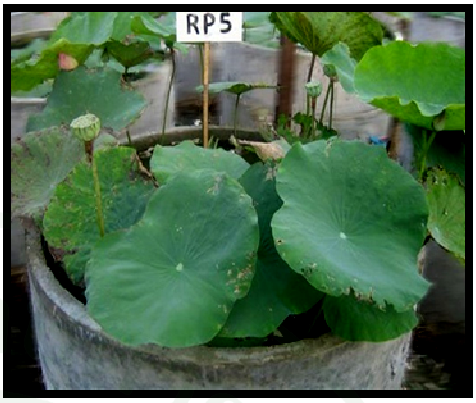
น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

น้ำบาดาล

ภาพผนวกที่ 3 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 12 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง



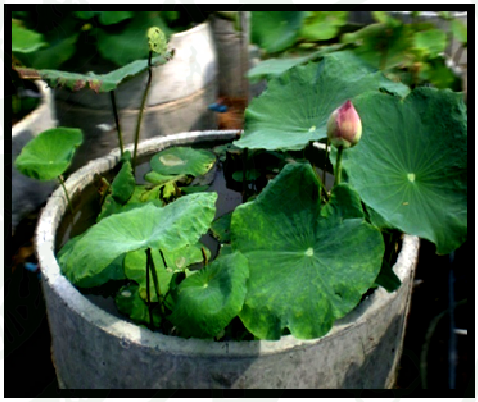
น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี น้ำบาดาล

ภาพผนวกที่ 4 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 14 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บัวหลวงขาว บัวหลวงแดง

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี น้ำบาดาล



ภาพผนวกที่ 5 บัวหลวงขาวและบัวหลวงแดงในสัปดาห์ที่ 16 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวเสาวรส เลื่องสุนทร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 กรกฎาคม 2527
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศูนย์ยะลา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์