ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อการปลูกข้าว

Utilization of Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater for Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivation

นามผู้วิจัย นายทวี ศรีสังข์งาม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ภัทรวดี สุ่มทอง นาคมี, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... **เดือน** ..... **พ.ศ** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมือง จังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อการปลูกข้าว

Utilization of Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater
for Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivation

โดย

นายทวี ศรีสังข์งาม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทวี ศรีสังข์งาม 2555: การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองจังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อการปลูกข้าว ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D. 107 หน้า

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีพื้นที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรมแต่ก็ยังคงมีความนิยมในการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นและอาจลดการใช้ปุ๋ยเคมีคือการใช้แหล่งธาตุอาหารอื่นเสริม งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลใน ซี อาร์ ดี ปลูกข้าวในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร สูง 0.40 เมตร ใส่ดินนาสูง 0.25 เมตร ปลูกข้าวที่ปักดำมาแล้วอายุ 2 เดือนบ่อละ 9 ต้น เติมน้ำทุก ๆ 15 วัน ระยะเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่าข้าวที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ที่ระดับร้อยละ 50 และ 100 มีการเจริญเติบโตมากกว่าการปลูกในน้ำบา ดาลเพียงอย่างเดียว โดยมีความสูง จำนวนต้น น้ำหนักเมล็ดต่อกอ รวมทั้ง เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้น รากและเมล็ด สูงขึ้น นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีใน ระดับ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและมี เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้น รากและเมล็ด สูงขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับน้ำเสียร้อยละ 100 ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโต และผลผลิตสูง สุดที่ระยะเวลา 4 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยว) โดยมีความสูงเฉลี่ย 83.38 เซนติเมตร จำนวนต้น 28.63 ต้น น้ำหนักแห้ง 29.50 กรัมต่อกอ และน้ำหนักเมล็ด 55.25 กรัมต่อกอ ดังนั้นน้ำเสีย โรงฆ่าสัตว์จึงมีความเหมาะสมในการใช้ปลูกข้าวเนื่องจากทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้น อีกทั้งพบว่าไม่มีโลหะหนักที่เป็นอันตรายเจือปนในเมล็ดข้าว

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tawee Srisungngam 2012: Utilization of Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater for Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivation. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Sombun Techapinyawat, Ph.D. 107 pages.

Thailand is one of the countries which have suitable land for agriculture but still use chemical fertilizers for increasing the production. This research aims to use municipal slaughterhouse wastewater for increasing the growth of rice (*Oryza sativa* L. var. Pathumthani 1) compared with groundwater. The experiment used factorial in complete randomize designed (CRD). Round concrete ponds with diameter of 1 meter and 0.40 meter in depth contained paddy field soil of 0.25 meter height were used for rice cultivation. Two months seedlings with 9 plants per pond were transplanted into each pond. Different sources of water were added in different treatments every 15 days for 3 months in each pond. The result indicated that rice cultivation in municipal slaughterhouse wastewater at the percentage of 50 and 100 were grown better than using groundwater for height, number of shoots, seed dry weight per clump and the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in shoot, root and seed. The used of chemical fertilizer at the level of 10, 20 and 30 kilogram per rai enhanced growth of rice and the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in shoot, root and seed. However, the best growth and grain yield at 4 months (harvesting stage) were found in the used of municipal slaughterhouse wastewater at the percentage of 100 combination with chemical fertilizer at the level of 30 kilogram per rai by the average height was 83.38 centimeter, number of shoot was 28.63 plants, plant dry weight was 29.50 gram per clump and grain yield was 55.25 gram per clump. Thus, municipal slaughterhouse wastewater should be suitable for growing rice to promote rice growth and production with no harmful heavy metals contain in the seeds.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ภัทรวดี สุ่มทอง (นาคมี) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนดูแลแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผ่านทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ขอบคุณภรรยารวมทั้งครอบครัวที่ คอยดูแลอยู่เคียงข้าง ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งอย่างดียิ่ง เสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือที่ดีมาโดยตลอด

ทวี ศรีสังข์งาม

มีนาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	87
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
สรุป	92
ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน	28
2	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน	29
3	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน	30
4	จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน	32
5	จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน	33
6	จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน	34
7	น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน	38
8	น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน	40
10	น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน	44
11	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน	46
12	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ4 เดือน	49
13	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	50
14	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	51
15	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะเก็บเกี่ยว	53
16	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	56
18	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	57
19	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	58
20	ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	60
21	ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	61
22	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	63
23	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	64
24	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	67
26	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	68
27	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	70
28	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	71
29	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	72
30	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	74
31	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	75
32	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
33	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	80
34	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	81
35	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสีย จากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	82
36	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	83
37	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	84
38	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	85
39	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในระยะ 4 เดือน	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	คุณสมบัติของดินนา น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลอง	101
2	ผลการวิเคราะห์น้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลอง	102
3	ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี	103
4	Detection limit ของเครื่อง ICP-OESและ TKN	103

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสูง (เซนติเมตร) และจำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน	35
2	ความสูง (เซนติเมตร) และจำนวนต้นข้าว (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3, 4 เดือน	36
3	น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) อายุ 2, 3 และ 4 เดือน ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ	41
4	น้ำหนักแห้งต้นข้าว (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน	42
5	น้ำหนักเมล็ด (เมล็ดต่อกอ) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ	47
6	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ระยะ 4 เดือน	76
7	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) และเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ระยะ 4 เดือน	77
8	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเหล็ก (กรัมต่อกอ) ในต้น และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ระยะ 4 เดือน	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลอายุ 45 วัน	104
2	ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลอายุข้าว 75 วัน	105
3	ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลอายุข้าว 105 วัน	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อการปลูกข้าว

Utilization of Suphan Buri Municipal Slaughterhouse Wastewater for Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivation

คำนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตข้าวสูง เนื่องจากมีพื้นที่ชุ่ มน้ำ มีทรัพยากรน้ำ และปัจจัยแวดล้อมทั่วไปเหมาะแก่การทำนา ตลอดจนมีความหลากหลายของพันธุ์ข้าวที่ปลูก เกษตรกรไทยคุ้นเคยกับการผลิตข้าวมาหลายศตวรรษ การผลิตข้าวของประเทศไทยถือเป็นสินค้าส่งออกหลักที่มีความสำคัญเกี่ยวข้อง กับคนจำนวนหลายล้านคนทั่วประเทศ ในปี 2553 นับว่าเป็นอีกปีที่คาดว่าสินค้าข้าว จะดีต่อเนื่องจากปี 2552 ที่การส่งออกข้าวสูงถึง 8,619,871 ล้านตัน มีมูลค่า 172,207.7 ล้านบาท(สำนักเศรษฐกิจการเกษตร,2552) ที่สำคัญไม่ได้เพิ่มเพียงแค่ปริมาณ แต่ยังเพิ่มทั้งในด้านมูลค่าอีกด้วย อย่างไรก็ตามในการผลิตข้าวจำเป็นต้ องมีการพึ่งพาปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง ไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีเพื่อการเกษตรในปี พ.ศ.2552 จำนวน 4,123,247 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 46,176.9 ล้านบาท และ ปี พ.ศ.2553 จำนวน 3,870,089 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 45,136.6 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร , 2553) เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี เพื่อปลูกข้าวและสูญเสียรายได้จากการนำเข้าปุ๋ยเคมีมาใช้เพื่อการปลูกข้าวในแต่ละปีเป็นมูลค่าสูง

จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นแหล่งปลูกข้าวแหล่งใหญ่ของประเทศ เนื่องจากมีภูมิ ประเทศเอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก เพราะมีแม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำท่าจีนเป็นแหล่งน้ำชลประทานให้เพียงพอต่อการเกษตรตลอดทั้งปี จังหวัดจึงกำหนดให้เป็นแหล่งผลิตอาหารและผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมาตรฐานสากลโดยเฉพาะการพัฒนาคุณภาพผลผลิตข้าวเพื่อการส่งออก เป้าหมาย12 ล้านไร่ ภายใน 4 ปี ที่ผ่านมาได้รับความร่วมมือจากภาครัฐเอกชนและองค์กรเกษตรในการพัฒนาคุณภาพข้าวให้มีคุณค่าทางหลักอนามัยและการเพิ่มปริมาณของข้าวให้มากขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นแหล่งที่ใช้ฆ่าชำแหละสุกร เพื่อจำหน่ายให้แก่ประชาชนในพื้นที่ ในกระบวนการฆ่าสัตว์นั้นต้องใช้น้ำทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น ชำระล้างทำความสะอาดตัวสัตว์ ซากสัตว์ รวมทั้งน้ำใช้สำหรับชำระล้างโรงฆ่าสัตว์ และล้างเครื่อ งมืออุปกรณ์ที่ใช้ในโรงฆ่าสัตว์ น้ำเสียที่ออกจากโรงฆ่าสัตว์เป็นน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูง เนื่องจากเป็นน้ำเสี ยที่เกิดจากกิจกรรมการฆ่าสัตว์ จึงมีทั้งเศษไ ขมัน เศษขยะ ตลอดจนเศษมูลสัตว์ ดังนั้นถ้าไม่มีการบำบัดน้ำเสียที่ถูกหลักสุขาภิบาลแล้ว อาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ ที่มีน้ำเป็นสื่อได้ เช่น บิด ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์และแมลงนำโรคได้อีกด้วย การนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อลดขั้นตอนการรอบำบัด ซึ่งอาจ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นของบ่อบำบัด และสามารถดูดใช้ธาตุอาหาร ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็กและธาตุอื่นๆที่มีอยู่สูงในน้ำเสียไปใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นการลดสารพิษจากน้ำเสียที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลองและคูน้ำ และช่วยปรับปรุงดิน ลดความเป็นกรดในดินที่อาจจะเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีตกค้างในดินด้วย ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตและมีผลกำไรเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ในการปลูกข้าวเพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี

2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ใช้น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์กับการใช้ปุ๋ยเคมี

ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่โครงการแหลมผักเบี้ยตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ อำเภอเมือง สุพรรณบุรี ทดลองใส่ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ในการปลูกข้าวพันธุ์หอมปทุมธานี 1 เพื่อหาความเหมาะสมของปริมาณของน้ำเสียที่จะใช้เพื่อเป็นธาตุอาหารของข้าว ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีและเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตให้ผลผลิตข้าวสูง โดยเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงมีนาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้าว

ข้าว เป็นพืชวงศ์ (family) หญ้า (Poaceae) สกุล (Genus) Oryza มีอยู่ประมาณ 25 ชนิด เช่น *Oryza barthii, O. brevilgulata, O. nivara, O. pernnis, O. rufipogon, O. longistaminata* และ *O. punctata* เป็นต้น ที่ปลูกเป็นอาหาร คือ*O. sativa* เป็นข้าวเอเชีย และ*O. glaberrima* เป็นข้าวแอฟริกา ที่เหลือเป็ นข้าวป่า ถิ่นกำเนิดของข้าวมีแหล่งกำเนิดอยู่ 2 แหล่ง คือ ทางทวีปเอเชีย และแอฟริกา ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว (*O. sativa*) มีดังนี้ ราก (root) เป็นระบบรากฝอย (fibrous root) หยั่งลึกในดินประมาณ 6-18 นิ้ว เมื่อที่เจริญเต็มที่จะมีรากแขนง (lateral root) ประกอบด้วยขนราก (root hair) ทำหน้าที่ดูดซับแร่ธาตุและน้ำ ลำต้น (culm) ประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) บริเวณส่วนล่างของลำต้นสามารถเจริญเป็นลำต้นใหม่ (tiller) ใบ (leaf) เป็นแผ่นบาง แคบ และยาว กำเนิดจากข้อในทิศทางสลับกัน ประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) แผ่นใบมีเส้นใบ (vein) ซึ่งเป็นท่อ น้ำและท่อ อาหาร ขนานไปกับเส้นกลางใบ (midrib) ใบสุดท้ายของข้าว เรียกว่าใบธง (flag leaf) ดอกข้าว (spikelet) เกิดเป็นกลุ่ม ประกอบด้วยเปลือกนอก (glume) 2 แผ่น ได้แก่ กลีบด้านนอก (outer glume) และกลีบด้านใน (inner glume) ภายในประกอบด้วยดอกย่อย(floret) จำนวน 3 ดอก แต่มีดอกย่อยดอกเดียวที่เจริญ ประกอบด้วยกลีบดอกย่อยด้านนอก (lemma) และกลีบดอกย่อยด้านใน (palea) รวงข้าว (panicle) คือ ช่อดอก (inflorescence) ของข้าว เกิดขึ้นที่ปล้องสุดท้าย(uppermost internode) ของลำต้นและเมล็ด (seed) ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ เปลือกนอก (hull,husk) หรือ แกลบ ซึ่งประกอบด้วยกลีบดอก ย่อยด้านนอกและกลีบดอกย่อยด้านในเป็นส่วนสำคัญผล (caryopsis) เอ็นโดสเปริ์ม (endosperm) และคัพภะ (embryo) หรือจมูกข้าว เป็นส่วนที่จะงอกเป็นต้นข้าว (อรรควุฒิ, 2526) ข้าวที่ปลูกเพื่อการค้าจะมีอายุประมาณ 3 ถึง 6 เดือน (90-180 วัน) นับจากงอกจนถึงเก็บเกี่ยวอายุของข้าวจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมในขณะปลูก อายุของข้าว 1 รอบแบ่งออกเป็น 2 ช่วงการเจริญเติบโต คือ ระยะเจริญเติบโตของลำต้นและใบ(vegetative) และระยะสืบพันธุ์(reproductive) ส่วนด้านเกษตรกรรมจะแบ่งการเติบโตของข้าวออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเจริญเติบโตของลำต้นและใบ ระยะสืบพันธุ์และระยะสุกแก่ (ripening) ระยะเจริญเติบโตของลำต้นและใบ นับจากเริ่มงอกจนถึงเริ่มสร้างรวงอ่อนระยะสืบพันธุ์ นับจากเริ่มสร้างรวงอ่อนจนถึงออกดอก และระยะสุกแก่ นับจากออกดอกหรือวันที่รวงโผล่พ้นใบธงจนถึงสุกแก่ (อรรควุฒิ, 2526)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตคนไทยทั้งในด้านการบริโภคเป็นอาหารและเป็นอาชีพหลักสร้างรายได้ให้แก่ประชากรส่วนใหญ่กว่า 3.7 ล้านครัวเรือน หรือร้อยละ 66 ของประชากรภาคการเกษตร พื้นที่เพาะปลูกข้าวของประเทศไทยแต่ละปีรวมกว่า 65 ล้านไร่ แบ่งการเพาะปลูกเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูนาปี มีพื้นที่เพาะปลูก 56-58 ล้านไร่ และฤดูนาปรังมีพื้นที่เพาะปลูก 8-9 ล้านไร่ โดยพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีจะมีอยู่ทุก จังหวัด ของประเทศ ส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันตก ส่วนภาคตะวันออกและภาคใต้ข้าวจะเป็นพืชรองจากพืชสวน สำหรับนาปรังส่วนมากจะเพาะปลูกอยู่ ในบริเวณเขตชลประทานของภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันตก ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตข้าวนาปีเท่ากับ 4,710 บาท/ตัน มีค่าสูงกว่าการผลิตข้าวนาปรังซึ่งมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3,420 บาทต่อตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

ผลผลิตข้าวของไทยแต่ละปีมีประมาณ 24 – 28.2 ล้านตันข้าวเปลือก ซึ่งได้จากฤดูนาปี 19 - 20 ล้านตันข้าวเปลือก และฤดูนาปรัง 5 - 6.4 ล้านตันข้าวเปลือก คำนวณมูลค่าผลผลิตรวมได้ทั้งสิ้นประมาณ 130,000 ล้านบาท จากปริมาณผลผลิตข้างต้น มีการใช้ภายในประเทศ 15.338 ล้านตันข้าวเปลือก และสามารถส่งออกจำหน่าย 7–8 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่ากว่า 80,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

สถานการณ์ผลผลิต-บริโภคข้าวโลกใน ปี 2551 พบว่าผลผลิตข้าวโลกเพิ่มขึ้น บางประเทศมีผลผลิตเพิ่มขึ้น เช่น อินโดนีเซียและจีน ทั้งนี้คาดว่าผลผลิตข้าวในตลาดโลกจะเพิ่มขึ้นอีก 3 ล้านตัน จาก 418 ล้านตัน เป็น 421 ล้านตัน แต่ความต้องการในตลาดโลก จาก 418 ล้านตัน เพิ่มขึ้น 6 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มสูงกว่าปริมาณข้าวเป็นเท่าตัว ทำให้ตลาดโลกยังสดใส ประกอบกับอินเดียยังหยุดส่งออก ซึ่งจะส่งผลดีกับไทยตั้งแต่ต้นปี- กลางปี 2551 โดยเฉพาะตลาดข้าวนึ่งของอินเดีย คือ แอฟริกา ซึ่งมีความต้องการข้าวเกือบล้านตัน จะหันกลับมาซื้อจากไทย (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551)

1.1 ข้าวหอมปทุมธานี

ข้าวหอมปทุมธานี หมายถึง ข้าวกล้อง และข้าวขาว ที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งผลิตในประเทศไทย และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศรับรองว่าเป็นพันธุ์ปทุมธานี ซึ่งมีกลิ่นหอมธรรมชาติขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือข้าวเก่า เมื่อหุงสุกเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม แบ่งข้าวหอมปทุมธานี ออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้าวขาวและข้าวกล้องแบ่งข้าวปทุมธานี ออกเป็น 2 ชั้น ตามปริมาณข้าวหอมปทุมธานีคือ ข้าวหอมปทุมธานี ชั้นดี เลิศ (Prime quality) ต้องมีข้าวหอมปทุมธานีไม่น้อยกว่า ร้อยละ 90 และ ข้าวหอมปทุมธานี ชั้นดีพิเศษ (Superb quality) ต้องมีข้าวหอมปทุมธานีไม่น้อยกว่า ร้อยละ 80 (กรมการข้าว , 2550) ลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 104-126 วัน ลำต้นสูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร ใบธงยาวค่อนข้างแก่ช้า คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง รูปร่างเรียว ยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และ หนา 1.95 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องสีขาว รูปร่างเรียว ยาว 7.60 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตร และ หนา 1.72 มิลลิเมตร คุณภาพการหุงและรับประทานเป็นข้าวอะมิโลสต่ำ (17.80 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (85 มิลลิเมตร) อัตราการยืดตัวของข้าวสุก 1.57 ข้าวสุกมีกลิ่นหอม ข้าวปทุมธานี 1 ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับ 6 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ752 กิโลกรัมต่อไร่ ในฤดูนาปี และ 795 กิโลกรัมต่อไร่ ในฤดูนาปรัง ถ้าการเก็บเกี่ยวช่วงหลังจากข้าวออกรวงไม่เกิน 30 วัน คุณภาพการสีจะดีโดยจะได้เมล็ดข้าวสารที่มีเต็มเมล็ด 40-50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวในช่วงนี้รวงข้าวจะมีจำนวนเมล็ดข้าวเต็ม มีความต้านทานต่อโรคและแมลง ศัตรูข้าวที่สำคัญของภาคกลาง เช่น โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี, ม.ป.ป.)

ข้าวหอมปทุมธานีทุกประเภทและทุกชนิด ต้องมีมาตรฐาน คือ มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14.0 มีลักษณะโดยทั่วไปเป็นข้าวเมล็ดยาว ขนาดเมล็ดความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 7.0 มิลิเมตร อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 3.2:1 มีคุณสมบัติทางเคมี คือ มีปริมาณอะมิโลส ตั้งแต่ร้อยละ 16.0 แต่ไม่ถึงร้อยละ 20 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0 และมีค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่างระดับพีเอช 6 – 7 ส่วนข้าวหอมปทุมธานี ที่มีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นปนเกินกว่าร้อยละ 20 ไม่ถือว่าเป็นข้าวหอมปทุมธานี ตามมาตรฐานนี้ (กรมการข้าว, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. โรงฆ่าสัตว์ (Slaughterhouse)

โรงฆ่าสัตว์หมายถึงสถานที่และอาคารที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการฆ่าสัตว์เพื่อให้ได้ผลิตผลมาใช้ในการบริโภคของมนุษย์ สำหรับขนาดของโรงฆ่าสัตว์ หมายถึง กำลังการผลิต ความสามารถในการฆ่าสัตว์ ที่โรงฆ่าสัตว์นั้นๆ สามารถกระทำได้ต่อวัน ซึ่งสามารถแบ่งขนาดของโรงฆ่าสัตว์ตามกำลังการผลิต ออกเป็น 5 ขนาด คือ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2541)

2.1 โรงฆ่าสัตว์ขนาดย่อย หมายถึง โรงฆ่าสุกรที่มีกำลังการผลิต 20 ตัวต่อวัน

2.2 โรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็ก หมายถึง โรงฆ่าสุกรที่สามารถฆ่าและชำแหละสุกรได้น้อยกว่า 50 ตัวต่อวัน

2.3 โรงฆ่าสัตว์ขนาดกลาง หมายถึง โรงฆ่าสุกรที่สามารถฆ่าและชำแหละสุกรได้ตั้งแต่ 50 ตัว ถึง 150 ตัวต่อวัน

2.4 โรงฆ่าสัตว์ขนาดใหญ่ หมายถึง โรงฆ่าสุกรที่สามารถฆ่าและชำแหละสุกรได้ตั้งแต่ 151 ตัวขึ้นไป

2.5 โรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กตามมาตรฐานสากล หมายถึง โรงฆ่าสุกร ที่มีกำลังการผลิต 120 ตัวต่อวัน แต่เป็นโรงฆ่าที่มีกระบวนการผลิตทั้งหมดเป็นมาตรฐานสากล

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็ก ปริมาณสุกรที่ทำการฆ่าและชำแหละประมาณ 24 ถึง 32 ตัวต่อวัน โดยดำเนินการ 6 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งในกระบวนการฆ่า และชำแหละสุกร 24 27 และ 32 ตัว มีปริมาณน้ำเสียประมาณ 5,976 4,376 และ 9,674 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (วลัยนุช, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. น้ำเสีย

น้ำเสีย (wastewater) คือ น้ำที่ไม่ต้องการ หรือน้ำที่ใช้แล้วและระบายทิ้ง น้ำใช้แล้วจา ก ชุมชน อาจประกอบไปด้วยสิ่งปะปนที่ติดมาจากกิจกรรม จากที่อยู่อาศัย ธุรกิจ โรงงาน อุตสาหกรรม และสถาบันต่างๆ รวมกับน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน น้ำฝน (กรมควบคุมมลพิษ , 2550) พัฒนา (2546) ได้ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสีย หมายถึง ของเหลวหรือน้ำที่ผ่านการใช้มาแล้วจาก บ้านเรือน การประกอบธุรกิจการค้า การทำงานในสถานที่ต่างๆ การเกษตรหรือโรงงาน อุตสาหกรรม น้ำเสียจึงมักมีสิ่งสกปรกต่างๆ ปนเปื้อน ทั้งในรูปสารแขวนลอยหรือละลายน้ำอยู่ ซึ่งความสกปรกหรือความไม่น่าใช้จึงมีมากกว่าน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำทิ้ง หมายถึง น้ำจากอาคารที่มีคุณภ าพเหมาะสมตามมาตรฐานที่กำหนดให้ระบายลงแหล่งระบายน้ำได้ เกษม (2545) รายงานว่า น้ำเสีย (wastewater) หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้ง มลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น ส่วนน้ำทิ้ง (effluent) คือ น้ำเสียที่ได้รับการบำบัด แล้ว หรือไม่ได้รับก ารบำบัด ซึ่งถูกระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในขณะที่ เสริมพลและไชยยุทธ (2524) ได้ให้ความหมายไว้ว่า น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่างๆ ทำให้คุณลักษณะ ของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปน อยู่ในน้ำ

น้ำทิ้ง หรือ น้ำเสียมีอยู่หลายประเภท ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด สามารถแบ่งน้ำทิ้งตาม แหล่งกำเนิดได้ดังนี้ คือ น้ำทิ้งชุมชน (domestic wastewater) เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของ ประชาชนที่อาศัยในชุมชน เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล ร้านค้า เป็นต้ น มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การอาบน้ำ การซักผ้า ล้างจาน เป็นต้น น้ำทิ้งอุตสาหกรรม (industrial wastewater) เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตภายในโรงงาน อุตสาหกรรม ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน ซึ่งจะมีสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหารต่า งๆ เชื้อโรค และสารอนินทรีย์ เช่น สารเคมีและโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ และน้ำทิ้งที่เกิดจาก การเกษตรกรรม (agricultural wastewater) เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียประเภทนี้จะมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ หากเป็นน้ำเสีย จากพื้นที่เพาะปลูกจะพบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและยาปราบศัตรูพืชต่างๆ แต่ถ้าน้ำเสีย ที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์จะพบสารอินทรีย์ในปริมาณมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเสีย มีลักษณะแตกต่างกันไปตามมลสารที่ประกอบอยู่ในน้ำนั้นๆ ซึ่งแบ่งเป็นน้ำเสียทางกายภาพ เป็นน้ำเสียที่สามารถมองเห็นสิ่งสกปรกเจือปน และสัมผัสได้ เช่น มีขยะหรือสิ่งปฏิกูล ความขุ่น สี กลิ่น รส และอุณหภูมิที่ผิดปกติ น้ำเสียทางเคมี เป็นน้ำที่มีสารประกอบ ทั้งอนินทรีย์และอินทรีย์ต่างๆ ละลายเจือปนอยู่ในน้ำมากเกินกว่าปกติ น้ำเสียทางชีวภาพ เป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และหนอน ทำให้เกิดโรคต่างๆ ที่มีน้ำเป็นสื่อหรือเป็นพาหะในคนและสัตว์ และน้ำเสียทางสารกัมมันตรังสี เป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสี ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายคนได้หลายทาง เช่น ทางผิวหนัง การหายใจ เป็นต้น ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้ที่ได้รับรังสี (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2542)

กรมควบคุมมลพิษ (2550) ได้แบ่งลักษณะการปนเปื้อนของมลสารต่างๆ ในน้ำเสีย ดังนี้ คือ สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen: DO) ลดลง เกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี(biochemical oxygen demand: BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย สารอนินทรีย์ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟอร์ เป็นต้น โลหะหนักและสารพิษ เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือ อนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ใน วงจรอาหารเกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ปกติจะพบในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากน้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ ความร้อนทำให้เกิดการแบ่งชั้นของลำน้ำ เร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ อาจทำให้เกิดสภาวะเน่าเหม็นขึ้นได้ ส่วนของแข็งเมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้ลำน้ำจะตื้นเขินมีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ในเรื่องของสีและความขุ่น จะไปขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ โดยปกติน้ำสะอาดจะมีพีเอชเท่ากับ 7.0 น้ำเสียมีค่าพีเอชอยู่ประมาณ 6.5 – 9.0 สารก่อให้เกิดฟอง สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำและอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงก่อให้เกิดสภาพเน่าเหม็นตามมา สารกัมมันตรังสี เป็นสารอันตราย เมื่อเกิดการสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (algae bloom) เป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน

3.1 น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

กิจกรรมโรงฆ่าสัตว์ส่วนมากก่อให้เกิดน้ำเสียจาก 3 แหล่งด้วยกัน คือ คอกกักกันสัตว์ชั่วคราวก่อนฆ่า โรงฆ่า และโรงชำแหละ โดยกิจกรรมหลัก คือ เมื่อขนส่งสัตว์มาสู่โรงฆ่าสัตว์จะนำสัตว์สู่คอกกักสัตว์ชั่วคราว ซึ่งในระหว่างนี้จะมีการฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดตัวสัตว์และลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับสัตว์ด้วย จากนั้นจะนำสัตว์เข้าสู่โรงฆ่าก่อนที่จะทำการชำแหละ (ศักดิ์ชัย สกฤตธี, 2544) กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2541) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนกระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน ที่ทำให้เกิดน้ำเสียในกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

การรับสุกร โดยทั่วไปสุกรที่ส่งไปฆ่ามีน้ำหนักตั้งแต่ 90-130 กิโลกรัม มีอายุประมาณ 20-30 สัปดาห์ ในการขนส่งสุกรมักจะเกิดความเครียดที่เกิดจากการไล่ต้อนจับ อากาศที่ร้อน การอดอาหารและน้ำขณะขนส่ง ดังนั้นโรงฆ่าสัตว์จะต้องมีคอกพักสัตว์ก่อนฆ่าอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้เลือดไหลออกได้มาก ก่อนที่จะนำไปฆ่าต้องมีสัตวแพทย์ตรวจสุขภาพสุกรก่อน ถ้ามีโรคติดต่อหรือสงสัยว่ามีโรคติดต่อก็ทำลายเสีย ส่วนสุกรสุขภาพสมบูรณ์ถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนนี้ใช้น้ำปริมาณ 0.50 ลบ.ม.ต่อสุกร เป็นน้ำเสียจากการฉีดล้างสุกร 0.50 ลูกบาศก์เมตรต่อสุกร 1 ตัน

การทำให้สุกรหมดความรู้สึกการฆ่าตามมาตรฐานสากลวิธีการทำให้สลบก่อนการฆ่ามี 3 วิธี คือ การใช้ปืนยิง การใช้วิธีช็อตไฟฟ้า และการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยนิยมใช้การช็อตไฟฟ้า เมื่อสุกรสลบแล้วจึงแทงคอ เพื่อเอาเลือดออกให้เร็วที่สุด

การลวกและถอนขน ซากสุกรที่เอาเลือดออกแล้ว นำไปลวกน้ำร้อน เพื่อให้ถอนขนได้ง่ายขึ้น โดยใช้เวลาในการลวกประมาณ 2-3 นาที ในขั้นตอนนี้มีน้ำเสียเกิดจากการลวกและถอนขนสุกรประมาณ 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อสุกร 1 ตัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การชำแหละสุกรที่ผ่านการถอนขนและขัดทำ ความสะอาดแล้วจะถูกนำไปชำแหละเริ่มจากการผ่าเอาเครื่องในและลำไส้ออก ทำความสะอาด จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นก่อนส่งไปจำหน่าย ส่วนซากสุกรถูกผ่าซีก ล้างทำความสะอาด ตรวจและคัดซากที่มีคุณภาพไปเก็บในห้องเย็นเพื่อลดอุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขั้นตอนนี้ใช้น้ำที่มีคลอรีนเหลืออยู่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อ สุกร 1 ตัน และน้ำเสียจากการล้างเครื่องในและทำความสะอาดซากสุกรประมาณ 2.0 ลูกบาศก์เมตรต่อสุกร 1 ตัน

จะเห็นได้ว่าในทุกๆ ขั้นตอนจะมีการใช้น้ำ ทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมากและมีค่าความสกปรกสูงโดยเฉพาะในขั้นตอนการชำแหละ ซึ่งน้ำเสียส่วนใหญ่จะปนเปื้อนเลือดสัตว์ และน้ำล้างทำความสะอาด โดยเลือดสัตว์นี้มีปริมาณสารอาหารค่อนข้างสูง น้ำเสียที่ออกมาจากโรงฆ่าสัตว์จะมีสีแดงปนน้ำตาลเข้ม ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) สูง และประกอบไปด้วยสารแขวนลอยต่างๆ มากมาย(กฤตธี, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับDanh *et al.* (2008) ที่ได้รายงานลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของ โรงฆ่าสัตว์แต่ละกิจกรรม พบว่า น้ำเสียจากลานฆ่าวัวมีค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) เท่ากับ 2,280 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าสารแขวนลอย (Suspend Solid : SS) เท่ากับ 1,160 มิลลิกรัมต่อลิตร, น้ำเสียจากกระบวนการแล่เนื้อวัว มีค่าซีโอดีเท่ากับ 3,250 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าตะกอนหนักเท่ากับ 1,080 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียจากการลอกขนหมูมีค่าซีโอดีเท่ากับ 1,490 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าตะกอนหนักเท่ากับ 310 มิลลิกรัมต่อลิตร, น้ำเสียจากการชำแหละหมู มีค่าซีโอดีเท่ากับ 9,990 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าตะกอนหนักเท่ากับ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียจากกระบวนการแล่เนื้อหมู มีค่าซีโอดีเท่ากับ 2,970 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าตะกอนหนักเท่ากับ1,250 มิลลิกรัมต่อลิตร เห็นว่าคุณลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมโรงฆ่าสัตว์มีค่าความสกปรกที่สูง และ Danh (2008) รายงานเพิ่มเติมถึงลักษณะน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์แบบรวมของหมู และวัว โดยซีโอดีมีค่าเท่ากับ710 - 1,310 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1,090-1,770 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดีเท่ากับ 340-670 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 470-870 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าตะกอนหนักเท่ากับ 210 – 350 มิลลิกรัมต่อลิตร และ280 – 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลรวมค่าไนโตรเจน (Total Kjeidahl Nitrogen : TKN) เท่ากับ 53 – 99 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 58 – 105 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าแอมโมเนียมไนโตรเจน(NH_3-N) เท่ากับ 25 – 42 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 27 – 53 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาตรน้ำเสียรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมโรงฆ่าสัตว์ของหมู เท่ากับ 880 ลิตรต่อหัว และวัวเท่ากับ 1,840 ลิตรต่อหัว นอกจากนี้ (กฤตธี, 2544) ได้รายงานลักษณะน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งผ่านตะแกรงดักส่วนที่เป็นของแข็งออกเบื้องต้น พบว่า น้ำเสียมีกลิ่นเหม็นรบกวน และมีปริมาณธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบสูง คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

128.8 - 205.87 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 17.6 - 66.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซีโอดีและบีโอดี มีค่า 640 - 2,896 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 372-1,525 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ฐิตยา (2541) ศึกษาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในจังหวัดฉะเชิงเทราทั้ง 3 ขนาด คือฟาร์มสุกรขนาดเล็ก ฟาร์มสุกรขนาดกลาง และฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ ในฤดูกาลต่างๆ ในรอบ 1 ปี โดยรวบรวมตัวอย่างน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรขนาดต่างๆ จำนวน 9 ฟาร์ม เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งฟาร์มละ 3 จุดเก็บตัวอย่าง โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เป็นจุดกำเนิดน้ำทิ้ง จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 เป็นบ่อบำบัดน้ำทิ้ง และจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 เป็นบริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้งออกจากฟาร์มสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ รวมทั้งหมด 27 จุดตัวอย่างต่อฤดูกาล ในเดือนเมษายน เดือนสิงหาคม และเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2539 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรทั้ง 3 ขนาด มีค่าสูงในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรขนาดเล็ก รองลงมาเป็นฟาร์มสุกรขนาดกลาง และฟาร์มขนาดใหญ่ตามลำดับ ปริมาณมลสารที่ตรวจพบมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน ตามลำดับ ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้โดยเฉพาะในแม่น้ำบางปะกง จากการศึกษา ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรขนาดต่างๆ ในแต่ละฤดูกาล พบว่า ปริมาณสารดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการจัดการฟาร์มเป็นสำคัญหากมีการจัดการฟาร์มที่ดีและระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีประสิทธิภาพ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ก็จะลดน้อยลงมากกว่าฟาร์มที่ไม่มีการจัดการฟาร์มที่ดี การศึกษาปริมาณของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม นี้สามารถไปพิจารณาประกอบการเลือกระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อการจัดตั้งนิคมเลี้ยงสุกรของจังหวัดฉะเชิงเทราต่อไปได้

วลัยนุช (2551) ศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี มีค่าอุณหภูมิ 31.1 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 6.93 บีโอดีประมาณ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลาย 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร การนำไฟฟ้า 877 ไมโครซิเมนต์ ของแข็งละลาย 465 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 414 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 60-70 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 32.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอตเฟส 11.22 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสทั้งหมด 12.72 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำที่สะอาดก่อนปล่อยทิ้งเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ไขปัญหาแม่น้ำลำคลองและแหล่งน้ำเน่าเสีย โดยอาศัยกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อลดหรือทำลายความสกปรกที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำได้แก่ ไขมัน น้ำมัน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด เมื่อปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็จะไม่ทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสียอีกต่อไป เนื่องจากน้ำเสียมีแหล่งที่มาแตกต่างกันจึงทำให้มีปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียแตกต่างกันไปด้วย ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียจำเป็นจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสม การปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียมีหลายวิธี แบ่งขั้นตอนในการบำบัดออกได้ดังนี้ (กฤตธี, 2544)

3.2.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นเตรียมการ (Pretreatment)

เป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่ออกเสียก่อนที่น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อป้องกันการอุดตันท่อน้ำเสีย และเพื่อไม่ทำความเสียหายให้แก่เครื่องสูบน้ำ การบำบัดในขั้นนี้ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง เป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่โดยใช้ตะแกรงที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด การบดตัดเป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของแข็งให้เล็กลง ถ้าสิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสียเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ต้องใช้เครื่องบดตัดให้ละเอียด ก่อนแยกออกด้วยการตกตะกอน การดักกรวดทราย เป็นการกำจัดพวกกรวดทรายทำให้ตกตะกอนในรางดักกรวดทราย โดยการลดความเร็วน้ำลง การกำจัดไขมันและน้ำมันเป็นการกำจัดไขมันและน้ำมันซึ่งมักอยู่ในน้ำเสียที่มาจากครัว โรงอาหาร ห้องน้ำ ปั๊มน้ำมัน และโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด โดยการกักน้ำเสียไว้ในบ่อดักไขมันในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้น้ำมันและไขมันลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำแล้วใช้เครื่องตักหรือกวาดออกจากบ่อ

3.2.2 การบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง (Secondary Treatment)

เป็นการกำจัดน้ำเสียที่เป็นพวกสารอินทรีย์ ที่อยู่ในรูปสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปมักจะเรียกการบำบัดขั้นที่สองนี้ว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีววิทยาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายหรือทำลายความสกปรกในน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันนี้อย่างน้อยจะต้องบำบัดถึงขั้นที่สอง เพื่อให้น้ำเสียที่ผ่าน การบำบัดแล้วมีคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งที่ทางราชการกำหนดไว้ การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีววิทยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ขบวนการที่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบแอคติเวตเตด สลัดจ์ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ ฯลฯ และขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบถังกรองไร้อากาศ ระบบถังหมักตะกอน ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย

3.2.3 การบำบัดน้ำเสียขั้นสูง (Advanced Treatment)

เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในขั้นที่สองมาแล้ว เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบางอย่างที่ยังเหลืออยู่ เช่น โลหะหนัก หรือเชื้อโรคบางชนิดก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะการบำบัดขั้นนี้มักไม่นิยมปฏิบัติกัน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง นอกจากผู้บำบัดจะมีวัตถุประสงค์ในการนำน้ำที่บำบัดแล้วกลับคืนมาใช้อี กครั้ง (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม ,2548)

3.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยพืช

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธีทั้งที่เป็นกระบวนบำบัดทางธรรมชาติและกระบวนการบำบัดที่ต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย แต่ละวิธีนั้นจะมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งกระบวนการบำบัดที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยนั้นจะต้องใช้งบประมาณในปริมาณมากเพื่อใช้จ่ายในกระบวนการติดตั้งระบบบำบัด กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยบำบัดน้ำเสียได้และเสียงบประมาณใช้จ่ายในปริมาณที่น้อย โดยปกติแล้วธรรมชาติจะเกิดกระบวนการต่างๆ ที่จะทำให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติได้ (พัฒนา, 2546)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชน้ำ (aquatic plants หรือ hydrophytes) หมายถึง พืชที่เจริญเติบได้ในน้ำ โดยมีส่วนของพืชอยู่ใต้น้ำ ลอยอยู่ผิวน้ำ โผล่พ้นน้ำ หรือขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง และรวมถึงพืชที่เจริญเติบโตในบริเวณที่มีน้ำขัง พืชน้ำสามารถเจริญเติบโต ปรับตัว และดำรงชีวิตได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำ พืชน้ำแต่ละช นิดมีความสามารถในการดูดซับมลสารและธาตุอาหารในการเจริญเติบโต การเคลื่อนย้ายออกซิเจนของพืชน้ำ มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน เมื่อพืชน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ในขณะเดียวกันก็จะมีอัตราการสร้างออกซิเจนสูงด้วย การขนส่งออกซิเจนเข้าสู่ราก ทำให้ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นได้ (Hammer and Bastian, 1989) ซึ่งศรปราชญ์ และคณะ (2545) ได้ศึกษาสมรรถนะในการชักนำออกซิเจนจากบรรยากาศสู่ระบบรากและไรโซเฟียร์ ของธูปฤาษี พบว่าธูปฤาษีมีอัตราการสังเคราะห์แสงของแผ่นใบค่อนข้างสูง และบริเวณปลายของใบมั กมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าตอนล่างของใบ นอกจากนี้พืชน้ำมีความสามารถในการดูดมวลสาร สิ่งเจือปน และโลหะหนัก (Brix, 1989); Gazi *et al*. (1999) ศึกษาประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารตะกั่วในน้ำเสียจากทะเลสาป Davis ใน North Dakota โดยใช้แหนเป็ด (*Lemna minor*) พบว่า สามารถเคลื่อนย้ายสารตะกั่วออกจากแหล่งน้ำได้ประมาณร้อยละ 70-80 โดยเก็บสะสมไว้ในต้น ทำให้สารตะกั่วในน้ำลดลง ส่งผลให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

พืชน้ำต่างๆ สามารถบำบัดและขจัดธาตุอาหารที่ปนเปื้อนมาในน้ำเสียได้ เพราะรากพืชดูดซับธาตุอาหารพืชในรูปอิออนต่างๆ เ ช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำ แล้วส่งไปให้พืชสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช และทำให้มวลชีวภาพเพิ่มขึ้น กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้พืชน้ำ ลักษณะของพืชน้ำที่นำมาใช้โดยเฉพาะราก ของพืชน้ำจะทำหน้าที่เสมือนเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย เพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ จากการศึกษาคุณลักษณะน้ำทิ้งจากหอพักหญิงสถาบันราชภัฏมหาสารคามที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ผักตบชวามีการเจริญเติบโตมากที่สุด และมีน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ในช่วง 2 สัปดาห์แรก คุณภาพน้ำของน้ำทิ้งที่มีผักตบชวามีคุณภาพดีขึ้นคือ ค่าพีเอชเป็นกลาง ค่าออกซิเจนละลายเพิ่มมากขึ้น และบีโอดีออร์โธฟอสเฟตและไนเตรทมีค่าลดลง (สุกัลยา และปารวี, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ปริมาณที่สูง เป็นส่วนที่ละลายได้ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งอยู่ในรูปของสารแขวนลอย ไขมัน โปรตีน และเซลลูโลส ที่ย่อยสลายยากโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์เหล่านี้ เมื่อปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมจะส่งผลต่อสมรรถนะการยอมมีได้ (carrying capacity) ของแหล่งน้ำ และก่อให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำได้ ดังนั้นน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จึงต้องมีการบำบัดให้ได้มาตรฐานก่อนปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม โดยอาศัยหลักการทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ทั้งนี้การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อาทิ สมบัติของน้ำเสีย ต้นทุน เทคโนโลยี ศักยภาพของบุคลากร และขนาดพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งอาจเลือกใช้ระบบเดียว หรือ ระบบผสมผสาน จากการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อและสัตว์ปีก โดย US EPA (2002) การบำบัดขั้นปฐมภูมิ (primary treatment) ใช้การดักด้วยตะแกรงถึง98 เปอร์เซ็นต์ การกำจัดไขมันและน้ำมัน83 เปอร์เซ็นต์ การบำบัดขั้นทุติยภูมิ (secondary treatment) และขั้นตติยภูมิ (tertiary treatment) ใช้วิธีทางชีวภาพ100 เปอร์เซ็นต์ การฆ่าเชื้อโรค 92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการกรองเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการจัดการของเสียจากโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษ (2550) พบว่า โรงฆ่าสัตว์ทั่วประเทศกว่า 1,000 แห่ง ทั้งที่เป็นของภาคเอกชนและภายใต้การกำกับดูแลของเทศบาล ส่วนใหญ่ยังขาดการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการจัดการน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่ความสกปรกค่อนข้างสูง กล่าวคือ มีความสกปรกในรูปของบีโอดี อยู่ในช่วง 1,500-2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เพราะมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดกลางและขนาดเล็ก ทำให้มีปัญหาเรื่องค่าใช้จ่าย และบุคลากรที่มีความชำนาญการเลือกใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจึงขาดประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งในพื้นที่ขนาดเล็ก ที่นับว่ามีประสิทธิภาพต่ำในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีความสกปรกสูง ส่งผลให้โรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบัน

Kessombon (1990) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียมูลสุกรด้วยระบบพืชน้ำสามขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกบรรจุผักตบชวา ขั้นที่สองและสามบรรจุสาหร่ายและผักบุ้ง ตามลำดับ พบว่า ที่สภาวะบรรทุกสารอินทรีย์สูงจะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่สูง โดยภาระบรรทุกสารอินทรีย์ซีโอดี 395 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดคือ ซีโอดี 93 เปอร์เซ็นต์ บีโอดี 94 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 95 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 61เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนีย 93 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนที่เป็นสารอินทรีย์ 80 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งหมด 97 เปอร์เซ็นต์ และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม 99.80 เปอร์เซ็นต์ และที่การบรรทุกสารอินทรีย์ซีโอดี 450 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน ระยะเวลากักเก็บ 8 วัน สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากกว่า 71 เปอร์เซ็นต์

พิจิตรา (2544) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์โดยใช้พืช 2 ชนิด คือ ธูปฤาษีและกกกลมที่เวลากักเก็บน้ำ 4-27 วัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรและหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกำจัดบีโอดี การวิจัยใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อเก็บกักน้ำ พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์กกกลม และพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ธูปฤาษี มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี อยู่ในช่วง 66-92 เปอร์เซ็นต์, ค่าตะกอนแขวนลอย อยู่ในช่วง 70-97 เปอร์เซ็นต์, ค่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 72-96 เปอร์เซ็นต์ ค่าไนเตรต-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 47-83 เปอร์เซ็นต์, ค่าฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 39-81 เปอร์เซ็นต์ และค่าผลรวมโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 52-85 เปอร์เซ็นต์พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์กกกลม และพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ แต่เวลากักเก็บน้ำมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี โดยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์จะมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้น ตามเวลากักเก็บที่นานขึ้น น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ในการล้างโรงเรือนและตัวสุกรได้ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานน้ำดิบของการประปาส่วนภูมิภาค เนื่องจากในน้ำมีแบคทีเรียเป็นจำนวนมาก แต่สามารถปล่อยน้ำที่ผ่าน การบำบัดจากพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือแม่น้ำได้เนื่องจากลักษณะน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดเป็นไปตามร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรของกรมควบคุมมลพิษ ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกำจัดบีโอดีของพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์มีความสัมพันธ์กับเวลากักเก็บน้ำ เศษส่วนของบีโอดีที่ไม่สามารถกำจัดได้ และค่าคงที่ปฏิกิริยา

กฤตธี (2544) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) ที่ใช้ พืช 2 ชนิด คือ กกกลม และธูปฤาษี เป็นพืชโผล่พ้นน้ำ ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำต่างๆ คือ 3, 7, 11 และ 15 วัน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชทั้งสอง รวมถึงการกำจัดสารอาหารคือไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงในน้ำเสียดังกล่าว เนื่องจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าความสกปรกสูงมาก ระบบที่ใช้พืชทั้งสอง จึงมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยรวมใกล้เคียงกัน กล่าวคือระบบมีความสามารถในการกำจัดซีโอดี ประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ และพืชทั้งสองมีความสามารถในการกำจัดสารอาหารไม่แตกต่างกัน คือ มีความสามารถในการกำจัดไนโตรเจน เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความสามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการกำจัดฟอสฟอรัสเท่ากับ 92 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยสำคัญในการกำจัดไนโตรเจนคือ การดูดซับของพืช โดยเมื่อทำการวิเคราะห์จากการตัดพืชที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีการสะสมในพืชเท่ากับ 58 เปอร์เซ็นต์ และอายุของพืชมีผลต่อความสามารถในการ ดูดซับไนโตรเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตัดพืชในช่วงเวลาที่เหมาะสม ส่วนการดูดซับฟอสฟอรัสของพืชมีน้อยกว่าการดูดซับไนโตรเจนในต้นพืช มีการสะสมในพืชเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลการทดลองกับการ ศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลองนั้นแตกต่างกับค่าที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมามาก เนื่องจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์มีปริมาณของแข็งอินทรีย์ปนเปื้อนสูง เป็นผลให้สิ่งมีชีวิตต้องใช้เวลาในการย่อยสลายที่ยาวนาน

โรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรี เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กที่นำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งมาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วยบ่อผึ่งจำนวน 4 บ่อ โดยน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรจะถูกรวบรวมสู่บ่อที่ 1 แล้วไหลล้นสู่บ่อที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นน้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม วรวุฒิ (2547) การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีด้วยระบบดินน้ำขัง 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน ร่วมกับธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.) โดยปลูกในแปลงดิน ใช้น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดจากบ่อผึ่งที่ 1 และ 2 มาศึกษาประสิทธิภาพบำบัดในแปลงที่มีธูปฤาษีและแปลงที่ไม่มีพืช ทั้งหมด 12 รอบการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ซีโอดี ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อผึ่งที่ 1 ในแปลงที่มีธูปฤาษี คือ 73.18,61.92, 82,31.12 และ 50.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อผึ่งที่ 2 ในแปลงที่มีธูปฤาษี คือ 61.65, 47.44, 7.05, 26.07 และ-2.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแปลงที่มีธูปฤาษีสามารถบำบัดได้ดีว่าแปลงที่ไม่มีธูปฤาษี ดังนั้นจึงควรเลือกใช้น้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อผึ่งที่ 1 ร่วมกับแปลงธูปฤาษีร่วมกันบำบัด เนื่องจากประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด

อลิสรา (2544) ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรแบบกระจายบนดิน โดยระบบน้ำไหลนอง เพื่อศึกษาหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปริมาณและการเจริญเติบโตของหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวได้ การวิจัยใช้น้ำตัวอย่างจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อผึ่งและน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และปลูกหญ้า ขนเป็นพืชคลุมดิน โดยน้ำตัวอย่างที่เป็นน้ำเสียจะถูกระบายลงสู่ แปลงที่มีความชัน 2 เปอร์เซ็นต์ , 4 เปอร์เซ็นต์ , 6 เปอร์เซ็นต์ และ 8 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นน้ำผิวดิน จะถูกระบายลงสู่แปลงที่มีความชัน 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแต่ละแปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับน้ำเสียด้วยอัตราการไหลที่แตกต่างกัน 4 ค่า ได้แก่ 0.017, 0.02, 0.025 และ 0.03 m(3)/m(3)-d น้ำทิ้งฟาร์มสุกรมี ลักษณะสมบัติ ดังนี้ คือซีโอดี = 683 มิลลิกรัมต่อลิตร, บีโอดี = 317 มิลลิกรัมต่อลิตร, สารแขวนลอยทั้งหมด = 325 มิลลิกรัมต่อลิตร, ฟอสฟอรัสทั้งหมด = 93 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไนเตรท-ไนโตรเจน = 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไนโตรเจนทั้งหมด = 66 มิลลิกรัมต่อลิตร และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย = 2.3X10 (7) เซลล์ ต่อ 100 มิลลิลิตร ผลการทดลองแสดงประสิทธิภาพการบำบัดของน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ด้วยอัตราการลดค่าซีโอดี = 42-49 เปอร์เซ็นต์, บีโอดี= 37-49 เปอร์เซ็นต์, สารแขวนลอยทั้งหมด = 36-42 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัสทั้งหมด = 28-30เปอร์เซ็นต์ , ไนเตรท- ไนโตรเจน = 14-18 เปอร์เซ็นต์, ไนโตรเจนทั้งหมด = 37-45 เปอร์เซ็นต์ และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย = 52-54 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากสมการ C/C(,0) = A.exp(-kZ/q(n)) ได้ ค่าคงที่ k อยู่ในช่วง0.37-0.49 cm/h ค่าคงที่A มีค่า 0.61 เมื่อศึกษาการเปรียบเทียบ อัตราการเจริญเติบโตของหญ้าขน พบว่า การเจริญเติบโตของ หญ้าขนมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ ในแปลงทดลองที่ใช้ น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ลักษณะหญ้าขนขึ้นหนาแน่นเต็มแปลงลักษณะ ลำต้นอวบมีสีเขียวเข้ม และมีผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 20-87 กรัมต่อเมตร ส่วนใหญ่แปลงทดลองที่ใช้น้ำผิวดินจาก อ่างเก็บน้ำ มีปริมาณหญ้าขนขึ้นเบาบาง ลักษณะลำต้นผอม มีสีเขียวปนเหลือง และมีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 10 เท่า หญ้าขนที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การเลี้ยง ปศุสัตว์ เป็นต้น

4. การประยุกต์ใช้น้ำเสียเพื่อการเกษตร

เนื่องด้วยพื้นที่การเกษตรหลายแห่งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะในฤดูแล้ง ฉะนั้น การนำน้ำทิ้งมาใช้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรสนีย์ (2549) รายงานว่า เมืองเชียงใหม่มีน้ำเสียมากถึง 30,000 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน โดยมีการปลูกพืช อาทิ ข้าว ผักกาดขาว หัวไชเท้า ดอกแอสเตอ ร์ แล้วนำน้ำทิ้งมารด ผลผลิตที่ได้ระยะเวลาเกือบ 5 ปี สูงกว่า 6 ตัน ทั้งนี้ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนประชาชนที่ผ่านการบำบัดนั้น สามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ ส่วนการนำน้ำเสียมาใช้โดยตรงยังไม่ส่งเสริมให้ทำ เพราะอาจจะทำให้เกิดสารพิษตกค้างได้ หลังจากได้ทดลองปลูกข้าว โดยใช้น้ำทิ้งและแปลงข้าวที่ใช้แหล่งน้ำตามธรรมชาติมาเปรียบเทียบกัน พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตที่ได้ก็ใกล้เคียงกัน และคุณภาพของดินเชิงเกษตรยังเหมือนเ ดิม ซึ่งในน้ำทิ้งมีอินทรีย์วัตถุมากกว่าน้ำธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลี้ยงสุกรในประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีผลผลิตหมูนเวียนทั่วประเทศปีละประมาณ 9.8 ล้านตัว มีสิ่งขับถ่ายที่เป็นมูลและปัสสาวะทั่วประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 26 ล้านตัน น้ำทิ้งจากการล้างคอกสุกร 392 ล้านลิตรต่อวัน ปัญหามลภาวะจากการเลี้ยงสุกรแบบอุตสาหกรรมและแบบพื้นบ้านที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ กลิ่นเหม็น ก๊าซพิษ เป็นที่สะสมเชื้อโรค หนอน แมลงวันยุง และเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดน้ำเสียซึ่งมีผลกระทบต่อ คน สัตว์เลี้ยง และทำลายสิ่งแวดล้อมทั้งในฟาร์มและบริเวณใกล้เคียง ปัญหาจะทวีความรุนแรงมากขึ้นในเขตที่มีการเลี้ยงสุกรอย่างหนาแน่น ปัจจัยที่ทำให้เกิดมลพิษที่สำคัญได้แก่ มูล ปัสสาวะ และน้ำล้างคอก เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดของประเทศ และมีการเลี้ยงสุกรหมูนเวียนปีละประมาณ 1.8 ล้านตัว มีมูลและปัสสาวะปีละประมาณ 3.9 ล้านตัน โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ทำการเกษตรแบบผสมผสานที่มีกิจกรรมปลูกข้าวและเลี้ยงสุกรในระบบฟาร์ม และเกษตรกรมักจะเลี้ยงสุกรใกล้พื้นที่ปลูกข้าว การนำมูลสุกรไปใช้เป็นปุ๋ยในการปลูกข้าวนั้น ประโยชน์ที่ได้รับคือ มลพิษลดลง ลดรายจ่ายค่าปุ๋ยเคมี เพิ่มแร่ธาตุ แล ะปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น การจัดการเก็บมูลสดและแยกของแข็งออกจากน้ำล้างคอกทุกวัน และการจัดการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยลดของเสียออกจากน้ำเสียได้ 70 เปอร์เซ็นต์ และฟาร์มเลี้ยงสุกรที่มีระบบบำบัดน้ำเสียสามารถลดมล ภาวะที่เกิดจากกลิ่นและแมลงวันได้ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (เจนศักดิ์, 2545)

กนิษฐา (2542) ศึกษาผลของการใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรเปรียบเทียบกับการใช้น้ำชลประทานทั่วไป ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมลภาวะทางดิน วางแผนการทดลองแบบ Randomeized Complete Block ประกอบด้วย 5 ตำรับ 4 ซ้ำ พบว่า การใช้น้ำทิ้งจากระบบก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรมาใช้ในการเพาะปลูกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และการให้ผลผลิตของเมล็ดของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังทำให้มีธาตุอาหารสะสมในดินมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟอสฟอรัส(P), โพแทสเซียม (K) และแมกนีเซียม (Mg) ไม่พบการสะสมของทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) และพบว่ามีการสะสมของธาตุโซเดียม (Na) สูงขึ้น

เสนีย์ (2545) ปลูกข้าวในแปลงเกษตรกรรม โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อเติมอากาศและน้ำบาดาล ในการเพาะปลูกได้รดน้ำ ใส่ปุ๋ยและสารเคมีการเกษตรเหมือนกันทุกประการ แตกต่างเพียงชนิดของน้ำรด การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจากการปลูกไม่ได้แตกต่างกันในทางสถิติจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด สำหรับการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าวขาวและข้าวกล้องมีค่าต่ำมากและอยู่ในระดับปลอดภัยต่อการบริโภคตลอดการเพาะปลูก ส่วนการปนเปื้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โลหะหนักในดินมีค่าต่ำและไม่ได้แตกต่างกันจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด และไม่พบการสะสมเพิ่มขึ้นของโลหะหนักในดินจากการปลูกโดยใช้น้ำทิ้งในเวลาต่อเนื่องกัน โดยสรุปการใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียเพาะปลูกข้าว ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยในการบริโภค ผลกระทบต่อดินอยู่ในระดับที่ต่ำและไม่แตกต่างจากการใช้น้ำธรรมชาติเพาะปลูก

การประเมินปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและในอนาคตเพื่อนำไปใช้วางแผนในการกำหนดพื้นที่ที่จะส่งน้ำเสียที่บำบัดแล้วให้กับเกษตรกร ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกได้โดยลดความเสี่ยงในการที่จะได้รับความเสียหายเนื่องจากการขาดแคลนน้ำในการเพาะปลูกฤทธิรงค์ (2546) ได้ประเมินปริมาณน้ำเสียรวมในเขตเทศบาลในปัจจุบันเฉลี่ยประมาณ 3,661.99 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และในปี พ.ศ. 2555 และ 2565 จะได้ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยประมาณ 4,436.31 และ 4,281.85 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ จากปริมาณน้ำเสียที่ประเมินได้จะนำไปกำหนดพื้นที่การเกษตรที่จะรองรับและนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ โดยพื้นที่การเกษตรที่ทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤศจิกายน สามารถนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วส่งให้กับพื้นที่ที่ทำการเกษตรได้ทั้งหมด ส่วนในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ในปี พ.ศ. 2545 สามารถนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วส่งให้กับพื้นที่ที่ทำการเกษตรได้ ประมาณ 441.63 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.29 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด และในปี พ.ศ. 2555 และ 2565 สามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่ที่ทำการเกษตรได้ประมาณ 527.69 และ 501.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.29 และ 58.27 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด ตามลำดับ

เสาวรส (2553) ศึกษาการเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี พบว่า บัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีการเติบโตดีกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวมีน้ำหนักแห้งของใบ (558.8 กรัมต่อบ่อ) และน้ำหนักแห้งรวม (731.0 กรัมต่อบ่อ) สูง และมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบและราก + ไหล (1.27 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีบัวหลวงขาวให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งโดยรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มีบัวหลวงแดงและระบบที่ไม่มีพืช โดยบัวหลวงขาวมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN NH_4^+ และ BOD ได้สูงสุด ส่วนบัวหลวงแดงมีประสิทธิภาพในการบำบัด TP ได้สูงสุด แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี สามารถนำมาใช้ปลูกบัวหลวงเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของบัว ช่วยบำบัดน้ำเสียและลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การใช้ประโยชน์ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

1. การเตรียมบ่อทดลอง

บ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร สูง 40 เซนติเมตร ที่ก้นบ่อมีท่อระบายให้น้ำ เข้า – ออกโดยมีวาล์วปิด - เปิด ใส่ดินนาจากตำบลท่าพี่เลี้ยง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทางกายภาพและทางเคมีก่อนการทดล องลงในบ่อเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วทั้งบ่อ และอัดให้หนา 25 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักดินประมาณ 150 กิโลกรัม จากนั้นปล่อยน้ำบาดาลลงบ่อทดลองให้เกือบเต็มปล่อยทิ้งไว้ ประมาณ 2 วัน จึงเปลี่ยนน้ำออก

2. แผนการทดลอง

ประกอบด้วยการทดลองปลูกข้าวพันธุ์หอมปทุมธานี 1 วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 คือ น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี 3 ระดับ คือ น้ำเสียอัตราส่วน 0 เปอร์เซ็นต์, 50 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 2 คือ ปุ๋ยเคมีที่ระดับต่างๆ โดยใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 16-20-0 อัตรา 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 48 หน่วย โดยมีตำรับการทดลองดังนี้

2.1 ปลูกข้าวในน้ำเสีย อัตราส่วน 0 เปอร์เซ็นต์ (น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์ ใส่น้ำบาดาล)

2.2 ปลูกข้าวในน้ำเสีย อัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์

2.3 ปลูกข้าวในน้ำเสีย อัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์

2.4 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยเคมีในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

2.5 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยเคมีในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

2.6 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยเคมีในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

2.7 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่

2.8 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัมต่อไร่

2.9 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่

2.10 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่

2.11 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัมต่อไร่

2.12 ปลูกข้าวในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่

3. การปลูกข้าว

ต้นกล้าข้าวพันธุ์หอมปทุมธานี อายุ 30 วัน โดยถอนต้นกล้าขึ้นมาจ ากกระบะเพาะแล้วมัดรวมกันเป็นมัด ๆ ตัดปลายใบทิ้งให้มีขนาดความสูงสม่ำเสมอของต้นกล้า เท่ากับ 20 เซนติเมตร นำไปปักดำในบ่อทดลองที่ได้เตรียมไว้ มีน้ำขังอยู่ประมาณ 10 เซนติเมตร โดยให้ระยะห่างระหว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กอและแถวเท่ากับ 20 × 20 เซนติเมตร ใช้ต้นกล้าจำนวน 3 ต้นต่อกอ และปลูกข้าว 9 กอต่อบ่อ ในระยะแรกใส่น้ำบาดาลใส่ลงในบ่อ ภายหลังปลูก 15 วัน จึงระบายน้ำออก และใส่น้ำเสียในอัตราส่วนต่าง ๆมา ใส่ในบ่อทดลองแต่ละบ่อ โดยมีระดับน้ำสูงเหนือระดับดินเท่ากับ 15 เซนติเมตร และบ่อทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่แตกต่างกันใส่ในระยะหลังปลูก 15 วัน (ข้าวอายุประมาณ 45 วัน)

4. ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

วัดความสูงของต้นข้าว โดยสุ่มเก็บต้นข้าวบ่อทดลองละ 2 กอ นำไปวัดความสูง จำนวนต้นต่อกอ และอบที่อุณหภูมิ70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา4 วัน ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นข้าว เพื่อหาน้ำหนักชีวมวลของต้นข้าว โดยทำการศึกษา3ระยะ ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวดังนี้ ระยะที่1ระยะแตกกออายุ 60 วัน ระยะที่ 2 ระยะตั้งท้องอายุ 90 วัน และระยะที่ 3 ระยะเก็บเกี่ยวอายุ 120 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว นำเมล็ดข้าวที่ได้ไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก

4.1 วิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต้นและเมล็ดข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวนำไปวัด

4.1.1 Total-N โดยวิธี Kjeldahl Method (ตารางผนวกที่ 4 Detection limit ของเครื่อง TKN)

4.1.2 Total-P, Total-K, Fe, Cd และ Pb โดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น 2100 DV (ตารางผนวกที่ 4 Detection limit ของเครื่อง ICP-OES)

5. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter

5.2 อุณหภูมิ โดยใช้เครื่อง EC/TDS/Temperature/%NaCl

5.3 ความนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง EC/TDS/Temperature/%NaCl

5.4 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยเครื่อง Dissolved Oxygen meter

5.5 Biochemical Oxygen Demand (BOD) โดยวิธี Five-Day BOD Method

5.6 ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) โดยวิธี Kjeldahl Method

5.7 NH_4^+ โดยวิธี Kjeldahl Method

5.8 ปริมาณโลหะหนักได้แก่ Fe, Cd และ Pb โดยใช้เครื่อง ICP-OES

Detection limit ของเครื่อง ICP-OES และเครื่อง TKN

Parameter	MDL	RL
Fe	0.009	0.015
Cd	0.001	0.002
Pb	0.006	0.010
Hg	0.00014	0.001
TKN	0.36	0.61

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan ‘s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

1. สถานที่วิจัย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผั กเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีภาคตะวันตก จังหวัดสุพรรณบุรีติดกับโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

2. ระยะเวลาในการทำการวิจัย

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2552

3. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ใช้ประโยชน์จากน้ำเสียแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การปลูกข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1ในบ่อทดลองใช้ดินนาที่เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีเปอร์เซ็นต์ clay 77.6 เปอร์เซ็นต์ silt 13.8 เปอร์เซ็นต์ และ sand 8.6 เปอร์เซ็นต์ ดินมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด pH ของดินมีค่าเท่ากับ 5.4 ปริมาณ อินทรีย์ วัตถุในดินมีค่าต่ำเท่ากับ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.067 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ต่อพืช ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และ ปริมาณแมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่า เท่ากับ 8, 91, 4,030 และ 720 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ(ตารางผนวกที่1) ใส่น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี โดยเริ่มใส่น้ำเสียเมื่อข้าวอายุ 45 วัน เติมน้ำทุก 15 วัน จนข้าวอายุ 4 เดือน ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในน้ำทิ้ง ความเข้มข้น 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 0, 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่

คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีค่าเฉลี่ยดังนี้ คือ น้ำมีคุณสมบัติเป็นด่าง มีค่า pH เท่ากับ 8.7 ค่าการนำไฟฟ้า EC 1,263 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ6.99 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 38.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(TKN) 15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนี่ยม- ไนโตรเจน 22.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดเท่ากับ 13.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 10.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ7.44 มิลลิกรัมต่อลิตรปริมาณเหล็ก 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรวจไม่พบแคดเมี่ยมและตะกั่ว (ตารางผนวกที่ 2)

1. การเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี

1.1 ความสูงต้นของข้าว

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีผลทำให้ความสูงต้นของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 2 และ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ที่อายุ 3 เดือน โดยระดับความเข้มข้นน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีการเจริญด้านความสูงเฉลี่ย (39.69

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50.31 และ 80.63 เซนติเมตร ตามลำดับ) ดีกว่าการปลูกในน้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 และ 0 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ความสูงต้นของข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นของข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน (40.92, 51.08 และ 83.13 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นอื่น (ตารางที่ 1-3 และภาพที่ 1)

ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ความสูงของข้าว อายุ 2 และ 3 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความสูงของข้าว ในระยะ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการปลูกข้าว ในน้ำเสียระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าว มีความสูงต้นระยะ 4 เดือน เท่ากับ 83.38 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 1-3 และภาพที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า การใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำให้ความสูงของข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1-3 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน

ชุดการทดลอง	ความสูงอายุ 2 เดือน (เซนติเมตร) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	37.00	37.25	38.63	40.75	38.41y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	37.38	38.00	38.75	41.13	38.81y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	37.88	40.00	40.00	40.88	39.69x
ค่าเฉลี่ย	37.42C /3	38.42B	39.13B	40.92A	39.00

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 2.8

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 1.571 W means = 0.785 F means = 0.907

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 2 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน

ชุดการทดลอง		ความสูงอายุ 3 เดือน (เซนติเมตร) /1				
		ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
		0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0	เปอร์เซ็นต์	41.75	49.25	49.50	50.25	47.69y /2
น้ำเสีย 50	เปอร์เซ็นต์	46.75	48.00	51.00	51.00	49.19x
น้ำเสีย 100	เปอร์เซ็นต์	48.00	50.00	51.25	52.00	50.31x
ค่าเฉลี่ย		45.50B /3	49.08A	50.58A	51.08A	49.06

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) * WxF ns

C.V.(%) = 5.2

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 3.677 W means = 1.839 F means = 2.123

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน

ชุดการทดลอง	ความสูงอายุ 4 เดือน (เซนติเมตร) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	68.38h /4	72.38g	78.38de	80.88abcd	75.00z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	74.63fg	79.25cd	80.13bcd	82.13abc	79.03y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	76.00ef	80.13bcd	83.00ab	83.38a	80.63x
ค่าเฉลี่ย	73.00C /3	77.25B	80.50A	82.13A	78.22

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 2.9

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 3.192 W means = 1.596 F means = 1.843

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 จำนวนต้นข้าว

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน (4.56, 13.13 และ 23.48 ต้นต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าสูงแตกต่างกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นของข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน (4.46, 14.75 และ 24.42 ต้นต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าสูงแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ (ตารางที่ 4-6 และภาพที่ 1)

ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีไม่ทำให้จำนวนต้นของข้าว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่อายุ 2 เดือน แต่จำนวนต้นของข้าว อายุ 3 เดือน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ที่อายุ 4 เดือน โดยการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีจำนวนต้นระยะ 3 เดือน (16.00 และ 16.00 ต้นต่อกอ ตามลำดับ) และ 4 เดือน (26.75 และ 28.63 ต้นต่อกอ ตามลำดับ) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 4-6 และภาพที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำให้จำนวนต้นของข้าว อายุ 2 และ 4 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4-6 และภาพที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน

ชุดการทดลอง	จำนวนต้นอายุ 2 เดือน (ต้นต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	3.62	3.88	4.25	4.38	4.03y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	4.13	4.25	4.13	4.25	4.19y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	4.38	4.50	4.63	4.75	4.56x
ค่าเฉลี่ย	4.04C /3	4.21BC	4.33B	4.46A	4.26

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 6.6

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.401 W means = 0.200 F means = 0.231

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน

ชุดการทดลอง	จำนวนต้นอายุ 3 เดือน (ต้นต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	5.00f /4	8.75c	12.25b	12.25b	9.56z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	6.75de	12.00b	13.25b	16.00a	12.00y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	7.75cd	13.25b	15.50a	16.00a	13.13x
ค่าเฉลี่ย	6.50D /3	11.33C	13.67B	14.75A	11.56

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 7.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 1.270 W means = 0.635 F means = 0.733

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 จำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน

ชุดการทดลอง	จำนวนต้นอายุ 4 เดือน (ต้นต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	12.00d /4	16.38c	18.75c	17.88c	16.25z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	16.75c	21.50b	21.38b	26.75a	21.59y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	22.13b	22.25b	22.50b	28.63a	23.84x
ค่าเฉลี่ย	16.96C /3	20.00B	20.88B	24.42A	20.56

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 7.6

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 2.228 W means = 1.114 F means = 1.286

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

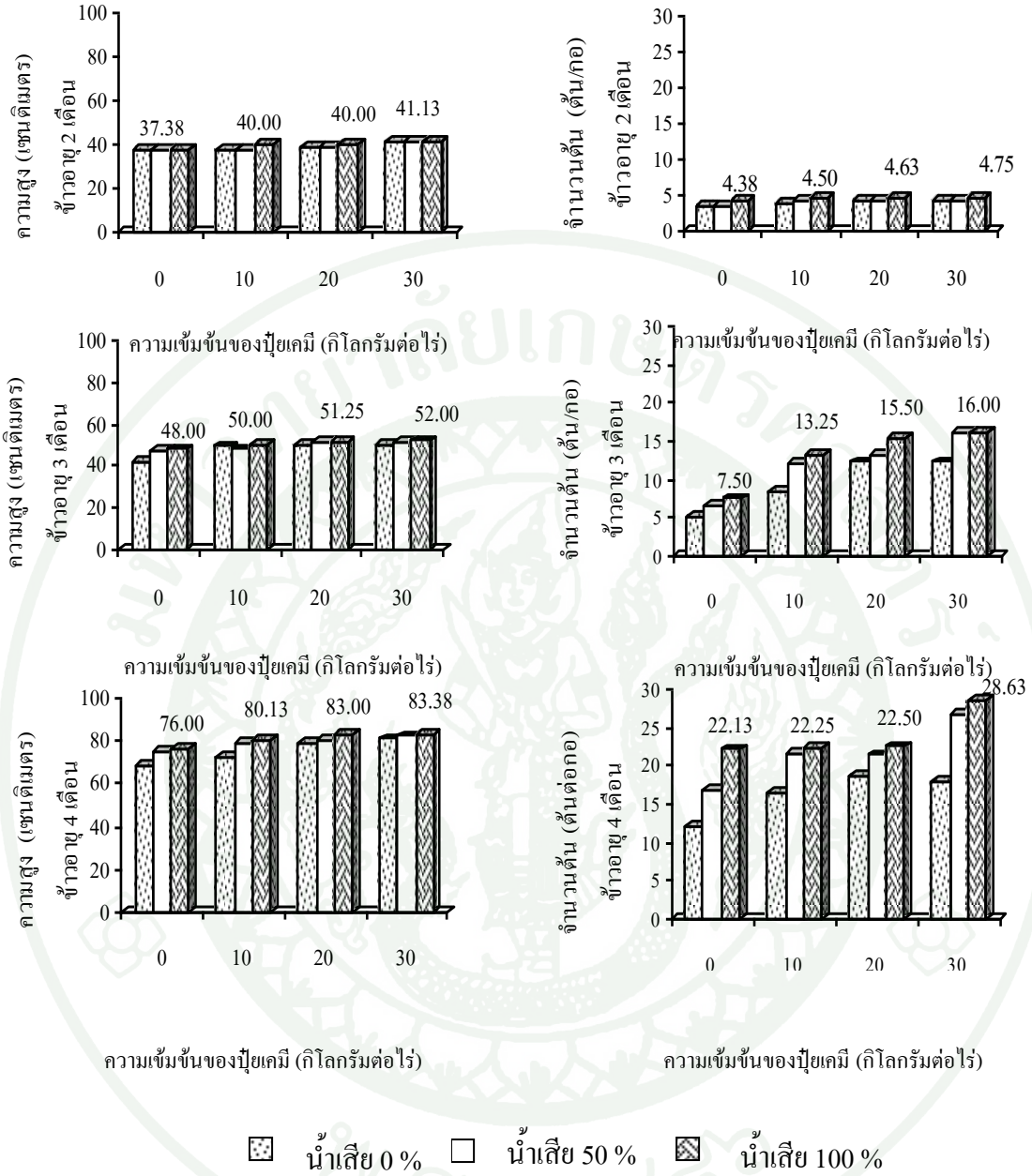
/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

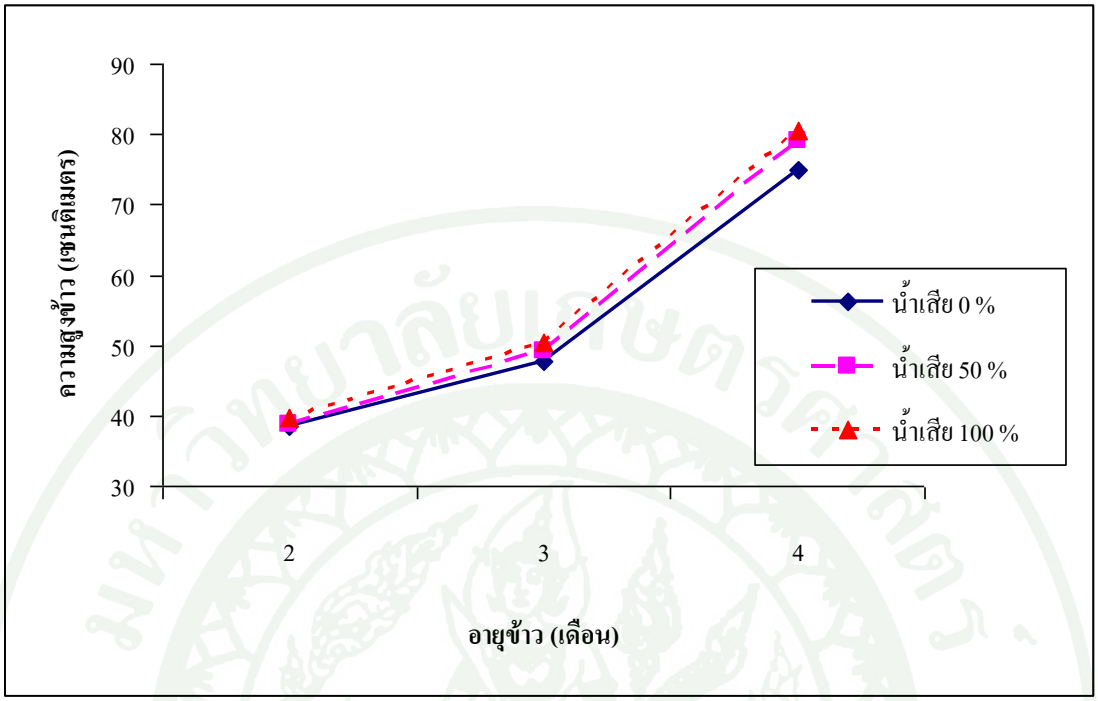
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

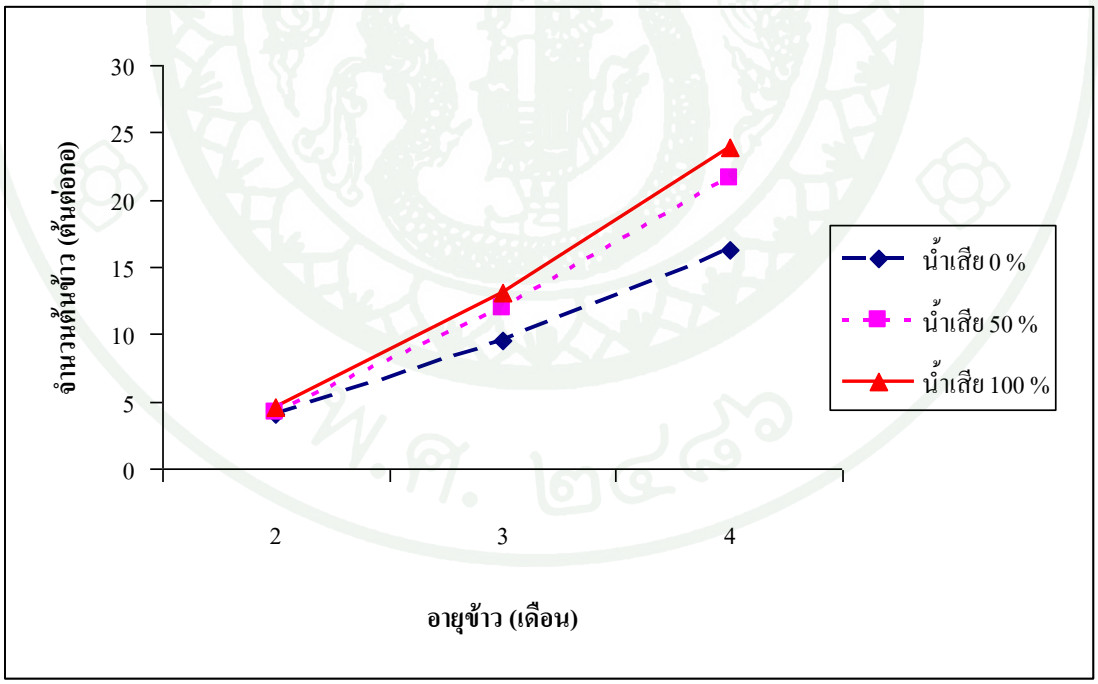
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ความสูง (เซนติเมตร) และจำนวนต้น (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





ภาพที่ 2 ความสูง (เซนติเมตร) และ จำนวนต้นข้าว (ต้นต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 น้ำหนักแห้งต้นข้าว

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน (10.44, 17.34 และ 29.06 กรัมต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าสูง แตกต่างกับระดับความเข้มข้น 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) และน้ำหนักแห้งต้นข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ทางสถิติ โดยความปุ๋ยเคมีระดับ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นข้าว อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าสูงเท่ากับ 11.03, 17.47 และ 29.58 กรัมต่อ กอ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยระดับความเข้มข้นอื่น (ตารางที่ 7-9 และภาพที่ 2)

ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนักแห้งต้นข้าว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ในระยะ 2, 3 และ 4 เดือน โดยการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้น 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักแห้งต้นข้าวที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าเท่ากับ 12.06, 20.48 และ 29.50 กรัมต่อกอ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 7-9 และภาพที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำให้น้ำหนักแห้งต้นข้าว อายุ 2 และ 3 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนข้าวอายุ 4 เดือน พบว่าการใส่น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำให้น้ำหนักแห้งต้นข้าว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7-9 และภาพที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งต้นข้าว อายุ 2 เดือน (กรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	6.23h /4	7.63g	8.48fg	10.91b	8.31z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	8.85ef	9.55de	9.91cd	10.11bcd	9.61y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	8.78ef	10.81bc	10.10bcd	12.06a	10.44x
ค่าเฉลี่ย	7.95A /3	9.33B	9.50B	11.03C	9.36

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 5.9

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.794 W means = 0.397 F means = 0.458

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 3 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งต้นข้าวอายุ 3 เดือน (กรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	7.55d /4	12.58c	15.88b	15.23b	12.81z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	12.60c	16.75b	16.40b	16.70b	15.61y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	13.30c	16.70b	18.90a	20.48a	17.34x
ค่าเฉลี่ย	11.15C /3	15.34B	17.06A	17.47A	15.25

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 8.8

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 1.917 W means = 0.958 F means = 1.107

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งต้นข้าวอายุ 4 เดือน (กรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	21.50e /4	27.50c	28.75abc	29.50ab	26.81y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	25.00d	29.00abc	29.25ab	29.75ab	28.25x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	28.00bc	29.50ab	29.25ab	29.50ab	29.06x
ค่าเฉลี่ย	24.83B /3	28.67A	29.08A	29.58A	28.04

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 4.3

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 1.723 W means = 0.862 F means = 0.995

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

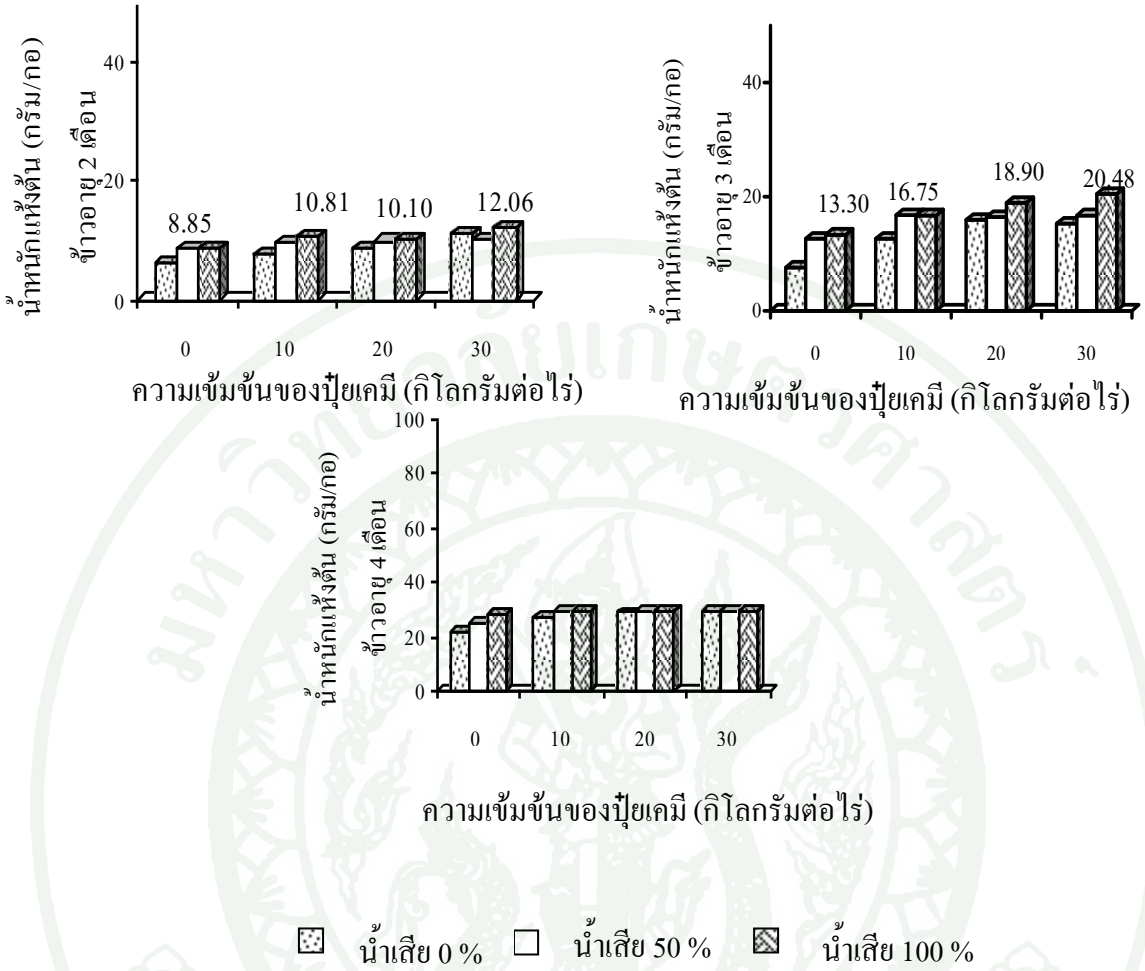
/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

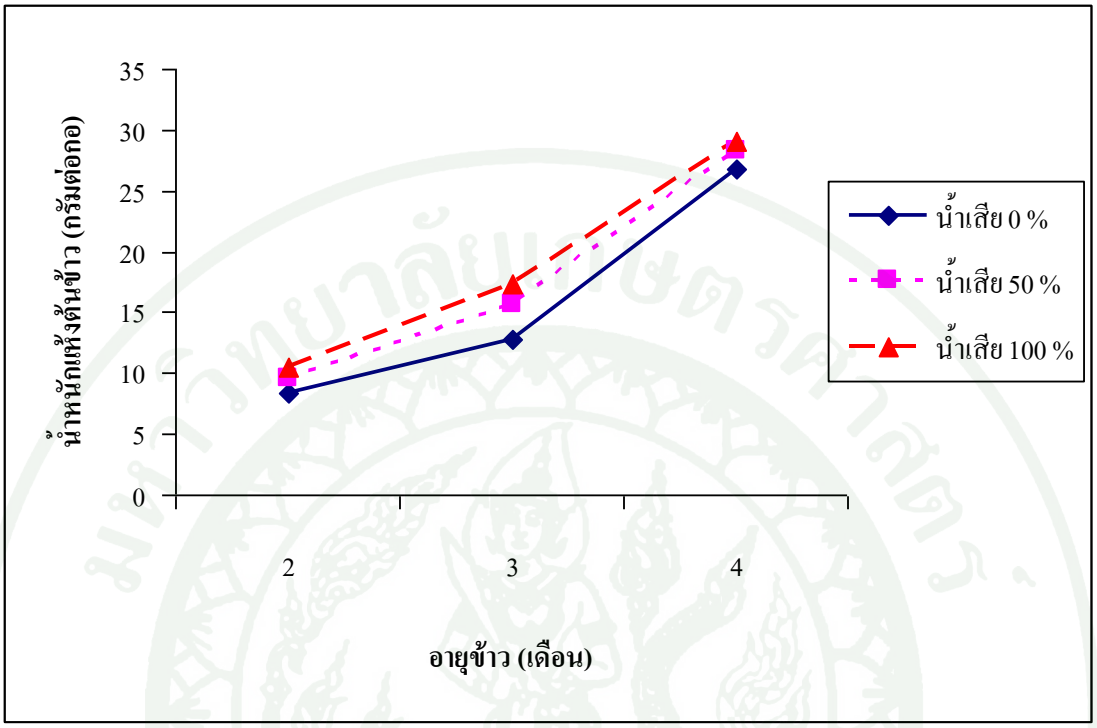
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 น้ำหนักแห้งต้นข้าว (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 2, 3 และ 4 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 น้ำหนักเมล็ดข้าว

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน (41.69 กรัมต่อกอ) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (40.44 กรัมต่อกอ) และ 0 เปอร์เซ็นต์ (29.38 กรัมต่อกอ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ และเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 48.58 กรัมต่อกอ แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 3)

ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้น้ำเสียระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 55.25 กรัมต่อกอ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 3)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อกอ) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	19.25e /4	29.25d	31.00d	38.00c	29.38y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	28.75d	39.75c	40.75c	52.50b	40.44x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	31.25d	39.25c	41.00c	55.25a	41.69x
ค่าเฉลี่ย	26.42C /3	36.08B	37.58B	48.58A	37.18

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 4.9

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 2.629 W means = 1.315 F means = 1.518

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าว

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1 อายุ 4 เดือน (19.01 กรัม) มีค่าสูงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) กับ การใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้นอื่น และการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่า (21.17 กรัม) สูงสุด และแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยระดับความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 3)

อิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนัก1,000 เมล็ด ของข้าว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้น 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักเมล็ด ของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.92 กรัม (ตารางที่ 11 และภาพที่ 3)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า การใส่น้ำเสียเพียงอย่างเดียวความเข้มข้น 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แต่ เมื่อใส่น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าสูงสุดและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ กับชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 11 และภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ที่อายุ 4 เดือน

ชุดการทดลอง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	15.78abc /4	20.46bc	17.16efg	16.11fgh	17.39y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	14.82h	19.08cd	19.42cd	22.49ab	18.95x
น้ำเสีย100 เปอร์เซ็นต์	14.60h	18.71cde	17.80def	24.92a	19.01x
ค่าเฉลี่ย	15.07D /3	19.41B	18.12B	21.17A	18.44

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 8.5

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 2.251 W means = 1.126 F means = 1.300

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

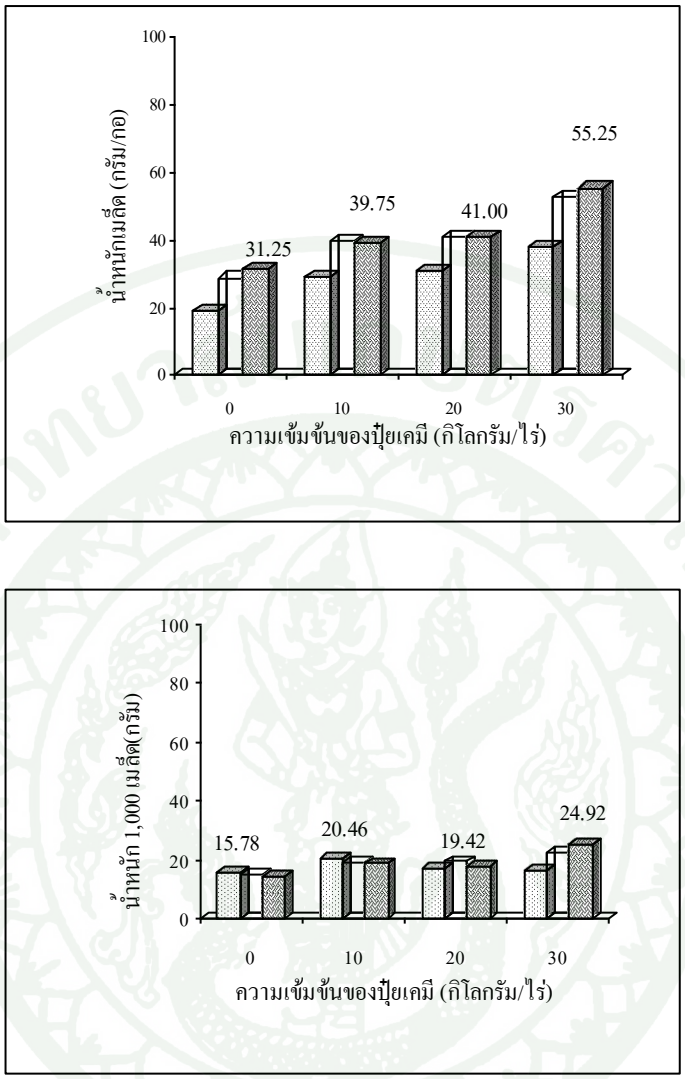
/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 น้ำหนักเมล็ด (เมล็ดต่อกอ) น้ำหนัก1,000 เมล็ด (กรัม) ของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ธาตุอาหารและโลหะหนักในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

2.1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีความเข้มข้นต่างกัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยระดับความเข้มข้นน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ดเฉลี่ย (0.434, 0.550 และ 0.402 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าการปลูกในน้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 และ 0 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างกัน ทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ดข้าว (0.363, 0.422 และ 0.385 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีระดับอื่น (ตารางที่ 12 -14 และภาพที่ 4)

เช่นเดียวกับอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นและรากของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)ในเมล็ด การปลูกข้าวในน้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น ราก และเมล็ด เท่ากับ 0.490, 0.638 และ 0.472 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 12 -14 และภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.224d /4	0.223d	0.248d	0.246d	0.235y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.243d	0.249d	0.243d	0.352c	0.272y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.370c	0.424b	0.452b	0.490a	0.434x
ค่าเฉลี่ย	0.279D /3	0.299C	0.314B	0.363A	0.314

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 5.8

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.026 W means = 0.013 F means = 0.015

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.228gh /4	0.221h	0.267gf	0.281ef	0.249z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.320de	0.335d	0.347d	0.360d	0.341y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.434c	0.550b	0.579b	0.638a	0.550x
ค่าเฉลี่ย	0.328C /3	0.369B	0.402A	0.422A	0.380

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 7.5

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.041 W means = 0.020 F means = 0.024

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.152h /4	0.216fg	0.251ef	0.308d	0.232z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.214g	0.254e	0.315d	0.376c	0.290y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.284de	0.412bc	0.440ab	0.472a	0.402x
ค่าเฉลี่ย	0.218D /3	0.294C	0.336B	0.385A	0.308

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 8.3

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.037 W means = 0.018 F means = 0.021

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ปริมาณไนโตรเจนในต้น และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นและเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน (126.47 และ 173.12 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าสูงแตกต่างกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นและเมล็ดของข้าวอายุ 4 เดือน (107.40 และ 191.77 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าสูง และแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ทางสถิติ (ตารางที่ 15 – 16 และภาพที่ 6)

ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างระ ดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นและเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) โดยการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นและเมล็ด (144.73 และ 260.69 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 15 – 16 และภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือนที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	48.19f /4	61.22e	71.57de	72.69d	63.41z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	60.78e	72.15d	71.11de	104.78c	77.21y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	103.70c	125.24b	132.22b	144.73a	126.47x
ค่าเฉลี่ย	70.89C /3	86.20B	91.63B	107.40A	89.03

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 8.5

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 10.858 W means = 5.429 F means = 6.269

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	29.43i /4	63.37h	77.84gh	117.13de	71.94z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	61.77h	101.17ef	128.34d	197.23b	122.13y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	89.11fg	162.12c	180.31bc	260.96a	173.12x
ค่าเฉลี่ย	60.10D /3	108.89C	128.83B	191.77A	122.40

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 10.4

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 18.237 W means = 9.118 F means = 10.529

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสีย ความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น (0.370 และ 0.384 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ราก (0.327 และ 0.348 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเมล็ด (0.243 และ 0.235 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าสูง และแตกต่างกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น ราก และเมล็ดของข้าวอายุ 4 เดือน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างกัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น ราก และเมล็ดข้าว มีค่าสูงเท่ากับ 0.362, 0.367 และ 0.250 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยระดับอื่น (ตารางที่ 17-19 และภาพที่ 4)

เช่นเดียวกับอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น (0.412 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.378 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.251 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 17-19 และภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.257e /4	0.284e	0.262e	0.276e	0.269y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.350cd	0.363bcd	0.369bcd	0.399ab	0.370x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.343d	0.387abc	0.394ab	0.412a	0.384x
ค่าเฉลี่ย	0.316C /3	0.344AB	0.341B	0.362A	0.341

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 8.2

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.040 W means = 0.020 F means = 0.023

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.232b /4	0.241b	0.231b	0.362a	0.267y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.271b	0.337a	0.340a	0.361a	0.327x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.348a	0.330a	0.337a	0.378a	0.348x
ค่าเฉลี่ย	0.283B /3	0.301B	0.302AB	0.367A	0.314

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 11.2

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.053 W means = 0.025 F means = 0.029

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.112d /4	0.135d	0.182c	0.250a	0.169y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.235ab	0.240ab	0.248ab	0.249a	0.243x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.218b	0.225ab	0.246ab	0.251a	0.235x
ค่าเฉลี่ย	0.188C /3	0.200C	0.226B	0.250A	0.216

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 9.9

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.031 W means = 0.015 F means = 0.018

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสในต้น และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน เมื่อใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและเมล็ดข้าว (111.63 และ 98.80 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) สูงแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 และ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและเมล็ดข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 107.17 และ 121.19 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ (ตารางที่ 20-21 และภาพที่ 6)

ส่วนอิทธิ พลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและเมล็ดของข้าวอายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและเ มล็ดข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 121.23 และ 138.10 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ (ตารางที่ 20-21 และภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	55.24g /4	78.09f	75.41cf	81.57f	72.58y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	87.64ef	105.16cd	107.70bcd	118.71ab	104.80x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	96.01de	114.03abc	115.25abc	121.23a	111.63x
ค่าเฉลี่ย	79.63C /3	99.09BC	99.45B	107.17A	96.34

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 9.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 13.456 W means = 6.728 F means = 7.769

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	21.66e /4	39.28e	56.31c	94.91b	53.04y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	67.63c	95.04b	101.33b	130.58a	98.64x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	68.07c	88.20b	100.84b	138.10a	98.80x
ค่าเฉลี่ย	52.45D /3	74.17C	86.16B	121.19A	83.49

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 11.3

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 13.608 W means = 6.804 F means = 7.856

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้น ราก และเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือนมีค่า (5.975, 4.447 และ 0.114 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงสุด แตกต่างกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้นอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้นข้าว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติในส่วนราก และเมล็ด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้น ราก และเมล็ดสูงสุด เท่ากับ 5.615, 4.412 และ 0.116 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีระดับอื่น (ตารางที่ 22-24 และภาพที่ 5)

ส่วนอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซีย มในต้นและรากของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติในเมล็ด โดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้น ราก และเมล็ดของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.520, 4.510 และ 0.113 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 22-24 และภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	2.918k /4	3.368i	2.995j	4.615f	3.474z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	4.485g	4.160h	4.425g	5.170e	4.695y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	5.280d	6.273b	5.828c	6.520a	5.975x
ค่าเฉลี่ย	4.228D /3	4.600B	4.416C	5.615A	4.715

F-test : Fertilizer (F) * Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 9.0

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.061 W means = 0.030 F means = 0.035

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	3.173c /4	3.343c	3.275c	4.275c	3.516z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	3.500c	3.575c	3.725b	4.453a	3.813y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	4.253a	4.425a	4.435a	4.510a	4.447x
ค่าเฉลี่ย	3.699B /3	3.778B	3.812B	4.412A	3.925

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 8.3

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.464 W means = 0.232 F means = 0.268

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.042g /4	0.060f	0.091e	0.120a	0.078y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.110cd	0.107d	0.120ab	0.115abcd	0.113x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.113abcd	0.113abcd	0.117abc	0.113abcd	0.114x
ค่าเฉลี่ย	0.088C /3	0.093C	0.110B	0.116A	0.102

F-test : Fertilizer (F) ** Waste water (W) ** WxF **

C.V.(%) = 6.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.010 W means = 0.005 F means = 0.006

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 ปริมาณโพแทสเซียมในต้นและเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

เมื่อใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมในต้นและเมล็ดของข้าว อายุ 4 เดือน (1,738.85 และ 47.47 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้น 50 และ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมในต้นและเมล็ดข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,661.29 และ 56.22 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ทางสถิติ (ตารางที่ 25-26 และภาพที่ 6)

ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในต้นข้า วมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ทางสถิติในส่วนเมล็ด โดยการใช้น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในต้นและเมล็ดข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,923.88 และ 62.46 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ (ตารางที่ 25-26 และภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	631.73g /4	926.40f	861.15f	1361.53cd	945.20z /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	1118.60e	1205.55de	1295.05de	1698.48b	1329.42y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	1481.85c	1847.07ab	1702.60b	1923.88a	1738.85x
ค่าเฉลี่ย	1077.39C /3	1326.34B	1286.27B	1661.29A	1337.80

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF *

C.V.(%) = 9.4

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 179.75 W means = 89.874 F means = 103.78

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	8.02h /4	17.54g	28.22f	45.68bcd	24.87y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	31.71ef	42.47d	48.96b	60.52a	45.91x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	35.18e	44.31cd	47.92bc	62.46a	47.47x
ค่าเฉลี่ย	24.97D /3	34.77C	41.70B	56.22A	39.42

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF **

C.V.(%) = 7.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 4.374 W means = 2.187 F means = 2.525

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 เหล็กในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เหล็กในต้นข้าวอายุ 4 เดือน (0.539 และ 0.538 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และเมล็ดข้าว (0.147 และ 0.154 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) มีค่าสูง แตกต่างกับการใส่น้ำเสียระดับความเข้มข้นอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ แต่ไม่ทำให้เหล็กในรากมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยเคมี 0 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยเหล็กในต้นข้าวมีค่า (0.563 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สูงสุด และแตกต่างกับปุ๋ยเคมีระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในรากและเมล็ด (ตารางที่ 27 -29 และภาพที่ 5)

ส่วนอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้เหล็กในรากของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) โดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 0 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้เหล็กในรากของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในส่วนต้นและเมล็ด(ตารางที่ 27 -29 และภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.550	0.480	0.443	0.425	0.474y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.570	0.540	0.535	0.510	0.539x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.568	0.550	0.525	0.510	0.538x
ค่าเฉลี่ย	0.563A /3	0.523AB	0.501B	0.482B	0.515

F-test : Fertilizer (F) * Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 11.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.087 W means = 0.044 F means = 0.051

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	6.377bc /4	6.228bc	6.390bc	6.788ab	6.446 /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	7.093ab	6.760ab	6.855ab	6.698ab	6.851
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	7.550a	7.053ab	6.355bc	5.355c	6.578
ค่าเฉลี่ย	7.007 /3	6.680	6.533	6.280	6.625

F-test : Fertilizer (F) ns Wastewater (W) ns WxF *

C.V.(%) = 11.6

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 1.101 W means = 0.550 F means = 0.636

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.120	0.103	0.125	0.135	0.121y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.143	0.158	0.150	0.138	0.147x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.145	0.158	0.163	0.153	0.154x
ค่าเฉลี่ย	0.136	0.139	0.146	0.142	0.141

F-test : Fertilizer (F) ns Waste water (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 15.7

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.032 W means = 0.016 F means = 0.018

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.8 ปริมาณเหล็กในต้นและเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กในต้น และเมล็ด(155.94 และ 61.24 มิลลิกรัมต่อกอ ตามลำดับ) ของข้าว อายุ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กในเมล็ดข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 69.25 มิลลิกรัมต่อกอ แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กในส่วนต้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 30 -31 และภาพที่ 6)

ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของน้ำเสียและปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณเหล็กในต้นและเมล็ดข้าวมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่มีแนวโน้มว่าการใช้น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมา ณเหล็กในต้น(155.94 มิลลิกรัมต่อกอ) และเมล็ดข้าว(61.24 มิลลิกรัมต่อกอ) มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 30 -31 และภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	118.50 /4	132.05	126.68	125.10	125.58y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	142.60	156.70	156.80	151.48	151.89x
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	159.00	162.30	153.50	148.98	155.94x
ค่าเฉลี่ย	140.03	150.35	145.66	141.85	144.47

F-test : Fertilizer (F) ns Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 12.8

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 25.811 W means = 12.906 F means = 14.902

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกอ) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	23.28 /4	29.95	38.75	51.35	35.83y /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	40.88	62.48	61.05	72.25	59.16y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	45.55	62.76	64.50	84.15	61.24x
ค่าเฉลี่ย	36.57C /3	51.73B	54.77B	69.25A	52.08

F-test : Fertilizer (F) ** Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 18.3

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 13.952 W means = 6.976 F means = 8.055

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

/3 อักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

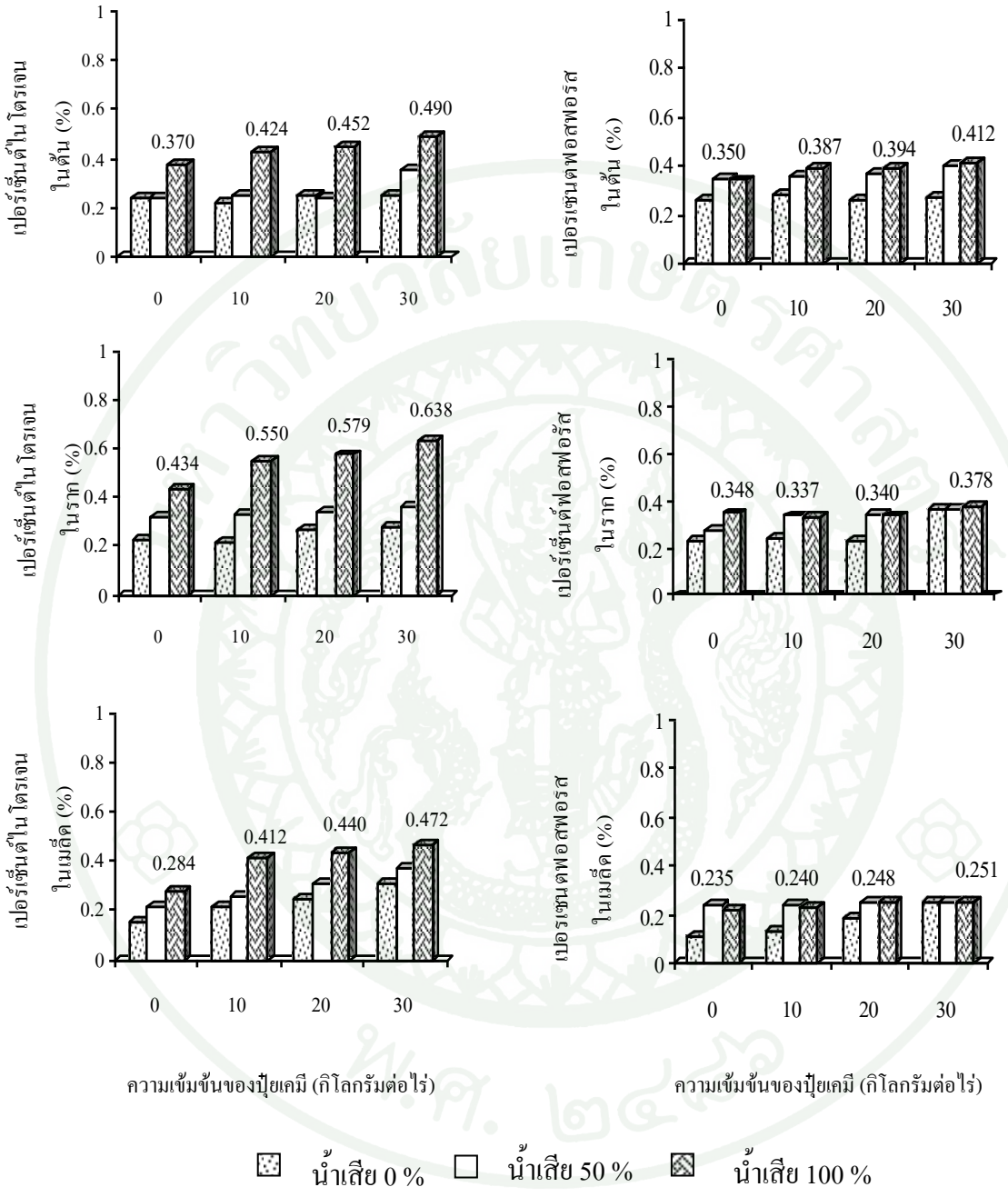
/4 อักษรต่างกันในชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

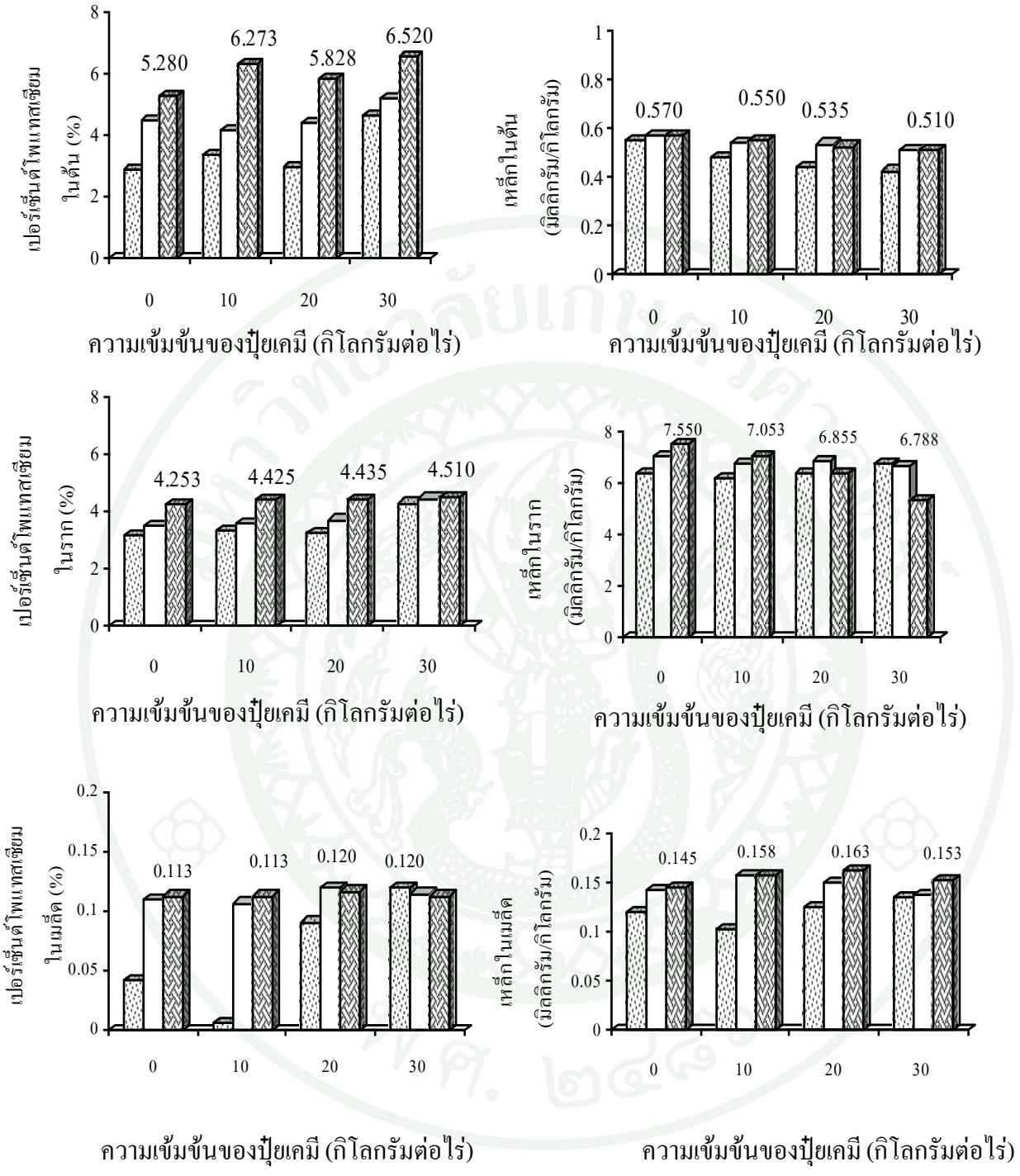
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



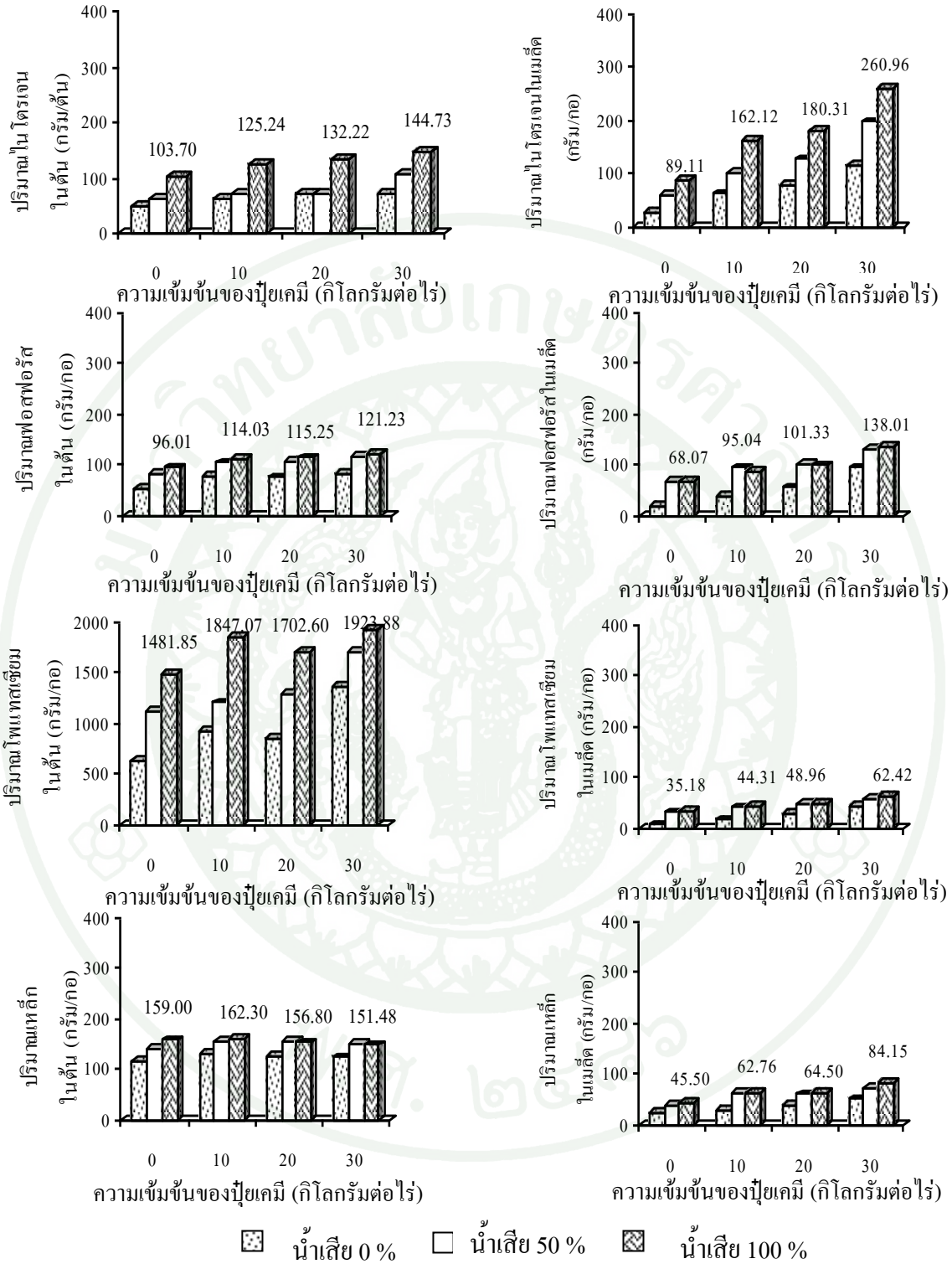
ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) และเหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้น ราก และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเหล็ก (กรัมต่อกอ) ในต้น และเมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกันและใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.9 ปริมาณตะกั่วในต้น เมล็ด และรากของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในน้ำเสี ยจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในอายุ 4 เดือน ตรวจไม่พบตะกั่วทั้งในส่วนต้นและเมล็ด (ตารางที่ 32 และ 34) แต่พบตะกั่วในส่วนของรากข้าวปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณตะกั่วในรากข้าวแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิ ติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 32 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.013	0.008	0.008	0.010	0.009
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.005	0.010	0.005	0.008	0.007
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.010	0.005	0.010	0.005	0.008
ค่าเฉลี่ย	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008

F-test : Fertilizer (F) ns Wastewater (W) ns WxF ns

C.V.(%) = 81.5

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.009 W means = 0.005 F means = 0.005

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

3. ปริมาณแคดเมียมในต้น เมล็ด และรากของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1

ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ตรวจไม่พบแคดเมี่ยมทั้งในส่วนต้น ราก และเมล็ดข้าว (ตารางที่ 35-37)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสีย จากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

ตารางที่ 36 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

3.1 ปริมาณปรอทในต้น เมล็ด และรากของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

ข้าว อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ตรวจไม่พบปรอททั้งในส่วนต้นและเมล็ด (ตารางที่ 38 และ 40) แต่พบปรอทในส่วนของรากข้าวปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยการใส่ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ปริมาณปรอทในรากข้าวแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่ างกันทางสถิติ แต่การใส่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรีความเข้มข้นต่างกันทำให้ปริมาณปรอทในรากข้าวแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) การใส่น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์หรือการใส่ น้ำบาดาล มีผลให้เกิดการสะสมปรอทในส่วนรากสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 39)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 37 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในต้นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในรากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	0.020	0.023	0.028	0.023	0.023x /2
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	0.015	0.013	0.015	0.018	0.015y
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	0.015	0.018	0.018	0.013	0.016y
ค่าเฉลี่ย	0.017	0.018	0.020	0.018	0.019

F-test : Fertilizer (F) ns Wastewater (W) ** WxF ns

C.V.(%) = 54.1

L.S.D. $_{.05}$ W * F means = 0.015 W means = 0.007 F means = 0.008

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

/2 อักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 39 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1อายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์สุพรรณบุรี ความเข้มข้นต่างกัน และใส่ปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) /1				
	ความเข้มข้นของปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)				
	0	10	20	30	ค่าเฉลี่ย
น้ำเสีย 0 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
น้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์	nd	nd	nd	nd	nd
ค่าเฉลี่ย	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ /1 ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

nd = non detectable (ตรวจไม่พบ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการทดลองปลูก ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยใช้ประโยชน์ น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและ การสะสมของธาตุอาหาร ของข้าว ได้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีคุณสมบัติโดยทั่วไปเหมาะแก่การเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอุณหภูมิน้ำ 27-35 องศาเซลเซียส บีโอดี 41.0-60.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความนำไฟฟ้า 1,634-2,314 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และของแข็งละลายน้ำ 1,079-1,636 ส่วนในล้านส่วน ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถเจริญเติบโตได้และสามารถใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งเป็นแหล่งอาหารได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง โดยมีไนโตรเจนทั้งหมด เฉลี่ย 15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียมไอออน เฉลี่ย 22.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีฟอสฟอรัสเฉลี่ย 10.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย 13.04 มิลลิกรัมต่อลิต และปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับข้าว ซึ่งสามารถดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ ดังจะเห็นได้จากการตอบ สนองต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1 ที่มีความต้องการไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในปริมาณมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโนกรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ พอร์ไฟริน โคเอนไซม์ ฮอร์โมนบางชนิด และสารประกอบอื่นๆ และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญเช่นกัน เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสโฟลิปิด กรดไฟติก กรดนิวคลีอิก และโคเอนไซม์ บางชนิดเป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์และมีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP, NADP เป็นต้น (สมบุญ, 2548) หากพืชได้รับปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอจะส่งผลให้ใบพืชมีสีเหลือง ซึ่งอาการดังกล่าวเรียกว่า คลอโรซีส (Chlorosis) ลำต้นผอมสูง ใบมีจำนวนน้อย หากขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก ออกดอกช้า และจำนวนดอกน้อยกว่าปกติ การปลูกข้าวโดยน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี พบว่า ข้าวมีจำนวนต้นต่อกอมาก ลำต้นสูงและผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

การปลูกข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี พบว่าข้าว มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าว ที่ปลูกในน้ำบาดาล และจากการใส่น้ำทิ้งจากโรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฆ่าสัตว์ ที่ระดับน้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นข้าว ที่ระยะ 2 เดือน มีความสูง เท่ากับ 37.38 เซนติเมตร ซึ่งสามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีที่ความเข้มข้น 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยต้นข้าวมีค่าความสูง เท่ากับ 37.25 เซนติเมตรได้ ในข้าวอายุ 4 เดือนที่ปลูกในน้ำเสียระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความสูง เท่ากับ 74.63 เซนติเมตร สามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีที่ความเข้มข้น 10 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต้นข้าวมีค่าความสูงเท่ากับ 72.38 เซนติเมตรได้ การที่ข้าวมีการเจริญเติบโตได้ดีเพราะน้ำเสียมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในการเจริญเติบโตของข้าว คือ มีปริมาณของไนโตรเ จนสูงถึง 15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสำคัญของไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทล์ และคลอโรฟิลล์ (สมบุญ, 2548) ไนโตรเจนช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มขนาดใบ เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวงจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด ส่วน ปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 10.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 13.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของ โพแทสเซียม ในน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งฟอสฟอรัส มีส่วนช่วยในการแตกกอ พั ฒนาของราก การออกดอกและการสุกแก่ ของข้าว และโพแทสเซียมมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารหรือผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงในพืช ไปยังส่วนต่างๆของพืช รวมทั้งในเมล็ดพืชส่งผลให้ เพิ่มจำนวนเมล็ด จำนวนเมล็ดดีต่อ รวงและเพิ่มน้ำหนักเมล็ดด้วย ซึ่งธาตุอาหารหลักดังกล่าวพืชสามารถจะดูดซึมขึ้นมาทางรากและต้ น จะเห็นได้ว่าการสะสมของธาตุอาหารในระยะ 4 เดือน เมื่อปลูกข้าวในน้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน สูงสุดในต้น ราก และเมล็ด เท่ากับ 0.490, 0.638 และ 0.472 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และข้าวมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส สูงสุดในต้น ราก และเมล็ดเท่ากับ 0.412, 0.378 และ 0.257 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในต้นและรากของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.520 และ 4.510 เปอร์เซ็นต์ โดยจะส่งผลให้ข้าวมีชีวมวลสูงสุดเท่ากับ 413.88 กรัมต่อกอ การเจริญเติบ โตของข้าวจะ เห็นได้จากการเพิ่มของจำนวนต้นของข้าวหรือการแตกกอ เมื่อมีการใส่น้ำเสียในระดับความเข้มข้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเพิ่มจำนวนของต้นข้าว เท่ากับ 16.75 ต้นต่อกอ สามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ ในระดับ 10 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งทำให้จำนวนต้นข้าวมีค่าเท่ากับ 16.38 ต้นต่อกอ เมื่อมีการใส่น้ำเสียในระดับความเข้มข้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเพิ่มน้ำหนักแห้งต้นข้าวเท่ากับ 28.00 กรัม ซึ่งสามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ในระดับ 10 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งน้ำหนักต้นข้าว มีค่าเท่ากับ 27.50 กรัม เมื่อมีการใส่น้ำเสียในระดับความเข้มข้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 31.25 กรัม ซึ่งสามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ในระดับ 20 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.00 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจะช่วยในการลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีได้ นอกจากจะส่งผลทางด้านการเจริญเติบโตแล้ว ยังส่งทางด้านทางผลผลิตที่ดี โดยจะเห็นได้จากน้ำหนักเมล็ดของข้าว ที่เพิ่มขึ้น ส่วน การใช้น้ำเสียระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 อายุ 4 เดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 55.25 กรัมต่อกอ และ 24.29 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื่องจากปริมาณของธาตุอาหารในน้ำเสียที่มี ปริมาณ ฟอสฟอรัส สูง และปริมาณฟอสเฟตสูง ปริมาณไน โตรเจนและปริมาณโพแทสเซียมสูง ทำให้มีการช่วยในสร้างอาหารของข้าวและมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดในทิศทางที่สูงขึ้น เพราะฟอสฟอรัสเป็นส่ วนประกอบสำคัญของ Adenosine triphosphate (ATP) ฟอสฟอรัสจะช่วยในการแตกกอ การพัฒนาของรากการออกดอกและการสุกแก่ของข้าวไนโตรเจนช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มขนาดใบ เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวงจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด และโพแทสเซียมมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารหรือผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงในพืช ไปยังส่วนต่างๆของพืช ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (กรมการข้าว, กองปฐพีวิทยา, 2543)

2. การสะสมของธาตุอาหารของข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

การใส่น้ำเสียในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่แตกต่ างกันด้วย เนื่องจากการสะสมของธาตุอาหารในน้ำเสียจะแสดงให้เห็นจากปริมาณของธาตุอาหารที่ตรวจพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของข้าว ได้แก่ ราก ต้นและเมล็ด ซึ่งธาตุอาหารจะพบมากในรากในปริมาณที่สูง เพราะรากเป็นส่วนแรกที่พืชจะดูดไปใช้และลำเลียงแร่ธาตุจากดินและน้ำเพื่อใช้ในเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสง กระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องมีธาตุอาหารที่จำเป็นละลายในน้ำเสีย เพื่อที่จะให้พืชสามารถดึงธาตุอาหารไปใช้ ได้ น้ำเสียที่นำมาปลูกข้าว มีการสะสมของธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืชหลายชนิดและสะสมในปริมาณที่สูง ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ของพืช ค่าปริมาณของธาตุอาหารหลักในน้ำเสีย ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 22.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 10.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟตเท่ากับ 13.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ธาตุอาหารดังกล่าวจะช่ วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว และส่งผลให้น้ำเสีย ซึ่งมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงสามารถนำมาใช้ทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ การที่ไนโตรเจนสามารถถูกลำเลียงขึ้นไปในเมล็ดข้าวได้จะทำให้เมล็ดข้าวมีปริมาณของโปรตีนสูง ข้าวที่ปลูกในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์มีไนโตรเจนสะสมในส่วนต้น (0.37 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.434 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.284 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล พบว่า ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสะสมในส่วนต้น (0.224 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.228 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.152 เปอร์เซ็นต์) ข้าวที่ ปลูกในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสสะสมใน ลำต้น (0.343 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.348 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.218 เปอร์เซ็นต์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสะสมในส่วนต้น (0.257 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.232 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.112 เปอร์เซ็นต์) ข้าวที่ปลูกในน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์ มีโพแทสเซียม สะสมใน ลำต้น (5.280 เปอร์เซ็นต์) ราก (4.253 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.113 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม สะสมในส่วนต้น (2.918 เปอร์เซ็นต์) ราก (3.173 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.042 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นข้าวที่ปลูกในน้ำเสียสูงกว่าข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล จะเห็นได้ว่าข้าวระยะเก็บเกี่ยว เมื่อปลูกในน้ำเสีย ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวมีการสะสมธาตุอาหารสูงสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น รากและเมล็ด เท่ากับ 0.490, 0.638 และ0.472 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น ราก และเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 0.412, 0.378 และ 0.251 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมสูงสุดในต้น ราก และเมล็ด เท่ากับ 6.520, 4.510 และ 0.113 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าข้าวสามารถเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินและน้ำ นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์และสะสม อยู่ในเซลล์ พืช น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีปริมาณไนโตรเจนสูง เท่ากับ 15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟต 13.04 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียม 22.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 10.37 มิลลิกรัมต่อลิตรและปริมาณโพแทสเซียม 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าในน้ำบาดาลมาก ส่งผลให้ข้าวได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอมีจำนวนใบมาก ใบมีสีเขียวเข้มทำให้สามารถสร้างคลอโรฟิลล์และนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง สร้างส่วนของใบและมีการแตกกอได้มากกว่า จึงทำให้เกิดความแตกต่างกันกับข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล ซึ่งจะได้รับธาตุอาหารหลักทั้งสองนี้มาจากดินเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในน้ำบาดาลมีอยู่น้อยมากซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ดังนั้นน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ถือได้ว่าเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักแก่พืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของข้าวได้ เป็นไปในทำนองเดียวกับของสาวรส (2553) พบว่าการศึกษาบัวหลวงที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์มีการเติบโตดีกว่าบัวหลวงที่ปลูกในน้ำบาดาล โดยบัวหลวงขาวมีน้ำหนักแห้งของใบ (558.8 กรัมต่อบ่อ) และน้ำหนักแห้งรวม (731.0 กรัมต่อบ่อ) สูง และมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนใบและราก + ไหล (1.27 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด ดังนั้นการนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูกพืชจะช่วยทำให้พืชมีทิศทางของการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นไปในทางที่ดี ทั้งในการปลูกบัวและปลูกข้าว

ธาตุอาหารเหล็กมีส่วนสำคัญต่อมนุษย์ ซึ่งการขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิด ความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะโลหิตจาง ได้แก่ สตรีมีครรภ์ สตรีหลังคลอด สตรีมีประจำเดือน และเด็กในวัยเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับเด็กจะต้องการธาตุเหล็กโดยเฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อวันจึงเพียงพอต่อร่างกายที่กำลังเจริญเติบโต แต่ธาตุเหล็กจากอาหาร ร่างกายจะดูดซึมไม่ดีนัก หรือเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น เพราะฉะนั้นธาตุเหล็กจึงมีความสำคัญต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของร่างกายโดยเฉพาะสมองและเป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือด ในเมล็ดข้าวที่ทำการปลูกข้าวโดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณของเหล็ก เท่ากับ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงส่งผลให้เหล็กในรากของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและปริมาณของธาตุเหล็กในเมล็ดโดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้เหล็กในเมล็ดของข้าว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.153 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าพบปริมาณเหล็กมากเกินอาจจะทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลบนใบล่างและปลายใบลามเข้าสู่ฐานใบและต่อมาจะทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลออกส้มและตายในที่สุด ส่วนธาตุโลหะหนักชนิดอื่น ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมี่ยม ปรอท พบว่ามีปริมาณที่น้อยหรือบางชนิดตรวจไม่พบในเมล็ดแสดงให้เห็นว่าการนำข้าวที่ปลูกในน้ำเสีย น่าจะมีความปลอดภัยต่อการบริโภค เสนีย์ (2545) ปลูกข้าวในแปลงเกษตรกรรม โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อเติมอากาศและน้ำบาดาล ในการเพาะปลูกได้รดน้ำ ใส่ปุ๋ยและสารเคมีการเกษตรเหมือนกันทุกประการ แตกต่างเพียงชนิดของน้ำรด การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจากการปลูกไม่ได้แตกต่างกันในทางสถิติจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด สำหรับการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าวขาวและข้าวกล้องมีค่าต่ำมากและอยู่ในระดับปลอดภัยต่อการบริโภคตลอดการเพาะปลูก ส่วนการปนเปื้อนโลหะหนักในดินมีค่าต่ำและไม่ได้แตกต่างกันจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด และไม่พบการสะสมเพิ่มขึ้นของโลหะหนักในดินจากการปลูกโดยใช้น้ำทิ้งในเวลาต่อเนื่องกัน โดยสรุปการใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียเพาะปลูกข้าว ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยในการบริโภค และน้ำเสียสามารถนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยในการปลูกข้าวได้ ซึ่งผลกระทบต่อดินอยู่ในระดับที่ต่ำและไม่แตกต่างจากการใช้น้ำธรรมชาติเพาะปลูก ซึ่งค่ามาตรฐานสูงสุดของสารหนูใน cereals ที่กำหนดโดย Food Standard Australia NewZealand = 1.0 มก./กก. ค่ามาตรฐานสูงสุดของแคดเมียมในข้าวที่กำหนดโดย European Communities = 0.2 มก./กก.; Food Standard Australia-New Zealand = 0.1 มก./กก. ค่ามาตรฐานสูงสุดของตะกั่วใน cereals, legumes, pulses ที่กำหนดโดย European Communities และ Food Standard Australia New Zealand = 0.2 มก./กก.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การใช้ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ปลูกในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีผสมในอัตราส่วนต่างๆ ในสภาพการขังน้ำ พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งมีธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน (15.07 มิลลิกรัมต่อลิตร) แอมโมเนีย (22.03 มิลลิกรัมต่อลิตร) ฟอสฟอรัส (10.37 มิลลิกรัมต่อลิตร) ฟอสเฟต (13.04 มิลลิกรัมต่อลิตร) โพแทสเซียม(7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร) และมีธาตุอาหารรอง ในปริมาณที่สูงข้าวสามารถดูดนำไปใช้เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวได้ดี จากผลการทดลองได้ผลดังนี้

1. ข้าวอายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากโรงฆ่าสัตว์มี ความสูง ของต้น 76.00 เซนติเมตร จำนวนต้น 22.13 ต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งของต้น 28.00 กรัมต่อกอ สูงกว่าข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ปลูกในน้ำบาดาล มีความสูงของต้น 68.38 เซนติเมตร จำนวนต้น 12.00 ต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งของต้น 21.50 กรัมต่อกอ

2. ข้าวอายุ 4 เดือน ที่ปลูกในน้ำเสียที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากโรงฆ่าสัตว์ ให้ค่าไนโตรเจนสูงสุดทั้งในต้น (0.434 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.550 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.402 เปอร์เซ็นต์) ส่วนข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล ให้ค่าไนโตรเจนในต้น (0.224 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.228 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.152 เปอร์เซ็นต์) ส่วนข้าวที่ปลูกในน้ำเสียที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากโรงฆ่าสัตว์ ให้ค่าฟอสฟอรัสสูงสุดทั้งในต้น (0.384 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.348 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.235 เปอร์เซ็นต์) ส่วนข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล ให้ค่าฟอสฟอรัสในต้น (0.257 เปอร์เซ็นต์) ราก (0.232 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.112เปอร์เซ็นต์) ในส่วนข้าวที่ปลูกในน้ำเสียที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากโรงฆ่าสัตว์ให้ค่าโพแทสเซียมสูงสุดทั้งในต้น (5.975 เปอร์เซ็นต์) ราก (4.447 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.114 เปอร์เซ็นต์) และข้าวที่ปลูกในน้ำบาดาล ให้ค่าโพแทสเซียมในต้น (2.918 เปอร์เซ็นต์) ราก (3.173 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (0.042 เปอร์เซ็นต์)

3. ข้าวอายุ 4 เดือน มีปริมาณของธาตุเหล็กในเมล็ดโดยการใส่น้ำเสียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.153 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ไม่พบการสะสมของสารโลหะหนัก ที่เป็นพิษ ได้แก่ ปรอท และแคดเมียม ใน ส่วนของเมล็ดข้าวที่ปลูกในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองจังหวัดสุพรรณบุรีและอยู่ในเกณฑ์ไม่เกินมาตรฐานในการบริโภคที่กำหนดโดย European Communities และ Food Standards Australia New Zealand (FSANZ).

5. ข้าวที่ปลูกในน้ำเสียที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยที่ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะเก็บเกี่ยว (4 เดือน) จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยมีค่าความสูง 83.38 เซนติเมตร จำนวนต้น 28.63 ต้นต่อกอ และน้ำหนักแห้ง 29.50 กรัมต่อกอ และให้ผลผลิตที่ดีที่สุดโดยข้าวมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 24.92 กรัม และน้ำหนักเมล็ด มีค่าเท่ากับ 55.25 กรัม ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่น้ำเสีย เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. น้ำเสีย จากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี มีธาตุอาหารไนโตรเจนสูงมาก การนำมาปลูกข้าวโดยตรง ควรตรวจสอบค่าไนโตรเจนก่อนนำน้ำเสียไปใช้

2. น้ำเสียสามารถช่วยลดต้ นทุน การผลิตและการ ใช้ปุ๋ยเคมี ช่วยทำให้ปรับสภาพดินให้เหมาะแก่การข้าว และควรใส่ธาตุอาหารเสริมบางชนิดลงในดินเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าว

3. ส่งเสริมให้มีการแปรรูปปุ๋ยจากน้ำเสียให้มีการเก็บและขนย้ายสะดวกมากยิ่งขึ้นในการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว. 2550. **องค์ความรู้เรื่องข้าว.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: http://www.ricethailand.go.th/rice%20web/index.htm, 2 พฤษภาคม 2551.

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. **น้ำเสียชุมชน.** แหล่งที่มา: http://cc.msnscache.com/cache.aspx?q=8310739015394&lang=enUS&mkt=enUS&FORM=CVRE, 16 พฤษภาคม 2551.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2541. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงฆ่าสัตว์**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542. **มลพิษทางน้ำ.** กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กองปฐพีวิทยา. 2540. **เอกสารวิชาการ ด้านปฐพีวิทยา เรื่องทิศทางการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน**. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2548. **การบำบัดน้ำเสียขั้นสูง.** สำนักอนามัย, กรุงเทพฯ.

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

เกษม จันทร์แก้ว 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____, สุรัตน์ บัวเลิศ และกิตติชัย ดวงมาลย์. 2545. **พื้นฐานน้ำเสียชุมชนและเทคโนโลยีธรรมชาติการบำบัดน้ำเสีย**, น. 235 *ใน* เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการ การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียบนพื้นที่จำกัดด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีต้นแบบของการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย วันที่ 5-6 กันยายน 2545 ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตตินันท์ ธีระวรรณวิไล. 2542. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปุ๋ยและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้ปุ๋ย** พิมพ์ครั้งที่ 6. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์. 2542. **การใชน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพื่อการเกษตร**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กฤตธี วงศ์สถิต. 2544. **การบำบัดน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2542. **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 3**. แหล่งที่มา: http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter1/chap1.htm, 14 ธันวาคม 2551.

เจนศักดิ์ รัตนลัมภ์. 2545. **แนวทางการลดปัญหามลภาวะจากการเลี้ยงสุกร ในระบบฟาร์มของเกษตรกรรายย่อย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ฐิตยา ศรขวัญ. 2541. **ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร จังหวัดฉะเชิงเทรา.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีศักดิ์ อึ๊งเจริญวงศ์. 2544. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยใช้บ่อแอนแอโรบิค แบบติดผิวและการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร.** วิทยานิพนธ์ . ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล. 2545. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้พืชท้องถิ่น.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2543. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจิตรา ชโยปถัมภ์. 2544. **การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียฟาร์มสุกร โดยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2546. **อนามัยสิ่งแวดล้อม.** หจก. เอ็นเอสแอล พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. ม.ป.ป. แหล่งที่มา : http://www.thairice.org, 1 กรกฎาคม 2551.

วลัยนุช พรรณสังข์. 2551. **ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีในสภาพดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับธูปฤาษี** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี. ม.ป.ป. **ข้าวหอมปทุมธานี.** สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว จังหวัดปราจีนบุรี.

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

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

เสนีย์ กาญจนวงศ์. 2545. **การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อเกษตรกรรม** โครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสนีย์ กาญจนวงศ์. 2549. **การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อเกษตรกรรม.** โครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เสาวรส เลื่องสุนทร. 2553. **การเติบโตและการบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวงในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae/index2.php, 12 มิถุนายน 2551.

_____. 2552. **ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae/index2.php, 16 กันยายน 2552.

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

อรุณี สมมณี และมั่นสิน ตังฑกุลเวศน์. 2524. น้ำและปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** 1(4): 20-27.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2526. **เรื่องของข้าว**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฤทธิรงค์ เกาฏีระ. 2546. **การนำน้ำเสียชุมชนที่บำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ในเขตตำบลยางซ้าย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.

Danh, *et .al*., L. Phong, L. Dung and P. Truong. 2008. Wastewater Treatment at a Seafood Processing Factory in the Mekong Delta, Vietnam. **Vetiver Systems: International Vetiver Conference ICV4.** Available Source: http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/ BA25.pdf, January 19, 2008.

Dee Datta, S.K. 1933. **Principles and Practices of Rice production**. Head, Department of Agronomy, The International Rice Research Institute. Los Baños, The Philippines.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. **Rice: nutrient disorders & nutrient management**. Potash & Phosphate Institute, East & Southeast Asia Programs, Makati City, Philippines.

Grooms, G.C. 1975. Ohio guidelines for land application of sewage sludge, pp. 255–260. *Cited by* K. Kurihara. 1984. Urban and Industrial Waste as Fertilizer Materials, pp. 193-215. *In* **Organic matter and Rice**. IRRI., Los Bannos, Laguna, Phillippines.

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Leu-Hing, C., P. Matthews, J. Namer, N. Okuno and L. Spinosa. 1996. Sludge management in highly urbanized areas. **Water science and Technology**. 34: 3-4, 517-524.

Luetzke, K. and W. Klee. 1990. Measurement and assessment of the heavy metal emission from selected installations and suggested measures for their reduction. **Patial Report on Measurement of The Heavy metal and Trace Element emission of a Fluidized-Bed Furnace for Sewage Sludge Combustion**. Current Abstracts. 89: 100.

Nozoe, T., R. Agbisit, Y. Fukuta, R. Rodriguez and S. Yanagihara. 2006. The Iron (Fe)-excluding power of rice roots as a mechanism of tolerance of elite breeding lines to iron toxicity, pp. 142-145. *In* T. Nozoe and Y. Fukuta eds. **Physio-genetic study on yield determination and ecological adaptability for sustainable rice culture**. Report of IRRI-Japan Collaborative Research Project Phase IV 1999-2004.

U.S.EPA 2002. **U.S. Wastewater Treatment Factsheet.** Center for Sustainble Systems, University of Michigan.2002.

Yoshida, S. 1981. **Fundamentals of Rice Crop Science**. International Rice Research Instit...., Los Banos, Phillippines.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 คุณสมบัติของดินนา น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และน้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติ	ดินนา	น้ำเสีย	น้ำบาดาล
pH	5.4	8.70	8.38
Temperature (°C)		27.9	25.8
EC (µs/cm)		1,263	1,487
DO (mg/l)		6.99	8.10
BOD (mg/l)		38.23	
TKN (mg N/l)		15.07	nd
NH4 (mg NH4/l)		22.03	
Phosphate (mg PO43-/l)		13.04	
Phosphorus (mg/l)		10.37	0.027
Potassium (mg/l)		7.44	1.742
Fe (mg/l)		0.21	0.041
Cd (mg/l)		nd	nd
Pb (mg/l)		nd	nd
Organic Matter (%)	1.34		
Total Nitrogen (%)	0.067		
Total Phosphorus (%)	0.03		
Available Phosphorus (mg/kg)	8		
Available Potassium (mg/kg)	91		
Ca (mg/kg)	4030		
Mg (mg/kg)	720		
CEC	11.6		
Total Iron (%)	1.91		
Total Lead (mg/kg)	47.6		
Total Cadmium (mg/kg)	<0.01		
Total Zinc (mg/kg)	88.2		
Sand (%)	8.6		
Silt (%)	13.8		
Clay (%)	77.6		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์น้ำบาดาลที่ใช้ในการทดลอง

ผลวิเคราะห์น้ำบาดาล			
ลำดับ	**พารามิเตอร์**	**ผลวิเคราะห์**	**หน่วย**
1	pH	8.38	-
2	Temperature	25.8	$^{\circ}C$
3	EC. ค่าการนำไฟฟ้า	1,487	µs/cm
4	DO	8.1	mg/L
5	TKN	ND	mg N/L
6	Phosphorus	0.027	mg/L
7	Potassium	1.742	mg/L
8	Fe	0.041	mg/L
9	Cd	ND	mg/L
10	Pb	ND	mg/L

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลวิเคราะห์น้ำเสีย						
ลำดับ	**พารามิเตอร์**	**ผลวิเคราะห์ 1**	**ผลวิเคราะห์ 2**	**ผลวิเคราะห์ 3**	**เฉลี่ย**	**หน่วย**
1	pH	8.97	8.50	8.63	8.70	-
2	Temperature	26.9	29.6	27.3	27.9	$^{\circ}C$
3	EC. ค่าการนำไฟฟ้า	1,489	1,084	1,215	1,263	µs/cm
4	DO	5.9	4.35	4.81	6.99	mg/L
5	BOD	33	44.7	37	38.23	mg/L
6	TKN	15.94	13.15	16.14	15.07	mg N/L
7	NH_4	29.1	15.71	21.3	22.03	mg NH_4/L
8	Phosphate	7.93	19.6	11.6	13.04	mg PO_4^{3-} /L
9	Phosphorus	8.17	13.44	9.52	10.37	mg/L
10	Potassium	8.83	6.25	7.25	7.44	mg/L
11	Fe	0.26	0.27	0.21	0.24	mg/L
12	Cd	ND	0.02	ND	ND	mg/L
13	Pb	ND	ND	ND	ND	mg/L

ตารางผนวกที่ 4 Detection limit ของเครื่อง ICP-OES และเครื่อง TKN

Parameter	MDL	RL
Fe	0.009	0.015
Cd	0.001	0.002
Pb	0.006	0.010
Hg	0.00014	0.001
TKN	0.36	0.61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำบาดาล

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

อายุข้าว 45 วัน

ภาพผนวกที่ 1 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และน้ำบาดาลอายุ 45 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

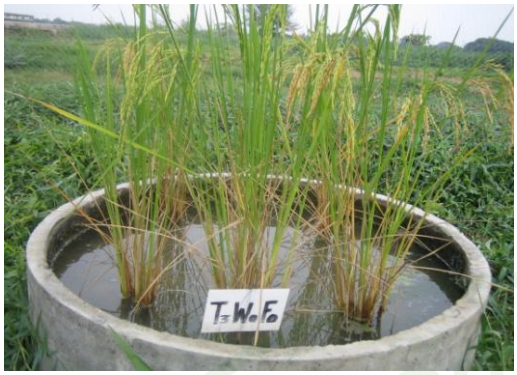
น้ำบาดาล

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

อายุข้าว 75 วัน

ภาพผนวกที่ 2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลอายุข้าว 75 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



น้ำบาดาล

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

อายุข้าว 105 วัน

ภาพผนวกที่ 3 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีและน้ำบาดาลอายุข้าว 105 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายทวี ศรีสังข์งาม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	12 มิถุนายน 2518
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพแม่และเด็กบางซอ
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์