ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม — วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและจุลินทรีย์ในดิน

Effect of Ethanol Plant Wastewater Treated by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) on Sugar Cane and Soil Microorganisms

นามผู้วิจัย นางสาวสุพัตรา ชาวสวน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์สุจิณณา กรรณสูต, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ,Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและจุลินทรีย์ในดิน

Effect of Ethanol Plant Wastewater Treated by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) on Sugar Cane and Soil Microorganisms

โดย

นางสาวสุพัตรา ชาวสวน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพัตรา ชาวสวน 2557: ผลของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและจุลินทรีย์ในดิน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สุจิณณา กรรณสูต, Ph.D. 113 หน้า

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน(UASB)จากโรงงานผลิตเอทานอล โดยวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เป็นประโยชน์(Total P_2O_5) โพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total K_2O) ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียมทั้งหมด โดยการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียพบว่าอยู่ในระดับมาตรฐาน คุณสมบัติทางชีวภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน โดยวิเคราะห์ ค่าบีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำสูงมาก และการวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 749.5 MPN/100 ml และ มีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 199 MPN/100 ml น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน จึงมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียปะปนอยู่ปริมาณน้อยมาก

นอกจากนั้นมีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินด้านกายภาพและชีวภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (CEC) เมื่อนำดินก่อนปลูกและหลังปลูกอ้อยมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินพบว่าอยู่ในปริมาณที่สูงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน โดยวิธี Plate Count บนอาหารNA และ PDA พบว่าเมื่อมีการใช้น้ำเสียในอัตราที่แตกต่างกัน ปริมาณจุลินทรีย์ในดินก่อนปลูกและหลังปลูกนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการเจริญเติบโตของอ้อย เช่น การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ความยาวลำ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ ค่า C.C.S. (%) ความหวาน (องศาบริกซ์) และน้ำหนักลำ (กรัม) พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเมื่อนำไปรดแปลงพืชตัวอย่าง พืชเจริญเติบโตได้ดี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

_____ _____ ___ /___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Supattra Chowsuan 2014: Effect of Ethanol Plant Wastewater Treated by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) on Sugar Cane and Soil Microorganisms. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Miss Sujinna Kannasut, Ph.D. 113 pages.

Aims of this research were to study wastewater properties treated by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). There were investigated pH, EC, OM, including chemical properties of Total P_2O_5, Total K_2O, Cd, Pb, Cr and Cd, were found in proper standard. BOD, COD and total solids quantitative analysis were showed that high quantity in UASB wastewater, meanwhile, coliform concentration was determined as 749.5 MPN/100ml and faecal coliform bacteria was 199 MPN/100ml.

Physical and biological properties of soild also were studied such as; pH, EC, OM, Available P, Exchangeable K and CEC. Result of chemical soil properties analysis of before and after planted soild were significant different with 95% confidence. Plate count method with Nutrient Agar (NA) and Potato Dextrose Agar (PDA) was used to study about effect of waste water irrigation on biological soil properties. Both of before and after planted soild, the result showed that microorganisms volume in soild was not statistical difference when waste water was irrigated in different volume. Sugarcane growths were studied such as tillering length, stalk diameter, C.C.S (%), sweetness (degree brix) and stalk weight (gram). This study founded that sugarcane was very good growing after irrigated by anaerobic waste water treatment as with statistically significant at 95% confidence.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุจิณณา กรรณสูต ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. อิทธิพล ราศีเกรียงไกร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และ ดร. ธเนศ อุทิศธรรม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และ

ขอขอบคุณ โครงการภาคีบัณฑิตของสถาบันวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยรวมถึงฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร(ฝทก.) ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆทางวิทยาศาสตร์ และอาคารสถานที่

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดาที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่องและส่งเสริมผู้วิจัยจนสำเร็จเป็นมหาบัณฑิต

สุพัตรา ชาวสวน

เมษายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	24
ผล	24
วิจารณ์	78
สรุปและข้อเสนอแนะ	82
สรุป	82
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	93
ภาคผนวก ข ดัชนีและค่าทางมาตรฐาน	95
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการวิเคราะห์	102
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	113

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	8
2	ข้อดีข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	9
3	ประโยชน์และโทษของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย	11
4	การจัดเรียงชั้นดิน Ap-Bt	13
5	ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี	25
6	ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี	28
7	ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี	32
8	การวิเคราะห์น้ำเสียทางกายภาพ	35
9	ค่าของคุณภาพน้ำเบื้องต้น	36
10	ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	38
11	ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบนอาหาร NA และPDA	39
12	ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณแบคทีเรีย	40
13	ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณเชื้อรา	41
14	ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรียและหาปริมาณรา	42
15	ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนบนอาหาร NA และ PDA	42
16	ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน	43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ลักษณะโคโลนีของเชื้อราน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน	44
18	ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรีย	45
19	ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณเชื้อรา	45
20	การแตกกอ (หน่อ/กอ) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง	47
21	ความยาวของลำอ้อย (ซม.) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง	48
22	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร)และ C.C.S (%) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนที่แตกต่างกัน อำเภอท่าม่วง	49
23	ความหวาน (องศาบริกซ์) และน้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบ บำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง	50
24	จำนวนกอ (หน่อ/กอ) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย	51
25	ความยาวลำ (เซนติเมตร) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย	53
26	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย	54
27	ความหวาน (องศาบริกซ์)และจำนวนปล้องต่อลำ ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย	55
28	น้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย	56
29	การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร) ความหวาน (องศาบริกซ์) C.C.S (%) และ น้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
30	ความยาวลำ (เซนติเมตร) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง	59
31	วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงก่อนปลูก	60
32	วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงหลังปลูก	61
33	การเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำทิ้งจากระบบระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูก อำเภอท่าม่วง	62
34	วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย	63
35	วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment บนหาปริมาณเชื้อรา	64
36	วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก	64
37	วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยก่อนปลูก	66
38	วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกบ่อพลอย	67
39	การเปรียบเทียบดินก่อนปลูกและหลังปลูกอ้อย อำเภอบ่อพลอย แปลงที่2	68
40	วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย	69
41	วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา	70
42	วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก แปลงที่ 2	70
43	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง ก่อนปลูก	72
44	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง หลังปลูก แปลงรดน้ำเสีย	73
45	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง หลังปลูกแปลงไม่รดน้ำเสีย	74
46	การเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำเสีย อำเภอเมืองก่อนปลูกและหลังปลูก แปลงที่ 3	74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
47	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย	76
48	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา	76
49	วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก แปลงที่ 3	77
50	สรุปผลการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน	86
ตารางผนวกที่		
ข1	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	96
ข2	มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร	96
ข3	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว	97
ข4	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH 1:1)	98
ข5	ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ที่แสดงถึงระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช	98
ข6	แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุและการจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดิน	99
ข7	แสดงการจำแนกระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน	99
ข8	แสดงการจำแนกระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน	100
ข9	แสดงการจำแนกระดับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน	100
ข10	มาตรฐานคุณภาพน้ำแต่ละประเภทไว้ซึ่งน้ำแต่ละประเภทจะต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้	101
ค1	Dilution and Type of Sample	107
ค2	BOD Measurable with Various Dilution of Sample	108
ค3	ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน	35
2	ถ้วยระเหยที่น้ำเสียถูกระเหยจนแห้ง	36
3	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนและน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอล	39
4	การแตกกอของอ้อย อำเภอท่าม่วง	46
5	การวัดความยาวลำของอ้อย อำเภอท่าม่วง	47
6	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอท่าม่วง	48
7	การแตกกอของอ้อย อำเภอบ่อพลอย	51
8	ความยาวลำ อำเภอบ่อพลอย	52
9	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอบ่อพลอย	53
10	การแตกกอของอ้อย อำเภอเมือง	56
11	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอเมือง	58
12	ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองก่อนใส่น้ำเสีย และลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองหลังใส่น้ำเสีย	60
13	ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอบ่อพลอย ก่อนใส่น้ำเสีย และลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอบ่อพลอย หลังใส่น้ำเสีย	65
14	ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอเมือง ก่อนใส่น้ำเสีย และลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอเมือง หลังใส่น้ำเสีย	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

pH	=	ความเป็นกรดด่างของน้ำ
EC (dS/m)	=	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ
OM (%)	=	ปริมาณอินทรียวัตถุ
Total N (%)	=	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
Total P (mg/l)	=	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
Total K (%)	=	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด
Total Na (mg/l)	=	ปริมาณโซเดียม
Total Cu (mg/l)	=	ปริมาณทองแดง
Total Pb (mg/l)	=	ปริมาณตะกั่ว
Total Cr (mg/l)	=	ปริมาณโครเมียม
Total Cd (mg/l)	=	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด
Avai.P (mg/kg)	=	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
Exch.K (mg/kg)	=	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
CEC ($cmol_c/kg$)	=	ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน
TS	=	Total Solids
COD	=	Chemical Oxygen Demand
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
C.C.S. (%)	=	Commercial Cane Sugar
NA	=	Nutrient Agar
PDA	=	Potato Dextrose Agar
ND	=	Not detected

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและจุลินทรีย์ในดิน

Effect of Ethanol Plant Wastewater Treated by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) on Sugar Cane and Soil Microorganisms

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาของทรัพยากรน้ำและทรัพยากรดินเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เพราะทั้งน้ำและดินเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งเพื่อการอุปโภค บริโภค การทำการเกษตร และอุตสาหกรรม มักจะมีการใช้น้ำและดินเป็นองค์ประกอบของการดำรงชีวิตทั้งสิ้น จากการสนับสนุนโครงการวิจัย บริษัท ปภพ จำกัด เพื่อทำการศึกษาวิธีการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ที่มีน้ำทิ้งออกมาจากระบบ โดยน้ำทิ้งนี้จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จึงมีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (UASB) เข้ามาช่วยในเรื่องการบำบัดน้ำเสีย โดยปกติน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยออกสู่ธรรมชาติ จึงได้มีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ในการปลูกอ้อย

น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (UASB) แล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ในด้านการเกษตร จึงได้ทำการทดลองภาคสนามเพื่อใช้น้ำทิ้งจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (UASB) เพื่อการเพาะปลูกอ้อยโดยการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ RCBD ภายในพื้นที่ของเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และชีวภาพของดินและผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ดิน เนื่องจากผลจากการใช้น้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติดินและสิ่งแวดล้อม

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อสมบัติของดิน ปริมาณจุลินทรีย์ในดินก่อนและหลังการปลูกอ้อย และการเจริญเติบโตของอ้อย เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ได้จริงทางด้านการเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสีย ผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อสมบัติของดิน ปริมาณจุลินทรีย์ในดินก่อนและหลังการปลูกอ้อย และการเจริญเติบโตของอ้อย

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลไปใช้ประโยชน์ในการปลูกอ้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. น้ำเสีย

1.1 นิยามความหมาย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสารใด ๆหรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาเจือปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป จนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่างๆสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ (ฝ่ายสุขาภิบาลโรงงาน กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2555)

1) สิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือน ที่อยู่อาศัยของประชาชนที่อยู่รวมกันเป็นชุมชนเป็นย่านที่อยู่อาศัย และย่านการค้าขาย ย่อมจะมีน้ำทิ้งจากการอุปโภคและบริโภค เช่น น้ำจากการซักล้างและการทำครัว น้ำจากส้วมที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพตามมาตรฐานและอยู่ไม่ไกลจากแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้ง เช่นนี้จะทำให้เกิดน้ำเน่าน้ำเสียได้

2) สิ่งปฏิกูลจากการเกษตรกรรม ในการเพาะปลูกปัจจุบันนี้ เกษตรกรใช้สารเคมีมากขึ้น เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งบางชนิดสลายตัวยาก สารอาจจะตกค้างอยู่ตามพืชผักผลไม้ ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะล้างสิ่งเหล่านี้ลงแม่น้ำลำคลอง เป็นเหตุให้กุ้ง ปลา หอย ปู และสัตว์น้ำอื่น ๆ เป็นอันตรายถึงตายได้ ถ้าสัตว์น้ำได้รับสารเคมีบางชนิดในปริมาณไม่มาก ก็อาจสะสมอยู่ในตัวสัตว์ เมื่อคนจับสัตว์น้ำเหล่านี้มาทำอาหาร สารเคมีนั้นก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายของคนอีกทอดหนึ่ง บริเวณเพาะปลูกอาจมีมูลสัตว์ปนอยู่ เมื่อฝนตกหรือเมื่อใช้น้ำรดพืชผักผลไม้ น้ำก็จะชะล้างสิ่งปฏิกูล คือมูลสัตว์นี้ลงสู่แม่น้ำลำคลอง ในมูลสัตว์อาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ เป็นเหตุให้ผู้ใช้แม่น้ำลำคลองได้รับเชื้อโรคจากสิ่งปฏิกูลนั้นได้

3) สิ่งปฏิกูลจากการอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปใช้น้ำในปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน น้ำที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือและพื้นที่ในโรงงาน และน้ำทิ้งจากโรงงาน จะเป็นน้ำเสียไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง บางโรงงานอาจมีวัสดุเหลือจากผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมบางประเภทปนไปกับน้ำทิ้งทั้งหมดนี้ เป็นเหตุให้น้ำในแม่น้ำลำคลองเน่า ส่งกลิ่นเหม็น มีสารพิษปะปนอยู่กลายเป็นมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ วัตถุสารเคมีและสิ่งมีชีวิตอันตรายเกินมาตรฐาน น้ำเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการนำ ไปใช้ประโยชน์ และการระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สู่ดิน และที่ดินเนื่องจากสิ่งปนเปื้อน ซึ่งประกอบด้วย (เกษม, 2545)

1) น้ำเสียทางกายภาพ หมายถึง น้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ ขยะ ตะกอน วัตถุและอื่นๆ จนทำ ให้น้ำมีคุณสมบัติต่างจากน้ำธรรมชาติและ/หรือค่ามาตรฐานของน้ำ เช่นความเป็นกรดด่าง ความกระด้าง อุณหภูมิ สี กลิ่น รส การนำ ไฟฟ้า ความขุ่น การส่องผ่านของแสง และปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย

2) น้ำเสียทางเคมี หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีในรูปของ โลหะและอโลหะสารประกอบเคมีทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำ ก๊าซ สารอินทรีย์ เป็นต้น

3) น้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ จำพวก บัคเตรี รา พารามีเซียม พยาธิ พืชและสัตว์น้ำขนาดเล็กเซลล์เดียว

1.2 คุณสมบัติของน้ำ

น้ำจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารต่างๆ ที่สามารถละลายปะปนอยู่ในน้ำการที่มีสารต่างๆที่สามารถละลายปะปนอยู่ในน้ำ จะทำให้คุณสมบัติของน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

1) คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ คือ ลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันของลักษณะที่สามารถมองเห็นหรือสังเกตได้ เช่น ความใส ความขุ่น กลิ่น สี เป็นต้น

2) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำมีผลในด้านของ การเร่งปฏิกิริยาทางเคมี และสามารถส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งทำให้น้ำเสีย

3) สี (Color) สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ เช่น น้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลืองซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำที่มีใบไม้ทับถมจะมีสีน้ำตาล หรือถ้ามีตะไคร่น้ำก็จะมีสีเขียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) กลิ่นและรส กลิ่นและรสของน้ำจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำและทำให้น้ำเสีย เช่น ซากพืช ซากสัตว์ ที่เน่าเปื่อย หรือสารในกลุ่มของฟีนอล เกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งจะทำให้น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

5) ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ซากพืช ซากสัตว์

6) การนำไฟฟ้า (Electical Conductivity) บ่งบอก ถึงความสามารถของน้ำที่ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านในน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำ รวมทั้งอุณหภูมิของน้ำที่นำมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำขณะทำการวัดค่าในขณะนั้น

7) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS) คือ ปริมาณของแข็งในน้ำ สามารถคำนวณจากการระเหยน้ำออก ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) จะมีขนาดเล็กผ่านขนาดกรองมาตรฐาน คำนวณได้จากการระเหยน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองออกไป ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) ของแข็งที่อยู่บนกระดาษกรองมาตรฐานหลังจากการกรอง แล้วนำมาอบเพื่อระเหยน้ำออก ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids: VS) ส่วนของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์แต่ละลายน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการนำกระดาษกรองวิเคราะห์เอาของแข็งที่แขวนลอยออก แล้วนำของแข็งส่วนที่ละลายทั้งหมดมาระเหยอุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส และนำน้ำหนักน้ำที่ชั่งหลังการกรองลบด้วยน้ำหนักหลังจากการเผา

1.3 สมบัติทางด้านเคมีของน้ำ

ลักษณะทางเคมีของน้ำ เช่น ค่าของความเป็นกรด-เบส ความกระด้างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เป็นต้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539)

1) pH แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ (น้ำดื่มควรมีค่า pH ระหว่าง 6.8-7.3) โดยทั่วไปน้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (pH < 7) ซึ่งหมายถึง มีความเป็นกรดสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน การวัดค่า pH ทำได้ง่าย โดยการใช้กระดาษลิตมัสในการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ซึ่งให้สีตามความเข้มข้นของ $[H^+]$ หรือการวัดโดยใช้ pH Meter เมื่อต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้น สภาพเบส (Alkalinity) คือ สภาพที่น้ำมีสภาพความเป็นเบสสูงจะประกอบด้วยไอออนของ OH^-, CO_3^-, H_2CO_3 ของธาตุแคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม ซึ่งสภาพเบสนี้จะช่วยทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ต้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในน้ำทิ้ง สภาพกรด (acidity)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ความกระด้าง (Hardness) เป็นการไม่เกิดฟองกับสบู่และเมื่อต้มน้ำกระด้างนี้จะเกิดตะกอน น้ำกระด้างชั่วคราว เกิดจากสารไบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) รวมตัวกับ ไอออนของโลหะ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} ซึ่งสามารถแก้ได้โดยการต้ม นอกจากนี้มีความกระด้างถาวรซึ่งเกิดจากไอออนของโลหะและสารที่ไม่ใช่พวกคาร์บอเนต เช่น SO_4^{2} ,NO_3^{-} , Cl^{-} รวมตัวกับ Ca^{2+}, Fe^{2+},Mg^{2+} เป็นต้น ความกระด้างจึงเป็นข้อเสียในด้านการสิ้นเปลืองทรัพยากร

3) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) แบคทีเรีย ที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอนินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียนี้จะทำให้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ดังนั้นในน้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ มาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8 ppm หรือปริมาณ O_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำมีปริมาณ 5-8 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 5-8 ppm น้ำเสียจะมีค่า DO ที่ต่ำกว่า 3 ppm ส่วนค่า DO มีความสำคัญในการบ่งบอกว่าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตหรือไม่

4) บีโอดี (Biological Oxygen Demand) เป็นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย กรมน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่า บีโอดี หาได้โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารซึ่งจะเป็นไปช้าๆ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานหลายวัน ตามหลักสากลใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยนำตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาบีโอดีมา 2 ขวด ขวดหนึ่งนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าออกซิเจนทันที สมมุติว่ามีออกซิเจนอยู่ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำอีกขวดหนึ่งปิดจุกให้แน่น เพื่อไม่ให้อากาศเข้า นำไปเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสนาน 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน สมมุติได้ 0.47 มิลลิกรัม ต่อลิตร ดังนั้นจะได้ค่าซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้ไป หรือ ค่าบีโอดี เท่ากับ 6.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

5) COD (Chemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีโดยใช้สารละลาย เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในปริมาณมากเกินพอ ในสารละลายกรดซัลฟิวริกซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมดทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ก็จะถูกออกซิไดซ์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดและการให้ความร้อน โดยทั่วไปค่า COD จะมีค่ามากกว่า BOD เสมอ ดังนั้นค่า COD จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) ทีโอซี (Total Organic Carbon: TOC) คือ ปริมาณคาร์บอนในน้ำ

7) ไนโตรเจน เป็นธาตุสำคัญสำหรับพืช ซึ่งจะอยู่ในรูปของ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท ไนเตรต ยิ่งถ้าในน้ำมีปริมาณไนโตรเจนสูง จะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

8) ฟอสฟอรัส ในน้ำซึ่งมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบจำพวกพวก ออร์โธฟอสเฟต(Orthophosphate) เช่น สาร PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$ และ H_3PO_4 นอกจากนี้ยังมีสารพวกโพลีฟอสเฟต

9) ซัลเฟอร์ มีอยู่ในธรรมชาติและเป็นองค์ประกอบภายในของสิ่งมีชีวิต สารประกอบซัลเฟอร์ในน้ำจะอยู่ในรูปของ Organic Sulfur เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟต์ สารซัลเฟต เป็นต้น ซึ่งสารพวกนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ที่เรียกว่าก๊าซไข่เน่า และนอกจากนี้ยังมีฤทธิ์กัดกร่อนในสิ่งแวดล้อมได้

10) โลหะหนัก มีทั้งที่เป็นพิษและไม่เป็นพิษ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ ถ้ามากเกินไปจะเป็นพิษ ได้แก่ โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและสังกะสี บางชนิดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	5.5-9.0	pH Meter
2. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40องศาเซลเซียส	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
3. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
4. ซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
5. โลหะหนัก (Heavy Metal)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro photometry
1) สังกะสี (Zn)		
2) ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
3) แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
4) ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
5) แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	

ที่มา: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539)

1.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย

1.4.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

ซึ่งระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน เป็นระบบบำบัดที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ต้องมีการเติมอากาศ จึงทำให้ประหยัดพลังงาน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปของพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Chan *et al.*(2009) กล่าวว่า ระบบการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบ Anaerobic–Aerobic ได้มีการนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมและเทศบาลมาเป็นเวลาหลายปีแล้วในขณะที่ก่อนหน้านี้การบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ใช้พืชน้ำแบบ Anaerobic–Aerobic การบำบัดแบบ Anaerobic–Aerobic ในอัตราที่สูง มีการใช้มากขึ้นเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียที่ต้องการออกซิเจนปริมาณมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Process)

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ไม่ต้องเติมออกซิเจน ลงไปในน้ำเสียหรืออาจเรียกกระบวนการนี้ว่าระบบไร้อากาศ หรือถังหมัก สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน จนได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน (ประสาท, 2552)

ตารางที่ 2 ข้อดีข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Wastewater Treatment)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีตะกอนที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดน้อย 2. พวกตะกอนที่ต้องนำไปตกตะกอน 3. ไม่ต้องการธาตุอาหารมากนัก 4. ได้ผลพลอยได้เป็นก๊าซมีเทน ที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ 5. สามารถรับภาระอินทรีย์ได้มาก	1. ต้องควบคุม pH ในระบบให้ดี 2. ใช้เวลาเริ่มเดินระบบ (Start Up) ค่อนข้างมาก 3. คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดส่วนมากจะไม่ได้มาตรฐาน (BOD 20 มก./ล) 4. น้ำเสียที่ผ่านระบบไร้อากาศควรมีระบบบำบัด สุดท้ายด้วยระบบอื่น

ที่มา: ประสาท (2552)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (UASB) มีหลักการทำงาน คือ มีการลำเลียงน้ำเสียเข้าไปในถังหมักแบบไร้อากาศ โดยมีลักษณะการไหลย้อนขึ้น (Upflow) ทำให้น้ำเสียเข้าสัมผัสกับชั้นตะกอนของกลุ่มจุลินทรีย์ทางด้านล่าง จุลินทรีย์จะทำหน้าที่ ย่อยสลายของเสียที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลงได้ ร้อยละ 90-95 และเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนในอัตราส่วนร้อยละ 60-65 (สุวิมล, 2550)

1.5 ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

1.5.1 น้ำเสียที่มีส่วนประกอบทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย โปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น (สุวิมล, 2550)

แบคทีเรีย คือ จุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว ขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีผนังหุ้มเซลล์ 2 ชั้น ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนใหญ่ไม่มีคลอโรฟิลล์ พบอยู่ทั่วไปใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งแวดล้อม ร่างกายของคนและสัตว์ มีรูปร่างได้หลายแบบ เช่น รูปแท่ง รูปทรงกลม รูปขดเป็นวง การดำรงชีวิตของแบคทีเรียต้องใช้พลังงานและสารประกอบต่างๆทั้งในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ธาตุสำคัญในส่วนประกอบ คือ คาร์บอน โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งตามแหล่งคาร์บอนที่ได้มาเป็น 2 ชนิด คือ

1) ออโทโทรฟิกแบคทีเรีย (Autotrophic Bacteria หรือ Autotrophy) เป็นแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือการออกซิเดชันของสารอนินทรีย์

2) เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic Bacteria หรือ Heterotrophy) เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนมาจากสารอินทรีย์ และได้พลังงานจากแสงอาทิตย์

รา (Fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์ ไม่มีคลอโรฟิลล์ ลักษณะทั่วไปมักเป็นเส้นใยยาวๆ และมีนิวเคลียสหลายอันราสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ หรือมีปริมาณไนโตรเจนน้อยสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวก คาร์-โบไฮเดรทได้ดีและยังสารถย่อยสลายสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดีกว่าแบคทีเรีย

สาหร่าย (Algae) เป็นจุลินทรีย์มีเซลล์เดียวมีนิวเคลียสเห็นได้ชัดขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีคลอโรฟิลล์และรงควัตถุซึ่งอาจใช้จำแนกชนิดได้ พบอยู่ตามบริเวณที่มีความชื้นสูง ทั้งในน้ำจืด และน้ำเค็ม

โปรโตซัว (Protozoa) เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว และมีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย บางชนิดอยู่เป็นกลุ่ม (Colony) เซลล์มักมีรูปร่างคงที่มีนิวเคลียสเห็นได้ชัดเจน

ไวรัส (Virus) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุด ไม่มีลักษณะเป็นเซลล์ ดำรงชีวิตแบบปรสิตสามารถทำให้เกิดโรคแก่ คน สัตว์ และพืชได้มีการกำหนดจุลินทรีย์บางชนิดเป็นดัชนี (Indicator Organisms) ของจุลินทรีย์ทั้งหมด เพื่อแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทางเดินอาหาร (Waterborne Disease) อันเนื่องมาจากอุจจาระของมนุษย์ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนี ประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) จะต้องเป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต

2) จะต้องตรวจพบได้ในน้ำเมื่อแหล่งน้ำได้รับการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค

3) ปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนี จะต้องมีความสัมพันธ์ทั้งทางตรงกับปริมาณของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค นั่นคือเมื่อชนิดหนึ่งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อีกชนิดหนึ่งจะต้องมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยจุลินทรีย์เป็นดัชนีควรมีปริมาณมากว่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ตารางที่ 3 ประโยชน์และโทษของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

ประโยชน์ของจุลินทรีย์	โทษของจุลินทรีย์
1. ย่อยสลายสารอินทรีย์ อินทรียวัตถุและเศษสิ่งปฏิกูลต่างๆ ในน้ำ ที่เป็นต้นเหตุของน้ำเสีย	1. น้ำมีกลิ่น สารประกอบซัลเฟอร์และไนโตรเจนถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนเป็นผลให้เกิดก๊าซซึ่งมีกลิ่นเหม็น
2. ช่วยย่อยปริมาณขี้เลน เพื่อป้องกันน้ำเน่าเสีย	2. ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากผิดปกติเป็นผลให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลง
3. ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดด่าง (pH) ในน้ำให้สมดุล	3. ทำให้สีของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเป็นมลพิษทางสายตา
4. ย่อยสลายกากไขมัน คราบไขมันผิวน้ำ	

ที่มา: สุวิมล (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ทรัพยากรของดินในจังหวัดกาญจนบุรี

2.1 ลักษณะดิน

จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ และตะวันตก ซึ่งเป็นภาคที่มีภูเขาสลับซับซ้อน มีที่ราบอยู่ระหว่างภูเขาที่มีแม่น้ำ และแม่น้ำสายต่างๆ ไหลผ่าน มีที่ราบสองฝั่งลำน้ำสายต่าง ๆ ซึ่งครอบคลุมเนื้อที่ของจังหวัดกาญจนบุรีไว้ด้วยนั้น มีหินปูน หินแกรนิต หินแกรในโอออไรท์ หินไนล์ หินดินดาน หินควอทโซฟิลไลท์ เป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ดินที่ราบระหว่างหุบเขา และสองฝั่งลำน้ำ จึงเป็นตะกอนที่เกิดจากการสลายตัวของหินดังกล่าว แล้วถูกน้ำพัดพามาทับถม และเนื่องจากพื้นที่ส่วนนี้มีหินปูนเป็นส่วนใหญ่ ดินจึงมีปฏิกิริยาเป็นกลางหรือเป็นด่าง ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง และสับปะรด ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงดี จึงเป็นแหล่งเพาะปลูกพืชไร่ที่สำคัญของประเทศ ส่วนในบริเวณที่ราบต่ำใช้ปลูกข้าว แต่มีเนื้อที่ไม่มากนัก (เกตุอร และคณะ, 2549)

2.2 พื้นที่ดินที่มีสมรรถนะเหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่

ลักษณะของดินเป็นดินตะกอนลำน้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เป็นดินร่วนหรือดินค่อนข้างเหนียว เกิดจากตะกอนที่ลำน้ำพัดพามาทับถมกันกับกากหินในท้องที่ มีทั้งชนิดที่มีการระบายน้ำ ดี และชนิดที่ระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์สูง ปลูกพืชที่ดอนและไม้ยืนต้นได้ดีหรือค่อนข้างดี ศักยภาพในการให้ผลผลิตการเกษตรค่อนข้างสูง การปรับปรุงดินควรให้การเพิ่มปุ๋ย พืชที่ควรปลูก ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ยาสูบ ผลไม้ ถั่วเหลือง ถั่ว และละหุ่ง ดินชนิดนี้มีอยู่ในแนวลำน้ำแควน้อย และ ลำตะเพิน ในเขตอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอไทรโยค อำเภอเมือง อำเภอบ่อพลอย และ บางส่วนในอำเภอ ศรีสวัสดิ์ จะเห็นได้ว่าซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของดิน ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks) กลุ่มชุดดินที่ 33 การจำแนกดิน Fine-Silty, Mixed, Semiactive, Isohyperthermic Typic Haplustalfs การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนเนินตะกอนรูปพัด สันดินริมน้ำ สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยการระบายน้ำ ดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลางถึงช้า สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นที่อยู่อาศัย หมู่บ้าน สวนไม้ผลหรือปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด กล้วย ถั่ว ฝ้าย และยาสูบ การแพร่กระจาย พบบริเวณด้านตะวันตกของที่ราบลุ่มภาคกลางของแม่น้ำต่าง ๆ (กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การจัดเรียงชั้นดิน Ap-Bt ของชุดดินกำแพงแสน

2.3.1 ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นด่างอ่อน (pH 8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง เป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม และมวลสารพวกปูนสะสมปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง เป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0)

2.3.2 ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ชุดดินปราณบุรี และชุดดินกำแพงเพชร ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ อาจจะขาดน้ำในช่วงฤดูเพาะปลูกซึ่งจะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต ในการใช้ประโยชน์ ดินมีความเหมาะสมดีในการปลูกพืชทั่วๆ ไป ถ้ามีการชลประทานหรือมีแหล่งน้ำเพียงพอ ดินนี้จะเป็นแหล่งผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ

ตารางที่ 4 การจัดเรียงชั้นดิน Ap-Bt

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์
0-25	สูง	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	สูง
25-50	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง
50-100	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2549)

2.4 ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดิน

2.4.1 แบคทีเรีย จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่พบจำนวนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ในหนึ่งกรัมของดินที่อุดมสมบูรณ์มีแบคทีเรียมากถึง หนึ่งแสนถึงพันล้านโคโลนีต่อกรัมดิน มีหน้าที่ในการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ ผลิตฮิวมัส เปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในดินให้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งจุลินทรีย์เองและพืช แบคทีเรียบางชนิดเป็นโรคพืช แบคทีเรียที่พบในดินโดยทั่วไป มีรูปร่าง 3 แบบคือ แบบกลม แบบแท่ง และแบบเกลียว แบคทีเรียเจริญเติบโตและค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5.5-9 ในบริเวณรากพืชจะพบแบคทีเรียมากกว่าในบริเวณที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไกลออกไป กิจกรรมของแบคทีเรียในดินมีมากมายแต่ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ คือ การเป็นผู้ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินทำให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และทำให้เกิดกระบวนการตรึงไนโตรเจนในดินเป็นต้น แบคทีเรียที่พบและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ เช่น *Pseudomanas sp, Rhizobium sp, Bacillus sp, Clostridium sp* เป็นต้น

2.4.2 เชื้อรา เป็นจุลินทรีย์ที่มีจำนวนรองลงมาจากแบคทีเรีย เส้นใยของเชื้อรายาวเป็นสิบถึงร้อยเมตรต่อกรัมของดินที่อุดมสมบูรณ์ มีบทบาทในการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์รวมถึงฮิวมัสในดิน บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคในสิ่งมีชีวิต บางชนิดทำลาย nematode ซึ่งเป็นศัตรูพืช ดำรงชีวิตได้โดยการดูดซึมสารอินทรีย์จากการย่อยภายนอกเซลล์ มีรูปร่างเป็นเส้นใย หรือเป็นเซลล์เดี่ยว จำเป็นต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต เชื้อราส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นกรด ที่พบและคัดแยกได้จากพื้นที่ในโครงการ *Mucor sp, Chaetomium sp, Trichoderma sp, Aspergillus sp, Penicillium sp* เป็นต้น

จีรพรรณ์ (2550) ได้ทำการแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินด้วยวิธี Dilution plate method โดยทำ Serial Dilution และนำตัวอย่างดิน10 กรัม มาเพาะเลี้ยงบน Sodium Caseinate agar ที่ประกอบด้วย Sodium Caseinate 0.2 เปอร์เซ็นต์, Glucose 0.1เปอร์เซ็นต์, $K_2HPO_4$0.02 เปอร์เซ็นต์, $MgSO_4.7H_2O$ 0.02 เปอร์เซ็นต์, Trace Element $FeSO_4.7H_2O$ 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ Agar 1.5 เปอร์เซ็นต์มี pH 7.0 บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-5 วันสามารถแยกเชื้อแอคติโนมัยซีสได้ 137 ไอโซเลต จากตัวอย่างดินทั้งหมด 20 ตัวอย่าง

Macura (1974) ได้ทำการศึกษาวิจัยทางจุลชีววิทยาทางดิน โดยศึกษาจากธรรมชาติ โดยใช้วิธี Winogradsky Column ศึกษาสภาพแวดล้อมดินและความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในดิน ซึ่งแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ รับพลังงานจากแสงสว่าง มีลักษณะคล้ายพืช อาศัยคลอโรฟิลล์พิเศษ มีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนเป็นแหล่งคาร์บอนคล้ายพืช และใช้สารอินทรีย์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน ได้แก่ Purple Sulfur Bacteria เช่น Chromatiaceae

3. อ้อย

อ้อย (อังกฤษ:Sugarcane, ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saccharum officinarum* Linn. POACEAE) การจำแนกทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic Classification) (Cluments, 1980)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Graminales

Family : Gramineae

Tribe : Andropogoneae

Genus : *Saccharum*

Species : *officinarum, spontaneum, robustum, sinense, barberi* และ *edule*

การรวบรวมพืชสกุลอ้อยที่มีลักษณะดีไว้เป็นแหล่งพันธุกรรม รวบรวมได้ 216 สายพันธุ์ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม อ้อยปลูกหรืออ้อยคั้นน้ำ (*Saccharum officinarum*) อ้อยป่ากึ่งอ้อยปลูก(*Saccharum sinenese*) อ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*, *Saccharum robustum, Sclerostachya fusca*, *Narenga perphyrocoma*) (จเร, 2527)

3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย (อุดม, 2527)

3.1.1 ราก (Root)

อ้อยจัดเป็นพืชตระกูลหญ้า จำพวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดอ้อยมาเพาะรากที่เจริญออกมาจากเมล็ดอ้อยนั้นก็จะมีระบบรากแบบรากฝอยเช่นเดียวกับธัญพืชทั่ว ๆ ไป แต่เนื่องจากว่าอ้อยมีการขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ (Sett or Cutting) ซึ่งท่อนพันธุ์ที่ได้นี้มาจากการตัดลำต้นออกเป็นท่อน แต่ละท่อนมีตาอย่างน้อยหนึ่งตา เมื่อนำท่อนพันธุ์อ้อยไปปลูกในดิน ตาก็จะเจริญขึ้นมาเป็นต้นอ่อน ขณะเดียวกันปุ่มราก (Root Primodia or Root Initial) ที่ข้อของท่อนพันธุ์จะเจริญออกมาเพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับต้นอ่อน รากที่งอกออกมาจากท่อนพันธุ์นี้เรียกว่า รากของท่อนพันธุ์ (Sett Root or Cutting Root) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ และแตกแขนงมาก ต่อมาเมื่อต้นอ่อนเจริญเติบโตขึ้น ที่ข้อของต้นอ่อนที่อยู่ในดินจะงอกรากที่เรียกว่า รากของหน่อ (Shoot Root) ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารแทน ส่วนรากของท่อนพันธุ์ก็จะสิ้นสภาพและแห้งตายไป รากของหน่อนี้มีลักษณะใหญ่กว่า และแข็งแรงกว่ารากของท่อนพันธุ์ ซึ่งรากนี้จะเจริญเติบโตเป็นรากถาวรของต้นอ้อยต่อไป ความยาวและการแพร่กระจายของรากถาวรนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะดินและความอัดแน่นของดิน อย่างไรก็ตาม รากถาวร ของอ้อยที่เติบโตเต็มที่แล้วจำแนกออกได้ 3 ชนิด คือ รากค้ำยัน (Buttress Root) เป็นรากที่เกิดจากโคนของหน่ออ้อย รากฝอย (Fibrous Root or Superficial Root) เป็นรากที่เจริญอยู่ในชั้นดินลึกประมาณ 25-60 เซนติเมตร แผ่กระจายออกรอบๆ ลำต้นยาวประมาณ 2 เมตร หรือมากกว่า รากชนิดนี้มีขนาดเล็กและแตกแขนงมาก และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รากหยั่งลึก (Deep Root) มีลักษณะคล้ายเส้นเชือกรวมอยู่เป็นกลุ่ม ๆ ที่หยั่งลึกดิ่งลงไปในดิน อาจลึกถึง 6 เมตรก็ได้ ถ้าดินมีความร่วนซุยดี รากชนิดนี้สามารถดูดน้ำในดินที่ระดับความลึก 2-4 เมตร ทำให้อ้อยทนสภาพแห้งแล้งได้

3.1.2 ลำต้น (Stem)

ตาอ้อยที่เจริญจากท่อนพันธุ์ที่นำไปปลูก จะมีการเติบโตเป็นหน่ออ้อยอันแรก (mother or primary shoot) แทงทะลุโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดินเจริญเป็นลำต้นอ้อย ต่อมาตาที่โคนของหน่ออ้อยที่อยู่ในดินก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่ออ้อย ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นการแตกแขนงของอ้อยออกไปเรื่อยๆ ทำให้อ้อยเจริญอยู่เป็นกอที่เรียกว่า กออ้อย

ลำต้นอ้อย (Cane Culm or Stalk) มีลักษณะเป็นลำตั้งตรงและมีกาบใบหุ้ม ความสูงประมาณ 2.5-6 เมตร ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ประกอบด้วยข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ความยาวของปล้องจากรอยกาบใบ (Leaf Scar or Sheath Scar) อันหนึ่งถึงรอยกาบใบอีกอันหนึ่งหรือเป็นความยาวของข้อและปล้องรวมกันเรียกว่า Joint ขนาดของ Joint แตกต่างไปตามพันธุ์ โดยทั่วไป Joint แต่ละอันมีความยาวประมาณ 5-25 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-6 ซม. โดย Joint ตอนโคนและตอนปลายของลำต้นมีขนาดสั้นมาก นอกจากนี้รูปร่างของ Joint ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ด้วย ซึ่งสามารถแบ่งรูปร่างออกได้ 6 ลักษณะ คือ ทรงกระบอก (Cylindrical) มัดข้าวต้ม (Tume-Scent) กลางคอด (Bobbin-Shaped) โคนโป่ง (Conoidal) ปลายโป่ง (Obconoidal) และ โค้ง (Concave-Convex)

บริเวณของข้ออ้อยคือ บริเวณที่เกิดราก (Root Ring or Root Band) ซึ่งเป็นบริเวณตั้งแต่รอยกาบใบจนถึงวงเจริญ (Growth Ring or Intercalary Meristem) บริเวณข้ออ้อยที่เกิดราก มีปุ่มราก (Root Primordia) อยู่กระจัดกระจายทั่วไป และมีตาอ้อยอยู่ข้อละหนึ่งตาเกิดสลับกัน ส่วนปล้องของอ้อยซึ่งเป็นบริเวณที่นับจากวงเจริญขึ้นไปจนถึงกาบใบนั้น ประกอบ ด้วย ส่วนต่างๆ 4 ส่วน คือ วงไข (Wax Ring) เป็นส่วนที่อยู่ใต้กาบใบ โดยปกติมีสีขาว รอยแตกลายงา (Corky Crack or Ivory Marking) เป็นรอยแตกมีลักษณะเป็นเส้นยาวๆ บนผิวลำต้น และรอยแตกหลาย ๆ รอยอาจรวมกันเป็นแผ่นเรียกว่า Corky Patch รอยแตกลึก (Growth Crack or Rind Crack) เป็นรอยแตกที่มีขนาดใหญ่ รอยแตกนี้จะก่อให้เกิดความเสียหาย และเป็นบริเวณที่ศัตรูของอ้อยเข้าทำลายได้ และร่องตา (Bud Furrow or Eye Groove) เป็นร่องที่เกิดขึ้นเหนือตาอ้อยขึ้นไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3 ใบ (Leaf)

ใบอ้อยประกอบด้วยกาบใบ (leaf Sheath) ที่หุ้มลำอ้อยกับแผ่นใบ (Leaf Blade) ที่แผ่กางออกไปจากลำอ้อยสลับกันทั้งสองข้าง ใบแรกๆ ที่เจริญจากตาเป็นใบเกล็ด (Scale Leaf) เมื่ออ้อยเจริญเติบโตขึ้น ใบอ้อยก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีขนาดสูงสุด หลังจากนั้นใบอ้อยจะค่อยๆ มีขนาดเล็กลงเมื่ออ้อยใกล้ออกดอก จำนวนใบก็เช่นเดียวกัน พบว่าอ้อยในระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 10 ใบ เมื่อมีใบอ้อยเจริญขึ้นมาใบที่แก่ที่สุดจะแห้งและตายไป ใบที่แห้งนั้นอาจจะร่วงหลุดไปจากลำต้นหรือยังคงอยู่ติดกับลำต้นก็ได้ ส่วนล่างสุดของกาบใบติดกับปล้องตรงข้อ และหุ้มรอยลำต้นไว้โดยส่วนขอบของกาบใบจะเหลื่อมซ้อนทับกัน ผิวด้านนอกของกาบใบมีขนเล็ก ๆ ปกคลุมอยู่ ซึ่งลักษณะของกลุ่มขน และการร่วงของกลุ่มขนที่กาบใบนี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์อ้อยแต่ละชนิด ใบอ้อยประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ แผ่นใบ ที่เรียวแหลมสู่ปลายใบ ขอบใบเป็นจักรคล้ายฟันเลื่อย กับส่วนที่สำคัญอีกอันหนึ่งคือ แกนใบ (Midrib) ซึ่งอยู่ตรงกลางของใบอ้อย บริเวณส่วนฐานของใบอ้อยที่ต่อกับกาบใบนั้นเรียกว่า คอใบ (Dewlap or Collar or Joint Triangle) มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมแข็งและหนาสองรูปพบกันที่ฐานของกาบใบ ส่วนด้านในของรอยต่อระหว่างใบกับกาบใบจะมีลิ้นใบ (Ligule) เป็นแผ่นบาง ๆ แนบชิดกับส่วนของลำต้นทำหน้าที่เป็นแผ่นเยื่อกันน้ำ สำหรับส่วนบนสุดของกาบใบที่หุ้มลำต้นนั้น ขอบของกาบใบเป็นติ่งเรียกว่า เขี้ยวใบหรือหูใบ (Auricle) หูใบนี้อาจจะมีข้างเดียวหรือมีทั้งสองข้างหรือไม่มีเลยก็ได้ ดังนั้นในการจำแนกพันธุ์อ้อยนอกจากใช้กลุ่มขนที่กาบใบแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงขนาด รูปร่าง และสีของใบ แกนกลางใบ คอใบ ลิ้นใบ และหูใบ อีกด้วย

3.1.4 ช่อดอก (Inflorescence)

เมื่ออ้อยแก่เต็มที่และอยู่ในช่วงออกดอก อ้อยจะแทงช่อดอกออกจากกาบของใบธง (Flag Leaf) ที่อยู่ตรงส่วนบนสุดของลำต้น ช่อดอกอ้อยนี้เรียกว่า Arrow or Tassel มีลักษณะเป็นพู่ เป็นช่อดอกแบบ Panicle รูปร่าง ขนาด แตกต่างไปตามลักษณะประจำพันธุ์ ช่อดอกประกอบด้วยแกนกลาง (Main Axis or Rachis) ก้านแขนงแรก (Lateral Axis or Primary Branch) และก้านแขนงชั้นที่สอง (Secondary Branch) หรือบางทีอาจมีก้านแขนงชั้นที่สาม (Tertiary Branch) อีกก็ได้ ความยาวของแกนกลางช่อดอกอาจยาวตั้งแต่ 25-50 เซนติเมตร และมีก้านแขนงแตกออกโดยรอบที่ส่วนของก้านแขนงเป็นที่เกิดของดอกอ้อยเรียก Spikelet ดอกอ้อยนี้จะเกิดเป็นคู่ตรงข้อของก้านแขนง โดยดอกหนึ่งจะไม่มีก้านดอก (Sessile Spikelet) และอีกดอกมีก้านดอก (Pedicelled or Stalked Spikelet) โดยดอกแต่ละดอกนั้นวงนอกสุดของดอกมีขนยาวสีขาว เรียกว่า Silky Hairsที่เกิดตรงส่วนของฐานดอกและหุ้มอยู่รอบ ๆ ดอก ถัดจากวงของขนยาวสีขาวเข้าไปจะเป็นวงของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลีบดอกสองอันที่หุ้มดอกย่อย (Floret) อยู่ ซึ่งกลีบดอกอันนอกสุดเรียกว่า Outer Glume และกลีบดอกอันในเรียกว่า Inner Glume ดอกย่อยที่กลีบดอกทั้งสองหุ้มอยู่นั้นประกอบด้วย 2 ดอกย่อยคือ ดอกย่อยอันล่างเป็นหมัน มีเพียง Sterile Lemma or Third Glume อันเดียวเท่านั้น และมีขนาดเล็กกว่ากลีบดอกที่หุ้มอยู่ ส่วนดอกย่อยอันบนเป็นดอกที่สมบูรณ์เพศที่ไม่เป็นหมัน ซึ่งอ้อยพวก *S. spontaneum* จะมี Sterile Lemma ด้วย แต่อ้อยพวก *S. officinarum* จะมีเพียง Fertile Palea เท่านั้น

3.1.5 ผล (Fruits)

ผลมีขนาดเล็กละเอียดและมีขนาดความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร เรียกว่า Caryopsis ผลที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วประมาณ 3 อาทิตย์ จะแก่และร่วงปลิวไปตามลม โดยอาศัย Silky Hairs ช่วยพยุงตัว

3.2 การเจริญเติบโตและระยะการเจริญเติบโตของอ้อย

การเจริญเติบโตของอ้อยแบ่งเป็น 4 ระยะ (Phase) ซึ่งแต่ละระยะมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน (เกษม, 2540)

3.2.1 ระยะงอก (Germination Phase) ตั้งแต่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ จนกระทั่งหน่อโผล่พ้นดิน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-6 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือปัจจัยภายในได้แก่ พันธุ์ อายุ องค์ประกอบภายในท่อนพันธุ์ และจำนวนตาบนท่อนพันธุ์ ปัจจัยภายนอกคือ สภาพแวดล้อม การเจริญในระยะงอกเป็นตัวกำหนดจำนวนกอ หรือจำนวนต้นที่งอกต่อไร่หรือต่อพื้นที่ ระยะนี้จึงมีความสำคัญเป็นอันดับแรก ถ้าอ้อยไม่งอกก็จะไม่มีอ้อยแตกกอ

3.2.2 ระยะแตกกอ (Tillering Phase) อ้อยก็เช่นเดียวกันกับหญ้าโดยทั่วไปคือสามารถแตกกอได้ จากที่มีเพียงหน่อเดียว หรือมีต้นเดียวในระยะงอก ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยการแตกกอในช่วงที่มีอายุ 6-12 สัปดาห์ การแตกกอจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ระยะนี้เป็นตัวกำหนดจำนวนลำ ต่อกอ หรือจำนวนลำ ต่อตารางเมตร และเป็นตัวกำหนดจำนวนลำ ต่อไร่ ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัด และอุณหภูมิสูงโดยเฉพาะที่บริเวณโคนต้น ซึ่งจะมีส่วนในการแตกกอและการเจริญเติบโตของหน่อ นอกจากนี้ยังต้องการน้ำและปุ๋ยโดยเฉพาะไนโตรเจนมากขึ้นด้วย

3.2.3 ระยะย่างปล้อง (Cane Elongation Phase) การย่างปล้องจะเกิดขึ้นหลังจากแตกกอแล้ว คือในช่วงประมาณ 3 เดือนขึ้นไป แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ของอ้อยและสภาพแวดล้อมเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำคัญ ระยะนี้เป็นช่วงที่อ้อยมีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด และไวต่อการขาดน้ำมากที่สุดโดยเฉพาะพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง ถ้าขาดน้ำจะทำ ให้ปล้องของอ้อยสั้นและผลผลิตลดลงกว่าที่ควรจะได้ ระยะย่างปล้องเป็นตัวกำหนดขนาดหรือน้ำหนักต่อลำ หรือน้ำหนักอ้อยต่อไร่ ระยะนี้ต้องการปัจจัยต่างๆในการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ และปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด

3.2.4 ระยะแก่ (Maturity) ในสามระยะที่กล่าวมานั้น น้ำตาลอ้อยที่ถูกสร้างขึ้นมาจะถูกนำ ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตทั้งสามระยะนี้ จึงมีน้ำตาลเหลือเก็บน้อย แต่เมื่อการเจริญเติบโตช้าลงเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวหรือเมื่ออ้อยมีอายุได้ประมาณ 8 เดือน จนถึงเก็บเกี่ยวจะมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น การสะสมน้ำตาลเพิ่มจากโคนสู่ปลาย เมื่อมีการสะสมน้ำตาลจากโคจนกระทั่งถึงปลายยอดพร้อมเก็บเกี่ยวระยะนี้เป็นตัวกำหนดน้ำหนักต่อลำ ด้วยเช่นกัน ในปริมาตรเท่ากัน อ้อยที่มีน้ำตาลมากก็จะมีน้ำหนักของลำ ต้นมากตามไปด้วย นอกจากนี้ระยะนี้เป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำตาลต่อตันอ้อย และปริมาณน้ำตาลต่อไร่ ระยะแก่นี้ต้องการแสงแดดจัด และอุณหภูมิที่ต่ำ น้ำน้อย ปุ๋ยน้อย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน

3.3 ธาตุอาหารหลักต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

3.3.1 ไนโตรเจน พืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก เป็นธาตุอาหารที่สำคัญมาก ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและผลที่สมบูรณ์ (ถวิล, 2540) จะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน ฮอร์โมน และมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบ กิ่งก้าน และลำต้น (นภดล,2538)

3.3.2 ฟอสฟอรัส อยู่ในรูปไอออนฟอสเฟสที่ละลายน้ำในทางลำเลียงน้ำและอยู่ในเซลล์ของพืช ทำหน้าที่ควบคุมระดับความเป็นกรดด่างภายในพืชให้คงที่ ฟอสฟอรัสเป็นวัตถุดิบของกระบวนการสร้างสารต่างๆ ที่เกี่ยวกับระบบถ่ายทอดพลังงานในพืช ในรูปสารประกอบฟอสเฟสในพืชที่เป็นกรดนิวคลีอิก นิวคลีโอโปรตีน สารไพติน เป็นต้น (ถวิล, 2540) และเมื่อในอ้อยมีระดับธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในอ้อยสูงมีผลทำให้ฟอสฟอรัสในอ้อยลดลง (Hartt,1973)

3.3.3 โพแทสเซียม มีความสำคัญต่อกิจกรรมหรือกระบวนการสร้างสมต่างๆในเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น การสร้างน้ำตาลและแป้ง การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล การสังเคราะห์แสงและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หายใจ โครงสร้างของเอนไซม์ (Muckle, 1995) อ้อยจะมีการดูดซึมธาตุโพแทสเซียมไปใช้ในการในการเจริญเติบโตทำให้มีการแตกหน่อดีขึ้น มีผลต่อน้ำหนักอ้อย และการเริ่มสร้างน้ำตาลจะเริ่มสร้างในฤดูหนาว ทำให้อ้อยมีความหวานมากขึ้น (Shukla *et al.*, 2009) โพแทสเซียมจึงเป็นธาตุที่จำเป็นของอ้อยซึ่งอ้อยต้องการตลอดชีวิตโดยที่ดินควรจะมีโพแทสเซียมมากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Blackburn, 1984)

สมโภช (2547) ศึกษาผลของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางเคมีบางประการของอ้อยนี้ได้มีการศึกษาอิทธิพลของน้ำ 3 ชนิด คือ น้ำชลประทาน(WI) น้ำบ่อที่ 3 (W3) น้ำบ่อที่ 5 (W5) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง ด้วยวิธี 3X2 Factorial in Rondomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลองในกล่องคอนกรีตขนาด 2x4x1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีดินนาที่อุดมสมบูรณ์หนา 35 เซนติเมตร บนดินนาผสมทรายโดยมีทรายหยาบรองก้นกล่องอยู่ 30 เซนติเมตร ใช้อ้อยคั้นน้ำพันธุ์สิงคโปร์ เป็นพืชทดลอง ดัชนีที่ทำการศึกษาได้แก่ การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมี และพบว่าความสูงของอ้อยในสัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 1 สัปดาห์ที่ 2, 3, 4 ของเดือน เส้นผ่านศูนย์กลางในเดือนที่ 6 พบว่า อิทธิพลของน้ำไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับคุณภาพอ้อย ผลสรุปน้ำทั้ง 3 ชนิด ไม่ทำให้ดัชนีของการเจริญเติบโตแตกต่างกันถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับคุณภาพของอ้อยและองค์ประกอบทางเคมีพบว่าอิทธิพลของน้ำทำให้ปริมาณของไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในใบอ้อยและกากอ้อย ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในทุกส่วนของอ้อย

John *et al*. (2012) ศึกษาปุ๋ยมีผลต่อการปลูกพืชและปศุสัตว์ ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลัก ถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรได้ เช่น เมื่อ 40 ปี ก่อน มีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ได้จากปุ๋ยคอกมากเกินไป ในการทำเกษตรของยุโรปและอเมริกาเหนือแต่ในขณะที่หลายๆพื้นที่ของโลก เช่น แอฟริกา ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้ถูกจำกัดไว้ด้วยดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสต่ำ แต่อย่างไรก็ตามแหล่งฟอสฟอรัสมีปริมาณที่จำกัด ดังนั้นจึงต้องใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

   1.1 แปลงทดลอง

2. เครื่องมือ

   2.1 กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (Compound Microscopes)

   2.2 เครื่องไมโครเวฟ (Microwave)

   2.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)

   2.4 ตู้ถ่ายเชื้อ (Microbiological Safety Cabinets)

   2.5 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave)

   2.6 อุปกรณ์และเครื่องแก้วสำหรับห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านจุลชีววิทยา

   2.7 เครื่องกลั่นไนโตรเจน(Auto Disstillator) รุ่น KJEITEC 2200

   2.8 เครื่องย่อย (Block Digestion Unit) รุ่น RC 5021007025001/1

   2.9 ตู้อบ รุ่น Gallenkamp

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

   3.1 Nutrient agar (NA)

   3.2 Potato Dextrose agar (PDA)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. คุณสมบัติของน้ำเสีย

1.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำแบบไร้ออกซิเจน เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (SW) ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เป็นประโยชน์ (Total P_2O_5) โพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total K_2O) ปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียมทั้งหมด (ภาคผนวก ค)

1.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพของน้ำเสีย

1.2.1 ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ ค่าของคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) และการวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria Examination) (ภาคผนวก ค)

1.3 การวิเคราะห์ทางชีวภาพของน้ำเสีย และดิน

1.3.1 การหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ และการหาปริมาณจุลินทรีย์ในดินโดยวิธี Plate Count (ประดับรัฐ, 2553)

ชั่งดิน 10 กรัม มาละลายน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัมใส่ลงใน 0.85% NaCl ฆ่าเชื้อ บรรจุในขวดดูแรนปริมาตร 99 มิลลิลิตร จะได้ความเจือจาง 10^{-2} จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างต่อไปเรื่อยๆ(10^{-2} ถึง 10^{-7})ดูดสารละลายดินที่เจือจางแล้วปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนจานเพาะเชื้อ จากนั้นทำการ Spread Plate Technique โดยใช้อาหาร Nutrient Agar (NA) ส่วนการศึกษาปริมาณเชื้อราให้ดูดสารละลายดินที่เจือจางแล้วปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงบนอาหาร Potato Dextrose Agar จากนั้นใช้แท่งแก้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร จนผิวหน้าอาหารแห้ง บ่มจานเพาะเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง สำหรับอาหาร Nutrient Agar (NA) ส่วนอาหาร Potato Dextrose Agar บ่มเลี้ยงเชื้อนาน 48-72 ชั่วโมง ทำการตรวจนับจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารแต่ละชนิด

2. การทดลองแปลงภาคสนาม

2.1 การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอลจากกากน้ำตาลในแปลงทดลองปลูกอ้อย (SW) ประกอบด้วยตำรับการทดลอง 5 ตำรับจำนวน 4 ซ้ำ มีตำรับการทดลองรายละเอียด ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 (T1) ชุดควบคุม
ตำรับการทดลองที่ 2 (T2) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่
ตำรับการทดลองที่ 3 (T3) SW อัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่
ตำรับการทดลองที่ 4 (T4) SW อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่
ตำรับการทดลองที่ 5 (T5) SW อัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

2.2 เก็บตัวอย่างดินในตำรับการทดลองที่ 1-5 เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นทางเคมีของดินก่อนและหลังการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้(Exchangeable K) และการวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (CEC) (ภาคผนวก ค)

2.3 วิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช เช่น การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ความยาวลำ (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร) ค่า C.C.S. (%) ความหวาน (องศาบริกซ์) และน้ำหนักลำ (กรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ในงานวิจัยนี้มีการทดลองการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอล ทั้งหมด 3 แปลง ในจังหวัดกาญจนบุรี โดยกำหนดให้ แปลงที่ 1 คือ อำเภอท่าม่วง แปลงที่ 2 คือ อำเภอบ่อพลอย และแปลงที่ 3 คือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี โดยได้ทำการทดลอง ดังนี้

1. คุณสมบัติของน้ำเสีย

1.1 วิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน (แปลงที่ 1)

ผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยโดยใช้พื้นที่ของเกษตรกรในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ชุดควบคุม (Control) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ SW อัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ SW อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และ SW อัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ การให้น้ำแก่อ้อยจะให้ในปริมาตรที่เท่ากันทุกครั้ง โดยครั้งแรกให้หลังจากการปลูกเสร็จ และครั้งสุดท้ายให้ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน รวมจำนวนครั้งที่ให้น้ำทั้งสิ้น 14 ครั้ง โดยเฉลี่ยการให้น้ำแต่ละครั้งให้น้ำเสียเดือนละ 1 ครั้ง

1.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอล ในแต่ละครั้งได้เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	OM (%)	Total N (%)	Total P (mg/l)	Total K (%)	Total Na (mg/l)	Total Cu (mg/l)	Total Pb (mg/l)	Total Cr (mg/l)	Total Cd (mg/l)
1	27/3/55	7.06	15.99	1.38	2.38	0.14	0.02	0.63	0.01	0.03	ND	ND	ND
2	23/4/55	7.13	15.56	1.34	2.31	0.14	0.01	0.24	0.04	0.03	ND	ND	ND
3	17/5/55	7.19	14.78	1.31	2.26	0.14	0.01	0.87	0.02	0.03	ND	ND	ND
4	23/5/55	7.12	15.31	1.31	2.26	0.13	0.01	1.13	0.02	ND	ND	ND	ND
5	15/6/55	7.74	21.65	1.15	1.98	0.11	0.04	3.90	1.54	ND	ND	ND	ND
6	9/7/55	7.63	21.70	1.13	1.95	0.11	0.06	3.75	2.85	ND	ND	ND	ND
7	9/8/55	7.48	21.62	1.06	1.82	0.14	0.02	1.52	0.01	0.02	ND	ND	ND
8	10/9/55	7.55	21.70	1.06	1.83	0.16	0.02	1.40	0.02	0.04	ND	ND	ND
9	11/10/55	7.47	20.98	1.84	3.17	0.17	0.03	0.55	0.02	ND	ND	ND	ND
10	14/11/55	7.53	22.25	1.83	3.15	0.17	0.02	0.02	0.02	ND	ND	ND	ND
11	6/12/55	7.95	17.43	1.31	2.25	0.12	0.02	0.02	0.01	ND	ND	ND	ND
12	10/1/56	7.56	20.47	1.32	2.28	0.16	0.01	0.91	0.02	ND	ND	ND	ND
13	8/2/56	7.53	20.18	1.34	2.31	0.14	0.05	7.45	0.03	ND	ND	ND	ND
14	11/3/56	7.64	22.23	1.44	2.49	0.18	0.02	0.82	ND	ND	ND	ND	ND
	ค่าเฉลี่ย	7.47	19.41	1.34	2.31	0.14	0.02	1.65	0.35	0.03	-	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของน้ำเสีย สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ความเป็นกรดด่างของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเฉลี่ย 7.47 ซึ่งความเป็นกรดด่างระหว่าง 7.06 - 7.95 ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) น้ำมีคุณสมบัติเป็นกลาง

2) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 19.41 dS/m มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 15.31-22.25 dS/m ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานน้ำทิ้งควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m กรมส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535) น้ำทิ้งมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมากอาจทำให้เกลือสะสมบนผิวดิน

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 2.31 อยู่ระหว่างร้อยละ 1.82-3.17 ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ปริมาณอินทรียวัตถุ จึงจัดอยู่ในระดับสูง

4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.14 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.11-0.18 เมื่อเปรียบเทียบกับซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ย 0.02 mg/l ซึ่งอยู่ ระหว่าง 0.01-0.06 mg/l เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีปริมาณน้อย

6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 1.65 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.02-7.45 เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมีปริมาณมาก

7) ปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด หรือต่ำมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ เทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)

1.2 การทดลองผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย (แปลงที่ 2)

โดยใช้พื้นที่ของเกษตรกรในอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี ชุดควบคุม (Control) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ SW อัตรา 25 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (20 ลิตร/แถว) SW อัตรา 50 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (40 ลิตร/แถว) และ SW อัตรา 100 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (80 ลิตร/แถว) การให้น้ำแก่อ้อยจะให้ในปริมาตรที่เท่ากันทุกครั้ง โดยครั้งแรกให้หลังจากการปลูกเสร็จ และครั้งสุดท้ายให้ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน รวมจำนวนครั้งที่ให้น้ำทั้งสิ้น 21 ครั้ง โดยเฉลี่ยการให้น้ำแต่ละครั้งให้น้ำเสียเดือนละ 2 ครั้ง คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย ในแต่ละครั้งได้เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	OM (%)	Total N (%)	Total P (mg/l)	Total K (%)	Total Na (mg/l)	Total Cu (mg/l)	Total Pb (mg/l)	Total Cr (mg/l)	Total Cd (mg/l)
1	29/6/54	7.25	24.65	2.40	4.13	0.26	0.00	1.35	0.00	0.37	ND	ND	ND
2	20/7/54	7.67	24.05	2.42	4.18	0.19	0.00	1.15	0.00	0.36	ND	ND	ND
3	2/8/54	7.44	19.41	1.82	3.14	0.15	0.00	1.09	0.00	0.38	ND	ND	ND
4	1/9/54	7.04	21.60	ND	ND	0.20	0.01	0.09	0.00	0.02	ND	ND	ND
5	3/10/54	7.24	20.75	ND	ND	0.19	0.01	0.17	0.01	0.02	ND	ND	ND
6	14/11/54	6.92	15.80	1.35	2.33	0.14	0.01	0.50	0.00	0.04	ND	ND	ND
7	28/12/54	6.93	15.97	1.42	2.45	0.15	0.01	0.36	0.00	0.01	ND	ND	ND
8	12/1/55	7.15	15.85	1.31	2.25	0.14	0.01	0.35	0.01	0.01	ND	ND	ND
9	8/2/55	7.22	16.22	1.48	2.25	0.14	0.01	0.14	0.01	0.04	0.09	ND	ND
10	12/3/55	7.05	15.85	1.57	2.71	0.15	0.02	0.64	0.01	ND	ND	ND	ND
11	3/4/55	7.14	15.78	1.31	2.26	0.15	0.02	0.35	0.04	ND	ND	ND	ND
12	17/5/55	7.13	15.27	1.30	2.25	0.14	0.01	0.94	0.03	ND	ND	ND	ND
13	15/6/55	7.77	20.75	1.04	1.80	0.11	0.05	3.48	1.35	ND	ND	ND	ND

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	OM (%)	Total N (%)	Total P (mg/l)	Total K (%)	Total Na (mg/l)	Total Cu (mg/l)	Total Pb (mg/l)	Total Cr (mg/l)	Total Cd (mg/l)
14	9/8/55	7.49	21.85	1.10	1.89	0.16	0.02	1.84	0.01	0.03	ND	ND	ND
15	10/9/55	7.62	21.65	1.02	1.75	0.13	0.02	1.47	0.02	0.04	ND	ND	ND
16	11/10/55	7.51	20.30	1.88	3.24	0.18	0.03	0.57	0.02	ND	ND	ND	ND
17	14/11/55	7.58	21.85	1.58	2.72	0.16	0.02	0.00	0.02	ND	ND	ND	ND
18	6/12/55	7.67	20.10	1.28	2.20	0.14	0.03	0.00	0.02	ND	ND	ND	ND
19	10/1/56	7.49	20.65	1.34	2.31	0.12	0.01	0.94	0.02	ND	ND	ND	ND
20	8/2/56	7.45	20.20	1.29	2.22	0.14	0.05	7.42	0.03	ND	ND	ND	ND
21	11/3/56	7.42	21.85	1.49	2.58	0.18	0.02	0.78	ND	ND	ND	ND	ND
ค่าเฉลี่ย		7.34	19.54	1.494	2.56	0.15	0.01	1.12	0.08	0.12	-	-	-

หมายเหตุ: ND = Not detected ไม่สามารถตรวจวัดได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของน้ำเสีย สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ความเป็นกรดด่างของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าความเป็นกรดด่างมีค่าเฉลี่ย 7.34 ซึ่งความเป็นกรดด่างระหว่าง 6.92-7.67 อยู่ในระดับเป็นกลาง ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) น้ำมีคุณสมบัติเป็นกลาง

2) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 19.54 dS/m ซึ่งอยู่ระหว่าง 15.27-24.65 dS/m เมื่อเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานน้ำทิ้งควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m กรมส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535) น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมากอาจทำให้เกลือสะสมบนผิวดิน

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 2.317 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.00-4.18 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ปริมาณอินทรียวัตถุ จึงจัดอยู่ในระดับสูง

4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.15 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.11-0.20 เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เฉลี่ย 0.01 mg/l ระหว่าง 0.00-0.05 mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีปริมาณน้อย

6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 1.12ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.00 ถึง 7.42 เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมีปริมาณมาก

7) ปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด หรือต่ำมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ เมื่อเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)

1.3 ผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย (แปลงที่ 3)

โดยใช้พื้นที่ของเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ทำการทดลองทั้งหมด 8 แถว โดยแบ่งรดน้ำเสีย 4 แถว และไม่รดน้ำเสีย 4 แถว ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 การให้น้ำแก่อ้อยจะให้ในปริมาตรที่เท่ากันทุกครั้ง จำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งแรกให้หลังจากการปลูกเสร็จ 1 เดือน ครั้งที่ 2 หลังปลูก 3 เดือน และ ครั้งที่ 3 หลังปลูก 6 เดือน รวมจำนวนครั้งที่ให้น้ำทั้งสิ้น 3 ครั้ง คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลในแต่ละครั้งได้เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	pH	EC (dS/m)	OC (%)	OM (%)	Total N (%)	Total P (mg/l)	Total K (%)	Total Na (mg/l)	Total Cu (mg/l)	Total Pb (mg/l)	Total Cr (mg/l)	Total Cd (mg/l)
1	29/3/56	7.82	25.91	1.28	2.22	0.18	0.02	0.86	ND	0.02	ND	ND	ND
2	19/6/56	7.44	22.46	1.14	1.97	0.14	0.009	0.51	ND	0.98	ND	ND	ND
3	20/8/56	7.49	22.96	1.19	2.07	0.14	0.008	0.53	ND	0.62	ND	ND	ND
ค่าเฉลี่ย		7.58	23.77	1.20	2.08	0.15	0.012	0.63	-	0.54	-	-	-

หมายเหตุ: ND = Not detected ไม่สามารถตรวจวัดได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของน้ำเสีย สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ความเป็นกรดด่างของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าเฉลี่ย 7.58 ซึ่งความเป็นกรดด่างระหว่าง 7.44 - 7.82 ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) น้ำมีคุณสมบัติเป็นกลาง

2) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 23.77 dS/m ซึ่งอยู่ระหว่าง 22.46-22.96 dS/m เมื่อเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานน้ำทิ้งควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m กรมส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535) น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมากอาจทำให้เกลือสะสมบนผิวดิน

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 2.08 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 1.97-2.22 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ปริมาณอินทรียวัตถุ จึงจัดอยู่ในระดับสูง

4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.15 ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.14-0.18 เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.012 mg/l ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.008-0.02 mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีปริมาณน้อย

6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.6 ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.51-0.8 เมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมีปริมาณมาก

7) ปริมาณทองแดง

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณทองแดงทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54 mg/l ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.02-0.98 mg/l ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ปริมาณทองแดงมีปริมาณปานกลาง

8) ปริมาณโซเดียม ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมด

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีปริมาณโซเดียม ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียมทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดหรือต่ำมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ เทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524)

ดังนั้น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ทั้ง 3 แปลง คือ อำเภอท่าม่วง อำเภอบ่อพลอย และอำเภอเมือง คุณสมบัติของน้ำเสียมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจึงสามารถนำไปใช้ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ค่าการวิเคราะห์น้ำเสียทางชีวภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

2.1 ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ

ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์น้ำเสียทางกายภาพ

ตัวอย่าง	พารามิเตอร์				
	ช่วงเวลา	อุณหภูมิน้ำ (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	สี	กลิ่น
น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน	10.30	26.5	27	สีน้ำตาลเข้ม	กลิ่นของกากน้ำตาล

2.2 ช่วงเวลาในการเก็บน้ำ ในช่วงเช้าเวลา 10.30 น. น้ำเสียจากบ่อบำบัดแบบไร้ออกซิเจนมี อุณหภูมิของน้ำ 26.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 27 องศาเซลเซียส ลักษณะสีของน้ำเสียที่ถูกบำบัดแบบไร้ออกซิเจน มีสีน้ำตาลเข้ม น้ำเสียมีกลิ่นของกากน้ำตาลและ Hydrogen Sulfide ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทน (Mthane) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) ในน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่าของคุณภาพน้ำเบื้องต้น

ค่าของคุณภาพน้ำเบื้องต้น				
TS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100ml)	ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100ml)
43,200	3,131	384	749.5	199

2.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) เป็นการหาปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ของแข็งทั้งหมดมีความจำเป็นสำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ค) มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) เท่ากับ 43,200 mg/l เมื่อเทียบกับ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2525) น้ำทิ้งระบายออกนอกโรงงานมีค่ามาตรฐาน เท่ากับ 3,000 mg/l ดังนั้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐาน จะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำทั้งทางด้านนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอาจจะมีผลกระทบทางด้านสรีระวิทยาต่อสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์และมนุษย์ด้วย โดยอาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาในทางสรีระที่ร่างกายไม่ต้องการเมื่อบริโภคเข้าไป

ภาพที่ 2 ถ้วยระเหยที่น้ำเสียถูกระเหยจนแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี (ภาคผนวก ค) เป็นการวัดความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียโดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์ในสารละลายที่เป็นกรดโดยวิธีการไตรเตรท ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) มีค่าเท่ากับ 3,131 mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) จะต้องไม่มากกว่า 120 mg/l ซึ่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกเจนจากโรงงานผลิตเอทานอลมีค่าความสกปรกของน้ำสูงมาก

2.5 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)

บีโอดี (BOD) เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (ภาคผนวก ค) ดังนั้น ค่าบีโอดีจึงสามารถบอกถึงลักษณะของน้ำว่ามีความสกปรกมากน้อยแค่ไหน ตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีสูงกว่า 7 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างน้ำด้วยน้ำเจือจาง 2,664 mg/l ค่าบีโอดีที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 384 mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) จะต้องไม่มากกว่าไม่มากกว่า 20 mg/l ตัวอย่างน้ำมีสารอินทรีย์มากจะทำให้แบคทีเรียมีความต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนมากค่าบีโอดีก็จะสูง

2.6 การวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria Examination)

การวิเคราะห์หาชนิดของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายในน้ำเพื่อป้องกันการแพร่ของโรค (ภาคผนวก ค) แบคทีเรียที่ถูกเลือกเป็นแบคทีเรียชี้แนะที่บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำมักนิยมใช้กลุ่มของโคลิฟอร์ม ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 พวก คือ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โคลิฟอร์มแบคทีเรีย หมายถึง กลุ่มของพวก Aerobic และ Facultative Anaerobic Bacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมลบ สามารถหมัก ย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ 35±0.5 องศาเซลเซียสในเวลา 24-48 ชั่วโมง และให้ผลเป็นกรดและแก๊ส แบคทีเรียกลุ่มนี้พบทั่ว ไปในดิน น้ำ อากาศ โดยเฉพาะในลำไส้คนและสัตว์เลือดอุ่น ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระของคน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณตัวอย่างน้ำ			0.1 ml	0.01 ml	0.001 ml	ตัวเลขที่เลือกอ่าน	ค่าที่อ่านได้	MPN
การตรวจ	ลอริลทิฟ	24 ชม.	++---	+----	+----	2-1-1	9	
วิเคราะห์	โตส	48 ชม.	+++--	+----	+----	3-2-1	17	
ขั้นแรก	บอรธ							
การตรวจ	บริลเลียน	24 ชม.	-----	-----	-----	0	<2	
วิเคราะห์	กรีนไบล์	48 ชม.	-----	-----	-----	0	<2	74
ขั้นยืนยัน	2%							9.5
ฟีคัลโคลิ	อีซี	24 ชม.	-----	-----	-----	0	<2	19
ฟอร์มโดย								9
วิธีMPN								

หมายเหตุ ระบบ 5 หลอด
+ เกิดฟองอากาศ
- ไม่เกิดฟองอากาศ

น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 749.5 MPN/100ml
มีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 199 MPN/100ml

จากค่ามาตรฐาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539)โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าไม่เกินกว่า 20,000 MPN/100ml และค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำเสีย มีค่าไม่เกินกว่า 4,000 MPN/100ml ดังนั้น น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 749.5 MPN/100ml และ มีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 199 MPN/100ml น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน จึงมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียปะปนอยู่ปริมาณน้อยมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบนอาหาร NA และ PDA โดยวิธี Plate Count

ภาพที่ 3 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนและน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอล

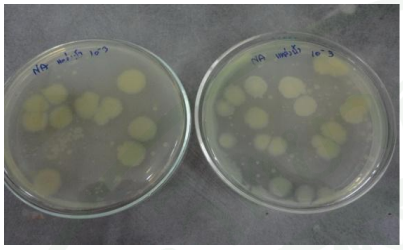
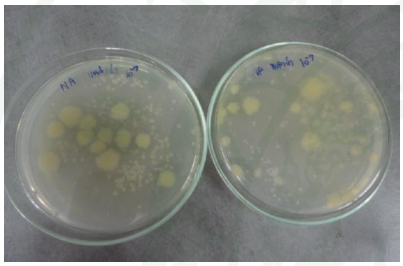
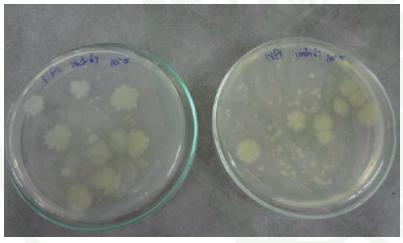
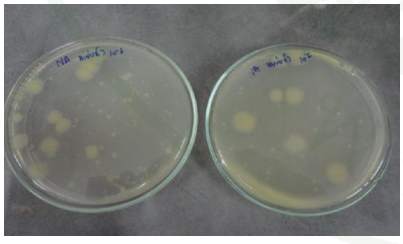
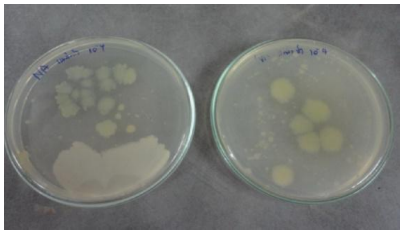
ตารางที่ 11 ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบนอาหาร NA และ PDA

การทดลอง	NA (CFU/ml)	PDA (CFU/ml)
10^{-3}	$1160x10^{-3}$	0
10^{-4}	$855x10^{-4}$	0
10^{-5}	$675x10^{-5}$	0
10^{-6}	$525x10^{-6}$	0
10^{-7}	$345\ x10^{-7}$	0

ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบนอาหาร NA จะเป็นแบคทีเรีย ซึ่งจะพบว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีจำนวนแบคทีเรียสูง แต่ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบน อาหาร PDA จะเป็นพวก เชื้อรา พบว่ามีปริมาณน้อย

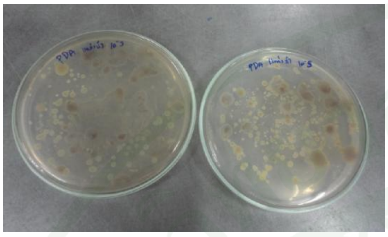
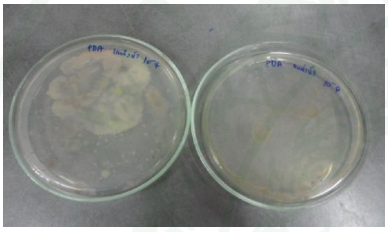
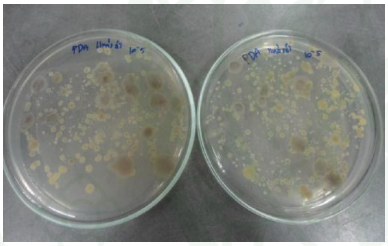
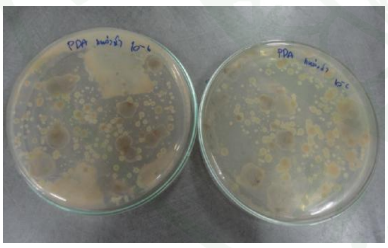
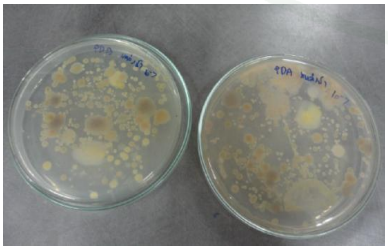
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณแบคทีเรีย

ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณแบคทีเรีย		
ตัวอย่างอาหาร	ความเจือจาง	จำนวนแบคทีเรียที่ตรวจพบ (CFU/ml)
	10^{-3}	เฉลี่ย = (121+111)/2x10^{-3} x 10 = 1160 x10^{-3} CFU/ml
	10^{-4}	เฉลี่ย = (72+99)/2 x10^{-4} x 10 = 855 x10^{-4} CFU/ml
	10^{-5}	เฉลี่ย = (82+53)/2 x10^{-5} x 10 = 675 x10^{-5} CFU/ml
	10^{-6}	เฉลี่ย = (69+36)/2 x10^{-6} x 10 = 525 x10^{-6} CFU/ml
	10^{-7}	เฉลี่ย = (17+52)/2 x10^{-7} x 10 = 345 x10^{-7} CFU/ml

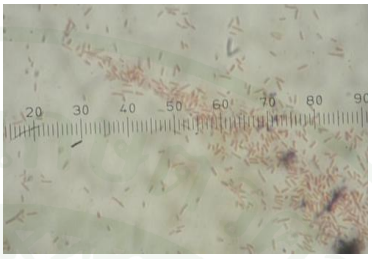
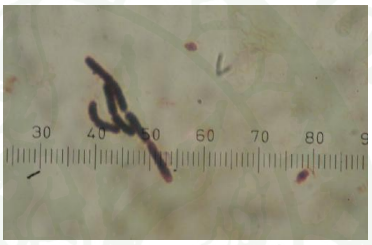
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณเชื้อรา

ลักษณะโคโลนีของแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณเชื้อรา		
ตัวอย่างอาหาร	ความเจือจาง	จำนวนเชื้อราที่ตรวจพบ (CFU/ml)
	10^{-3}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-3} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-4}	เฉลี่ย = (0+0)/2 = x10^{-4} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-5}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-5} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-6}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-6} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-7}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-7}x 10 = 0 CFU/ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ลักษณะแบคทีเรียในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณแบคทีเรีย

ลักษณะแบคทีเรียในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลหาปริมาณแบคทีเรีย		
ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย	ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(100x)	การติดสีแกรม
โคโลนีสีเหลืองขุ่น มีขนาดใหญ่ เป็นเมือก		แกรมลบ
โคโลนีสีขาวขุ่น มีขนาดเล็ก		แกรมลบ

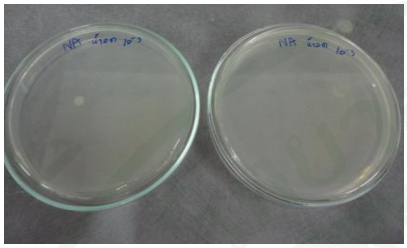
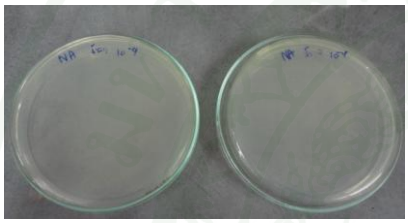
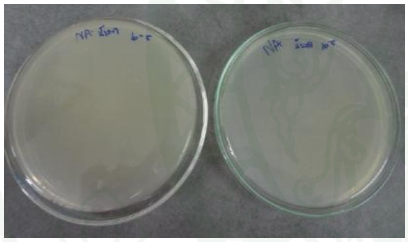
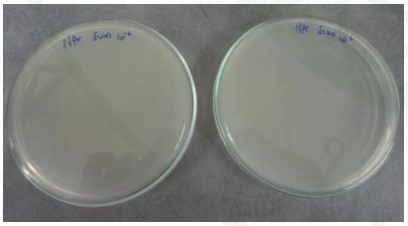
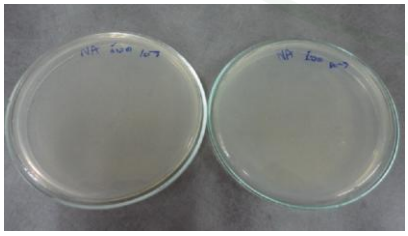
ตารางที่ 15 ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรียและหาปริมาณรา

การทดลอง	NA (CFU/ml)	PDA (CFU/ml)
10^{-3}	5×10^{-3}	115×10^{-3}
10^{-4}	0	5×10^{-4}
10^{-5}	0	0
10^{-6}	0	0
10^{-7}	0	0

ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรียและ หาปริมาณรา จะพบปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในปริมาณน้อย เพราะน้ำเสียนั้นได้ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน เนื่องจาก แบคทีเรียและเชื้อราต่างก็ต้องการอากาศในการดำรงชีวิต บนอาหาร NAและ PDA ที่พบจุลินทรีย์จะเป็นพวก Anaerobic Bacteria

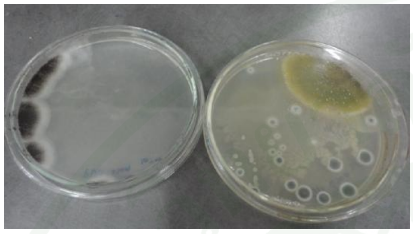
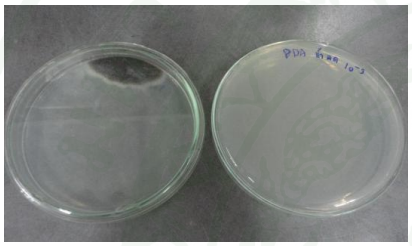
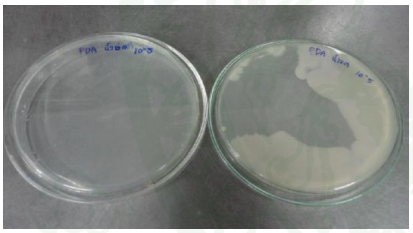
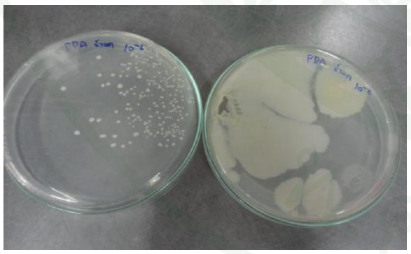
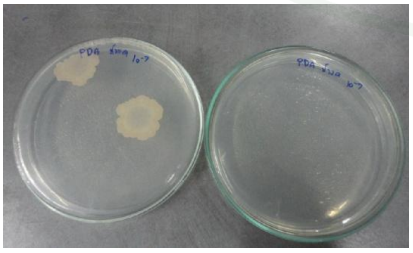
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

ลักษณะโคโลนีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรีย		
ตัวอย่างอาหาร	ความเจือจาง	จำนวนแบคทีเรียที่ตรวจพบ (CFU/ml)
	10^{-3}	เฉลี่ย = (1+0)/2 x10^{-3} x 10 = 5 x10^{-3} CFU/ml
	10^{-4}	เฉลี่ย = (0+0) x10^{-4} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-5}	เฉลี่ย = (0+0) x10^{-5} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-6}	เฉลี่ย = (0+0) = x10^{-6} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-7}	เฉลี่ย = (0+0) x10^{-7} x 10 = 0 CFU/m

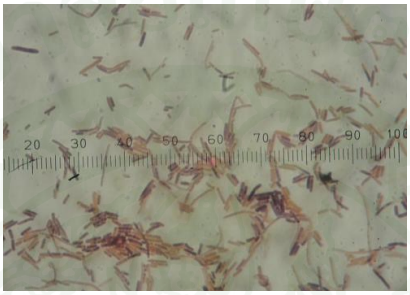
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

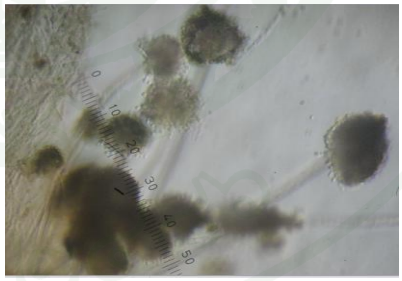
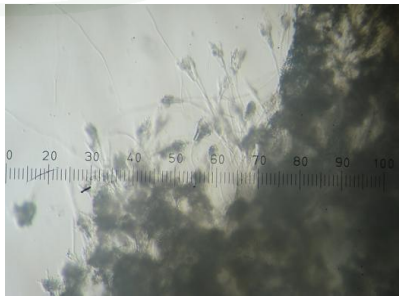
ลักษณะโคโลนีของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณเชื้อรา		
ตัวอย่างอาหาร	ความเจือจาง	จำนวนเชื้อราที่ตรวจพบ (CFU/ml)
	10^{-3}	เฉลี่ย (4+19)/2 x10^{-3} x 10 = 115x 10^{-3}CFU/ml
	10^{-4}	เฉลี่ย = = (1+0)/2 x10^{-4} x 10 = 5 x10^{-4} CFU/ml
	10^{-5}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-5} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-6}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-6} x 10 = 0 CFU/ml
	10^{-7}	เฉลี่ย = (0+0)/2 x10^{-7} x 10 = 0 CFU/ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรีย

ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณแบคทีเรีย		
ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย	ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(100x)	การติดสีแกรม
โคโลนีสีขาวขุ่น มีขนาดเล็ก		แกรมลบ

ตารางที่ 19 ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณเชื้อรา

ลักษณะจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหาปริมาณเชื้อรา	
ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย	ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(100x)
โคโลนีสีดำ	
โคโลนีสีเขียวเข้ม	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการใช้น้ำเสียต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

4.1 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอท่าม่วง (แปลงที่ 1)

4.1.1 การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ซึ่งพบว่าการแตกกอของอ้อยในเดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม 2555 (ตารางที่ 20) โดยอ้อยอายุ 5 เดือน มีการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่มีการแตกกอสูงสุด คือ 6. 00 หน่อ/กอ และรองลงมาการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คือ 5.35 หน่อ/กอ การใส่ปุ๋ยเคมีและน้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่การแตกกอของอ้อยไม่ต่างกัน ส่วนในชุดควบคุมมีการแตกกอน้อยที่สุด คือ 3.67 อ้อยอายุ 6 เดือน มีการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 และ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ อ้อยมีการแตกกอสูงสุด คือ 4.60 และ4.12 หน่อ/กอ น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่การแตกกอของอ้อยไม่ต่างกันกับการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 และ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีและชุดควบคุมมีการแตกกอน้อยที่สุด คือ 2.87 และ 2.90 หน่อ/กอ ตามลำดับ อ้อยอายุ 7 เดือน มีการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 และ 40 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่มีการแตกกอสูงสุด คือ 4.17 และ 4.57 หน่อ/กอ การใส่ปุ๋ยเคมีและการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่มีการแตกกอไม่ต่างกัน และชุดควบคุมมีการแตกกอน้อยที่สุด คือ 3.27 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ส่วนอ้อยอายุ 8-12 เดือน การแตกกอของอ้อยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อมีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 20

ภาพที่ 4 การแตกกอของอ้อย อำเภอท่าม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 การแตกกอ (หน่อ/กอ) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง

ตำรับ	การแตกกอ (หน่อ/กอ)							
	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11เดือน	12 เดือน
ควบคุม	3.67c	2.90b	3.27b	2.97	1.55	2.20	1.65	1.70
ปุ๋ยเคมี (F)	4.42bc	2.87b	3.90ab	3.65	1.47	2.32	2.02	1.52
20 CW	4.35bc	3.62ab	4.17a	3.80	1.37	2.60	2.37	1.85
40 CW	6.00a	4.60a	4.57a	3.30	1.47	2.45	2.30	2.02
80 CW	5.35ab	4.12a	3.92ab	3.25	1.37	2.22	1.80	1.77
F-test	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22.88	25.72	17.60	4.75	3.14	6.03	6.22	5.02

4.1.2 ความยาวลำ

ความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุดหักตามธรรมชาติ (Natural Break Point) ของอ้อย 6-9 เดือน อ้อยมีความยาวลำไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 21

ภาพที่ 5 การวัดความยาวลำของอ้อย อำเภอท่าม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ความยาวของลำอ้อย (ซม.) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง

ตำรับ	ความยาวของลำอ้อย (ซม.)			
	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ควบคุม	81.07	98.33	124.45	124.79
ปุ๋ยเคมี (F)	76.40	84.66	120.27	107.33
20 CW	97.97	113.41	151.40	140.25
40 CW	83.80	106.16	129.45	131.91
80 CW	84.82	120.83	125.82	129.83
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	24.01	23.83	23.16	21.19

4.1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ

เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่อ้อยอายุ 8 เดือน-10 เดือน (ตารางที่22) พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนในอัตราที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 6 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอท่าม่วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.4 ค่า C.C.S.

C.C.S. ย่อมาจากคำว่า Commercial Cane Sugar หมายถึง ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยจำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถสกัดออกมาได้ในรูปของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ หรือค่าร้อยละของน้ำตาลซูโครสที่ผลิตได้จากอ้อยจำนวนหนึ่ง เช่น อ้อยที่มี C.C.S. เท่ากับ 10 หนัก 1 ตัน จะสามารถให้น้ำตาลซูโครสสูงสุด 100 กิโลกรัม โดยค่า C.C.S. ได้จากการคำนวณโดยค่าบริกซ์โพล และร้อยละของชานอ้อย (Fiber) จากตารางที่ 22 จะเห็นได้ว่า ค่า C.C.S. ของอ้อยที่วัดได้เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกันนั้น อ้อยมีค่า C.C.S. ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 22 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร) และ C.C.S (%) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนที่แตกต่างกัน อำเภอท่าม่วง

ตำรับ	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร)			C.C.S. (%)
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	
ควบคุม	3.27	2.96	3.04	12.56
ปุ๋ยเคมี (F)	3.29	3.02	2.91	13.27
20 CW	3.31	3.08	2.94	12.64
40 CW	4.58	3.03	3.03	12.87
80 CW	3.25	3.02	2.79	13.58
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	32.67	4.26	5.90	6.11

4.1.5 ความหวาน (องศาบริกซ์)

ความหวานของอ้อยในการตรวจสอบเบื้องต้นใช้การวัดค่าบริกซ์ โดยใช้ Hand Refractrometer ซึ่งเป็นการวัดปริมาณ (ร้อยละ) ของแข็งที่ละลายได้ที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำอ้อย (กรณีสารละลาย คือ น้ำอ้อย) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำอ้อย หรือค่าความหวานนั่นเอง จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ค่าความหวานของอ้อยที่มีอยู่ตั้งแต่ 8-10 เดือน (ตารางที่ 23) โดยอ้อย 8 เดือน มีความหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อ้อย 9 เดือน ที่ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานสูงที่สุด คือ 24.37 องศาบริกซ์ รองลงมาน้ำทิ้งในอัตรา 40, 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลูกบาศก์เมตร/ไร่และชุดควบคุมมีความหวานไม่แตกต่างกัน คือ 20.05, 20.68 และ20.13 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยเคมี มีความหวานน้อยที่สุด คือ 19.59 องศาบริกซ์ ส่วนอ้อย 10 เดือน ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ใส่ปุ๋ยเคมี มีความหวานสูงที่สุด คือ 21.30 และ 21.15 องศาบริกซ์ ตามลำดับ รองลงมาน้ำทิ้งในอัตรา 20, 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานไม่แตกต่างกัน คือ 20.62 และ 20.73 องศาบริกซ์ และชุดควบคุมมีความหวานน้อยที่สุด คือ 20.02 องศาบริกซ์ ความหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.6 น้ำหนักลำ (กรัม)

น้ำหนักลำของอ้อย เก็บข้อมูลตั้งแต่อ้อยอายุ 8 เดือน จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ความหวาน (องศาบริกซ์) และน้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอท่าม่วง

ตำรับ	ความหวาน (องศาบริกซ์)			น้ำหนักลำ (กรัม)		
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน
ควบคุม	20.29	20.13ab	20.02b	865.92	754.58	785.29
ปุ๋ยเคมี (F)	19.96	19.59b	21.15a	929.39	864.06	827.71
20 CW	20.00	20.05ab	20.62ab	1078.84	1077.29	929.58
40 CW	20.75	20.68ab	21.30a	950.88	827.50	857.29
80 CW	21.04	24.37a	20.73ab	877.45	875.73	728.12
F-test	ns	*	*	ns	ns	ns
CV (%)	3.68	14.77	3.05	24.90	28.32	28.43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอบ่อพลอย (แปลงที่ 2)

4.2.1 การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ซึ่งพบว่าการแตกกอของอ้อยในเดือนตุลาคม 2555-เดือนพฤษภาคม 2556 ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 24)

ภาพที่ 7 การแตกกอของอ้อย อำเภอบ่อพลอย

ตารางที่ 24 จำนวนกอ (หน่อ/กอ) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย

ตำรับ	การแตกกอ (หน่อ/กอ)						
	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน
ควบคุม	32.75	18.00	16.25	13.25	15.25	15.50	13.50
ปุ๋ยเคมี (F)	29.75	18.00	17.75	13.50	16.75	14.50	14.00
20 CW	29.00	17.25	15.50	12.75	14.25	13.25	11.25
40 CW	30.25	22.75	19.00	13.25	15.75	13.00	13.75
80 CW	39.50	19.75	17.25	13.75	15.50	14.00	12.75
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	40.21	21.84	13.80	17.43	20.56	17.04	15.42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 ความยาวลำ

ความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุดหักตามธรรมชาติ (Natural Break Point) ในอ้อย 8-13 เดือน อ้อยมีความยาวลำไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ในอ้อย 8, 9และ11 เดือน (ดังตารางที่ 25) ส่วนความยาวลำของอ้อย 10 เดือน ที่ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40, 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความยาวลำมากที่สุด คือ 148.45 และ140.83 เซนติเมตร รองลงมา คือ ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมี คือ 135.95 และ132.41 เซนติเมตร ชุดควบคุมมีความยาวของลำอ้อยน้อยที่สุด คือ 122.79 เซนติเมตร ความยาวลำของอ้อย 12 เดือน ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และชุดควบคุม มีความยาวลำมากที่สุด คือ 164.66 และ 142.37 เซนติเมตร รองลงมา คือ ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80, 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมี คือ 153.45, 150.45 และ 144.87 เซนติเมตร และความยาวลำของอ้อย 13 เดือน ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความยาวลำมากที่สุด คือ 165.50 เซนติเมตร รองลงมา คือ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20,80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 155.66 และ 149.33 เซนติเมตร ปุ๋ยเคมีและชุดควบคุมมีความยาวของลำอ้อยน้อยที่สุด คือ 139.16 ,135.62 อ้อยมีความยาวลำแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาพที่ 8 ความยาวลำ อำเภอบ่อพลอย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ความยาวลำ (เซนติเมตร) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย

ตำรับ	ความยาวลำ (เซนติเมตร)					
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน
ควบคุม	122.54	118.79	122.79b	141.66	142.37a	135.62b
ปุ๋ยเคมี (F)	125.91	131.79	132.41ab	142.25	150.45ab	139.16b
20 CW	133.25	134.41	140.83a	158.45	153.45ab	155.66ab
40 CW	138.46	209.75	148.45a	152.25	164.66a	165.50a
80 CW	126.89	134.08	135.95ab	139.87	144.87ab	149.33ab
F-test	ns	ns	*	ns	*	*
CV (%)	10.09	46.80	9.60	9.55	9.48	10.68

4.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ

เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่อ้อยอายุ 8-13 เดือน (ตารางที่ 26) พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อ้อยอายุ 12 เดือน ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำมากที่สุด คือ 2.97 เซนติเมตร รองลงมา คือการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ชุดควบคุม การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำน้อยที่สุด คือ 2.76 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาพที่ 9 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอบ่อพลอย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย

ตำรับ	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร)					
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน
ควบคุม	3.02	2.90	2.82	2.92	2.81bc	2.70
ปุ๋ยเคมี (F)	2.99	4.35	2.85	2.91	2.97a	2.86
20 CW	2.91	3.02	2.87	2.90	2.76c	2.72
40 CW	2.94	2.95	2.91	2.97	2.87abc	2.85
80 CW	3.05	3.01	2.86	2.87	2.94ab	2.83
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	3.41	38.00	3.13	2.66	3.81	4.81

4.2.3 ความหวาน (องศาบริกซ์)

ความหวานของอ้อยในการตรวจสอบเบื้องต้นใช้การวัดค่าบริกซ์ โดยใช้ Hand Refractrometer จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ค่าความหวานของอ้อยที่มีอยู่ตั้งแต่ 8-13 เดือน (ตารางที่ 27) โดยความหวานของอ้อยไม่มีความแตกต่างกัน แต่อ้อย 13 เดือน ที่ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานสูงสุด คือ 22.14 องศาบริกซ์ รองลงมา ชุดควบคุมและปุ๋ยเคมี คือ 21.53 และ 21.20 องศาบริกซ์ ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40, 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานน้อยที่สุด คือ 20.57และ 21.01 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ความหวานของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.4 จำนวนปล้องของอ้อย

จำนวนปล้องต่อลำของอ้อยเก็บข้อมูลเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งเดียว คือ 13 เดือน ซึ่งพบว่าจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 27) เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ความหวาน (องศาบริกซ์)และจำนวนปล้องต่อลำ ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย

ตำรับ	ความหวาน (องศาบริกซ์)						จำนวนปล้องต่อลำ
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน	
ควบคุม	20.65	21.89	22.33	22.50	23.12	21.53ab	27.00
ปุ๋ยเคมี (F)	20.46	22.28	21.70	22.41	22.33	21.20ab	25.12
20 CW	20.93	21.79	22.41	21.97	22.41	22.14a	27.08
40 CW	20.12	21.46	21.70	22.29	21.79	20.57b	26.83
80 CW	20.35	21.82	21.95	22.09	30.83	21.01b	28.41
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	3.86	2.93	2.47	2.58	32.82	3.60	8.60

4.2.5 น้ำหนักลำ (กรัม)

น้ำหนักลำของอ้อย เก็บข้อมูลตั้งแต่อ้อยอายุ 8-13 เดือน จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 28) แต่อ้อย 10 เดือน ที่ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีน้ำหนักลำมากที่สุด คือ 946.66 กรัม รองลงมา น้ำทิ้งในอัตรา 80, 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และปุ๋ยเคมี คือ 875.20, 866.66 และ 849.79 กรัม ตามลำดับ ชุดควบคุมมีน้ำหนักลำน้อยที่สุด คือ 757.08 กรัม น้ำหนักลำของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 น้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอบ่อพลอย

ตำรับ	น้ำหนักลำ (กรัม)					
	8 เดือน	9 เดือน	10 เดือน	11 เดือน	12 เดือน	13 เดือน
ควบคุม	874.98	794.37	757.08b	952.08	896.04	857.50
ปุ๋ยเคมี (F)	862.77	946.45	849.79ab	971.46	989.29	893.83
20 CW	784.05	955.00	875.20ab	1051.66	1419.58	955.83
40 CW	920.73	1415.33	946.66a	1045.41	1044.83	1019.16
80 CW	889.59	940.62	866.66ab	930.62	918.33	971.07
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	15.31	42.04	10.92	11.76	42.92	13.78

4.3 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอเมือง (แปลงที่ 3)

4.3.1 การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ซึ่งพบว่าการแตกกอของอ้อยอายุ 3 และ 6 เดือน แปลงที่รดน้ำเสียและไม่รดน้ำเสีย ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 29)

ภาพที่ 10 การแตกกอของอ้อย อำเภอเมือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร) ความหวาน (องศาบริกซ์) C.C.S (%) และ น้ำหนักลำ (กรัม) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง

ตำหรับ	การแตกกอ (หน่อ/กอ)		เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (เซนติเมตร)	ความหวาน (องศาบริกซ์)	C.C.S (%)	น้ำหนักลำ (กรัม)
	3 เดือน ค่าเฉลี่ย	6 เดือน ค่าเฉลี่ย	12 เดือน ค่าเฉลี่ย	12 เดือน ค่าเฉลี่ย	12 เดือน ค่าเฉลี่ย	12 เดือน ค่าเฉลี่ย
รดน้ำเสีย	1.39	2.37	3.30a	21.85	13.05	1387.18
ไม่รดน้ำเสีย	1.08	1.5	2.83b	21.61	14.03	1318.44
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	11.75	11.00	5. 58	11.67	9.01	19.53

4.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ

เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยได้ทำการเก็บข้อมูลอ้อย (ตารางที่ 29) พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำแปลงรดน้ำเสีย มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 3.30 เซนติเมตรและไม่รดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยเท่ากับ 2.83 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3 ความหวาน (องศาบริกซ์)

ความหวานของอ้อยในการตรวจสอบเบื้องต้น จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ค่าเฉลี่ยความหวานของอ้อย (ตารางที่ 29) โดยความหวานของอ้อยในแปลงที่รดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.85 องศาบริกซ์ และไม่รดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.61 องศาบริกซ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3.4 ค่า C.C.S.

ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยจำนวนหนึ่ง (ตารางที่ 29) จะเห็นได้ว่า ค่า C.C.S. ของอ้อยที่วัดได้เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อ้อยมีค่า C.C.S. รดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.05 % และไม่รดน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 14.03 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3.5 น้ำหนักลำ (กรัม)

น้ำหนักลำของอ้อย (ตารางที่ 29) แปลงรดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1387.18 กรัม และไม่รดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1318.44 กรัม จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักลำ (กรัม)ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3.6 ความยาวลำ

ความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุดหักตามธรรมชาติ (Natural Break Point) ในอ้อย แปลงที่รดน้ำเสีย 3, 6 และ 12 เดือน มีความยาวลำ คือ อ้อยอายุ 3 และ 6 เดือน นั้นมีความยาวลำอ้อยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยซ้ำที่ 1 มีความยาวลำมากที่สุด 108.75 เซนติเมตร และ 250.00 เซนติเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อ้อยอายุ 12 เดือน นั้นมีความยาวลำอ้อยไม่มีความแตกต่างกัน และแปลงที่ไม่รดน้ำเสีย ความยาวลำ อ้อยอายุ 3, 6 และ 12 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 30)

ภาพที่ 11 เส้นผ่านศูนย์กลางลำ อำเภอเมือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ความยาวลำ (เซนติเมตร) ที่ปลูกโดยใช้อัตราน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน อำเภอเมือง

ซ้ำที่	ความยาวลำ					
	รดน้ำเสีย			ไม่รดน้ำเสีย		
	3 เดือน	6 เดือน	12 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	12 เดือน
1	108.75a	250.00a	207.50	87.50	240.00	194.75
2	80.00b	222.50ab	193.25	90.00	235.00	199.75
3	89.16b	232.83ab	193.50	103.33	230.00	198.66
4	88.33b	215.83b	190.66	100.00	240.00	179.66
F-test	*	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.49	10.27	8.78	13.16	4.97	10.01

ดังนั้นทั้ง 3 แปลง อำเภอท่าม่วง อำเภอบ่อพลอย และอำเภอเมือง การเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล พบว่า การใช้น้ำเสียในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ทำให้อ้อยมีการแตกกอ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ค่าความหวาน น้ำหนักลำ และจำนวนปล้องดีที่สุด เพราะน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนนั้นมีปริมาณธาตุต่างๆที่เป็นประโยชน์กับอ้อย

5. ผลของการใช้น้ำเสีย

5.1 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่ 1)

5.1.1 การทดลองการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอ้อย ที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ในแปลงทดลองภาคสนาม ชุดควบคุม (Control) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ SW อัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ SW อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และ SW อัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก

ข

ภาพที่ 12 ก. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองก่อนใส่น้ำเสีย
ข. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองหลังใส่น้ำเสีย

ผลของการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลต่อคุณสมบัติของดินอำเภอท่าม่วง

ตารางที่ 31 วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงก่อนปลูก

ตำรับ	วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงก่อนปลูก					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c/kg$)
ควบคุม	7.72	0.39	6.09	17.48	209.50	26.86
ปุ๋ยเคมี (F)	7.79	0.40	5.68	16.12	208.56	24.56
20 CW	7.78	0.34	5.75	16.92	211.56	25.21
40 CW	7.76	0.46	5.81	19.93	163.20	23.57
80 CW	7.80	0.35	6.02	16.55	246.51	24.68
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	0.818	25.26	6.23	18.48	27.34	8.03

ดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันภายในก่อนปลูก (ตารางที่ 31) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงหลังปลูก

	วิเคราะห์ทางสถิติคุณสมบัติทางเคมีของดินท่าม่วงหลังปลูก					
ตำรับ	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P(mg/kg)	Exch.K(mg/kg)	CEC($cmol_c$/kg)
ควบคุม	7.99a	0.16c	3.08	65.12	52.81c	27.82a
ปุ๋ยเคมี (F)	7.96ab	0.27b	3.17	54.23	68.20c	26.43ab
20 CW	7.92ab	0.27b	2.77	57.27	237.93b	26.74ab
40 CW	7.77b	0.51a	3.15	69.26	315.25ab	24.14b
80 CW	7.66c	0.59a	3.21	63.38	365.64a	26.36ab
F-test	*	*	ns	ns	*	*
CV (%)	2.10	63.15	11.46	17.93	69.24	9.00

ดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันภายในหลังปลูก (ตารางที่ 32) พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เปรียบเทียบกันเองภายในชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.99 รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมีและน้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 7.96 และ 7.92 น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 7.77 และน้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่า pH ต่ำสุด คือ 7.66 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80, 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 0.59 และ 0.51 dS/m ปุ๋ยเคมีและ น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ไม่แตกต่างกันคือ 0.27 และ0.27 ชุดควบคุมมีค่าการนำไฟน้อยที่สุด คือ 0.16 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Exch.K) เปรียบเทียบกันเองภายในการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด คือ 365.64 mg/kg รองลงมา การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 315.25 mg/kg การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 237.93 mg/kg ในชุดควบคุมและการใช้ปุ๋ยเคมี มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยที่สุด คือ 52.81 และ 68.20 mg/kg ส่วนค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) สูงที่สุด ชุดควบคุม คือ 27.82 $cmol_c$/kg รองลงมา คือ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20, 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และปุ๋ยเคมี คือ 26.43, 26.74 และ 26.36 $cmol_c$/kg การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินน้อยที่สุด คือ 24.14 $cmol_c$/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ปริมาณอินทรียวัตถุ(OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำทิ้งจากระบบระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนต่อคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูก อำเภอท่าม่วง

ดินท่าม่วง	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC($cmol_c$/kg)
ก่อนปลูก	7.78bc	0.39abc	5.87a	67.41a	207.87c	26.3ab
ควบคุม	7.99a	0.17c	3.08b	65.12ab	52.81d	26.86a
ปุ๋ยเคมี (F)	7.96a	0.28bc	3.17b	54.24b	68.21d	24.56ab
20 CW	7.92ab	0.28bc	2.78b	57.27ab	237.94bc	25.22ab
40 CW	7.78bc	0.51ab	3.15b	65.26ab	315.25ab	23.58b
80 CW	7.67c	0.59a	3.21b	63.39ab	365.64a	24.68ab
F-test	**	**	**	**	**	**
CV(%)	1.39	44.74	9.1	18.11	30.09	7.98

1) ค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าอยู่ระหว่าง 7.4-7.9 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ ด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ซึ่งค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ก่อนปลูกและหลังปลูก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ สมศรี (2534) จัดอยู่ในระดับ ไม่มีความเค็ม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ก่อนปลูกมีปริมาณสูงมากและหลังปลูก มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.6-3.5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซึ่งมีปริมาณลดลงกว่าดินก่อนปลูก เนื่องจากอ้อยนำอินทรียวัตถุในดินไปใช้ประโยชน์

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P)ในดินหลังปลูกอ้อยมีปริมาณลดลงกว่าดินก่อนปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า > 45 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) ในดินหลังปลูกมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดินเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า >120 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงมาก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

6) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) หลังปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99กับดินก่อนปลูก โดยเฉพาะดินที่มีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่าอยู่ระหว่าง 21-30 $cmol_c/kg$ จัดอยู่ในระดับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินได้สูง

ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน แปลงที่ 1 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนการใช้น้ำเสียทั้งหมด 4 จุดการทดลอง ดังนี้ ปริมาณแบคทีเรียในดินบนอาหาร NA และราบนอาหาร PDA โดยวิธี Plate Count อำเภอท่าม่วง

ตารางที่ 34 วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย

วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก หาปริมาณแบคทีเรีย						
	ก่อนปลูก	ควบคุม	ปุ๋ยเคมี (F)	20 CW	40 CW	80 CW
จุดที่1	0.00693	0.06604	0.07200	0.06014	0.066004	0.06601
จุดที่2	0.00893	0.06050	0.06607	0.06013	0.060500	0.06606
จุดที่3	0.00564	0.06601	0.07200	0.06012	0.066003	0.06600
จุดที่4	0.00589	0.06604	0.06601	0.06013	0.060782	0.06605
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	17.03	18.46	14.14	15.15	5.484	10.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment บนหาปริมาณเชื้อรา

วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา						
	ก่อนปลูก	ควบคุม	ปุ๋ยเคมี (F)	20 CW	40 CW	80 CW
จุดที่1	0.00031	0.00231	0.00030	0.00020	0.00061	0.00228
จุดที่2	0.00050	0.00030	0.00052	0.00021	0.00130	0.00011
จุดที่3	0.00080	0.00105	0.00010	0.00024	0.00432	0.00060
จุดที่4	0.00070	0.00020	0.00020	0.00042	0.00084	0.00082
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	16.28	15.26	14.50	20.89	27.63	22.79

ดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันภายในก่อนปลูกทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่าง และหลังปลูกภายใน Treatment 1,2,3,4 และ5 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α)

ตารางที่ 36 วิเคราะห์ทางสถิติดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก

เปรียบเทียบก่อนและหลังปลูก บนอาหาร NA และ PDA (CFU/ml)		
ดินท่าม่วง	NA (CFU/ml)	PDA (CFU/ml)
ก่อนปลูก	0.061	0.00058
หลังปลูก		
ควบคุม	0.064	0.00097
ปุ๋ยเคมี (F)	0.069	0.00028
20 CW	0.060	0.00026
40 CW	0.069	0.00026
80 CW	0.066	0.00095
F-test	ns	ns
CV(%)	18.10	16.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินท่าม่วงเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ของ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α) ค่าเฉลี่ยจุลินทรีย์ก่อนปลูก บนอาหาร NA มีค่าเท่ากับ 0.061 CFU/ml และบนอาหาร PDA มีค่าเท่ากับ 0.00058 CFU/ml ส่วนจุลินทรีย์หลังปลูกบนอาหาร NA มีค่าเท่ากับ 0.06 CFU/ml และบนอาหาร PDA มีค่าเท่ากับ 0.0005 CFU/ml ซึ่งเมื่อเทียบกับ ประดับรัฐ (2553) การศึกษาจุลินทรีย์ในดิน 10 กรัม สามารถพบราและแบคทีเรียในช่วงการเจือจางดิน 10^{-1} -10^{-7} ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่พบในช่วงการเจือจางนี้จะมีปริมาณมาก

ดังนั้น ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) มีปริมาณแบคทีเรียไม่แตกต่างกันทางสถิติ และบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) มีปริมาณรา ก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แนวโน้มของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนมากหรือน้อยไม่มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน

5.2 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่2)

5.2.1 การทดลองการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอ้อย ที่อำเภอบ่อพลอยจังหวัดกาญจนบุรี ในแปลงทดลองภาคสนาม ชุดควบคุม (Control) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ SW อัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ SW อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และ SW อัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

ก ข

ภาพที่ 13 ก. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอบ่อพลอย ก่อนใส่น้ำเสีย

ข. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอบ่อพลอย หลังใส่น้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายในก่อนปลูก (ตารางที่ 37) เปรียบเทียบกันเองภายในไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด คือ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 7.83 รองลงมา คือ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 7.71 การใส่ปุ๋ยเคมีและการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 7.64 และ7.65 ชุดควบคุมมีค่า pH ต่ำสุด คือ 7.46 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน การทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าการนำไฟสูงที่สุด คือ 60.31 dS/m รองลงมา การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ,80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 36.14 และ 45.76 dS/m ตามลำดับ ในชุดควบคุมและการใช้ปุ๋ยเคมีมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด คือ 24.23 และ21.03 dS/m ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 37 วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยก่อนปลูก

ก่อนปลูก	วิเคราะห์ทางสถิติดินก่อนปลูกบ่อพลอย					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c/kg$)
ควบคุม	7.46c	0.10	2.95	117.13	126.54	24.23b
ปุ๋ยเคมี (F)	7.64b	0.13	3.18	121.59	194.02	21.03b
20 CW	7.65b	0.24	3.23	131.17	178.51	36.14ab
40 CW	7.71ab	0.10	3.28	122.88	173.54	60.31a
80 CW	7.83a	0.12	2.53	93.55	147.76	45.76ab
F-test	**	ns	ns	ns	ns	**
CV(%)	2.13	88.07	22.47	43.03	73.88	56.15

ดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายในหลังปลูก (ตารางที่ 38) เปรียบเทียบกันเองภายใน ค่า pH การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าสูงสุด คือ 7.83 รองลงมา การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ เท่ากับ 7.71 การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปุ๋ยเคมี ชุดควบคุมมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 7.46 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ที่เปรียบเทียบกันเองภายในไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) เปรียบเทียบกันเองภายในการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีปริมาณสูงสุด คือ 60.31 $cmol_c/kg$ รองลงมา การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 และ 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ คือ 45.76 $cmol_c/kg$ และ 36.14 $cmol_c/kg$ ตามลำดับ ชุดควบคุมและปุ๋ยเคมี มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) น้อยที่สุด คือ 24.23 $cmol_c/kg$ และ 21.03 $cmol_c/kg$ มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 38 วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกบ่อพลอย

หลังปลูก	วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกบ่อพลอย					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c/kg$)
ควบคุม	7.61b	0.33b	2.83	240.74c	420.50c	14.60
ปุ๋ยเคมี (F)	7.48b	0.35b	3.16	538.44a	555.19c	15.01
20 CW	7.52b	0.40b	3.36	723.35a	839.08b	15.14
40 CW	7.79ab	0.39b	2.95	472.27ab	884.38b	14.7
80 CW	8.005a	0.54a	3.43	482.29ab	1228.71a	14.88
F-test	*	*	ns	*	*	ns
CV(%)	3.56	23.17	18.03	43.64	42.08	6.81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบดินก่อนปลูกและหลังปลูกอ้อย อำเภอบ่อพลอย แปลงที่2

ดินบ่อพลอย	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c$/kg)
ก่อนปลูก	7.66c	0.14c	3.03	117.266c	164.07c	37.49
หลังปลูก						
ควบคุม	7.61bc	0.33b	2.83	240.74c	420.50b	14.60
ปุ๋ยเคมี (F)	7.48c	0.35b	3.16	538.44b	555.19b	15.01
20 CW	7.52bc	0.40b	3.36	723.35a	839.08b	15.14
40 CW	7.79ab	0.39b	2.95	472.27b	884.38b	14.74
80 CW	8.00a	0.54a	3.43	482.29b	1228.71a	14.88
F-test	**	**	ns	**	**	ns
CV(%)	2.90	13.06	20.12	18.18	14.09	11.20

1) ค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูก มีค่า อยู่ระหว่าง 7.4-8.0 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ ด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ซึ่งค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ดินก่อนปลูกและหลังปลูก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 dS/m ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ สมศรี (2534) จัดอยู่ในระดับ ระดับไม่มีความเค็ม มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ดินก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.8-3.4 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง ดินก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ในดินหลังปลูกอ้อยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นกว่าดินก่อนปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า > 45 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงมาก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูงจึงมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสในดิน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) ทำให้ดินหลังปลูกมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดินเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า >120 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงมาก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

6) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) หลังปลูกมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่าอยู่ระหว่าง 14-37 $cmol_c/kg$ จัดอยู่ในระดับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินได้สูง

ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน แปลงที่ 2 ผลการเก็บตัวอย่างดินก่อนการใช้น้ำเสียทั้งหมด 4 จุดการทดลอง ปริมาณจุลินทรีย์ในดินบนอาหาร NA และ PDA ดังนี้

ตารางที่ 40 วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย

วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย						
	ก่อนปลูก	ควบคุม	ปุ๋ยเคมี (F)	20 CW	40 CW	80 CW
จุดที่1	0.1800	0.1800	0.0600	0.1200	0.0604	0.0618
จุดที่2	0.1202	0.1202	0.1800	0.1200	0.0603	0.0622
จุดที่3	0.1200	0.1800	0.1800	0.1200	0.0758	0.1200
จุดที่4	0.1200	0.1200	0.0600	0.0601	0.1200	0.1200
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12.51	10.49	15.58	13.70	17.68	15.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 41 วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา

วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา						
	ก่อนปลูก	ควบคุม	ปุ๋ยเคมี (F)	20 CW	40 CW	80 CW
จุดที่1	0.00001	0.00011	0.00000	0.00010	0.00138	0.00031
จุดที่2	0.00011	0.00011	0.00000	0.00010	0.00206	0.00013
จุดที่3	0.00010	0.00012	0.00040	0.00010	0.00023	0.00021
จุดที่4	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	0.00021	0.00086
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12.73	8.52	4.21	3.76	8.55	14.46

ดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันภายในก่อนปลูกทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่าง และหลังปลูกภายในอัตราที่แตกต่างกัน บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α)

ตารางที่ 42 วิเคราะห์ทางสถิติดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก แปลงที่ 2

ดินบ่อพลอย	NA (CFU/ml)	PDA (CFU/ml)
ก่อนปลูก	0.120	0.000052b
หลังปลูก		
ควบคุม	0.150	0.000086b
ปุ๋ยเคมี (F)	0.120	0.000100b
20 CW	0.105	0.000078b
40 CW	0.091	0.000949a
80 CW	0.079	0.00037ab
F-test	ns	*
CV(%)	13.58	19.04

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินบ่อพลอยเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α) แสดงว่าค่าความแปรปรวนของกลุ่มเท่ากัน Dextrose Agar (PDA) ค่าสูงสุด คือ หลังปลูก 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.000949 CFU/ml โดยที่ก่อนปลูกมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.000052 CFU/ml รองลงมา คือ หลังปลูก ชุดควบคุม และหลังการใส่ปลูกปุ๋ยเคมี ตามลำดับ 0.000086, 0.000010 และ0.000078 CFU/ml โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังปลูก การใส่น้ำเสีย 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าเท่ากับ 0.000378 CFU/ml ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้น ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) มีปริมาณแบคทีเรียไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วน ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose Agar (PDA) มีปริมาณรา ก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติและการใส่น้ำเสียในอัตรา 40 และ 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จะมีปริมาณรา มากที่สุดและมากกว่าก่อนปลูก

5.3 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่ 3)

5.3.1 การทดลองการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอ้อย ที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ในแปลงทดลองภาคสนาม ไม่รดน้ำเสีย ชุดควบคุม (Control) และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 8 แถว แปลงรดน้ำเสีย 4 แถว และแปลงไม่รดน้ำเสีย 4 แถว

ก

ข

ภาพที่ 14 ก. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอเมือง ก่อนใส่น้ำเสีย

ข. ลักษณะพื้นที่ในแปลงทดลองอำเภอเมือง หลังใส่น้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการใช้น้ำทิ้งจาก ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลต่อคุณสมบัติของดินอำเภอเมือง ดินอำเภอเมือง (ตารางที่ 43) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α)

ตารางที่ 43 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง ก่อนปลูก

ก่อนปลูก	วิเคราะห์ทางสถิติดินก่อนปลูกอำเภอเมือง					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c$/kg)
จุดที่ 1	6.31	0.44	2.57	111.79	1265.43	23.70
จุดที่ 2	6.42	0.39	2.71	90.37	1502.38	22.78
จุดที่ 3	6.12	0.47	2.49	83.04	1396.50	23.40
จุดที่ 4	6.25	0.25	2.60	123.90	1034.34	24.82
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	18.24	16.89	14.01	34.62	21.23	24.62

ดินอำเภอเมืองเทียบกันภายในหลังปลูกแปลงรดน้ำเสีย (ตารางที่ 44) พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน จุดที่ 4 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.06 รองลงมา คือ จุดที่ 3 เท่ากับ 6.80 จุดที่ 2 เท่ากับ 6.74 และจุดที่ 4 เท่ากับ 6.40 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน ไม่แตกต่างกัน ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) จุดที่ 3 และ 4 มีปริมาณ OM มากที่สุด คือ 2.35 และ2.26 dS/m รองลงมา จุดที่ 1 และจุดที่ 2 คือ 2.14 และ1.72 dS/m ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) พบว่า จุดที่ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มากที่สุด คือ 166.41 mg/kg รองลงมา จุดที่ 1,3 และ 4 คือ 104.47, 132.13 และ121.5 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) จุดที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด คือ 166.41 mg/kg รองลงมา จุดที่ 4 คือ 237.10 mg/kg และจุดที่ 1,2 คือ 145.54 และ148.38 mg/kg ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) สูงที่สุด จุดที่ 3 คือ 75.61 $cmol_c$/kg รองลงมา จุดที่ 1 และ 2 คือ 68.72 และ 68.38 $cmol_c$/kg จุดที่ 4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) น้อยที่สุด คือ 62.20 $cmol_c$/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 44 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง หลังปลูก แปลงรดน้ำเสีย

ตำรับ	วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกอำเภอเมือง รดน้ำเสีย					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c/kg$)
1	6.40c	0.24	2.14ab	104.47b	145.54c	68.72ab
2	6.74b	0.13	1.72b	166.41a	148.38c	68.38ab
3	6.80ab	0.20	2.35a	132.13b	276.23a	75.61a
4	7.06a	0.17	2.26a	121.5b	237.10b	62.20b
F-test	*	ns	*	*	*	*
CV(%)	3.86	30.53	13.81	19.74	30.21	7.89

วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกอำเภอเมืองแปลงไม่รดน้ำเสีย (ตารางที่ 45) พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน จุดที่ 1 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.16 รองลงมา คือ จุดที่ 2,3 คือ 6.89 และ 6.80 จุดที่ 4 มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) น้อยที่สุด คือ 6.62 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปรียบเทียบกันเองภายใน ไม่แตกต่างกัน ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) จุดที่ 4 มีปริมาณ OM มากที่สุด คือ ร้อยละ 2.64 รองลงมา จุดที่ 2 คือ ร้อยละ 2.22 และจุดที่ 1 และ3 มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 2.00 และ ร้อยละ 2.06 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) จุดที่ 1 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มากที่สุด คือ 469.06 mg/kg รองลงมา จุดที่ 2 และ 3 คือ 450.28 และ368.81 mg/kg จุดที่ 4 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด คือ 304.56 mg/kg ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) สูงที่สุด จุดที่ 1 คือ 64.83 $cmol_c/kg$ รองลงมา จุดที่ 2,3 และ 4 คือ 54.59, 54.11และ 62.0 $cmol_c/kg$ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 45 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมือง หลังปลูกแปลงไม่รดน้ำเสีย

ตำรับ	วิเคราะห์ทางสถิติดินหลังปลูกอำเภอเมือง ไม่รดน้ำเสีย					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c$/kg)
1	7.16a	0.58	2.00c	154.8	469.06a	64.83a
2	6.89ab	0.58	2.22b	155.86	450.28ab	54.59b
3	6.80ab	0.45	2.06c	158.33	368.81bc	54.11b
4	6.62b	0.52	2.64a	158.05	304.56c	62.04b
F-test	*	ns	*	ns	*	*
CV(%)	3.39	15.17	12.09	4.00	18.89	8.75

ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำเสีย อำเภอเมืองก่อนปลูกและหลังปลูก แปลงที่ 3

	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	CEC ($cmol_c$/kg)
ก่อนปลูก	6.27b	0.38a	2.59a	102.27c	201.81b	23.68c
หลังปลูก						
รดน้ำเสีย	6.75a	0.18b	2.12b	131.15b	1299.66a	68.73a
ไม่รดน้ำเสีย	6.87a	0.53a	2.23b	156.77a	398.17b	58.89b
F-test	*	*	*	*	*	*
CV(%)	5.01	34.64	13.63	24.29	39.86	40.03

1) ค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูก มีค่า อยู่ระหว่าง 6.2-6.8 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ เป็นกลาง ซึ่งค่า pH ก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และแนวโน้มหลังปลูกมี pH เพิ่มสูงขึ้น

2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ก่อนปลูกและหลังปลูก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 dS/m ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ สมศรี (2534) จัดอยู่ในระดับ ระดับไม่มีความเค็ม มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ก่อนปลูกมีปริมาณสูงมากและหลังปลูก มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.2-1.5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับ ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีปริมาณลดลงกว่าดินก่อนปลูก เนื่องจากอ้อยนำอินทรียวัตถุในดินไปใช้ประโยชน์

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ในดินหลังปลูกอ้อยมีปริมาณสูงกว่าดินก่อนปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า > 45 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงมาก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูงจึงต้องมีการเพิ่มแร่ธาตุโดยการใส่ปุ๋ย ดินหลังปลูกจึงมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้น มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) ในดินหลังปลูกมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดินเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่า>120 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) หลังปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95กับดินก่อนปลูก โดยเฉพาะดินที่มีการใช้น้ำทิ้งจากระบบ UASB ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) มีค่าอยู่ระหว่าง 23-68 $cmol_c/kg$ หลังปลูกอ้อยทำให้ดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินได้สูงมาก

ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน แปลงที่ 3 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนการใช้น้ำเสียทั้งหมด 4 จุด การทดลอง ดังนี้ ปริมาณจุลินทรีย์ในดินบนอาหาร NA และ PDA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 47 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย

วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณแบคทีเรีย			
จุดที่	ก่อนปลูก	รดน้ำ	ไม่รดน้ำ
1	0.1200	0.11	0.02
2	0.1201	0.01	0.06
3	0.1201	0.06	0.04
4	0.1201	0.04	0.06
F-test	ns	ns	ns
CV(%)	79.70	34.70	26.08

ตารางที่ 48 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา

วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันภายใน Treatment หาปริมาณเชื้อรา			
จุดที่	ก่อนปลูก	รดน้ำ	ไม่รดน้ำ
1	0.00000	0.00	0.00
2	0.00020	0.004	0.00
3	0.00031	0.002	0.006
4	0.00020	0.00	0.00
F-test	ns	ns	ns
CV(%)	40.65	36.24	47.21

ดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันภายในก่อนปลูกทั้ง 4 จุด เก็บตัวอย่าง และหลังปลูกภายใน Treatment 1,2,3 และ4 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 49 วิเคราะห์ทางสถิติดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูก แปลงที่ 3

	NA (CFU/ml)	PDA (CFU/ml)
ก่อนปลูก	0.12	0.0001
หลังปลูก		
รดน้ำ	0.06	0.0015
ไม่รดน้ำ	0.04	0.0015
F-test	ns	ns
CV(%)	19.55	40.09

ดินอำเภอเมืองเปรียบเทียบกันก่อนและหลังปลูกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α) บนอาหาร NA ก่อนปลูกมีค่าเท่ากับ 0.12 CFU/ml หลังปลูกรดน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.06 CFU/ml และไม่รดน้ำ เท่ากับ 0.04 CFU/ml ส่วน PDA ก่อนปลูกมีค่าเท่ากับ 0.0001 CFU/ml หลังปลูกรดน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.0015 CFU/ml และไม่รดน้ำ เท่ากับ 0.0015 CFU/ml ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) มีปริมาณแบคทีเรียไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose Agar (PDA) มีปริมาณรา ก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติซึ่ง

ดังนั้น คุณสมบัติทางเคมีของดิน การใช้น้ำเสียในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จะมีผลต่อคุณภาพของดิน คือ จะทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) กับอ้อยเพิ่มสูงขึ้นด้วย เพราะอ้อยต้องการ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K)ในการเจริญเติบโต เช่น การแตกหน่อ น้ำหนัก และความหวาน คุณสมบัติทางชีวภาพของดิน ปริมาณแบคทีเรียและราจะพบในการใช้น้ำเสียในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ เนื่องจากเป็นปริมาณที่ไม่มากหรือน้อยเกินไป เพราะจุลินทรีย์มีความจำเพาะต่อความชื้นของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาสำคัญมากทั้งใช้ในการอุปโภคบริโภคทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านการเกษตรที่จะมีการใช้น้ำในปริมาณมาก ระบบทรัพยากรน้ำนั้นเป็นระบบสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่ต้องการการจัดการแบบผสมผสานมากกว่าการจัดการเชิงเดี่ยว เพราะระบบหนึ่งๆ ย่อมประกอบด้วยหลายโครงสร้าง แต่ละโครงสร้างจะแสดงบทบาทหน้าที่ต่างกัน มีการผสมผสานกันระหว่าง ด้านการเกษตร การอุปโภคบริโภค และด้านอุตสาหกรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน เพื่อนำมาทดแทนน้ำที่ใช้ในภาคการเกษตรซึ่งการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนจากเดิมที่ปล่อยออกสู่ธรรมชาติ มาใช้ประโยชน์ในการปลูกอ้อยโดยทำการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (UASB) โดยวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้มีคุณสมบัติเป็นกลาง ตามค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) ซึ่งค่ามาตรฐาน เท่ากับ 5.5-9.0 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ระดับมาตรฐานน้ำทิ้งควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m กรมวิชาการเกษตร (2524) น้ำทิ้งที่วิเคราะห์ได้พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก (>16 dS/m)อาจทำให้เกลือสะสมบนผิวดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในน้ำเสียพบว่ามีไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.1ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) ปริมาณอินทรียวัตถุ จึงจัดอยู่ในระดับสูง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่ามีปริมาณน้อยค่ามาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (2524) จะต้องมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) เมื่อเทียบกับกรมวิชาการเกษตร (2524) จะต้องมีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 แต่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียมีปริมาณน้อยกว่า 0.5 โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) ตามค่ามาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (2524) จะต้องมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในน้ำเสียมีปริมาณ เฉลี่ย 1.10 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก และพบว่าปริมาณโซเดียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียมทั้งหมดในน้ำเสียต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ไม่สามารถตรวจวัดได้ ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียจึงพบว่าอยู่ในระดับมาตรฐาน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนแล้วนั้นมีคุณสมบัติที่ไม่เกินมาตรฐานและธาตุที่พบอยู่ในน้ำเสียนั้นมีประโยชน์กับอ้อย เช่น ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมด(Total P) โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) ซึ่งมีปริมาณไม่เกินมาตรฐานและมีประโยชน์กับอ้อย ในเรื่องของการบำรุงดิน การแตกกอ และให้ความหวานกับอ้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียทางชีวภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนโดยวิเคราะห์ ค่าบีโอดี ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 384 mg/L เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) จะต้องไม่มากกว่า 20 mg/L จากตัวอย่างน้ำเสียพบว่ามีสารอินทรีย์มากจึงทำให้แบคทีเรียมีความต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนมาก ค่าบีโอดีก็จึงสูง ค่าซีโอดี ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 3,131 mg/Lเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539) จะต้องไม่มากกว่า 120 mg/L ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกเจนจากโรงงานผลิตเอทานอลมีค่าความสกปรกของน้ำสูงมาก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วัดได้จากน้ำเสีย (Total Solids) เท่ากับ 43,200 mg/L เมื่อเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2525)น้ำทิ้งระบายออกนอกโรงงานมีค่ามาตรฐาน เท่ากับ 3,000 mg/L ดังนั้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐาน จะมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำทั้งทางด้านนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม โดยอาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาในทางสรีระที่ร่างกายไม่ต้องการเมื่อบริโภคเข้าไป และการวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จากค่ามาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539)โคลิฟอร์มแบคทีเรียต้องมีค่าไม่เกินกว่า 20,000 MPN/100ml และค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำเสีย มีค่าไม่เกินกว่า 4,000 MPN/100 ml ดังนั้น น้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 749.5 MPN/100 ml และ มีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 199 MPN/100 ml แสดงว่าน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน มีโคลิฟอร์มแบคทีเรียปะปนอยู่ปริมาณน้อยมาก สอดคล้องกับ สุณัฐฐา (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง พบว่า คุณภาพน้ำกับกลุ่มของปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.8 – 1,600 MPN/100 ml ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน (< 5,000 MPN/100 ml) โดยปริมาณไนเตรทและฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในสถานีกลางแม่น้ำ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในน้ำเสียโดยวิธี Plate Count ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบนอาหาร NA จะเป็นแบคทีเรีย ที่พบได้สูงในแหล่งน้ำทั่วไป แต่ปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติหลังโรงงานผลิตเอทานอลบน อาหาร PDA จะเป็นพวก เชื้อรา พบว่ามีปริมาณน้อย จะเห็นได้ว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถนำไปใช้ได้จริงในการเกษตร เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเสียและโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีปริมาณน้อย สอดคล้องกับ พัชรี และคณะ (2550) ศึกษาการคัดแยกและพิสูจน์เอกลักษณ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พบว่า จากตัวอย่างน้ำเสียแหล่งต่างๆ ในอำเภอพระนครศรีอยุธยา สามารถแยกจุลินทรีย์ได้จำนวน 241 ไอโซเลต สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 สกุล คือ จุลินทรีย์รหัสAt 320, Km211 เป็นแบคทีเรียในสกุล *Bacillus sp.*ส่วนจุลินทรีย์ Au118 เป็นแบคทีเรีย*Acinetobacter sp.* จุลินทรีย์ที่พบในแหล่งน้ำ เป็นจำพวกแบคมีเรียและราเป็นส่วนใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนปลูกและหลังปลูกอ้อย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตารางวัดค่าความเป็นกรดด่างของดินของ อภิรดี (2534) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของดินก่อนปลูกและหลังปลูกอ้อยจัดอยู่ในระดับ 7.9-8.4 คือ ด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ สมศรี (2534) จัดอยู่ในระดับ< 2.0 dS/m แสดงว่าดินไม่มีความเค็ม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุของ อภิรดี (2534) จัดอยู่ในระดับร้อยละ 2.6-3.5ถือว่าเป็นปริมาณอินทรียวัตถุที่ค่อนข้างสูง และดินหลังปลูกอ้อยมีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ลดลงกว่าดินก่อนปลูก เนื่องจากอ้อยนำอินทรียวัตถุในดินไปใช้ประโยชน์ ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Available P) ในดินหลังปลูกอ้อยมีปริมาณลดลงกว่าดินก่อนปลูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามตารางของ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) พบว่ามีค่า> 45 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ในดินหลังปลูกมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ภายในดินเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบตามตารางปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของประดิษฐ์และประพิศ (2530) พบมีค่า>120 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงมาก สอดคล้องกับ Shukla *et al* (2009) ศึกษาการดูดซึมธาตุโพแทสเซียมไปใช้ในการในการเจริญเติบโตของอ้อย พบว่า อ้อยจะมีการดูดซึมธาตุโพแทสเซียมไปใช้ในการในการเจริญเติบโตทำให้มีการแตกหน่อดีขึ้น มีผลต่อน้ำหนักอ้อย และโพแทสเซียมจะมีส่วนช่วยในการสร้างน้ำตาลในฤดูหนาว ทำให้อ้อยมีความหวานมากขึ้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน(CEC) เมื่อเปรียบเทียบตามตารางความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินของ ประดิษฐ์และประพิศ (2530) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 21-30 $cmol_c/kg$ จัดอยู่ในระดับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินได้สูง เมื่อนำดินก่อนปลูกและหลังปลูกมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินอยู่ในปริมาณที่สูงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเห็นได้ว่า ดินก่อนปลูกมีปริมาณแร่ธาตุที่น้อยกว่าดินหลังปลูกที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน เนื่องจาก น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนนั้น มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมด(Total P) โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) ในปริมาณไม่เกินมาตรฐานและมีประโยชน์กับอ้อย ในเรื่องของการบำรุงดิน การแตกกอ และให้ความหวานกับอ้อย สอดคล้องกับ Hartt (1973) ศึกษาการปลูกอ้อยและคุณสมบัติการดูดซึมธาตุอาหาร พบว่าเมื่อในอ้อยมีระดับธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในอ้อยสูงมีผลทำให้ฟอสฟอรัสในอ้อยลดลง ฟอสฟอรัสเป็นวัตถุดิบของกระบวนการสร้างสารต่างๆ ที่เกี่ยวกับระบบถ่ายทอดพลังงานในพืช ในรูปสารประกอบฟอสเฟสในพืชที่เป็นกรดนิวคลีอิก นิวคลีโอโปรตีน สารไพติน เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ศึกษาผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดินโดยวิธี Plate Count ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) มีปริมาณแบคทีเรียไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dextrose Agar (PDA) พบว่ามีปริมาณรา ก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีการใช้น้ำเสียในอัตราที่แตกต่างกัน และ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้น้ำเสียในอัตราที่ต่างกันก่อนปลูกและหลังปลูกพืชไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในดิน และปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่พบมากที่สุดจะเป็นแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ และพบ ราในดินเป็นจำนวนรองลงมา การใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถนำไปใช้ได้จริงในด้านการเกษตร สอดคล้องกับ จีรพรรณ์ (2550) ได้ทำการแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินด้วยวิธี Dilution Plate Method โดยทำ Serial Dilution และนำตัวอย่างดิน10 กรัม มาเพาะเลี้ยงบน Sodium Caseinate Agar บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-5 วันสามารถแยกเชื้อแอคติโนมัยซีสได้ 137 ไอโซเลต แบคทีเรีย 210 ไอโซเลต และรา 167 ไอโซเลต จากตัวอย่างดินทั้งหมด 20 ตัวอย่าง จะพบว่า ในดิน 10 กรัม จะพบแบคทีเรียจำนวนมากสุด รองลงมา คือ รา และแอคติโนมัยซีส

5. ศึกษาการเจริญเติบโตของอ้อย เช่น การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ความยาวลำ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ ค่า C.C.S. ความหวาน (องศาบริกซ์) และน้ำหนักลำ (กรัม) พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเมื่อนำไปรดแปลงพืชตัวอย่าง พืชเจริญเติบโตได้ดี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการใช้ในเสียในอัตราที่เพิ่มมากขึ้น อ้อยจะมีการแตกกอที่เพิ่มมากขึ้น และมีความหวานเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ สมโภช (2547) ศึกษาผลของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางเคมีบางประการของอ้อยนี้ได้มีการศึกษาอิทธิพลของน้ำ 3 ชนิด คือ น้ำชลประทาน(WI) น้ำบ่อที่ 3 (W3) น้ำบ่อที่ 5 (W5) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง ด้วยวิธี 3X2 Factorial in Rondomized Complete Block Design (RCBD)ดัชนีที่ทำการศึกษา ได้แก่ การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมี และพบว่าความสูงของอ้อยในสัปดาห์ที่ 4 เดือนที่ 1 สัปดาห์ที่ 2, 3, 4 ของเดือน เส้นผ่านศูนย์กลางในเดือนที่ 6 พบว่า อิทธิพลของน้ำไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น เดียวกับคุณภาพอ้อย ผลสรุปน้ำทั้ง 3 ชนิด ไม่ทำให้ดัชนีของการเจริญเติบโตแตกต่างกันถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดลองการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลที่บำบัดแบบไร้ออกซิเจน ทั้งหมด 3 แปลงปลูกอ้อย ในจังหวัดกาญจนบุรี โดยกำหนดให้ แปลงที่ 1 คือ อำเภอท่าม่วง แปลงที่ 2 คือ อำเภอบ่อพลอย และแปลงที่ 3 คือ อำเภอเมือง โดยใช้พื้นที่ของเกษตรกร ประกอบด้วยตำรับการทดลอง 5 ตำรับจำนวน 4 ซ้ำ มีตำรับการทดลองรายละเอียด ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 (T1) ชุดควบคุม
ตำรับการทดลองที่ 2 (T2) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่
ตำรับการทดลองที่ 3 (T3) SW อัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่
ตำรับการทดลองที่ 4 (T4) SW อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่
ตำรับการทดลองที่ 5 (T5) SW อัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

1. การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน

1.1 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่ 1)

ค่า pH พบว่าชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมีและ น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามมาด้วยน้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่า pH ต่ำสุด ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่าการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80, 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด ส่วนในแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ไม่แตกต่างกัน ชุดควบคุมมีค่าการนำไฟน้อยที่สุด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Exch.K) เปรียบเทียบกันเองภายในการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุด รองลงมา การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ชุดควบคุมและการใช้ปุ๋ยเคมี มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดน้อยที่สุด ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) สูงที่สุด ชุดควบคุมรองลงมา คือ การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20,80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และปุ๋ยเคมี การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินน้อยที่สุด ปริมาณอินทรียวัตถุ(OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่2)

ค่า pH การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ พบว่ามีค่า pH สูงสุด รองลงมาการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปุ๋ยเคมีชุดควบคุมมีค่า pH น้อยที่สุด ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของทุกแปลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ที่เปรียบเทียบกันเองภายในไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K)ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) เปรียบเทียบกันเองภายในการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีปริมาณสูงสุด ชุดควบคุมและปุ๋ยเคมี มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC)น้อยที่สุด

1.3 ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี (แปลงที่ 3)

ค่า pH แปลงที่ไม่มีการรดน้ำเสีย พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง(pH)แถวที่ 1 มีค่า pH สูงที่สุด รองลงมา คือจุดที่ 2,3 และจุดที่ 4 มีค่าความเป็นกรดด่าง(pH) น้อยที่สุด ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่แตกต่างกัน ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) จุดที่ 4 มีปริมาณ OM มากที่สุด รองลงมา จุดที่ 2 และจุดที่ 1 และ3 มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) จุดที่ 1 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มากที่สุด รองลงมา จุดที่ 2 และ 3 ส่วนจุดที่ 4 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) สูงที่สุด จุดที่ 1 รองลงมา จุดที่ 2,3 และ 4

2. การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

2.1 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอท่าม่วง (แปลงที่ 1)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) พบว่า การใช้น้ำเสียในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่มีการแตกกอสูงสุด และรองลงมาคือการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีและน้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตามลำดับ ความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามธรรมชาติ (Natural Break Point) พบว่า เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกันอ้อยมีความยาวลำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่า C.C.S. ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยจำนวนหนึ่ง เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า อ้อยมีค่า C.C.S. ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความหวาน (องศาบริกซ์) การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานสูงที่สุด รองลงมาน้ำทิ้งในอัตรา 40, 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ชุดควบคุม และใส่ปุ๋ยเคมี ตามลำดับ และน้ำหนักลำของอ้อย เมื่อใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.2 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอบ่อพลอย (แปลงที่ 2)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน ความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุดหักตามธรรมชาติ (Natural Break Point) น้ำทิ้งในอัตรา 40,20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความยาวลำมากที่สุด รองลงมา คือ ใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ การใช้ปุ๋ยเคมี และชุดควบคุมมีความยาวของลำอ้อยน้อยที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย การใส่ปุ๋ยเคมี มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำมากที่สุด รองลงมา คือการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ชุดควบคุม การใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการใช้น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำน้อยที่สุด ความหวานของอ้อยในการตรวจสอบเบื้องต้นใช้การวัดค่าบริกซ์ น้ำทิ้งในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานสูงสุด รองลงมา ชุดควบคุมปุ๋ยเคมี และใช้น้ำทิ้งในอัตรา 40, 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีความหวานน้อยที่สุด จำนวนปล้องต่อลำของอ้อยเก็บข้อมูลเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งเดียว พบว่าจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และน้ำหนักลำของอ้อย รองลงมา น้ำทิ้งในอัตรา 80, 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่และปุ๋ยเคมี ชุดควบคุมมีน้ำหนักลำน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ผลการเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล อำเภอเมือง (แปลงที่ 3)

การแตกกอของอ้อย (หน่อ/กอ) ซึ่งพบว่าแปลงที่รดน้ำเสียและไม่รดน้ำเสีย ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอัตราที่แตกต่างกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำมากที่สุดรองลงมา คือ ไม่รดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยแปลงรดน้ำเสียมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ความหวานของอ้อยในการตรวจสอบเบื้องต้น แปลงที่รดน้ำเสียและไม่รดน้ำเสียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่า C.C.S. แปลงที่รดน้ำเสียและไม่รดน้ำเสียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักลำของอ้อย แปลงรดน้ำเสีย และไม่รดน้ำเสีย จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักลำ (กรัม)ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความยาวลำอ้อยวัดจากโคนต้นชิดดินถึงจุดหักตามธรรมชาติ (Natural Break Boint) แปลงที่รดน้ำเสียมีความยาวลำมากที่สุด แปลงที่ไม่รดน้ำเสียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. ผลของการใช้น้ำเสียต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของดิน

ดินก่อนและหลังปลูกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า F-test ที่คำนวณได้ของ Nutrient Agar (NA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig>α) ซึ่งสอดคล้องประดับรัฐ (2553) การศึกษาจุลินทรีย์ในดิน 10 กรัม สามารถพบราและแบคทีเรียในช่วงการเจือจางดิน 10^{-1} -10^{-7} ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่พบในช่วงการเจือจางนี้จะมีปริมาณมาก ดังนั้น ก่อนปลูกและหลังปลูก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) มีปริมาณแบคทีเรียไม่แตกต่างกันทางสถิติ และบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) มีปริมาณรา ก่อนปลูกและหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แนวโน้มของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนมากหรือน้อยไม่มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 50 สรุปผลการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

	ควบคุม	ปุ๋ยเคมี (F)	20 CW	40 CW	80 CW
1. การเจริญเติบโตของอ้อย				✓	
2. คุณสมบัติทางเคมีของดิน					✓
3. คุณสมบัติทางชีวภาพของดิน				✓	
4. คุณสมบัติของน้ำเสียมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนด					
5. น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถนำไปใช้ได้จริงทางการเกษตร					

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนที่นำมาใช้รดอ้อยทั้ง 3 แปลง นำมาจากแหล่งเดียวกัน มีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่างๆในน้ำเสียเพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำเสีย น้ำเสียที่วิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานตามที่กำหนดไว้ คุณสมบัติทางเคมีของดิน การใช้น้ำเสียในอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จะมีผลต่อคุณภาพของดิน คือ จะทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) กับอ้อยเพิ่มสูงขึ้นด้วย เพราะอ้อยต้องการ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K)ในการเจริญเติบโต เช่น การแตกหน่อ น้ำหนักและความหวาน คุณสมบัติทางชีวภาพของดิน ปริมาณแบคทีเรียและราจะพบในการใช้น้ำเสียในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ การเจริญเติบโตของอ้อยที่ใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล พบว่า การใช้น้ำเสียในอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ทำให้อ้อยมีการแตกกอ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ความหวาน น้ำหนักลำ และจำนวนปล้องดีที่สุด เพราะ น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนนั้นมีปริมาณธาตุต่างๆที่เป็นประโยชน์กับอ้อย คุณสมบัติของน้ำเสียมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนด และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถนำไปใช้ได้จริงทางการเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาคุณสมบัติแหล่งน้ำใต้ผิวดินเมื่อมีการใช้น้ำเสียในการปลูกอ้อย

2. ควรมีการศึกษาผลต่อๆในระยะยาว 5-10 ปี เช่น คุณภาพของดิน จุลินทรีย์ ผลกระทบต่อธาตุต่างๆในดิน

3. อาจทำการทดลองกับพืชชนิดอื่นๆได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2539. **กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม.** ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา 63 หน้า.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2549. **เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏ-จันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง.** แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/central/Ks.htm, 13 ตุลาคม 2555.

กรมวิชาการเกษตร. 2524. **มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว**. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2535. **กฎ ประกาศและระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุมมลพิษ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน**. ราชกิจจานุเบกษา. 92 หน้า.

เกตุอร ทองเครือ ประเวศ แสงเพชร และอุทัย อารมณ์รัตน์. 2549. **ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตรสำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร.** อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2547. **การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน. 2540. **คู่มือการทำ ไร่อ้อย**. บริษัทมิตรผลวิจัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด, ชัยภูมิ.

กองวิเคราะห์ดิน. 2540. **คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ.** สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. หน้า 59. .

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จเร สดากร. 2527. การสำรวจรวบรวมพืชสกุลอ้อยในประเทศไทย. **กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และคณะอนุกรรมการและประสานงานแหล่งพันธุกรรมทางพืชสภาวิจัยแห่งชาติ.** 2:64-66

จีรพรรณ์ ใจอินผล. 2550. **การแยกแบคทีเรียและคัดเลือกแอคติโนมัยซีสจากดินในถ้ำน้ำลอดที่สามารถผลิตสารปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญของฟังไจ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ถวิล ครุฑกุล. 2540. **เกษตรยั่งยืนการใช้ดิน-ปุ๋ย.** สำนักพิมพ์รั้วเขียว ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นภดล จรัสสัมฤทธิ์. 2538. **ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. 2525. **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น.**ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา 33 หน้ำ.

ประดับรัฐ ประจันเขตต์. 2553. เอกสารประกอบการศึกษา. **การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในดิน**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

ประดิษฐ์ บุญอำพล และประพิศ แสงทอง. 2530.ปุ๋ยแห่งชาติกับการพัฒนาการเกษตรของประเทศ, น. 36. *ใน* **การประชุมสัมมนาวิชาการความสำคัญของปุ๋ยเคมีกับการเกษตร.** หน่วยงานจัดการประชุมสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องวิภาวดี โรงแรมไฮแอทเซ็นทรัล.

ประสาท ฉัตรไชยรัชต์. 2552. **การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment).** แหล่งที่มา: www.envwest.com/km/data/011-km_reo8, 17 ตุลาคม 2555.

ฝ่ายสุขาภิบาลโรงงาน กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2555. **สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร**. แหล่งที่มา: http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/water/solu.htm, 12 ตุลาคม 2555.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุณัฐฐา วิงวอน กาญจนา หริ่มเพ็ง และ นภาพร เลียดประถม. 2550. **ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวรรณา สาสนรักกิจ. 2551. **การวิเคราะห์ดินและการแปลความหมายในระดับห้องปฏิบัติการและไร่นา**. แหล่งที่มา: http://118.175.21.24/mbi1/index.htm**,** 13 ตุลาคม 2555.

สุวิมล สวยสม. 2550. **ข้อมูลวิชาการ BTC เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ 6.** แหล่งที่มา: http://xnq3cpbe5bna8ah.com**,** 17 ตุลาคม 2555.

สมโภช ปาติปา. 2547. **ผลของน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของอ้อย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศรี อรุณินท์. 2534. **ดินเค็ม.** กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1**. สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.

อภิรดี อิ่มเอิบ. 2534. การตรวจสอบดิน.**วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 7 (4): 5-27.

อุดม พูลเกษ. 2527. อ้อย, น. 52-64 *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาเกษตรศาสตร์ (พฤษศาสตร์)**, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Blackburn, F. 1984. **Sugarcane**. Longman, New York.

Chan, Y. J., F.C. Mei, L.L. Chung and D.G. Hassell. 2009. A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. **Chemical Engineering Journal** 155 : 1–18.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Clements, H.F. 1980. Principles and Practices, p.520. *In* World Wide Science, eds. **Sugarcane Crop Logging and Caop Control.** Prers of Hanaii, Honolulu.

Hartt, C.E. 1973. The sugarcane plant. Ann. Rev of Plant Physiol, pp. 275 – 380**,** *In* O. A. Bushnell., eds. **Hawaiian planter's record**. Hawaii Agriculture Research Center, Kunia.

.

John, R., B. Hayriye, A. Delgado, T. Jose, S. Rolf and R. Abdul. 2012. Significance of Phosphorus for Agriculture and the Environment in the West Asia and North Africa Region. **Advances in Agronomy** 114: 118-288**.**

Macura, J. 1974. Trends and advances in soil microbiology from 1924 to 1974. **Geoderma** 12 : 311-329.

Muckle, M.E. 1995. For the Do-It-Yourselfer, p.21, *In* Wayne Wiebe eds. **Basic Hydroponics.** Grower Press Inc., British Columbia.

Shukla, S.K., R.L. Yadav, P.N. Singh and I. Singh. 2009. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter initiated sugarcane (Saccharum spp. hybrid complex) ratoon yield**. European Journal of Agronomy** 30: 27–33.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูตรอาหาร Nutrient Agar (NA)

Beef extract	3	กรัม
Peptone	5	กรัม
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
pH	7- 7.2	

สูตรอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)

เตรียมส่วนประกอบของอาหารตามสัดส่วน ดังนี้

1. มันฝรั่ง ปอกเปลือกหั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ด้านละ1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักให้ได้ 200 กรัม

Dextrose	20	กรัม
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร

2. ต้มมันฝรั่งที่เตรียมไว้ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ให้เดือดประมาณ 10-15 นาที หรือจนกระทั่งเนื้อมันฝรั่งนิ่มแต่ไม่เละ จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำเท่านั้น (ส่วนที่1)

3.ละลาย Dextrose 20 กรัม Agar 15 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร ต้มจนกระทั่งวุ้นละลาย (ส่วนที่2)

4.ผสม (ส่วนที่ 1) และ (ส่วนที่ 2) ให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

Spread plate technique

1. ใช้ปิเปตดูดเชื้อผสมจากหลอดทดลองที่ความเจือจาง 10^{-3} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หยดลงบนผิววุ้นบริเวณตรงกลางของจานเพาะเชื้อ

2. นำแท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ (glass spreader) จุ่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ70 และลนไฟ ปล่อยให้เย็น จากนั้นนำมาเกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานเพาะเชื้อ ขณะเกลี่ยเชื้อให้ใช้ฝาจานป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ภายนอก

3. เสร็จแล้วปิดฝาจานชื้อ นำแท่งแก้วเกลี่ยเชื้อจุ่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 70 และลนไฟ ปล่อยให้เย็น

4. คว่ำจานเพาะเชื้อลง แล้วใส่ถุงพลาสติก บ่มที่อุณภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

5. บันทึกผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ดัชนีและค่าทางมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0
2. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
3. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นซ์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
4. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นซ์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.
5. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
6. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
8. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
9. สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
10. BOD	ไม่มากกว่า 20 mg/L
11.COD	ไม่มากกว่า 120 mg/L
12. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด	มีค่าไม่เกินกว่า 20,000 MPN/100ML
13.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม	มีค่าไม่เกินกว่า 4,000 MPN/100ML

ที่มา: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2539)

ตารางผนวกที่ ข2 มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
1. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่สูงกว่า 3 องศาเซลเซียส
2. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5-9.0
3. ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
4. แอมโมเนียม (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน	ไม่เกิน 0.5 มก./ล.
5. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 0.1 มก./ล.
6. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
7. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.
8. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.05 มก./ล.
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
10. สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01 มก./ล.

ที่มา: กรมส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535)

ตารางผนวกที่ ข3 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว

ดัชนีคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5	หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5
2. ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5	
3. ปริมาณโพแทชทั้งหมด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5	
4. ปริมาณอินทรียวัตถุรับรอง	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10	
5. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	ไม่เกิน 20:1	
6. ค่าการนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร	
7. ปริมาณเกลือ (Na)	ไม่เกินร้อยละ1	
8. สารหนู (As)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
9. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
10. โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
11. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
12. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
13. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2524)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH 1:1)

pH	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
< 3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก
4.6-5.0	กรดจัดมาก
5.1-5.5	กรดจัด
5.6-6.0	กรดปานกลาง
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย
6.6-7.3	กลาง
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย
7.9-8.4	ด่างปานกลาง
8.5-9.0	ด่างจัด
> 9.0	ด่างจัดมาก

ที่มา: อภิรดี (2534)

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ที่แสดงถึงระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

EC (dS/m)	ระดับความเค็ม	ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช
< 2.0	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
2.1-4.0	เค็มเล็กน้อย	ผลผลิตของพืชไม่ทนเค็มทั่วไปจะลดลง
4.1-8.0	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8.1-16.0	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
> 16.0	เค็มมากที่สุด	เฉพาะพืชทนเค็มมากบางชนิดเท่านั้นที่จะขึ้นได้

ที่มา: สมศรี (2534)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข6 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุและการจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดิน

เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ	การจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดิน
< 0.5	ต่ำมาก
0.5-1.0	ต่ำ
1.1-1.5	ค่อนข้างต่ำ
1.6-2.5	ปานกลาง
2.6-3.5	ค่อนข้างสูง
3.6-4.5	สูง
> 4.5	สูงมาก

ที่มา: อภิรดี (2534)

ตารางผนวกที่ ข7 แสดงการจำแนกระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(mg/kg)	ระดับความเป็นประโยชน์
< 3	ต่ำมาก
3-5	ต่ำ
6-10	ค่อนข้างต่ำ
11-15	ปานกลาง
16-25	ค่อนข้างสูง
26-45	สูง
> 45	สูงมาก

ที่มา: ประดิษฐ์และประพิศ (2530)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 แสดงการจำแนกระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	ระดับความเป็นประโยชน์
< 30	ต่ำมาก
30-60	ต่ำ
61-90	ปานกลาง
91-120	สูง
>120	สูงมาก

ที่มา: ประดิษฐ์และประพิศ (2530)

ตารางผนวกที่ ข9 แสดงการจำแนกระดับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ($cmol_c/kg$)	ระดับความเป็นประโยชน์
< 3	ต่ำมาก
3-5	ต่ำ
6-10	ค่อนข้างต่ำ
11-15	ปานกลาง
16-20	ค่อนข้างสูง
21-30	สูง
> 30	สูงมาก

ที่มา: สุวรรณา (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข10 มาตรฐานคุณภาพน้ำแต่ละประเภทไว้ซึ่งน้ำแต่ละประเภทจะต้องมีปริมาณของแข็งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ พอสรุปได้ดังนี้

ลำดับ	ประเภท	ปริมาณของแข็ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
		ของแข็งทั้งหมด	สารที่ละลายได้	สารแขวนลอย	หมายเหตุ
1	น้ำดื่ม	1,000	-	-	
2	น้ำดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท	500	-	-	
3	น้ำบาดาลที่ใช้บริโภค	-	-	1,500	
4	แหล่งน้ำเพื่อการประปา	-	1,500	-	
5	น้ำทิ้งลงบ่อบาดาล	2,000	-	-	
6	น้ำทิ้งระบายออกโรงงาน	-	2,000	30 -150	5,000
7	น้ำทิ้งจากอาคาร	-	500	30 - 60	0.5

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2525)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ของดิน (Soil pH) (กองวิเคราะห์ดิน. 2540)

การวัด pH ในน้ำ อัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:1 (w/w) ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก. เติมน้ำกลั่น 20 มล. คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใสด้วย pH meter หรือใช้ช้อนตวงตักดินและตวงน้ำแทนการชั่งดิน เพื่อวัด pH (1:1, v/v) หรือการวัด pH ใน 1 M KC l อัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:1 ทำเช่นเดียวกับการวัดค่า pH ในน้ำ แต่ใช้ 1 M KC l แทนน้ำกลั่นและการวัด pH ใน 0.01 M CaC l2 อัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:2 ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก เติมสารละลาย 0.01 M CaC l2, 40 มล. คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใส ด้วย pH Meter

2. การวิเคราะห์อินทรียวัตถุของดิน (กองวิเคราะห์ดิน. 2540)

ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ขวดชมพู่ ขนาด 250 มล. (ปริมาณตัวอย่างดินอาจลดลงได้ตามความเหมาะสมถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง สังเกตได้จากสีของดิน ถ้าเป็นดินสีดำหรือ สีน้ำตาลเข้มต้องชั่งดินให้ลดลง แต่ถ้ากรณีเป็นดินทรายก็ต้องเพิ่มปริมาณดินให้มากขึ้นกว่าเดิม)จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N 10 มล. โดยใช้ Dispenser เติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 มล. โดยใช้ Dispenser ให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะติดอยู่ตามข้างขวด ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นหยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟีแนนโทรลีน 5 หยด และไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5 N ที่จุด End Poit สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง การทำ Blank โดยเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่2 ถึง ขั้นตอนที่ 6

$$\% \text{ อินทรียคาร์บอน (Organic Carbon, O.C.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\% \text{ อินทรียวัตถุ (Organic Matter, O.M.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W}$$

หรือ % OM = % O.C. x 1.724

3. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินโดยวิธี Bray II (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 กรัมใส่ในขวดแก้วก้นแบน (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 11.0 ซม ปิเปตสารละลายที่สกัด อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ Working Solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-Dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น ด้วยเครื่องSpectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร และทำ Blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน เช่นเดียวกับตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times DF(Sample) \times X}{A \times DF(Standard)} \text{ มก./กก.}$$

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

B = น้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)

X = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ Standard set

DF = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor)

4. การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium)

ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มล. เติม 1 M NH_4OAc pH 7.0 25 มล. เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที กรองดิน และเก็บสารละลายที่กรองได้ และวิเคราะห์ปริมาณ K ด้วยเครื่อง Flame Spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

วิธีคำนวณ

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน, mg kg^{-1} = 10 K x df

K = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ, mg kg^{-1}

df = Dilution factor

5. การวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Cation Exchange Capacity, C.E.C.) (กองวิเคราะห์ดิน. 2540)

ชั่งตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. หนัก 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 125 มล. เติม 1 M NH_4OAc pH 7.0 ประมาณ 50 มล. เขย่าให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน กรองดินโดยใช้ Buchner Funnel ค่อย ๆ ล้างตัวอย่างดินบนกรวย อีก 3-4 ครั้ง ด้วยสารละลาย NH_4OAc ครั้งละประมาณ 10 มล. นำสารละลายที่กรองได้ ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณ Exchangeable Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} และ K^{+} ต่อไป เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ 1,500 mg l^{-1} วัดค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมของสารละลายตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยกำหนดความยาวคลื่นในการวัดแคลเซียม และแมกนีเซียม เป็น 422.6 และ 285.2 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานมาตรฐานแคลเซียม และแมกนีเซียม คำนวณหาปริมาณ Exchangeable Ca^{++} และ Mg^{++}

วิธีคำนวณ

$$Ca^{++} \text{ หรือ } Mg^{++}, \text{cmol}_c\,kg^{-1} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (mg } L^{-1}) \text{ x 2 x df}}{\text{น.น. กรัมสมมูลย์ของ } Ca^{++} \text{ หรือ } Mg^{++}}$$

df = Dilution factor

6. โปแตสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K^{+} และ Na^{+})

ทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ นำสารละลายตัวอย่าง มาวัดปริมาณ Exchangeable Na^{+} และ K^{+} ด้วยเครื่อง Flamephotometer โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมและโปแตสเซียม

วิธีคำนวณ

$$Na^{+} \text{ หรือ } K^{+}, \text{cmol}_c\,kg^{-1} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (mg } L^{-1}) \text{ x 2 x df}}{\text{B น.น. กรัมสมมูลย์ของ } Na^{+} \text{ หรือ } K^{+}}$$

df = Dilution factor

7. การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน Electrical Conductivity (EC) (กองวิเคราะห์ดิน. 2540)

ใส่ดินในบีกเกอร์ปริมาณ 400 – 500 กรัม ค่อย ๆ เทน้ำกลั่นลงไปในดิน และกวนจนดินอิ่มตัวด้วย และเมื่อใช้ Spatula ตักขึ้นมาแล้วเทกลับดินจะค่อย ๆ ไหลลง โดยไม่เหลือติด Spatula เมื่อทำการกวนจนดีแล้ว ทิ้งไว้ค้างคืน ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนนำไปอัดน้ำออกจากดิน ถ้ามีน้ำอยู่บนหน้าดิน ให้เติมดินเพิ่ม กวนจนแน่ใจว่าดินอิ่มตัวด้วยน้ำพอดีนำไปสกัดด้วยเครื่องอัดน้ำออกจากดิน แล้วจึงนำสารละลายที่ได้มาวัดหาค่า EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter โดยใช้สารละลายมาตรฐานของ KCl 0.01 M หรือ 0.1 M แล้วปรับค่าคงที่ (Cell Constant)ของเครื่อง Electrical Conductivity Meter ที่ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่า = 1.412 dS m^{-1} หรือ 12.88 dS m^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.บีโอดี (Biological Oxygen Demand, BOD) (กรรณิการ์, 2549)

บีโอดี เป็นการวัดความสกปรกของน้ำคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจน(O_2)ที่ลดลงเนื่องจากจุลชีพจำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic) โดยการหาค่าความต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำที่วัดได้วันแรก (DO_0) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเดียวกันที่เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ(Incubator) 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5)

$$BOD = DO_0 - DO_5$$

DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ในวันแรก
DO_5 = ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ หลังจากเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน การทดสอบตัวอย่าง การทดสอบตัวอย่างมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีโดยตรง (Direct Method) และวิธีทำให้เจือจาง (Dilution Method)

8.1 วิธีโดยตรง (Direct Method) ใช้ในกรณีตัวอย่างน้ำมีค่า BOD น้อยกว่า 7 mg/l ได้แก่ น้ำประเภท แม่น้ำ คลอง บึง สระ ฯลฯ น้ำตัวอย่างที่ปรับปรุง ประมาณ 1- 1.5 L มาปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 ± 3 องศาเซลเซียสเติมอากาศให้มีออกซิเจน(O_2) ละลายอิ่มตัว(ใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที)รินน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD จนเต็ม 3 ขวดปิดจุกให้สนิทดูให้แน่ใจว่า มีน้ำหล่อที่ปากขวด น้ำขวดหนึ่งมาหาค่า DO_0 ก่อน อีก 2 ขวดนำไปเก็บไว้ใน Incubator ควบคุมอุณหภูมิที่ 20+3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบกำหนดนำมาหาค่า DO_5 การหาค่าออกซิเจนละลาย (DO) การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำซึ่งเก็บไว้ในขวด BOD ขนาด 300 ml ทำได้ดังต่อไปนี้ เติม Manganese Sulfate Solution 1 ml และ Alkali – Iodide –Azide Solution 1 ml ลงในขวด BOD ที่ใส่น้ำตัวอย่างโดยให้ปลายปิเปตอยู่เหนือผิวน้ำตัวอย่างเล็กน้อย ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศผสมให้เข้ากันโดยคว่ำขวดขึ้นลง 15 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสประมาณ 1/2 ของขวดเติม Conc.H_2SO_4 1 ml ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (Oxidised floc) จะล้นออกจากปากขวดเขย่ากลับไปกลับมาประมาณ 15 ครั้ง ถ้าใช้ขวด BOD ที่มีความจุ 300 ml ต้องตวงตัวอย่างจากขวดปริมาตร 201 ml เพื่อนำไปไตเตรต (ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรน้ำตัวอย่างเริ่มต้น200 ml) เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำตัวอย่างจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 ml ดังนั้น ปริมาตรตัวอย่างซึ่งใช้ในการไตเตรตจึงควรเท่ากับ 201 ml ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 1 ml จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป บันทึกปริมาตรของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้สำหรับการไตเตรต (สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 1 ml มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาย 1 mg/l)

8.2 วิธีทำให้เจือจาง (Dilution Method)ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีความสกปรกสูง (มีค่า BOD มากกว่า 7 mg/l) จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกเจือจางลง โดยใช้น้ำผสมเจือจาง (Dilution Water) และควรทำหลายๆความเข้มข้น(อย่างน้อย 2 ความเข้มข้น) เช่น ถ้าน้ำตัวอย่างมีการปนเปื้อนสูง สกปรก สีดำคล้ำ เลือกทำ Dilution ที่ร้อยละ10 – 100 การคัดเลือกและเก็บรักษาน้ำเพื่อใช้เจือจางน้ำที่ใช้สำหรับเจือจางควรมาจากแหล่งที่เหมาะสม เช่น น้ำกลั่น และควรเป็นน้ำกลั่นที่ปราศจากโลหะหนักโดยเฉพาะทองแดงและสารพิษจำพวกคลอรีน ซึ่งจะรบกวนการทดสอบบีโอดี การเก็บรักษาน้ำเจือจางควรเก็บในภาชนะที่สะอาด และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 24 ชั่วโมง หลังจากเติมสารอาหาร แร่ธาตุ และ บัฟเฟอร์ แล้ว และหลีกเลี่ยงการใช้น้ำเจือจางที่มีค่าบีโอดีของ Blank มากกว่า 0.2 mg/l การเตรียมน้ำผสมเจือจาง (Dilution Water) น้ำน้ำกลั่นที่ปราศจากสารมีพิษ (กลั่นจากเครื่องกลั่นแก้ว) มาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20 + 3 องศาเซลเซียส และปรับ pH เป็นกลาง ปรับคุณภาพให้เหมาะกับการดำรงชีวิตของจุลชีพโดยเติมสารละลายอาหารฟอสเฟตบัฟเฟอร์, แมกนีเซียมซัลเฟต,แคลเซียมคลอไรด์ และไอร์ออน (III) คลอไรด์อย่างละ1 ml ต่อน้ำกลั่น 1 L เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว อย่างน้อย 1 ชั่วโมง (มีค่า DO อยู่ระหว่าง 8 - 9 mg/l) การทดสอบตัวอย่างหนึ่งๆจึงควรผสมเจือจางหลายๆความเข้มข้น (ไม่ควรน้อยกว่า 2 ความเข้มข้น) ส่วนอัตราส่วนการผสมเจือจางอาจประมาณตามชนิดของตัวอย่าง

ตารางที่ 11 Dilution and Type of Sample

เปอร์เซ็นต์ที่ใช้เจือจางตัวอย่างน้ำเสีย (% Dilution)	ชนิดของตัวอย่างน้ำ (Type of sample)
0.0 - 1.0	Strong lndustrial Wastes
1 - 5	Raw and Settled Waste water
5 - 20	Biologically treated Effluent
10 - 100	polluted River Waters

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 BOD Measurable with Various Dilution of Sample

% Dilution	Range of BOD mg/L
0.01	50,000 - 70,000
0.02	10,000 - 35,000
0.05	4,000 - 14,000
0.1	2,000 - 7,000
0.2	1,000 - 3,500
0.5	400 - 1,400
1.0	200 - 700
2.0	100 - 350
5.0	40 - 140
10.0	20 - 70
20.0	10 - 35
50.0	4 - 14
100	0 - 7

วิธีโดยตรง

$$BOD\ (mg/l) = DO_0 - DO_5$$

DO_0 = ค่า DO ของตัวอย่างที่ไตเตรตได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าเฉลี่ย DO ของตัวอย่างที่ไตเตรตได้ หลังจากเก็บใน incubator 5 วัน

วิธีทำให้เจือจาง

$$BOD\ (mg/L) = \frac{[(DO_0 - DO_5) - (B_1 - B_2)\ f] \times 100}{P}$$

DO_0 = ค่า DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วในวันแรก

DO_5 = ค่าเฉลี่ย DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วเก็บใน incubator 5 วัน

P = เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่ใช้ (เช่น 5 % , 10 %)

B_1 = ค่า DO ของ seed control ที่ทำการเจือจางแล้วในวันแรก

B_2 = ค่าเฉลี่ย DO ของ seed control ที่ทำการเจือจางแล้วเก็บใน incubator 5 วัน

f = อัตราส่วนของน้ำเชื้อ (seed) ในตัวอย่าง ต่อ seed control

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$f = \frac{\%\ \text{น้ำเชื้อใน}\ DO_0}{\%\ \text{น้ำเชื้อใน}\ B_1}$$

9.การวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การติเตรท (Closed-Reflux, Titrimetric Method) (กรรณิการ์, 2549)

ล้างหลอดย่อยสลาย (Digestion Tubes) และฝาจุกด้วยกรดซัลฟิวริก ร้อยละ 20 ก่อนนำไปใช้ เพื่อป้องกัน การปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสมในกรณีที่ใช้น้ำยาย่อยสลายสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion Solution) ความเข้มข้น 0.0167 โมลาร์ ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำ ควรอยู่ระหว่าง 50 - 400 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าซีโอดีมากกว่านี้จะต้องทำการเจือจางตัวอย่างน้ำนั้นก่อน เพื่อให้ตัวอย่างน้ำที่เจือจางแล้วมีซีโอดีอยู่ในช่วงของการวิเคราะห์ วิธีที่อาจจะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหานี้คือการชั่งรีเอเจนต์และตัวอย่างรวมทั้งสารละลาย อื่นๆที่ใช้แทนการปิเปตโดยต้องคำนวนหาความหนาแน่นของสารละลายหรือรีเอเจนต์ที่ใช้ หรืออาจจะ ใช้ไมโครปิเปตแทนก็ได้ นำตัวอย่างน้ำมาใส่หลอดย่อยสลายหรือแอมพูลที่เตรียมไว้ เติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลายซึ่งได้แก่ สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ค่อยๆเทกรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ลงไปในหลอดโดยให้กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ไหลลงก้นหลอดแก้วเพื่อให้ ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นตัวอย่างน้ำและน้ำยาย่อยสลาย ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่นหรือถ้าใช้แอมพูลก็ให้เชื่อมให้สนิท แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายๆครั้งเพื่อ ผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง นำหลอดทดลองเหล่านี้ไปใส่ในเครื่องย่อยสลาย (Block Digestion) หรือเตาอบ (Hot Air Oven) ซึ่งได้ทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ก่อน ใช้เวลารีฟลักซ์นาน 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง โดยนำหลอดทดลองมาวางไว้ใน Test Tube Rack (ที่วางหลอดทดลอง) สำหรับการย่อยสลายในเตาอบจะใช้อุณหภูมิที่ 150 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เปิดฝาจุก แล้วจึงใส่แท่งแม่เหล็กที่หุ้มด้วยทีเอฟอี (TFE- Coated Magnetic Bar) ถ้าใช้แอมพูลให้เทของ ผสมลงในภาชนะที่ใหญ่กว่าเพื่อนำไปไทเทรต เติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 0.05 - 0.1 มิลลิลิตร (1 หรือ 2 หยด) คน โดยใช้เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)อย่างเร็วในขณะที่ไทเทรตด้วย 0.1 โมลาร์ เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate) จุดยุติจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็วจากฟ้าอมเขียว เป็นน้ำตาลแดง ถึงแม้บางครั้งสีฟ้าอมเขียวอาจจะกลับมาให้เห็นอีกในระยะเวลาอันสั้นก็ตาม ให้ถือว่าจุดยุติอยู่ที่สีน้ำตาลแดงครั้งแรก ด้วยวิธีทำเช่นเดียวกันแต่ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างน้ำ โดยการรีฟลักซ์น้ำกลั่น (Blank) แล้วไทเทรตแบลงค์ซึ่งมีรีเอเจนต์และปริมาตรน้ำกลั่นเท่ากับปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้ ด้วยวิธีทำเช่นเดียวกันแต่ใช้สารละลายซีโอดีมาตรฐานแทนตัวอย่างน้ำ โดยใช้รีเอเจนต์ต่างๆ เหมือนกับที่ ใช้กับตัวอย่างน้ำ แล้วคำนวณหาค่าซีโอดีเพื่อตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์ว่าถูกต้องหรือไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของหลอดย่อย	ตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)	สารละลาย (มิลลิลิตร)	กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรทั้งหมด (มิลลิลิตร)
หลอดย่อยสลาย				
16 x 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0
แอมพูล 10 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5

$$COD = (A-B)(8000M)/C$$

เมื่อ COD = ค่าซีโอดี หน่วยเป็นมิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร

A = ปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการติเตรท แบลงค์

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการติเตรท หน่วยเป็นมิลลิลิตร

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตโมลาร์

C = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

10. ของแข็งทั้งหมด หรือ ทีเอส (Total Solids , TS) (กรรณิการ์, 2549)

ทีเอส หมายถึง ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ในภาชนะภายหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 -105 .องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น จะได้ปริมาณของของแข็งหรือสารทั้งหมด มีหน่วยเป็น มก./ลบ.ดม. วิธีวิเคราะห์ นำถ้วยระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากอบถ้วยระเหยแล้ว ทำให้แห้งโดยนำไปใส่ในโถดูดความชื้นนำไปชั่ง บันทึกน้ำหนักของถ้วยละเหยเปิดเครื่องอัง น้ำถ้วยระเหยขึ้นไปวางบนเครื่องอัง ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มล.ใส่ลงในถ้วยระเหย โดยค่อยๆ ริน ให้ปริมาตรน้ำเป็น3/4 ของปริมาตรถ้วยระเหย นำถ้วยระเหยที่ระเหยแห้งแล้วไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ1 ชั่วโมง หลังจากอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้ว นำไปทำให้แห้งในโถดูดความชื้น 30 นาที นำถ้วยระเหยไปชั่ง บันทึกผลน้ำหนังของถ้วยระเหยที่เปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณ

ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.) = (B - A)/C x 106

A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว, กรัม
B = น้ำหนักถ้วยระเหยและของแข็ง, กรัม
C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)

11. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria and Faecal Coliform Bacteria) (กรรณิการ์, 2549)

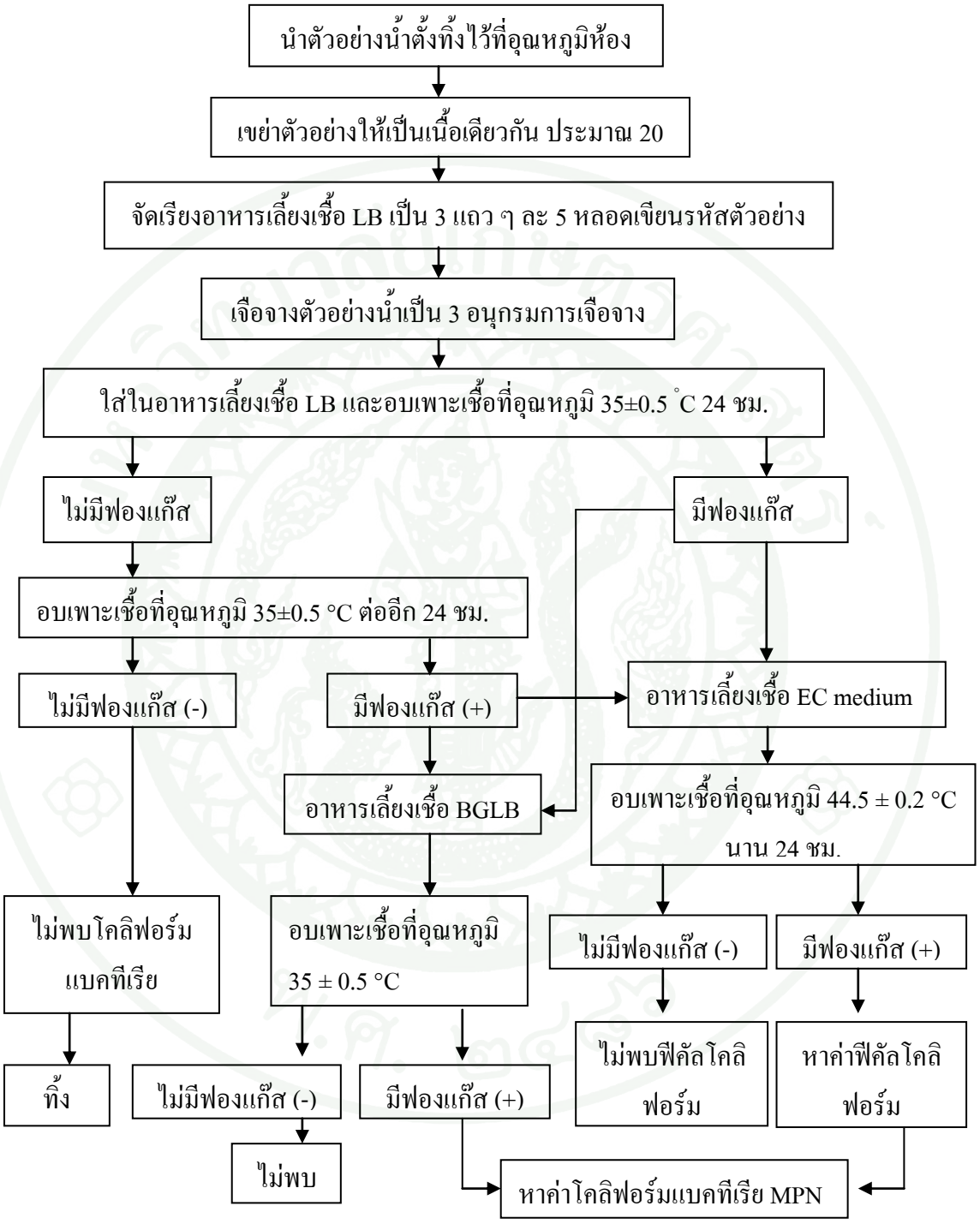
การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยนำจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant-Green Lactose Bile Broth มาเทียบค่า MPN จากตาราง MPN Index ปริมาณโคลิฟอร์ม แบคทีเรียจะมีหน่วยเป็น MPN/100 ml ทั้งนี้อนุกรมของตัวอย่างต้องเท่ากับ 10 1.0 0.1 ml การคำนวณหาปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยนาจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ EC Medium มาเทียบค่า MPN จากตาราง MPN Index Table ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะมีหน่วยเป็น MPN/100 ml ทั้งนี้อนุกรมของตัวอย่างต้องเท่ากับ 10 1.0 0.1 ml กรณีที่ใช้อนุกรมของตัวอย่างเท่ากับ 1.0 0.1 0.01 ml ค่า MPN ที่ได้จะมีค่าเป็น 10 เท่าของค่าที่อ่านได้จากตาราง หรือถ้าใช้อนุกรมของตัวอย่างเท่ากับ 0.1 0.01 0.001 ml ค่า MPN ที่ได้จะมีค่าเป็น 100 เท่าของค่าที่อ่านได้จากตาราง เป็นต้น บางครั้งจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกไม่มีอยู่ในตาราง MPN Index จะต้องหาค่าMPN/100 ml โดยใช้สูตร

$$\text{MPN/100 ml} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก} \times 100}{(\text{ผลรวมปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดสอบที่ให้ผลลบ} \times \text{ผลรวมปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ทุกหลอด})^{1/2}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการทดสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาว สุพัตรา ชาวสวน

เกิดวันที่ 3 มกราคม 2533

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

ประวัติการศึกษา วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ทุนการศึกษาที่ได้รับ สถาบันวิจัยวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

E-mail: voicelove_nim @ hotmail.com

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์