หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

การนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลไปใช้ในการเกษตรกรรม

นายธีระศักดิ์ พงศ์พนาไกร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๑

001073

I 1584A8822

Using Sugar Wastewater for Argriculture

Mr. Teerasakdi Pongpanarkai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลไปใช้ในการเกษตร
โดย	นาย ธีระศักดิ์ พงค์พนาไกร
แผนกวิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมมิกรัฬย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

Thesis Title	Using Sugar Wastewater for Argriculture
By	Mr. Teerasakdi Pongpanarkai
Department	Sanitary Engineering
Thesis Advisor	Assistance Professor Tawee Chimaitee

Accepted by the Graduated School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

..... Dean of Graduated School

(Professor Visid Prachuabmoh Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

(Professor Surin Sartamanit Ph.D.)

..... Member

(Associated Professor Sawasdi Dhamikarak M.S.)

..... Member

(Associated Professor Sutchai Champa M.S.)

..... Member

(Assistance Professor Weerawan Pattamapirat M.Sc.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการเกษตร
ชื่อนิสิต	นาย ธีระศักดิ์ พงศ์พนาไกร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ หวิ จิตไมตรี
แผนกวิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	๒๕๒๐

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

เนื่องจากทางราชการได้ทำการส่งเสริมให้ราษฎรในเขต จ.กาญจนบุรี ให้ทำการปลูกอ้อยและตั้งโรงงานผลิตน้ำตาลเพื่อทำการหีบอ้อยขึ้นนั้น ทำให้โรงงานน้ำตาลได้หวิจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปี พ.ศ. ๒๕๑๙ มีรวมทั้งสิ้น ๙ โรงงาน ซึ่งมีกำลังในการผลิต ๑๐๐,๐๐๐ ตันอ้อยต่อวัน และโรงงานน้ำตาลเหล่านี้ก็ได้อาศัยน้ำในแม่น้ำแม่กลองเพื่อนำมาใช้ในขบวนการผลิต ซึ่งแบ่งไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของโรงงานดังนี้คือ น้ำหล่อเย็น (cooling water) น้ำหล่อลูกหีบและน้ำล้างโรงงาน เฉพาะน้ำล้างโรงงานซึ่งมีค่าความสกปรกวัดในรูป B.O.D มีค่าสูงประมาณ ๒,๐๐๐ มก/ลบ.ซม.-๔,๐๐๐ มก./ลบ.ซม. ในฤดูหีบอ้อยปี พ.ศ. ๒๕๑๗/พ.ศ. ๒๕๑๘ ระหว่างเดือนธันวาคม ๒๕๑๗/เดือน พฤษภาคม ๒๕๑๘ มีปริมาณ ๕๘๖,๒๒๕ ลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำเหล่านี้ได้ส่งเข้าสู่บ่อขจัดน้ำเสียส่วนกลางของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ต.ท่าไม้ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี เพื่อทำการลดค่า B.O.D ลง โดยใช้ระบบกำจัดแบบ Stabilization Pond เมื่อค่า B.O.D ลดลงแล้วจึงทำการปล่อยลงสู่แม่น้ำแม่กลองต่อไป

ในการลดค่า B.O.D ของน้ำล้างโรงงานที่มีค่า B.O.D และ Volumetric Looding สูง ๆ นี้ จริงอยู่การใช้ระบบกำจัดแบบ Stabilization Pond ทำให้การสูญเสียค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็หาได้ให้ประโยชน์ทางตรงต่อการกำจัดน้ำเสียเหล่านี้ไม่ เพื่อที่จะทำการหาวิธีนำน้ำเหล่านี้มาใช้ประโยชน์โดยตรง งานวิจัยในการนำน้ำจากโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการเกษตรจึงได้เริ่มขึ้น เพื่อจะทำการวิจัยว่าเมื่อนำน้ำที่ออกจากโรงงานน้ำตาลโดยผ่านระบบกำจัดแล้วนั้น จะทำให้เกิดผลดีและผลเสียอย่างไรต่อพืชไร่จำพวกอ้อย

ตามระบบกำจัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ น้ำเสียจะเข้าระบบบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic pond) ตามด้วยบ่อหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic pond) และบ่อฟอกให้น้ำสะอาดยิ่งขึ้น (Polishing Pond) ดังนั้นจึงได้นำเอาน้ำจากบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และบ่อหมักแบบใช้ออกซิเจน เข้าไปใช้ในการทดลอง เพราะเป็นบ่อต้นและบ่อสุดท้ายของระบบกำจัด และใช้น้ำจากคลองผลประทานเข้าไปใช้ในการทดลองเพื่อทำเป็นแปลงควบคุม

น้ำที่ผ่านระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่า C.O.D. สูงประมาณ ๓๕๒.๔๕ มก./ลิตร เมื่อนำเข้าสู่ไร่ทดลองปลูกอ้อยในระยะ ๙ เดือน จำนวน ๔ ครั้ง คิดเป็น Volumetric & B.O.D. loading ๓๖,๐๐๐ ลบ.เมตร/เอเคอร์ และ ๕,๔๑๔ กก./เอเคอร์ ปริมาณน้ำเหล่านี้ได้ให้สารอินทรีย์จำพวกแยกสลายตัวได้ และให้สารที่มีประโยชน์ต่อพืชทางอ้อม ในรูปของ NH_4^+ & NO_3^- เป็นปริมาณ ๒๕.๑๓ กก./เอเคอร์ ๑๐.๘๓ กก./เอเคอร์, $PO_4^{\equiv}$ = ๑๕.๘๘ กก./เอเคอร์ และ ๒,๑๐๗.๕ กก./เอเคอร์

น้ำที่ผ่านระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน มีค่า C.O.D. ประมาณ ๓๐๐.๔๔ มก./ลิตร เมื่อนำเข้าสู่ไร่ทดลองปลูกอ้อยในระยะเวลา ๙ เดือน จำนวน ๔ ครั้ง คิดเป็น Volumetric & B.O.D. loading ๓๖,๐๐๐ ลบ.เมตร/เอเคอร์ และ ๒,๔๔๒.๕๖ กก./เอเคอร์ ปริมาณน้ำเหล่านี้ได้ให้สารอินทรีย์จำพวกแยกสลายตัวได้ และให้สารที่มีประโยชน์ต่อพืชทางอ้อมในรูป NH_4^+= ๔๔.๐๑๖ กก./เอเคอร์, NO_3^- = ๔.๔๑๖ กก./เอเคอร์, $PO_4^{\equiv}$ =๔.๓๔ กก./เอเคอร์ และ K^+ =๑๔๔๕.๐๐ กก./เอเคอร์

น้ำคลองผลประทานคือน้ำที่ปกติชาวไร่อ้อยได้นำไปใช้ในการปลูกอ้อย โดยการปล่อยน้ำมาจากเขื่อนวชิราลงกรณ์ น้ำนี้มีค่า C.O.D. ประมาณ ๔๓.๓๔ มก./ลิตร เมื่อนำเข้าสู่ไร่ทดลองในระยะ ๙ เดือน จำนวน ๔ ครั้ง คิดเป็น Volumetric & B.O.D loading ได้ ๓๖,๐๐๐ ลบ.เมตร/เอเคอร์ และ ๑๒๔๐.๔ กก./เอเคอร์ ปริมาณน้ำเหล่านี้ให้สารอินทรีย์จำพวกแยกสลายตัวได้และให้สารที่มีประโยชน์ต่อพืชทางอ้อมในรูป NH_4 = ๑.๗๔๒ กก./เอเคอร์, NO_3^- = ๒.๕๗๔ กก./เอเคอร์, $PO_4^{\equiv}$ = ๐.๐๐ กก./เอเคอร์, K^+ = ๒๔๗.๐๐ กก./เอเคอร์

หลังจากอ้อยเริ่มงอกตั้งแต่ระยะ ๑๐ เดือน ได้ทำการเก็บข้อมูลและนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Variance Analysis พบว่า

๑. การเจริญเติบโตของอ้อยในรูปความสูง, การแตกกอ และความอ้วนในระยะเก็บเกี่ยว เมื่อนำมาวิเคราะห์โดย Variance พบว่าลักษณะของอ้อยที่ใช้น้ำเสียจาก Anaerobic Pond ให้การเจริญเติบโตต่ออ้อยมากกว่าใช้น้ำจาก Aerobic Pond และกลองรสประทานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

๒. น้ำหนักของอ้อย/ไร่ ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวปรากฏว่า น้ำหนักของอ้อยจากแปลงทดลองที่ใช้น้ำจากบ่อ Anaerobic Pond มีน้ำหนักมากกว่าอ้อยที่ในแปลงทดลองที่ใช้น้ำจาก Aerobic Pond และกลองรสประทานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

๓. ปริมาณ C.C.S (Commercial Cane Sugar) ของแปลงอ้อยทดลองทั้ง ๓ แปลง เมื่อทำการเก็บเกี่ยว และนำมาทำการวิเคราะห์ค่า C.C.S ของทั้ง ๓ แปลง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Variance Analysis เห็นได้ว่าค่า C.C.S ของอ้อยทดลองในแปลงที่ใช้น้ำเสียจากบ่อแบบใช้ออกซิเจนและกลองรสประทานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

๔. ภายหลังจากทำการวิเคราะห์คุณภาพของดินทั้งทางเคมีและทางฟิสิกส์แล้ว พบว่าสภาพของดินในแปลงทดลองทั้งสาม ไม่มีการเสื่อมสภาพ แต่กลับมีแร่ธาตุอาหารเพิ่มเป็นปริมาณสูงขึ้น และไม่ปรากฏว่าพบสารที่เป็นพิษต่อพืชไร่แต่ประการใดเลย

จึงสรุปผลได้ว่าเมื่อนำน้ำจากโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการเพาะปลูกนั้น สามารถนำมาใช้ได้ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อดินแต่ประการใด และน้ำเสียที่ออกมาจากโรงงานน้ำตาลโดยตรงเมื่อนำมาทำการหมักให้อยู่ในสภาวะที่ไม่ออกซิเจนแล้ว และนำเข้าไปหล่อเลี้ยงพืชไร่จะให้ผลผลิตของอ้อยต่อไร่สูง น้ำหนักมากและค่า c.c.s สูงกว่าการปลูกอ้อยโดยอาศัยธรรมชาติ

In this experiment the Wastewater after treated in anaerobic pond, effluent from aerobic treament unit and water from Irrigation canal (as control water) were used to grow sugar cane in experimental fields.

Water from the cut-let of Anaerobic pond with waste characteristics.

$C.O.D._{AV}$ = 352.45 mg/l

$B.O.D._{AV}$ = 164.27 mg/l

was feeded into the experimental field during the period of 9 months. The total loads of the whole period were

Volumetric loading = 36,000 m^3/acre

B.O.D. loading = 5914.00 kg/acre

This quantity of feeding water also provided useful fertilizer as follow.

Ammonium (NH_4^+)	25.93	kg/acre
Nitrate (NO_3^-)	10.83	kg/acre
Phosphate ($PO_4^{\equiv}$)	15.88	kg/acre
Potassium (K^+)	2107.5	kg/acre

Effluent from aerobic treatment unit with waste characteristics

$C.O.D._{AV}$	300.94	mg/l
$B.O.D._{AV}$	78.96	mg/l

was feeded into the experimental field during the period of 9 months. The total loads of the whold period were

Volumetried looding	36,000	m^3/acre
B.O.D. looding	2842.56	kg/acre

In this experiment the Wastewater after treated in anaerobic pond, effluent from aerobic treament unit and water from Irrigation canal (as control water) were used to grow sugar cane in experimental fields.

Water from the cut-let of Anaerobic pond with waste characteristics.

$C.O.D._{AV}$ = 352.45 mg/l

$B.O.D._{AV}$ = 164.27 mg/l

was feeded into the experimental field during the period of 9 months. The total loads of the whole period were

Volumetric loading = 36,000 m^3/acre

B.O.D. loading = 5914.00 kg/acre

This quantity of feeding water also provided useful fertilizer as follow.

Ammonium (NH_4^+)	25.93	kg/acre
Nitrate (NO_3^-)	10.83	kg/acre
Phosphate ($PO_4^{\equiv}$)	15.88	kg/acre
Potassium (K^+)	2107.5	kg/acre

Effluent from aerobic treatment unit with waste characteristics

$C.O.D._{AV}$	300.94	mg/l
$B.O.D._{AV}$	78.96	mg/l

was feeded into the experimental field during the period of 9 months. The total loads of the whold period were

Volumetried looding	36,000	m^3/acre
B.O.D. looding	2842.56	kg/acre

and this quantity of feeding water provided useful fertilizer as follow

Ammonium (NH_4^+)	44.016	kg/acre
Nitrate (NO_3^-)	4.816	kg/acre
Phosphate ($PO_4^{\equiv}$)	4.39	kg/acre
Potassium (K^+)	1,483.0	kg/acre

Water from irrigation canal with waste characteristics

$C.O.D._{AV}$	83.39	mg/l
$B.O.D._{AV}$	35.86	mg/l

was feeded into the control experimental field during the period of 9 months. The total load of the whole period were

Volumetric loading	36,000	m^3/acre
B.O.D. loading	1,290.4	kg/acre

and this quantity of irrigation water provided useful firtilizer as follow.

Ammonium (NH_4^+)	1.792	kg/acre
Nitrate (NO_3^-)	2.576	kg/acre
Phosphate ($PO_4^{\equiv}$)	0.00	kg/acre
Potassium (K^+)	297.00	kg/acre

After plantation, the results and data were collected and presented in tabular form. Then results and data are analyzed by using "Variance Analysis".

It can be concluded that.

1. The Growth rate, heights and Plenty (thickness of stem) were analyzed by using Variance Analysis. The results show the height and thickness of sugar cane from experimental field using water from Anaerobic ponds are higher and thicker significantly than those of sugar cane from experimental field using waterfrom aerobic pond and irrigation water.

2. Yield per rai, Weight of sugar cane/rai from experimental field using water from Anaerobic pond is higher significantly than those of sugar cane from experimental field using water from Aerobic pond and irrigation water.

3. Commercial Cane Sugar (C.C.S.) of sugar cane from experimental field using water from Anaerobic pond, Aerobic pond and irrigation water were tested and results were analyzed by using Varience Analysis. The result showed that C.C.S. of sugar cane from experimental field using water from Anaerobic pond is higher significantly than those of the other twos from experimental field using water from Aerobic irrigation water.

4. Soil in all experimental field was physically and chemically analyzed and found that there are no deterioration of soils conditions, toxic substances, but the plenty of soil is increased.

It can be concluded that sugar wastewater after being treated in Anaerobic pond feeded to sugar cane fields will increased yield per rai, and C.C.S. of sugar cane than those feeded with treated water from aerobic pond and irrigation water.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอขอบคุณกองควบคุมสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัย และอีกทั้งขอขอบพระคุณ อาจารย์มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, และอาจารย์ทวี จิตไมตรี และยังขอขอบพระคุณคณะอาจารย์กองเกษตรเคมีและกองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีรายนามดังต่อไปนี้ คือ

๑. อาจารย์ เคลื่อน แสงทอง นักเกษตร กองวิทยาการ

๒. อาจารย์ วิทิษฐ์ โชลิตกุล นักเกษตร กองเกษตรเคมี

นอกจากนั้น ยังขอขอบพระคุณ คุณวิสิทธิ์ น้อยพันธ์ ผู้อำนวยการกองควบคุมสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งท่านที่ได้กล่าวนามมานี้ได้มีส่วนช่วยในการแนะนำและอนุเคราะห์ชี้แจงถึงเนื้อหาสาระและวิธีการทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพของน้ำทางเกษตรกรรม เพื่อประกอบวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	รายการ	หน้า
๑	ตารางเปรียบเทียบผลการใส่ปุ๋ยสำหรับอ้อยพันธุ์ใส่ปุ๋ยก่อนตัดไปทำพันธุ์ ๗ วัน	๑๐
๒	แสดงเวลาที่ดีที่สุด เพื่อเลือกหาเวลาการตัดอ้อยที่เมืองซิคอทเทนคอทล์ แม็กซิโก	๑๕
๓	แสดงการวิเคราะห์เนื้อเยื่อของอ้อย	๒๖
๔	แสดงชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช	๓๘
๕	ความยากง่ายของการสลายตัวของสารอินทรีย์	
๖	คุณสมบัติทางเคมีของดิน	๘๐
๗	คุณสมบัติทางฟิสิกส์	๘๑
๘	การวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง	๘๗
๙	ลักษณะการให้น้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลที่ให้เข้าไร่ทดลองคิดเป็นปริมาตรและ	๙๐ – ๙๒
๑๐	ปริมาณความสกปรกในรูป B.O.D. และจำนวนน้ำที่ใส่เข้าไร่ทั้งหมด	๙๓
๑๑	ปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืช และมีอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลที่นำเข้าไร่ทดลองแต่ละเดือน	๑๔–๑๖
๑๒	แสดงค่าเฉลี่ยความสูงของอ้อยในแต่ละเดือน	๙๙–๑๐๓

ตารางที่	รายการ	หน้า
๑๓	การวัดเส้นรอบวงของอ้อยเมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยว	๑๐๔
๑๔	ลักษณะการแตกกอจนกระทั่งถึงตอนระยะเก็บเกี่ยว	๑๐๕
๑๕	ตารางการหาน้ำหนักของอ้อย	๑๐๖-๑๐๗
๑๖	ตารางการหาค่า C.C.S หน่วยเป็น %	๑๐๘-๑๐๙
๑๗	คุณสมบัติทางเคมีภายหลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อย	๑๑๐
๑๘	การเปรียบเทียบดินทางเคมีก่อนและหลังปลูกอ้อย	๑๑๑
๑๙	แสดงอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ้อย	๑๑๓
๒๐	แสดงอัตราการเจริญของต้นอ้อยเมื่อเทียบกับค่า B.O.D. Looding	๑๑๗
๒๑	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารและค่า B.O.D. ที่มีอยู่ในน้ำ	๑๒๕
๒๒	ตารางการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในรูปความสูง	๑๒๗
๒๓	การวิเคราะห์ความเจริญเติบโตในรูปความอ้วนของ	๑๒๘
๒๔	การวิเคราะห์ความเจริญเติบโตในรูปการแตกกอ	๑๒๙
๒๕	การวิเคราะห์ความเจริญเติบโตในรูปน้ำหนัก	๑๓๐
๒๖	การวิเคราะห์ความเจริญเติบโตในรูป C.C.S.	๑๓๑

116 , 73 - 76 , 43 , 120, 121, 122, 123

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่	รายการ	หน้า
๑	ขบวนการทำน้ำตาลทรายขาวจากอ้อยและจุดน้ำทิ้งในโรงงาน	๒
๒	อิทธิพลของความหนาของดินที่กลบท่อนอ้อยกับเปอร์เซนต์การงอก	๑๑
๓	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและ	๑๓
๔	แสดงการกระจายของธาตุโปแตสเซียมในอ้อยที่ขาดโปแตสเซียม และในอ้อยที่บำรุงด้วยธาตุโปแตสเซียมเป็นอย่างดี	๓๒
๕	แสดงส่วนประกอบของชิ้นส่วนและกอบของพืชที่ยังมีสีเขียวสด	๗๘
๖	แสดงการสลายตัวของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบอินทรีย์วัตถุ	๘๓
๗	แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในเขตจังหวัดกาญจนบุรีและราชบุรี	๗๔
๘	ผังบริเวณบ่อกำจัดน้ำเสียส่วนกลาง กรมโรงงานอุตสาหกรรม	๗๕
๙	ผังบริเวณไร่อ้อยที่ราษฎรต้องการน้ำเสียไปใช้ในการเกษตรกรรมไร่อ้อย	๗๖
๑๐	อัตราการเจริญเติบโตของอ้อยทดลองอันเนื่องมาจากน้ำที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน	๑๑๔

รูปที่	รายการ	หน้า
๑๑	ปริมาณ B.O.D. ที่ใส่เข้าไปในไร่ทดลองในแต่ละเดือนตลอดฤดูเก็บเกี่ยว	๑๑๕
๑๒	อิทธิพลของ B.O.D. สะสมที่มีต่อออยทดลองทั้ง ๓ แปลง	๑๑๖
๑๓–๑๔	ปริมาณธาตุอาหารของพืชที่ได้จากน้ำคลองชลประทาน	๑๑๘–๑๑๙
๑๕–๑๖	ปริมาณธาตุอาหารของพืชที่ได้จากน้ำเสียบ่อ A	๑๒๐–๑๒๑
๑๗–๑๘	ปริมาณธาตุอาหารของพืชที่ได้จากน้ำเสียบ่อ ๔	๑๒๒–๑๒๓
ก–๑	แสดงการจำแนกน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก	๑๕๕

รายการอักษรย่อ

อักษรย่อ	ความหมาย
A^{o}	angstrom unit
AV.	average or arithmatic means.
B.	Brix. percent first expressed juice
B.H.C	benzine hexa chloride
B.O.D	biological oxygen demand
C.	carbon or electrical conductivity
C_1, C_2, C_3 & C_4	salinity water
C^{o}	degree centigrade
Cal.	calculation
C.C.S.	commercial cane sugar
C.E.C	cation exchange capacity
Cm	centrimetre
cm^3	cubic centrimetre
C.O.D.	chemical oxygen demand
C.V	coefficient of variation
df	degree of freedom.
F	fibre percent cane
F-ratio	Variance of treatment per Variance of error.
g	gram
Ha	alternative hypothesis
Ho	null hypothesis
Kg	kilogram
kg/acre	kilogram per acre
l	litre
L.S.R	least significant range
m	metre
m^3	cubic metre
mg	milligram
ml	millilitre
me	milliequivalent

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

อักษรย่อ	ความหมาย
m^3/acre	cubic metre per acre
mg/l	milligram per litre
n	nitrogen
p	phosphorus
P.M.A	phenyl mercury acetate
p.p.m	part per million
pol.	polarization of first expressed juice
Q	volumetric of waste water
Q 83.	Cuba 83
S.	sodium absorption ratio
S_1, S_2, S_3 & S_4	sodium water
S.A.R	sodium absorption ratio
S.S	sum of square
S.S.R	significant studentized range
YR.	yellow red
%	percentage
กก.	กิโลกรัม
กก./ลบ.ม.	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ซม.	เซนติเมตร
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
ลบ.ซม.	ลูกบาศก์เซนติเมตร
ลบ.ม.	ลูกบาศก์เมตร

สารบัญ

บทที่	หัวข้อเรื่อง	หน้า
	หัวข้อเรื่องวิทยานิพนธ์ภาษาไทย	
	หัวข้อเรื่องวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ	
	อนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ภาษาไทย	
	อนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ	
	บทคัดย่อภาษาไทย	ฉ
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
	กิตติกรรมประกาศ	ฌ
	รายการตารางประกอบ	ฎ
	รายการภาพประกอบ	ฑ
	รายการอักษรย่อ	ฒ
I	บทนำ (Introduction)	
	๑. กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย และน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำตาล	๑
	๒. จุดประสงค์ของการวิจัย	๓
	๓. ขอบข่ายของการวิจัย	๕
II	ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผู้อื่นทำมาแล้ว (Literature Review)	
	๑. สภาวะการทำไร่อ้อยในประเทศไทย	๗
	๒. เทคนิคบางประการเกี่ยวกับการปฏิบัติการเกษตรกรรมไร่อ้อย	๙
	๓. ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของอ้อย	๑๔
	- ชนิดของท่อนพันธุ์อ้อย (kind of seedpiece)	
	- การปฏิบัติต่อท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (seedpiece treatment)	
	- การแช่ท่อนพันธุ์อ้อยด้วยน้ำร้อน (hot water treatment)	
	- การลอกกาบใบอ้อยก่อนปลูก	

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ความระมัดระวังความเสียหายอันอาจจะเกิดขึ้นแก่ตาและท่อนพันธุ์อ้อย
- ท่อนพันธุ์อ้อยที่ตัดเสร็จแล้วควรรีบนำไปปลูกให้เร็วที่สุด

๔. ธาตุอาหารที่บำรุงต้นอ้อย ๒๓

- การดูดธาตุอาหารของอ้อย (Nutrient up-take) ๒๓

ส่วนประกอบของอ้อย (Composition of sugar cane) ๒๔

- ความต้องการของธาตุไนโตรเจน(Nitrogen requirement) ๒๗
- ความต้องการของธาตุฟอสฟอรัส(Phosphorus requirement) ๒๙
- ความต้องการของธาตุโปแตสเซียม(Potassium requirement) ๓๐
- ธาตุอาหารที่สำคัญรองลงมาและธาตุอาหารที่จำเป็น (Secondary and micronutrients) ๓๓

๕. อินทรียวัตถุในดิน ๓๕

๑. ความสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน (Importance of soil organic matter) ๓๕

๒. แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุ (Source of organic matter) ๓๗

๓. องค์ประกอบของพืชชั้นสูง (composition of higher plant tissue) ๓๘

๔. การสลายตัวของชิ้นส่วนของพืชหรือสัตว์ (decomposition of plant or organic tissue) ๔๐

- สภาวะแวดล้อมของการสลายตัว (environmental condition of organic matter decomposition) ๔๔

- ผลที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (products of organic matter decomposition)

๖. สิ่งที่มีชีวิตในดิน ๕๕

- องค์ประกอบของดินชนิดและความสำคัญของสิ่งมีชีวิตในดิน (major groups and importance of soil organisms) ๕๔

- สัตว์ (animal tauna) ๕๗

- พืช (Plant flora) ๕๘

- Bacturia ๕๘

- Actinomycetes ๕๘

- Fungi ๕๙

- algae ๖๑

- กิจกรรมทางชีวะเคมีของจุลินทรีย์ (biochemical activities of micro-organism) ๖๓

- การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (organic matter decomposition) ๖๗

- การแปรสภาพของสารอินทรีย์ (transformation of organic compounds) ๖๘

๗. ความสำคัญของความชื้นของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช ๗๑

III แผนการศึกษาทดลองและค้นคว้า (Experimental investigation)

๑. แสดงลักษณะทั่วไปของแปลงทดลอง ๗๓

๒. การทดสอบขั้นต้นเกี่ยวกับแปลงทดลอง ๗๗

- คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของดินบริเวณแปลงทดลอง ๗๗

- รายละเอียดจากสถานที่ ๗๗
- ข้อมูลเกี่ยวกับดินโดยทั่วไป ๗๗
- ลักษณะของดินในแนวหน้าตัด ๗๘
- สรุปผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดิน ๘๒
- การกำหนดพันธุ์อ้อยทดลอง ๘๓

๓. การปรับสภาวะพื้นดินและการเพาะปลูกอ้อยในแปลงทดลอง ๘๓
- การเตรียมแปลงทดลอง ๘๓
- ลักษณะอ้อยพันธุ์ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง ๘๕
- การนำอ้อยพันธุ์มาทำการปลูกในแปลงทดลอง ๘๕

๔. การให้น้ำเข้าไร่ทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ๘๘

๕. การจัดเก็บข้อมูลในขณะที่อ้อยกำลังเจริญเติบโตจนถึงเวลาเก็บเกี่ยว ๙๘

๖. การวิเคราะห์ดินแปลงทดลองขั้นสุดท้าย ๑๑๒

IV วิจารณ์ผลการทดลองที่ได้รับ (Discussion of results) ๑๑๓
- อิทธิพลของสารละลายที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งมีผลต่ออ้อยในแปลงทดลองอย่างไร ๑๑๓
- การวิเคราะห์ทางสถิติศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบความเจริญเติบโตของต้นอ้อยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำเสียที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน ๑๒๖
- ปริมาณน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลที่สามารถกำจัดได้โดยวิธีนำไปใช้ในการเกษตรกรรมไร่อ้อย ๑๓๖

สรุปผลการทดลอง (Conclusion) ๑๓๘

บรรณานุกรม (References) ๑๓๙

ภาคผนวก (Appendix) ๑๔๒

แสดง วิธีวิเคราะห์ หาค่าความแปรปรวน ๑๔๓
(variance analysis)
แสดงวิธีจำแนกคุณลักษณะของน้ำ ที่นำไปใช้ในการเกษตรกรรม ๑๕๓
คุณลักษณะของน้ำที่จะนำไปใช้ในการเกษตรกรรม จำแนกตาม ๑๕๖
ความนำไฟฟ้า และ ปริมาณโซเดียม
แสดงวิธีคำนวณหาค่า (Commercial cane sugar) ๑๕๙
ตัวอย่างวิธีคำนวนเปลี่ยนกราฟให้เป็นเส้นตรง โดยวิธี ๑๖๐
least square method
ปริมาณจุรินทร์ทรีย์ที่มีอยู่ในโรงงานปรับคุณภาพน้ำกรมโรงงาน ๑๖๔
อุตสาหกรรม
ค่าเฉลี่ยอุตุนิยมวิทยาการเกษตร ๑๖๕