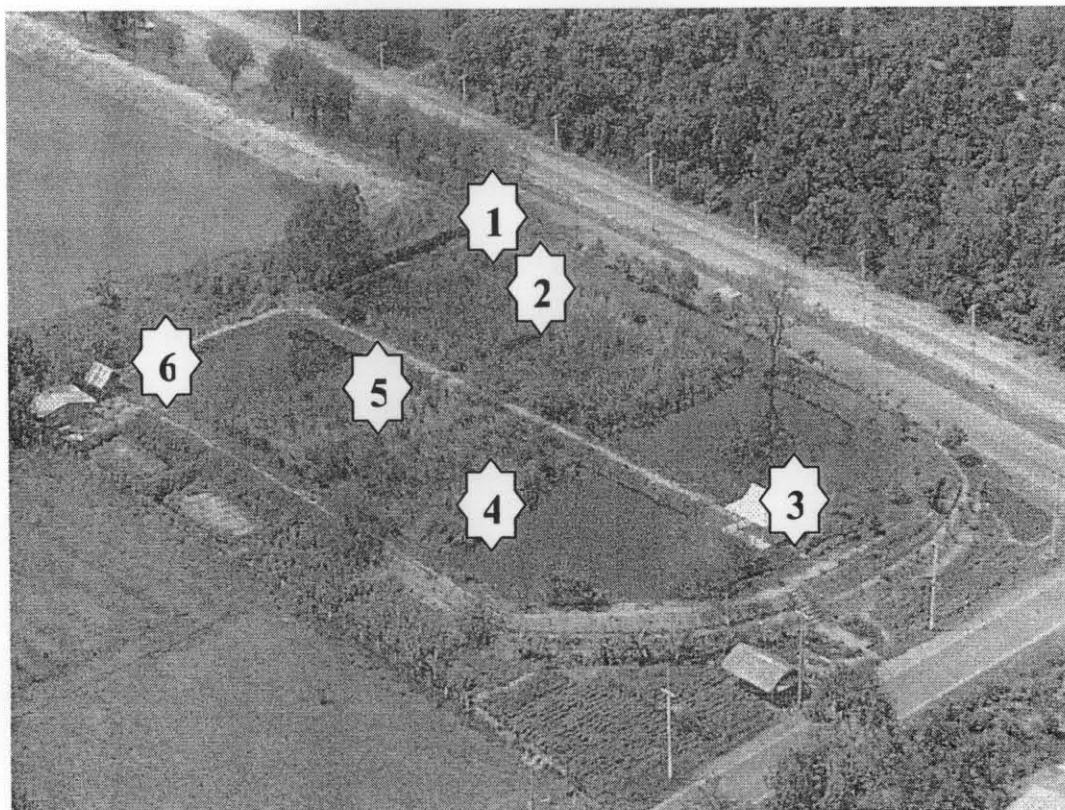


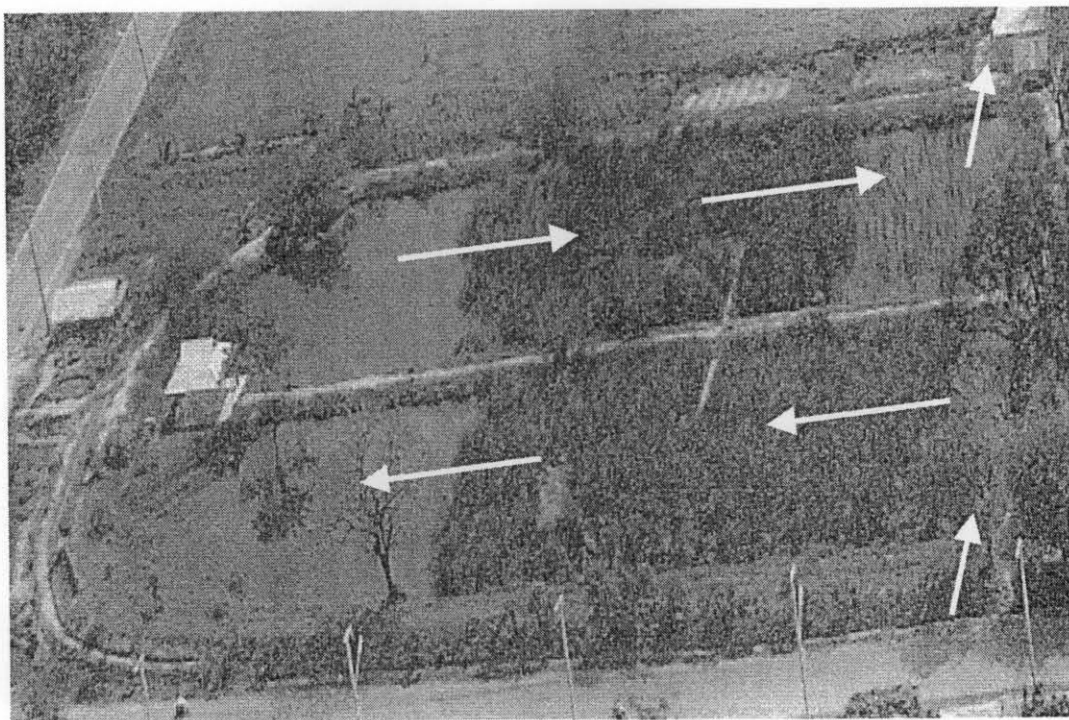
ภาคผนวก



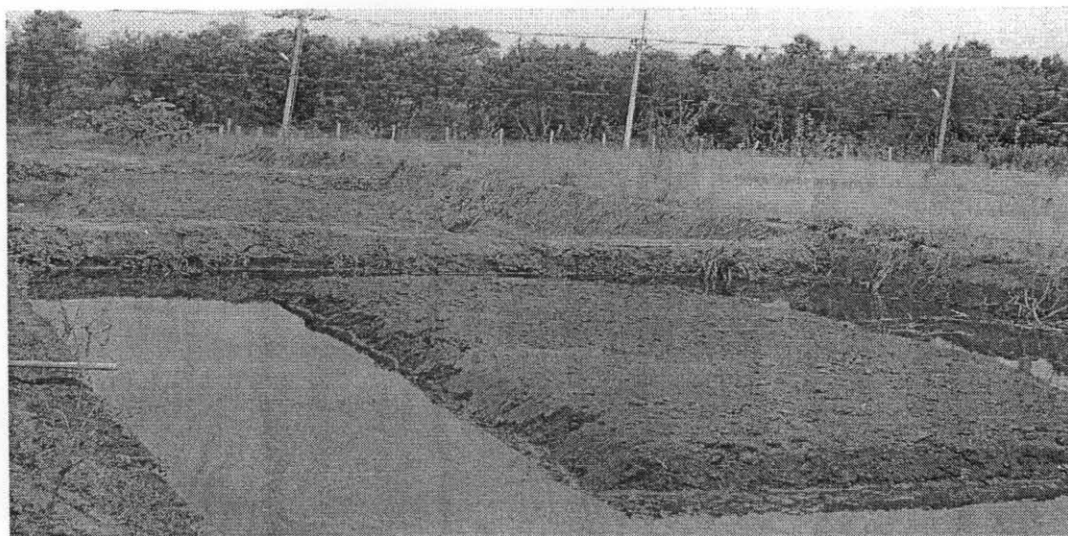
ภาพผนวกที่ 1 ภาพมุมสูงของพื้นที่บริเวณทดลอง บึงประดิษฐ์หอ 9 หลัง

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
pH	7.3	7.0	7.1	7.8	7.3	7.3
DO (mg/l)	1.5	2.0	5.6	6.0	2.5	5.0
BOD (mg/l)	60	27	25	20	18	15
Fecal Coli form Bacteria (MPN/100ml)	300,000	-	140,000	50,000	-	5,000
ฟอสเฟต (mg/l)	5.58	5.83	5.51	5.51	5.45	7.07
สารอินทรีย์ไนโตรเจน (mg/l)	11.6	-	5.2	6.3	4.5	7.1
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)	33.2	-	39.6	32.9	36.1	37.7



ภาพผนวกที่ 2 ทิศทางการไหลของน้ำในระบบบึงประดิษฐ์



ภาพผนวกที่ 3 แปลงปลูกพืชสาธิตแบบร่องจีนโดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบึงประดิษฐ์



ภาพผนวกที่ 4 แปลงปลูกพืชสาธิตโดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบึงประดิษฐ์

1. การคำนวณหาพื้นที่ใบข้าวโพด

คำนวณหาพื้นที่ใบข้าวโพดโดยใช้วิธีของซิมสัน(Simson's rule) โดยแบ่งความยาวกึ่งกลางของใบข้าวโพด มีสูตรคำนวณดังนี้

หาพื้นที่ด้านขวาของใบข้าวโพด(A_1)

$$A_1 = d/3 [h_1 + h_n + 2(h_3 + h_5) + 4(h_2 + h_4 + h_6)]$$

หาพื้นที่ด้านซ้ายของใบข้าวโพด(A_2)

$$A_2 = d/3 [h_1 + h_n + 2(h_3 + h_5) + 4(h_2 + h_4 + h_6)]$$

หาพื้นที่รวมของใบข้าวโพด $= A_1 + A_2$

ตัวอย่างการคำนวณ

พื้นที่ถูกแบ่งความยาวกึ่งกลางโดยวัดทุกระยะ 30 หน่วย และมีความสูงซ้ายขวา ซึ่งมีข้อมูลตามตาราง

ความกว้างด้านซ้าย	ความยาวแต่ละช่วง	ความกว้างด้านขวา
24.2	0	25.5
19.8	30	28.1
42.1	60	39.2
46.2	90	28.3
17.8	120	25.5
15.5	150	18.2
10.2	180	15.8

หาพื้นที่ด้านขวาของใบข้าวโพด(A_1)

$$\begin{aligned} A_1 &= d/3 [h_1+h_n+2(h_3+h_5)+4(h_2+h_4+h_6)] \\ &= 30/3 [(25.5+15.8)+2(39.2+25.5)+4(28.1+28.3+18.2)] \\ &= 4,691 \text{ ตารางหน่วย} \end{aligned}$$

หาพื้นที่ด้านซ้ายของใบข้าวโพด(A_2)

$$\begin{aligned} A_2 &= d/3 [h_1+h_n+2(h_3+h_5)+4(h_2+h_4+h_6)] \\ &= 30/3 [(24.2+10.2)+2(42.1+15.5)+4(19.8+46.2+17.8)] \\ &= 4,848 \text{ ตารางหน่วย} \end{aligned}$$

รวม A_1+A_2

$$= 4,691+4,848 = 9,539$$

ตารางภาคผนวกที่ 2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ และเคมีดินของดินก่อนการทดลองที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร

คุณสมบัติ	ดินดอนห้วยไธสง
Sand (%)*	87.41
Silt (%)*	6.53
Clay (%)*	6.06
pH(1:1 H ₂ O)	5.75
OM(%)	0.28
Total N(%)	0.02
Available P(ppm)	2.20
Exchangeable K(ppm)	40.90

หมายเหตุ : ข้อมูลจาก สจ๊วต ปัญญาฤกษ์ (2540)

2. เครื่องมือวัดความหวานน้ำตาล

2.1 Refractometer ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้

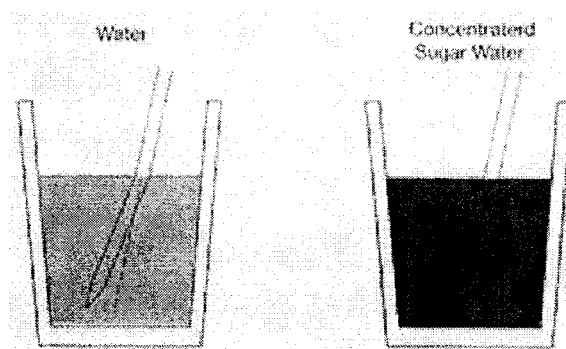
Refractometers หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดการหักเหของแสง เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งสู่อีกตัวกลางหนึ่ง เช่น จากอากาศสู่น้ำ จากน้ำสู่คริสตัล (crystal) โดยการเคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้เกิดความต่างของตัวแปรที่มีผล เช่น มุม ความเร็ว หรือดัชนีหักเหของแสงของตัวกลาง เป็นต้น

2.2 การหักเหของแสง (Refraction)

เมื่อนำหลอด ๆ หนึ่งจุ่มลงในแก้วน้ำที่มีน้ำอยู่ จะสังเกตเห็นการโค้งงอของหลอด และถ้าน้ำที่มีอยู่ในแก้วมีน้ำตาลละลายอยู่ หลอดก็จะโค้งงอมากขึ้น (อธิบายดังรูปที่ 1) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การหักเหของแสง (refraction) Refractometers คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการหักเหของแสงนี้ โดยหลักการทำงานของ refractometers จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสาร (เช่นการละลายของน้ำตาลในน้ำ) และจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกับความหนาแน่น (เราจะสังเกตเห็นการโค้งงอของหลอดมากขึ้น) refractometers ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาโดย Dr. Ernst Abbe นักวิทยาศาสตร์ เยอรมัน/ออสเตรีย ในต้นศตวรรษที่ 20

2.3 หลักการของ refractometer

การตรวจสอบค่าดัชนีหักเหของแสง (refractive index) สามารถทำได้ 2 ระบบ คือ ระบบการส่องผ่านของแสง (transparent system) และ ระบบการสะท้อนของแสง (reflection system) โดย refractometers ที่ใช้ระบบของการสะท้อนของแสง คือ Hand-held Refractometers และ Abbe Refractometers ส่วน refractometers ที่ใช้ระบบของการส่องผ่าน คือ digital refractometers



ภาพผนวกที่ 5 ภาพแสดงการหักเหของแสงผ่านตัวกลาง

2.4 ระบบการส่องผ่าน

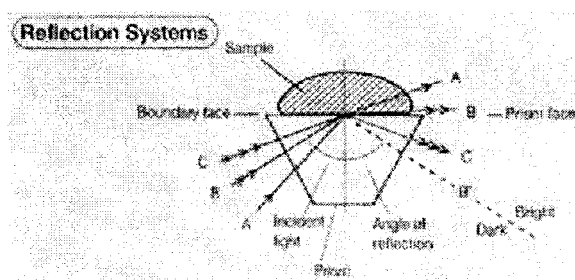
ระบบการตรวจสอบสำหรับ hand-held Refractometers สรุปได้ดังนี้

- ในรูปด้านล่าง การตรวจสอบจะใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์หักเหของแสงบนรอยต่อระหว่างปริซึม และสารละลายตัวอย่าง โดยที่ดัชนีหักเหของปริซึมมากกว่าของสารละลายตัวอย่าง

- ถ้าตัวอย่างเจือจาง จะทำให้มุมของการหักเหกว้าง (ตำแหน่ง "a" รูปที่ 2) เนื่องจากมีความต่างของดัชนีหักเหของแสงระหว่างปริซึมกับสารละลายตัวอย่างมาก แต่ในทางตรงกันข้าม
- ถ้าตัวอย่างเข้มข้น มุมของการหักเหจะแคบ (ตำแหน่ง "b" รูปที่ 2)

2.5 ระบบการสะท้อน

ระบบการตรวจสอบสำหรับ digital refractometers สามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพผนวกที่ 6 ภาพระบบการสะท้อนของแท่งปริซึม

ในภาพผนวกที่ 6 แสง A ที่ตกกระทบทางด้านล่างซ้ายของปริซึมจะไม่สะท้อนกลับบริเวณรอยต่อแต่จะทะลุผ่านสารละลาย

ตัวอย่าง แสง B จะสะท้อนตามรอยต่อและขนานกับพื้นผิวสัมผัสไปทางด้านขวา และแสง C มีมุมตกกระทบที่มากกว่าที่จะทะลุผ่านสารละลายตัวอย่างไปได้หรือก็คือมีมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤตจึงทำให้แสงที่ตกกระทบสะท้อนกลับหมดในทางด้านขวา

ผลที่ได้บริเวณรอยต่อที่ให้ทั้งส่วนมืดและส่วนสว่างบริเวณที่เป็นรอยปะ (เส้น B) ในรูปมุมของการสะท้อนบริเวณเส้นรอยต่อจะเป็นอัตราส่วนกับดัชนีหักเหของแสง ตำแหน่งของเส้นรอยต่อระหว่างส่วนมืดกับส่วนสว่างจะถูกตรวจจับโดย sensor และถูกเปลี่ยนไปเป็นค่าดัชนีหักเหของแสง

2.6 Brix (%) Scale

ค่าของ Brix (%) จะแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลายน้ำ (water solution) ปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ทั้งหมด (soluble solid) คือผลรวมของของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด เช่น น้ำตาล เกลือ โปรตีน กรด เป็นต้น และค่าที่อ่านได้จะออกมาในรูปผลรวมของปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยพื้นฐานแล้ว Brix (%) จะทำการสอบเทียบ (calibration) กับสารละลายน้ำตาลอ้อย (cane sugar solution) 100 กรัม ดังนั้นเมื่อมีการวัดสารละลายน้ำตาล ค่า Brix (%) ที่ได้จะเป็นความเข้มข้นของน้ำตาลที่แท้

จริง สำหรับสารละลายอื่นๆ ที่มีหลายองค์ประกอบ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเทียบกลับเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่แท้จริง

2.7 การประยุกต์ใช้งานของ Refractometers

ผลไม้ เมื่อวัดความเข้มข้นของน้ำตาลในผลไม้ มีการนำ refractometers ไปใช้ประโยชน์ดังนี้

- การกำหนดเวลาในการเก็บเกี่ยวได้อย่างถูกต้อง
- การแยกกลุ่มและแบ่งเกรดของผลไม้ก่อนการขนส่งต่อไป
- ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลเป็นดัชนีชี้ค่าสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์ และสถานะของการเจริญเติบโต

อุตสาหกรรมอาหาร การวัดความเข้มข้นของน้ำตาลหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (%) ของผลิตภัณฑ์อาหาร มีการประยุกต์ใช้ Refractometers ดังนี้

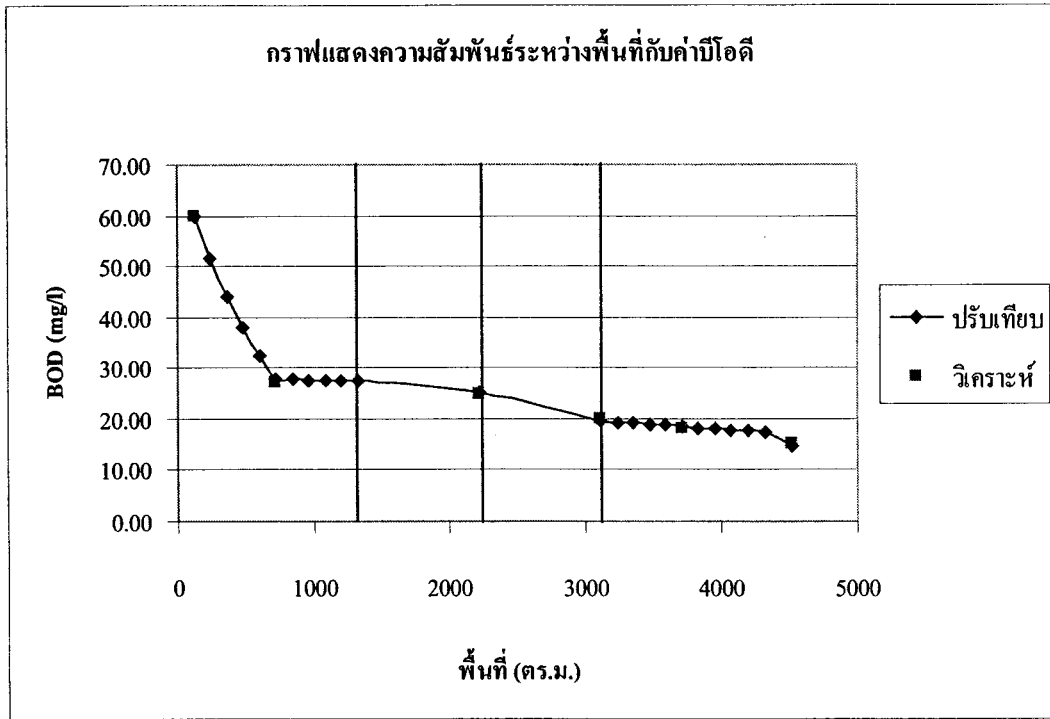
- การหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน (standardization) ของผลิตภัณฑ์
- การวัดค่าอัตราส่วนของสารผสมสำหรับสารละลายที่ให้รสชาติของน้ำอ้อย
- นำมาเป็นแนวความคิดสำหรับการควบคุมการส่งออก และมาตรฐานสากลอื่น
- การเปรียบเทียบคุณภาพกับมาตรฐานหรือคู่แข่ง
- มีข้อมูลสำหรับการพัฒนา และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

ทางด้านอุตสาหกรรมอื่นๆ และในด้านการวิจัย

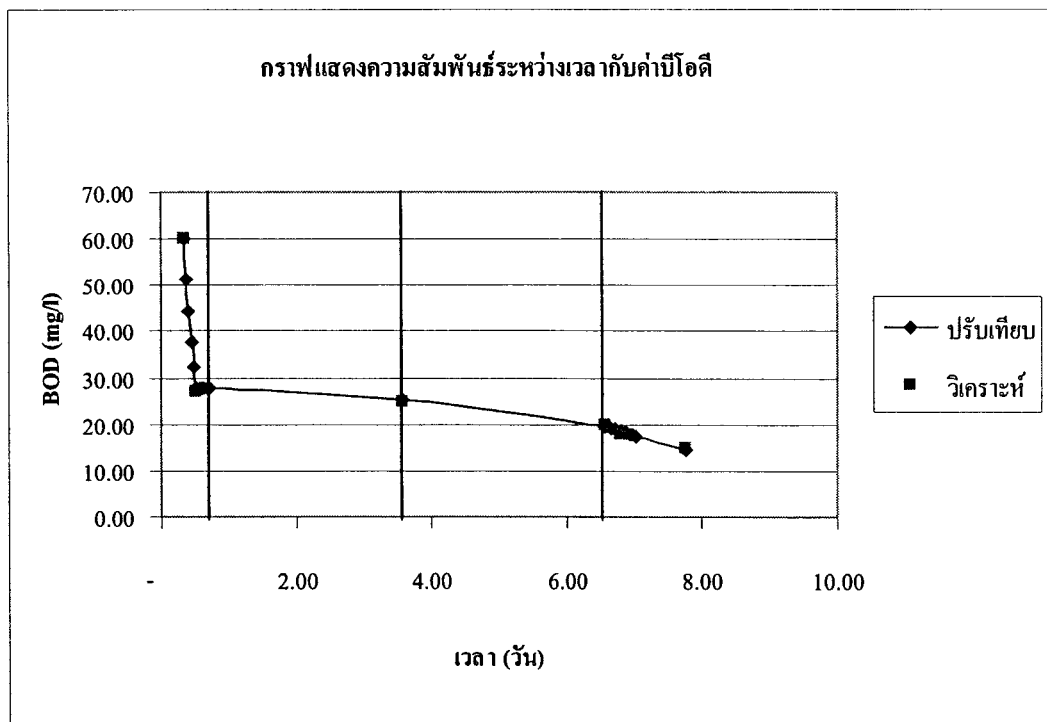
• ใช้ควบคุมความเข้มข้นที่เหมาะสมของการคั้ดแยกน้ำมันจะทำให้สามารถควบคุมการเกิดสนิมได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการคั้ดแยกเพิ่มขึ้น

• ใช้ตรวจวัดการหลั่งสารในสัตว์และพืชเพื่อนำไปใช้สำหรับการวิจัยพัฒนาและปรับปรุงในด้านการเจริญเติบโต และสถานะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง

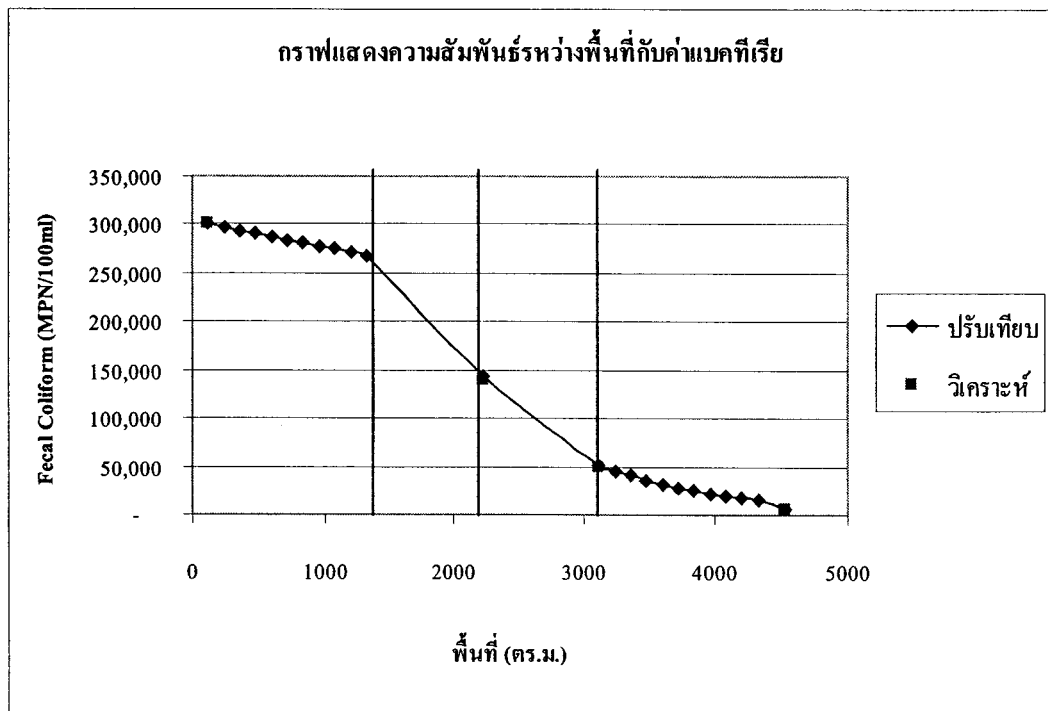
3. ข้อมูลน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์หอ 9 หลังมหาวิทยาลัยขอนแก่น



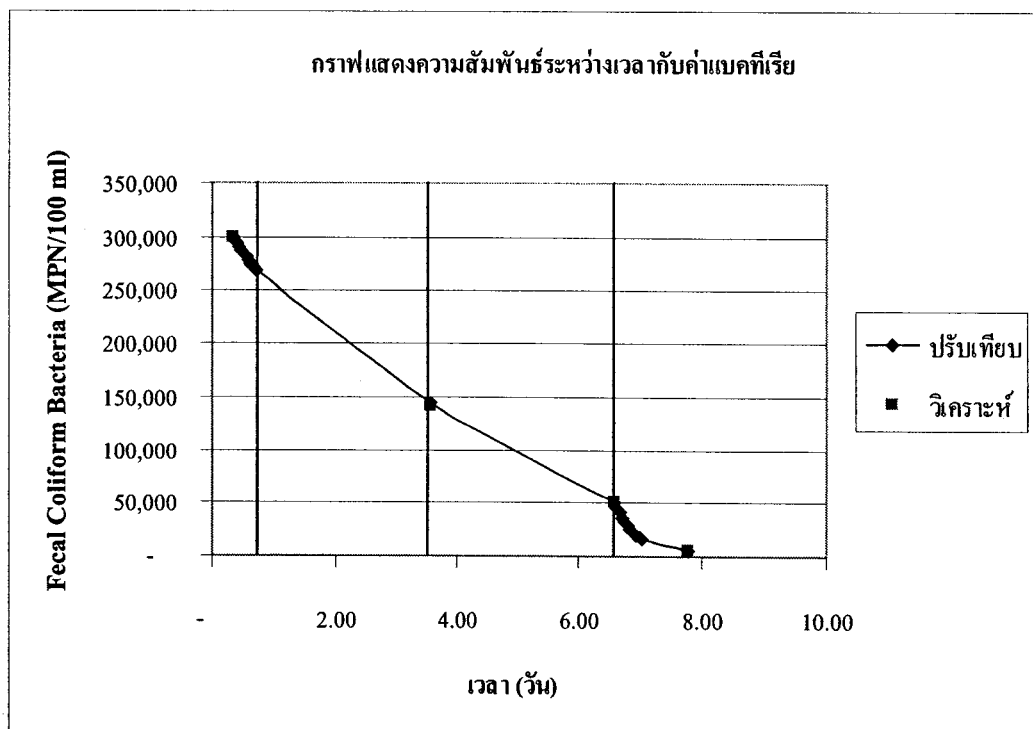
ภาพผนวกที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับค่าบีโอดี



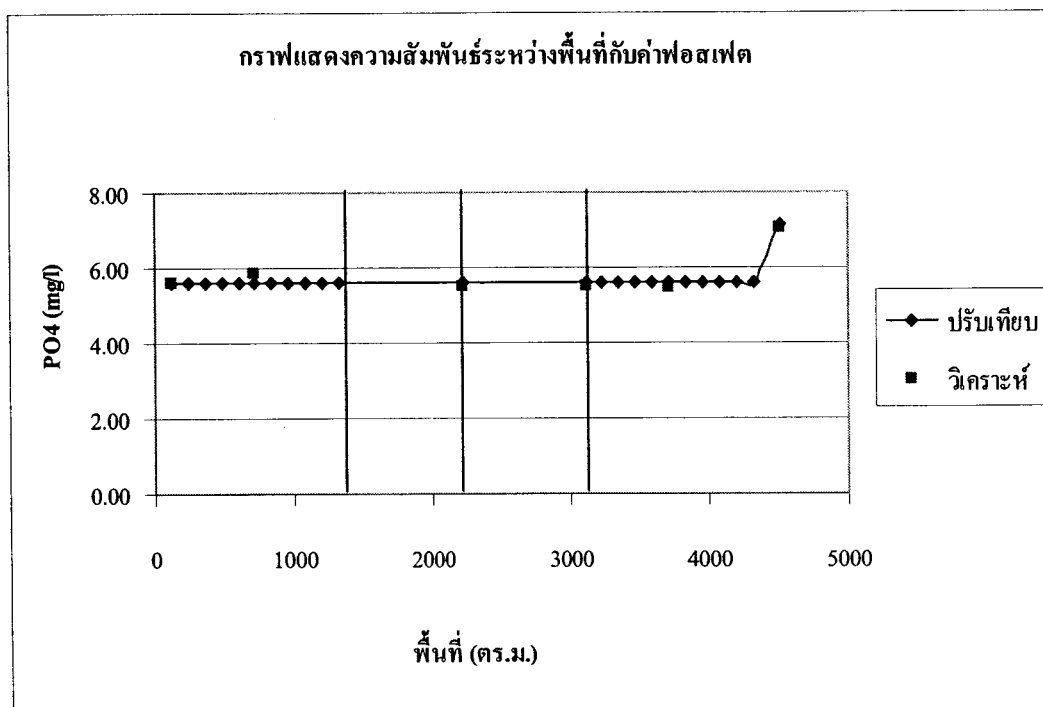
ภาพผนวกที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าบีโอดี



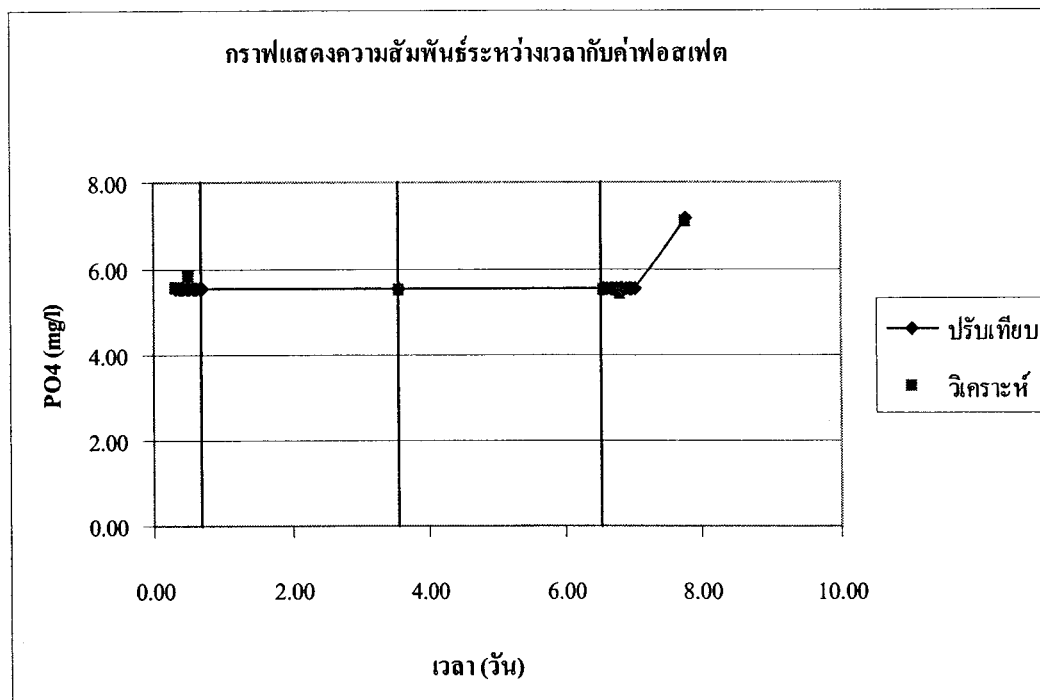
ภาพผนวกที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับค่าแบคทีเรีย



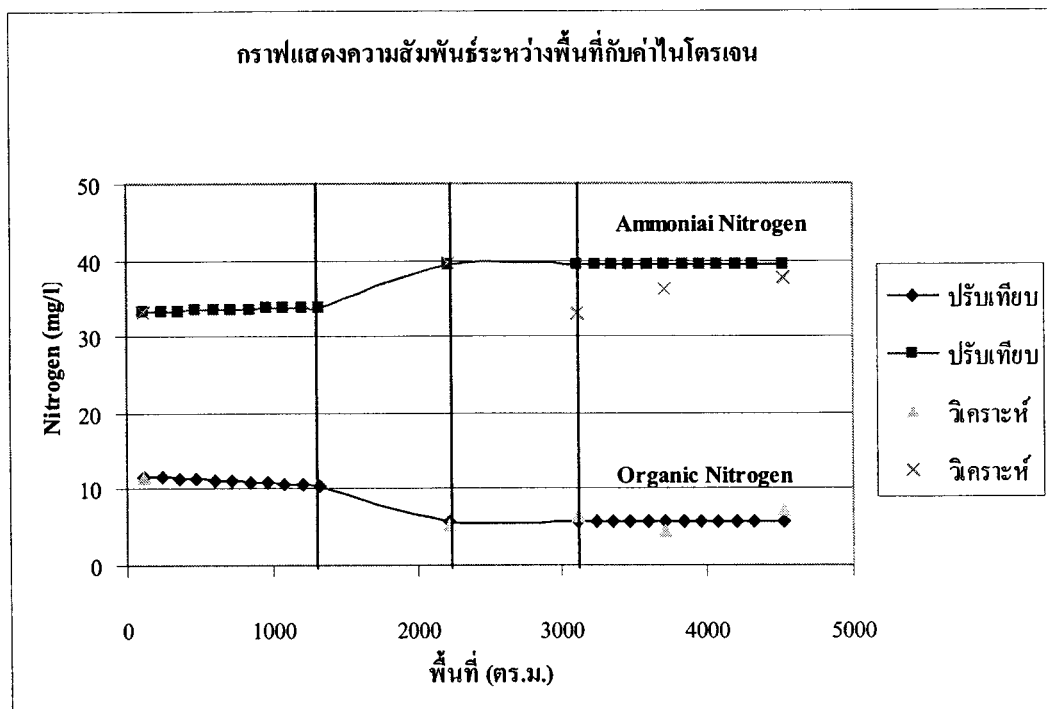
ภาพผนวกที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าแบคทีเรีย



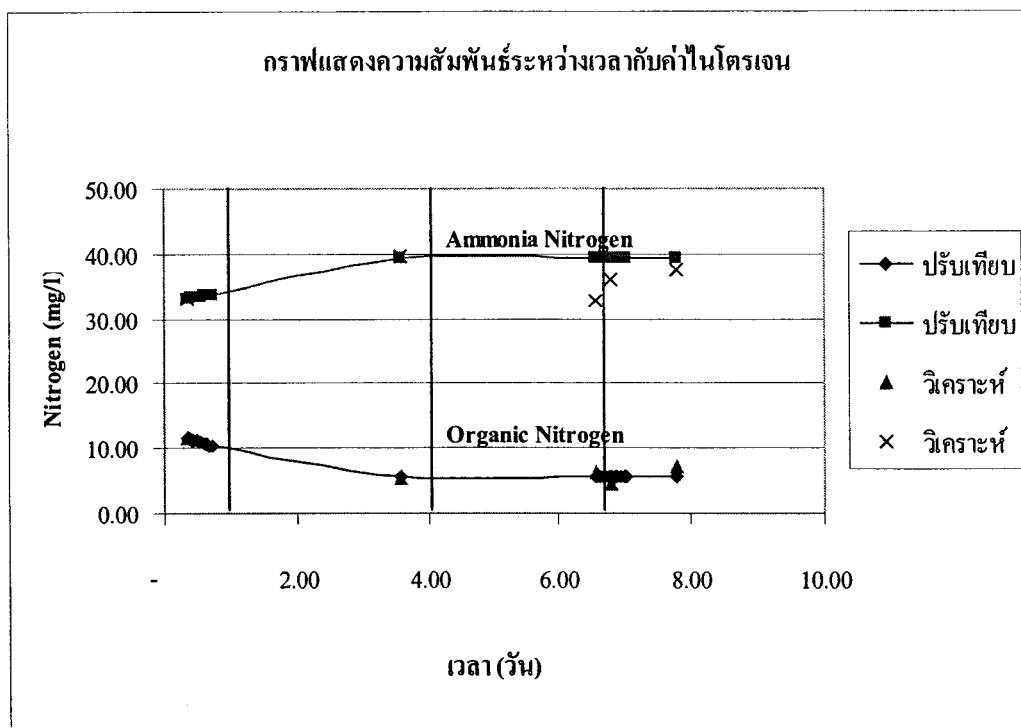
ภาพผนวกที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับค่าฟอสเฟต



ภาพผนวกที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าฟอสเฟต

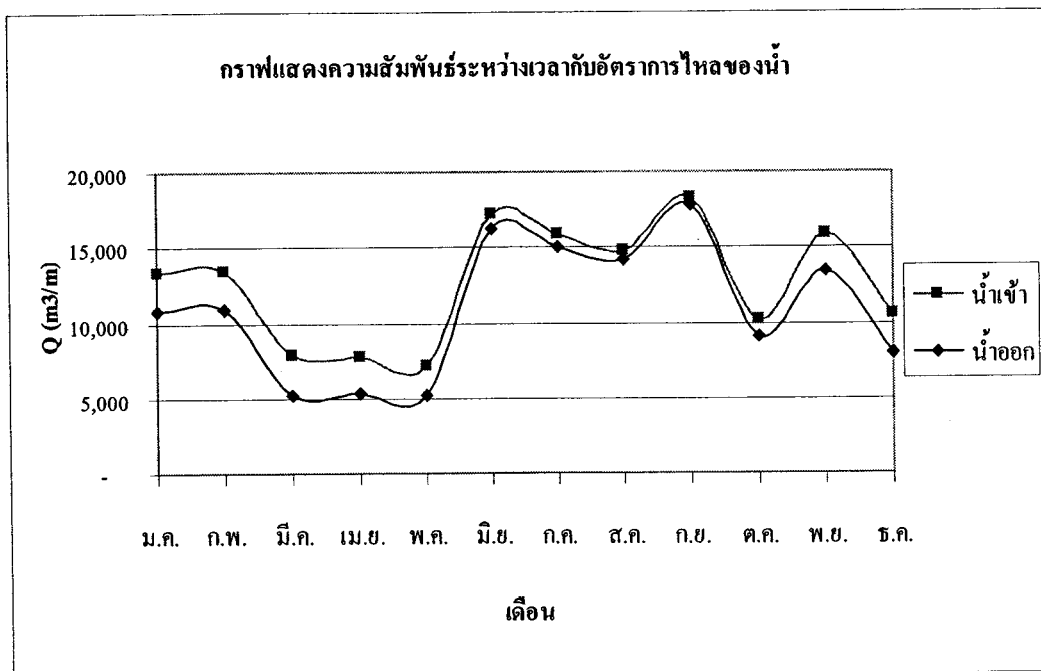


ภาพผนวกที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับค่าไนโตรเจน

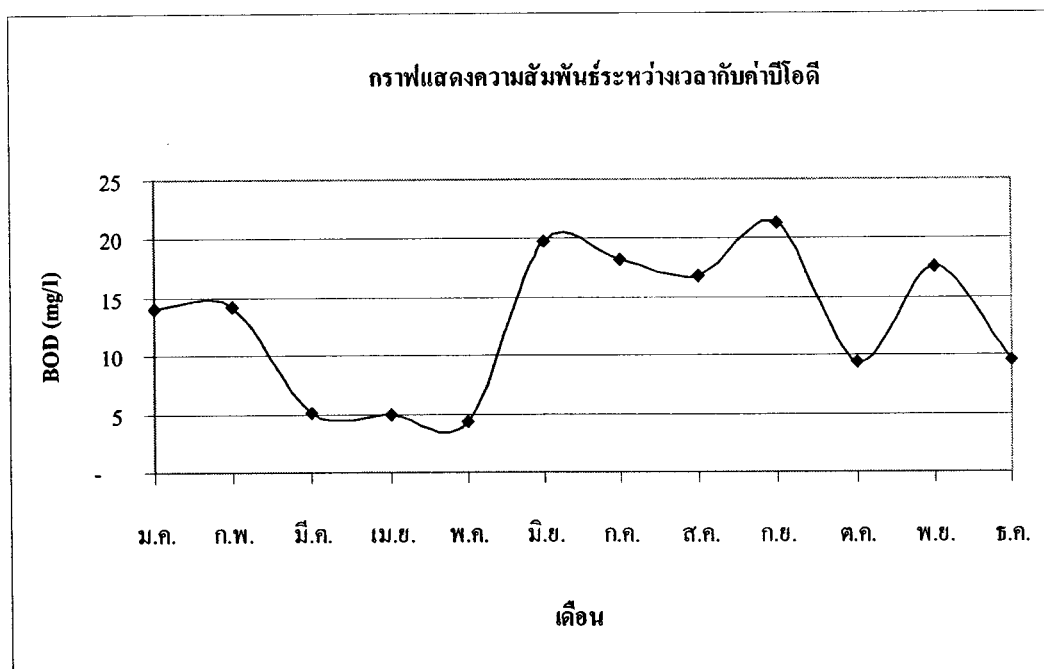


ภาพผนวกที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าไนโตรเจน

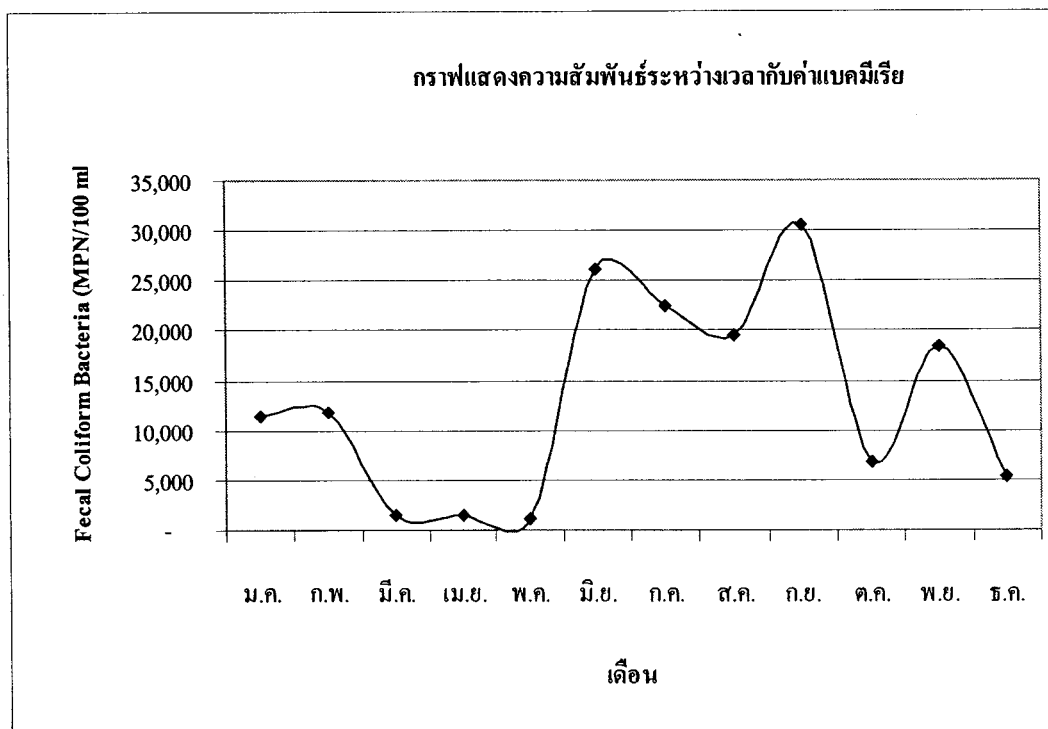
4. กราฟทำนายปริมาณ และคุณภาพน้ำ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



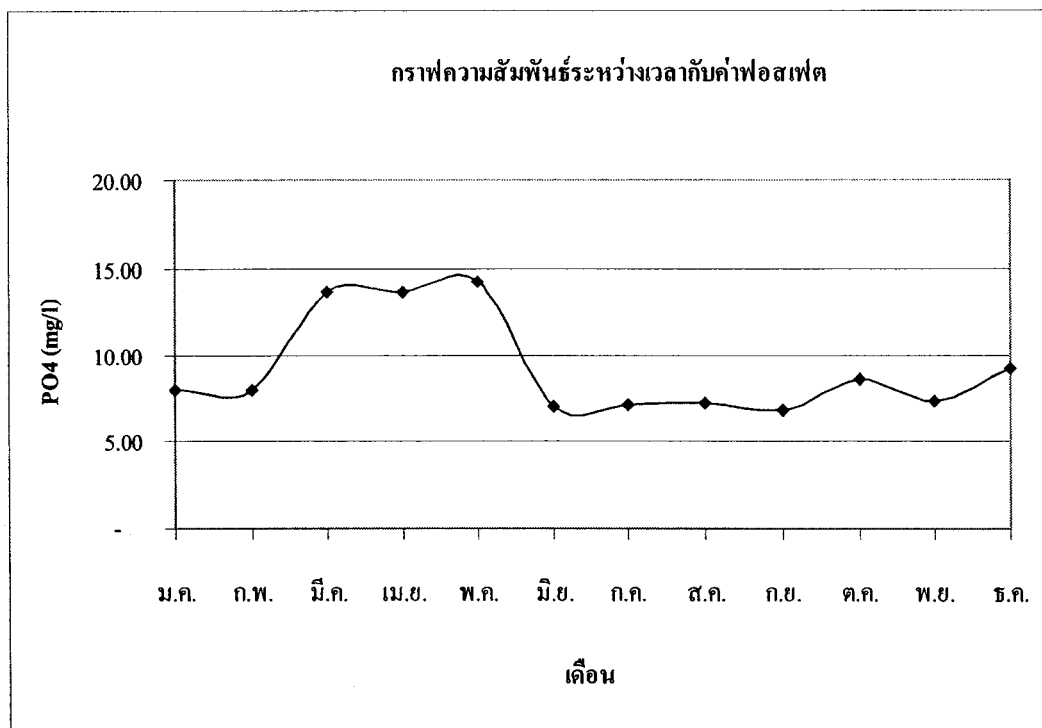
ภาพผนวกที่ 15 อัตราการไหลของน้ำในระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี



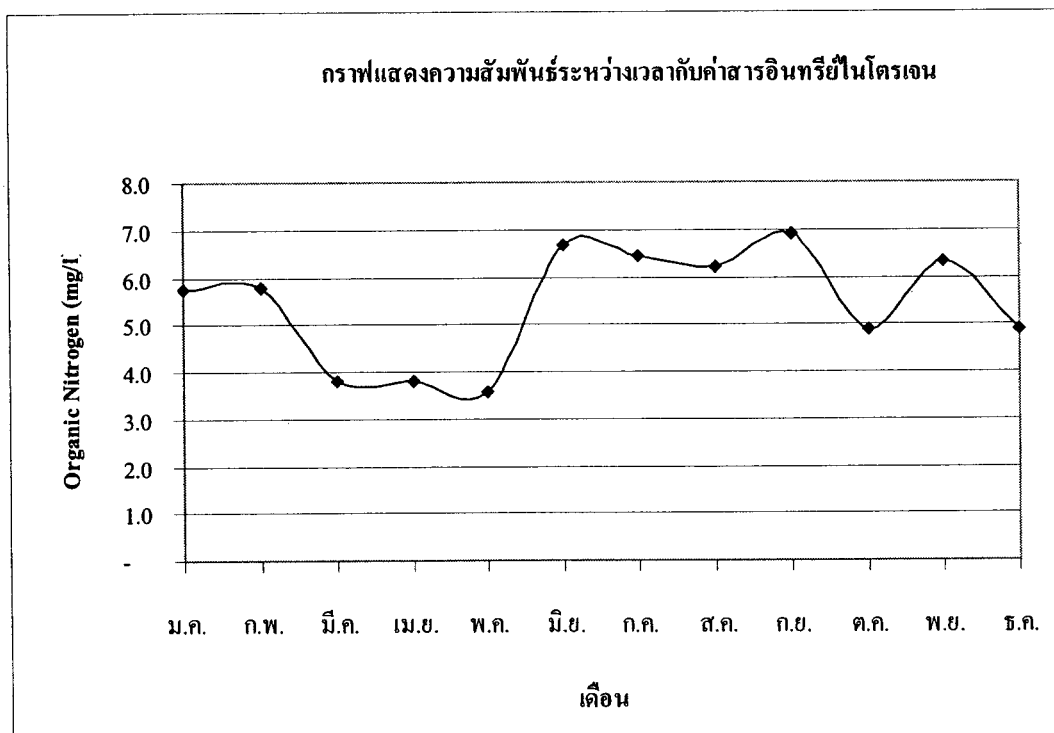
ภาพผนวกที่ 16 ค่าบีโอดีที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี



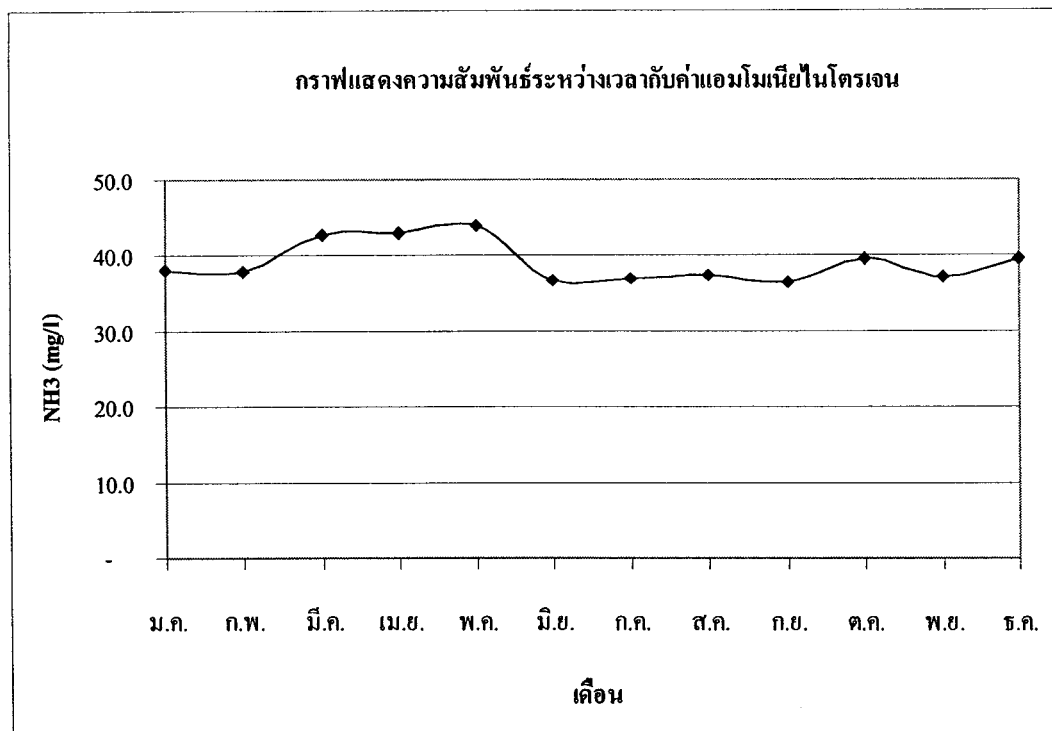
ภาพผนวกที่ 17 ค่าแบคทีเรียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี



ภาพผนวกที่ 18 ค่าฟอสเฟตที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี



ภาพผนวกที่ 19 ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ผ่านจากบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี



ภาพผนวกที่ 20 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ในรอบ 1 ปี

5. ค่าปริมาณน้ำที่พืชใช้ในแปลงทดลองในหนึ่งฤดูปลูก

การใช้น้ำของพืช เก็บข้อมูลโดยทำการวัดปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยลงสู่แปลงปลูก และทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มให้น้ำจนหยุดการให้น้ำ และนำไปคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยลงสู่แปลง โดยนำอัตราการไหลของน้ำคูณด้วยเวลา จะได้ปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละครั้งและทำการเก็บข้อมูลทุกครั้งที่ทำกรให้น้ำและนำมารวมกันจะได้ปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดูปลูก

ตัวอย่างการคำนวณ ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากท่อขณะปล่อยน้ำด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ได้ปริมาณเฉลี่ย 0.5 ลูกบาศก์เมตรในเวลา 5 นาที ทำการปล่อยน้ำลงสู่แปลงใช้เวลาทั้งสิ้น 30 นาที ทำการให้น้ำลงแปลงปลูกทั้งสิ้น 150 วัน ดังนั้นใช้น้ำทั้งสิ้น เมื่อพื้นที่ปลูกมีขนาด 1 ไร่

$$(0.5) \times (30/5) \times 150 = 450 \text{ ลูกบาศก์เมตร / ไร่ / หนึ่งฤดูกาลปลูก}$$

ค่าระดับคะแนนการสังเกตการณ์พืชในแปลงทดลอง

5 = มีลักษณะพึงประสงค์ระหว่าง	90-100	เปอร์เซ็นต์
4 = มีลักษณะพึงประสงค์ระหว่าง	80-89	เปอร์เซ็นต์
3 = มีลักษณะพึงประสงค์ระหว่าง	60-79	เปอร์เซ็นต์
2 = มีลักษณะพึงประสงค์ระหว่าง	50-59	เปอร์เซ็นต์
1 = มีลักษณะพึงประสงค์ระหว่าง	0 - 49	เปอร์เซ็นต์