

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึงการเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่ต้น ตลอดจนการเกิดปัญหา และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1 , ลักษณะของการทดลองทั้ง 5 ชุด แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.2 , การแสดงผลการทดลอง ทั้งในรูปของตาราง และกราฟแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.3 และผลการวิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง แยกเป็นรายพารามิเตอร์ในหัวข้อที่ 4.4

4.1 การเริ่มดำเนินการทดลอง

หลังจากเริ่มทำการเดินระบบตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.5 แล้วนั้น ได้กำหนดการเดินระบบในช่วงแรกดังนี้

- ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (Hydraulic Loading) กำหนดไว้ที่ 2.0 ม./ชม. หรือ 855 ลิตร/วัน ในถัง AMBF
- ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ของถัง FBR กำหนดที่ 29.8 ม. / ชม. หรือ 855 ลิตร / วัน
- อัตราการเวียนล้างตัวกลางในถัง AMBF เท่ากับ 50% ต่อวัน
- อัตราการเวียนน้ำกลับจากถัง AMBF ไปถัง FBR เท่ากับ 3.5 เท่า ของน้ำเสียเข้า
- เริ่มเดินระบบที่ค่าซีโอดี 166 และ 322 มก. / ล. ในแต่ละชุดการทดลอง

หลังจากทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า การกำจัดแอมโมเนีย หรือ กระบวนการไนตริเคชันเกิดไม่สมบูรณ์ในถัง AMBF ส่วนการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์หรือ กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ยังเกิดได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ที่เข้าถัง FBR ยังมีปริมาณน้อย

ซึ่งจากการวิเคราะห์เหตุผลที่กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดไม่สมบูรณ์ เป็นเพราะ

1) ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์คาร์บอน ณ จุดเข้าหัวถังมีค่าสูง ทำให้เกิดจุลินทรีย์ชนิดเฮเทอโรโทรบที่มีปริมาณสูงกว่า ชนิดออโตโทรบที่เป็นพวกไนตริไฟอิง ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์

2) และเหตุผลจากข้อที่ 1 แสดงว่าปริมาณของถัง AMBF มีไม่พอต่อการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน เพราะต้องการเวลาเก็บกักให้นานขึ้น

3) ค่าออกซิเจนในถังเดิมอากาศไม่พอเพียง แต่ปัจจุบันนี้ต้องควบคุมไม่ให้ค่าออกซิเจนละลายมีค่าสูงเกินไป เพราะถึงน้ำที่ออกจากถัง AMBF มีค่าออกซิเจนละลายสูงกว่า 2 มก. / ล. จะไปขัดขวางกระบวนการดีไนตริฟิเคชันในถัง FBR ที่ต้องการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์

จาก US EPA (1994) ได้กล่าวถึงกรณีนี้ว่า ในกระบวนการจุลินทรีย์แบบยัดติด ค่าของบีโอดีจะต้องต่ำกว่า 20 มก. / ล. จึงจะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้ เนื่องจากออกซิเจนต้องผ่านทะลุลงไปผิวฟิล์มจุลินทรีย์เล็กในการเกิดปฏิกิริยา มากกว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์

จากการวิเคราะห์เหตุผลทั้ง 3 ข้อ ข้างต้นแล้ว จึงได้ทำการปรับปรุงถัง AMBF ใหม่ โดยการเพิ่มเครื่องสูบน้ำเวียนกลับภายในถัง AMBF เพื่อเป็นการลดความเข้มข้นของค่าสารอินทรีย์คาร์บอนในหัวถัง AMBF เพื่อที่จะได้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้สมบูรณ์ อัตราการเวียนน้ำกลับใช้เท่ากับ 100% ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสม (US EPA, 1994)

และในช่วงแรกของการทดลอง ใช้อัตราการเวียนล่างตัวกลางสารกรองที่ 50% ต่อวันได้ทดลองใช้ น้ำเสียค่าซีโอดี 332 มก./ล. เป็นเวลา 5 วัน แล้วปรับค่าซีโอดีขึ้นไปที 500 มก./ล. ปรากฏว่าเกิดการอุดตันขึ้นในชั้นตัวกลาง ทำให้ระดับน้ำในถัง AMBF ยกกระดับขึ้นจนล้นหัวถัง AMBF และไม่มีน้ำออกจากถัง AMBF ทำให้ถึงน้ำทิ้งแห้ง จนเกิดการดูดอากาศในเครื่องสูบน้ำกลับถึง FBR ทำให้ชั้นฟลูอิดไดซ์ลอยตัวขึ้นเนื่องจากถูกอากาศดัน จนหมดถึง FBR ทำให้ระบบทั้งหมดล้มเหลวโดยสิ้นเชิง เมื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ ได้ดังนี้

1) เนื่องจากตัวกลางสารกรองมีความพรุนเพียงร้อยละ 50 ทำให้เกิดการอุดตันในกรณีที่มีการเติบโตของจุลินทรีย์สูง

2) จากลักษณะการไหลแบบไหลลงทำให้ชั้นกรองด้านล่างมีการสะสมของจุลินทรีย์สูงทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย

3) การเกิดจุลินทรีย์ชนิดเส้นใยเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสภาวะเหมาะสมต่อการเกิดพวกฟิลาเมนตัส (Filamentus) บังคับให้เกิดปัญหาการอุดตันในถัง AMBF

4) ลักษณะของถัง AMBF มีข้อจำกัดด้านภาระบรรทุกของค่าซีโอดี และค่าตะกอนแขวนลอยที่ไม่สามารถรับค่าสูง ๆ ได้ (US EPA , 1994)

จากการวิเคราะห์เหตุผลข้างต้นแล้ว จึงได้เปลี่ยนอัตราการเวียนล้างสารกรองมาเป็น 100% ต่อวัน โดยยังใช้ช่วงเวลาการล้างเท่าเดิม (ทุก 8 ชม.) แต่เพิ่มปริมาณการล้างเป็น 2 เท่า

หลังจากทำการแก้ปัญหาแล้ว พบว่าปัญหาที่ไม่เกิดไนตริฟิเคชัน และการอุดตันในถัง AMBF ลดลง จนไม่ก่อให้เกิดปัญหาลื่นอีก จึงทำการทดลองและเก็บผลการทดลองในการทดลองชุดที่ 1 (ค่าซีโอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.) และชุดที่ 4 (ค่าซีโอดี 500 มก./ล. , ทีเคเอ็น 45 มก./ล.) ต่อไป

4.2 ลักษณะของชุดการทดลองทั้ง 5 ชุด

จากการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง จะแยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรก เป็นชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4 ที่มีการเปลี่ยนค่า ซีโอดีและทีเคเอ็น เพื่อให้มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์แตกต่างกัน โดยมีอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเคเอ็น (COD:TKN) คงที่ ที่ประมาณ 11 และส่วนที่สองเป็นชุดการทดลองที่ 5 ที่ตัวแปรเป็นค่าปริมาณของตัวกลาง ในถัง FBR ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ร้อยละ 100 จนถึงร้อยละ 0 (ของชุดการทดลองที่ 2)

ส่วนที่ 1

ในส่วนที่ 1 ชุดการทดลองทั้ง 4 ชุด มีค่าตัวแปรหลัก คือ

ชุดการทดลองที่ 1 ค่าซีไอดี 166 มก. / ล., ทีเคเอ็น 15 มก. / ล.
(ค่าการระปรทุกทางอินทรีย์ 1.05 กก./ม³-วัน, ทางทีเคเอ็น 0.10 กก./ม³-วัน)

ชุดการทดลองที่ 2 ค่าซีไอดี 277 มก. / ล., ทีเคเอ็น 25 มก. / ล.
(ค่าการระปรทุกทางอินทรีย์ 1.75 กก./ม³-วัน, ทางทีเคเอ็น 0.16 กก./ม³-วัน)

ชุดการทดลองที่ 3 ค่าซีไอดี 388 มก. / ล., ทีเคเอ็น 35 มก. / ล.
(ค่าการระปรทุกทางอินทรีย์ 2.46 กก./ม³-วัน, ทางทีเคเอ็น 0.22 กก./ม³-วัน)

ชุดการทดลองที่ 4 ค่าซีไอดี 500 มก. / ล., ทีเคเอ็น 45 มก. / ล.
(ค่าการระปรทุกทางอินทรีย์ 3.17 กก./ม³-วัน, ทางทีเคเอ็น 0.29 กก./ม³-วัน)

ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างมี 4 ตำแหน่ง คือ
น้ำเสียเข้า (P. 1) เก็บจาก น้ำเสียสังเคราะห์ในถังน้ำเสีย
ถัง FBR (P. 2) เก็บจาก น้ำออกจากถัง FBR
ถัง AMBF (P. 3) เก็บจาก น้ำจากจุดเก็บตัวอย่างกลางถัง AMBF
น้ำเสียออก (P. 4) เก็บจาก น้ำจากถังน้ำทิ้ง

ซึ่ง ณ จุดเข้าของถังถัง FBR และถัง AMBF มีการเวียนน้ำกลับจากถังน้ำทิ้ง ดังแสดงแผนผังอัตราการไหลในทั้ง 2 ถัง ในรูปที่ 4.1

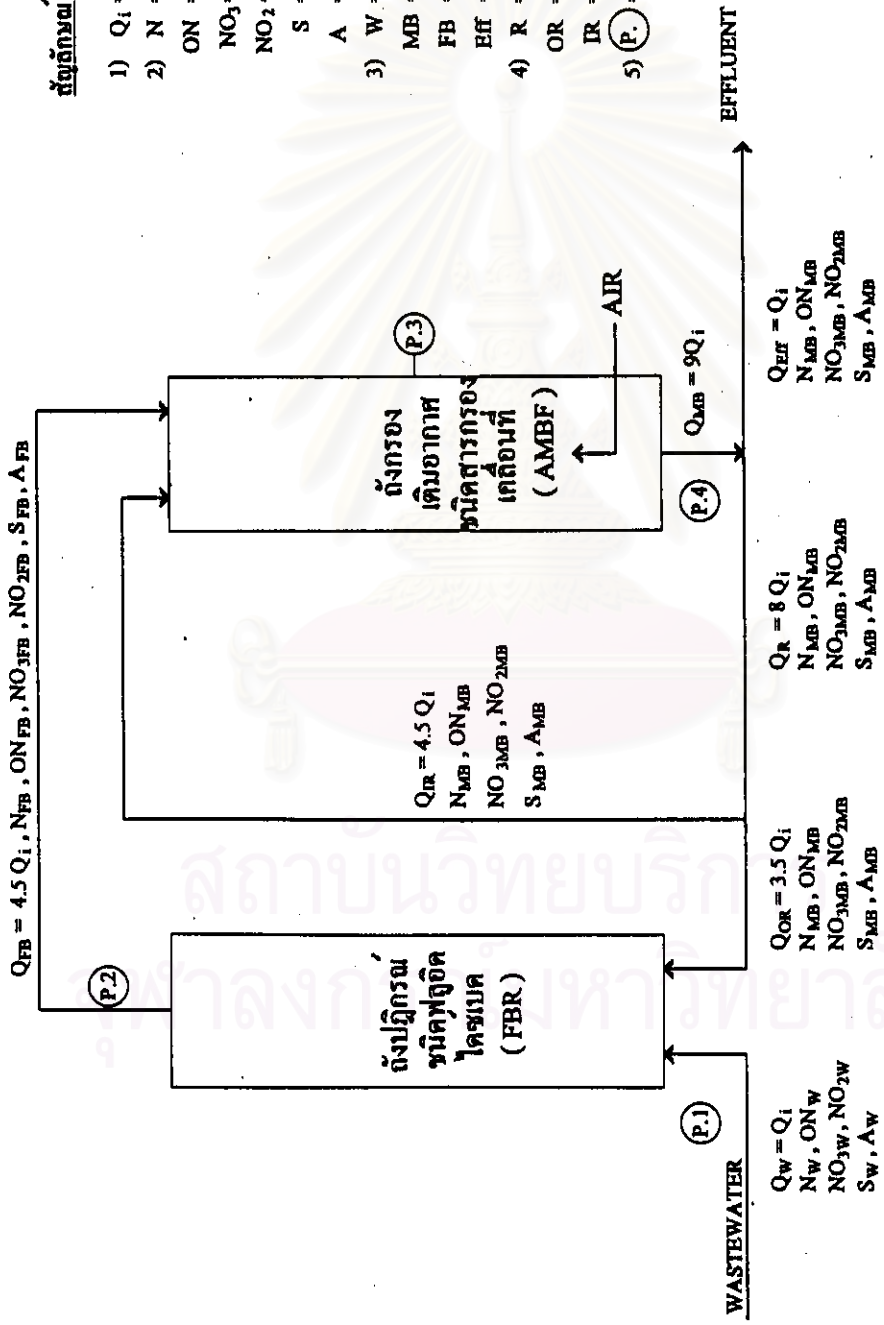
ส่วนที่ 2

ในส่วนที่ 2 การทดลองชุดที่ 5 มีค่าตัวแปรหลัก คือ

- ปริมาณตัวกลางในถัง FBR เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 2 เป็นร้อยละ 75.0
- ปริมาณตัวกลางในถัง FBR เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 2 เป็นร้อยละ 50.0
- ปริมาณตัวกลางในถัง FBR เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 2 เป็นร้อยละ 25.0
- ปริมาณตัวกลางในถัง FBR เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 2 เป็นร้อยละ 12.5
- ปริมาณตัวกลางในถัง FBR เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 2 เป็นร้อยละ 0.0

สัญลักษณ์

- 1) Q_i = อัตราการไหลของน้ำเสียจากระบบ = 190 ลิตร/วินาที
- 2) N = ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน
- ON = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไนโตรเจน
- NO_3 = ความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจน
- NO_2 = ความเข้มข้นของไนไตรท์ไนโตรเจน
- S = ความเข้มข้นของซีไอดี
- 3) A = ความเข้มข้นของความเป็นค่า
- W = ของน้ำเสีย
- MB = ของถังกรอง
- FB = ของถังปฏิกรณ์
- EFF = ของน้ำเสียออก
- 4) R = ของการเวียนกลับจากถังกรอง
- OR = ของการเวียนกลับจากถังกรองไปยังถังปฏิกรณ์
- IR = ของการเวียนกลับภายในถังกรอง
- 5) (P) = จุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 4.1 แสดงการสมดุลมวลของระบบ

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองทั้ง 4 ชุด (ชุดการทดลองที่ 1 ถึง 4) ได้ทดลองในแต่ละชุดการทดลองเป็นเวลา ชุดละประมาณ 23 วัน พบว่าในแต่ละชุดการทดลอง ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ตั้งแต่ประมาณ วันที่ 14 ส่วนการทดลองชุดที่ 5 เป็นการหาระดับตัวกลางในถัง FBR ที่ทำให้ระบบล้นเหลว จะทำการทดลองเปรียบเทียบกับ ชุดการทดลองที่ 2 โดยลดปริมาณตัวกลางจาก ร้อยละ 100 , 75 , 50 , 25 , 12.5 และ 0 ที่ระดับละ 3 วัน

ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองทั้ง 4 ชุด ทั้งในช่วงการทดลองทั้งหมด และในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ค่าพารามิเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าเบี่ยงเบนต่ำ

ส่วนค่าพารามิเตอร์ตามความลึกของชั้นกรองในถัง AMBF แสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ในชั้นตัวกลาง ที่มีค่าลดลงตามความลึก

ส่วนผลการทดลองชุดที่ 5 แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยแสดงถึง ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ ที่ทำการวัดผล เพื่อหาปริมาณตัวกลางในถัง FBR ที่ทำให้ระบบดีไนตริฟิเคชันล้นเหลว

ส่วนผลการทดลองทั้งหมดที่แสดงในรูปกราฟ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2 จนถึง รูปที่ 4.6 ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

| พารามิเตอร์ | การทดลอง จุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | | ถังปฏิกรณ์(P.2) | | ถังกรอง(P.3) | | น้ำเสียออก(P.4) | |
|---|--------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. |
| ค่าซีไอดี COD (มก./ล.) | 1 | 162.55 | 1.931 | 20.68 | 4.104 | 10.38 | 1.787 | 6.98 | 1.138 |
| | 2 | 268.53 | 3.186 | 39.83 | 9.042 | 13.38 | 1.121 | 11.31 | 0.571 |
| | 3 | 372.26 | 4.503 | 55.32 | 6.870 | 18.56 | 2.991 | 16.04 | 2.674 |
| | 4 | 492.61 | 2.538 | 66.45 | 13.263 | 32.53 | 1.713 | 23.90 | 2.077 |
| ค่าแอมโมเนีย NH ₃ -N (มก./ล.) | 1 | 1.09 | 0.323 | 2.67 | 0.373 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.000 |
| | 2 | 1.62 | 0.312 | 5.35 | 0.557 | 0.87 | 0.717 | 0.45 | 0.687 |
| | 3 | 2.34 | 0.375 | 9.46 | 2.375 | 4.47 | 3.155 | 3.53 | 3.038 |
| | 4 | 1.29 | 0.407 | 18.82 | 0.264 | 13.73 | 0.809 | 12.71 | 0.556 |
| ค่าสารอินทรีย์ ไนโตรเจน Org.N (มก./ล.) | 1 | 14.27 | 0.336 | 1.00 | 0.221 | 0.52 | 0.207 | 0.30 | 0.104 |
| | 2 | 24.61 | 0.580 | 0.82 | 0.165 | 0.51 | 0.156 | 0.46 | 0.159 |
| | 3 | 33.42 | 0.746 | 0.82 | 0.161 | 0.63 | 0.150 | 0.55 | 0.144 |
| | 4 | 44.10 | 0.352 | 1.00 | 0.135 | 0.96 | 0.325 | 0.73 | 0.212 |
| ค่าทีเคเอ็น TKN (มก./ล.) | 1 | 15.35 | 0.181 | 3.67 | 0.396 | 0.52 | 0.207 | 0.30 | 0.104 |
| | 2 | 26.23 | 0.535 | 6.17 | 0.548 | 1.38 | 0.663 | 0.91 | 0.802 |
| | 3 | 35.75 | 0.497 | 10.29 | 2.387 | 5.10 | 3.197 | 4.07 | 3.068 |
| | 4 | 45.38 | 0.195 | 19.81 | 0.314 | 14.69 | 0.999 | 13.44 | 0.630 |
| ค่าไนไตรท์ NO ₂ -N (มก./ล.) | 1 | 0.01 | 0.009 | 0.00 | 0.003 | 0.22 | 0.067 | 0.08 | 0.154 |
| | 2 | 0.02 | 0.008 | 0.00 | 0.000 | 0.28 | 0.077 | 0.05 | 0.091 |
| | 3 | 0.01 | 0.012 | 0.00 | 0.004 | 0.35 | 0.022 | 0.32 | 0.052 |
| | 4 | 0.01 | 0.010 | 0.00 | 0.007 | 0.35 | 0.050 | 0.33 | 0.065 |
| ค่าไนเตรท NO ₃ -N (มก./ล.) | 1 | 0.01 | 0.013 | 0.02 | 0.038 | 2.35 | 0.481 | 2.56 | 0.590 |
| | 2 | 0.07 | 0.065 | 0.04 | 0.079 | 3.78 | 0.386 | 4.17 | 0.405 |
| | 3 | 0.20 | 0.090 | 0.01 | 0.036 | 3.85 | 0.454 | 4.50 | 0.421 |
| | 4 | 0.05 | 0.060 | 0.00 | 0.009 | 2.03 | 0.389 | 2.39 | 0.389 |
| ค่าไนโตรเจนรวม TN (มก./ล.) | 1 | 15.37 | 0.172 | 3.69 | 0.427 | 3.10 | 0.493 | 2.94 | 0.612 |
| | 2 | 26.32 | 0.537 | 6.21 | 0.616 | 5.44 | 1.039 | 5.13 | 1.215 |
| | 3 | 35.97 | 0.505 | 10.30 | 2.403 | 9.29 | 2.834 | 8.90 | 2.723 |
| | 4 | 45.44 | 0.181 | 19.82 | 0.314 | 17.07 | 0.772 | 16.16 | 0.364 |

หมายเหตุ: การทดลองจุดที่ 1 ค่าซีไอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 2 ค่าซีไอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 3 ค่าซีไอดี 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 4 ค่าซีไอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

| พารามิเตอร์ | การทดลอง จุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | | ถังปฏิกรณ์(P.2) | | ถังกรอง(P.3) | | น้ำเสียออก(P.4) | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. |
| ค่าความเป็นด่าง Alk. (มก./ล.) | 1 | 115.70 | 6.666 | 125.10 | 4.677 | 105.60 | 5.190 | 104.20 | 5.266 |
| | 2 | 172.22 | 2.279 | 198.00 | 7.331 | 164.56 | 5.703 | 160.56 | 2.603 |
| | 3 | 202.22 | 2.863 | 249.44 | 11.315 | 209.78 | 11.627 | 207.11 | 13.977 |
| | 4 | 224.30 | 2.669 | 285.10 | 4.433 | 262.80 | 11.905 | 260.20 | 8.311 |
| ค่าความเป็นกรดต่าง pH. | 1 | 7.04 | 0.099 | 7.39 | 0.074 | 7.58 | 0.083 | 7.46 | 0.076 |
| | 2 | 7.04 | 0.080 | 7.28 | 0.080 | 7.72 | 0.081 | 7.44 | 0.058 |
| | 3 | 7.15 | 0.076 | 7.32 | 0.065 | 7.78 | 0.062 | 7.52 | 0.063 |
| | 4 | 7.12 | 0.136 | 7.47 | 0.084 | 7.87 | 0.107 | 7.66 | 0.096 |
| ค่าโออาร์พี ORP (มิลลิโวลต์) | 1 | -136.00 | 14.712 | -233.00 | 12.019 | -68.50 | 13.100 | 54.30 | 9.166 |
| | 2 | -181.11 | 22.402 | -229.33 | 8.902 | -125.78 | 22.791 | 43.22 | 15.730 |
| | 3 | -189.00 | 16.086 | -245.22 | 10.616 | -163.56 | 31.405 | 23.22 | 9.121 |
| | 4 | -201.20 | 10.549 | -261.90 | 7.824 | -125.90 | 8.212 | -26.50 | 13.826 |
| ค่าออกซิเจนละลาย DO. (มก./ล.) | 1 | 0.12 | 0.037 | 0.13 | 0.023 | 4.86 | 0.372 | 2.96 | 0.559 |
| | 2 | 0.10 | 0.016 | 0.11 | 0.016 | 4.09 | 0.468 | 1.78 | 0.123 |
| | 3 | 0.08 | 0.019 | 0.09 | 0.014 | 4.22 | 0.540 | 0.48 | 0.124 |
| | 4 | 0.09 | 0.020 | 0.10 | 0.016 | 4.34 | 0.530 | 0.52 | 0.089 |
| ค่าอุณหภูมิ Temp. (°C) | 1 | 28.54 | 0.793 | 31.57 | 0.825 | 31.24 | 0.846 | 32.99 | 0.761 |
| | 2 | 28.82 | 0.798 | 31.91 | 0.657 | 31.52 | 0.638 | 33.20 | 0.589 |
| | 3 | 28.81 | 0.867 | 31.99 | 0.685 | 31.58 | 0.661 | 33.10 | 0.559 |
| | 4 | 28.57 | 0.757 | 31.84 | 0.628 | 31.39 | 0.795 | 32.81 | 0.684 |
| ค่าตะกอนแขวนลอย SS (มก./ล.) | 1 | - | - | 6.80 | 1.438 | - | - | 2.30 | 1.418 |
| | 2 | - | - | 8.61 | 1.364 | - | - | 2.94 | 0.300 |
| | 3 | - | - | 13.06 | 1.793 | - | - | 3.61 | 0.741 |
| | 4 | - | - | 14.95 | 2.920 | - | - | 4.35 | 1.055 |

หมายเหตุ: การทดลองจุดที่ 1 ค่าซีไอคือ 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 2 ค่าซีไอคือ 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 3 ค่าซีไอคือ 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 4 ค่าซีไอคือ 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

| พารามิเตอร์ | การทดลอง | น้ำเสียเข้า(P.1) | | ถังปฏิกรณ์(P.2) | | ถังกรอง(P.3) | | น้ำเสียออก(P.4) | |
|---|----------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. |
| ค่าซีโอดี COD (มก./ล.) | 1 | 163.10 | 2.772 | 20.20 | 0.970 | 11.35 | 0.342 | 7.93 | 0.126 |
| | 2 | 266.75 | 2.660 | 34.05 | 0.889 | 13.15 | 1.190 | 11.20 | 0.606 |
| | 3 | 375.15 | 2.745 | 52.45 | 0.755 | 16.98 | 0.222 | 15.00 | 0.698 |
| | 4 | 492.10 | 1.517 | 57.55 | 1.863 | 31.40 | 1.080 | 22.30 | 0.510 |
| ค่าแอมโมเนีย NH ₃ -N (มก./ล.) | 1 | 1.13 | 0.234 | 2.60 | 0.046 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 0.000 |
| | 2 | 1.55 | 0.167 | 5.01 | 0.068 | 0.28 | 0.200 | 0.00 | 0.000 |
| | 3 | 2.60 | 0.158 | 8.13 | 0.213 | 2.20 | 0.177 | 1.34 | 0.012 |
| | 4 | 1.08 | 0.165 | 18.89 | 0.166 | 13.20 | 0.380 | 12.50 | 0.194 |
| ค่าสารอินทรีย์ ไนโตรเจน Org.N (มก./ล.) | 1 | 14.33 | 0.272 | 1.00 | 0.271 | 0.50 | 0.193 | 0.33 | 0.000 |
| | 2 | 24.36 | 0.395 | 0.88 | 0.179 | 0.54 | 0.160 | 0.33 | 0.005 |
| | 3 | 32.78 | 0.308 | 0.79 | 0.163 | 0.62 | 0.098 | 0.49 | 0.132 |
| | 4 | 44.25 | 0.165 | 1.05 | 0.196 | 0.70 | 0.067 | 0.58 | 0.168 |
| ค่าทีเคเอ็น TKN (มก./ล.) | 1 | 15.46 | 0.237 | 3.60 | 0.236 | 0.50 | 0.193 | 0.33 | 0.000 |
| | 2 | 25.91 | 0.360 | 5.89 | 0.225 | 0.82 | 0.136 | 0.33 | 0.005 |
| | 3 | 35.37 | 0.446 | 8.91 | 0.304 | 2.81 | 0.258 | 1.83 | 0.134 |
| | 4 | 45.33 | 0.269 | 19.94 | 0.295 | 13.90 | 0.401 | 13.08 | 0.322 |
| ค่าไนโตรท์ NO ₂ -N (มก./ล.) | 1 | 0.00 | 0.005 | 0.00 | 0.000 | 0.18 | 0.058 | 0.00 | 0.000 |
| | 2 | 0.02 | 0.006 | 0.00 | 0.000 | 0.25 | 0.091 | 0.01 | 0.014 |
| | 3 | 0.01 | 0.010 | 0.00 | 0.000 | 0.34 | 0.025 | 0.28 | 0.053 |
| | 4 | 0.00 | 0.005 | 0.00 | 0.000 | 0.30 | 0.040 | 0.26 | 0.033 |
| ค่าไนเตรท NO ₃ -N (มก./ล.) | 1 | 0.00 | 0.005 | 0.00 | 0.000 | 2.26 | 0.017 | 2.44 | 0.026 |
| | 2 | 0.08 | 0.068 | 0.00 | 0.005 | 3.60 | 0.235 | 4.00 | 0.077 |
| | 3 | 0.19 | 0.082 | 0.00 | 0.005 | 4.28 | 0.192 | 4.86 | 0.057 |
| | 4 | 0.11 | 0.039 | 0.00 | 0.000 | 2.23 | 0.098 | 2.61 | 0.128 |
| ค่าไนโตรเจนรวม TN (มก./ล.) | 1 | 15.47 | 0.236 | 3.60 | 0.236 | 2.94 | 0.260 | 2.77 | 0.026 |
| | 2 | 26.00 | 0.411 | 5.90 | 0.221 | 4.67 | 0.419 | 4.34 | 0.089 |
| | 3 | 35.37 | 0.474 | 8.92 | 0.303 | 7.42 | 0.288 | 6.96 | 0.137 |
| | 4 | 45.45 | 0.260 | 19.94 | 0.295 | 16.43 | 0.398 | 15.95 | 0.282 |

หมายเหตุ: การทดลองชุดที่ 1 ค่าซีโอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 2 ค่าซีโอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 3 ค่าซีโอดี 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 4 ค่าซีโอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

| พารามิเตอร์ | การทดลอง จุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | | ถังปฏิกรณ์(P.2) | | ถังกรอง(P.3) | | น้ำเสียออก(P.4) | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------|-----------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. | ค่าเฉลี่ย | ค่า SD. |
| ค่าความเป็นด่าง Alk. (มก./ล.) | 1 | 122.25 | 3.500 | 127.75 | 2.754 | 110.50 | 2.082 | 109.00 | 0.816 |
| | 2 | 172.25 | 1.258 | 193.75 | 2.217 | 164.75 | 4.349 | 162.50 | 2.380 |
| | 3 | 203.25 | 1.708 | 240.75 | 1.708 | 204.25 | 4.992 | 199.75 | 4.113 |
| | 4 | 225.00 | 3.162 | 285.75 | 2.754 | 270.75 | 7.411 | 262.75 | 1.708 |
| ค่าความเป็นกรด ค่า pH. | 1 | 7.02 | 0.079 | 7.38 | 0.010 | 7.59 | 0.057 | 7.44 | 0.036 |
| | 2 | 7.09 | 0.043 | 7.33 | 0.093 | 7.77 | 0.067 | 7.48 | 0.051 |
| | 3 | 7.19 | 0.034 | 7.35 | 0.051 | 7.80 | 0.086 | 7.52 | 0.087 |
| | 4 | 7.13 | 0.022 | 7.45 | 0.087 | 7.88 | 0.106 | 7.67 | 0.080 |
| ค่าออกซิเจนละลาย DO. (มก./ล.) | 1 | 0.11 | 0.015 | 0.11 | 0.015 | 4.58 | 0.127 | 2.48 | 0.121 |
| | 2 | 0.11 | 0.010 | 0.11 | 0.008 | 4.23 | 0.286 | 1.83 | 0.119 |
| | 3 | 0.08 | 0.021 | 0.09 | 0.008 | 4.31 | 0.143 | 0.52 | 0.122 |
| | 4 | 0.09 | 0.022 | 0.10 | 0.013 | 4.01 | 0.076 | 0.52 | 0.042 |
| ค่าโออาร์ที ORP (มิลลิโวลท์) | 1 | -134.50 | 12.871 | -222.75 | 7.632 | -62.00 | 3.916 | 53.00 | 7.746 |
| | 2 | -191.50 | 20.632 | -223.75 | 6.021 | -112.50 | 14.731 | 39.75 | 7.182 |
| | 3 | -203.00 | 11.343 | -241.00 | 12.028 | -138.00 | 16.391 | 27.75 | 4.193 |
| | 4 | -200.00 | 5.292 | -258.00 | 3.464 | -120.75 | 7.455 | -31.00 | 12.961 |
| ค่าอุณหภูมิ Temp. (°C) | 1 | 28.23 | 1.121 | 31.33 | 0.900 | 30.95 | 1.063 | 32.83 | 1.121 |
| | 2 | 29.23 | 0.275 | 32.30 | 0.346 | 31.83 | 0.395 | 33.38 | 0.499 |
| | 3 | 29.25 | 0.387 | 32.35 | 0.465 | 31.83 | 0.574 | 33.38 | 0.330 |
| | 4 | 28.10 | 0.956 | 31.63 | 0.818 | 31.03 | 1.078 | 32.78 | 0.988 |
| ค่าตะกอนแขวนลอย SS (มก./ล.) | 1 | - | - | 7.38 | 1.031 | - | - | 3.13 | 1.652 |
| | 2 | - | - | 9.63 | 1.436 | - | - | 3.00 | 0.408 |
| | 3 | - | - | 14.00 | 1.472 | - | - | 3.37 | 0.946 |
| | 4 | - | - | 14.00 | 2.345 | - | - | 4.88 | 1.031 |

หมายเหตุ: การทดลองจุดที่ 1 ค่าซีไอคือ 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 2 ค่าซีไอคือ 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 3 ค่าซีไอคือ 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.

การทดลองจุดที่ 4 ค่าซีไอคือ 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามความลึกในถัง AMBF ของแต่ละชุดการทดลอง

| พารามิเตอร์ | จุดเก็บที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ความลึก (ซม.) | -12.5 | 12.5 | 37.5 | 62.5 | 87.5 | 112.5 | 170.0 |
| ค่าซีไอดี COD (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 14.8 | 13.5 | 12.7 | 10.9 | 8.1 | 8.1 | 8.1 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 21.1 | 17.3 | 14.6 | 13.2 | 12.1 | 10.9 | 10.6 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 31.0 | 22.7 | 18.3 | 16.7 | 15.8 | 14.8 | 14.7 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 38.7 | 32.7 | 30.6 | 28.6 | 24.5 | 22.4 | 22.3 |
| ค่าแอมโมเนีย NH ₃ -N (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 1.00 | 0.53 | 0.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 2.44 | 1.41 | 0.67 | 0.47 | 0.20 | 0.00 | 0.00 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 4.55 | 3.37 | 3.07 | 2.09 | 1.69 | 1.48 | 1.35 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 16.00 | 15.33 | 14.67 | 13.67 | 12.80 | 12.67 | 12.33 |
| ค่าสารอินทรีย์ ไนโตรเจน Org.N (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 1.33 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.47 | 0.34 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 1.33 | 1.33 | 0.80 | 0.67 | 0.67 | 0.33 | 0.33 |
| ค่าทีเคเอ็น TKN (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 2.33 | 1.20 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 3.11 | 2.08 | 1.34 | 0.81 | 0.54 | 0.34 | 0.34 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 5.22 | 4.04 | 3.74 | 2.76 | 2.36 | 1.95 | 1.69 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 17.33 | 16.66 | 15.47 | 14.34 | 13.47 | 13.00 | 12.66 |
| ค่าไนไตรท์ NO ₂ -N (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 0.03 | 0.23 | 0.24 | 0.13 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 0.14 | 0.30 | 0.34 | 0.28 | 0.16 | 0.06 | 0.01 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 0.36 | 0.29 | 0.30 | 0.33 | 0.26 | 0.22 | 0.23 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.26 | 0.22 |
| ค่าไนเตรท NO ₃ -N (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 1.57 | 2.09 | 2.50 | 2.88 | 2.96 | 2.98 | 2.98 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 2.52 | 3.05 | 3.58 | 3.81 | 3.96 | 4.06 | 4.08 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 2.33 | 3.54 | 3.83 | 4.25 | 4.47 | 4.89 | 4.84 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 1.56 | 2.12 | 2.14 | 2.35 | 2.40 | 2.80 | 2.75 |

หมายเหตุ: การทดลองชุดที่ 1 ค่าซีไอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 2 ค่าซีไอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 3 ค่าซีไอดี 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.

การทดลองชุดที่ 4 ค่าซีไอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามความลึกในถัง AMBF ของแต่ละชุดการทดลอง

| พารามิเตอร์ | จุดเก็บที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------------|------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ความลึก (ซม.) | -12.5 | 12.5 | 37.5 | 62.5 | 87.5 | 112.5 |
| ค่าไนโตรเจนรวม TN (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 3.94 | 3.52 | 3.42 | 3.34 | 3.32 | 3.31 | 3.31 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 5.77 | 5.43 | 5.26 | 4.90 | 4.66 | 4.46 | 4.43 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 7.91 | 7.87 | 7.87 | 7.34 | 7.09 | 7.06 | 6.76 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 19.04 | 18.98 | 17.86 | 16.95 | 16.14 | 16.06 | 15.63 |
| ค่าความเป็นค่า Alk. (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 120 | 118 | 117 | 113 | 114 | 110 | 110 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 172 | 169 | 169 | 164 | 159 | 158 | 160 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 212 | 208 | 206 | 203 | 196 | 195 | 194 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 276 | 267 | 263 | 261 | 258 | 257 | 263 |
| ค่าความเป็นกรด ค่า pH. | การทดลองชุดที่ 1 | 7.61 | 7.65 | 7.73 | 7.65 | 7.58 | 7.56 | 7.49 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 7.56 | 7.59 | 7.62 | 7.68 | 7.70 | 7.42 | 7.41 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 7.51 | 7.55 | 7.62 | 7.72 | 7.75 | 7.48 | 7.44 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 7.92 | 7.99 | 8.01 | 8.04 | 8.06 | 7.88 | 7.79 |
| ค่าออกซิเจนละลาย DO. (มก./ล.) | การทดลองชุดที่ 1 | 4.45 | 2.95 | 2.85 | 3.11 | 3.70 | 2.91 | 2.63 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 4.07 | 3.29 | 2.75 | 2.94 | 3.43 | 1.91 | 1.75 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 4.17 | 2.72 | 2.88 | 3.17 | 3.27 | 1.92 | 0.60 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 4.11 | 2.78 | 2.75 | 3.07 | 3.27 | 2.02 | 0.56 |
| ค่าโออาร์พี ORP (มิลลิโวลท์) | การทดลองชุดที่ 1 | -135 | -70 | -64 | -57 | -13 | 9 | 42 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | -111 | -109 | -107 | -102 | -69 | -8 | 37 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | -168 | -135 | -129 | -127 | -71 | -19 | 28 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | -212 | -161 | -138 | -130 | -86 | -49 | -27 |
| ค่าอุณหภูมิ Temp. (°C) | การทดลองชุดที่ 1 | 29.5 | 29.5 | 29.4 | 29.4 | 29.2 | 29.2 | 31.2 |
| | การทดลองชุดที่ 2 | 32.1 | 31.7 | 31.6 | 31.5 | 31.4 | 31.2 | 33.3 |
| | การทดลองชุดที่ 3 | 32.0 | 31.6 | 31.5 | 31.3 | 31.1 | 31.2 | 32.3 |
| | การทดลองชุดที่ 4 | 29.8 | 29.8 | 29.6 | 29.6 | 29.5 | 29.4 | 31.3 |

หมายเหตุ: การทดลองชุดที่ 1 ค่าซีไอคือ 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.
 การทดลองชุดที่ 2 ค่าซีไอคือ 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.
 การทดลองชุดที่ 3 ค่าซีไอคือ 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.
 การทดลองชุดที่ 4 ค่าซีไอคือ 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในชุดการทดลองที่ 5 ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

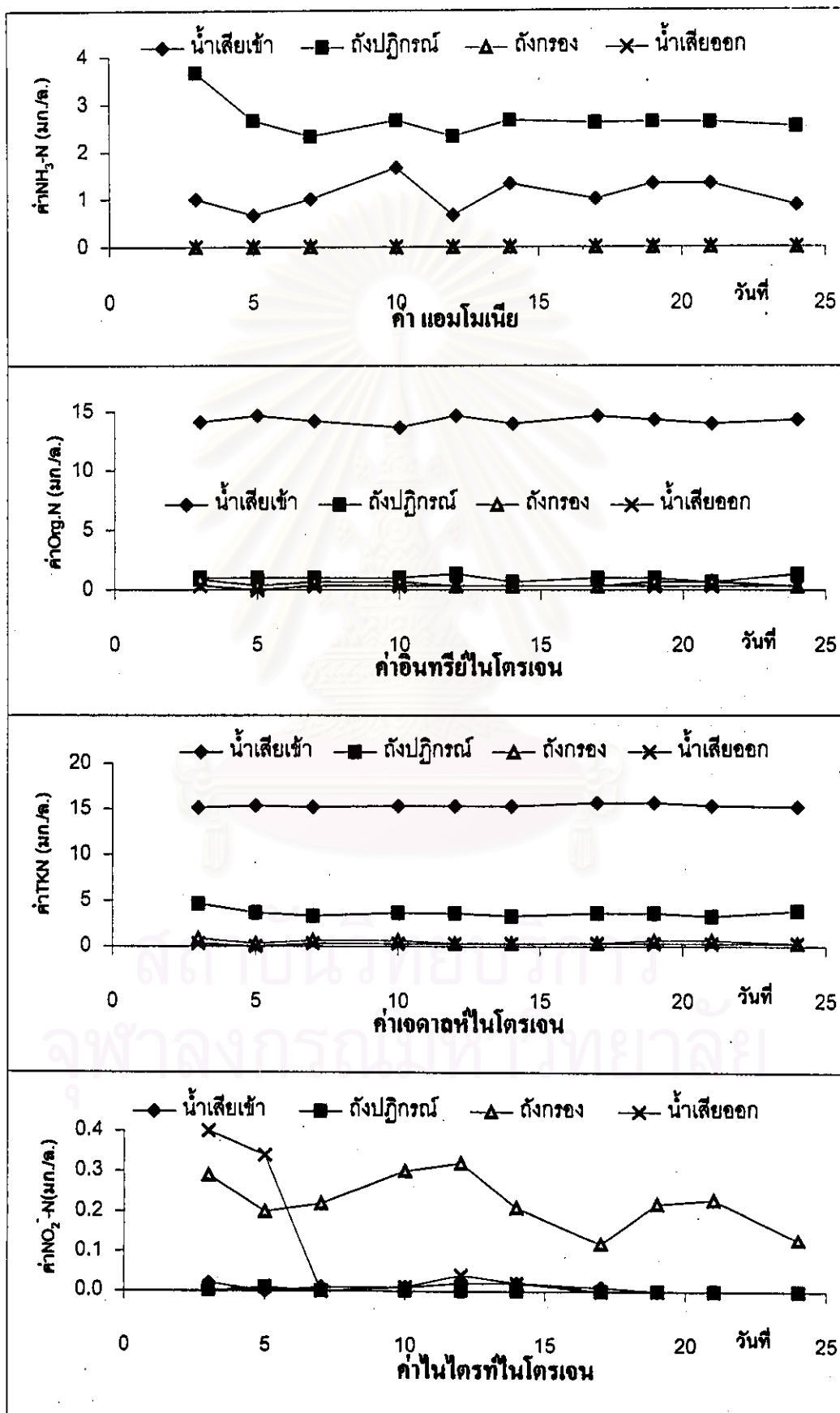
| ระดับอำนาจกันมันตันดังปฏิกรณ์ | | | ค่ามอโมเมนิ(มก./ต.) | | | ค่าทีเคเอ็น(มก./ต.) | | | ค่าซีโอดี(มก./ต.) | | |
|-------------------------------|--------|---------|--------------------------------|------------|-----------|------------------------|------------|-----------|----------------------------|------------|-----------|
| ความสูง | ร้อยละ | | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก |
| 70.0 | 100 | Average | 1.55 | 5.01 | 0.00 | 25.91 | 5.89 | 0.33 | 266.75 | 34.05 | 11.20 |
| | | SD. | 2.772 | 0.068 | 0.000 | 0.360 | 0.225 | 0.005 | 2.660 | 0.889 | 0.606 |
| 52.5 | 75 | Average | 1.39 | 5.21 | 0.00 | 26.42 | 6.05 | 0.51 | 260.20 | 54.40 | 17.75 |
| | | SD. | 0.431 | 0.042 | 0.000 | 0.361 | 0.283 | 0.233 | 5.515 | 5.515 | 0.778 |
| 35 | 50 | Average | 1.45 | 5.11 | 0.00 | 25.77 | 5.85 | 0.33 | 262.80 | 51.85 | 17.95 |
| | | SD. | 0.141 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.064 | 0.000 | 5.515 | 4.596 | 0.495 |
| 17.5 | 25 | Average | 1.52 | 5.10 | 0.00 | 26.14 | 6.11 | 0.34 | 262.45 | 55.05 | 19.80 |
| | | SD. | 0.247 | 0.078 | 0.000 | 0.714 | 0.403 | 0.007 | 1.485 | 2.051 | 0.000 |
| 8.75 | 12.5 | Average | 1.69 | 4.07 | 0.00 | 26.31 | 6.26 | 0.99 | 263.50 | 61.35 | 21.05 |
| | | SD. | 0.474 | 0.049 | 0.000 | 0.000 | 0.290 | 0.035 | 0.707 | 3.748 | 0.354 |
| 0 | 0 | Average | 1.35 | 3.36 | 0.67 | 25.77 | 6.06 | 1.8 | 269 | 67.2 | 26.3 |
| ระดับอำนาจกันมันตันดังปฏิกรณ์ | | | ค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน(มก./ต.) | | | ค่าไนโตรเจน(มก./ต.) | | | ค่าความเป็นด่าง(มก./ต.) | | |
| ความสูง | ร้อยละ | | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก |
| 70.0 | 100 | Average | 24.36 | 0.88 | 0.33 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 172.25 | 193.75 | 162.50 |
| | | SD. | 0.395 | 0.179 | 0.005 | 0.006 | 0.000 | 0.014 | 1.258 | 2.217 | 2.380 |
| 52.5 | 75 | Average | 25.03 | 0.84 | 0.51 | 0.02 | 0.01 | 0.23 | 178.00 | 211.00 | 163.00 |
| | | SD. | 0.071 | 0.240 | 0.233 | 0.000 | 0.007 | 0.035 | 1.414 | 5.657 | 4.243 |
| 35 | 50 | Average | 24.32 | 0.74 | 0.33 | 0.01 | 0.00 | 0.25 | 175.00 | 194.00 | 160.50 |
| | | SD. | 0.141 | 0.099 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.035 | 2.828 | 5.657 | 4.950 |
| 17.5 | 25 | Average | 24.62 | 1.01 | 0.34 | 0.02 | 0.00 | 0.12 | 177.50 | 191.00 | 159.50 |
| | | SD. | 0.467 | 0.481 | 0.007 | 0.007 | 0.000 | 0.014 | 0.707 | 1.414 | 2.121 |
| 8.75 | 12.5 | Average | 24.63 | 2.19 | 0.99 | 0.01 | 0.21 | 0.27 | 177.50 | 183.50 | 159.00 |
| | | SD. | 0.474 | 0.240 | 0.035 | 0.000 | 0.064 | 0.057 | 3.536 | 6.364 | 1.414 |
| 0 | 0 | Average | 24.42 | 2.7 | 1.13 | 0.01 | 0.14 | 0.36 | 172 | 160 | 147 |
| ระดับอำนาจกันมันตันดังปฏิกรณ์ | | | ค่าไนโตรเจน(มก./ต.) | | | ค่าไนโตรเจนรวม(มก./ต.) | | | ค่าความเป็นกรดต่าง(มก./ต.) | | |
| ความสูง | ร้อยละ | | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก | นำเสียเข้า | ดังปฏิกรณ์ | นำเสียออก |
| 70.0 | 100 | Average | 0.08 | 0.00 | 4.00 | 26.00 | 5.90 | 4.34 | 7.09 | 7.33 | 7.48 |
| | | SD. | 0.068 | 0.005 | 0.077 | 0.411 | 0.221 | 0.089 | 0.043 | 0.093 | 0.051 |
| 52.5 | 75 | Average | 0.10 | 0.01 | 4.11 | 26.54 | 6.06 | 4.84 | 7.22 | 7.29 | 7.45 |
| | | SD. | 0.028 | 0.007 | 0.085 | 0.332 | 0.297 | 0.113 | 0.148 | 0.092 | 0.064 |
| 35 | 50 | Average | 0.07 | 0.00 | 4.01 | 25.84 | 5.85 | 4.59 | 7.22 | 7.32 | 7.47 |
| | | SD. | 0.021 | 0.000 | 0.156 | 0.028 | 0.064 | 0.191 | 0.028 | 0.099 | 0.092 |
| 17.5 | 25 | Average | 0.09 | 0.00 | 4.24 | 26.24 | 6.11 | 4.70 | 7.24 | 7.32 | 7.45 |
| | | SD. | 0.028 | 0.000 | 0.255 | 0.735 | 0.403 | 0.233 | 0.021 | 0.042 | 0.014 |
| 8.75 | 12.5 | Average | 0.13 | 0.93 | 4.69 | 26.45 | 7.39 | 5.95 | 7.25 | 7.43 | 7.47 |
| | | SD. | 0.000 | 0.120 | 0.099 | 0.000 | 0.106 | 0.191 | 0.021 | 0.000 | 0.042 |
| 0 | 0 | Average | 0.09 | 2.87 | 5.42 | 25.87 | 9.07 | 7.58 | 7.26 | 7.52 | 7.49 |

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในชุดการทดลองที่ 5 ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

| ระดับด้านกัมมันต์ในถังปฏิกรณ์ | | | ค่าไออาร์พี(มิลลิโวลท์) | | | ค่าของแข็งแขวนลอย (มก./ล.) | | |
|-------------------------------|--------|---------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|
| ความสูง | ร้อยละ | | น้ำเสียเข้า | ถังปฏิกรณ์ | น้ำเสียออก | น้ำเสียเข้า | ถังปฏิกรณ์ | น้ำเสียออก |
| 70.0 | 100 | Average | -191.50 | -223.75 | 39.75 | - | 9.63 | 3.00 |
| | | SD. | 20.632 | 6.021 | 7.182 | | | |
| 52.5 | 75 | Average | -257.00 | -222.00 | -16.50 | - | 11 | 3 |
| | | SD. | 18.385 | 9.899 | 3.536 | | | |
| 35 | 50 | Average | -261.50 | -184.00 | -17.00 | - | 12.5 | 3 |
| | | SD. | 4.950 | 7.071 | 1.414 | | | |
| 17.5 | 25 | Average | -305.00 | -169.00 | -13.50 | - | 12.5 | 3.5 |
| | | SD. | 33.941 | 5.657 | 3.536 | | | |
| 8.75 | 12.5 | Average | -311.50 | -124.00 | -16.50 | - | 13 | 5.5 |
| | | SD. | 33.234 | 2.828 | 9.192 | | | |
| 0 | 0 | Average | -283 | -126 | -19 | - | 11 | 7 |
| ระดับด้านกัมมันต์ในถังปฏิกรณ์ | | | ค่าออกซิเจนละลาย(มก./ล.) | | | ค่าอุณหภูมิ(°ซ.) | | |
| ความสูง | ร้อยละ | | น้ำเสียเข้า | ถังปฏิกรณ์ | น้ำเสียออก | น้ำเสียเข้า | ถังปฏิกรณ์ | น้ำเสียออก |
| 70.0 | 100 | Average | 0.11 | 0.11 | 1.83 | 29.23 | 32.30 | 33.38 |
| | | SD. | 0.010 | 0.008 | 0.119 | 0.275 | 0.346 | 0.499 |
| 52.5 | 75 | Average | 0.10 | 0.12 | 1.69 | 30.30 | 32.45 | 33.55 |
| | | SD. | 0.007 | 0.007 | 0.014 | 0.141 | 0.071 | 0.354 |
| 35 | 50 | Average | 0.12 | 0.14 | 1.74 | 28.25 | 31.40 | 32.45 |
| | | SD. | 0.007 | 0.007 | 0.014 | 0.071 | 0.141 | 0.495 |
| 17.5 | 25 | Average | 0.13 | 0.21 | 1.12 | 28.70 | 32.25 | 33.05 |
| | | SD. | 0.021 | 0.007 | 0.057 | 0.141 | 0.212 | 0.212 |
| 8.75 | 12.5 | Average | 0.12 | 0.22 | 1.01 | 29.05 | 32.30 | 33.40 |
| | | SD. | 0.014 | 0.028 | 0.127 | 0.212 | 0.141 | 0.141 |
| 0 | 0 | Average | 0.15 | 0.24 | 0.81 | 29.6 | 32.1 | 32.6 |

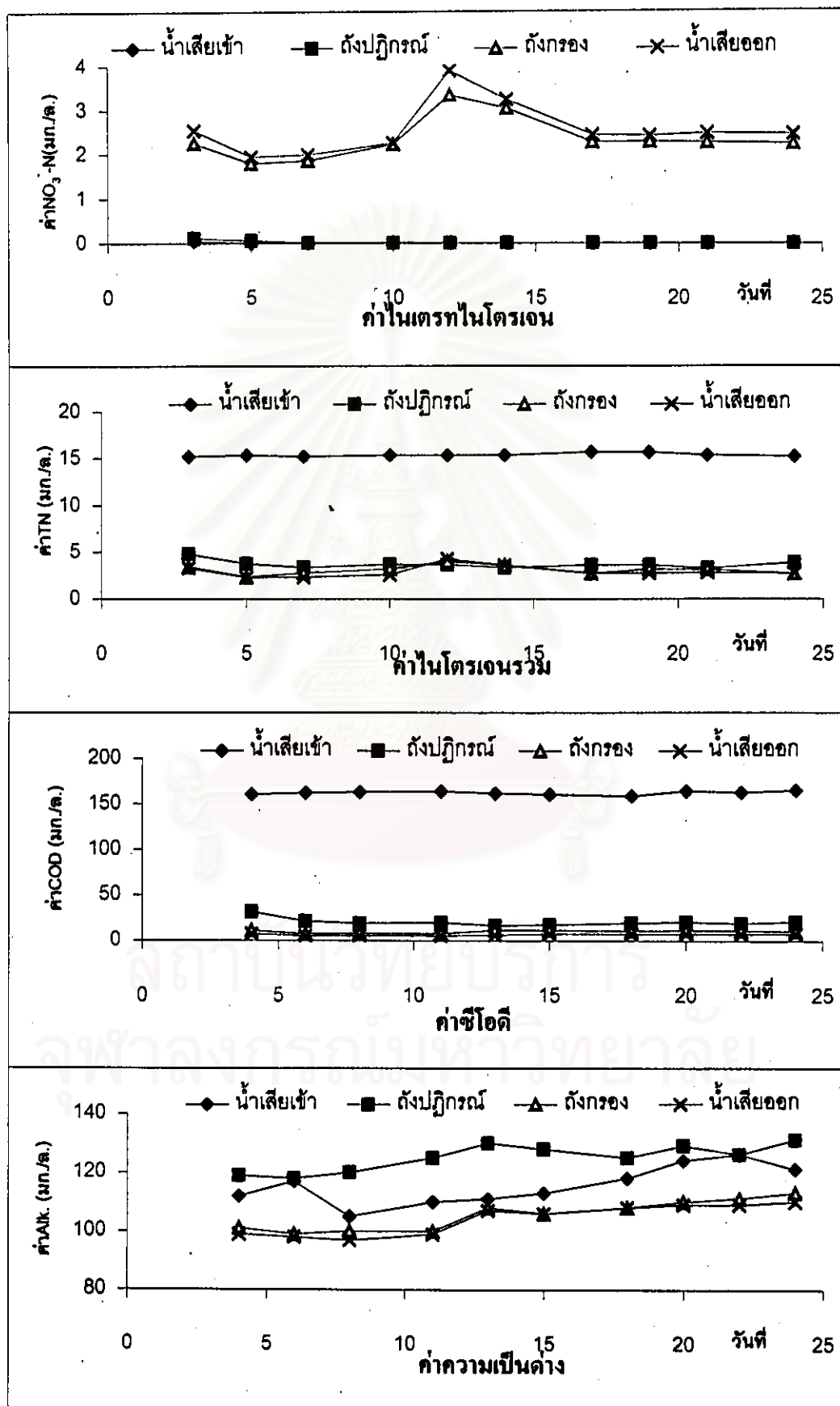
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1
(ค่าซีไอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.)

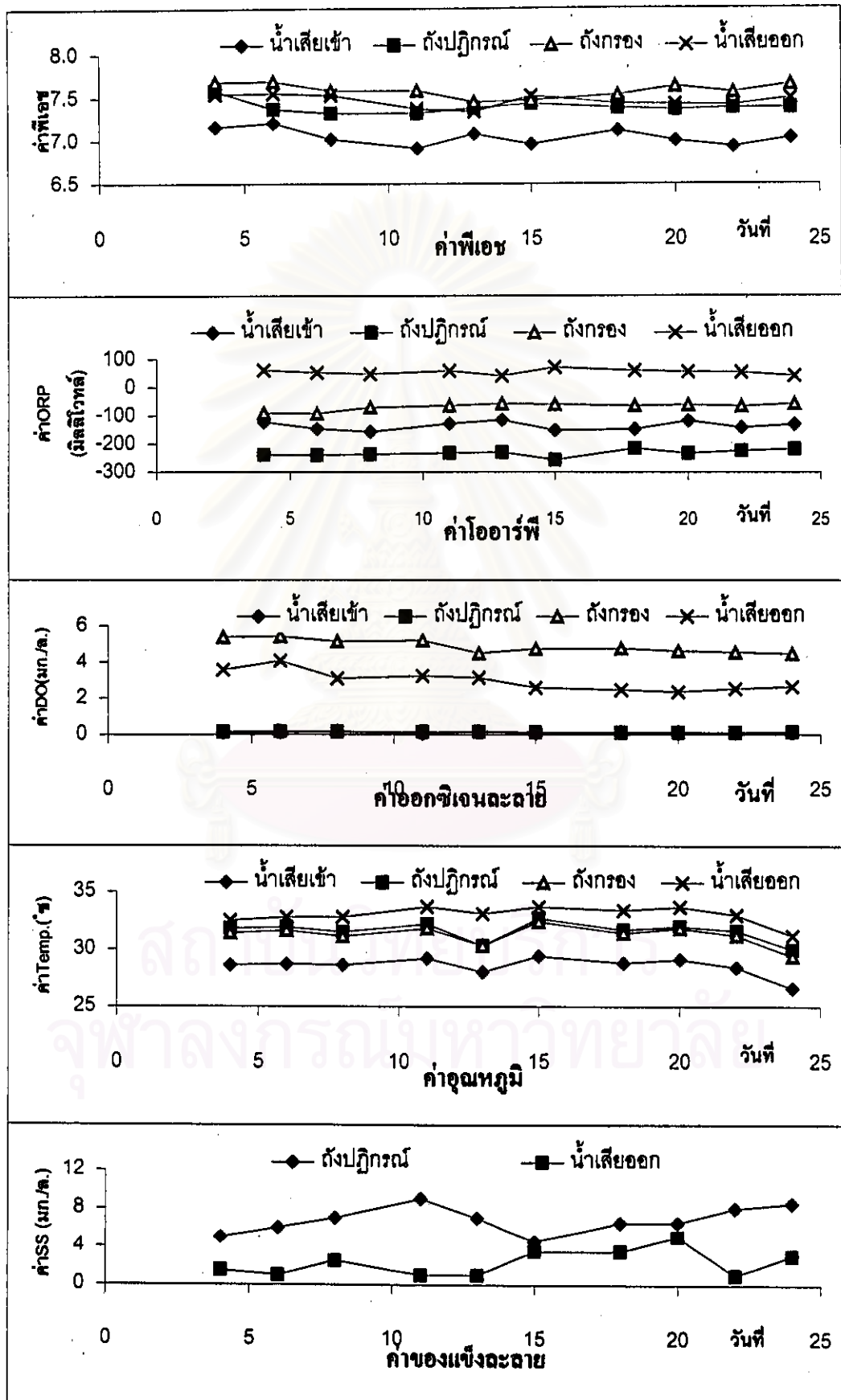


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1

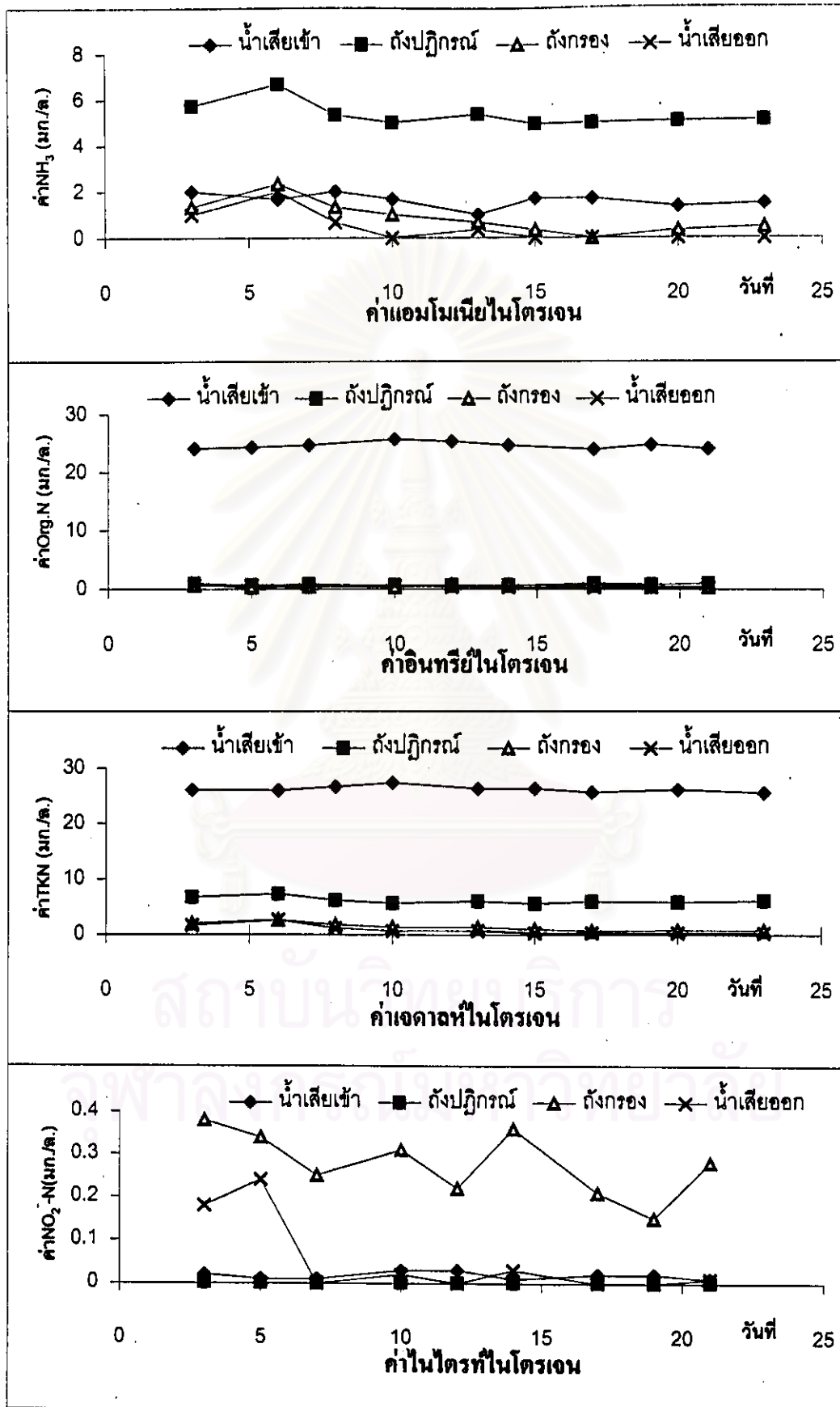
(ค่าซีไอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1
(ค่าซีไอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล.)

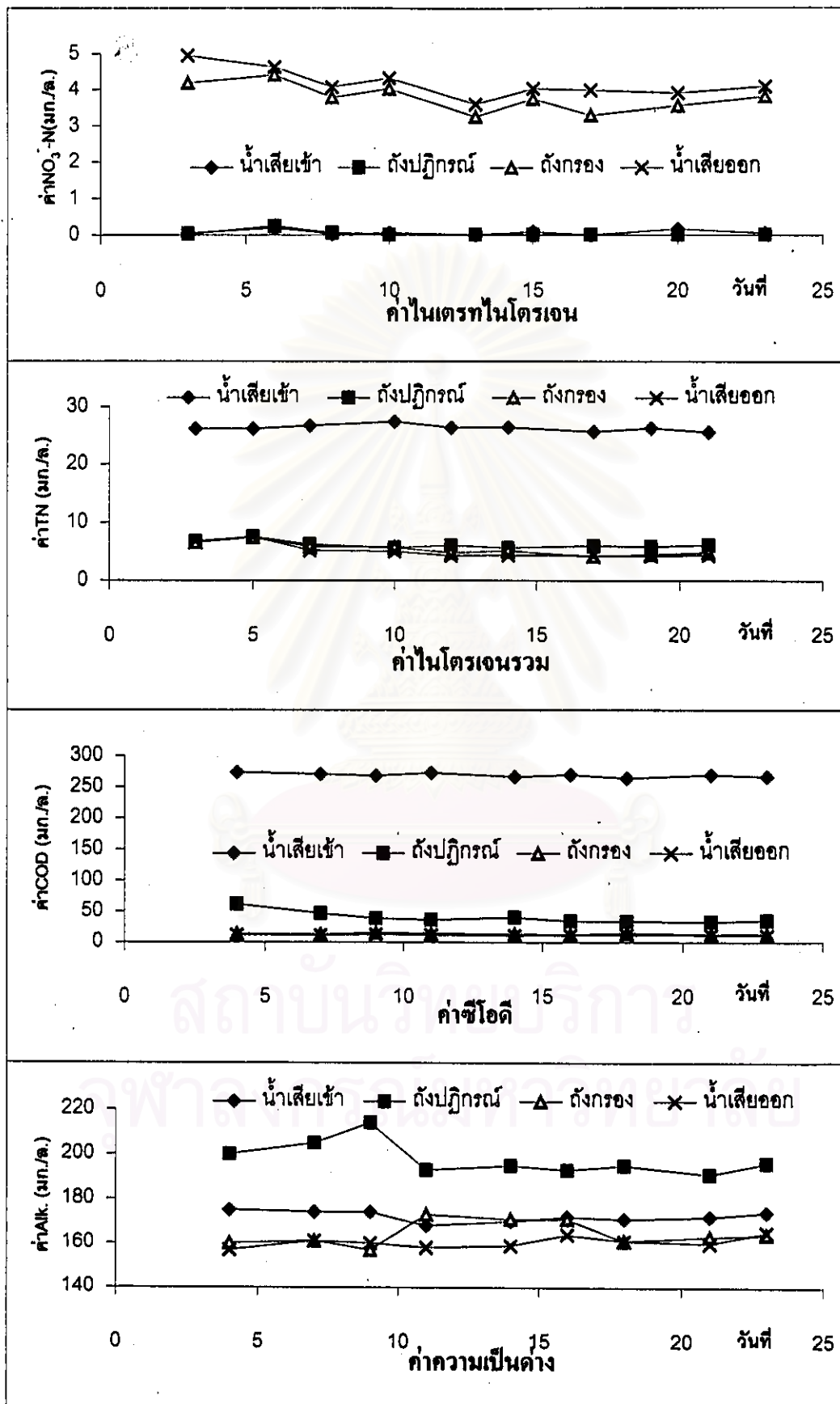


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2
(ค่าซีไอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.)

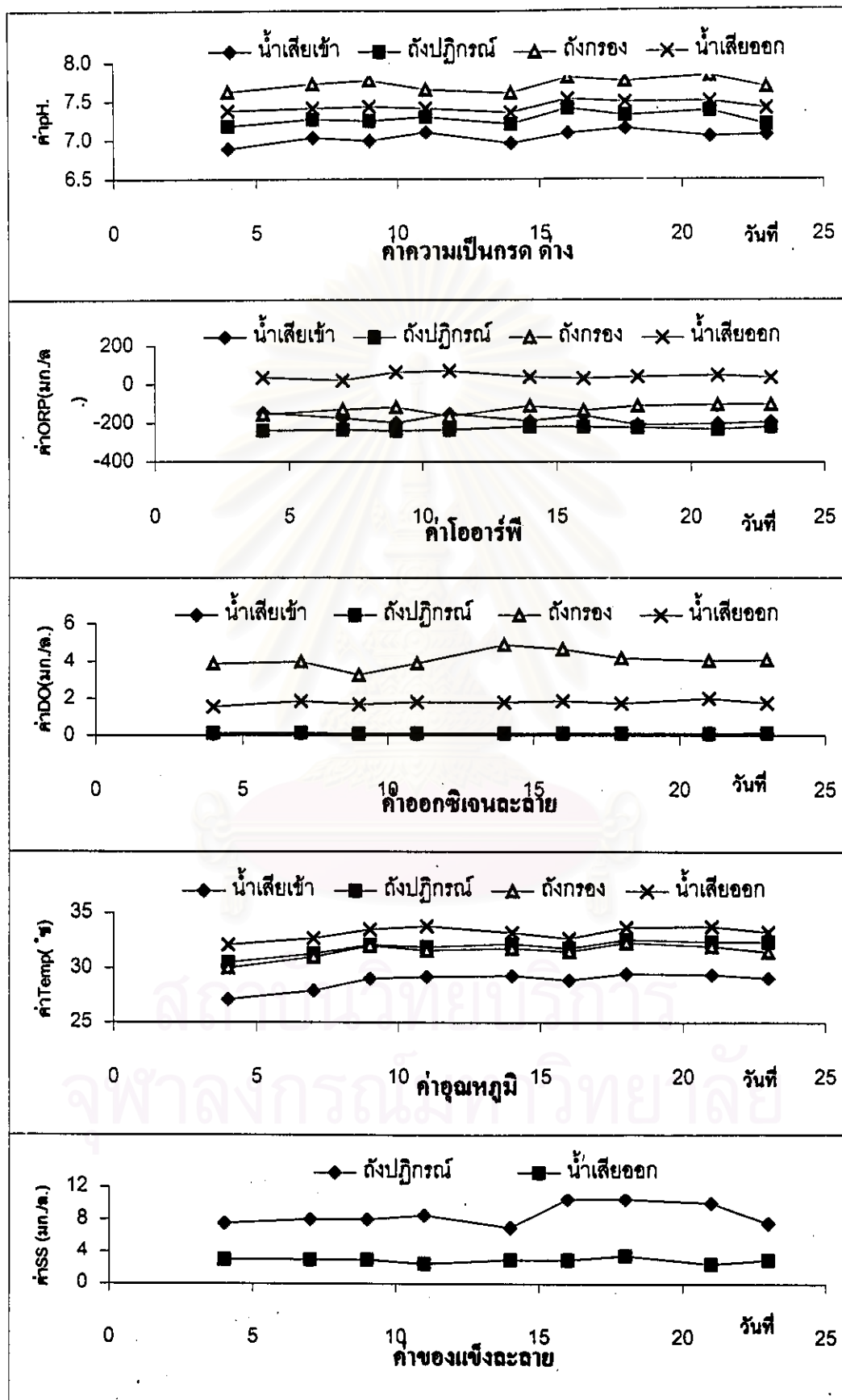


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2

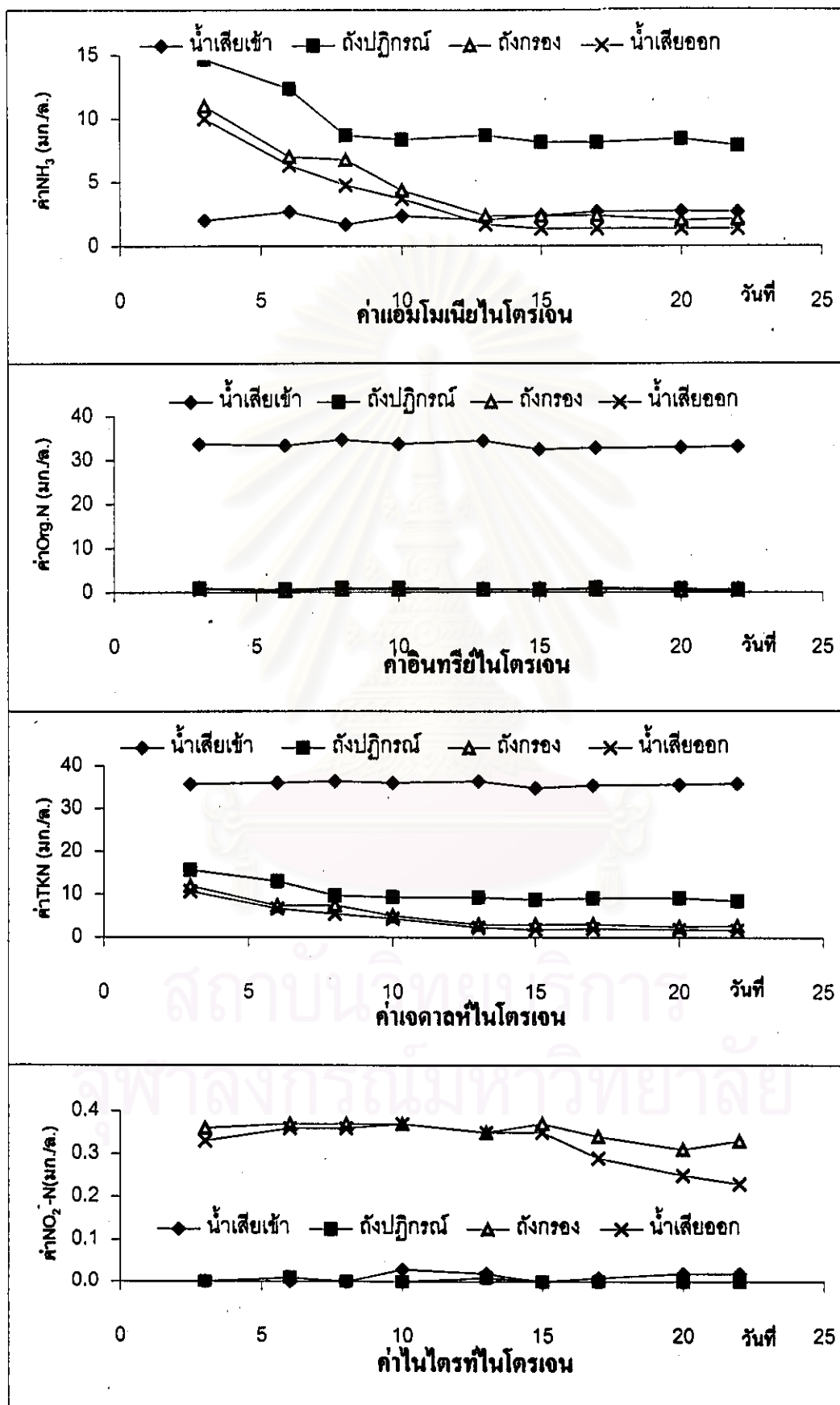
(ค่าซีไอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.)



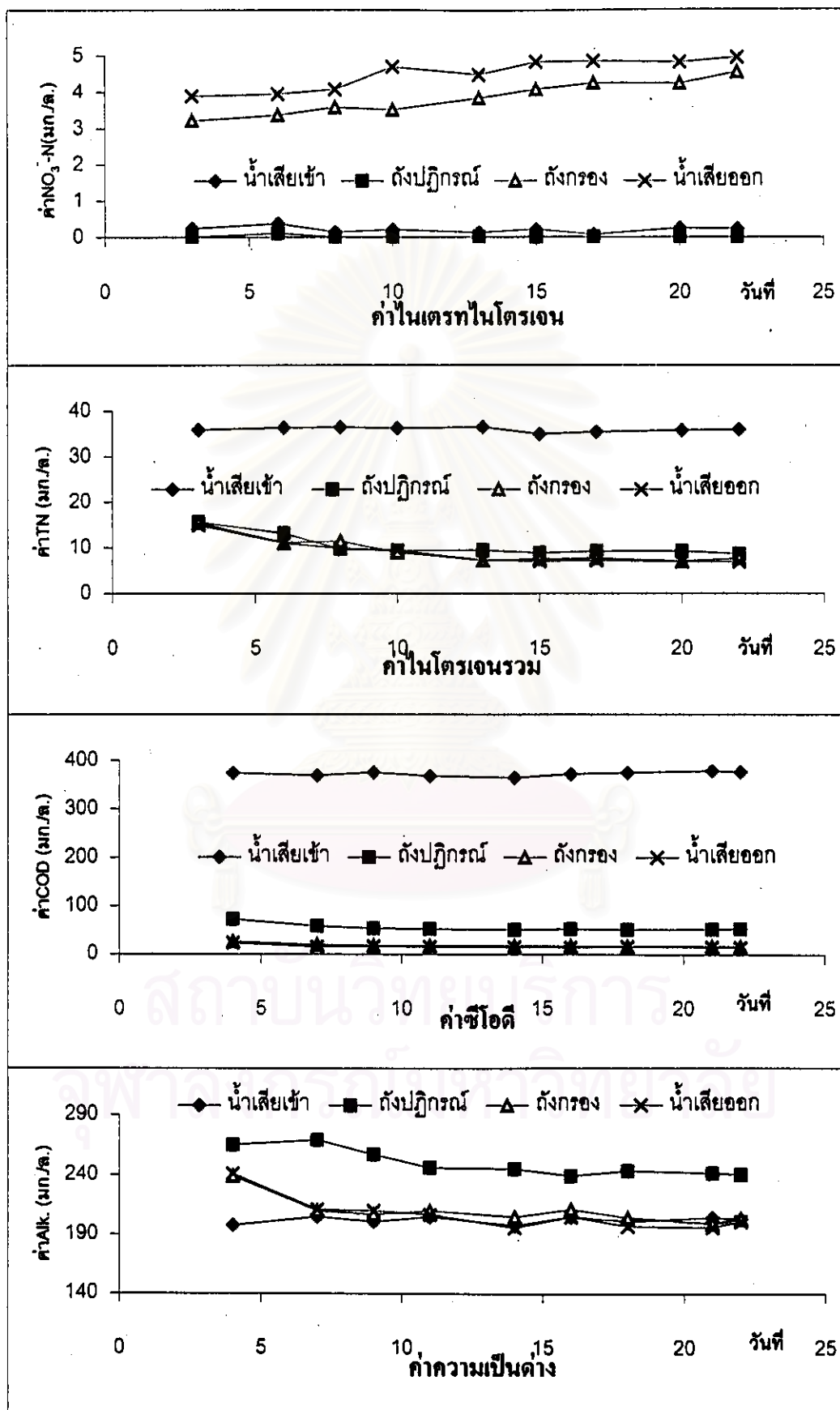
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2
(ค่าซีโอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล.)



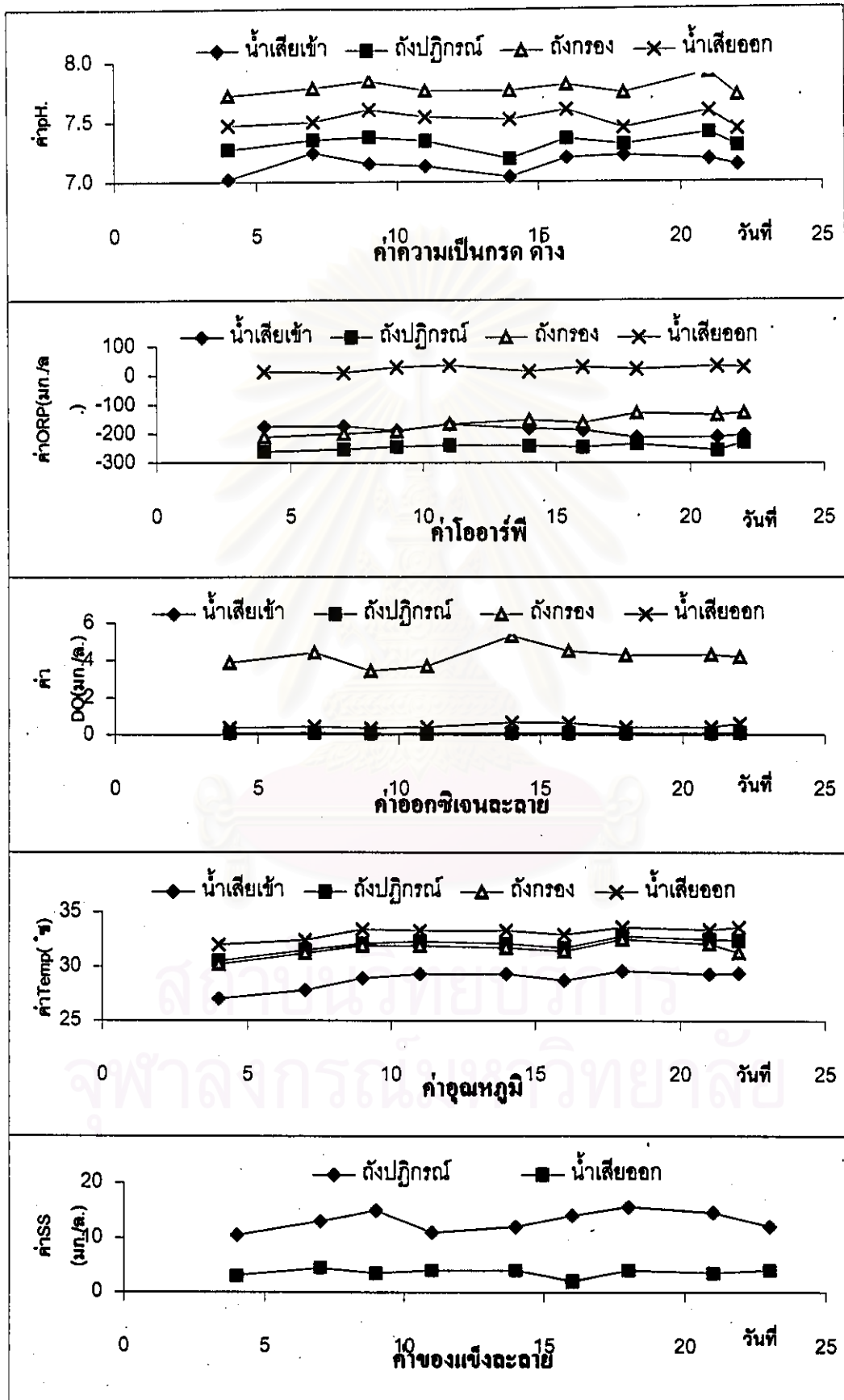
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองที่ 3
(ค่าซีไอดี 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.)



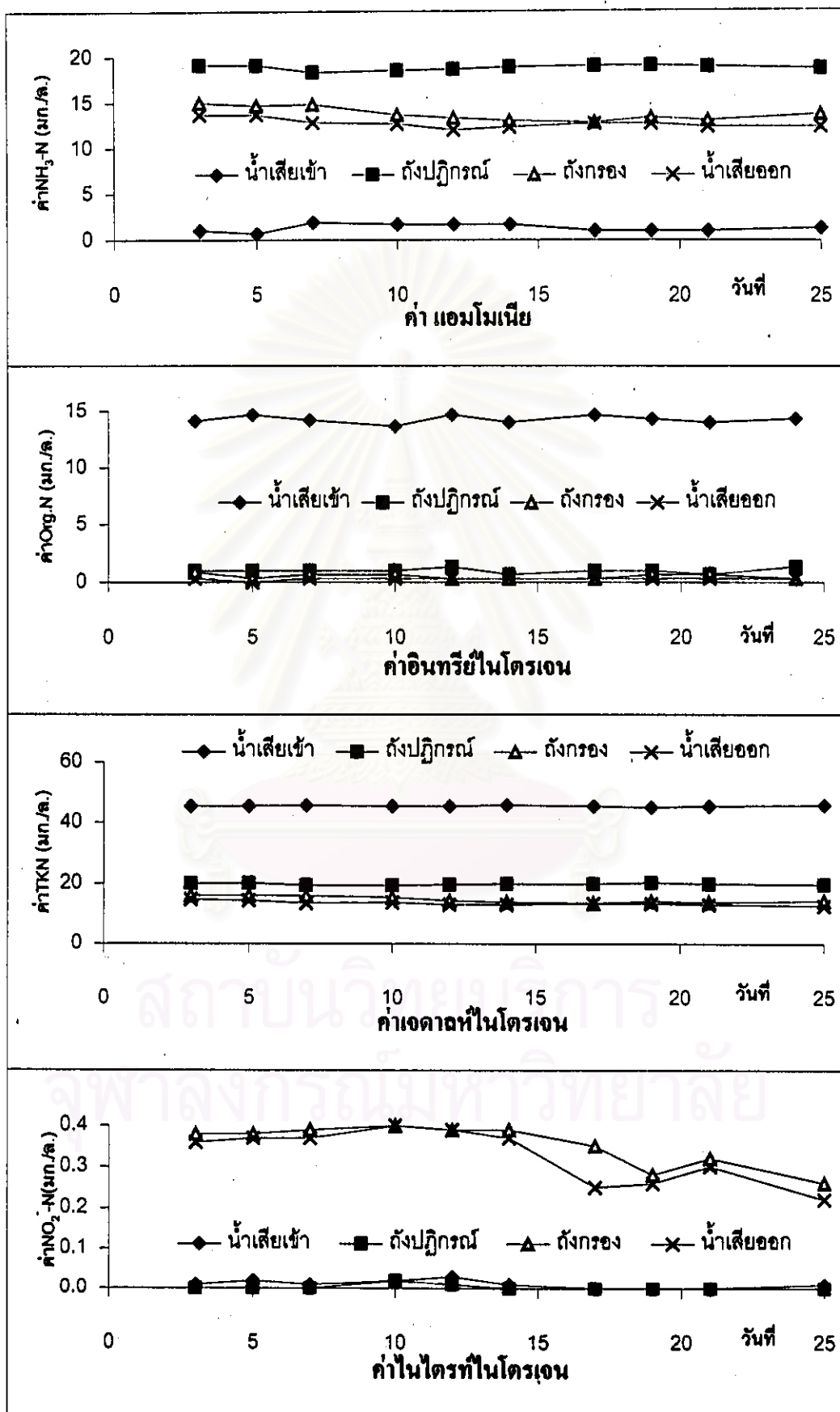
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองที่ 3
(ค่าซีไอคือ 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล.)



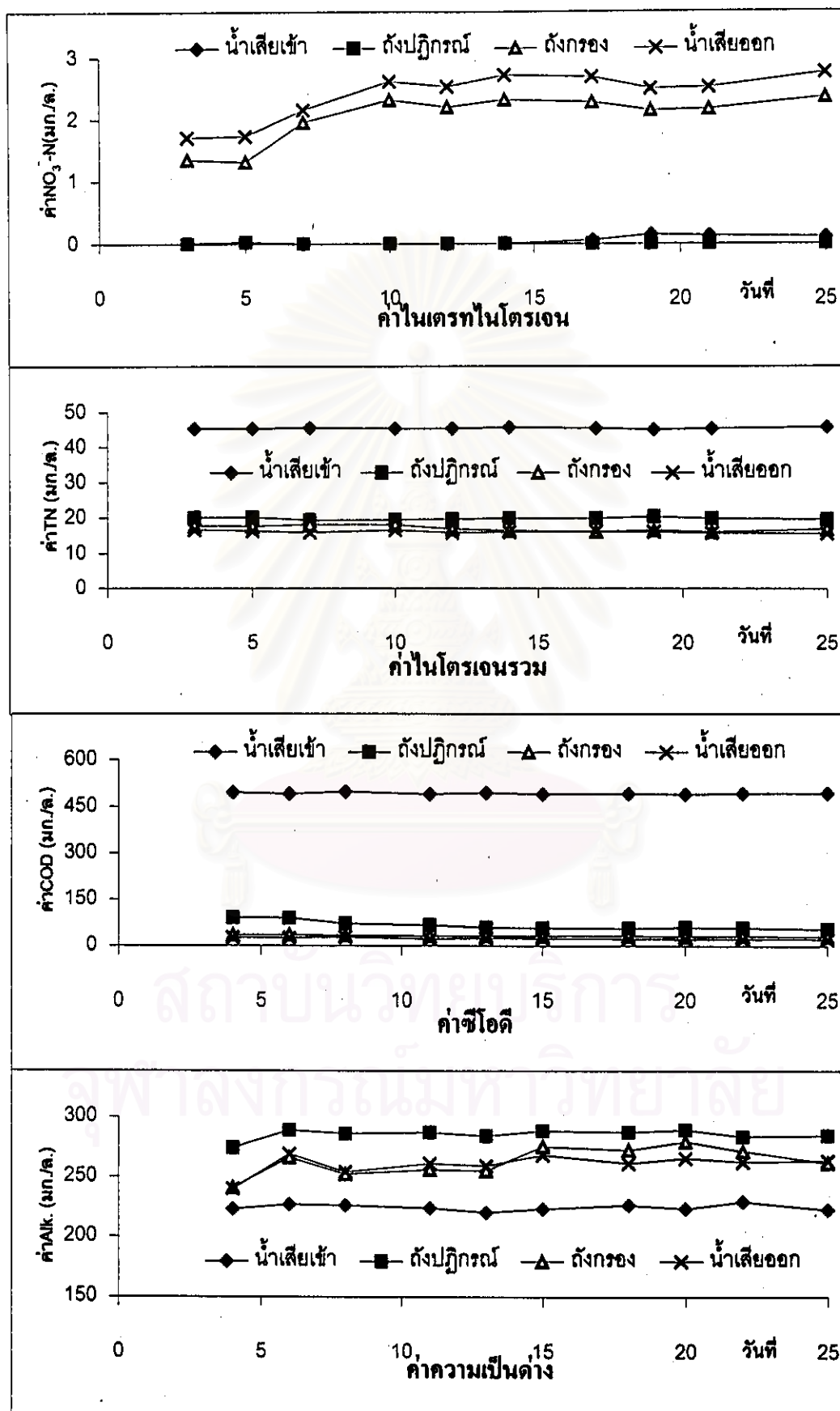
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองที่ 3
(ค่าซีโอดี 388 มก./ด., ทีเคเอ็น 35 มก./ด.)



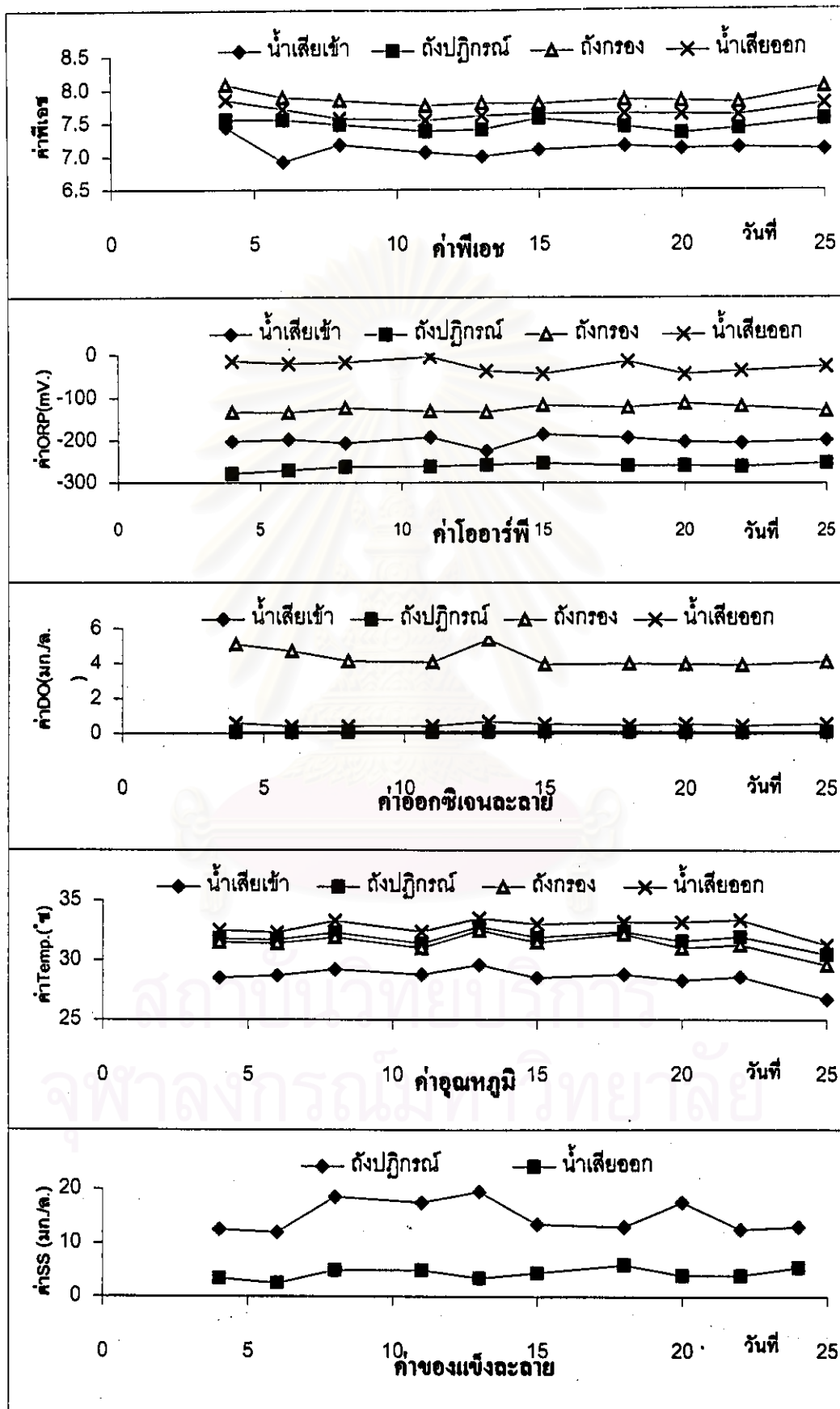
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4
(ค่าซีไอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.)



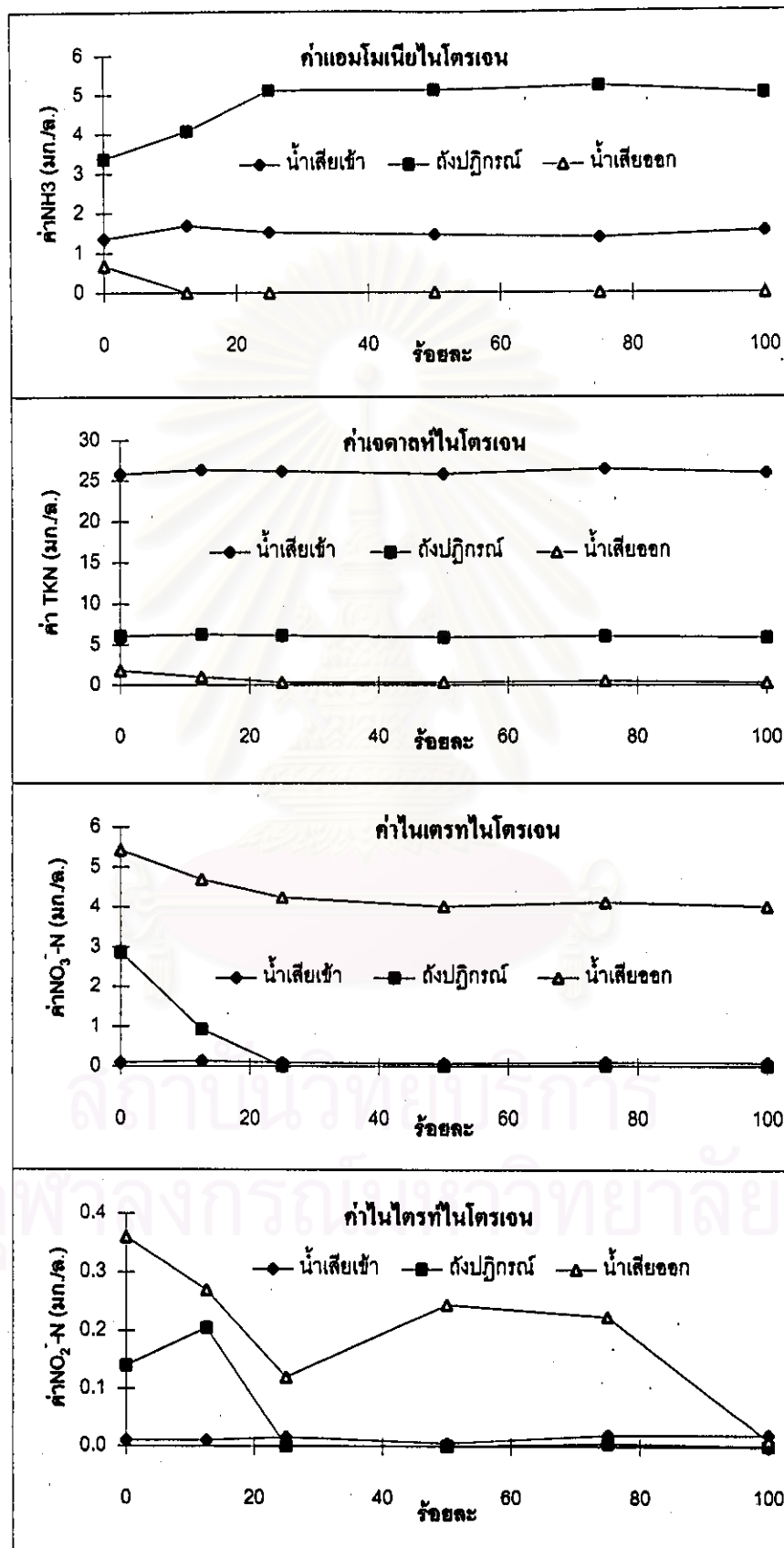
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4
(ค่าซีโอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล.)



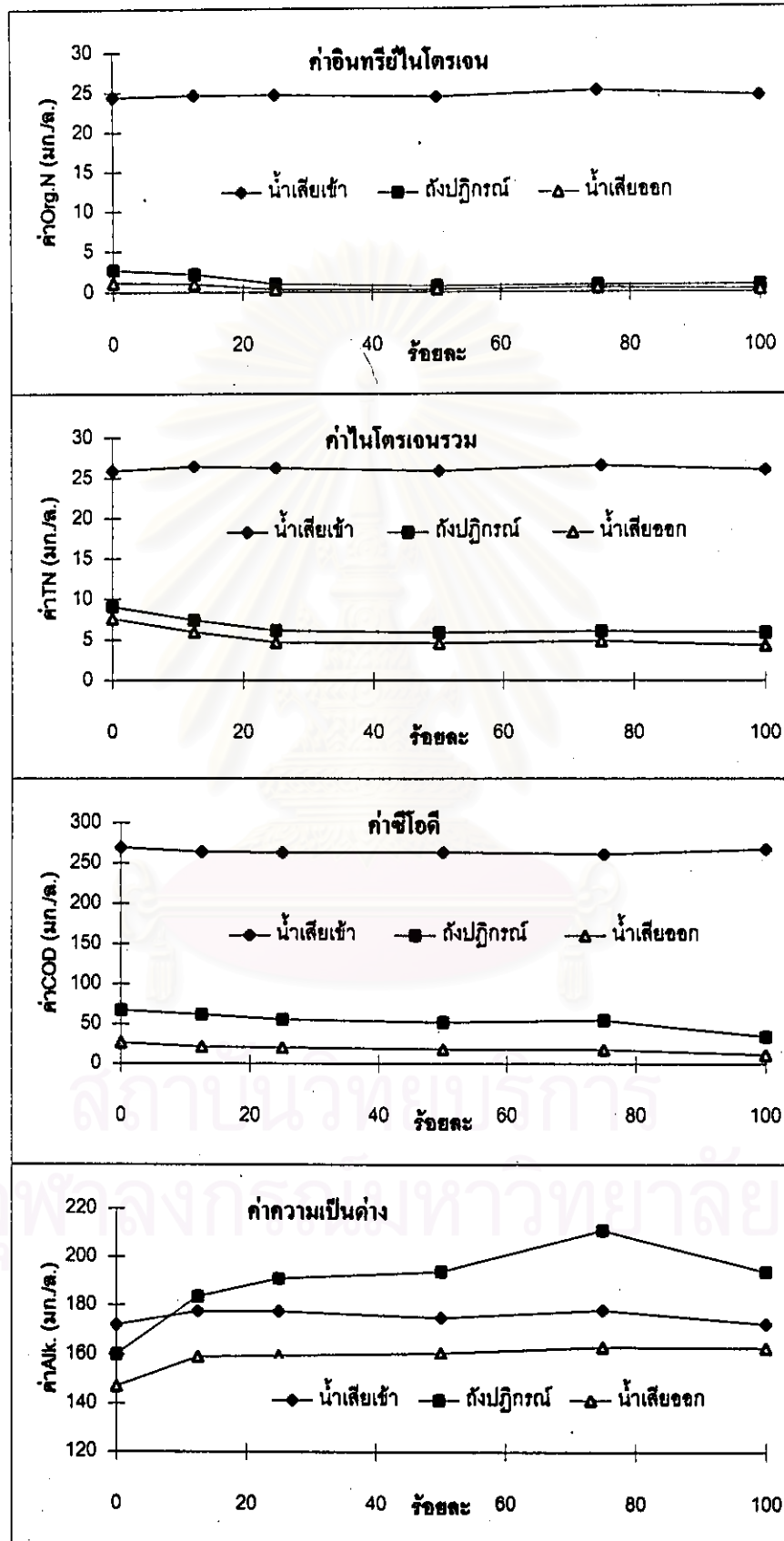
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4
(ค่าซีโอดี 500 มก./ด., ทีเคเอ็น 45 มก./ด.)



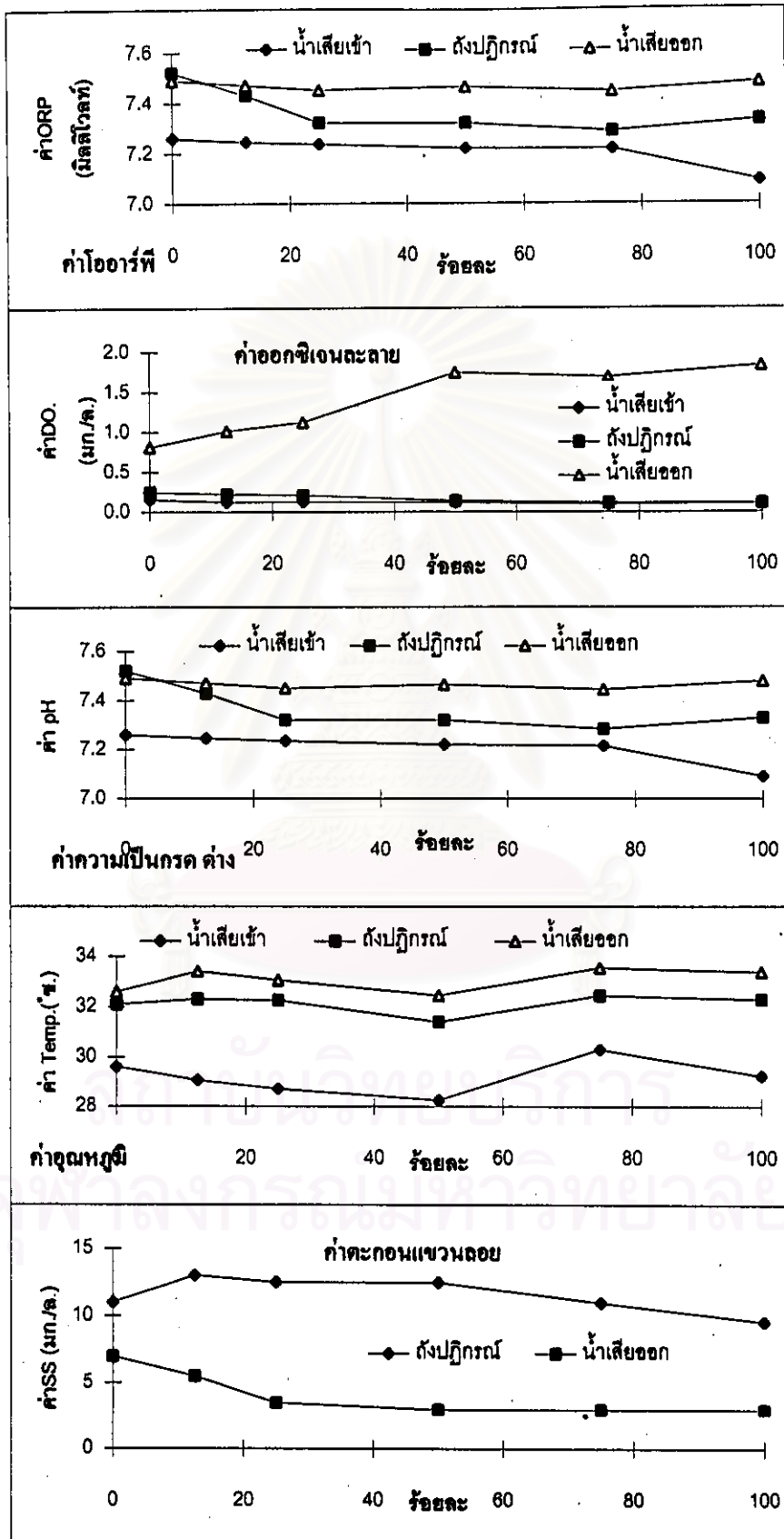
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 5
(เปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวกลางในถังปฏิกรณ์)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 5
(เปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวกลางในถังปฏิกรณ์)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 5
(เปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวกลางในถังปฏิกรณ์)



4.4 วิเคราะห์ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง การวิเคราะห์ผลและวิจารณ์ผล ซึ่งแยกออกเป็นแต่ละพารามิเตอร์ แสดงอยู่ในหัวข้อที่ 4.4.1 ถึง 4.4.10

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด มีดังนี้

4.4.1 ค่าซีโอดี

ค่าซีโอดีทั้ง 4 ชุดการทดลองที่สภาวะคงตัว สามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวพร้อมประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (หน่วย ; มก./ล.)

| ชุดการทดลองที่ | น้ำเสียเข้า (P.1) | ถัง FBR (P.2) | ถัง AMBF (P.3) | น้ำเสียออก (P.4) | ประสิทธิภาพรวม (%) |
|----------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 163.10 | 20.20 | 11.35 | 7.93 | 95.14 |
| 2 | 266.75 | 34.05 | 13.15 | 11.20 | 95.80 |
| 3 | 375.15 | 52.45 | 16.98 | 15.00 | 96.00 |
| 4 | 492.12 | 57.55 | 31.40 | 22.30 | 95.47 |

และเนื่องจากระบบมีการเวียนน้ำกลับทั้งในถัง FBR และถัง AMBF ทำให้ต้องนำค่าจากจุดเก็บตัวอย่างมาคำนวณเป็นค่าพารามิเตอร์ ณ จุดเข้าของแต่ละถังเพื่อคำนวณประสิทธิภาพโดยรวม ที่ไม่คิดถึงการเวียนกลับภายในถัง ทั้งในถัง FBR และถัง AMBF ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าซีโอดี ณ จุดเข้าและจุดออกของถัง FBR และถัง AMBF (หน่วย;มก./ล.)

| ชุดการทดลองที่ | น้ำเสียเข้า (P.1) | ถังปฏิกรณ์ (P.2) | ปศภ.ในถัง FBR | ถังปฏิกรณ์ (P.2) | น้ำเสียออก (P.4) | ปศภ.ในถัง AMBF |
|----------------|-------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|----------------|
| 1 | 163.10 | 20.20 | 87.61% | 20.20 | 7.93 | 60.74% |
| 2 | 266.75 | 34.05 | 87.24% | 34.05 | 11.20 | 67.11% |
| 3 | 375.15 | 52.45 | 86.02% | 52.45 | 15.00 | 71.40% |
| 4 | 492.12 | 57.55 | 88.31% | 57.55 | 22.30 | 61.25% |

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในการทดลองทั้ง 4 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี รวมทั้งระบบมีค่าใกล้เคียงกันมากในทุกชุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ได้ถึง 3.12 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.ตัวกลาง-วัน (ที่ค่าซีโอดี 492.12 มก./ล., ตัวกลาง 30 ลิตร และน้ำเสียวันละ 190 ลิตร) ซึ่งอาจจะได้มากกว่านี้ แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนจะลดลงไปมาก (ในหัวข้อที่ 4.3.2 การกำจัดแอมโมเนีย, ทีเคเอ็นและไนโตรเจนรวม) และเปรียบเทียบจากการเพิ่มขึ้นของค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้า พบว่าแนวโน้มค่าซีโอดีน้ำทิ้งมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อค่าซีโอดีต่ำ ปริมาณสารอาหารเข้าระบบยังมีไม่มาก ฟิล์มชีวภาพสามารถย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อค่าซีโอดีเข้าสูงขึ้น ฟิล์มชีวภาพไม่สามารถย่อยสลายสารอาหารได้ทันเพราะเวลาสัมผัสทางน้ำยังเท่าเดิมอยู่ (J.Condren, 1990) ทำให้น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีสูงขึ้น

และเมื่อพิจารณาค่าซีโอดีในถัง FBR พบว่า การกำจัดซีโอดีในระบบส่วนใหญ่จะเกิดในถัง FBR มากกว่าในถัง AMBF ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถัง FBR มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.6 แต่ในถัง AMBF ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะเริ่มลดลงตั้งแต่ชุดการทดลองที่ 4 แม้ว่าค่าซีโอดีเข้าถัง AMBF จะใกล้เคียงกับในชุดการทดลองที่ 3 ก็ตาม ซึ่งที่เป็นเช่นนี้ เพราะในชุดการทดลองที่ 4 ในถัง AMBF บริเวณชั้นน้ำเหนือตัวกลาง เริ่มมีจุลินทรีย์พวกเส้นใย (รูปที่ 4.7) ดังเช่น ในการทดลองที่ใช้อัตราการใช้ตัวกลางสารกรองในถัง AMBF ที่ 50% ต่อวัน แล้วเกิดการอุดตันในถัง AMBF (รูปที่ 4.8) ซึ่งในชุดการทดลองที่ 4 ยังไม่รุนแรงจนทำให้ระบบล้มเหลว แต่ทำให้การกำจัดซีโอดีมีประสิทธิภาพลดลง



รูปที่ 4.7 การเกิดจุลินทรีย์ชนิดเส้นใยในถัง AMBF ของชุดการทดลองที่ 4



รูปที่ 4.8 จุลินทรีย์ชนิดเส้นใยที่เกิดในชุดการทดลองที่ใช้อัตราการเวียนล้างสารกรองในถัง AMBF เท่ากับ 2 วัน ทำให้ระบบอุดตันและล้มเหลว

เมื่อพิจารณาการกำจัดซีไอดี ตามความลึกของตัวกลางสารกรอง ในถัง AMBF ที่แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นตลอดความลึกของชั้นตัวกลาง แต่ระหว่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 และ 7 จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง เมื่อเทียบกับระหว่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถึง 6 เนื่องจากเป็นส่วนที่อยู่ใต้หัวเติมอากาศประกอบด้วย ค่าออกซิเจนละลาย และค่าไออาร์พี (รายละเอียดในหัวข้อ 4.4.7 และ 4.4.8) ยังบ่งชี้ว่าสภาพการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน เกิดไม่สมบูรณ์ โดยค่าออกซิเจนละลายมีค่าต่ำกว่า 2.0 มก./ล. และ ค่าไออาร์พี มีค่าเป็นลบ

4.4.2 ค่าแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและค่าทีเคเอ็น (NH₃-N , Organic Nitrogen & TKN)

เป็นพารามิเตอร์หลักที่สำคัญในรายงานการวิจัยนี้ จากผลการทดลองสามารถสรุปค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่ง ของระบบที่สถานะคงตัวในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปค่าแอมโมเนียอินทรีย์ไนโตรเจนและทีเคเอ็นในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สถานะคงตัวและค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเฉพาะค่าแอมโมเนียและทีเคเอ็น (หน่วย; มก./ล.)

| พารามิเตอร์ | การทดลอง จุดที่ | น้ำเสียเข้า (P.1) | ถัง FBR (P.2) | ถัง AMBF (P.3) | น้ำเสียออก (P.4) | ประสิทธิภาพ รวม (%) |
|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| แอมโมเนีย ⁽¹⁾ | 1 | 1.13 | 3.17 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 2 | 1.55 | 5.36 | 0.28 | 0.00 | 100.00 |
| | 3 | 2.60 | 8.13 | 2.20 | 1.34 | 96.16 |
| | 4 | 1.08 | 18.89 | 13.20 | 12.50 | 72.07 |
| อินทรีย์ ไนโตรเจน | 1 | 14.33 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 97.70 |
| | 2 | 24.36 | 0.88 | 0.54 | 0.33 | 98.65 |
| | 3 | 32.78 | 0.79 | 0.62 | 0.49 | 98.51 |
| | 4 | 44.25 | 1.05 | 0.70 | 0.58 | 98.69 |
| ทีเคเอ็น ⁽²⁾ | 1 | 15.46 | 3.50 | 0.50 | 0.33 | 97.87 |
| | 2 | 25.91 | 6.24 | 0.82 | 0.33 | 98.73 |
| | 3 | 35.37 | 8.91 | 2.81 | 1.83 | 94.83 |
| | 4 | 45.33 | 19.94 | 13.90 | 13.08 | 71.14 |

หมายเหตุ: (1) ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย เท่ากับ ค่าแอมโมเนียเข้า (ค่าทีเคเอ็นน้ำเข้าลบด้วยอินทรีย์ไนโตรเจน น้ำออก) เทียบกับ ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออก

(2) ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็น เท่ากับ ค่าทีเคเอ็นน้ำเสียเข้า เทียบกับ ค่าทีเคเอ็นน้ำเสียออก

โดยในการทดลองนี้ ใช้ยูเรีย ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) เป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้ในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าไนโตรเจนอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ และ ส่วนน้อยเป็นแอมโมเนียแต่เมื่อน้ำเสียผ่านถัง FBR แล้ว สารอินทรีย์ไนโตรเจน จะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียเกือบทั้งหมด

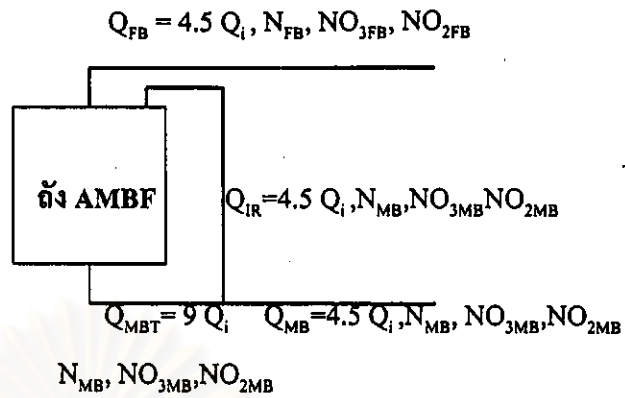
ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนโดยรวม เหตุที่ใช้ค่าแอมโมเนียเข้า โดยการนำค่าที่เคเอ็นน้ำเสียเข้าลบด้วยค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำออก เนื่องจากที่เคเอ็นที่เข้าสู่ระบบมาจากยูเรียที่เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อเข้าสู่ระบบจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียเกือบทั้งหมด เนื่องจากจุลินทรีย์เฮเทอโรโทรบ ซึ่งที่เหลือจะเป็นค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 1.0 มก./ล. ในน้ำออกจากถัง FBR นั่นคือ ค่าแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ และจากตารางที่ 4.7 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียจะมีค่าลดลงผกผันกับค่าความแอมโมเนียเข้าระบบที่มากขึ้น โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 4 ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกมีค่าสูงถึง 12.50 มก./ล. แสดงว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดไม่สมบูรณ์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 เกิดไนตริฟิเคชันเกือบสมบูรณ์

โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน จะเกิดขึ้นเฉพาะในถัง AMBF ที่มีการเติมอากาศเท่านั้น ดังนั้นการจะหาอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้น โดยไม่รวมผลของการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์จะสามารถหาได้ในถัง AMBF ส่วนในถัง FBR ไม่มีการเติมอากาศดังนั้นกระบวนการไนตริฟิเคชันจึงไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน

4.4.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถัง AMBF

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถัง AMBF จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันเป็นสำคัญ หรือ อาจกล่าวได้ว่าค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถัง AMBF จะเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันเท่านั้น

พิจารณารูปที่ 4.9 ซึ่งได้ทำการแยกส่วนถัง AMBF ออกจากระบบ เพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย



รูปที่ 4.9 การแยกส่วนถัง AMBF ออกจากระบบรวมเพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย

ค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถัง AMBF ซึ่งเกิดจากระบวนการไนตริฟิเคชันรวมถึงการนำไปสร้างเซลล์ หาได้จากสมการดังนี้

$$N = (N_{FB} + N_{MB}) / 2 - N_{MB} \dots\dots\dots(4.1)$$

- โดยที่ N = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ลดลง (มก./ล.)
- N_{FB} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียจากถัง FBR (มก./ล.)
- N_{MB} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ออกจากถัง AMBF (มก./ล.)

จากสมการที่ 4.1 สามารถสรุปค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถัง AMBF (หน่วย ; มก./ล.)

| ชุดการทดลองที่ | N_{FB} | N_{MB} | N | ประสิทธิภาพ (%) |
|----------------|----------|----------|------|-----------------|
| 1 | 3.17 | 0.00 | 1.59 | 100.00 |
| 2 | 5.36 | 0.00 | 2.68 | 100.00 |
| 3 | 8.13 | 1.34 | 3.40 | 71.70 |
| 4 | 18.89 | 12.50 | 3.20 | 20.36 |

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียจะลดลงผกผันกับค่าแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 4 ประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก ซึ่งจะเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านค่าภาระบรรทุกทางอินทรีย์ (Organic Loading) สูงไป ทำให้จุลินทรีย์ชนิดออกโตโทรบไม่สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเพื่อกำจัดแอมโมเนียได้ แต่ในขณะเดียวกันพวกเฮเทอโรโทรบกลับเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งจากการสังเกตในชุดการทดลองที่ 4 ในถัง AMBF จะมีพวกจุลินทรีย์ชนิดเส้นใยเป็นจำนวนมาก

4.4.2.2 อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันในถัง AMBF

ในหัวข้อ 4.4.2.1 ที่เกี่ยวกับการกำจัดแอมโมเนียจะแปรผันตรงกับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน แต่ไม่ได้เป็นค่าเดียวกันเนื่องจากการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์ (Assimilation) ดังนั้น อัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน หากทำได้จากแอมโมเนียที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทและไนเตรทเท่านั้น

ตารางที่ 4.9 เป็นค่าแอมโมเนีย, ไนเตรท และไนไตรท์ของทั้งน้ำเข้าและน้ำออกจากถัง AMBF โดยรวมถึงน้ำเวียนภายในถัง AMBF เพื่อหาการเกิดไนตริฟิเคชัน และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.9 ประกอบด้วย การเกิดไนตริฟิเคชันหาได้จากสมการโดยสมมุติมวลรอบถัง AMBF ดังนี้

$$NI = (N_{FB} + N_{MB})/2 - N_{MB} - \{(TIN_{FB} + TIN_{MB})/2 - TIN_{MB}\} \quad \dots (4.2)$$

และ

$$AS = (TIN_{FB} + TIN_{MB})/2 - TIN_{MB} \quad \dots (4.3)$$

โดยที่ NI = การเกิดไนตริฟิเคชัน (มก./ล.)

AS = การสร้างเซลล์ใหม่ (มก./ล.)

TIN_{FB} = ค่านินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดจากถัง FBR

(Total Inorganic Nitrogen)

= $N_{FB} + NO_{3FB} + NO_{2FB}$ (มก./ล.)

$N_{FB}, NO_{3FB}, NO_{2FB}$ = ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนเตรท, ไนไตรท์จากถัง FBR (มก./ล.)

$N_{MB}, NO_{3MB}, NO_{2MB}$ = ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนเตรท, ไนไตรท์จากถัง AMBF (มก./ล.)

ตารางที่ 4.9 ค่าแอมโมเนีย, ไนเตรทและไนไตรท์รอบถัง AMBF (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลอง ชุดที่ | N_{FB} | N_{MB} | NO_{3FB} | NO_{2FB} | NO_{3MB} | NO_{2MB} | TIN_{FB} | TIN_{MB} |
|--------------------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.44 | 0.00 | 2.60 | 2.44 |
| 2 | 5.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.00 | 0.01 | 5.01 | 4.01 |
| 3 | 8.13 | 1.34 | 0.00 | 0.00 | 4.86 | 0.28 | 8.13 | 6.48 |
| 4 | 18.89 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 2.61 | 0.26 | 18.89 | 15.37 |

จากตารางที่ 4.9 และสมการที่ 4.2 และ 4.3 จะเกิดการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและการสร้างเซลล์ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและการสร้างเซลล์ใหม่ (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลองชุดที่ | NI | NI (มก./วัน) | AS | AS (มก./วัน) |
|----------------|------|--------------|------|--------------|
| 1 | 1.22 | 2,086.2 | 0.08 | 136.8 |
| 2 | 2.01 | 3,437.1 | 0.50 | 855.0 |
| 3 | 2.57 | 4,394.7 | 0.83 | 1,419.3 |
| 4 | 1.44 | 2,462.4 | 1.76 | 3,009.6 |

จากตารางที่ 4.10 จะพบว่าเกิดการเกิดไนตริฟิเคชันจะเพิ่มขึ้นจากชุดการทดลองที่ 1 ไปสูงสุดที่ชุดการทดลองที่ 3 และลดลงอย่างมากในชุดการทดลองที่ 4 ขณะเดียวกันการสร้างเซลล์ใหม่จะมีการเพิ่มขึ้นตามค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการที่ไนตริฟิเคชันลดลงมากในชุดการทดลองที่ 4 เนื่องจากการเกิดจุลินทรีย์เส้นใยที่เป็นพวกเฮเทอโรโทรบคั่งที่กล่าวในหัวข้อ 4.4.2.1 และค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่เพียงพอเนื่องจากข้อจำกัดของถัง AMBF

เมื่อนำผลจากตารางที่ 4.10 มาคำนวณหาค่าอัตราไนโตรเจนฟิกเซชัน จะได้ว่า อัตราไนโตรเจนฟิกเซชันอยู่ระหว่าง 0.070 ถึง 0.146 กก. $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{m}^3$. (ตัวกลาง) - วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลรายงานวิจัยที่ผ่านมา (หัวข้อ 2.4) พบว่าจะมีค่าต่ำกว่าในรายงานที่มีค่าตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.5 กก. $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{m}^3$ - วัน ทั้งนี้ที่แตกต่างกัน มาจากค่าอัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อไนโตรเจนที่ไม่เท่ากัน

แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแอมโมเนียที่ออกจากระบบในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 มีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.34 มก./ล. ในขณะที่ที่เคเอ็นเข้าระบบตั้งแต่ 15 ถึง 25 มก./ล. อาจถือว่าสามารถออกซีไดซ์แอมโมเนียไนโตรเจนได้เป็นอย่างดี ยกเว้นในชุดการทดลองที่ 4 ที่ค่าที่เคเอ็นเข้า 45 มก./ล. และค่าแอมโมเนียน้ำออก 12.50 มก./ล. ที่ประสิทธิภาพในการออกซีไดซ์แอมโมเนียไม่สูงซึ่งมาจากข้อจำกัดของถัง AMBF ไม่สามารถรองรับค่าการระบรทุกอินทรีย์สูงได้ และค่าออกซิเจนละลายไม่สูงเพียงพอเนื่องจากข้อจำกัดทางถัง AMBF และต้องควบคุมไม่ให้เกิน 2.0 มก./ล. ในน้ำออก (เพราะต้องไปผ่านกระบวนการไนโตรฟิกเซชันอีกครั้ง)

4.4.2.3 การใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์ (Assimilation)

เนื่องจากระบบมีทั้งถัง FBR และถัง AMBF ดังนั้นจึงแยกคิดเป็นแต่ละถังดังนี้

ถัง AMBF ดังแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.10 ในช่อง AS พบว่าเมื่อค่าแอมโมเนียเข้าระบบสูงขึ้น การนำแอมโมเนียไปใช้เป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์จะเพิ่มสูงตาม โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 4 ที่การนำแอมโมเนียไปใช้สร้างเซลล์ สูงกว่าการเกิดกระบวนการไนโตรฟิกเซชันเสียอีก ทั้งนี้เนื่องจากการที่จุลินทรีย์พวกออกโตโทรบชนิดไนโตรไฟอิงมีน้อยนั่นเอง โดยพวกเฮเทอโรโทรบก็ยังใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ใหม่ และเมื่อเปรียบเทียบร่วมกับการกำจัดซีโอดีในถัง AMBF ด้วยแล้วได้จากสมการที่ 4.4 ดังนี้

$$S = (S_{\text{FB}} + S_{\text{MB}}) / 2 - S_{\text{MB}} \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

โดยที่ S = การกำจัดซีโอดีในถัง AMBF (มก./ล.)

S_{FB} = ค่าซีโอดีจากถัง FBR (มก./ล.)

S_{MB} = ค่าซีโอดีจากถัง AMBF (มก./ล.)

สามารถแสดงการกำจัดซีโอดี และอัตราส่วนการใช้ซีโอดีต่อแอมโมเนียในถัง AMBF ได้ ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การกำจัดซีโอดีและอัตราส่วนการใช้ซีโอดีต่อการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ในถัง AMBF (หน่วย ; มก./ล.)

| การทดลองชุดที่ | S _{FB} | S _{MB} | S | S (มก./วัน) | AS | S: AS |
|----------------|-----------------|-----------------|-------|-------------|------|-----------|
| 1 | 20.20 | 7.93 | 6.14 | 10,499.4 | 0.09 | 100: 1.47 |
| 2 | 34.05 | 11.20 | 11.43 | 19,545.3 | 0.68 | 100: 5.95 |
| 3 | 52.45 | 15.00 | 18.73 | 32,028.3 | 0.83 | 100: 4.43 |
| 4 | 57.55 | 22.30 | 17.63 | 30,147.3 | 1.73 | 100: 9.98 |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 ค่าอัตราส่วนของกำจัดซีโอดีต่อการใช้แอมโมเนีย ในการสร้างเซลล์มีค่าตั้งแต่ 100 ต่อ 1.47 ถึง 9.98 เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 1 ที่มีการใช้แอมโมเนีย น้อย เกิดจากการที่ค่าซีโอดีเข้าต่ำและเกิดไนตริฟิเคชันสมบูรณ์ ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียง และสอดคล้องกับทางทฤษฎีที่ใช้ค่าอัตราส่วน 100:5 แต่ในการทดลองชุดที่ 4 กลับมีค่าอัตราส่วนขึ้นสูงถึง 10 เกิดจากการดูดซึมแอมโมเนียเข้าไปทั้งสร้างเซลล์ และเก็บสำรองในเซลล์ ซึ่งเซลล์เหล่านี้จะหลุดออกไปตอนทำการล้างตัวกลางเป็นจำนวนมาก ทำให้ค่าอัตราส่วนมีค่าสูง

ถึง FBR ในถัง FBR ไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นกระบวนการไนตริฟิเคชันจะไม่เกิดในถังนี้ แต่ยังมีการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ใหม่อีก ดังนั้นจึงคิดเฉพาะค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถัง FBR เท่านั้น โดยมีสมมติฐานที่ว่าค่าอินทรีย์ในโตรเจนเข้าถังที่ลดลงจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียทั้งหมด ดังนั้นจะคำนวณจะได้ตามสมการที่ 4.5

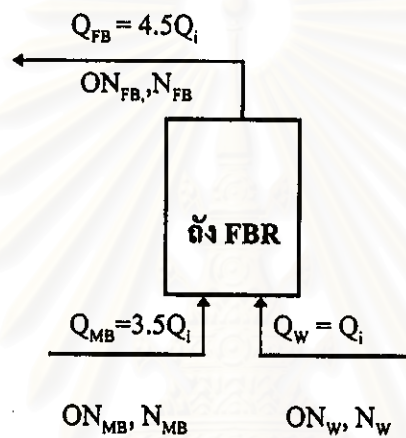
$$AS_{FB} = (ON_W + 3.5 ON_{MB})/4.5 - ON_{FB} + (N_W + 3.5N_{MB})/4.5 - N_{FB} \dots (4.5)$$

โดยที่ AS_{FB} = ค่าแอมโมเนียที่ถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ (มก./ล.)

ON_w, ON_{MB}, ON_{FB} = ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียสังเคราะห์, ถัง AMBF และถัง FBR (มก./ล.)

N_w, N_{MB}, N_{FB} = ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียสังเคราะห์, ถัง AMBF และถัง FBR (มก./ล.)

ดังแสดงการแยกถัง FBR ออกจากระบบเพื่อหาการใช้แอมโมเนีย ดังรูปที่ 4.10 และแสดงผลในตารางที่ 4.12



รูปที่ 4.10 การแยกส่วนถัง FBR ออกจากระบบเพื่อหาการใช้แอมโมเนีย

ตารางที่ 4.12 การใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ในถัง FBR (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลอง ชุดที่ | ON_w | ON_{FB} | ON_{MB} | N_w | N_{FB} | N_{MB} | AS_{FB} | AS_{FB} (มก./วัน) |
|--------------------|--------|-----------|-----------|-------|----------|----------|-----------|------------------------|
| 1 | 14.33 | 1.00 | 0.33 | 1.13 | 2.60 | 0.00 | 0.09 | 76.95 |
| 2 | 24.36 | 0.88 | 0.33 | 1.55 | 5.01 | 0.00 | 0.12 | 102.60 |
| 3 | 32.78 | 0.79 | 0.49 | 2.60 | 8.13 | 1.34 | 0.37 | 316.35 |
| 4 | 44.25 | 1.05 | 0.58 | 1.08 | 18.89 | 12.50 | 0.31 | 265.05 |

จากตารางที่ 4.12 พบว่า การใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ในถัง FBR จะเพิ่ม

ขึ้นตามค่าแอมโมเนียเข้าถัง FBR และสูงสุดที่ชุดการทดลองที่ 3 และเมื่อเทียบกับการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ในถัง AMBF จากตารางที่ 4.11 พบว่า ในถัง FBR การเกิดปฏิกิริยาจะเป็น แอนออกซิก-แอนแอโรบิก (Anoxic-Anaerobic) ซึ่งจะมีการใช้ในโตรเจนในการสร้างเซลล์ใหม่น้อยกว่าในกระบวนการแอโรบิก (Aerobic) ตั้งแต่ 100 ถึง 190 เท่า

และเมื่อคิดเปรียบเทียบกับค่ากำจัดซีโอดีในถัง FBR ด้วยแล้ว จะได้จากสมการที่ 4.6 ดังนี้

$$S' = (S_w + 3.5 S_{MB})/4.5 - S_{FB} \quad \text{.....(4.6)}$$

โดยที่ $S' =$ การกำจัดซีโอดีในถัง FBR (มก./ล.)

$S_w =$ ค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.)

$S_{MB} =$ ค่าซีโอดีออกจากถัง AMBF (มก./ล.)

$S_{FB} =$ ค่าซีโอดีออกจากถัง FBR (มก./ล.)

โดยสามารถแสดงผลการกำจัดซีโอดีในถัง FBR และอัตราส่วนการใช้ซีโอดีต่อแอมโมเนียได้ในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การกำจัดซีโอดีในถัง FBR และอัตราส่วนการใช้ซีโอดีต่อแอมโมเนีย (หน่วย:มก./ล.)

| การทดลองชุดที่ | S_w | S_{FB} | S_{MB} | S' | S' (มก./วัน) | AS_{FB} | $S' : AS_{FB}$ |
|----------------|--------|----------|----------|-------|----------------|-----------|----------------|
| 1 | 163.10 | 20.20 | 7.93 | 22.21 | 18,989.6 | 0.09 | 100: 0.41 |
| 2 | 266.75 | 34.05 | 11.20 | 33.94 | 29,018.7 | 0.12 | 100: 0.35 |
| 3 | 375.15 | 52.45 | 15.00 | 42.58 | 36,405.9 | 0.37 | 100: 0.87 |
| 4 | 492.10 | 57.55 | 22.30 | 69.15 | 59,123.3 | 0.31 | 100: 0.45 |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.13 อัตราส่วนของการกำจัดซีโอดีต่อการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์มีค่าตั้งแต่ 100 ต่อ 0.35 ถึง 0.87 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับในถัง AMBF พบว่ามีค่าน้อยกว่าในการใช้แอมโมเนียในถัง AMBF มาก ด้วยเหตุผลเดียวกับการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ใหม่

ซึ่งเมื่อพิจารณาการกำจัดแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและทีเคเอ็นตามลำดับความลึกในถัง AMBF ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่าการกำจัดค่าแอมโมเนีย, อินทรีย์ไนโตรเจนและค่าทีเคเอ็นเกิดขึ้นตลอดความลึกของชั้นตัวกลาง โดยเฉพาะในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถึง 4 จะมีการย่อยสลายที่สูงกว่าในจุดเก็บที่ 4 ถึง 7 แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาส่วนใหญ่เกิดขึ้นในชั้นน้ำและชั้นบนของตัวกลาง

4.4.3 ค่าไนเตรทและไนไตรท์ ($\text{NO}_3^- - \text{N}$ & $\text{NO}_2^- - \text{N}$)

ค่าไนเตรทและไนไตรท์เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่จะบ่งชี้ถึงสภาพการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน สามารถสรุปค่าความเข้มข้นของไนเตรทและไนไตรท์ ในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวได้ในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สรุปค่าไนเตรท ไนไตรท์ในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย ; มก./ล.)

| พารามิเตอร์ | การทดลอง ชุดที่ | น้ำเสียเข้า (P.1) | ถัง FBR (P.2) | ถัง AMBF (P.3) | น้ำเสียออก (P.4) |
|-------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| ไนเตรท | 1 | 0.00 | 0.00 | 2.26 | 2.44 |
| | 2 | 0.08 | 0.00 | 3.60 | 4.00 |
| | 3 | 0.19 | 0.00 | 4.28 | 4.86 |
| | 4 | 0.11 | 0.00 | 2.23 | 2.61 |
| ไนไตรท์ | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.00 |
| | 2 | 0.02 | 0.00 | 0.25 | 0.01 |
| | 3 | 0.01 | 0.00 | 0.34 | 0.28 |
| | 4 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.26 |

จากตารางที่ 4.14 เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนในน้ำเสียออก จะเห็นได้ว่ายังมีไนโตรเจนเหลือในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกิดไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ (Incompleted Nitrification) อันเนื่องมาจากมีค่าการระบรทุกทางอินทรีย์สูงและมีระยะเวลาเก็บกักต่ำ

ส่วนในน้ำเสียจากถัง FBR ค่าไนเตรทและไนไตรท์ มีค่าเป็นศูนย์แสดงให้เห็นว่าการเกิดดีไนตริฟิเคชัน ในถัง FBR เกิดอย่างสมบูรณ์ในทุกชุดการทดลอง ทำให้ต้องเพิ่มการทดลองชุดที่ 5 ที่ทำการลดปริมาณสารตัวกลางในถัง FBR ลงจนเกิดสภาพดีไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ขึ้น(เกิดไนเตรทและไนไตรท์ออกมาในน้ำจากถัง FBR) ดังแสดงในตารางที่ 4.15

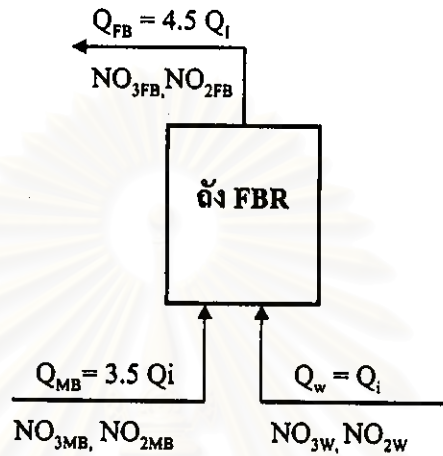
ตารางที่ 4.15 ค่าระดับและร้อยละของตัวกลางในถัง FBRเมื่อเทียบกับการทดลองชุดที่ 2 ในรูปของไนเตรทและไนไตรท์ (หน่วย; มก./ล.)

| พารามิเตอร์ | ระดับของตัวกลาง, ซม. (เทียบกับการทดลองที่ 2) | น้ำเสียเข้า (P.1) | ถัง FBR (P.2) | น้ำเสียออก (P.4) |
|-------------|---|----------------------|------------------|---------------------|
| ไนเตรท | 57.5 (75%) | 0.10 | 0.01 | 4.71 |
| | 35.0 (50%) | 0.07 | 0.00 | 4.51 |
| | 17.5 (25%) | 0.09 | 0.00 | 4.24 |
| | 8.75 (12.5%) | 0.13 | 0.93 | 4.69 |
| | 0.00 (0%) | 0.09 | 2.87 | 5.42 |
| ไนไตรท์ | 57.5 (75%) | 0.02 | 0.01 | 0.23 |
| | 35.0 (50%) | 0.01 | 0.00 | 0.25 |
| | 17.5 (25%) | 0.02 | 0.00 | 0.12 |
| | 8.75 (12.5%) | 0.01 | 0.21 | 0.27 |
| | 0.00 (0%) | 0.01 | 0.14 | 0.36 |

ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์ จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในระบบเป็นสำคัญ ซึ่งในการทดลองนี้จะเกิดเฉพาะในถัง FBR เนื่องจากมีสภาพไร้อากาศ (Anoxic) ส่วนในถัง AMBF ปฏิกริยาจะไม่เกิดเพราะมีการให้อากาศแก่ระบบตลอดเวลา

4.4.3.1 อัตราเกิดดีไนตริฟิเคชันในถัง FBR

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.11 ซึ่งได้ทำการแยกส่วนถัง FBR ออกจากระบบรวมเพื่อหาอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน



รูปที่ 4.11 แสดงการแยกส่วนถัง FBR ออกจากระบบรวมเพื่อหาอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถัง FBR

ในการหาอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันใช้สมมติฐานที่ว่า จุลินทรีย์ใช้ไนเตรทและไนเตรท์เป็นแหล่งของออกซิเจนในการย่อยสารอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นการเกิดดีไนตริฟิเคชัน หาได้จากสมการที่ 4.7 ดังนี้

$$DN = (NO_{3W} + 3.5NO_{3MB})/4.5 + (NO_{2W} + 3.5 NO_{2MB})/4.5 - NO_{3FB} - NO_{2FB} \dots\dots\dots(4.7)$$

โดยที่ DN = การเกิดดีไนตริฟิเคชัน (มก./ล.)

สามารถสรุปไว้ในตารางที่ 4.16 ดังนี้

ตารางที่ 4.16 การเกิดดีไนตริฟิเคชันในถัง FBR (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลอง ชุดที่ | NO _{3w} | NO _{3MB} | NO _{2w} | NO _{2MB} | NO _{3FB} | NO _{2FB} | DN | DN (มก./วัน) |
|--------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-----------------|
| 1 | 0.00 | 2.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.90 | 1,624.50 |
| 2 | 0.08 | 4.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 3.14 | 2,684.70 |
| 3 | 0.19 | 4.86 | 0.01 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 4.04 | 3,454.20 |
| 4 | 0.11 | 2.61 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 2.26 | 1,932.30 |

จากตารางที่ 4.16 พบว่าการเกิดดีไนตริฟิเคชัน จะมีค่าตั้งแต่ 1.90 ถึง 4.04 มก. (NO_x - N)/ล. หรือคิดเป็นค่าการระบรทุกของดีไนตริฟิเคชันตั้งแต่ 1.94 ถึง 4.13 กก. (NO_x - N)/ลบ.ม. (ตัวกลาง) - วัน ขึ้นอยู่กับค่าไนเตรทและไนเตรทที่ออกมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชันในถัง AMBF เป็นสำคัญ และเนื่องจากในทุกชุดการทดลองไม่เกิดการล้มเหลวของดีไนตริฟิเคชัน จึงทำการทดลองเพิ่มเป็นชุดที่ 5 โดยนำการทดลองในชุดที่ 2 มาเป็นต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบ ทำการลดปริมาณตัวกลางในถัง FBR ตั้งแต่ร้อยละ 75, 50, 25, 12.5 และ 0 ดังแสดงผลสรุปไว้ในตารางที่ 4.15 แล้ว และจากสมการที่ 4.7 จะได้การเกิดดีไนตริฟิเคชัน ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การเกิดดีไนตริฟิเคชันในถัง FBR ที่ค่าระดับตัวกลางต่างกัน (หน่วย; มก./ล.)

| ระดับตัวกลาง; ชม. (เทียบการ ทดลองชุดที่ 2) | NO _{3w} | NO _{3MB} | NO _{2w} | NO _{2MB} | NO _{3FB} | NO _{2FB} | DN | DN (มก./วัน) |
|--|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-----------------|
| 70.0(100%) | 0.08 | 4.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 3.14 | 2,684.70 |
| 57.5 (75%) | 0.10 | 4.11 | 0.02 | 0.23 | 0.01 | 0.00 | 3.39 | 2,898.50 |
| 35.0 (50%) | 0.07 | 4.01 | 0.01 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 3.33 | 2,847.20 |
| 17.5 (25%) | 0.09 | 4.24 | 0.02 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 3.42 | 2,924.10 |
| 8.75 (12.5%) | 0.13 | 4.69 | 0.01 | 0.27 | 0.93 | 0.21 | 2.75 | 2,351.30 |
| 0.00 (0%) | 0.09 | 5.42 | 0.01 | 0.36 | 2.87 | 0.14 | 1.51 | 1,291.05 |

จากผลในตารางที่ 4.17 พบว่าในการทดลองที่ระดับต่ำกว่า 17.5 ซม. จะมีหลุดออกของไนเตรทและไนโตรที่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบคิไนตริฟิเคชันล้มเหลว โดยที่ระดับ 17.5 ซม. ระบบยังสามารถกำจัดไนเตรทและไนโตรที่ได้อีก จึงเป็นจุดที่เกิดคิไนตริฟิเคชันสูงสุด คิดเป็นภาระบรรทุกของคิไนตริฟิเคชันเท่ากับ 13.99 กก. (NO_x - N)/ลบ.ม.-วัน เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานที่มีผู้วิจัยไว้ (I. Coelho et al., 1992) ที่มีค่าสูงสุดที่ 8.6 กก. (NO₃ - N)/ลบ.ม. - วัน โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวกลางขนาด 1.69 มม. ซึ่งในการทดลองนี้ใช้แอนทราไซท์ขนาด 0.85 ± 0.05 มม. การที่มีขนาดเล็กกว่าทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาณสูงกว่าทำให้สามารถรับอัตราคิไนตริฟิเคชันได้สูงกว่าตามไปด้วย เพราะจุลินทรีย์เป็นแบบยึดเกาะที่ต้องการพื้นที่ผิวในการอาศัยเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์

การเกิดไนเตรทและไนโตรที่ตามระดับความลึกในถัง AMBF ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ผลการเกิดไนเตรทและไนโตรที่คล้ายกับการลดลงของแอมโมเนียในถัง AMBF โดยจุดเก็บที่ 1 ถึง 4 จะมีการเกิดไนเตรทและไนโตรที่ในอัตราสูงกว่าในจุดเก็บที่ 4 ถึง 7 แสดงให้เห็นว่าไนตริฟิเคชันเกิดในส่วนบนของตัวกลางมากกว่าในส่วนล่างของตัวกลาง

4.4.4 ค่าไนโตรเจนรวม (TN)

ค่าไนโตรเจนรวมเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงสารประกอบไนโตรเจนทุกชนิด ที่บอกได้ถึงประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน สามารถสรุปค่าไนโตรเจนรวม ในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวได้ ในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 สรุปค่าไนโตรเจนรวมในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวและประสิทธิภาพโดยรวม (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลอง ชุดที่ | น้ำเสียเข้า | ถัง FBR | ถัง AMBF | น้ำเสียออก | ประสิทธิภาพ (%) |
|--------------------|-------------|---------|----------|------------|--------------------|
| 1 | 15.47 | 3.59 | 2.93 | 2.77 | 82.09 |
| 2 | 26.00 | 6.59 | 4.67 | 4.34 | 83.31 |
| 3 | 35.37 | 8.92 | 7.42 | 6.96 | 80.32 |
| 4 | 45.45 | 19.94 | 16.43 | 15.95 | 64.91 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน (ประมาณ 80%) แต่ในชุดการทดลองที่ 4 ประสิทธิภาพลดลงไปมาก ที่เกิดจากในถัง AMBF มีจุลินทรีย์ชนิดเฮเทอโรโทรบ มากกว่าพวกออโตโทรบ ทำให้การกำจัดแอมโมเนียไม่เกิดขึ้น แต่มีการกำจัดพวกสารอินทรีย์คาร์บอนแทน ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

และข้อมูลการกำจัดไนโตรเจนรวมตามระดับความลึกในถัง AMBF ในตารางที่ 4.4 พบว่าคล้ายกับการกำจัดที่เคเอ็น คือ การกำจัดส่วนใหญ่จะเกิดในจุดเก็บที่ 1 ถึง จุดเก็บที่ 4 ซึ่งการกำจัดไนโตรเจนรวมในถัง AMBF จะเป็นการสะสมไปใช้ในการสร้างเซลล์ เพราะในกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนจากแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทและไนไตรท์เท่านั้น ไม่มีกำจัดไนโตรเจนรวมออกไปแต่อย่างใด

4.4.5 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

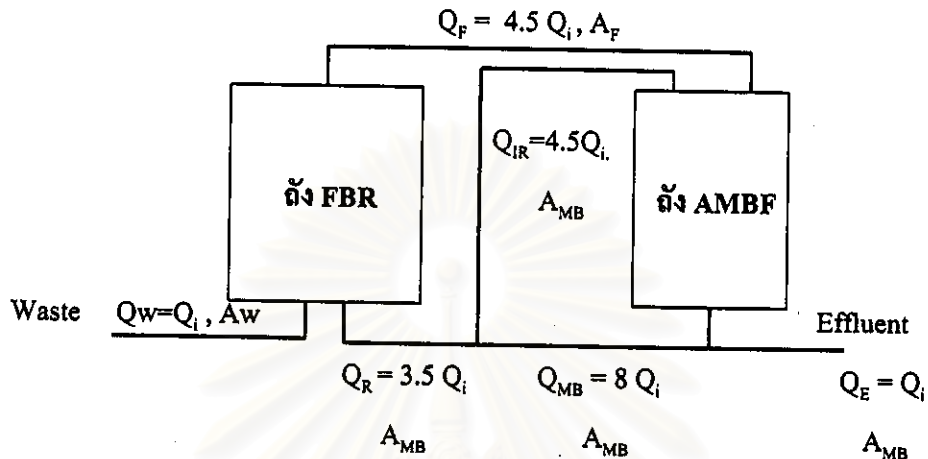
ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน ค่าความเป็นด่างจะเป็นตัวบอกการเกิดกระบวนการทั้งสองได้เป็นอย่างดี โดยสามารถสรุปค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัวได้ ในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สรุปค่าความเป็นด่างในแต่ละตำแหน่งของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย; มก./ด.)

| การทดลองชุดที่ | น้ำเสีย | ถัง FBR | ถัง AMBF | น้ำเสียออก |
|----------------|---------|---------|----------|------------|
| 1 | 122.25 | 127.75 | 110.50 | 108.00 |
| 2 | 172.25 | 197.00 | 164.75 | 154.25 |
| 3 | 197.00 | 246.25 | 204.25 | 196.50 |
| 4 | 210.00 | 296.00 | 270.75 | 262.75 |

ในการทดลองนี้ ค่าความเป็นด่างจะได้รับการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งความเป็นด่างในแต่ละชุดการทดลองของน้ำเสียสังเคราะห์ จะไม่เท่ากัน โดยให้มีความเป็นด่างพอเพียงที่จะเป็นบัฟเฟอร์แก่ระบบ เมื่อป้อนน้ำเสียเข้าระบบที่ถัง FBR และจากถัง FBR ไปยังถัง AMBF ก่อนออกเป็นน้ำทิ้ง ซึ่งแต่ละถัง มีการใช้น้ำเวียนกลับทำให้คำนวณค่า

ความเป็นด่างที่เข้าจริง จากรูปที่ 4.12 แสดงแผนผังของระบบเพื่อหาความเป็นด่างที่เกิดขึ้นและใช้ไปทั้งในถัง FBRและถัง AMBF



โดย A_w, A_f, A_{MB} = ค่าความเป็นด่างในน้ำเสียถังเกราะท์, ถัง FBRและถัง AMBFตามลำดับ (มก./ล.)

รูปที่ 4.12 แผนผังของระบบเพื่อหาความเป็นด่าง

โดยค่าความเป็นด่างที่จุดเข้าถัง FBRได้จากสมการที่ 4.8 และที่จุดเข้าถัง AMBFได้จากสมการที่ 4.9 ดังนี้

$$A_{IF} = (A_w + 3.5A_{MB})/4.5 \quad \dots\dots(4.8)$$

$$A_{IM} = (A_f + A_{MB})/2 \quad \dots\dots(4.9)$$

โดยที่ A_{IF}, A_{IM} = ค่าความเป็นด่างที่จุดเข้าจริงของถัง FBRและถัง AMBFตามลำดับ (มก./ล.)

ค่าความเป็นด่างเข้าจริงและค่าความเป็นด่างในน้ำออกของแต่ละถัง จะแสดงในตารางที่ 4.20 เพื่อคำนวณถึงการใช้และเกิดความเป็นด่างต่อไป

ตารางที่ 4.20 ค่าความเป็นด่างที่จุดเข้าและออกของถัง FBR และถัง AMBF (หน่วย; มก./ล.)

| การทดลอง ชุดที่ | น้ำเข้า ถัง FBR | น้ำออก ถัง FBR | ส่วนต่าง | น้ำเข้าถัง AMBF | น้ำออกถัง AMBF | ส่วนต่าง |
|--------------------|--------------------|-------------------|----------|--------------------|-------------------|----------|
| 1 | 111.94 | 127.75 | 15.81 | 118.38 | 109.00 | 9.38 |
| 2 | 164.70 | 193.70 | 29.00 | 178.12 | 162.54 | 15.58 |
| 3 | 200.61 | 240.65 | 40.04 | 220.25 | 199.85 | 20.40 |
| 4 | 254.36 | 285.86 | 31.50 | 274.31 | 262.75 | 11.56 |

จากตารางที่ 4.20 พบว่า ค่าความเป็นด่างที่ลดลงในถัง AMBF ของกระบวนการไนตริฟิเคชัน เปรียบเทียบกับ ค่าแอมโมเนียที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.10 แล้วนั้น ความสัมพันธ์ของค่าความเป็นด่างที่ลดลงต่อการกำจัดไนโตรเจน 1 มก./ล. แสดงในตารางที่ 4.21 และค่าความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นในถัง FBR ของกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เปรียบเทียบกับค่าไนเตรทและไนไตรท์ที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.16 แล้วนั้น ความสัมพันธ์ของค่าความเป็นด่างที่เพิ่มต่อการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์ 1 มก./ล. แสดงในตารางที่ 4.21 เช่นกัน

ตารางที่ 4.21 ค่าความเป็นด่างในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (ถัง AMBF) และดีไนตริฟิเคชัน (ถัง FBR) ต่อการกำจัดแอมโมเนียและไนเตรท-ไนไตรท์ (หน่วย; มก./วัน)

| การทดลอง ชุดที่ | การเกิด ไนตริฟิเคชัน (ถัง AMBF) | การลดลง ของความ เป็นด่าง | เทียบต่อการ เกิดไนตริฟิเค ชัน | การเกิดดีไน- ตริฟิเคชัน (ถัง FBR) | การเพิ่มขึ้น ของความ เป็นด่าง | เทียบต่อการ เกิดดีไนตริฟิ เคชัน |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2086.2 | 15971.4 | 7.68 | 1624.5 | 13517.6 | 8.32 |
| 2 | 3437.1 | 26641.8 | 7.75 | 2684.7 | 24795.0 | 9.24 |
| 3 | 4394.7 | 34884.0 | 7.94 | 3454.2 | 34234.2 | 9.91 |
| 4 | 2462.4 | 19767.6 | 8.02 | 1932.3 | 26932.5 | 13.94 |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.21 พบว่า มีการใช้ความเป็นด่างในส่วนไนตริฟิเคชันในถัง AMBF มีค่าตั้งแต่ 7.67 ถึง 8.02 กรัม ต่อการออกซิไดซ์แอมโมเนีย 1 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าทางทฤษฎีที่ใช้ความเป็นด่าง 7.14 กรัม ถือว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการเกิดสภาพด่างในส่วนดีไนตริฟิเคชัน ในถัง

FBR มีค่าตั้งแต่ 8.32 ถึง 13.94 กรัม ต่อการรีดิวซ์ไนเตรทและไนไตรท์ 1 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าทางทฤษฎีที่เพิ่มเพียง 3.57 กรัม เป็นเช่นนี้เพราะสภาพในถัง FBR ที่ส่วนต้นจะเป็นสภาพแอนออกซิก แต่ส่วนท้ายจะเป็นสภาพแอนแอโรบิก ที่เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหมัก ทำให้ค่าความเป็นด่างเพิ่มสูงมาก โดยสังเกตได้จากค่าความเป็นกรดต่างที่ลดลงในน้ำที่ออกจากถัง FBR เป็นตัวบ่งชี้สภาพแอนแอโรบิกได้เป็นอย่างดี

4.4.6 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดต่าง (พีเอช) ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัวสรุปในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ค่าพีเอชในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

| การทดลองชุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | ถัง FBR(P.2) | ถัง AMBF(P.3) | น้ำเสียออก(P.4) |
|----------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 | 7.10 | 7.38 | 7.59 | 7.44 |
| 2 | 7.09 | 7.33 | 7.77 | 7.48 |
| 3 | 7.19 | 7.35 | 7.80 | 7.52 |
| 4 | 7.13 | 7.45 | 7.88 | 7.67 |

จากตารางที่ 4.22 ค่าพีเอชในน้ำเสียอยู่ระหว่าง 7.02 ถึง 7.19 เมื่อรวมกับน้ำเสียที่ออกจากถัง AMBF แล้วเข้าถัง FBR ออกจากถังมามีค่า 7.33 ถึง 7.45 พบว่ามีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการหมักในกระบวนการแอนแอโรบิก ทำให้เกิดสภาพด่างไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลง

เมื่อพิจารณาค่าพีเอชในถัง AMBF พบว่า ค่าพีเอชขึ้นไปสูงที่กลางถัง AMBF อันเนื่องมาจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนที่ได้ดูดซึมไว้ ทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น ก่อนที่จะลดลงมาในจุดน้ำเสียออก อันเนื่องจากการเกิดไนตริฟิเคชันภายในถัง AMBF รวมทั้งยังแสดงให้เห็นว่าระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอ

4.4.7 ค่าออกซิเจนละลาย (DO.)

ค่าออกซิเจนละลาย ในการทดลองทั้ง 4 จุดที่สภาวะคงตัว สรุปในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่าออกซิเจนละลายในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย ; มก./ล.)

| การทดลองจุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | ถัง FBR(P.2) | ถัง AMBF(P.3) | น้ำเสียออก(P.4) |
|----------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 | 0.11 | 0.11 | 4.58 | 2.48 |
| 2 | 0.11 | 0.11 | 4.23 | 1.83 |
| 3 | 0.08 | 0.09 | 4.31 | 0.52 |
| 4 | 0.09 | 0.10 | 4.01 | 0.52 |

จากตารางที่ 4.23 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเสียออกมีค่าตั้งแต่ 0.52 ถึง 2.48 มก./ล. โดยที่ผู้วิจัยพยายามควบคุมให้ทุกชุดการทดลอง มีค่าออกซิเจนละลายในน้ำเสียออกมีค่าประมาณ 2.0 มก./ล. เนื่องจากน้ำเสียออกนี้จะถูกเวียนกลับเข้าถัง FBR เพื่อให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ที่จะต้องให้มีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ จะได้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ผู้วิจัยได้พยายามเพิ่มการให้อากาศแก่ถัง AMBF เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันสมบูรณ แต่ถัง AMBF มีการสั้นมาก จนต้องปรับให้เต็มอากาศจนถึง AMBF ไม่เกิดการสั้น ทำให้ค่าออกซิเจนละลายที่จุดน้ำเสียออกไม่สูงเท่าที่ควร

สำหรับค่าออกซิเจนละลายจากถัง FBRในทุกชุดการทดลอง มีค่าระหว่าง 0.09 ถึง 0.11 มก./ล. แสดงให้เห็นว่าสภาพแอนออกซิก-แอนแอโรบิก เกิดค่อนข้างสมบูรณภายในถัง FBR ทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เกิดสมบูรณในทุกชุดการทดลอง

4.4.8 ค่าโออาร์พี (ORP; Oxidation-Reduction Potential)

ค่าโออาร์พี ในการทดลองทั้ง 4 จุดที่สภาวะคงตัว สรุปในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าไออาร์พีในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย ; มิลลิโวลต์)

| การทดลองชุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | ถัง FBR(P.2) | ถัง AMBF(P.3) | น้ำเสียออก(P.4) |
|----------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 | -135 | -223 | -62 | 53 |
| 2 | -192 | -224 | -113 | 40 |
| 3 | -203 | -241 | -138 | 28 |
| 4 | -200 | -258 | -121 | -31 |

ค่าไออาร์พีของน้ำจากถัง FBR มีค่าตั้งแต่ -224 ถึง -258 มิลลิโวลต์ แสดงให้เห็นว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นแบบไร้ออกซิเจน ทั้งชนิดแอนอ็อกซิกและแอนแอโรบิกทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เกิดได้อย่างสมบูรณ์

ส่วนค่าไออาร์พีในน้ำเสียออก มีค่าตั้งแต่ -31 ถึง 53 มิลลิโวลต์ โดยในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 ยังมีเป็นบวก แสดงให้เห็นว่า มีปฏิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นภายในถัง AMBF ทำให้เกิดการปฏิริยาไนตริฟิเคชันอย่างมีประสิทธิภาพสูง แต่ในชุดการทดลองที่ 4 ค่าไออาร์พีให้ค่าลบ แสดงว่าปฏิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นน้อย สอดคล้องกับผลการทดลองที่ทำให้การเกิดไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์

4.4.9 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

ค่าอุณหภูมิในการทดลองทั้ง 4 ชุดที่สภาวะคงตัว สรุปในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว (หน่วย ; °ซ)

| การทดลองชุดที่ | น้ำเสียเข้า(P.1) | ถัง FBR(P.2) | ถัง AMBF(P.3) | น้ำเสียออก(P.4) |
|----------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 | 28.2 | 31.3 | 30.9 | 32.8 |
| 2 | 29.2 | 32.3 | 31.8 | 33.4 |
| 3 | 29.3 | 32.4 | 31.8 | 33.4 |
| 4 | 28.1 | 31.6 | 31.0 | 32.8 |

ค่าอุณหภูมิในน้ำเสียเข้าอยู่ระหว่าง 28.1 ถึง 29.3 °ซ ส่วนในถัง FBR , ถัง AMBF และน้ำเสียออกมีค่าสูงกว่าในน้ำเสียเข้ามาก เนื่องจากในถังน้ำเสียออกใช้เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มได้น้ำ ซึ่งทำงานตลอด 24 ชม. ทุกวัน ทำให้เกิดความร้อนสะสมในน้ำเสียออก และเมื่อทำการสูบกกลับไปยังถังต่างๆ อุณหภูมิจึงสูงขึ้นกว่าสภาพอุณหภูมิปกติแล้วตกลงเมื่อเข้าถัง FBR และถัง AMBF ตามลำดับ

จากการที่ระบบทำงานในอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ถึงว่าอุณหภูมิมิผลกระทบต่อการทำงานของระบบอย่างไรบ้าง

4.4.10 ค่าตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid, SS)

ค่าตะกอนแขวนลอยในการทดลองทั้ง 4 ชุดที่สภาวะคงตัว สรุปในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ค่าตะกอนแขวนลอยจากถัง FBRและน้ำเสียออก ของระบบที่สภาวะคงตัว
(หน่วย ; มก./ล.)

| การทดลองชุดที่ | ถัง FBR(P.2) | น้ำเสียออก(P.4) |
|----------------|--------------|-----------------|
| 1 | 7.38 | 3.13 |
| 2 | 9.63 | 3.00 |
| 3 | 14.00 | 3.37 |
| 4 | 14.00 | 4.88 |

เมื่อพิจารณาข้อมูลค่าตะกอนแขวนลอยจากตารางที่ 4.26 แล้วพบว่าค่าตะกอนแขวนลอยที่ออกจากถัง FBR มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นภายในชั้นตัวกลางในถัง FBR โดยยังเป็นจุลินทรีย์ชนิดยีสต์เกาะที่ผิวของตัวกลาง ทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยออกมาไม่สูง

ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยจากน้ำที่ออกจากถัง AMBF พบว่ามีค่าต่ำมากแสดงให้เห็นว่าในถัง AMBF สามารถกรองจุลินทรีย์หรือตะกอนแขวนลอยไม่ให้หลุดออกมาในน้ำทิ้ง ทำให้ระบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีถังตกตะกอน ซึ่งเป็นข้อดีของระบบนี้

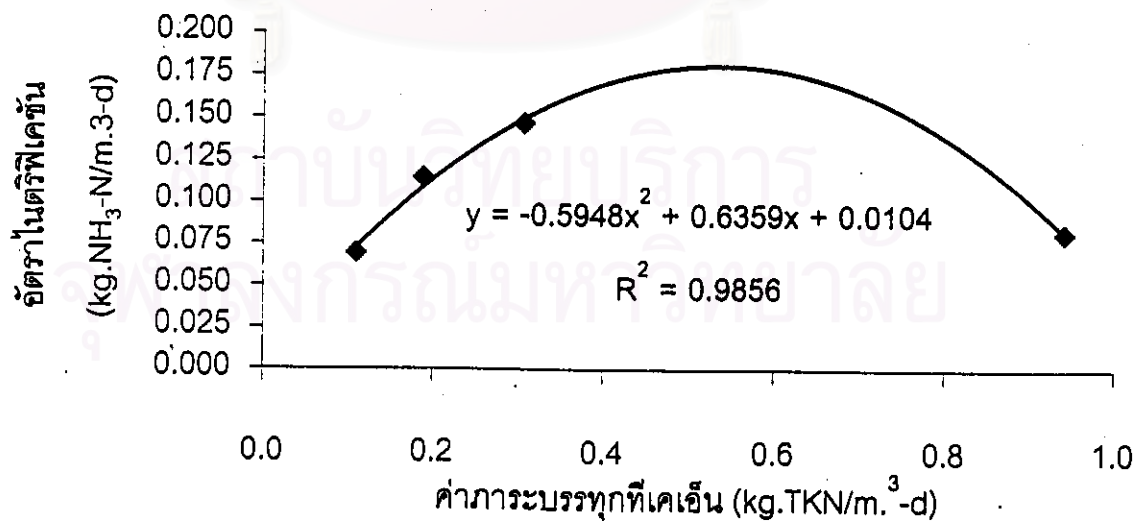
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น กับกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน

เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลของ อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน เปรียบเทียบกับค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น ดังแสดงใน ตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.13 ถึง 4.14

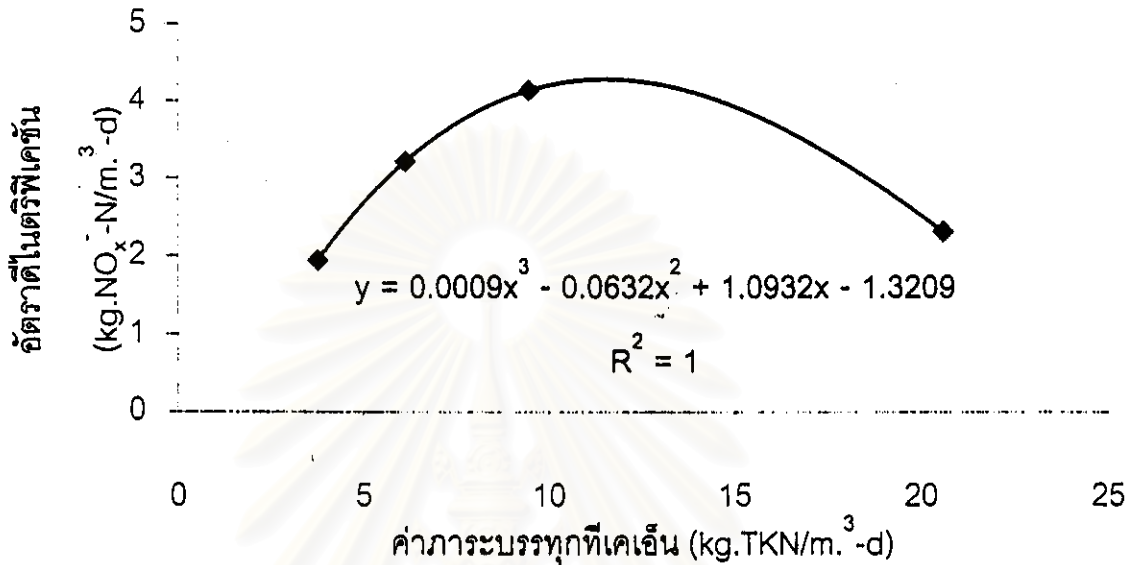
ตารางที่ 4.27 ค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น กับกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน

| ค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น (kg.TKN/m. ³ -d) | ไนตริฟิเคชัน (kg.NH ₃ -N/m. ³ -d) | ค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น (kg.TKN/m. ³ -d) | ดีไนตริฟิเคชัน (kg.NO _x ⁻ -N/m. ³ -d) |
|---|--|---|---|
| 0.109 | 0.0695 | 3.758 | 1.9427 |
| 0.187 | 0.1146 | 6.121 | 3.2105 |
| 0.306 | 0.1465 | 9.449 | 4.1308 |
| 0.941 | 0.0821 | 20.609 | 2.3108 |

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็นกับอัตราไนตริฟิเคชัน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็นกับอัตราดีไนทริฟิเคชัน



จากรูปที่ 4.13 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน ดังแสดงในสมการที่ 4.10

$$NI = -0.5948TL^2 + 0.6359TL + 0.0104 \dots\dots\dots (4.10)$$

โดย TL = ค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น (kg.TKN/m³-d)

NI = อัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน (kg.NH₃-N/m³-d)

จากรูปที่ 4.14 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น กับอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน ดังแสดงในสมการที่ 4.11

$$DN = 0.0009TL^3 - 0.0632TL^2 + 1.0932TL - 1.3209 \dots\dots\dots (4.11)$$

โดย DN = อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (kg.NO_x-N/m³-d)