บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ทำการทดลองทั้งหมด 4 ชุด แบ่งเป็น 2 ช่วงการทดลอง คือ ช่วงแรกเป็นการทดลองชุดควบคุม (อัตราเวียนสลัดจ์กลับ 100%) ซึ่งเป็นระบบเอเอสแบบธรรมดา โดยเริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 22 พฤศจิกายน 2537 ถึง 19 ธันวาคม 2537 และช่วงที่สองทำการทดลองอีก 3 ชุด เป็นระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกด้วย คือ การทดลองชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งมีอัตราเวียนสลัดจ์กลับ 100%, 300% และ 500% ตามลำดับ เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 23 มกราคม 2538 ถึง 23 มีนาคม 2538 โดยใช้น้ำเสียตัวอย่างเดียวกัน

การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ ใช้เชื้อจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา โดยเตรียมให้มีความเข้มข้น MLSS ประมาณ 3,000 มก./ล. ควบคุมระดับอายุสลัดจ์คงที่ 20 วันตลอดการทดลอง และป้อนน้ำเสียแบบทีละเทประมาณ 7 วัน ต่อจากนั้นป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง 7 วัน จึงเริ่มเก็บข้อมูลตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองทั้งหมด

ผลการทดลองทั้ง 4 ชุด ถูกรวบรวมไว้เป็นตารางในภาคผนวก ค่าที่ได้อาจมีส่วนที่ผิดพลาดได้บ้าง เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆระหว่างการทดลอง เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำกัดและอายุการใช้งานมาก รวมทั้งประสบการณ์ในการวิเคราะห์น้ำของผู้วิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลจึงพิจารณาในแง่ของแนวโน้มของข้อมูลเป็นหลัก

การนำเสนอผลการวิจัย ดำเนินการนำเสนอผลของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองทั้ง 4 ชุดโดยรวมก่อน ซึ่งทำให้เห็นอิทธิพลของแต่ละพารามิเตอร์ที่มีต่อการทำงานของระบบบำบัดได้ชัดเจนและทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นเมื่อพิจารณาผลการทดลองในแต่ละชุด

หลังจากนั้นจึงดำเนินการสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองในแต่ละชุด ตลอดจนทำการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระที่ศึกษาตามวัตถุประสงค์การทดลอง

4.1 ผลการวิจัยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

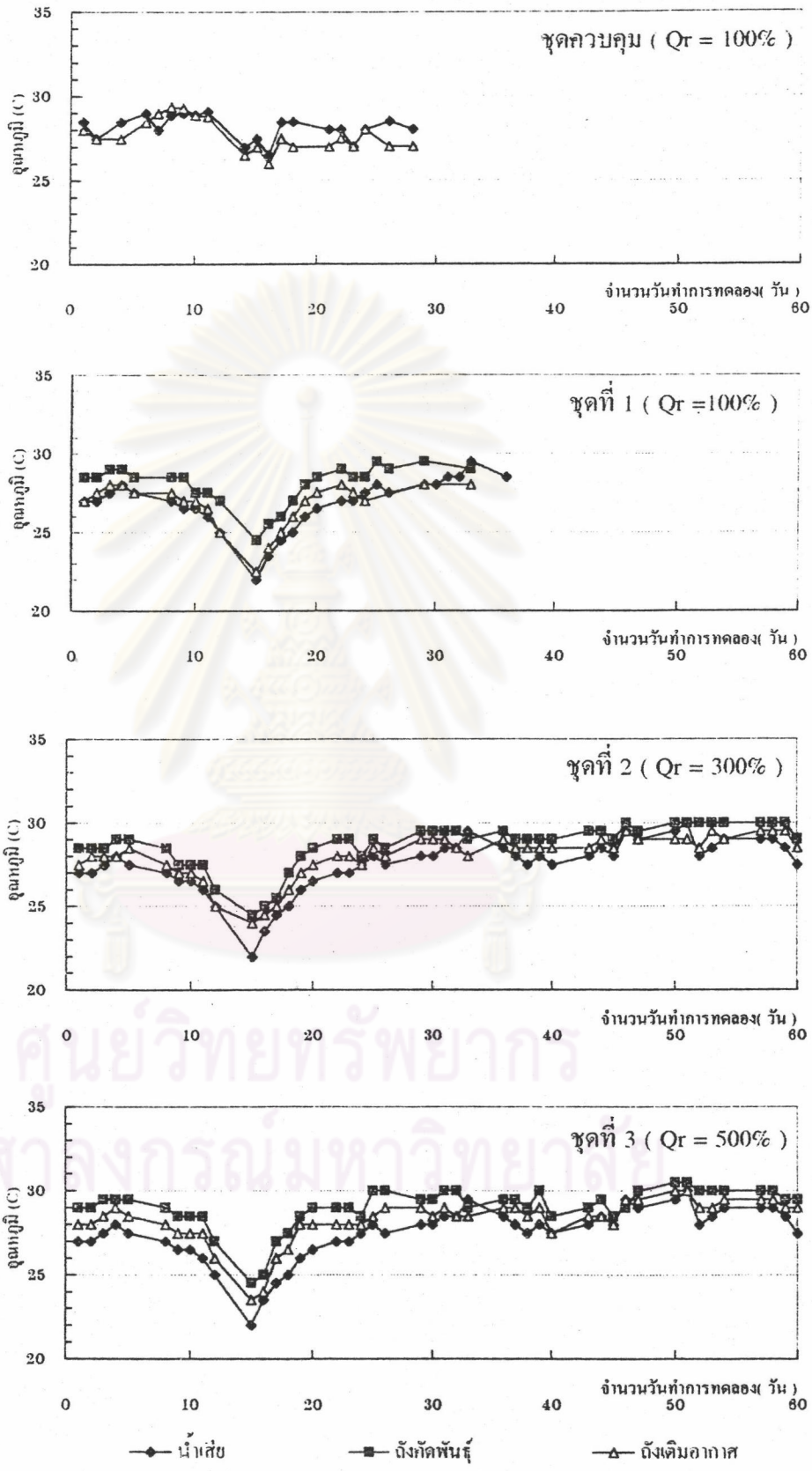
ตารางที่ 4.1 เป็นสรุปค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ,เอสวี 30 ,เอสวีไอ ,เอสเอส ,พีเอช ,โออาร์พี และดีโอ ของการทดลองทั้ง 4 ชุด รายละเอียดต่างๆสามารถแยกวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆจากการทดลองทั้ง 4 ชุด

ชุดการทดลอง	ตำแหน่งในระบบ	ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ควบคุม						
		อุณหภูมิ	เอสวี 30	เอสวีไอ	เอสเอส	พีเอช	โออาร์พี	ดีโอ
ชุดควบคุม Qr = 100%	น้ำเสีย	27.9	-	-	-	6.0	-257	0.2
	ถังเติมอากาศ	27.2	525	224	2336	7.5	9	5.4
	น้ำทิ้ง	-	-	-	76	7.8	32	3.0
ชุดที่ 1 Qr = 100%	น้ำเสีย	26.7	-	-	-	6.4	-222	0.3
	ถังคัดพันธุ์	28.1	516	527	1263	7.2	-197	0.5
	ถังเติมอากาศ	27.0	657	706	1264	7.8	15	5.3
	น้ำทิ้ง	-	-	-	115	8.0	112	4.0
ชุดที่ 2 Qr = 300%	น้ำเสีย	27.6	-	-	-	6.5	-216	0.3
	ถังคัดพันธุ์	28.8	351	219	1719	7.5	-160	0.4
	ถังเติมอากาศ	28.1	366	220	1706	7.7	-6	5.0
	น้ำทิ้ง	-	-	-	32	8.1	125	4.0
ชุดที่ 3 Qr = 500%	น้ำเสีย	27.6	-	-	-	6.5	-216	0.3
	ถังคัดพันธุ์	29.0	182	79	2302	7.6	-122	0.3
	ถังเติมอากาศ	28.3	174	77	2304	7.7	86	5.1
	น้ำทิ้ง	-	-	-	20	8.1	158	4.0

4.1.1 อุณหภูมิ

รูปที่ 4.1 แสดงระดับอุณหภูมิของทั้ง 4 ชุด เห็นได้ว่าอุณหภูมิของตำแหน่งต่างๆ ในแต่ละการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทางเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิในถังคัดพันธุ์มีค่าสูงกว่าถังอื่นๆ เนื่องจากความร้อนจากมอเตอร์ของชุดกวนถ่ายเทไปในถังคัดพันธุ์ ส่วนในถังเติมอากาศได้รับความร้อนจากอากาศที่เติมเข้าไป และความร้อนจากกระบวน



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การย่อยสารอาหาร อุณหภูมิในระหว่างทดลองอยู่ในช่วง 22 องศาเซลเซียส ถึง 30.5 องศาเซลเซียส โดยในช่วงวันที่ 10 ถึง 20 ของการทดลองอุณหภูมิลดต่ำลงมากจาก 29 องศาเซลเซียส มาถึง 24 องศาเซลเซียส มีผลต่อการทำงานของระบบอย่างชัดเจนเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสวี 30 มีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย จากนั้นอุณหภูมิจึงเพิ่มสูงขึ้นมาที่ 29 องศาเซลเซียส อีกครั้งหนึ่ง

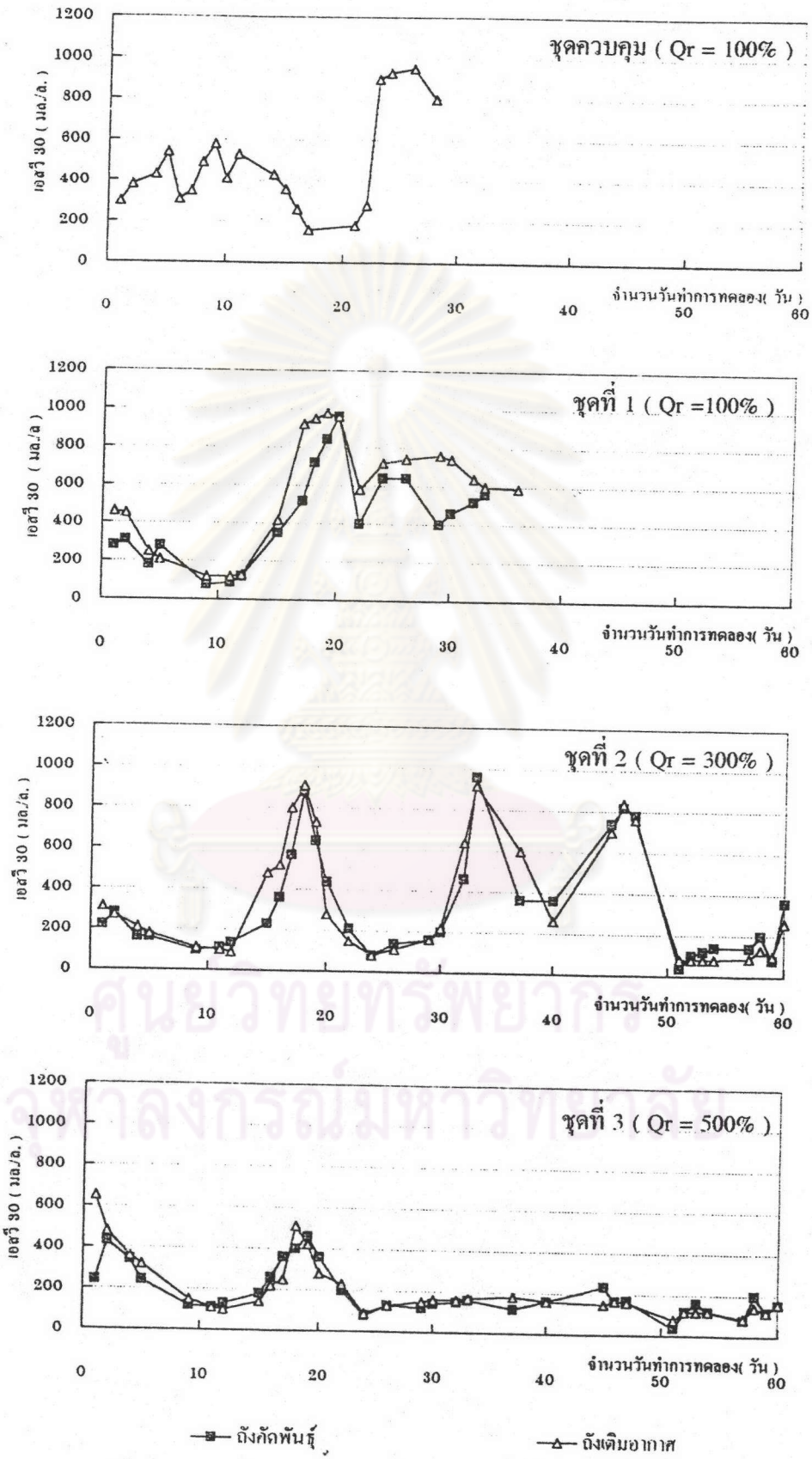
4.1.2 เอสวี 30 และเอสวีไอ

ค่าเอสวี 30 และเอสวีไอเป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงความสามารถตกตะกอนของสลัดจ์ ตารางที่ 4.2 เป็นค่าเอสวี 30 และเอสวีไอของการทดลองทั้ง 4 ชุด

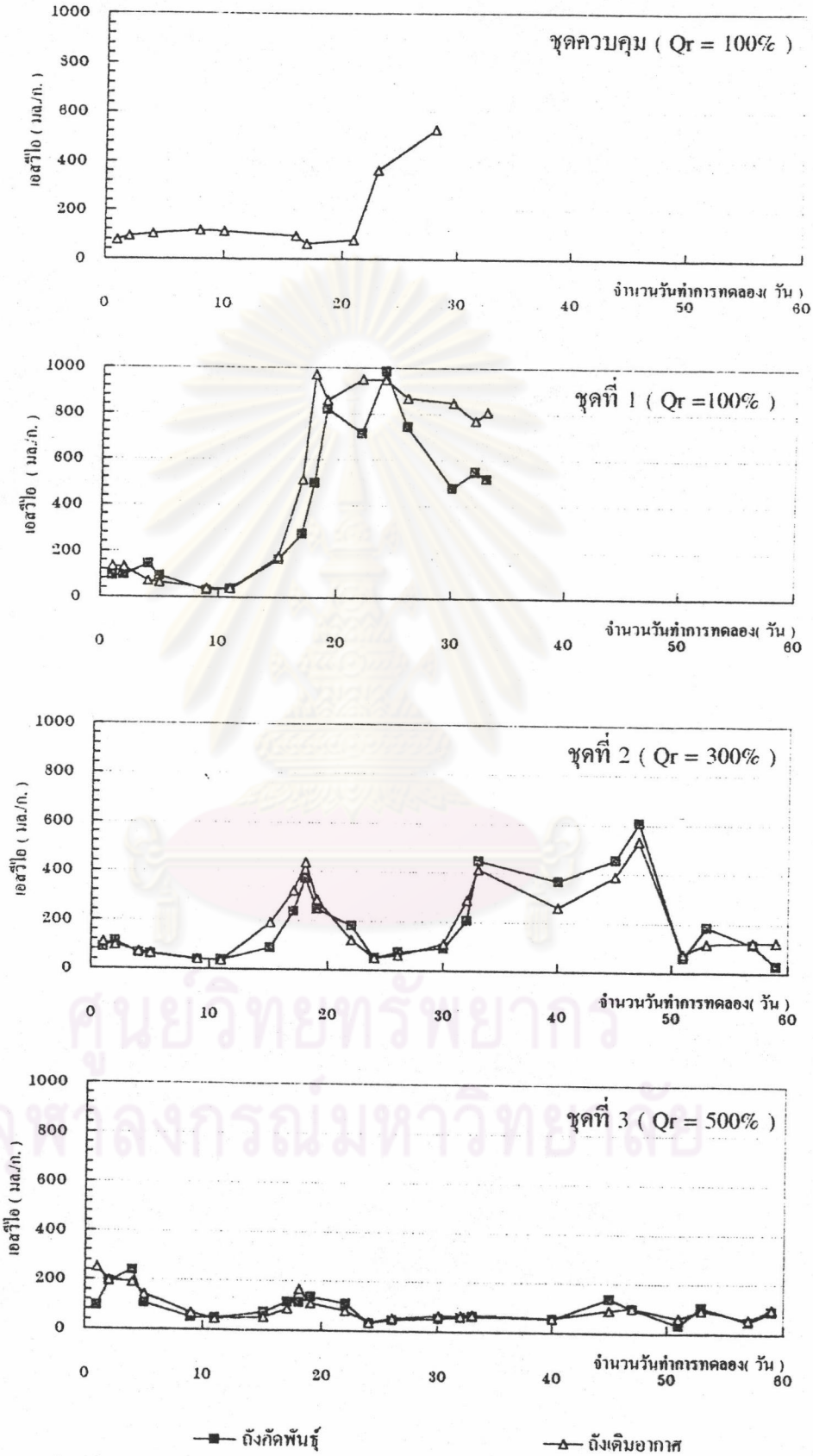
ตารางที่ 4.2 ค่าเอสวี 30 และเอสวีไอของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ชุดการทดลอง	ตำแหน่งในระบบ	เอสวี 30			เอสวีไอ		
		เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชุดควบคุม Qr = 100%	ถังเติมอากาศ	525	160	950	224	63	526
ชุดที่ 1 Qr = 100%	ถังคัดพันธุ์	516	88	960	527	37	985
	ถังเติมอากาศ	657	120	980	706	40	969
ชุดที่ 2 Qr = 300%	ถังคัดพันธุ์	351	40	960	219	39	609
	ถังเติมอากาศ	366	80	920	220	38	531
ชุดที่ 3 Qr = 500%	ถังคัดพันธุ์	182	40	460	79	33	138
	ถังเติมอากาศ	174	80	510	77	34	168

รูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเอสวี 30 และค่าเอสวีไอของการทดลองทั้ง 4 ชุด เห็นได้ว่าการทดลองชุดควบคุม, ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น เมื่อทดลองได้ 23 , 17 และ 17 วันทำการทดลอง ตามลำดับ โดยเริ่มมีค่าเอสวีไอสูงกว่า 200 มล./ก. และเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าเอสวี 30 ของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าเอสวีไอของการทดลองทั้ง 4 ชุด

อย่างรวดเร็วรวมทั้งมีตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งปริมาณมาก ค่าเอสวี 30 เพิ่มขึ้นจากประมาณ 120 มล./ล. จนถึง 980 มล./ล. เห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเริ่มเก็บข้อมูลค่าเอสวีไอเริ่มต้นสูงกว่า 200 มล./ก. แต่หลังจากทดลองประมาณ 5 วัน ค่าเอสวีไอลดลงต่ำกว่า 200 มล./ก.ตลอดการทดลองโดยไม่เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของระบบ จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นครั้งคราว ปรากฏว่าพบแบกทีเรียแบบเส้นใยทุกการทดลอง โดยเฉพาะการทดลองชุดควบคุม, ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 พบแบกทีเรียแบบเส้นใยในปริมาณสูงมาก

เมื่อพิจารณาการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเอสวี 30 จากรูปที่ 4.2 เปรียบเทียบกับค่าเอสวีไอจากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าเอสวี 30 มีแนวโน้มทางเดียวกับเอสวีไอ ซึ่งค่าเอสวี 30 เป็นพารามิเตอร์ที่ชี้การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการจมตัวของสลัดจ์ได้ชัดเจน โดยเฉพาะการทดลองชุดที่ 3 เห็นได้ว่าค่าเอสวี 30 ในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 20 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 200 มล./ล. จนถึงประมาณ 500 มล./ล. โดยค่าเอสวีไอมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จึงชี้ได้ว่าค่าเอสวี 30 มีความไวในการแสดงแนวโน้มการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวได้ดีกว่าค่าเอสวีไอ

เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิ, เอสวี 30 และเอสวีไอจากรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 20 การลดอุณหภูมิต่ำลงจาก 29 องศาเซลเซียส มาถึง 24 องศาเซลเซียส มีผลต่อการทำงานของระบบอย่างชัดเจน เห็นได้จากการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น โดยมีค่าเอสวีไอสูงกว่า 200 มล./ก.และความสามารถในการอัดตัวของสลัดจ์ในการทดลองชุดที่ 3 ลดต่ำลง เห็นจากค่าเอสวี 30 เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนแต่ทั้งนี้ยังไม่มีผลให้เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น โดยมีค่าเอสวีไอประมาณ 140 มล./ก

4.1.3 เอสเอส

เนื่องจากระบบดีไนตริฟิเคชันซึ่งเกิดขึ้นในถังคัดพันธุ์ของการทดลองชุดนี้เป็นแบบระบบเชื้อตะกอนผสม ค่าเอสเอสจึงกระจายไปอยู่ในถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศในระดับความเข้มข้นใกล้เคียงกัน ดังปรากฏในตารางที่ 4.1 ข้างต้น

การทดลองชุดควบคุม มีค่าเอสเอสเฉลี่ยในถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 2336 และ 76 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าเอสเอสเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 1263 , 1264 และ 115 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าเอสเอสเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 1719 , 1706 และ 32 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าเอสเอสเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 2302 , 2304 และ 20 มก./ล. ตามลำดับ

รูปที่ 4.4 - 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเอสเอสของการทดลองทั้ง 4 ชุด พบว่าค่าเอสเอสในถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชุดการทดลองที่มีอัตราเวียนสลัดจ์ 100% ,300% และ 500% เนื่องจากระบบที่ใช้เป็นแบบเชื้อผสม

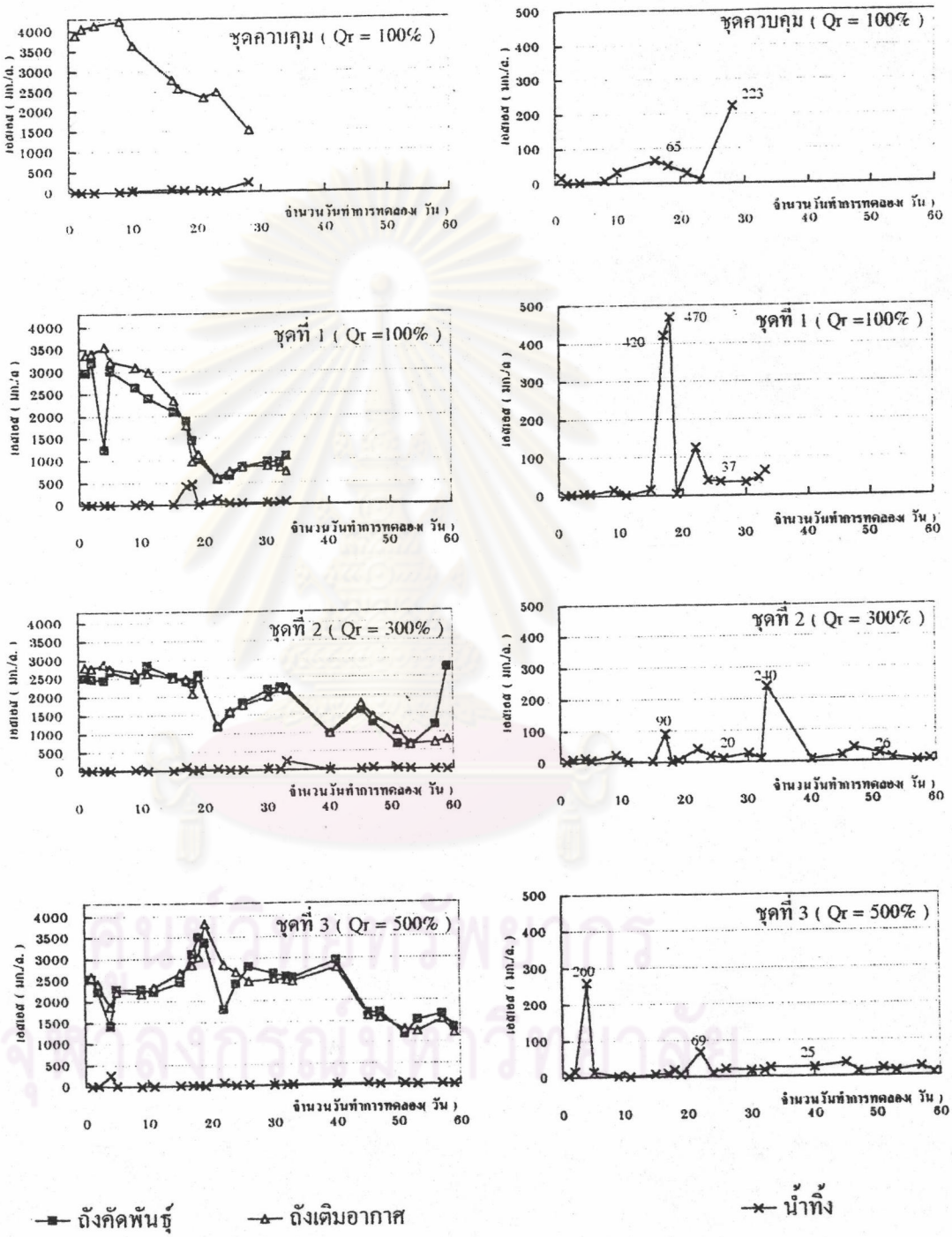
การทดลองชุดควบคุมและการทดลองชุดที่ 1 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน นั่นคือค่าเอสเอสของระบบ(ถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศ)ลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในช่วงระหว่างวันที่ 10 ถึงวันที่ 20 ของการทดลอง เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของระบบขึ้นอย่างรุนแรง โดยมีสาเหตุจากการลดลงของอุณหภูมิดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ค่าเอสเอสในน้ำทิ้งมีค่าสูงตลอดการทดลองหลังจากเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวในระบบ จนไม่สามารถควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในระบบได้ ทำให้การทำงานของระบบทั้งชุดควบคุมและชุดการทดลองชุดที่ 1 ล้มเหลวในที่สุด

การทดลองชุดที่ 2 ค่าเอสเอสของระบบลดลงเป็น 2 ช่วงการทดลอง ในขณะที่เอสเอสของน้ำทิ้งเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 2 ช่วงการทดลองเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวในระบบขึ้น 2 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสวี 30 และเอสวีไอตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

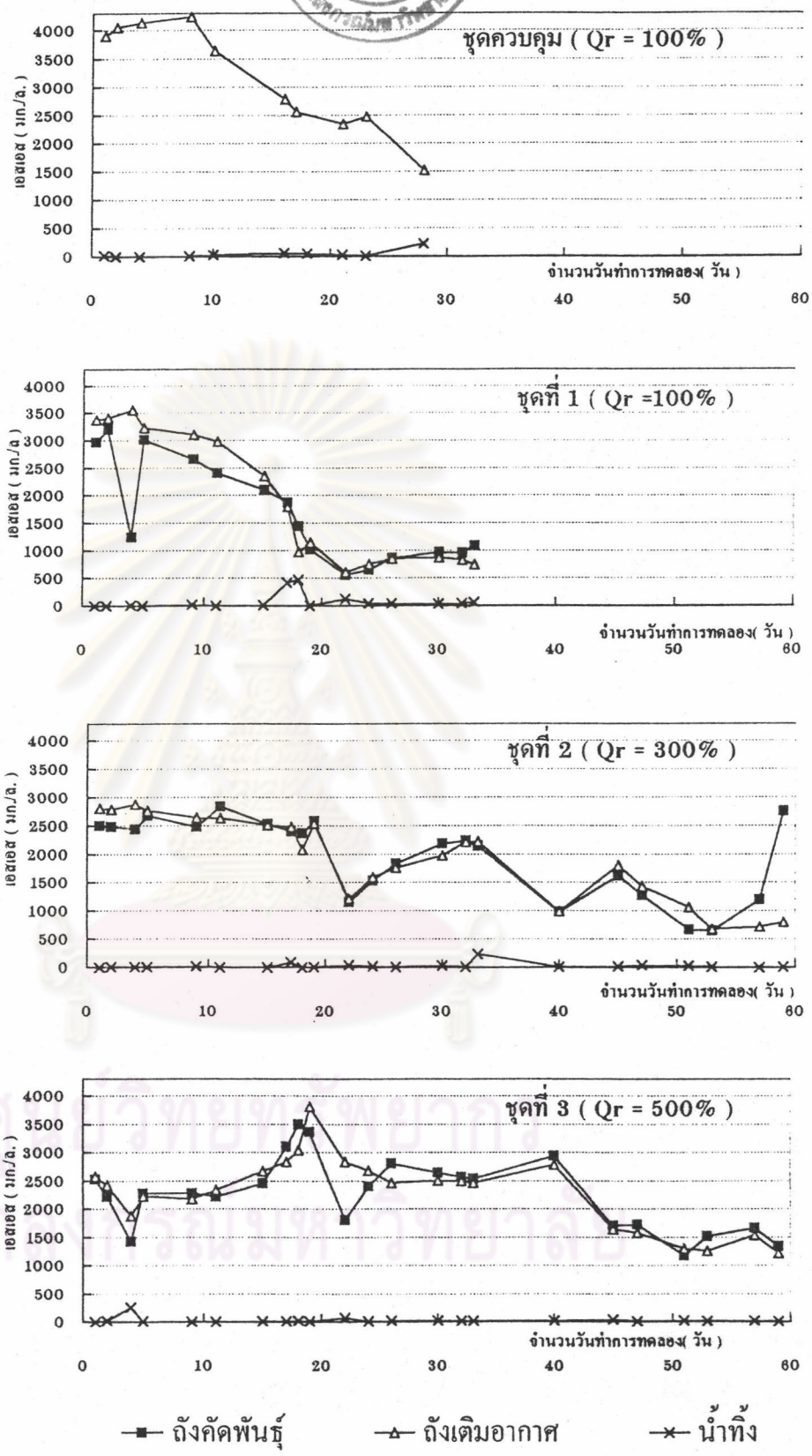
การทดลองชุดที่ 3 ค่าเอสเอสของน้ำทิ้งในช่วงแรกมีค่า 260 มก./ล.เกิดขึ้นเป็นเวลา 1 วัน เนื่องจากเมื่อเริ่มเก็บข้อมูลค่าเอสวีไอมีค่าสูงตั้งแต่ต้นการทดลอง ซึ่งมีแนวโน้มการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวในระบบ แต่หลังจากเกิดการหลุดออกไปของเซลล์จุลินทรีย์แล้ว ระบบสามารถปรับตัวเองได้อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งเกิดการลดลงของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 10 ถึง 20 ดังที่กล่าวมาแล้ว จึงเกิดการหลุดออกไปกับน้ำทิ้งของเซลล์จุลินทรีย์อีกครั้งหนึ่งแต่ไม่รุนแรงเหมือนการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ซึ่งมีค่าเอสเอสของน้ำทิ้งเท่ากับ 470 ,90 และ 60 มก./ล. ตามลำดับ หลังจากนั้นก็ไม่เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นอีกเลย แต่ทั้งนี้น้ำทิ้งจากการทดลองของระบบถังคัดพันธุ์ทั้ง 3 ชุดการทดลองจะมีความขุ่นเสมอ

4.1.4 พีเอช

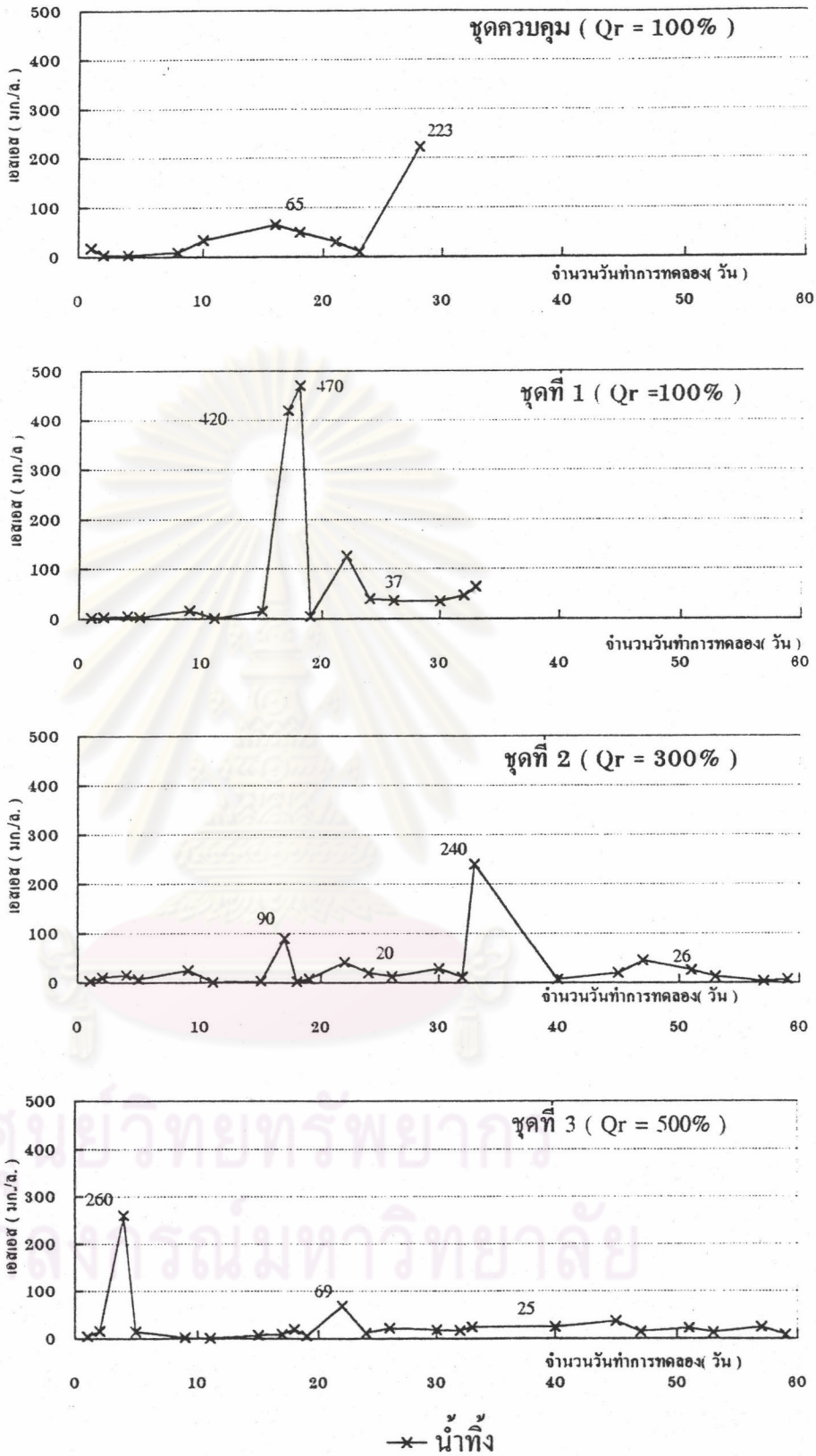
พีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วง พีเอช 5 ถึง พีเอช 7.5 โดยมีค่าเฉลี่ยที่พีเอช 6.4 แต่ทั้งนี้น้ำเสียในการทดลองถูกเก็บทิ้งไว้ค้างคืนด้วยทำให้เกิดการหมักขึ้นมีผลให้พีเอชของน้ำเสียต่ำลงบ้าง



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าเอสเอสของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.5 ค่าเอสเอสของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.6 ค่าเอสเอสของน้ำทิ้ง

การทดลองชุดควบคุม พีเอชในถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 7.4 ถึง 7.8 และ 7.6 ถึง 8.1 โดยมีค่าเฉลี่ย 7.5 และ 7.8 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 พีเอชในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 6.6 ถึง 7.6 , 7.6 ถึง 8.0 และ 7.9 ถึง 8.2 โดยมีค่าเฉลี่ย 7.2 , 7.8 และ 8.0 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 พีเอชในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 7.0 ถึง 8.1 , 7.4 ถึง 7.9 และ 7.8 ถึง 8.5 โดยมีค่าเฉลี่ย 7.5 , 7.7 และ 8.1 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 พีเอชในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 7.1 ถึง 8.3 , 7.4 ถึง 8.0 และ 7.9 ถึง 8.5 โดยมีค่าเฉลี่ย 7.6 , 7.7 และ 8.1 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชเฉพาะในถังคัดพันธุ์ของการทดลองทั้ง 3 ชุด การทดลองชุดที่ 3 มีค่าพีเอชสูงสุดและการทดลองชุดที่ 1 มีค่าพีเอชต่ำสุด เนื่องจากการทดลองชุดที่ 3 เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันมากสุดและการทดลองชุดที่ 1 เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันน้อยสุด รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของการทดลองทั้ง 4 ชุด

4.1.5 โออาร์พี

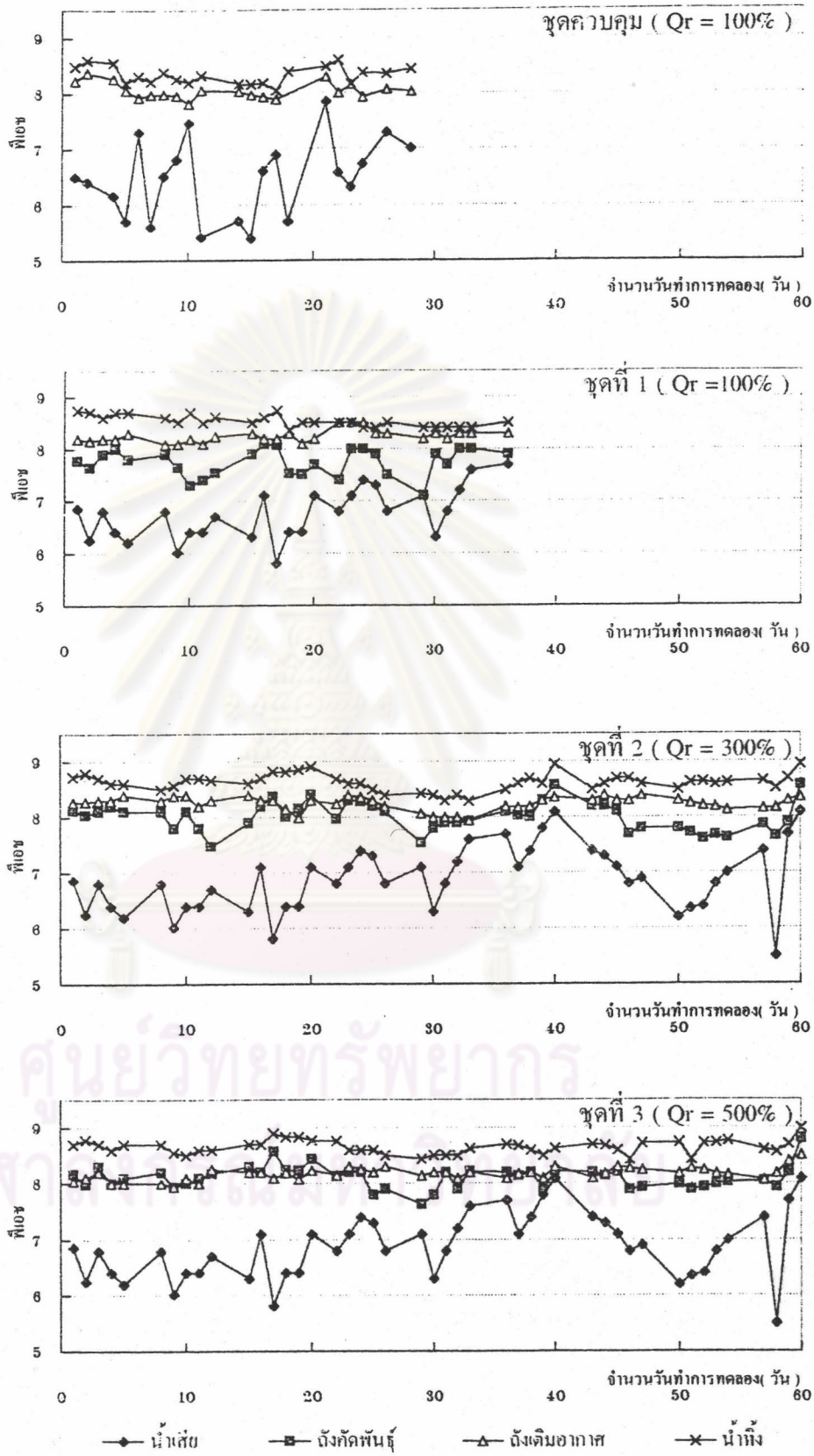
รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีของการทดลองทั้ง 4 ชุด เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยโออาร์พีของน้ำเสียและในถังคัดพันธุ์มีค่าเป็นลบ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยโออาร์พีในถังเติมอากาศและน้ำทิ้งมีค่าเป็นบวก และการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับของถังบำบัด

การทดลองชุดควบคุม โออาร์พีของน้ำเสีย,ในถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง -320 ถึง -120, -80 ถึง 120 และ -80 ถึง 120 มิลลิโวล์ท โดยมีค่าเฉลี่ย -257 ,9 และ 32 มิลลิโวล์ท ตามลำดับ

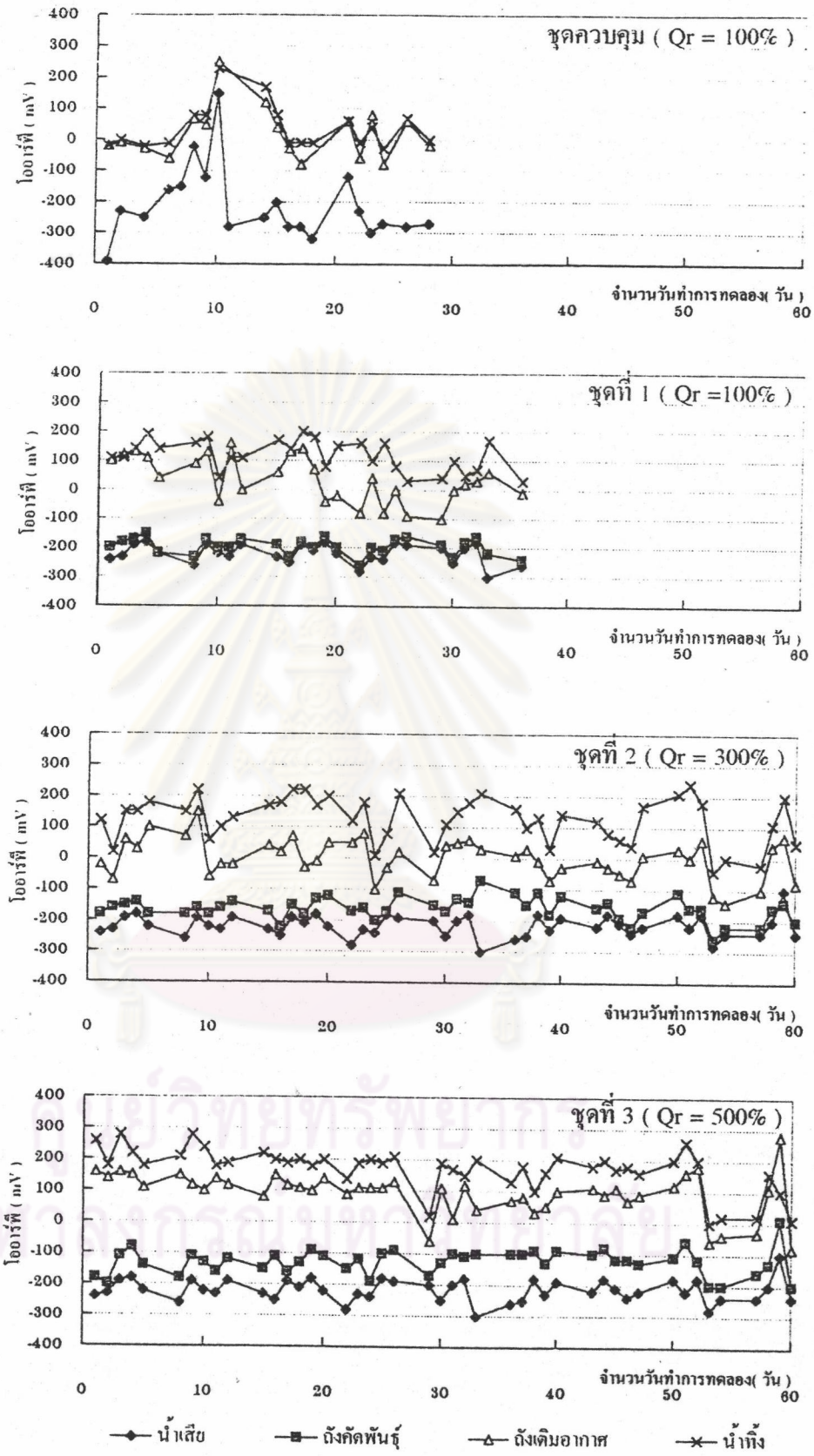
การทดลองชุดที่ 1 โออาร์พีของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง -300 ถึง -180 , -260 ถึง -160 , -100 ถึง 160 และ 30 ถึง 200 มิลลิโวล์ท โดยมีค่าเฉลี่ย -222 , -197 , 15 และ 112 มิลลิโวล์ท ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 โออาร์พีของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง -300 ถึง -100 , -260 ถึง -70 , -140 ถึง 80 และ -40 ถึง 240 มิลลิโวล์ท โดยมีค่าเฉลี่ย -216 , -160 , -6 และ 125 มิลลิโวล์ท ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 โออาร์พีของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งอยู่ในช่วง -300 ถึง -100 , -200 ถึง 10 , -80 ถึง 280 และ 0 ถึง 280 มิลลิโวล์ท โดยมีค่าเฉลี่ย -216 , -122 , 86 และ 158 มิลลิโวล์ท ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีของการทดลองทั้ง 4 ชุด

gORP

4.1.6 ดีโอ

รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดีโอของการทดลองทั้ง 4 ชุด จะเห็นว่าดีโอของน้ำเสียในช่วงวันที่ 10 ของการทดลองชุดควบคุมจนถึงช่วงวันที่ 20 ของการทดลองอีก 3 ชุดค่าดีโอมีค่าสูงกว่าปกติซึ่งควรมีค่าเป็นศูนย์ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องวัดดีโอเสียและเมื่อทำการซ่อมและทดสอบแล้วปรากฏว่าการอ่านค่าดีโอต่ำที่สุดได้ประมาณ 0.2 มก./ล.เท่านั้น

การทดลองชุดควบคุม มีค่าดีโอเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 0.4,5.4 และ 3.5 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าดีโอเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 0.3 , 0.4 , 5.0 และ 3.8 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าดีโอเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 0.3 , 0.4 , 5.0 และ 3.8 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าดีโอเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์,ถังเติมอากาศและน้ำทิ้งเท่ากับ 0.3 , 0.3 , 4.9 และ 3.6 มก./ล. ตามลำดับ

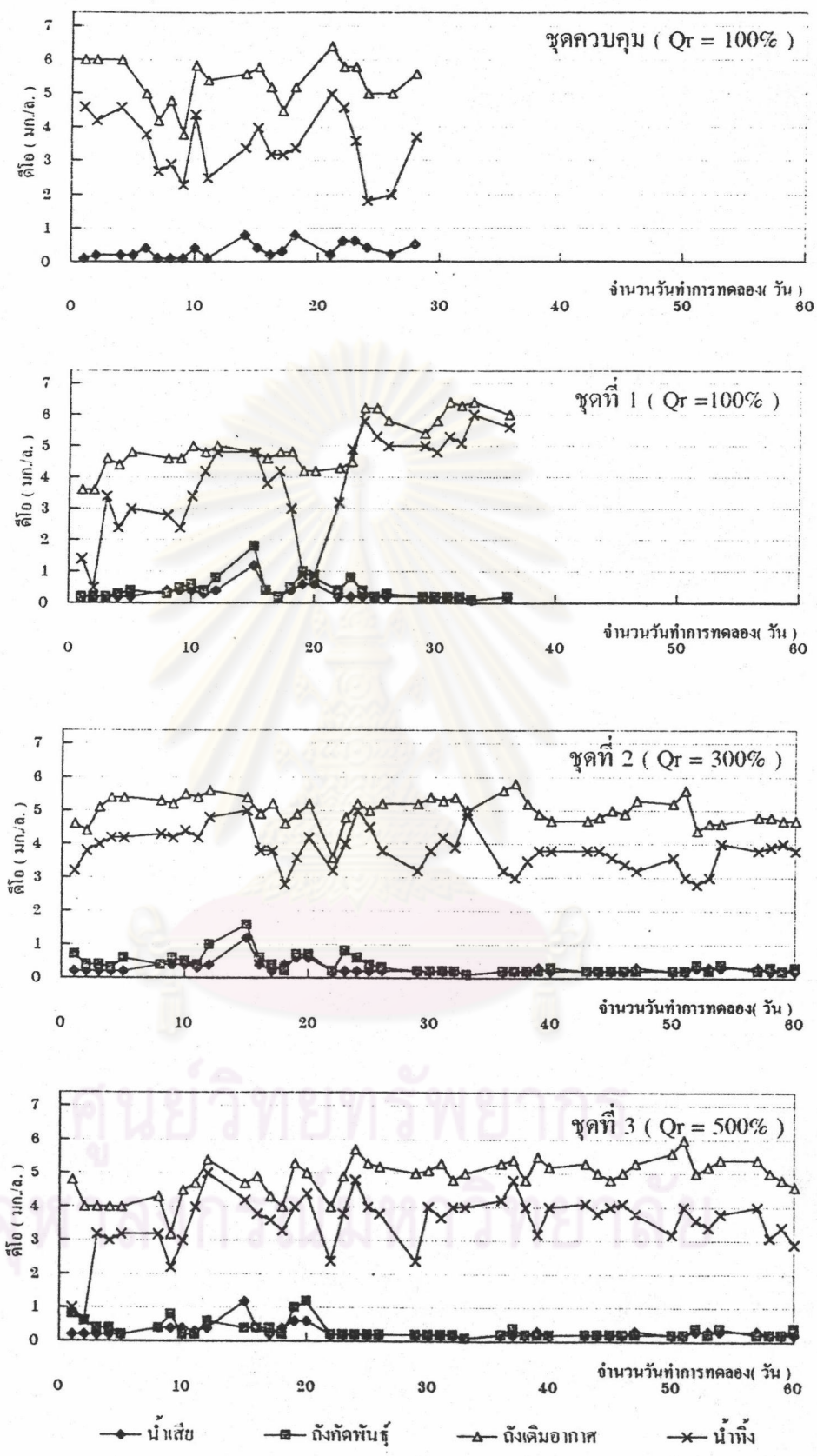
โดยทั่วไปควรควบคุมให้ดีโอในถังเติมอากาศมีค่าประมาณ 2 มก./ล. เพื่อความประหยัดค่าไฟฟ้า และส่งเสริมให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้สมบูรณ์ขึ้นในถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนอิสระในถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกเป็นปัจจัยในการยับยั้งการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่าดีโอในถังเติมอากาศมีค่าสูงประมาณ 5 มก./ล.(เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์เติมอากาศ) สภาวะแอนนอกซิกยังคงสามารถเกิดขึ้นได้ในถังคัดพันธุ์ ตรวจสอบได้จากผลของไนโตรเจนของระบบที่จะกล่าวต่อไป

4.1.7 ความเป็นด่าง

รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของการทดลองทั้ง 4 ชุด โดยมีค่าตามตำแหน่งต่าง ๆดังนี้

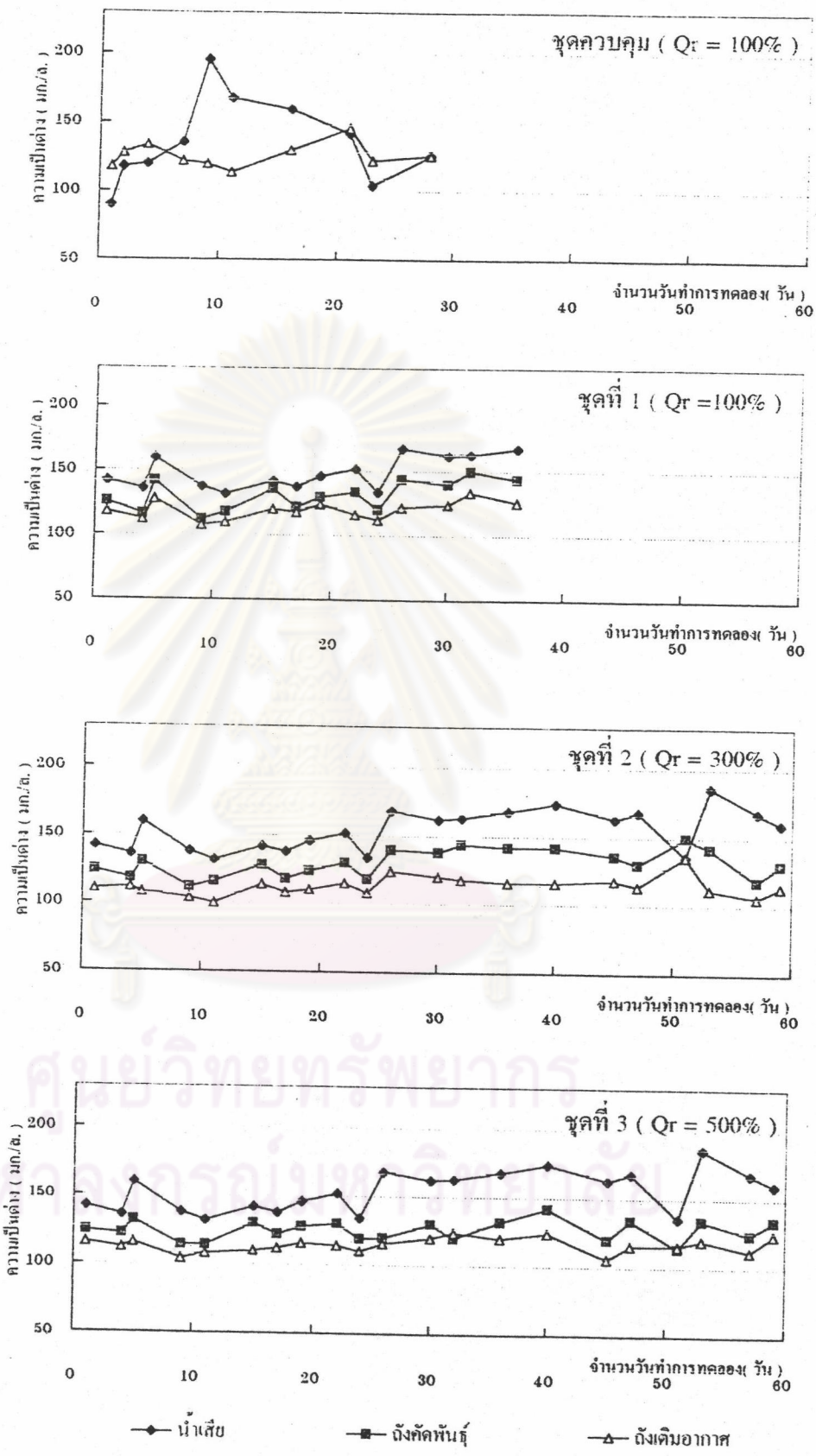
การทดลองชุดควบคุม มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำเสียและในถังเติมอากาศเท่ากับ 140 และ 128 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 26 และ 12 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 151 ,134 และ 121 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 14 ,11 และ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าดีโอของการทดลองทั้ง 4 ชุด

gDO



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 156 ,130 และ 115 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16 ,11 และ 8 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 156 ,126 และ 116 มก./ล. ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16 ,8 และ 5 ตามลำดับ

การทดลองชุดควบคุม ค่าความเป็นด่างของน้ำเสียมีการแปรปรวนค่อนข้างมาก ในขณะที่ความเป็นด่างของระบบแปรปรวนน้อยกว่า

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของการทดลองชุดถังคัดพันธุ์ เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันของระบบ โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังเติมอากาศและทำลายค่าความเป็นด่าง ในขณะที่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกและให้ค่าความเป็นด่างกับระบบ เป็นที่สังเกตุได้ว่าในแต่ละการทดลองค่าความเป็นด่างในถังคัดพันธุ์มีค่าต่ำกว่าของน้ำเสียทั้งที่เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันซึ่งให้ค่าความเป็นด่างกับระบบดังกล่าวมาแล้ว เป็นผลมาจากการเวียนสลัดจ์กลับที่มีค่าความเป็นด่างต่ำกลับเข้ามาผสมเกิดการเจือจางในถังคัดพันธุ์

อย่างไรก็ตามสามารถตรวจสอบได้ว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในถังคัดพันธุ์ โดยวิธีการคำนวณสมดุลย์มวลที่ถังคัดพันธุ์ ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำเสียผสมกับสลัดจ์เวียนกลับก่อนเข้าถังคัดพันธุ์ของการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เท่ากับ 136, 125 และ 122 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำในถังคัดพันธุ์ คือ 134, 130 และ 126 มก./ล. ตามลำดับ จะได้ค่าความแตกต่างเท่ากับ -2, 5 และ 3 มก./ล. หรือเมื่อคิดเป็นมวลจะได้เท่ากับ -80, 380 และ 400 มก./วัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3 - 4.5

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นค่าความเป็นด่างของถังคัดพันธุ์

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า			น้ำออก	การเปลี่ยนแปลง	
	น้ำเสีย	สลัดจ์เวียนกลับ	ค่าเฉลี่ย		ความเข้มข้น (มก./ล.)	มวล (มก./วัน)
ชุดที่ 1	151	121	136	134	-2	-80
ชุดที่ 2	156	115	125	130	5	380
ชุดที่ 3	156	116	123	126	3	400

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นค่าความเป็นด่างของถังเติมอากาศ

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก	การเปลี่ยนแปลง	
			ความเข้มข้น (มก./ล.)	มวล (มก./วัน)
ชุดที่ 1	134	121	-13	-520
ชุดที่ 2	130	115	-15	-1200
ชุดที่ 3	126	116	-10	-1200

จากตารางที่ 4.3 เห็นได้ว่าการทดลองชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ปริมาณความเป็นด่างที่เปลี่ยนแปลงในถังคัดพันธุ์เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันมากขึ้นในถังคัดพันธุ์ตามการเพิ่มอัตราเวียนสลัดจ์กลับหรือกล่าวได้ว่ามีการกำจัดไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราเวียนสลัดจ์กลับ และการทดลองชุดที่ 1 ปริมาณความเป็นด่างที่เปลี่ยนแปลงในถังคัดพันธุ์มีค่าลดลง ซึ่งอาจแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากกว่าปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันจะทำการตรวจสอบจากการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนของระบบต่อไป

จากตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นด่างในถังเติมอากาศจากการทดลองชุดที่ 1 มีค่าสูงกว่าชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ทั้งที่เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันน้อยกว่า อาจเกิดจากการทดลองชุดที่ 1 เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้ไม่สมบูรณ์ จะทำการตรวจสอบจากการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนของระบบต่อไป

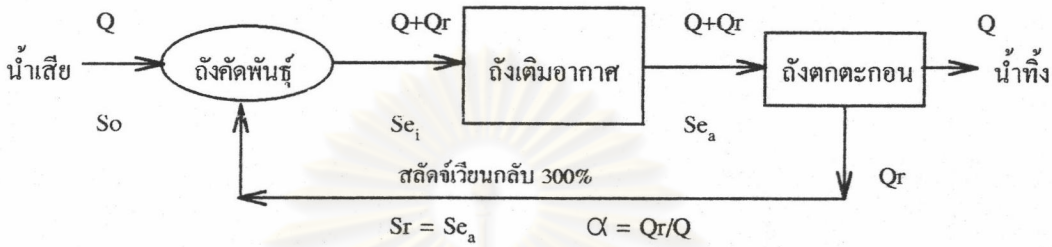
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างวิธีการคำนวณการเปลี่ยนแปลงมวลความเป็นด่างของถังปฏิกิริยา

<u>การทดลองชุดที่ 2</u>

-มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศ เท่ากับ 156 ,130 และ 115 มก./ล. ตามลำดับ

-อัตราเวียนสลัดจ์กลับ300%



<u>พิจารณาที่ถังคัดพันธุ์</u>

ความเข้มข้นเฉลี่ยน้ำเข้า(S_i) = [(So*Q) + (Sr*Qr)] / (Q+Qr)

= [(156*20) + (115*60)] / (20+60)

= 125.25 มก./ล.

ค่าเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นค่าความเป็นด่าง = $Se_i - S_i$

= 130 - 125.25

= 4.75 มก./ล.

ค่าเปลี่ยนแปลงมวลค่าความเป็นด่าง = ความเข้มข้นค่าความเป็นด่าง * อัตราไหล

= 4.75 * (20 + 60)

= 380 มก./วัน

<u>พิจารณาที่ถังเติมอากาศ</u>

ค่าเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นค่าความเป็นด่าง = $Se_a - Se_i$

= 115 - 130

= -15 มก./ล.

ค่าเปลี่ยนแปลงมวลค่าความเป็นด่าง = ความเข้มข้นค่าความเป็นด่าง * อัตราไหล

= -15 * (20 + 60)

= -1200 มก./วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.8 ซีโอดี

รูปที่ 4.11 - 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของการทดลองทั้ง 4 ชุด โดยมีค่าตามตำแหน่งต่าง ๆดังนี้

การทดลองชุดควบคุม มีค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียและในถังเติมอากาศเท่ากับ 391 และ 30 มก./ล. ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเท่ากับ 92%

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 408 ,117 และ 46 มก./ล. ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเท่ากับ 89% โดยการกำจัดซีโอดีในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 54%และ35%ตามลำดับ

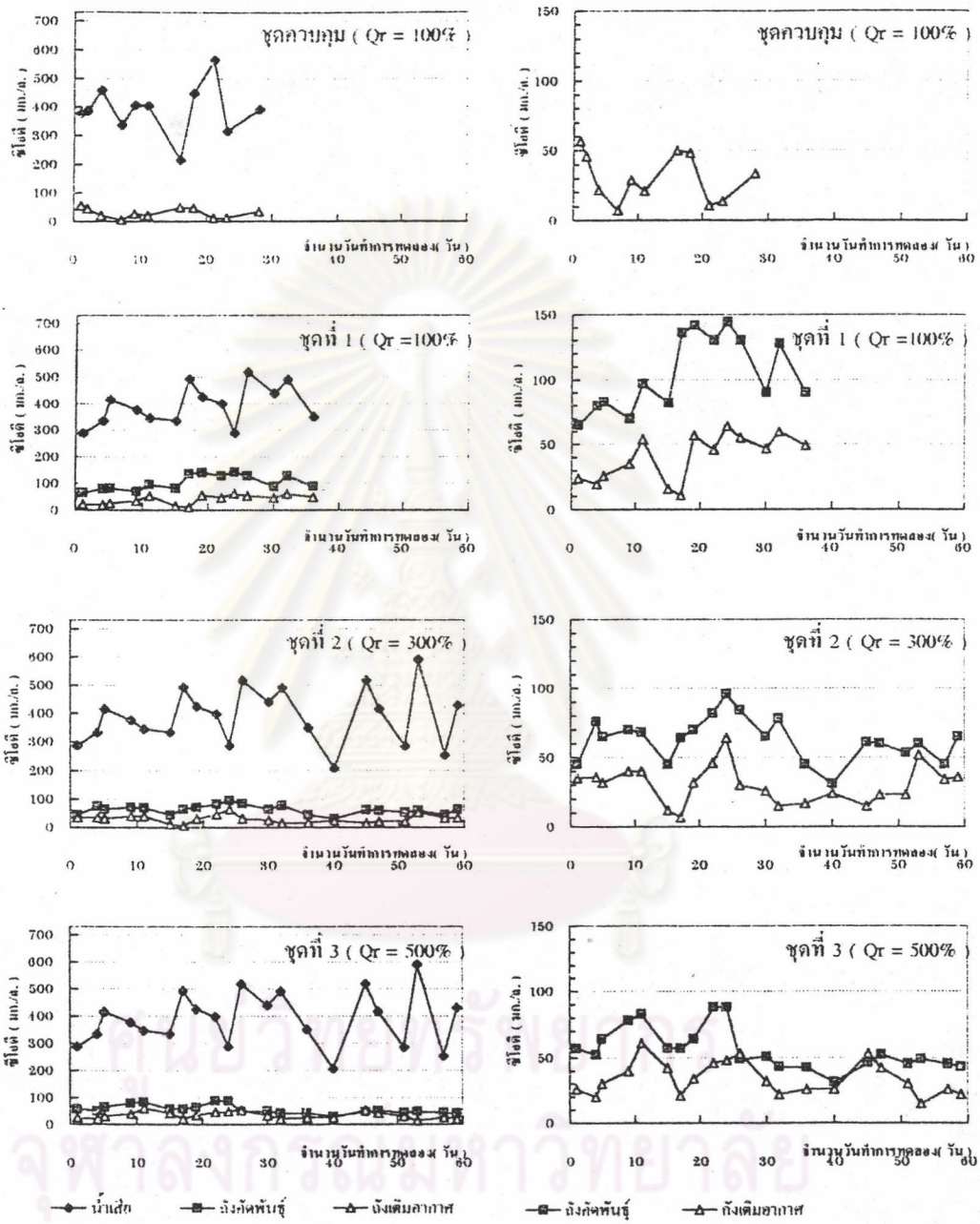
การทดลองชุดที่ 2 มีค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 399 ,63 และ 29 มก./ล. ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเท่ากับ 93% โดยการกำจัดซีโอดีในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 59%และ34%ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 399 ,55 และ 35 มก./ล. ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเท่ากับ 91% โดยการกำจัดซีโอดีในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 61%และ30%ตามลำดับ

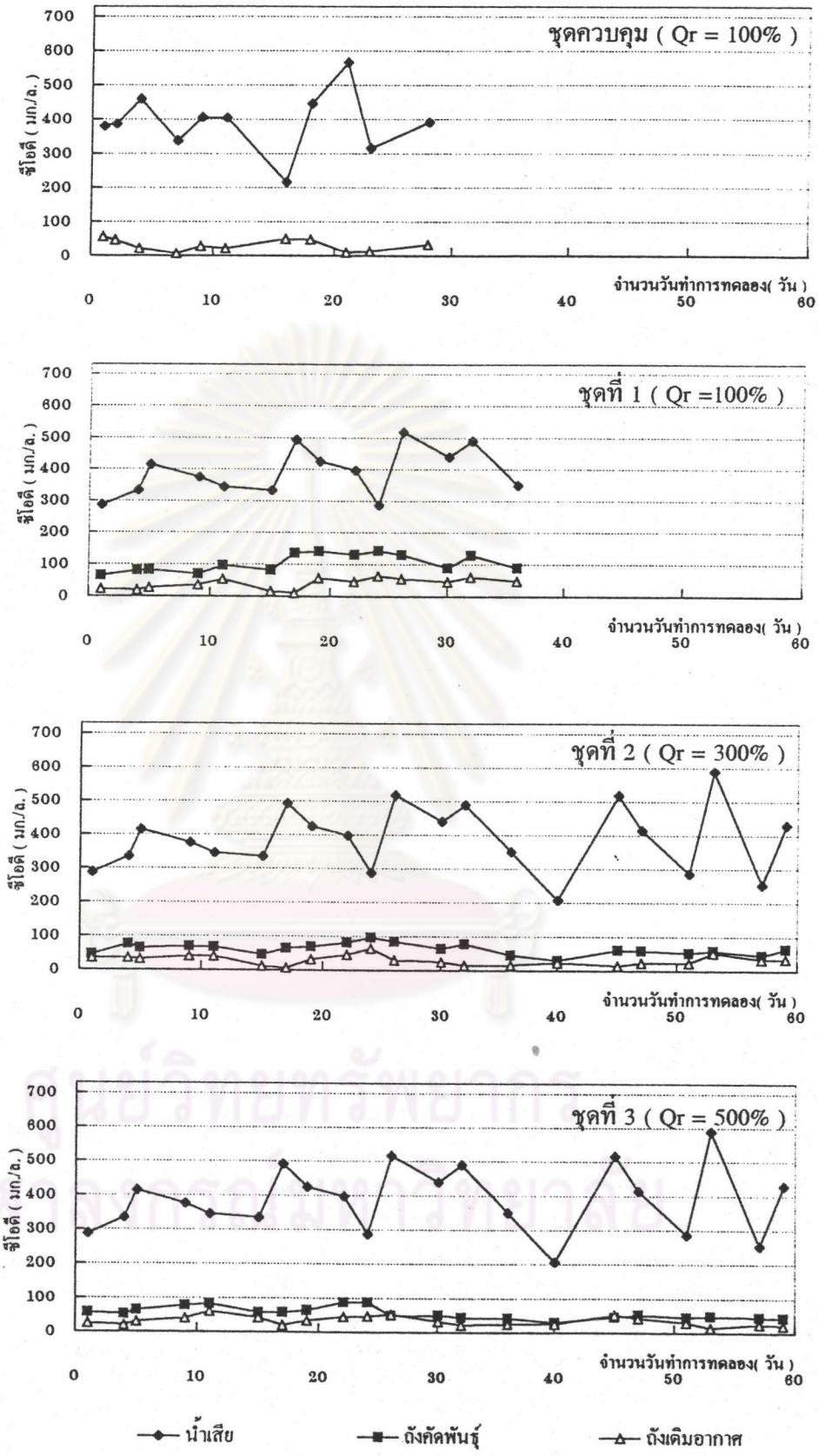
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเปรียบเทียบการกำจัดซีโอดีของการทดลองทั้ง 4 ชุด เห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมของการทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในถังคัดพันธุ์ของการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นตามปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันด้วย ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่พิจารณาเป็นค่าซีโอดีกรอง

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบการกำจัดซีโอดีของระบบจากการทดลองทั้ง 4 ชุด

ชุดการทดลอง	ซีโอดี(มก./ล.)			ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)		
	น้ำเสีย	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ	รวม
ชุดควบคุม	391	-	30	-	92	92
ชุดที่ 1	408	117	46	54	35	89
ชุดที่ 2	399	63	29	59	34	93
ชุดที่ 3	399	55	35	61	30	91

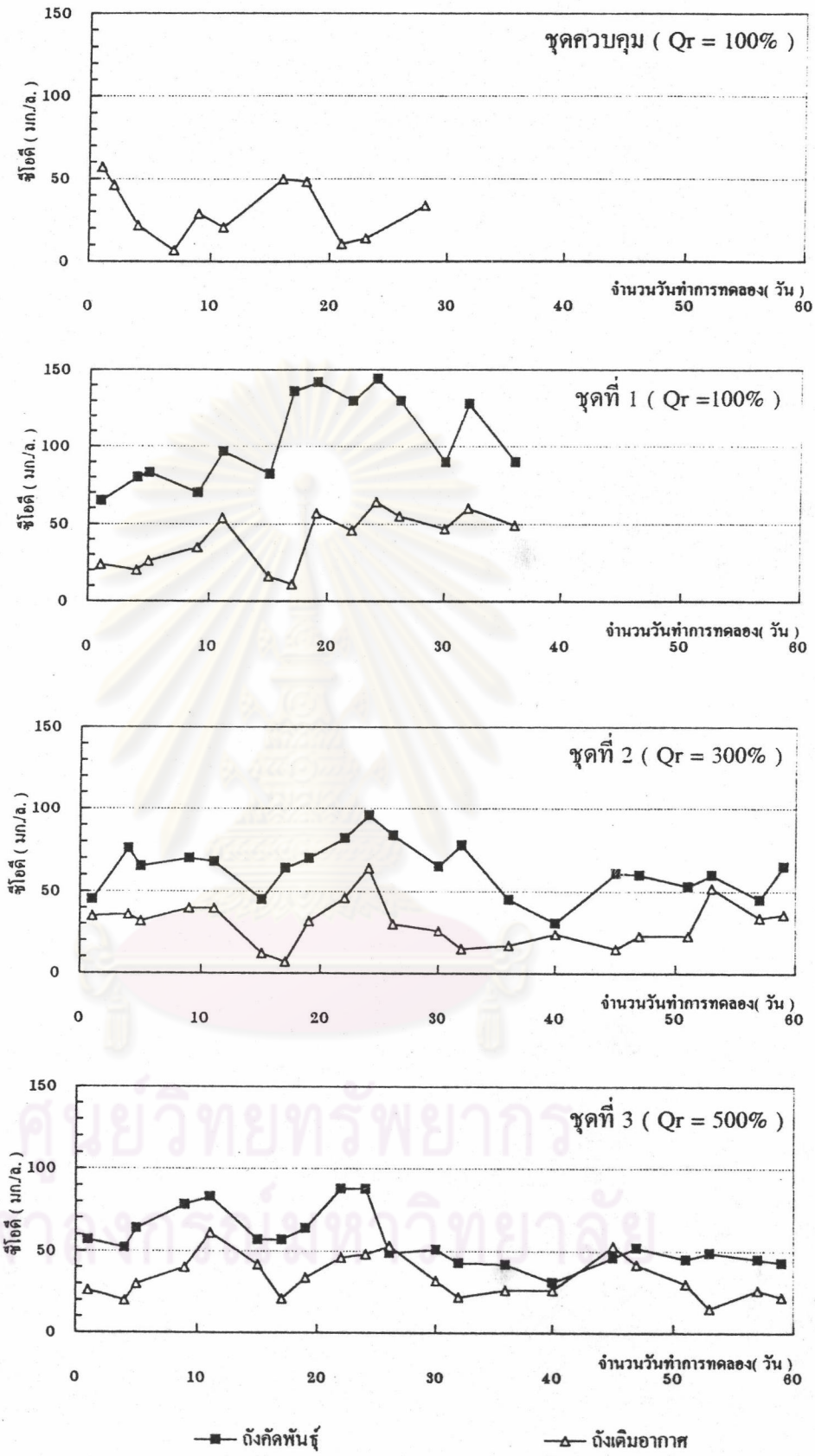


รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.12 ค่าซีโอดีของการทดลองทั้ง 4 ชุด

gCOD



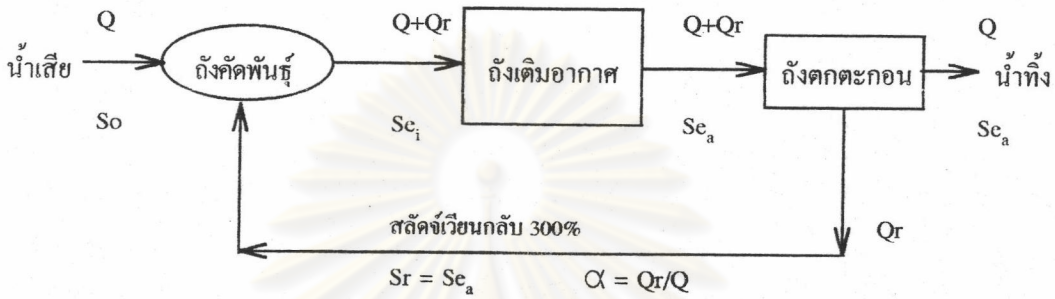
รูปที่ 4.13 ซีโอดีในถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างวิธีการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ

การทดลองชุดที่ 2

-มีค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศ เท่ากับ 399 ,63 และ 29 มก./ล. ตามลำดับ

-อัตราเวียนสลัดจ์กลับ300%



พิจารณาทั้งระบบ

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%) ,η = $(So - Se_a) * 100 / So$

= $(399 - 29) * 100 / 399$

= 93 %

พิจารณาที่ถังคัดพันธุ์

สัดส่วนการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์ต่อซีโอดีของน้ำเสีย (%),η_x = $[(So*Q) + (Sr*Qr) - Se_i(Q+Qr)] * 100 / (So*Q)$

= $[(399*20) + (29*60) - 63(20+60)] * 100 / (399*20)$

= 59 %

พิจารณาที่ถังเติมอากาศ

สัดส่วนการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์ต่อซีโอดีของน้ำเสีย (%),η_x = $[(Se_i - Se_a)(Q+Qr)] * 100 / (So*Q)$

= $[(63 - 29)(20 + 60)] * 100 / (399*20)$

= 34 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.9 ไนโตรเจนรูปต่าง ๆ

ค่าไนโตรเจนในรูปต่างๆปรากฏอยู่ในตารางที่ 4.8 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพารามิเตอร์สังเกตุได้จากรูปที่ 4.14 -4.19

ก. ทีเคเอ็น

ตารางที่ 4.8 สามารถสรุปค่าเฉลี่ยของทีเคเอ็นและรูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าทีเคเอ็นของการทดลองทั้ง 4 ชุด โดยมีค่าตามตำแหน่งต่าง ๆดังนี้

การทดลองชุดควบคุม มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสียและในถังเติมอากาศเท่ากับ 11.93 และ 2.18 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.48 ,6.97 และ 5.46 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.38 ,4.43 และ 2.92 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.38 ,3.52 และ 2.3 มก./ล.-N ตามลำดับ

น้ำเสียมีทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่ ยกเว้นในการทดลองชุดควบคุมมีทีเคเอ็นเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งอาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการเติมสารละลายยูเรียของผู้วิจัย การเปลี่ยนแปลงค่าทีเคเอ็นภายในถังคัดพันธุ์เกิดจากการเจือจางด้วยสลัดจ์เวียนกลับ เห็นได้จากค่าทีเคเอ็นภายในถังคัดพันธุ์ของการทดลองชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่า 6.97 ,4.43 และ 3.52 มก./ล.-N ตามลำดับ ซึ่งการทดลองชุดที่ 3 มีอัตราเวียนสลัดจ์สูงสุดมีค่าทีเคเอ็นต่ำที่สุด ทีเคเอ็นที่เข้าไปในถังเติมอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรทและไนเตรทด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน และปรากฏว่าค่าทีเคเอ็นภายในถังเติมอากาศของการทดลองชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เหลืออยู่ 5.46 ,2.92 และ 2.30 มก./ล.-N ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะในการทดลองชุดที่ 1 เหลือทีเคเอ็นสูงมาก ซึ่งน่ามีสาเหตุมาจากการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นทำให้จุลินทรีย์ประเภทไนตริไฟอิงแบกทีเรียลดลงเป็นอย่างมาก จากรูปที่ 4.14 ค่าทีเคเอ็นในถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศภายหลังการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบ(หลังวันที่ 20) มีค่าใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 4.8 ค่าไนโตรเจนรูปต่างๆของระบบจากการทดลองทั้ง 4 ชุด

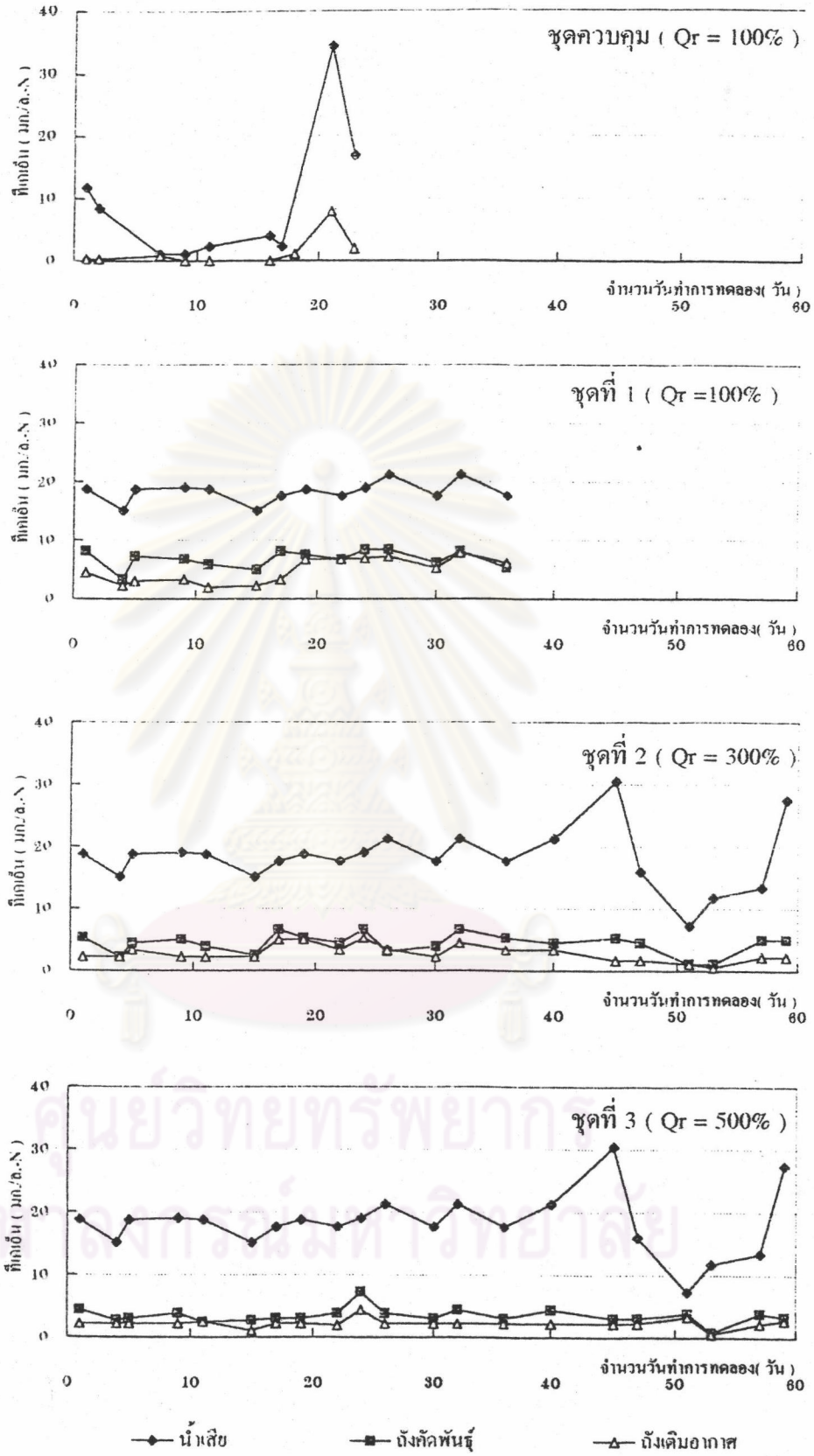
ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์ (as N)	น้ำเสีย	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ
ชุดควบคุม	ทีเคเอ็น	11.93	-	2.18
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	-	0.04
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	-	1.03
	NOx	ไม่ได้วัด	-	**1.07**
	ไนโตรเจนรวม	**11.93**	-	**2.89**
ชุดที่ 1	ทีเคเอ็น	18.48	6.97	5.46
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.84	1.02
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	1.13	3.74
	NOx	ไม่ได้วัด	**1.97**	**4.76**
	ไนโตรเจนรวม	**18.48**	**8.95**	**10.22**
ชุดที่ 2	ทีเคเอ็น	18.38	4.43	2.92
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.6	0.6
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	1.15	5.78
	NOx	ไม่ได้วัด	**1.75**	**6.37**
	ไนโตรเจนรวม	**18.38**	**6.18**	**9.29**
ชุดที่ 3	ทีเคเอ็น	18.38	3.52	2.3
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.57	0.35
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	1.76	5.68
	NOx	ไม่ได้วัด	**2.33**	**6.03**
	ไนโตรเจนรวม	**18.38**	**5.86**	**8.33**

หมายเหตุ 1. NOx = NO_2^- + NO_3^-

2. ไนโตรเจนรวม = TKN + NOx

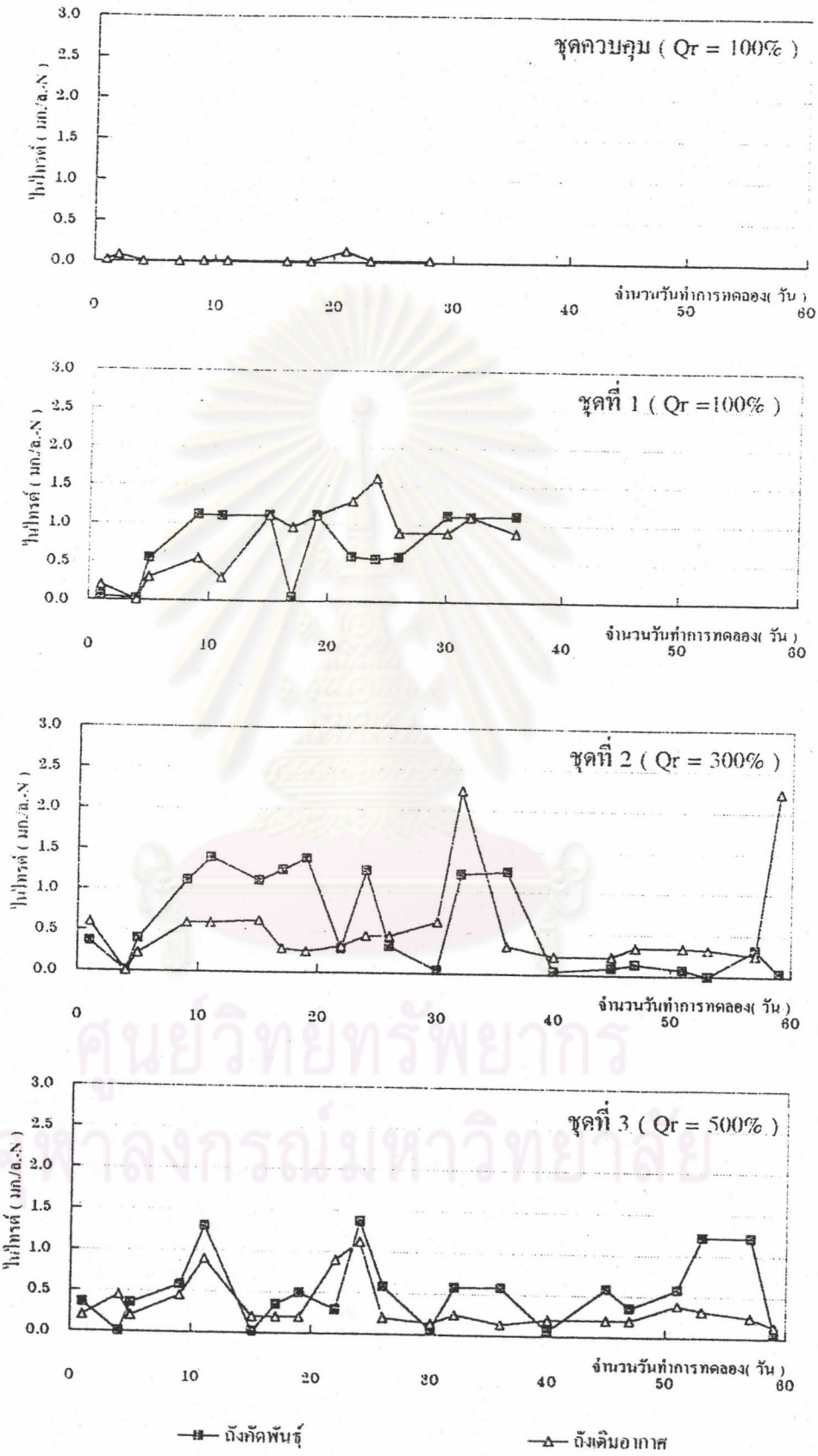
3. ในน้ำเสียไม่มีไนไตรทและไนเตรท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

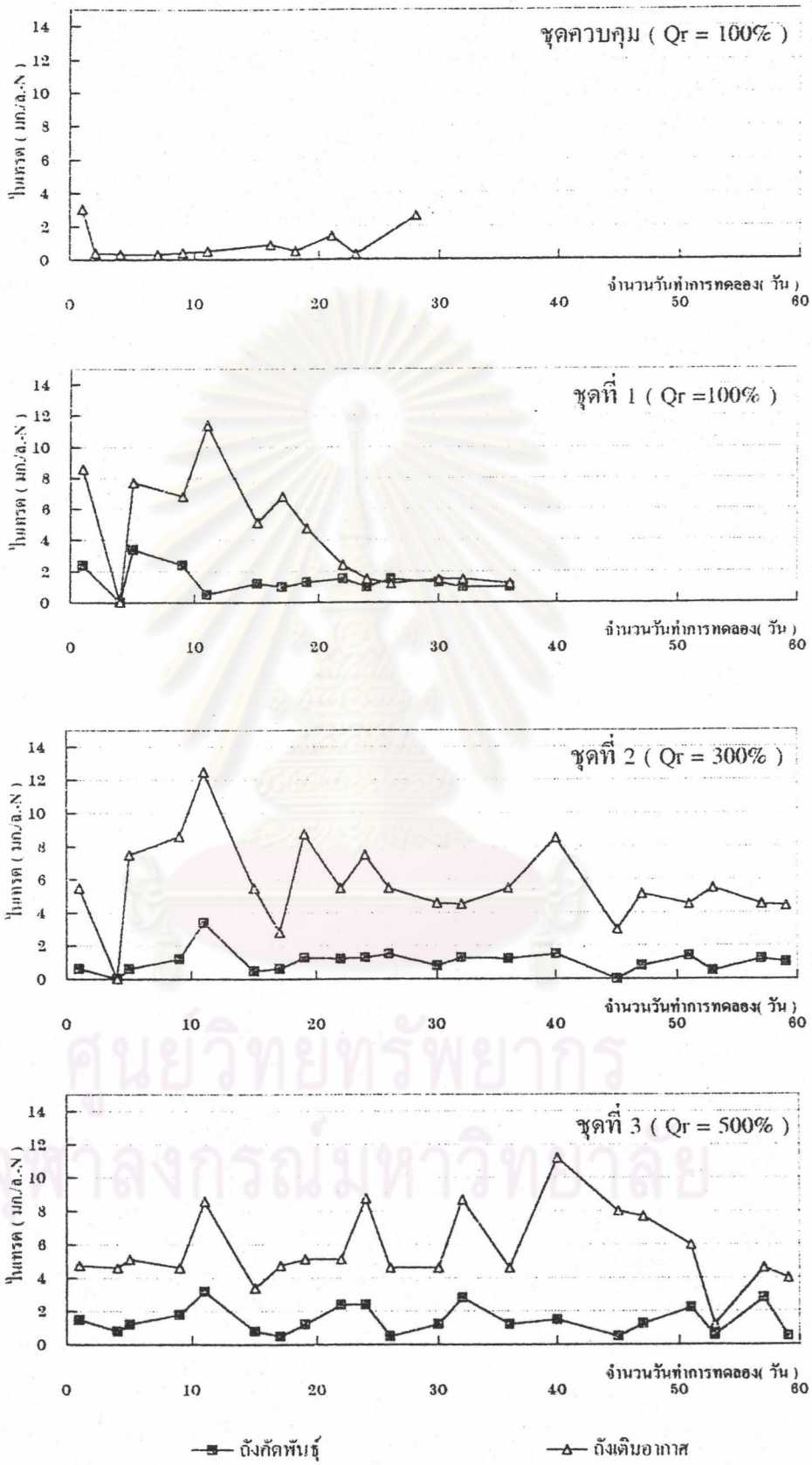


รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าทีเคเอ็นของการทดลองทั้ง 4 ชุด

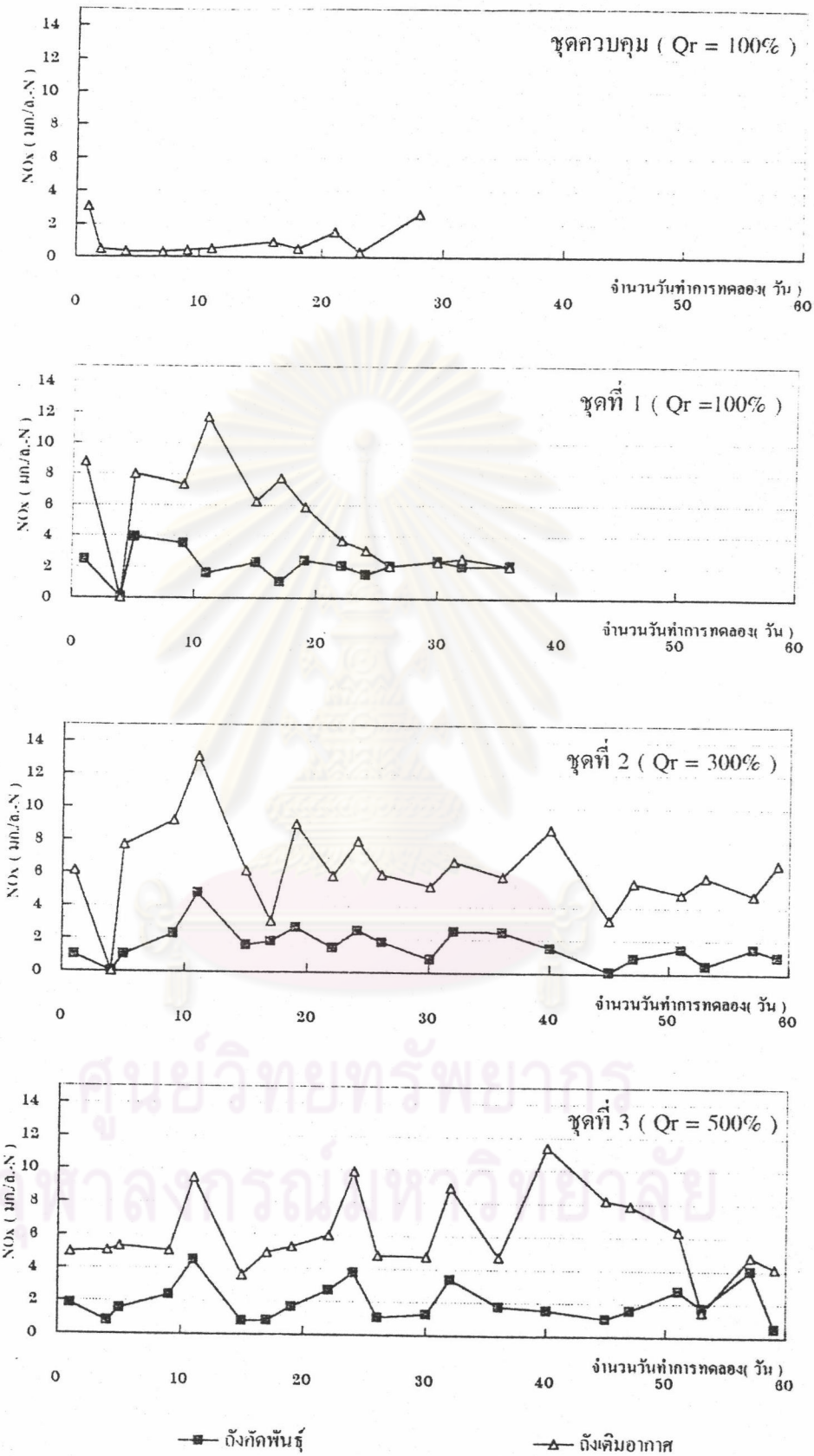
gTKN



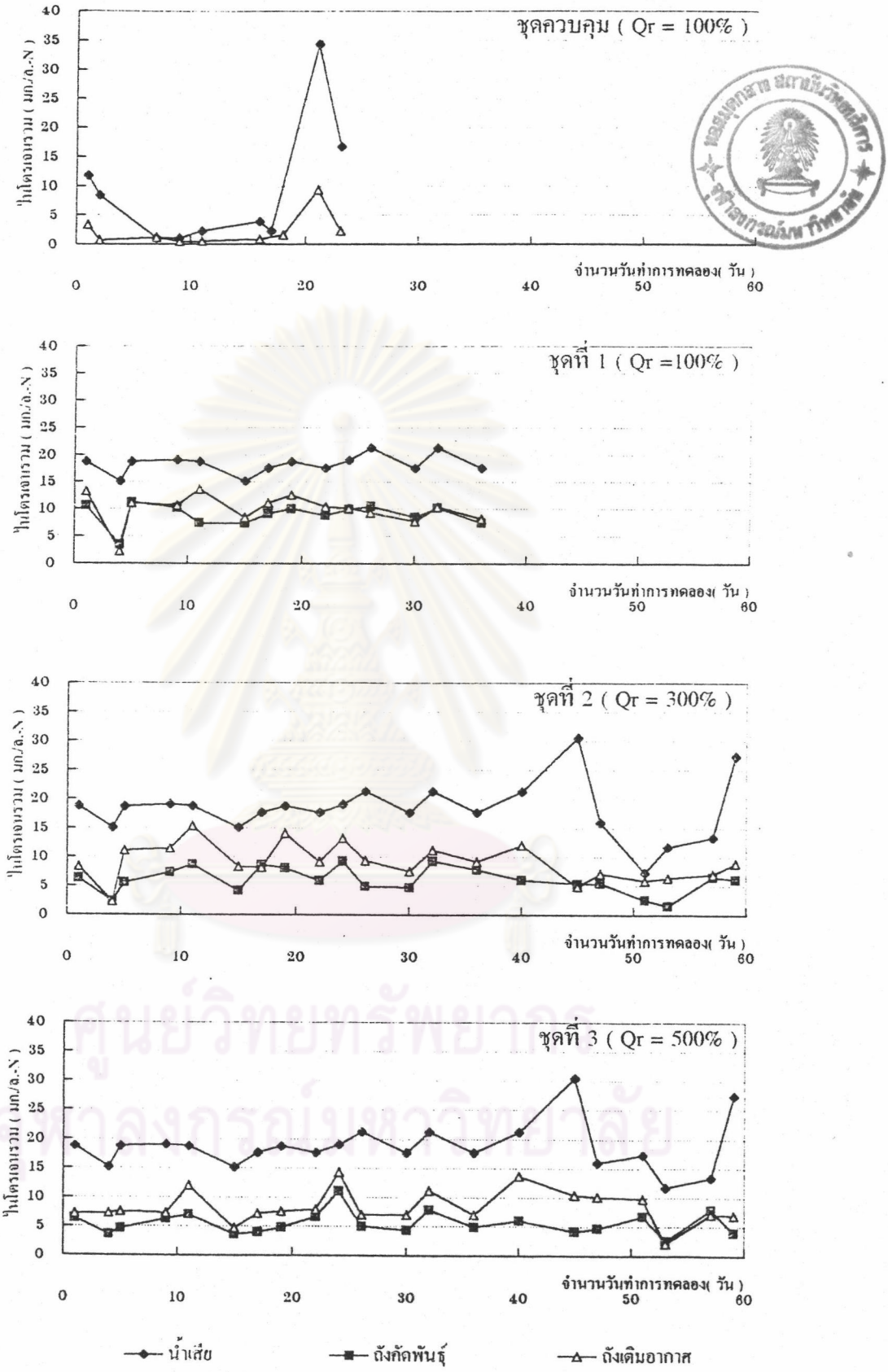
รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าไนไทรต์ของการทดลองทั้ง 4 ชุด



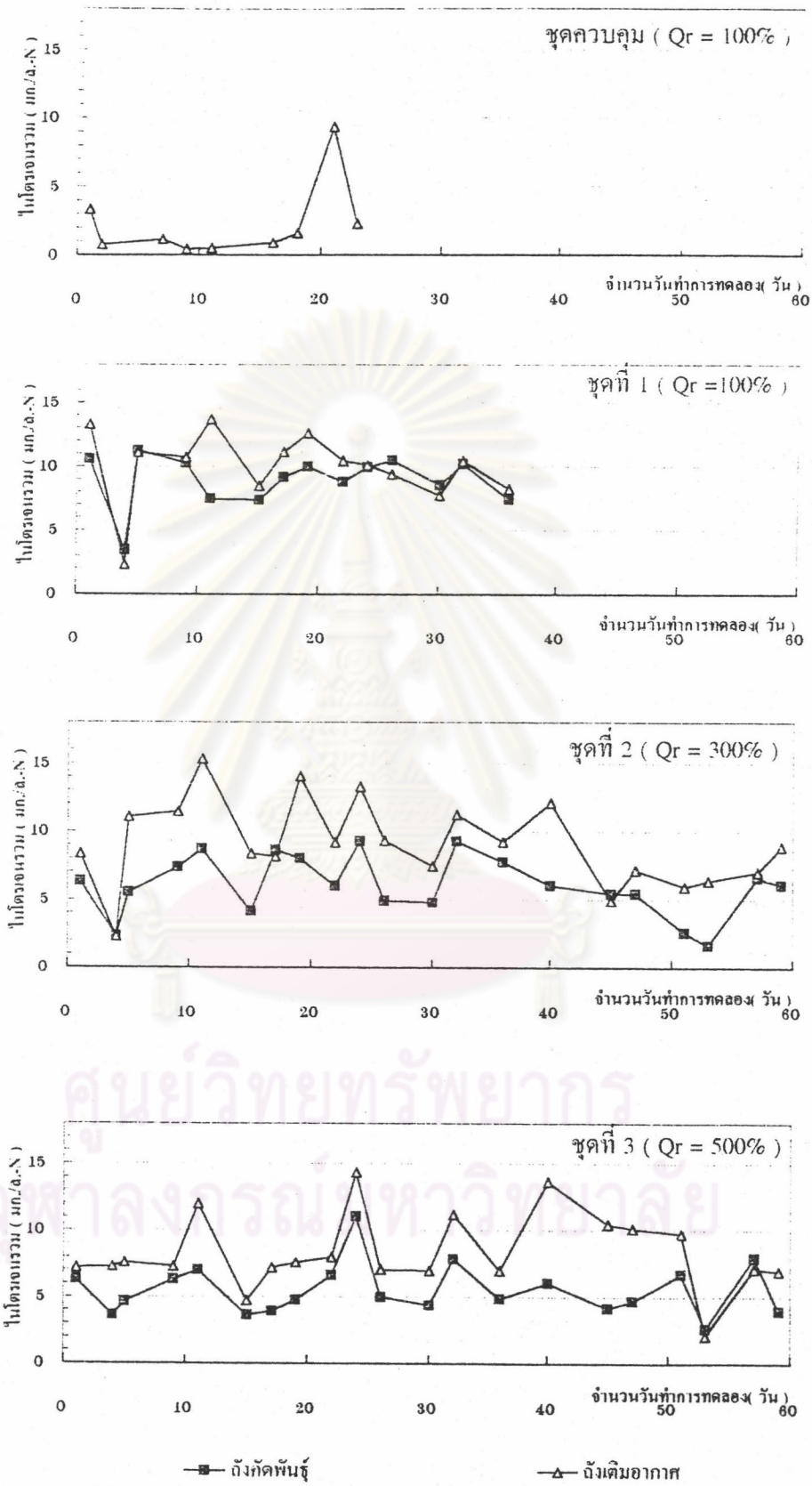
รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าไนเทรตของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่า NOx ของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรเจนรวมของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.19 ไนโตรเจนรวมในถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ข. ไนไตรทและไนเตรท

ตารางที่ 4.8 สามารถสรุปค่าเฉลี่ยของไนไตรทและไนเตรท รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรท และรูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรทของการทดลองทั้ง 4 ชุด ไนไตรทและไนเตรทไม่มีในน้ำเสียเนื่องจากเกิดกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิกในถังเก็บน้ำเสียด้วย ค่าไนไตรทและไนเตรท ตามตำแหน่งต่างๆเป็นดังนี้

การทดลองชุดควบคุม มีค่าไนไตรทและไนเตรทเฉลี่ยในถังเติมอากาศเท่ากับ 0.04 และ 1.03 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าไนไตรทและไนเตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์ และในถังเติมอากาศ เท่ากับ 0.84 ,1.13 และ 1.02 ,3.74 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าไนไตรทและไนเตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์ และในถังเติมอากาศ เท่ากับ 0.6 ,1.15 และ 0.6 ,5.78 มก./ล.-N ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าไนไตรทและไนเตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์ และในถังเติมอากาศ เท่ากับ 0.57 ,1.76 และ 0.35 ,5.68 มก./ล.-N ตามลำดับ

ค่าไนไตรทและไนเตรทภายในถังคัดพันธุ์เป็นตัวชี้ได้ว่าเกิดสภาวะแอนนอกซิกขึ้นจริง ผลรวมของค่าไนไตรทและไนเตรทแสดงในรูปของ NOx พิจารณาที่ถังคัดพันธุ์สังเกตุได้ว่าไนเตรทและ NOx ของการทดลองชุดที่ 3 มีค่าสูงที่สุด ส่วนค่าไนไตรทของการทดลองชุดที่ 1 มีค่าสูงที่สุด ซึ่งอาจชี้ได้ว่าเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ ไนเตรทมีค่าเพิ่มขึ้นในถังเติมอากาศจากกระบวนการไนตริฟิเคชันที่สมบูรณ์ของทีเคเอ็น จากการทดลองชุดที่ 1 ยังพบไนไตรทสูงมาก แสดงให้เห็นว่าไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ภายหลังการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนทีเคเอ็น ตามที่กล่าวข้างต้น รูปที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า NOx ของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ค.ไนโตรเจนรวม

ตารางที่ 4.8 และ 4.9 สรุปค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนรวมและประสิทธิภาพการกำจัดรวมของระบบ รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรเจนรวมของระบบและรูปที่ 4.19 ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศ ตามตำแหน่งต่างๆเป็นดังนี้

การทดลองชุดควบคุม มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของน้ำเสียและในถังเติมอากาศเท่ากับ 11.93 และ 2.89 มก./ล.-N ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมเท่ากับ 76%

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบจากการทดลองทั้ง 4 ชุด

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์	น้ำเสีย มก./ล.-N	น้ำทิ้ง มก./ล.-N	ประสิทธิภาพ	ไนโตรเจนที่ถูกกำจัด., มก./วัน-N
ชุดควบคุม	ทีเคเอ็น	11.93	2.18	-	
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.04	-	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	1.03	-	
	NOx	ไม่ได้วัด	**1.07**	-	
	ไนโตรเจนรวม	**11.93**	**2.89**	**76 %**	**181**
ชุดที่ 1	ทีเคเอ็น	18.48	5.46	-	
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	1.02	-	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	3.74	-	
	NOx	ไม่ได้วัด	**4.76**	-	
	ไนโตรเจนรวม	**18.48**	**10.22**	**45 %**	**165**
ชุดที่ 2	ทีเคเอ็น	18.38	2.92	-	
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.6	-	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	5.78	-	
	NOx	ไม่ได้วัด	**6.37**	-	
	ไนโตรเจนรวม	**18.38**	**9.29**	**49 %**	**182**
ชุดที่ 3	ทีเคเอ็น	18.38	2.3	-	
	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.35	-	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	5.68	-	
	NOx	ไม่ได้วัด	**6.03**	-	
	ไนโตรเจนรวม	**18.38**	**8.33**	**55 %**	**200**

หมายเหตุ -ลักษณะน้ำเสียของการทดลองชุดควบคุม,และการทดลองชุดที่1,ชุดที่2 และชุดที่ 3 ต่างชนิดกัน

การทดลองชุดที่ 1 มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.48 ,8.95 และ 10.22 มก./ล.-N ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมเท่ากับ 45%

การทดลองชุดที่ 2 มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.38 ,6.18 และ 9.29 มก./ล.-N ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมเท่ากับ 49%

การทดลองชุดที่ 3 มีค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของน้ำเสีย,ในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศเท่ากับ 18.38 ,5.86 และ 8.33 มก./ล.-N ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมเท่ากับ 55%

แต่ทั้งนี้ค่าไนโตรเจนรวมในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศที่พิจารณาเป็นค่าไนโตรเจนรวมกรอง

เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนรวมในถังคัดพันธุ์และในถังเติมอากาศ พบว่าในถังคัดพันธุ์มีค่าต่ำกว่าในถังเติมอากาศ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตะกอนอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งไม่ถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์ถูกไฮโดรไลซิสในถังเติมอากาศ

เห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมของการทดลองชุดควบคุมสูงสุด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในแง่ของปฏิกิริยาการกำจัดไนโตรเจนแล้วการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งมีปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นด้วยต้องสามารถกำจัดไนโตรเจนสูงกว่าการทดลองชุดควบคุมซึ่งเป็นระบบกวนสมบูรณ์ ดังนั้นจึงพิจารณาในแง่มวลไนโตรเจนรวมที่ถูกกำจัด จะพบว่าการทดลองชุดที่ 3 มีการกำจัดไนโตรเจนรวมสูงกว่าการทดลองชุดควบคุม ส่วนการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 กำจัดไนโตรเจนรวมต่ำกว่าและใกล้เคียงกับการทดลองชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวที่เกิดขึ้นกับการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 และเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนรวมของการทดลองชุดควบคุม มีค่าประมาณ 100: 3 ซึ่งเป็นความต้องการของระบบในการสร้างเซลล์ ส่วนการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนรวมประมาณ 100: 4.5 จึงมีไนโตรเจนมากกว่าความต้องการในการสร้างเซลล์ ประสิทธิภาพรวมจึงต่ำกว่าชุดควบคุม

ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมของการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์ นั่นคือการเพิ่มอัตราเวียนสลัดจ์กลับทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น เมื่อมีซีโอดีที่เพียงพอ

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันของถังคัดพันธุ์ และตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันของถังเติมอากาศ พบว่าการทดลองชุดที่ 1 เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันและกระบวนการไนตริฟิเคชันต่ำสุด และการทดลองชุดที่ 3 เกิดปฏิกิริยาสูงสุด นั่นคือการเพิ่มอัตราเวียนสลัดจ์กลับทำให้ประสิทธิภาพการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันและกระบวนการไนตริฟิเคชันของระบบเพิ่มขึ้น

4.1.10 F/M

รูปที่ 4.20 - 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า F/M ของการทดลองทั้ง 4 ชุด โดยมีค่าตามตำแหน่งต่าง ๆดังนี้

การทดลองชุดควบคุม มีค่า F/M เฉลี่ยของถังเติมอากาศเท่ากับ 0.52

การทดลองชุดที่ 1 มีค่า F/M เฉลี่ยของถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศเท่ากับ 20.6 และ 0.36 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 2 มีค่า F/M เฉลี่ยของถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศเท่ากับ 13.8 และ 0.14 ตามลำดับ

การทดลองชุดที่ 3 มีค่า F/M เฉลี่ยของถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศเท่ากับ 9.9 และ 0.08 ตามลำดับ

ค่า F/M ของถังคัดพันธุ์ เท่ากับ [ซีโอดีของน้ำเสีย/(เอสเอส*เวลากักน้ำ)ของถังคัดพันธุ์] และค่า F/M ของถังเติมอากาศ เท่ากับ [ซีโอดีของถังคัดพันธุ์/(เอสเอส*เวลากักน้ำ)ของถังเติมอากาศ]

ตารางที่ 4.12 -4.15 รวบรวมค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองทั้ง 4 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

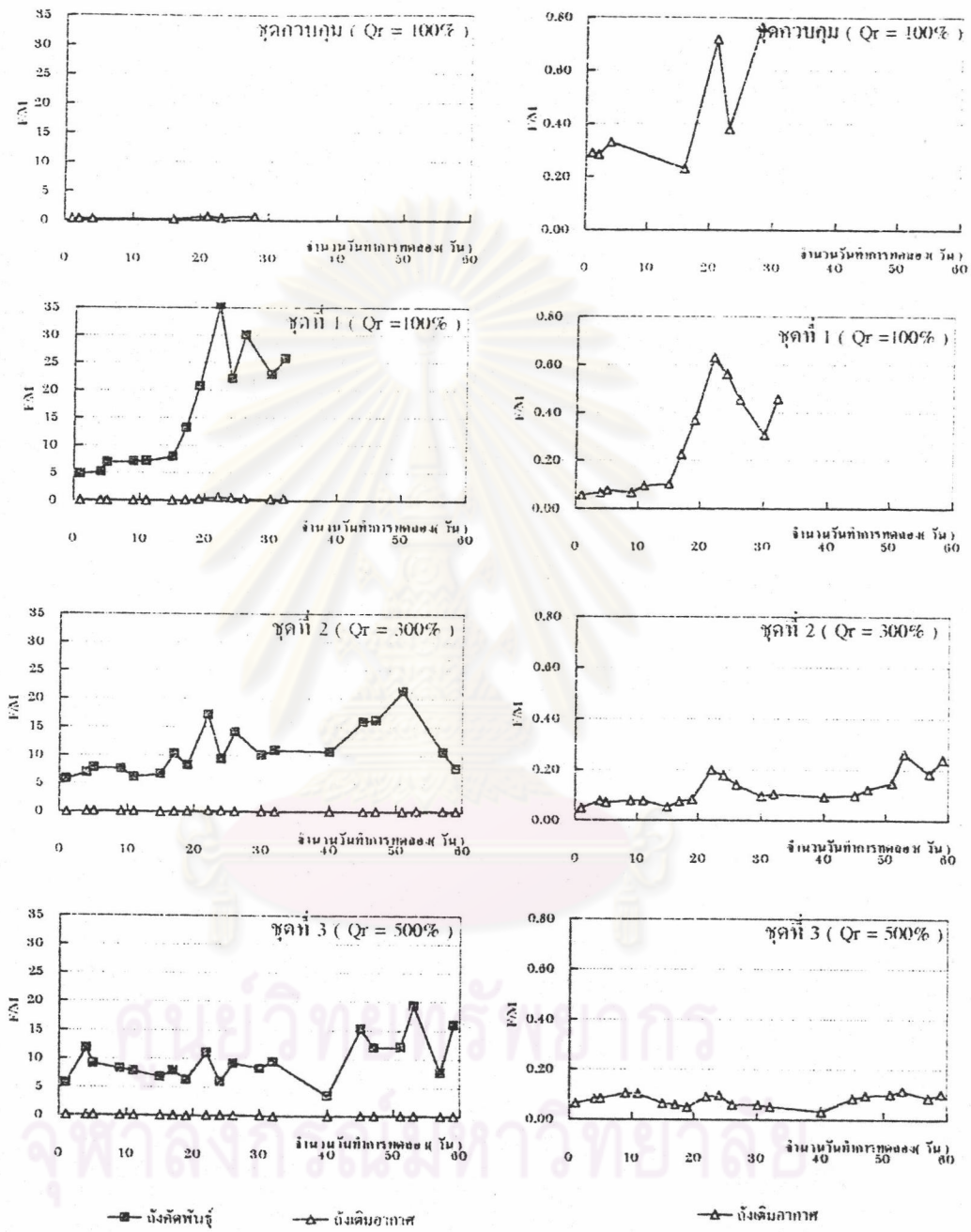
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันของถังคัดพันธุ์

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์ as N	น้ำเข้า(มก./ล.-N)			น้ำออก (มก./ล.-N)	การเปลี่ยนแปลง	
		น้ำเสีย	สลัดจ์เวียนกลับ	ค่าเฉลี่ย		ความเข้มข้น (มก./ล.-N)	มวล (มก./วัน-N)
ชุดที่ 1	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	1.02	0.51	0.84	0.33	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	3.74	1.87	1.13	-0.74	
	NOx	ไม่ได้วัด	**4.76**	**2.38**	**1.97**	**-0.41**	**-16.4**
ชุดที่ 2	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.6	0.45	0.6	0.15	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	5.78	4.34	1.15	-3.18	
	NOx	ไม่ได้วัด	**6.37**	**4.78**	**1.75**	**-3.03**	**-242.4**
ชุดที่ 3	ไนไตรท	ไม่ได้วัด	0.35	0.29	0.57	0.27	
	ไนเตรท	ไม่ได้วัด	5.68	4.73	1.76	-2.97	
	NOx	ไม่ได้วัด	**6.03**	**5.02**	**2.33**	**-2.69**	**-323.4**

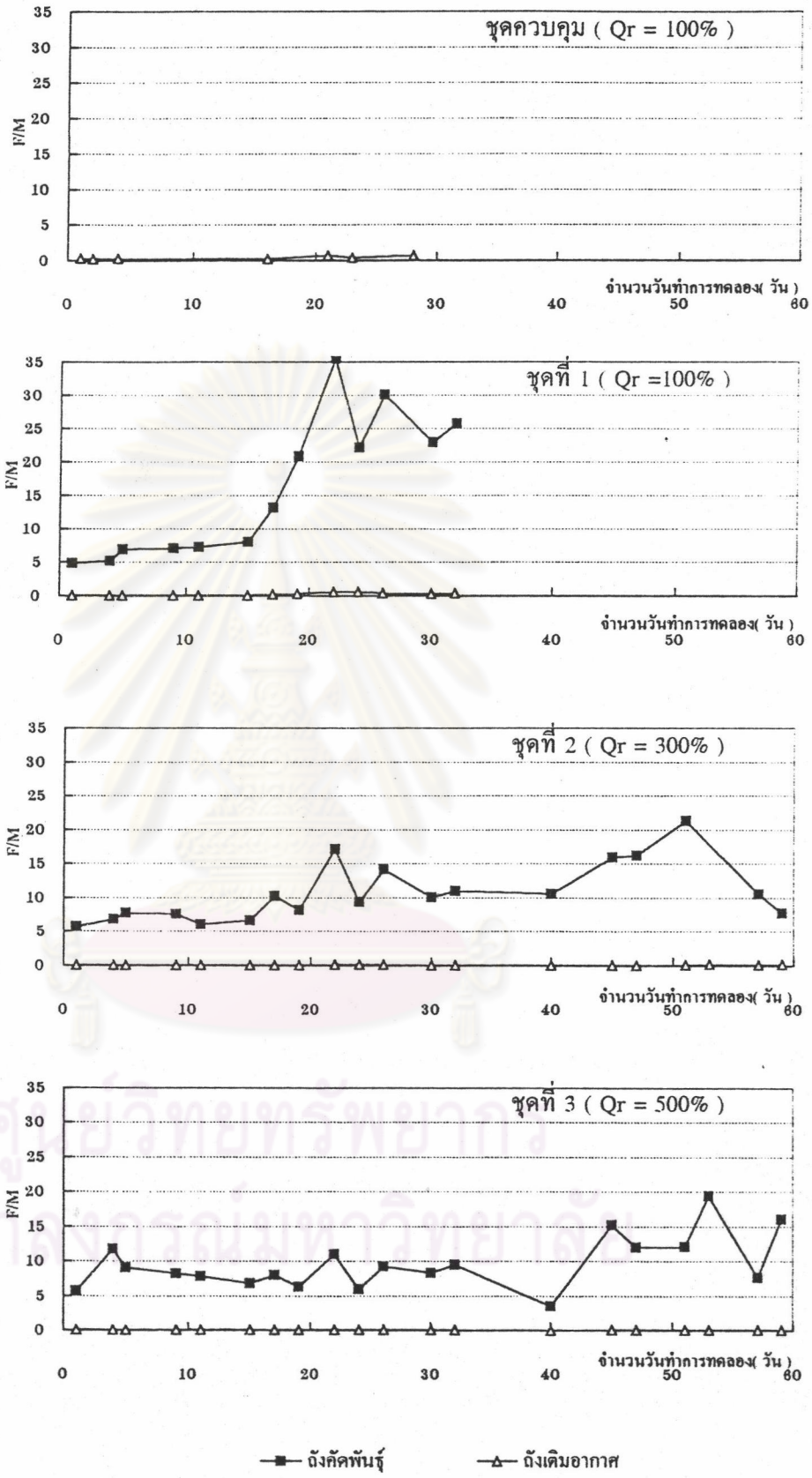
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันของถังเติมอากาศ

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์ as N	น้ำเข้า (มก./ล.-N)	น้ำออก (มก./ล.-N)	การเปลี่ยนแปลง	
				ความเข้มข้น (มก./ล.-N)	มวล (มก./วัน-N)
ชุดที่ 1	ทีเคเอ็น	6.97	5.46	-1.51	-60.4
	ไนไตรท	0.84	1.02		
	ไนเตรท	1.13	3.74		
	NOx	**1.97**	**4.76**	**2.79**	**111.6**
ชุดที่ 2	ทีเคเอ็น	4.43	2.92	-1.51	-120.8
	ไนไตรท	0.6	0.6		
	ไนเตรท	1.15	5.78		
	NOx	**1.75**	**6.37**	**4.62**	**426.8**
ชุดที่ 3	ทีเคเอ็น	3.52	2.30	-1.22	-146.4
	ไนไตรท	0.57	0.35		
	ไนเตรท	1.76	5.68		
	NOx	**2.33**	**6.03**	**3.70**	**444.0**

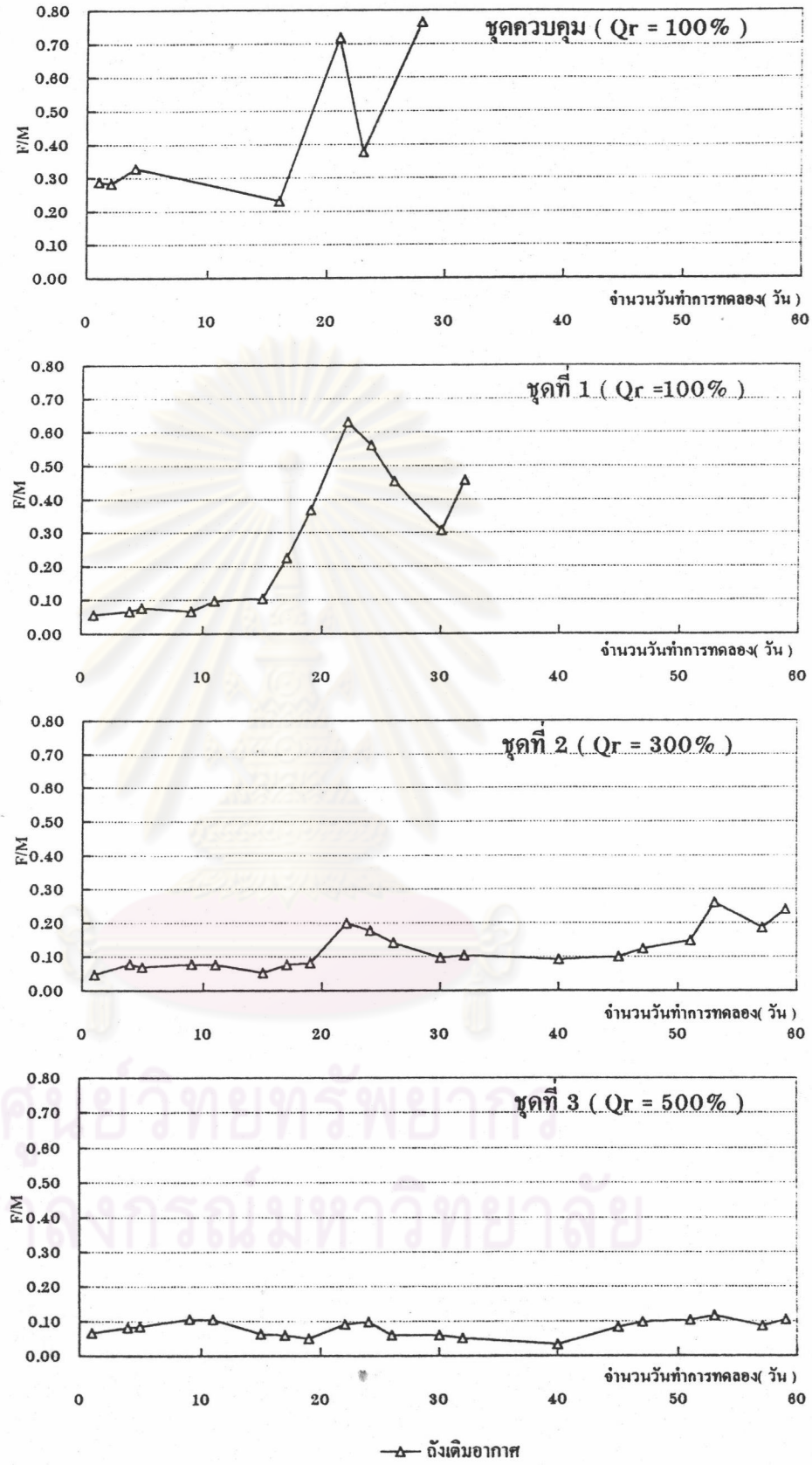
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่า F/M ของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.21 ค่า F/M ของการทดลองทั้ง 4 ชุด



รูปที่ 4.22 ค่า F/M ของถังเติมอากาศจากการทดลองทั้ง 4 ชุด

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆจากการทดลองชุดควบคุม

พารามิเตอร์	น้ำเสีย			ถังเติมอากาศ			น้ำทิ้ง		
	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n
ซีโอดี(มก./ล.)	391	119	6	30	17	6	-	-	-
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	11.93	13.99	5	2.18	3.27	5	-	-	-
ไนไตรท(มก./ล.)	-	-	-	0.04	0.05	6	-	-	-
ไนเตรท(มก./ล.)	-	-	-	1.03	0.86	6	-	-	-
ดีโอ(มก./ล.)	0.4	0.2	12	5.4	0.5	12	3	1	12
โออาร์พี(มิลลิโวลท์)	-257	53	12	9	72	10	32	60	11
เอสเอส(มก./ล.)	-	-	-	2336	483	5	76	85	5
เอสวี 30(มล./ล.)	-	-	-	525	313	11	-	-	-
เอสวีไอ(มล./ก.)	-	-	-	224	209	5	-	-	-
ความเป็นด่าง(มก./ล.)	140	26	5	128	12	5	-	-	-
พีเอช	6.0	0.8	12	7.5	0.1	11	7.8	0.2	12
อุณหภูมิ(°C)	27.9	0.8	12	27.2	0.7	12	-	-	-

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆจากการทดลองชุดที่ 1

พารามิเตอร์	น้ำเสีย			ถังคัดพันธุ์			ถังเติมอากาศ			น้ำทิ้ง		
	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n
ซีโอดี (มก./ล.)	408	78	10	117	24	10	46	18	10	-	-	-
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	18.48	1.83	10	6.97	1.31	10	5.46	2.16	10	-	-	-
ไนไตรท(มก./ล.)	-	-	-	0.84	0.38	10	1.02	0.33	10	-	-	-
ไนเตรท(มก./ล.)	-	-	-	1.13	0.30	10	3.74	3.35	10	-	-	-
ดีโอ(มก./ล.)	0.3	0.3	19	0.5	0.4	19	5.3	0.8	19	4	1	35
โออาร์พี(มิลลิโวลท์)	-22	35	19	-197	29	19	15	77	19	112	54	19
เอสเอส(มก./ล.)	-	-	-	1263	609	11	1264	773	11	115	167	11
เอสวี 30(มล./ล.)	-	-	-	516	244	14	657	269	15	-	-	-
เอสวีไอ(มล./ก.)	-	-	-	527	286	11	706	321	11	-	-	-
ความเป็นด่าง(มก./ล.)	151	14	10	134	11	10	121	7	10	-	-	-
พีเอช	6.4	0.5	19	7.2	0.3	19	7.8	0.1	19	8.0	0.1	19
อุณหภูมิ(°C)	26.7	1.9	19	28.1	1.5	19	27.0	1.7	19	-	-	-

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆจากการทดลองชุดที่ 2

พารามิเตอร์	น้ำเสีย			ถังคัดพันธุ์			ถังเติมอากาศ			น้ำทิ้ง		
	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n
ซีโอดี (มก./ล.)	399	108	16	63	17	16	29	16	16	-	-	-
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	18.38	5.02	16	4.43	1.76	16	2.92	1.45	16	-	-	-
ไนไตรท(มก./ล.)	-	-	-	0.60	0.59	16	0.60	0.48	16	-	-	-
ไนเตรท(มก./ล.)	-	-	-	1.15	0.74	16	5.78	2.42	16	-	-	-
ดีโอ(มก./ล.)	0.3	0.2	35	0.4	0.3	35	5.0	0.4	35	4	1	35
โออาร์พี(มิลลิโวลท์)	-216	33	35	-160	39	35	-6	57	35	125	75	35
เอสเอส(มก./ล.)	-	-	-	1719	696	17	1706	650	17	32	58	17
เอสวี 30(มล./ล.)	-	-	-	351	283	26	366	314	26	-	-	-
เอสวีไอ(มล./ก.)	-	-	-	215	169	17	220	154	17	-	-	-
ความเป็นด่าง(มก./ล.)	156	16	16	130	11	16	115	8	16	-	-	-
พีเอช	6.5	0.6	35	7.5	0.3	35	7.7	0.1	35	8.1	0.2	35
อุณหภูมิ(°C)	27.6	1.8	35	28.8	1.5	35	28.1	1.5	35	-	-	-

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆจากการทดลองชุดที่ 3

พารามิเตอร์	น้ำเสีย			ถังคัดพันธุ์			ถังเติมอากาศ			น้ำทิ้ง		
	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n	ค่าเฉลี่ย	SD	n
ซีโอดี (มก./ล.)	399	108	16	55	17	16	35	14	16	-	-	-
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	18.38	5.02	16	3.52	1.33	16	2.30	0.84	16	-	-	-
ไนไตรท(มก./ล.)	-	-	-	0.57	0.45	16	0.35	0.31	16	-	-	-
ไนเตรท(มก./ล.)	-	-	-	1.76	1.42	16	5.68	2.79	16	-	-	-
ดีโอ(มก./ล.)	0.3	0.2	35	0.3	0.2	35	5.1	0.4	35	4	1	34
โออาร์พี(มิลลิโวลท์)	-216	33	35	-122	34	35	86	60	35	158	61	35
เอสเอส(มก./ล.)	-	-	-	2302	676	17	2304	690	17	20	15	17
เอสวี 30(มล./ล.)	-	-	-	182	104	26	174	99	26	-	-	-
เอสวีไอ(มล./ก.)	-	-	-	79	36	17	77	32	17	-	-	-
ความเป็นด่าง(มก./ล.)	156	16	16	126	8	16	116	5	16	-	-	-
พีเอช	6.5	0.6	35	7.6	0.2	35	7.7	0.1	35	8.1	0.1	35
อุณหภูมิ(°C)	27.6	1.8	35	29.0	1.4	35	28.3	1.5	35	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองชุดควบคุม

การทดลองชุดควบคุม ซึ่งเป็นระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆเปรียบเทียบกับการทดลองชุดถังคัดพันธุ์ ในเรื่องการป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวเป็นอันดับแรก และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจนเป็นวัตถุประสงค์รองลงมา

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการวิเคราะห์ของการทดลองชุดนี้ ส่วนการแปรปรวนของพารามิเตอร์ต่างๆสรุปไว้ในรูปที่ 4.23

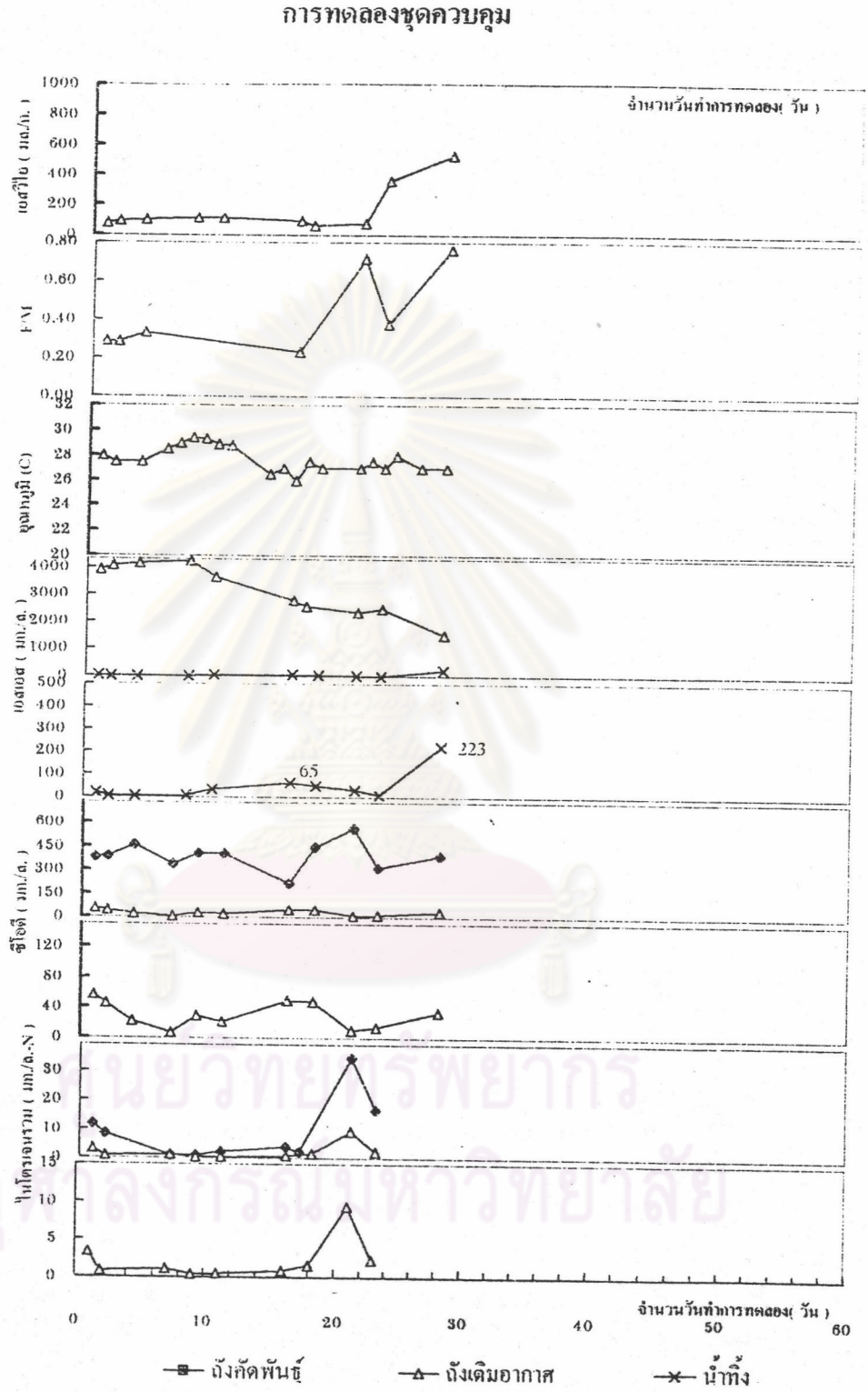
ผลการทดลองปรากฏว่าเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบ เห็นการเปลี่ยนแปลงได้จากกราฟของเอสวีไอ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 224 มล./ก. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 92% และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนเท่ากับ 76% โดยมีค่า F/M ของระบบเท่ากับ 0.39

การกำจัดไนโตรเจนมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสียค่อนข้างต่ำ คิดเป็นสัดส่วนของซีโอดีต่อไนโตรเจนมีค่าประมาณ 100 : 3 และอาจเป็นสาเหตุของการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัว

ตารางที่ 4.16 พารามิเตอร์และผลการทดลองของการทดลองชุดควบคุม

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่า
อัตราป้อนน้ำเสีย	ลิตร/วัน	20
อัตราเวียนสลัดจ์กลับ	ลิตร/วัน	20
ขนาดถังเติมอากาศ	ลิตร	6.75
เวลากักน้ำถังเติมอากาศ	ชม.	8
เอสเอสถังเติมอากาศ	มก./ล.	2336
อายุสลัดจ์	วัน	20
ค่าเอสวีไอ	มล./ก.	224
ซีโอดีของน้ำเสีย	มก./ล.	391
ซีโอดีกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	30
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี	%	92
ไนโตรเจนรวมของน้ำเสีย	มก./ล.	11.9
ไนโตรเจนรวมกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	2.9
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน	%	76
F/M ของระบบ	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส.วัน	0.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดควบคุม

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองชุดที่ 1

การทดลองชุดที่ 1 ซึ่งเป็นระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีอัตราเวียนสลัดจ์ 100% มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัว รวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจน และศึกษาผลของอัตราเวียนสลัดจ์ 100% ต่อการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในถังคัดพันธุ์

ตารางที่ 4.17 สรุปผลการวิเคราะห์ของการทดลองชุดนี้ ส่วนการแปรปรวนของพารามิเตอร์ต่างๆสรุปไว้ในรูปที่ 4.24

ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้ถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก ที่อัตราเวียนสลัดจ์ 100% ไม่สามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัว เห็นการเปลี่ยนแปลงได้จากกราฟของเอสวีไอ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 706มล./ก. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเท่ากับ 89% และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนเท่ากับ 45% โดยมีค่า F/M ของระบบเท่ากับ 0.68 และค่า F/M ของถังคัดพันธุ์เท่ากับ 8.7

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ เกิดสภาวะแอนนอกซิกภายในถังคัดพันธุ์หรือไม่ จากค่าไนไตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์มีค่า 1.13 มก./ล.จึงสรุปได้ว่าเกิดสภาวะแอนนอกซิกขึ้นภายในถังคัดพันธุ์ แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณ NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์มีค่า 16.4 มก./วัน ในขณะที่ซีโอดีถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์ 4,400 มก./วัน คิดเป็น 54% ของซีโอดีที่ถูกกำจัด เห็นได้ว่าสัดส่วนของปริมาณ NOx ต่อซีโอดีมีค่าต่ำมาก(0.37%) อาจกล่าวได้ว่าปริมาณ NOx มีไม่เพียงพอสำหรับการกำจัดซีโอดี ซึ่งปริมาณ NOx ที่เวียนกลับมาน้อยตามอัตราการเวียนสลัดจ์กลับแล้ว ยังมีสาเหตุจากกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ภายในถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตไนเตรทให้กับระบบตามที่ได้กล่าวมาแล้ว(ข้อ 4.19 ไนโตรเจนรูปต่างๆ หน้า 68)

จากกราฟของอุณหภูมิและเอสวีไอ ที่ปรากฏในรูปที่ 4.24 เห็นได้ว่าการลดลงของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 16 ถึงวันที่ 20 ทำให้ค่าเอสวีไอเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น และเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นอย่างรุนแรง ค่า F/M ในช่วงท้ายมีค่าสูงเนื่องจากเกิดตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกไปกับน้ำทิ้งจนไม่สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้เพียงพอ

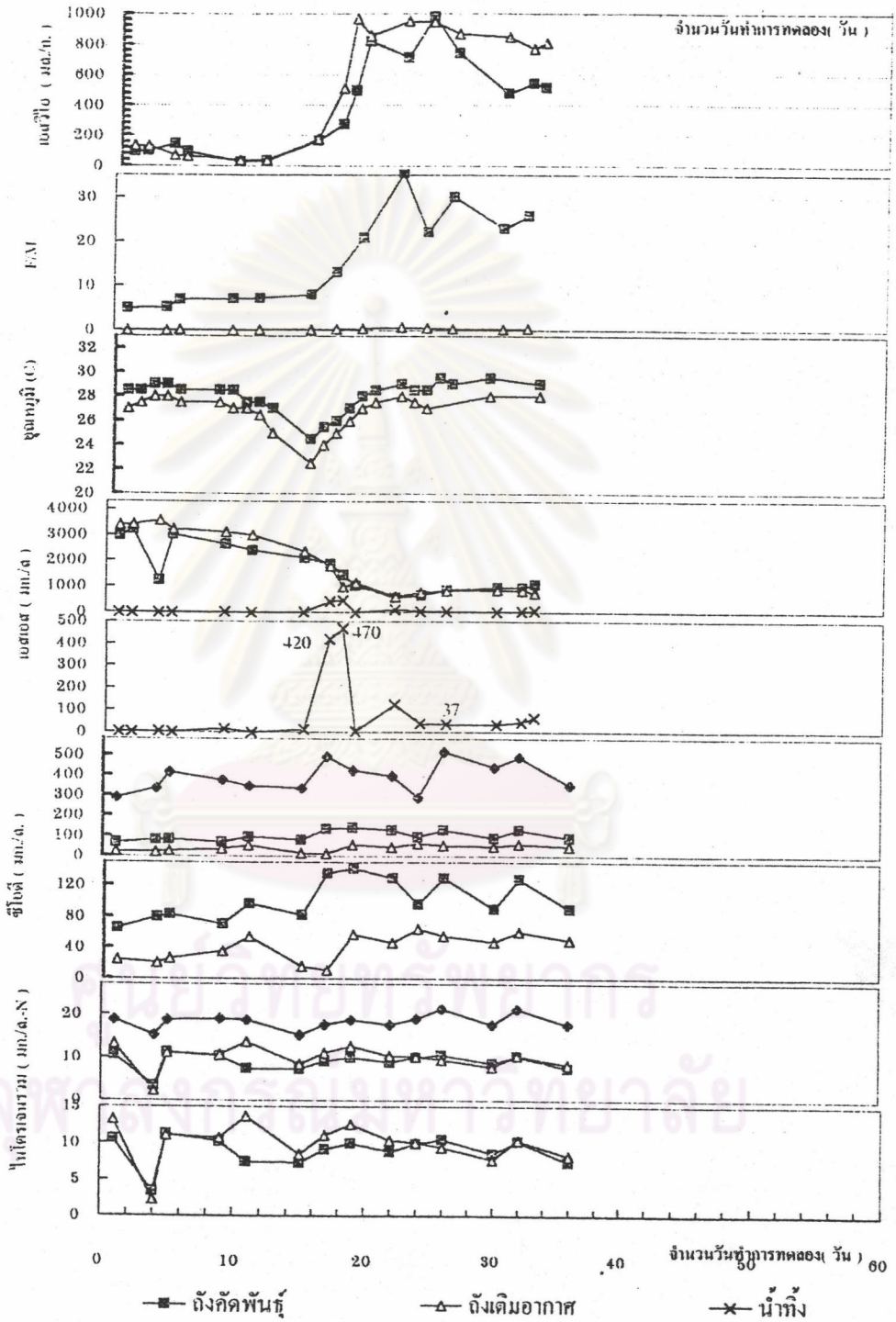
อาจสรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ 100% ของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีความอ่อนไหวต่อการลดลงของอุณหภูมิและไม่สามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันได้สมบูรณ์ในถังเติมอากาศซึ่งเป็นแหล่งผลิตไนเตรทให้กับระบบ ทำให้ปริมาณ NOx ในถังคัดพันธุ์มีน้อยเกินไป

จัดเป็นประเภทเกิดสภาวะขาดออกซิเจน(ดีโอต่ำ)ขึ้นภายในถังคัดพันธุ์ ซึ่งสามารถส่งเสริมให้จุลินทรีย์แบบเส้นใยเจริญเติบโตได้ดี จึงเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น

ตารางที่ 4.17 พารามิเตอร์และผลการทดลองของการทดลองชุดที่ 1

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่า
อัตราป้อนน้ำเสีย	ลิตร/วัน	20
อัตราเวียนสลัดจ์กลับ	ลิตร/วัน	20
ขนาดถังคัดพันธุ์	ลิตร	0.4
ขนาดถังเติมอากาศ	ลิตร	6.75
เวลากักน้ำถังคัดพันธุ์	ชม.	0.5
เวลากักน้ำถังเติมอากาศ	ชม.	8
เอสเอสถังคัดพันธุ์	มก./ล.	1263
เอสเอสถังเติมอากาศ	มก./ล.	1264
อายุสลัดจ์	วัน	20
ค่าเอสวีไอ	มล./ก.	706
ซีโอดีที่ถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	4400
ดีโอที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	76
NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	16.4
ซีโอดีของน้ำเสีย	มก./ล.	408
ซีโอดีกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	46
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ	%	89
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์	%	54
ไนโตรเจนรวมของน้ำเสีย	มก./ล.	18.5
ไนโตรเจนรวมกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	10.2
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน	%	45
F/M ของระบบ	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส,วัน	0.68
F/M ของถังคัดพันธุ์	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส,วัน	8.7

การทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 ซึ่งเป็นระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีอัตราเวียนสลัดจ์ 300% มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัว รวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจน และศึกษาผลของอัตราเวียนสลัดจ์ 300% ต่อการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในถังคัดพันธุ์

ตารางที่ 4.18 สรุปผลการวิเคราะห์ของการทดลองชุดนี้ ส่วนการแปรปรวนของพารามิเตอร์ต่างๆสรุปไว้ในรูปที่ 4.25

ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้ถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก ที่อัตราเวียนสลัดจ์ 300% ไม่สามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัว เห็นการเปลี่ยนแปลงได้จากกราฟของเอสวีไอ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 366 มล./ก. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเท่ากับ 93% และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนเท่ากับ 49% โดยมีค่า F/M ของระบบเท่ากับ 0.52 และค่า F/M ของถังคัดพันธุ์เท่ากับ 6.8

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ เกิดสภาวะแอนนอกซิกภายในถังคัดพันธุ์หรือไม่ จากค่าไนไตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์มีค่า 1.15 มก./ล.จึงสรุปได้ว่าเกิดสภาวะแอนนอกซิกขึ้นภายในถังคัดพันธุ์ เมื่อพิจารณาปริมาณ NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์มีค่า 242.4 มก./วัน ในขณะที่ซีโอดีถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์ 4,680 มก./วัน คิดเป็น 59% ของซีโอดีที่ถูกกำจัด เห็นได้ว่าสัดส่วนของปริมาณ NOx ต่อซีโอดีมีค่าประมาณ 5.18%

จากกราฟของอุณหภูมิและเอสวีไอ ที่ปรากฏในรูปที่ 4.25 เห็นได้ว่าการลดลงของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 16 ถึงวันที่ 20 ทำให้ค่าเอสวีไอเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น และเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นแต่สามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และในช่วงวันที่ 32 เริ่มเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นอีกครั้งหนึ่งซึ่งรุนแรงและยาวนานกว่าครั้งแรก ซึ่งสังเกตุได้ว่าค่า F/M ในถังคัดพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่า 10

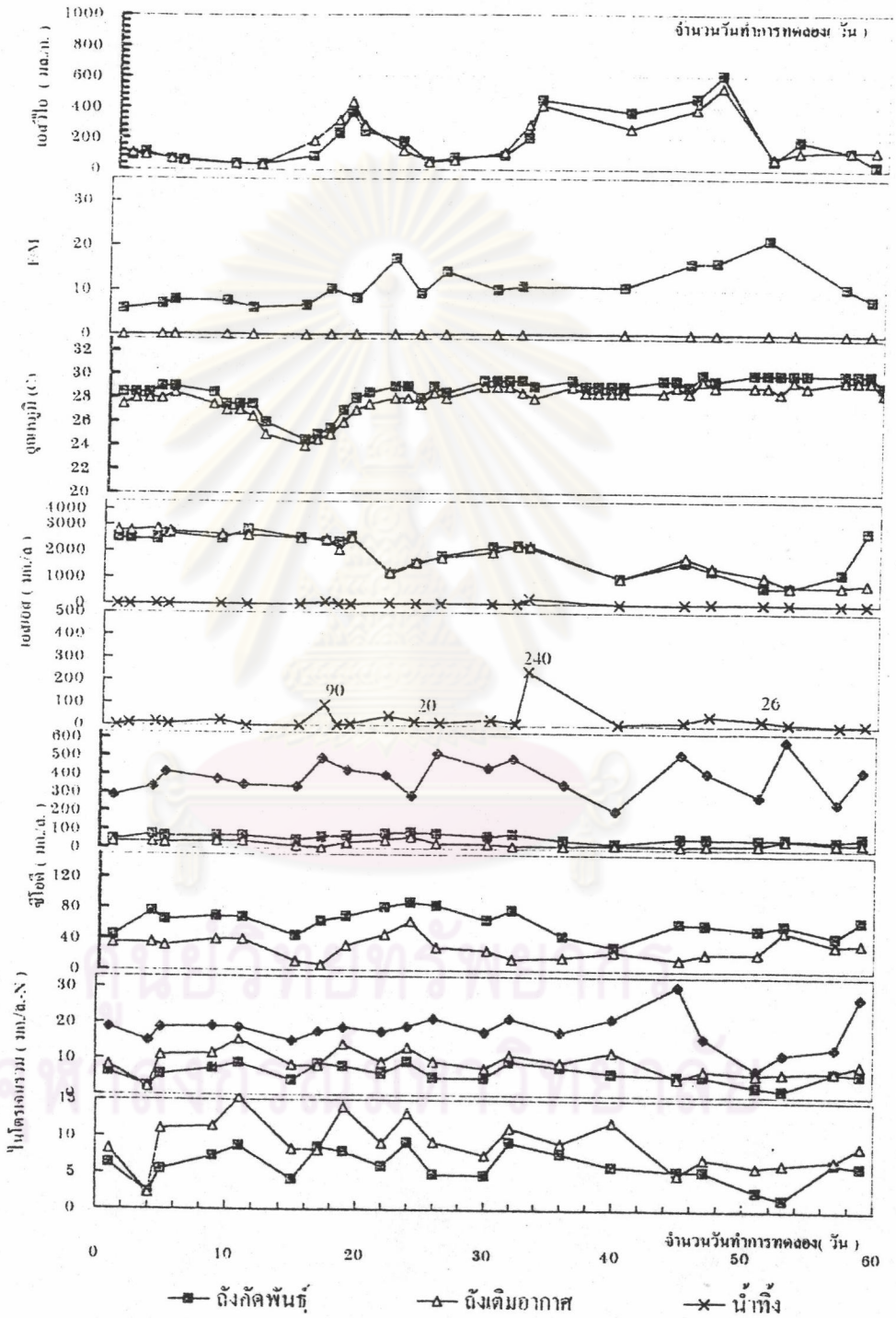
อาจสรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ 300% ของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีความอ่อนไหวต่อการลดลงของอุณหภูมิ และเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นแต่สามารถฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวในครั้งหลังอาจมีสาเหตุจากค่า F/M ของถังคัดพันธุ์สูงเกินไป

ตารางที่ 4.18 พารามิเตอร์และผลการทดลองของการทดลองชุดที่ 2

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่า
อัตราป้อนน้ำเสีย	ลิตร/วัน	20
อัตราเวียนสลัดจ์กลับ	ลิตร/วัน	60
ขนาดถังคัดพันธุ์	ลิตร	0.4
ขนาดถังเติมอากาศ	ลิตร	6.75
เวลากักน้ำถังคัดพันธุ์	ชม.	0.5
เวลากักน้ำถังเติมอากาศ	ชม.	8
เอสเอสถังคัดพันธุ์	มก./ล.	1719
เอสเอสถังเติมอากาศ	มก./ล.	1706
อายุสลัดจ์	วัน	20
ค่าเอสวีไอ	มล./ก.	366
ซีโอดีที่ถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	4680
ดีโอที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	228
NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	242.4
ซีโอดีของน้ำเสีย	มก./ล.	399
ซีโอดีกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	29
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ	%	93
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์	%	59
ไนโตรเจนรวมของน้ำเสีย	มก./ล.	18.4
ไนโตรเจนรวมกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	9.3
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน	%	49
F/M ของระบบ	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส,วัน	0.52
F/M ของถังคัดพันธุ์	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส,วัน	6.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองชุดที่ 3

การทดลองชุดที่ 3 ซึ่งเป็นระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีอัตราเวียนสลัดจ์ 500% มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัว รวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจน และศึกษาผลของอัตราเวียนสลัดจ์ 500% ต่อการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในถังคัดพันธุ์

ตารางที่ 4.19 สรุปผลการวิเคราะห์ของการทดลองชุดนี้ ส่วนการแปรปรวนของพารามิเตอร์ต่างๆสรุปไว้ในรูปที่ 4.26

ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้ถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก ที่อัตราเวียนสลัดจ์ 500% สามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวได้ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 77 มล./ก. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเท่ากับ 91% และประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนเท่ากับ 55% โดยมีค่า F/M ของระบบเท่ากับ 0.38 และค่า F/M ของถังคัดพันธุ์เท่ากับ 5.3

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ เกิดสภาวะแอนนอกซิกภายในถังคัดพันธุ์หรือไม่ จากค่าไนไตรทเฉลี่ยในถังคัดพันธุ์มีค่า 1.76 มก./ล.จึงสรุปได้ว่าเกิดสภาวะแอนนอกซิกขึ้นภายในถังคัดพันธุ์ เมื่อพิจารณาปริมาณ NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์มีค่า 323.4 มก./วัน ในขณะที่ซีโอดีถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์ 4,880 มก./วัน คิดเป็น 61% ของซีโอดีที่ถูกกำจัด เห็นได้ว่าสัดส่วนของปริมาณ NOx ต่อซีโอดีมีค่าประมาณ 6.63%

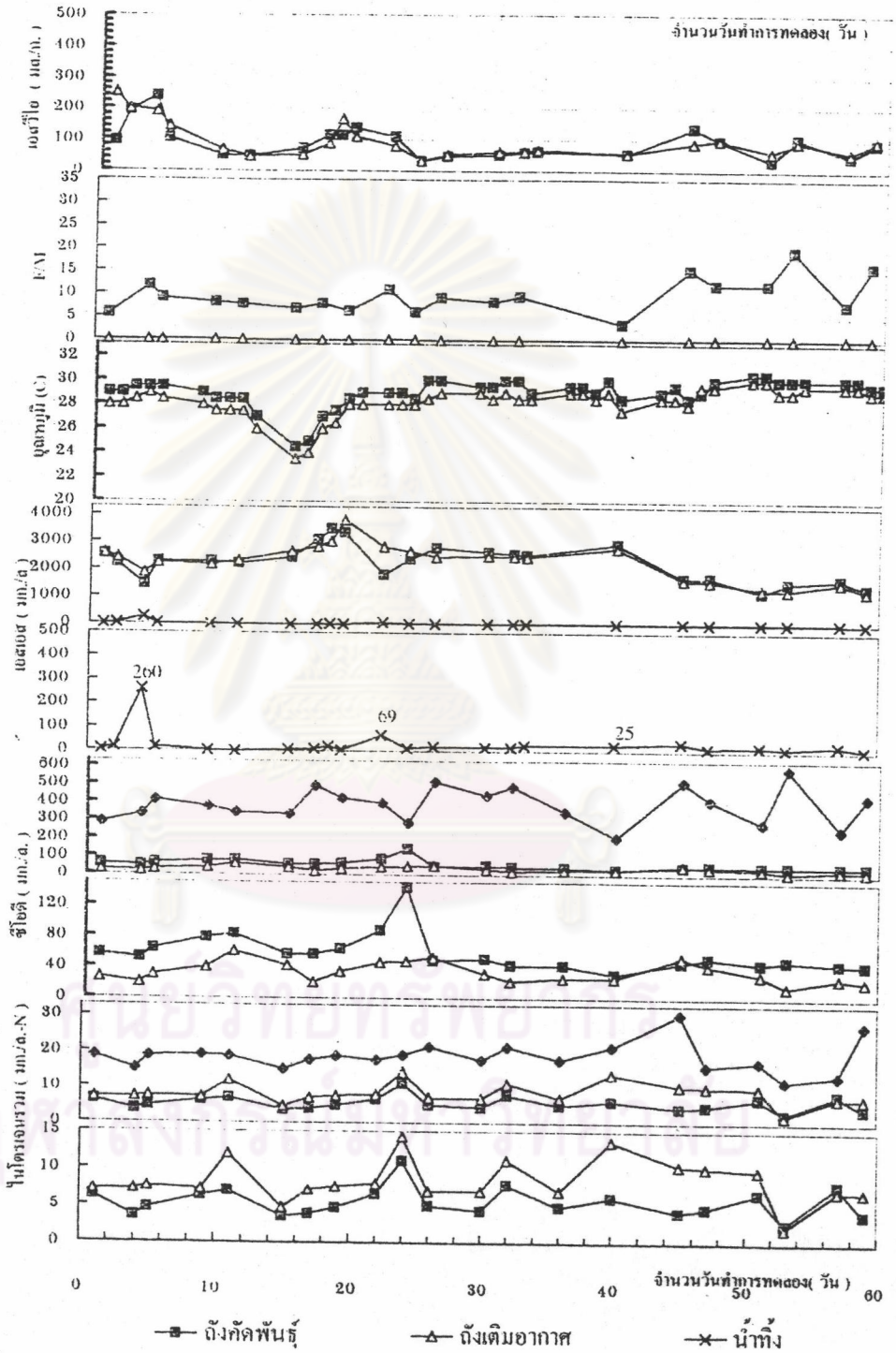
จากกราฟของอุณหภูมิและเอสวีไอ ที่ปรากฏในรูปที่ 4.26 เห็นได้ว่าการลดลงของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 16 ถึงวันที่ 20 ทำให้ค่าเอสวีไอเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าเอสเอสที่ลดลงในช่วงท้ายการทดลองเปรียบเทียบกับซีโอดีและไนโตรเจนรวมของระบบซึ่งค่อนข้างคงที่รวมถึงพารามิเตอร์อื่นๆด้วยแล้ว อาจกล่าวได้ว่าการลดลงของค่าเอสเอสเนื่องมาจากเกิดไนโตรเจนแบกทีเรียภายในระบบเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่ายิลด์ของไนโตรเจนแบกทีเรียมีค่าต่ำกว่าค่ายิลด์ของคาร์บอนแบกทีเรีย

อาจสรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ 500% ของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีความอ่อนไหวต่อการลดลงของอุณหภูมิแต่ไม่รุนแรงจนกระทั่งเกิดสลัดจ์ไม่จมตัว ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบต่ำ และสามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวได้

ตารางที่ 4.19 พารามิเตอร์และผลการทดลองของการทดลองชุดที่ 3

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่า
อัตราป้อนน้ำเสีย	ลิตร/วัน	20
อัตราเวียนสลัดจ์กลับ	ลิตร/วัน	100
ขนาดถังคัดพันธุ์	ลิตร	0.4
ขนาดถังเติมอากาศ	ลิตร	6.75
เวลากักน้ำถังคัดพันธุ์	ชม.	0.5
เวลากักน้ำถังเติมอากาศ	ชม.	8
เอสเอสถังคัดพันธุ์	มก./ล.	2302
เอสเอสถังเติมอากาศ	มก./ล.	2304
อายุสลัดจ์	วัน	20
ค่าเอสวีไอ	มล./ก.	77
ซีโอดีที่ถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	4880
ดีโอที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	360
NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์	มก./วัน	323.4
ซีโอดีของน้ำเสีย	มก./ล.	399
ซีโอดีกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	35
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี	%	91
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคัดพันธุ์	%	61
ไนโตรเจนรวมของน้ำเสีย	มก./ล.	18.4
ไนโตรเจนรวมกรองของน้ำทิ้ง	มก./ล.	8.3
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน	%	55
F/M ของระบบ	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส.วัน	0.38
F/M ของถังคัดพันธุ์	กก.ซีโอดี/กก.เอสเอส.วัน	5.3

การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 3

4.6 ผลการป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวโดยใช้ถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยนี้แยกเป็น 2 ชนิดคือ ระบบเอเอสแบบธรรมดาและระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก ในระบบเอเอสแบบธรรมดา(ชุดควบคุม)ใช้อัตราเวียนสลัดจ์ 100% ส่วนระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก(การทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3)ใช้อัตราเวียนสลัดจ์ 100% ,300% และ 500%

4.6.1 การเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของระบบเอเอสแบบธรรมดา

เมื่อพิจารณาผลการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของการทดลองชุดควบคุมร่วมกับค่าอุณหภูมิ, เอสเอส, ซีโอดีและไนโตรเจนรวม จากรูปที่ 4.23 ในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 อุณหภูมิในถังเติมอากาศลดต่ำลงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบลดต่ำลง เห็นได้จากค่าซีโอดีในถังเติมอากาศ(น้ำทิ้ง)มีค่าสูงขึ้นทั้งๆที่ค่าซีโอดีในน้ำเสียลดต่ำลง พร้อมทั้งเกิดตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศลดลง เมื่อพิจารณาสัดส่วนของซีโอดีต่อไนโตรเจนรวมพบว่ามีค่าประมาณ 100 ต่อ 1 แสดงว่าปริมาณไนโตรเจนรวมไม่เพียงพอ ในช่วงวันที่ 16 ถึงวันที่ 20 ค่าซีโอดีของน้ำเสียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดสลัดจ์ไม่จมตัว สามารถอธิบายได้ว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของถังควบคุมมาจากการลดลงของอุณหภูมิและสัดส่วนของซีโอดีต่อไนโตรเจนรวมไม่เพียงพอ ในระยะแรกแบกทีเรียแบบเส้นใยเพิ่มจำนวนทีละน้อยเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนรวมไม่เพียงพอ โดยสังเกตได้จากค่าเอสวีไอที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อได้รับผลกระทบจากการลดลงของอุณหภูมิและเกิดภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากเกิน จึงเป็นโอกาสให้แบกทีเรียแบบเส้นใยเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นทันที

ผลการทดลองปรากฏว่าเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวในระบบ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 224 มล./ก.

4.6.2 การเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก

ก. การทดลองชุดที่ 1 (อัตราเวียนสลัดจ์ 100%)

เมื่อพิจารณาผลการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของการทดลองชุดที่ 1 ร่วมกับค่าอุณหภูมิ , เอสเอส, ซีโอดีและไนโตรเจนรวม จากรูปที่ 4.24 ในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 ของระบบลดต่ำลงและทำให้เกิดตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งจำนวนมาก(420 และ 470 มก./ล.)ในช่วงวันที่ 16 ถึงวันที่ 19 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ของระบบลดลง ค่าเอสวีไอสูงขึ้นจาก 200 มล./ก.ไปเป็น 1000

มล./ก. เป็นสภาวะที่แบกทีเรียแบบเส้นใยเจริญได้ดีกว่าแบกทีเรียแบบสร้างฟล็อก เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบโดยไม่สามารถฟื้นตัวกลับและประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีในน้ำเสียของระบบลดต่ำลง ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวมไม่เปลี่ยนแปลง เป็นที่สังเกตุว่าค่า F/M ในถังคัดพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 และเมื่อตรวจสอบปริมาณ NOx ที่ถูกใช้ไปในถังคัดพันธุ์มีค่า 16.4 มก./วัน-N ในขณะที่ซีโอดีถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์ 4,400 มก./วัน คิดเป็น 54% ของซีโอดีที่ถูกกำจัด เห็นได้ว่าสัดส่วนของปริมาณ NOx ต่อซีโอดีมีค่าต่ำมาก(0.37%) อาจกล่าวได้ว่าปริมาณ NOx มีไม่เพียงพอสำหรับการกำจัดซีโอดี ซึ่งปริมาณ NOx ที่เวียนกลับมาน้อยตามอัตราการเวียนสลัดจ์กลับแล้ว ยังมีสาเหตุจากกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ภายในถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตไนเตรทให้กับระบบตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้กลไกการทำงานของถังคัดพันธุ์จะไม่เป็นกลไกแบบแอนแอโรบิกเนื่องจากเวลากักน้ำของถังคัดพันธุ์ที่ใช้(0.5 ชม.)ไม่เพียงพอสำหรับกลไกแบบแอนแอโรบิกซึ่งต้องการเวลากักน้ำของถังคัดพันธุ์ 0.75 - 2.0 ชม.
(Jenkins *et al*,1993)

อาจสรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ 100% ของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีความอ่อนไหวต่อการลดลงของอุณหภูมิและไม่สามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันได้สมบูรณ์ในถังเติมอากาศซึ่งเป็นแหล่งผลิตไนเตรทให้กับระบบ ทำให้ปริมาณ NOx ในถังคัดพันธุ์มีน้อยเกินไปจัดเป็นการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวประเภทเกิดสภาวะขาดออกซิเจน(ดีโอต่ำ)ขึ้นภายในถังคัดพันธุ์ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 706 มล./ก.

ข. การทดลองชุดที่ 2 (อัตราเวียนสลัดจ์ 300%)

เมื่อพิจารณาผลการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของการทดลองชุดที่ 2 ร่วมกับค่าอุณหภูมิ , เอสเอส, ซีโอดีและไนโตรเจนรวม จากรูปที่ 4.25 พบว่าการเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของการทดลองชุดที่ 2 แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือในช่วงวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 อุณหภูมิของระบบลดต่ำลงและเกิดตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง(90 มก./ล.)ทำให้ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ของระบบลดลง ค่าเอสวีไอสูงขึ้นจาก 200 มล./ก.ไปเป็น 400 มล./ก. ในขณะที่ค่า F/M ในถังคัดพันธุ์มีค่าประมาณ 6.5 เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบโดยสามารถฟื้นตัวกลับได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และค่า F/M ในถังคัดพันธุ์สูงขึ้นเป็น 17 ค่าเอสวีไอจึงปรับตัวลงต่ำกว่า 100 มล./ก. ช่วงที่ 2 ประมาณวันที่ 32 เริ่มเกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นอีกครั้งหนึ่งซึ่งรุนแรงและยาวนานกว่าครั้งแรกโดยตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งเพิ่มเป็น 240 มก./ล. และช่วงเวลา 15 วันและประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีและไนโตรเจน

ในน้ำเสียลดต่ำลงปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ของระบบลดลง เหลือเอสเอสต่ำกว่า 1000 มก./ล. ค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 35 มก./ล. เป็นที่สังเกตุว่าค่า F/M ในถังคัดพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่า 10

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าอุณหภูมิต่ำลงทำให้เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบเป็นช่วงสั้นๆโดยสามารถฟื้นตัวกลับได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นดังเดิม และค่า F/M ในถังคัดพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 ทำให้เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้นในระบบเป็นช่วงเวลานานโดยไม่สามารถฟื้นตัวกลับได้ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 366 มล./ก.

ค. การทดลองชุดที่ 3 (อัตราเวียนสลัดจ์ 500%)

จากรูปที่ 4.26 พบว่าไม่เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวของระบบตลอดการทดลอง เมื่อพิจารณาลดค่าอุณหภูมิ , เอสเอส, ซีโอดีและไนโตรเจนรวม การอุณหภูมิมีผลทำให้ความสามารถอัดตัวของตะกอนลดต่ำลงแต่ไม่ทำให้เกิดสลัดจ์ไม่จมตัว ค่าเอสเอสของน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 20 มก./ล. การกำจัดซีโอดีได้ผลเหมือนการทดลองอื่นและการกำจัดไนโตรเจนรวมมีค่าสูงสุด เมื่อพิจารณาค่า F/M ในช่วงเริ่มต้นจนถึงวันที่ 40 ค่า F/M ของถังคัดพันธุ์มีค่าประมาณ 8.5 ค่าเอสเอสจะมีค่าประมาณ 2650 มก./ล. และช่วงท้ายการทดลองค่า F/M ของถังคัดพันธุ์มีค่าประมาณ 15 ค่าเอสเอสจะมีค่าประมาณ 2650 มก./ล. 1500 มก./ล.และค่าไนโตรเจนรวมของน้ำทิ้งต่ำลงในขณะที่การกำจัดซีโอดียังคงเดิม แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของไนโตรเจนแบกทีเรียต่อคาร์บอนแบกทีเรียมีมากขึ้น(ค่ายิลด์ของไนโตรเจนแบกทีเรียต่ำกว่าค่ายิลด์ของคาร์บอนแบกทีเรีย)

อาจสรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ 500% ของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก มีความอ่อนไหวต่อการลดลงของอุณหภูมิแต่ไม่รุนแรงจนกระทั่งเกิดสลัดจ์ไม่จมตัว ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบต่ำ และสามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวได้ โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 77 มล./ก.

สรุปได้ว่า ในระบบเอเอสแบบธรรมดาที่มีอัตราเวียนสลัดจ์ 100% และระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกที่มีอัตราเวียนสลัดจ์ 100% และ 300% เกิดสลัดจ์ไม่จมตัวขึ้น โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 224, 706 และ 366 มล./ก. ส่วนระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกที่มี อัตราเวียนสลัดจ์ 500% สามารถป้องกันสลัดจ์ไม่จมตัวได้โดยมีค่าเอสวีไอเฉลี่ย 77 มล./ก. จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นครั้งคราว ปรากฏว่าพบแบกทีเรียแบบเส้นใยทุกการทดลอง โดยเฉพาะในระบบเอเอสแบบธรรมดา และระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก ที่มีอัตราเวียนสลัดจ์ 100% และ 300% พบแบกทีเรียแบบเส้นใยในปริมาณสูงมาก

4.7 ผลของอัตราเวียนสลัดจ์ต่อการกำจัดซีโอดี

ในระบบเอเอสแบบธรรมดา สามารถกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนได้ด้วยปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชัน ส่วนระบบเอเอสแบบถังคัดพันธุ์แอนนอกซิกสามารถกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนด้วยปฏิกิริยา 2 ชนิดร่วมกัน คือ แอโรบิกออกซิเดชันและดีไนตริฟิเคชัน การกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งสองกรณีอาจนำมาเปรียบเทียบกันให้เห็นชัดเจนขึ้นเมื่อมองทั้งสองวิธีเป็นปฏิกิริยาแบบออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นตัวให้อิเลกตรอนและออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลกตรอนสำหรับปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชัน ส่วนปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันจะใช้ไนเตรท เป็นตัวรับอิเลกตรอน ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ของระบบเอเอสจะมีความสามารถสร้างปฏิกิริยาได้ทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบให้เห็นผลของอัตราเวียนสลัดจ์ต่อการกำจัดซีโอดีของระบบบำบัดทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบผลของอัตราเวียนสลัดจ์ต่อการกำจัดซีโอดีของระบบบำบัด

ชนิดของระบบเอเอส	อัตราเวียนสลัดจ์	ซีโอดี(มก./ล.)			ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)		
		น้ำเสีย	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ	รวม
ธรรมดา	100%	391	-	30	-	92	92
ถังคัดพันธุ์	100%	408	117	46	54	35	89
ถังคัดพันธุ์	300%	399	63	29	59	34	93
ถังคัดพันธุ์	500%	399	55	35	61	30	91

ในระบบระบบเอเอสแบบธรรมดา ซีโอดีถูกกำจัดที่ถังเติมอากาศเท่ากับ 92% ด้วยปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชัน ส่วนในระบบเอเอสแบบถังคัดพันธุ์แอนนอกซิก ซีโอดีประมาณ 54 - 61% ถูกกำจัดออกที่ถังคัดพันธุ์ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันเป็นส่วนมาก ซีโอดีที่เหลือจะถูกกำจัดที่ถังเติมอากาศด้วยปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชัน ซึ่งมีค่าประมาณ 30 - 35%

ความเข้มข้นซีโอดีในถังคัดพันธุ์ของระบบเอเอสแบบถังคัดพันธุ์แอนนอกซิกที่อัตราเวียนสลัดจ์ 100% มีค่า 117 มก./ล. ในขณะที่อัตราเวียนสลัดจ์ 300% และ 500% มีค่า 63 และ

65 มก./ล ผลของความเข้มข้นซีโอดีในถังคัดพันธุ์เกิดจากการเจือจางของอัตราเวียนสลัดจ์และการกำจัดซีโอดีของจุลินทรีย์

อาจสรุปได้ว่า อัตราเวียนสลัดจ์ของระบบทั้งสองชนิด ไม่มีผลต่อการกำจัดซีโอดีรวม แต่สำหรับระบบเอเอสแบบถังคัดพันธุ์แอนนอกซิกแล้วอัตราเวียนสลัดจ์มีผลต่อการกำจัดซีโอดีในถังคัดพันธุ์ โดยที่อัตราเวียนสลัดจ์สูงจะกำจัดซีโอดีได้มากกว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์ต่ำ

4.8 ผลของอัตราเวียนสลัดจ์ต่อการกำจัดไนโตรเจน

4.8.1 ระบบเอเอสแบบธรรมดา

ในกรณีของระบบเอเอสแบบธรรมดานั้น น้ำเสียจะไหลเข้าถังเติมอากาศก่อน จากนั้นจึงไหลเข้าไปถังตกตะกอน น้ำใสล้นออกจากระบบ ส่วนสลัดจ์ถูกส่งกลับไปเข้าถังเติมอากาศใหม่ในอัตรา 100% การกำจัดซีโอดีเกิดขึ้นในถังเติมอากาศ ด้วยปฏิกิริยา Assimilation พร้อมกับการกำจัดทีเคเอ็นบางส่วน ทีเคเอ็นอีกส่วนหนึ่งถูกกำจัดโดยเปลี่ยนเป็นไนไตรทและไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวมที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศมีค่าเท่ากับ 2.89 มก./ล. เท่ากับประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน 76%

4.8.2 ระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก

ในกรณีของระบบเอเอสที่มีถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก น้ำเสียจะไหลเข้าถังคัดพันธุ์ก่อนและไหลต่อไปเข้าถังเติมอากาศ จากนั้นจึงไหลเข้าไปถังตกตะกอน น้ำใสล้นออกจากระบบ การกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในถังคัดพันธุ์ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ถังคัดพันธุ์จะการกำจัดทีเคเอ็นบางส่วนได้ด้วยปฏิกิริยา Dissimilation และกำจัดไนไตรทและไนเตรทด้วยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ส่วนถังเติมอากาศเกิดการกำจัดทีเคเอ็นโดยเปลี่ยนเป็นไนไตรทและไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวมที่เหลืออยู่ในถังเติมอากาศของการทดลองชุดที่ 1,ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งมีอัตราเวียนสลัดจ์กลับ 100%, 300%และ 500%ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 10.22, 9.29 และ 8.33 มก./ล. ตามลำดับ เท่ากับประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน 45%,49% และ 55%ตามลำดับ

<u>ก.การกำจัดไนโตรเจนในถังคัดพันธุ์</u>

เนื่องจากถังคัดพันธุ์อยู่ในตำแหน่งแรกของระบบจึงรับน้ำเสียก่อน การกำจัดซีโอดีเกิดขึ้นโดยกลไกการดูดซับสารอาหารเป็นส่วนใหญ่และสร้างพลังงานโดยอาศัยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ที่มีไนไตรทและไนเตรทเป็นสารรับอิเลกตรอน รวมทั้งปฏิกิริยาแอโรบิกออกซิเดชันที่มีออกซิเจนที่

เหลืออยู่ในสลัดจ์หมุนเวียนเป็นสารรับอิเลกตรอนร่วมด้วย ในการทดลองนี้ปรากฏว่าในถังคัดพันธุ์มีซีโอดีเหลือ 117, 63 และ 55 มก./ล.และ NOx เหลือเท่ากับ 1.97, 1.75 และ 2.33 มก./ล. สำหรับการทดลองชุดที่ 1, ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดในถังคัดพันธุ์จะมีค่าเท่ากับ 4400, 4680 และ 4880 มก./วัน ตามลำดับ ปริมาณ NOx ที่ถูกใช้ไปมีค่าเท่ากับ 16.4, 242.4 และ 323.4 มก./ล. ตามลำดับ และปริมาณดีโอที่ถูกใช้ไปมีค่าเท่ากับ 76, 228 และ 360 มก./วัน ตามลำดับ เห็นได้ว่าการทดลองชุดที่ 3 ซึ่งมีอัตราเวียนสลัดจ์กลับมากที่สุดมีการทำลายซีโอดีมากที่สุดและสามารถกำจัด NOx มากที่สุดด้วย แม้ว่าจะมีออกซิเจนปริมาณมากซึ่งโดยปกติจะเป็นตัวขัดขวางการทำงานของระบบแอนนอกซิก และการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งมีอัตราเวียนสลัดจ์กลับต่ำที่สุดมีการทำลายซีโอดีน้อยที่สุดและสามารถกำจัด NOx น้อยที่สุดด้วย แม้ว่าจะมีออกซิเจนปริมาณน้อยก็ตาม แต่ทั้งนี้ทั้ง 3 การทดลองยังมี NOx และซีโอดีเหลืออยู่แสดงว่าปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันยังเกิดได้ไม่สมบูรณ์

การกำจัดทีเคเอ็นในถังคัดพันธุ์เกิดขึ้นด้วยกระบวนการ Assimilation เพียงบางส่วน ปริมาณทีเคเอ็นที่เหลือจะไหลไปเข้าถังเติมอากาศต่อไป ค่าทีเคเอ็นของการทดลองชุดที่ 1, ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.97, 4.43 และ 3.52 มก./ล.ตามลำดับ เห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มอัตราเวียนสลัดจ์กลับจะทำให้เหลือทีเคเอ็นน้อยลง

ข.การกำจัดไนโตรเจนในถังเติมอากาศ

หน้าที่ของถังเติมอากาศได้แก่ การกำจัดซีโอดีที่เหลือจากถังคัดพันธุ์ให้ต่ำลง รวมทั้งให้เวลาในการย่อยสลายสารอาหารสะสมภายในเซลล์จุลินทรีย์เพื่อสร้างความสามารถในการดูดซับสารอาหารได้ใหม่เมื่อถูกหมุนเวียนสลัดจ์กลับไปในถังคัดพันธุ์ และหน้าที่ในการเปลี่ยนทีเคเอ็นให้เป็น NOx ด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน NOx ที่ถูกสร้างขึ้นมาจะถูกส่งไปให้ถังคัดพันธุ์เพื่อใช้เป็นสารรับอิเลกตรอนในปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าถังเติมอากาศมีส่วนสำคัญมากและทำหน้าที่ร่วมกับถังคัดพันธุ์อย่างใกล้ชิด

ผลการกำจัดไนโตรเจนรวมของการทดลองชุดที่ 1, ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 45%, 49% และ 55%.ตามลำดับ โดยมีค่าไนโตรเจนรวมเหลืออยู่เท่ากับ 10.22, 9.29 และ 8.33 มก./ล .ตามลำดับ

สรุปได้ว่าที่อัตราเวียนสลัดจ์กลับ 500% สามารถเกิดการกำจัดไนโตรเจนได้มากที่สุด และอัตราเวียนสลัดจ์กลับ 100% สามารถเกิดการกำจัดไนโตรเจนได้น้อยที่สุด