บทที่ 6

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยด้วยหุ่นจำลองในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลจากการทดลองได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก และแสดงไว้ในตารางที่ 11 ถึง 14 ผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์และไม่เติมสารตะกั่วแสดงไว้ในตารางที่ 11 สำหรับผลการทดลองด้วยน้ำเสียสังเคราะห์อย่างเดียวกัน โดยเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วขึ้นเป็นค่าประมาณ 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตรแสดงไว้ในตารางที่ 12 ส่วนตารางที่ 13 แสดงผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และตารางที่ 14 แสดงผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลองนำไปวิเคราะห์และประเมินผลของตะกั่วต่อ ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว อิทธิพลของตะกั่วต่อสัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์ อิทธิพลของตะกั่วต่อการเกิดไนตริฟิเคชั่น และสมดุลย์ของตะกั่วในระบบ

6.1 การทดลองโดยไม่เติมสารตะกั่ว

การทดลองโดยไม่เติมสารตะกั่วเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์และไม่เติมสารตะกั่ว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะใช้เป็นบรรทัดฐานในการศึกษาเปรียบเทียบกับผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองโดยไม่เติมสารตะกั่วแสดงไว้ในตารางที่ 11 ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.90 6.11 7.99 และ 8.63 วันตามลำดับ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่าของ COD COD ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 476.94 ถึง 530.28 มิลลิกรัมต่อลิตร COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 18.93 ถึง 45.42 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ แต่ pH สภาพความเป็น

ตารางที่ 11 ผลการทดลองโดยไม่เติมตะกั่ว

ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.90	6.11	7.99	8.63
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	476.94	484.22	494.74	530.28
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	20.67	18.93	45.42	32.01
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	95.66	96.08	90.84	93.98
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1075	1262	1392	1476
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	52	54	53	16
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อ					
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซ็นต์)	81.32	89.06	89.41	89.84
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.2	7.2	7.2	7.1
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.8	6.7	6.6	6.3
ศักยภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	571	542	587	541
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	507	174	139	121
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	11.03	67.88	76.26	77.64
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	54.79	55.04	58.04	52.26
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	47.01	14.58	1.05	2.24
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	14.08	73.45	98.17	95.70
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	21.73	27.19	24.12	24.33
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	6.27	3.05	3.52	2.44
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	71.50	88.68	85.40	90.20
ความเข้มข้นของไนโตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	4.0	20.2	14.0	17.8
ความเข้มข้นของไนเตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	9.7	18.6	20.7	20.8
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	1.40	1.00	0.67	1.00
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.20	0.16	0.12	0.12
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.76	0.66	0.58	0.61
สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ ($\frac{\text{มก.ต่อลิตร MLVSS}}{\text{มก.ต่อลิตร COD.}}$)		0.26	0.24	0.21	0.20
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2194	2065	1742	1710
ความเข้มข้นของตะกั่ว					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0	0	0	0
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	-	-	-	-
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	-	-	-	-

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต่าง อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น

ในสภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.90 วัน COD ของน้ำเสีย 476.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้งมี COD 20.67 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.66 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ 1,075 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่า 81.32 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 52 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสีย 7.2 ของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นเป็น 7.8 สภาพความเป็นด่างวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ น้ำเสียมีสภาพความเป็นด่าง 571 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่ในน้ำทิ้งจะลดลงเป็น 507 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจนกับอินทรีย์-ไนโตรเจนในน้ำเสียมีค่า 54.79 และ 21.73 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในน้ำทิ้งมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 47.01 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 6.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตรกับไนเตรต์-ไนโตรเจน 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.20 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.76 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.26 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,194 มิลลิกรัมต่อวัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 6.11 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงถึง 96.08 เปอร์เซ็นต์ COD ในน้ำเสีย 484.22 มิลลิกรัมต่อลิตร COD ในน้ำทิ้ง 18.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,262 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเป็น 89.06 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 54 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสีย 7.2 pH ของน้ำทิ้งลดลงเป็น 6.7 สภาพความเป็นด่างวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ของน้ำเสีย 542 และของน้ำทิ้ง 174 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ลดลง 73.45 เปอร์เซ็นต์ น้ำเสียเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 55.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และอินทรีย์ - ไนโตรเจน 27.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้งมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน

14.58 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 3.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์ - ไนโตรเจน 20.2 มิลลิกรัมต่อลิตรกับไนเตรต์ - ไนโตรเจน 18.6 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.16 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.66 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.24 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,065 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 7.99 วัน น้ำเสียมี COD 494.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้น้ำทิ้งที่มี COD 45.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัด COD เป็น 90.80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,392 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยในระบบมีค่า 89.41 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 53 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 7.2 และในน้ำทิ้ง 6.6 สภาพความเป็นด่างของน้ำเสียและของน้ำทิ้งมีค่า 587 และ 139 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนตตามลำดับ ซึ่งลดลง 76.26 เปอร์เซ็นต์ น้ำเสียมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 58.04 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 24.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้น้ำทิ้งที่มีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 3.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีไนไตรต์ - ไนโตรเจน 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตร กับไนเตรต์ - ไนโตรเจน 20.7 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์มีค่า 0.12 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.58 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบมีค่า 0.21 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,742 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในสภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 8.63 วัน น้ำเสียมีค่า COD 530.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้น้ำทิ้งที่มี COD 32.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 93.98 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,476 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าเป็น 89.84 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด มีตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 16 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียมีค่า pH 7.1 สภาพความเป็นด่าง 541 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 52.26 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 24.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลักษณะของน้ำทิ้งที่ได้มีค่า pH 6.3 ส่ภาพความเป็นด่าง 121 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 2.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 17.8 มิลลิกรัมต่อลิตร กับไนเตรต์-ไนโตรเจน 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จากระบบได้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.12 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.61 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.20 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,710 มิลลิกรัมต่อวัน

6.2 <u>การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร</u>

ผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ยประมาณ 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตรแสดงไว้ในตารางที่ 12 ระบบเข้าสู่ส่ภาวะคงที่โดยมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.25 5.04 6.76 และ 10.71 วันตามลำดับ COD ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 420.88 ถึง 478.72 มิลลิกรัมต่อลิตร COD ของน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 27.80 ถึง 40.80 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์สูงขึ้นตามการเพิ่มของระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ แต่อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะและสัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ จะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 0.95 ถึง 1.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตะกั่วจะสะสมอยู่ในระบบทำให้ปริมาณตะกั่วในระบบสูงขึ้นมีค่าระหว่าง 4.72 ถึง 8.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่ว 0 ถึง 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยตะกั่วจะถูกกำจัดได้สูงกว่า 84.98 เปอร์เซ็นต์

เมื่อระบบอยู่ในส่ภาวะคงที่ด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4.25 วัน CODของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 478.72 มิลลิกรัมต่อลิตรและ COD ของน้ำทิ้งได้ 27.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงถึง 94.24 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีค่า 1,128 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเป็น 86.21 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีตะกอนแขวนลอย 29 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่า pH 7.4 ส่ภาพความเป็นด่าง 556 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ มีแอมโมเนีย - ไนโตรเจนและอินทรีย์ - ไนโตรเจร 56.35 และ 24.68 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 12 ผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	4.25	5.04	6.76	10.71
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	478.72	466.15	420.88	476.80
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	27.80	27.99	40.80	34.40
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	94.24	91.97	89.96	92.80
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1128	1151	1461	1814
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	29	48	47	33
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อ					
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซ็นต์)	88.21	86.68	88.00	85.56
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.4	7.3	7.2	7.5
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.4	6.6	6.5	6.5
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	556	575	581	569
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	347	204	142	130
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	37.50	64.70	75.58	77.16
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	56.35	56.03	51.93	54.39
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	24.22	14.39	1.16	0.50
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	57.22	71.97	97.77	97.87
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	24.68	24.30	22.58	24.62
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	3.19	0.81	0.98	0.40
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	87.31	96.62	95.32	98.28
ความเข้มข้นของไนเตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	33.6	21.2	1.6	5.8
ความเข้มข้นของไนเตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	19.2	14.3	19.1	16.0
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.40	1.00	0.67
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.24	0.20	0.15	0.09
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.72	0.67	0.47	0.44
สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ ($\frac{\text{มก.ต่อลิตร MLVSS}}{\text{มก.ต่อลิตร COD.}}$)		0.33	0.30	0.32	0.20
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2654	2284	2161	1694
ความเข้มข้นของตะกั่ว					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1.09	1.07	0.95	0.97
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	4.72	6.11	4.96	8.59
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0.13	0.38	0.26	0.11
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.16	0.14	0.00	0.00
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	84.98	86.16	100.00	100.00

ตามลำดับ น้ำทิ้งที่ได้มี pH 7.4 ส่ภาพความเป็นด่างลดลงเป็น 347 มิลลิกรัมต่อลิตร ในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 24.22 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 3.19 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 33.6 มิลลิกรัมต่อลิตรกับไนเตรต์-ไนโตรเจน 12.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 1.09 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยามีตะกั่ว 4.72 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่ว 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 84.98 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.24 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.72 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบมีค่า 0.33 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,654 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่ส่ภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 5.04 วัน ได้ประสิทธิภาพการกำจัด COD 91.97 เปอร์เซ็นต์ โดย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 466.15 มิลลิกรัมต่อลิตรและในน้ำทิ้งมี COD 37.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1,151 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเท่ากับ 86.68 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมด pH และส่ภาพความเป็นด่างจะลดลง pH ของน้ำเสีย 7.3 ในน้ำทิ้งลดเหลือ 6.6 ส่ภาพความเป็นด่างของน้ำเสีย 575 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนตในน้ำทิ้งจะลดลงเป็น 204 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ ซึ่งลดลง 64.70 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเสีย 56.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้ง 14.39 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจนของน้ำเสีย 24.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้งลดเหลือ 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจนกับไนเตรต์-ไนโตรเจนในน้ำทิ้ง 21.2 กับ 14.3 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ยประมาณ 1.07 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยามีตะกั่ว 6.11 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณตะกั่วเพียง 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์มีค่า 0.20 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.67 ต่อวัน ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.30 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,284 มิลลิกรัมต่อวัน

ในสภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 6.76 วัน ค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 420.88 มิลลิกรัมต่อลิตรและ COD ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ 40.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD มีค่า 89.96 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ 1,461 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยเท่ากับ 88.00 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งมีตะกอนแขวนลอย 47 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสีย 7.2 pH ของน้ำทิ้งลดเป็น 6.5 สภาพความเป็นด่างวัดในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์ ของน้ำเสีย 581 มิลลิกรัมต่อลิตร และของน้ำทิ้ง 142 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียมีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจน 51.93 และ 22.58 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนกับอินทรีย์-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจะลดลงเหลือเพียง 1.16 และ 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และน้ำทิ้งมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร กับไนเตรต์-ไนโตรเจน 19.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียวัดได้ 0.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่วในน้ำ-ตะกอนที่ถังปฏิกิริยามีปริมาณ 4.96 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณตะกั่วน้อยมากจนวัดค่าไม่ได้ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์มีค่า 0.15 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.47 ต่อวัน สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.32 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,161 มิลลิกรัมต่อวัน

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 10.71 วัน COD ของน้ำเสียและน้ำทิ้งมีค่า 476.80 และ 34.40 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงขึ้นเป็น 92.80 เปอร์เซ็นต์ มีตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1,814 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบมีค่า 85.56 เปอร์เซ็นต์ pH ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ 7.5 pH ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ 6.5 สภาพความเป็นด่างของน้ำเสียและน้ำทิ้งมีค่า 569 และ 130 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์ตามลำดับ น้ำเสียมีแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.39 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีอินทรีย์-ไนโตรเจน 24.62 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในน้ำทิ้งค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงเป็น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจนก็ลดลงเป็น 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีไนไตรต์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรต์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 16.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่วที่เติมเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้น 0.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังปฏิกิริยา

วัดปริมาณตะกั่วได้สูงถึง 8.59 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณตะกั่วน้อยมากจนวัดค่าไม่ได้ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์มีค่า 0.09 ต่อวัน อัตราการใช้ลำรอาหารจำเพาะ 0.44 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.20 และมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินในระบบ 1,694 มิลลิกรัมต่อวัน

6.3 การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร

การทดลองโดยเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของตะกั่วประมาณ 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีสภาวะคงที่ของระบบที่ระยะเวลาของตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 3.74 8.76 13.99 และ 19.75 วันตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13 COD ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 477.22 ถึง 538.88 มิลลิกรัมต่อลิตร COD ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 25.03 ถึง 58.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงกว่า 88.92 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในระบบโดย pH สภาพความเป็นด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ได้ลดลง แต่มีไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในน้ำทิ้ง ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าระหว่าง 4.14 ถึง 4.48 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตะกอนในถังปฏิกิริยาจะมีความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ แต่น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณตะกั่วน้อยมากระหว่าง 0.10 ถึง 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากกว่า 94 เปอร์เซ็นต์

เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 3.74 วัน ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่า COD ประมาณ 521.80 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.5 สภาพความเป็นด่าง 556 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์ และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.18 มิลลิกรัมต่อลิตรกับอินทรีย์-ไนโตรเจน 27.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีประมาณ 962 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 86.03 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอย น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีตะกอนแขวนลอย 47 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีค่า COD 58.03 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.1 ความเป็นด่าง

ตารางที่ 13 ผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	3.74	8.76	13.86	19.76
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	521.80	538.88	479.22	491.23
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	58.03	25.03	29.56	34.12
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	88.92	95.34	93.84	93.05
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	962	1187	1563	1965
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร	47	12	6	1
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อ					
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซ็นต์)	86.03	84.01	83.99	84.64
pH					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ		7.5	7.5	7.4	7.5
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.1	6.9	6.6	6.5
ด่างเทียบความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	556	564	561	546
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	217	165	121	95
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	60.69	70.54	78.27	82.52
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	54.18	54.19	56.90	50.79
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	19.08	6.90	5.54	0.39
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	64.78	87.41	90.32	99.22
ความเข้มข้นของอินทรีย์-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	27.06	29.82	24.02	22.68
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	4.61	1.61	0.22	0.06
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	82.96	94.51	98.99	99.77
ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	14.8	22.9	0.6	0.2
ความเข้มข้นของไนเตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	18.3	22.4	14.0	14.8
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.00	0.67	0.50
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.27	0.11	0.07	0.05
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.87	0.78	0.51	0.42
ดัชประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	($\frac{\text{มก.ต่อลิตร MLVSS}}{\text{มก.ต่อลิตร COD.}}$)	0.31	0.14	0.14	0.12
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2572	1355	1128	994
ความเข้มข้นของตะกั่ว					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	4.14	4.23	4.26	4.48
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	24.57	47.62	67.56	75.28
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0.60	0.11	0.61	0.54
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.23	0.10	0.18	0.13
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	94.34	97.53	96.20	97.06

217 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน 19.08 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 4.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรท์ - ไนโตรเจน 14.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต์ - ไนโตรเจน 18.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ประสิทธิภาพการกำจัด COD 88.92 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.27 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.87 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.31 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 2,578 มิลลิกรัมต่อวัน ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียประมาณ 4.14 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสภาวะคงที่มีตะกั่วอยู่ในระบบประมาณ 24.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่วเพียง 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตรและประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 94.34 เปอร์เซ็นต์

สภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 8.76 วัน COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่า 538.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้น้ำทิ้งออกจากระบบมี COD 25.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.34 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีปริมาณ 1,187 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วนตะกอนจุลินทรีย์ต่อตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบเท่ากับ 84.01 เปอร์เซ็นต์ มีตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำทิ้ง 12 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสีย 7.5 ในน้ำทิ้งลดลงเหลือ pH 6.9 สภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งก็ลดลง โดยน้ำเสียมีสภาพความเป็นด่าง 564 และลดลงเหลือ 165 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ น้ำเสียมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 54.19 มิลลิกรัมต่อลิตร และอินทรีย์ - ไนโตรเจน 29.82 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 6.90 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 1.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรต์ - ไนโตรเจน 22.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต์ - ไนโตรเจน 22.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียมีประมาณ 4.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีตะกั่วเพิ่มขึ้นเป็น 47.62 มิลลิกรัมต่อลิตรและในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่ว 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 97.53 เปอร์เซ็นต์ ได้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.11 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.78 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.14 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,355 มิลลิกรัมต่อวัน

ในสภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 13.86

วัน ลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ทดลองมี COD 479.22 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง561 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน 56.90 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 24.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ลักษณะของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมี COD 29.56 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.6 สภาพความเป็นด่าง 121 มิลลิกรัมในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน 5.54 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรต์ - ไนโตรเจน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรและไนเตรต์ - ไนโตรเจน 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1,563 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเป็น 83.99 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด และมีตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วในน้ำเสีย 4.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีตะกั่วสูงขึ้นเป็น 67.56 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่วอยู่เพียง 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงถึง 96.20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.07 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.51 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.14 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,128 มิลลิกรัมต่อลิตร

สภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 19.76 วัน COD ของน้ำเสีย 491.23 และของน้ำทิ้ง 34.12 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด COD 93.05 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,965 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าเป็น 84.64 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร pH ของน้ำเสีย 7.5 ลดลงในน้ำทิ้งเหลือ pH 6.5 สภาพความเป็นด่างของน้ำเสีย 546 และของน้ำทิ้ง 95 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ตามลำดับ น้ำเสียมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 50.79 มิลลิกรัมต่อลิตร และอินทรีย์ - ไนโตรเจน 22.68 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งมีแอมโมเนีย - ไนโตรเจน 0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์ - ไนโตรเจน 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์ - ไนโตรเจน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต์ - ไนโตรเจน 14.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่วในน้ำเสีย 4.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีตะกั่ว 75.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีตะกั่ว 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 97.06 เปอร์เซ็นต์ ได้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.05 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.42 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญ

เติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ 0.12 และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 994 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.4 การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการทดลองด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ย 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในหน่วย COD เฉลี่ย 477 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 14 มีสภาวะคงที่ของระบบ 4 ค่าเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 5 9.05 9.71 และ 13.59 วันตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงกว่า 97 เปอร์เซ็นต์ ตะกั่วในน้ำตะกอนจะมีปริมาณสูงขึ้นตามการเพิ่มของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบซึ่งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบมากขึ้น การเกิดไนตริฟิเคชั่นยังคงความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจะเกิดมากขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น

เมื่อสภาวะคงที่ของระบบมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 5 วัน ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมี ตะกั่ว 10.18 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 518.70 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.3 สภาพความเป็นด่าง 545 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 54.88 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 26.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ 1,149 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็น 75.51 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด ความเข้มข้นของตะกั่วในระบบ 46.46 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีปริมาณตะกั่ว 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 44.33 มิลลิกรัมต่อลิตร pH เพิ่มเป็น 7.8 สภาพความเป็นด่างลดลงเล็กน้อยเหลือ 502 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอเนต แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 51.49 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 4.31 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนไตรต์-ไนโตรเจน 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรต์-ไนโตรเจน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 91.46 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 98.06 เปอร์เซ็นต์ ได้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.20 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.74 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.27 และมีตะกอนส่วนเกิน 2,298 มิลลิกรัมต่อวัน

ตารางที่ 14 ผลการทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่ว 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ	(วัน)	5.00	9.05	9.71	13.59
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์วัดในค่า COD					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	518.70	550.23	467.88	450.52
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	44.33	23.11	45.36	27.72
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	91.46	95.81	90.26	93.80
ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย					
ตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	1149	1547	1702	2437
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0	12	48	44
อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อ					
ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ	(เปอร์เซ็นต์)	75.51	81.57	81.96	78.97
pH					
น้ำเสียที่เข้าระบบ		7.3	7.3	7.4	7.4
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ		7.8	6.4	6.5	6.6
สภาพความเป็นด่างในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอเนต์					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	545	564	550	537
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	502	82	79	101
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	7.82	85.51	85.67	81.11
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	54.88	58.29	55.11	55.20
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	51.49	0.45	0.88	0.96
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	6.15	99.28	98.40	98.26
ความเข้มข้นของอินทรีย์ -ไนโตรเจน					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	26.04	26.97	23.68	23.88
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	4.31	0.00	0.93	0.64
ปริมาณการเปลี่ยนแปลง	(เปอร์เซ็นต์)	83.42	100.	96.10	97.45
ความเข้มข้นของไนโตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	2.4	1.7	0.6	1.6
ความเข้มข้นของไนเตรต์-ไนโตรเจน					
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	2.0	24.3	25.3	20.4
ปริมาณความจุทั้งหมดของระบบ	(ลิตร)	10	10	10	10
อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(ลิตรต่อวัน)	18	18	18	18
อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ	(ลิตรต่อวัน)	2.00	1.00	0.67	0.50
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์	(ต่อวัน)	0.20	0.11	0.10	0.07
อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ	(ต่อวัน)	0.74	0.61	0.45	0.31
ค่าประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบ	($\frac{\text{มก.ต่อลิตร MLVSS}}{\text{มก.ต่อลิตร COD.}}$)	0.27	0.18	0.22	0.23
ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน	(มก.ต่อวัน)	2298	1709	1753	1793
ความเข้มข้นของตะกั่ว					
น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	(มก.ต่อลิตร)	10.18	10.38	10.91	11.05
น้ำ-ตะกอนในระบบ	(มก.ต่อลิตร)	46.46	118.34	113.54	179.71
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ	(มก.ต่อลิตร)	0.72	1.20	2.71	1.68
น้ำทิ้งที่ออกจากระบบผ่านการกรอง	(มก.ต่อลิตร)	0.20	0.25	0.33	0.13
ประสิทธิภาพการกำจัด	(เปอร์เซ็นต์)	98.06	97.59	97.00	98.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในสภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 9.05 วัน ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียวัดได้ 10.38 มิลลิกรัมต่อลิตร และ COD ของน้ำเสีย 550.23 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียมี pH 7.3 ลักษณะความเป็นด่าง 564 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 58.29 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 26.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,547 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยามีตะกั่ว 118.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเป็น 81.57 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมด น้ำทิ้งมีตะกอนแขวนลอย 12 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่วอยู่ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 23.11 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.4 ลักษณะความเป็นด่าง 82 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจนน้อยมากจนวัดค่าไม่ได้ และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต์-ไนโตรเจน 24.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 95.81 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 97.59 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.11 ต่อวัน อัตราการการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.61 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.18 และมีตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,709 มิลลิกรัมต่อวัน

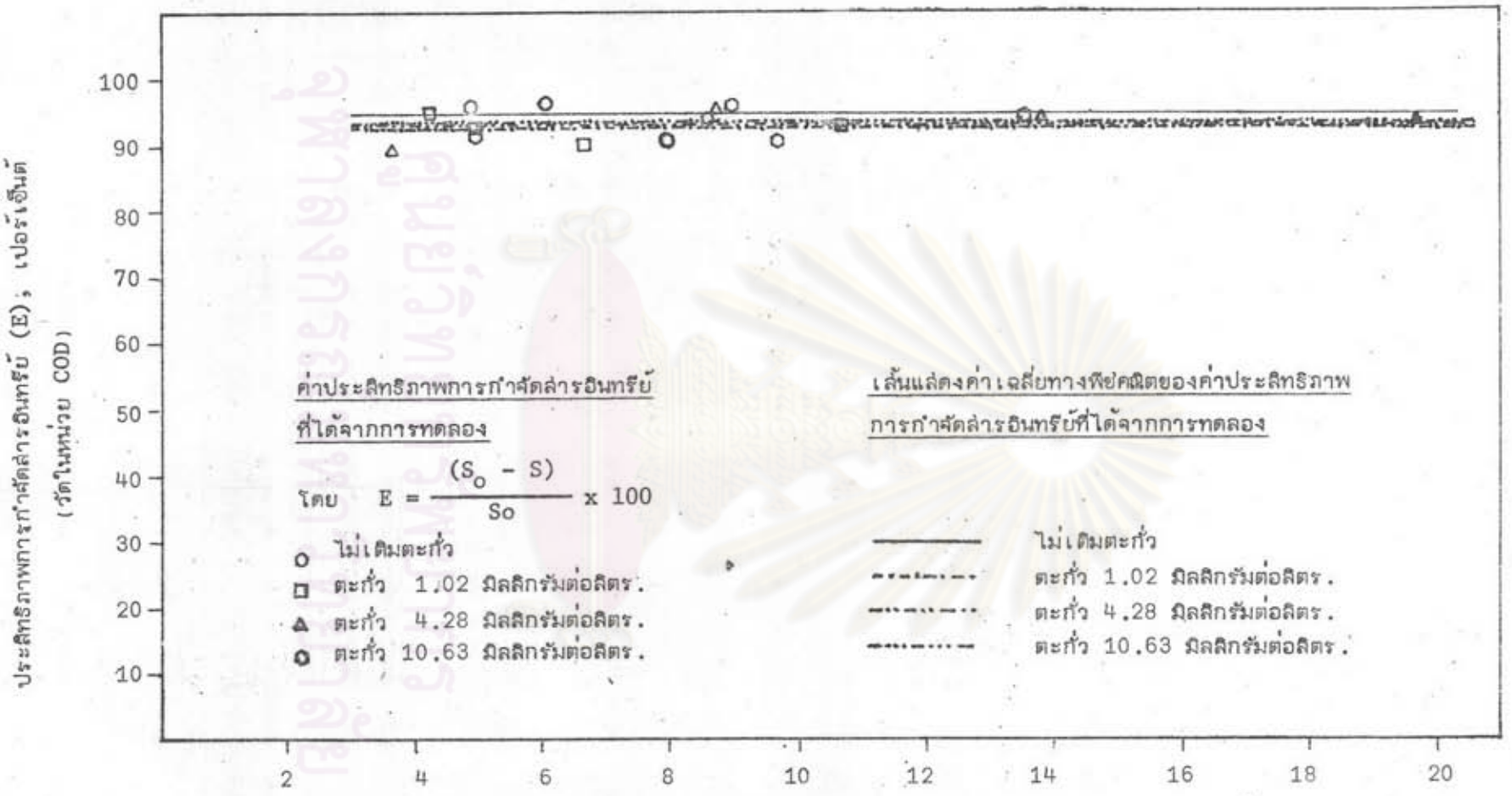
ในสภาวะคงที่ของระบบซึ่งมีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 9.71 วัน COD ของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 467.88 มิลลิกรัมต่อลิตรและ COD ของน้ำทิ้งที่ได้ 45.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัด COD 90.26 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 1,702 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเป็น 81.96 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดในระบบ น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีตะกอนแขวนลอย 48 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่า pH 7.4 ลักษณะความเป็นด่าง 550 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ มีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจน 55.11 และ 23.68 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมี pH 6.5 ลักษณะความเป็นด่างลดลงเหลือ 79 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรและไนเตรต์-ไนโตรเจน 25.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสีย 10.91 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยามีตะกั่ว 113.54 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่ว

0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 97.00 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์มีค่า 0.10 ต่อวัน และมีอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.45 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ในระบบมีค่า 0.22 และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,753 มิลลิกรัมต่อวัน

สภาวะคงที่ของระบบด้วยระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 13.59 วัน ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบมีค่า COD 450.52 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7.4 สภาพความเป็นด่าง 537 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยของแคลเซียมคาร์บอนเนต์ และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 55.20 มิลลิกรัมต่อลิตรกับอินทรีย์-ไนโตรเจน23.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ 2,437 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 78.97 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอย น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีตะกอนแขวนลอย 44 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีค่า COD 27.72 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.6 ความเป็นด่าง 101 มิลลิกรัมต่อลิตรในหน่วยแคลเซียมคาร์บอนเนต์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.96 มิลลิกรัมต่อลิตร อินทรีย์-ไนโตรเจน 0.64 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีไนไตรต์-ไนโตรเจน 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต์-ไนโตรเจน 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ประสิทธิภาพการกำจัด COD 93.80 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ 0.07 ต่อวัน อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ 0.31 ต่อวัน สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ 0.23 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน 1,793 มิลลิกรัมต่อวัน ปริมาณตะกั่วในน้ำเสีย 11.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสภาวะคงที่มีตะกั่วในถังปฏิกิริยา 179.71 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองมีตะกั่ว 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 98.81 เปอร์เซ็นต์

6.5 ผลของตะกั่วต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

ผลของตะกั่วต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในสภาวะคงที่ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 จากความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ เมื่อไม่มีตะกั่วในน้ำเสีย ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้ 90 ถึง 96 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ยประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระบบมีตะกั่วในน้ำเสียปริมาณ 1.02 4.28 และ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ก็ยังสูงอยู่โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัด



รูปที่ 9 ผลของตะกั่วต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

ล่ารอินทรีย์อยู่ระหว่าง 92 ถึง 93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าระบบที่ไม่มีล่ารตะกั่วเพียง 1 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ แล่ดงว่าความเข้มข้นของตะกั่วต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำเสียจะไม่มีผลต่อการกำจัดล่ารอินทรีย์

6.6 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

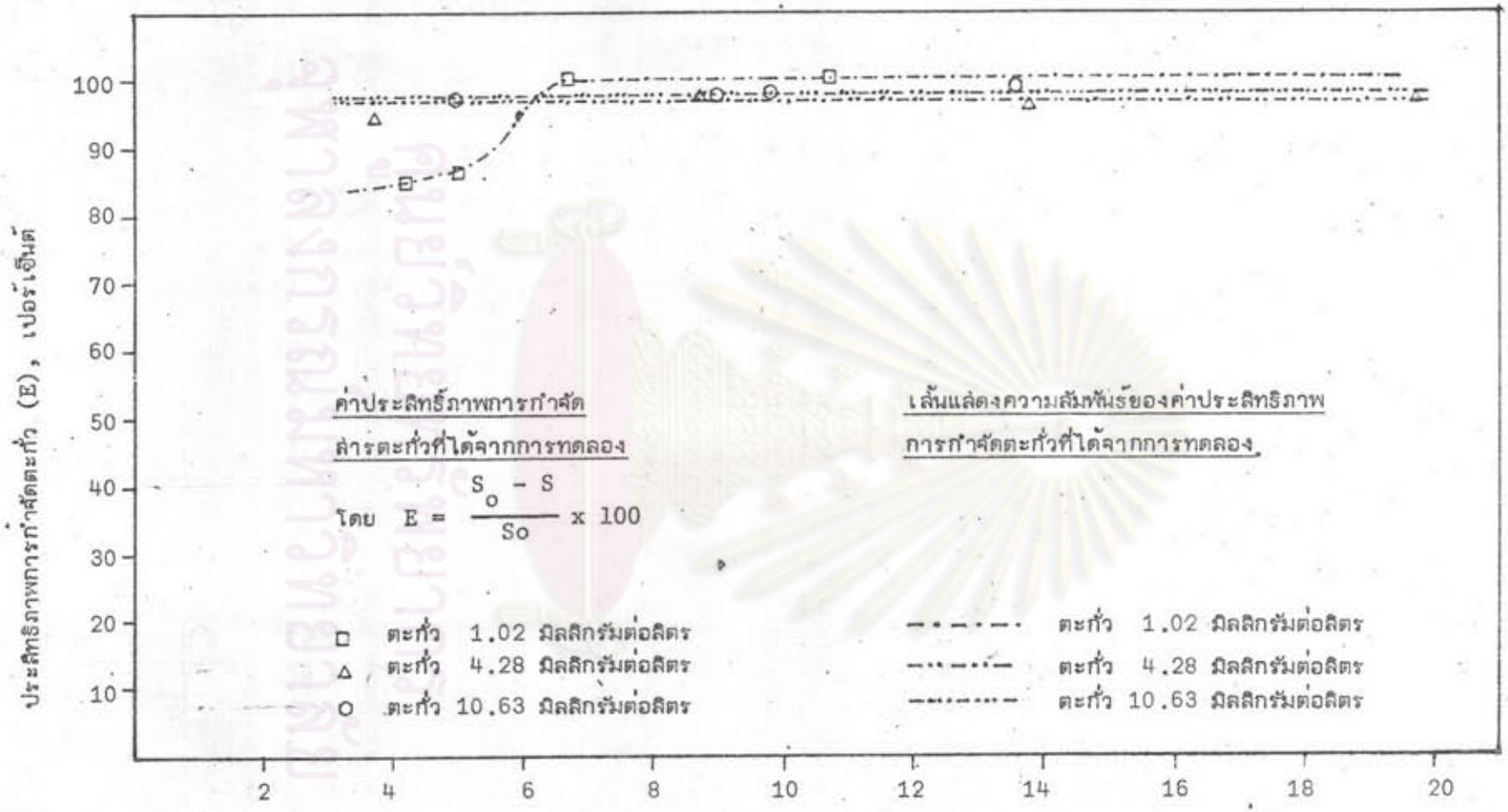
รูปที่ 10 ได้แล่ดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ด้วยล่ภาวะคงที่ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย พบว่าเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียประมาณ 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงที่มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบนานกว่า 6 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีค่าสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และถ้าระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบน้อยกว่า 6 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะลดลงเป็น 85 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียขึ้นเป็น 4.28 และ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับแล้ว ในช่วงที่มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบนานกว่า 3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะมีค่าสูงประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ แล่ดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้สูง แม้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของตะกั่วมากถึง 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.7 อิทธิพลของตะกั่วต่อสัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์

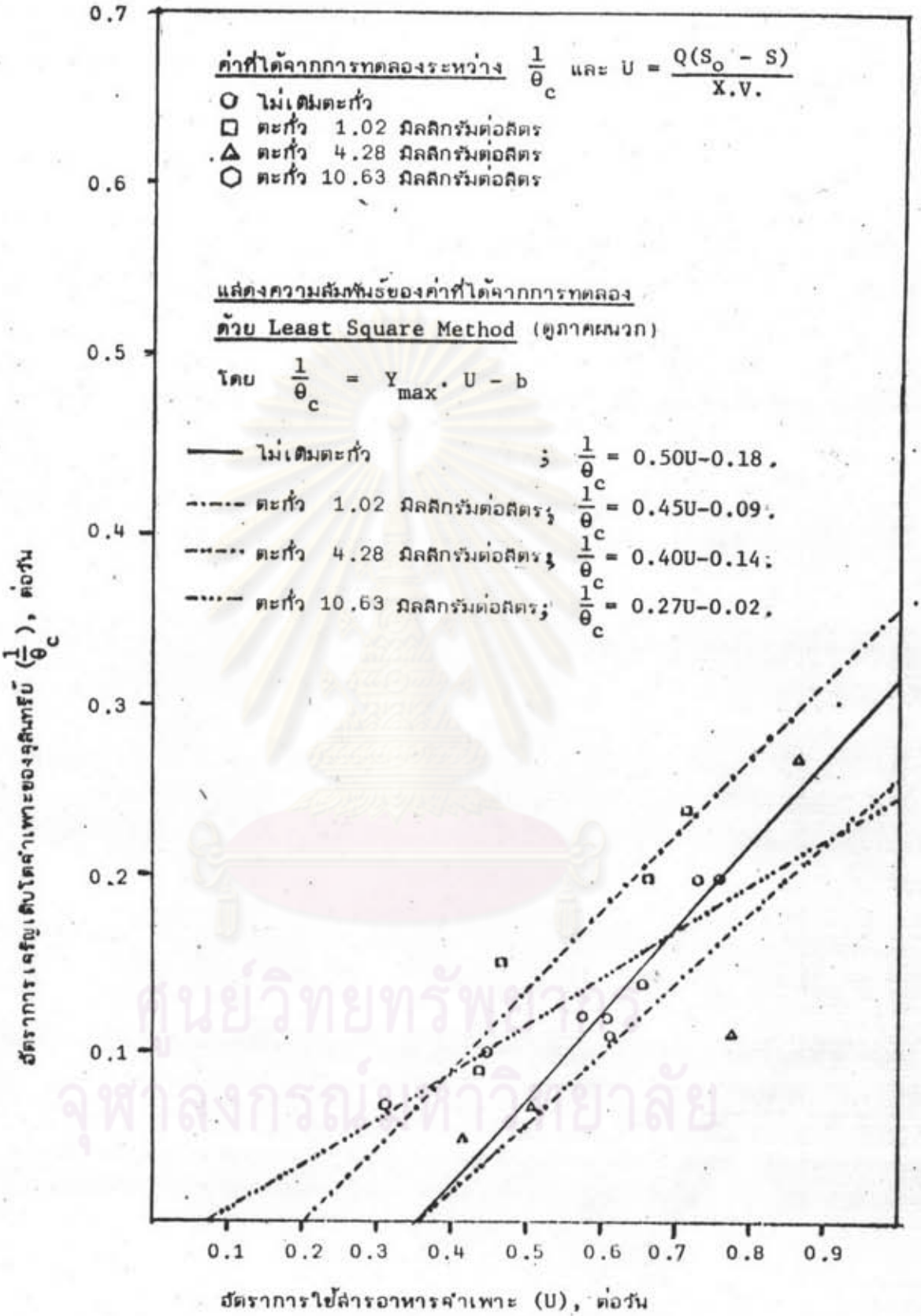
สัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์ หาจากสมการที่ 2 ดังนี้

$$\frac{1}{\theta_c} = Y_{max}.U-b \qquad \text{.....(2)}$$

โดยใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ ($\frac{1}{\theta_c}$) และอัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะ (U) ที่ได้จากการทดลองในล่ภาวะคงที่ของแต่ละครั้ง นำข้อมูลมาคำนวณหาความสัมพันธ์ทางเส้นตรงด้วย Least Square Method ได้ค่าสัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์ ดังแล่ดงไว้ในรูปที่ 11



รูปที่ 10 ผลของตะกั่วต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์กับอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ

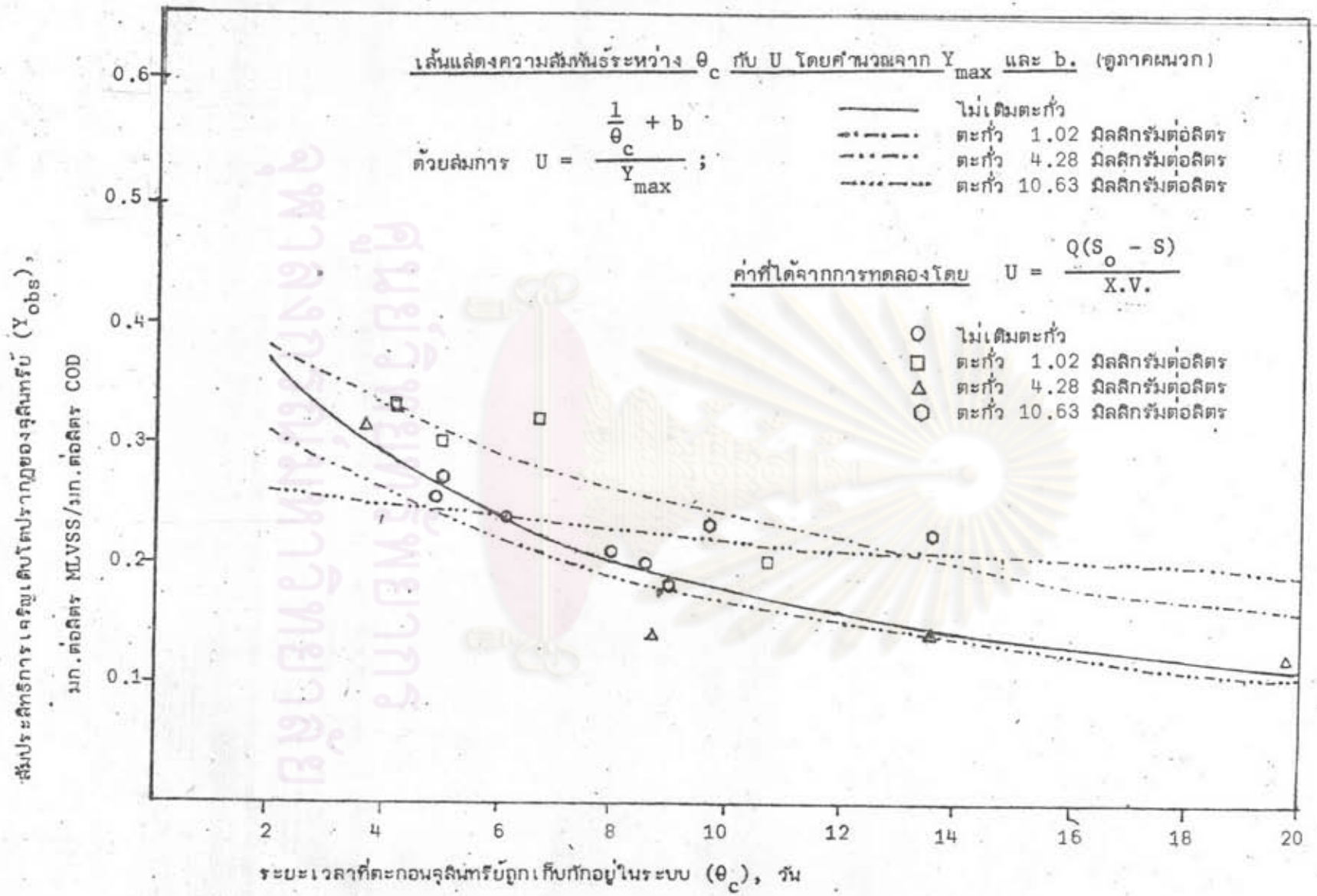
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากค่าสัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์และสัมประสิทธิการสลายตัวของจุลินทรีย์ นำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบกับ-สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์ อัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 12 ถึง 15

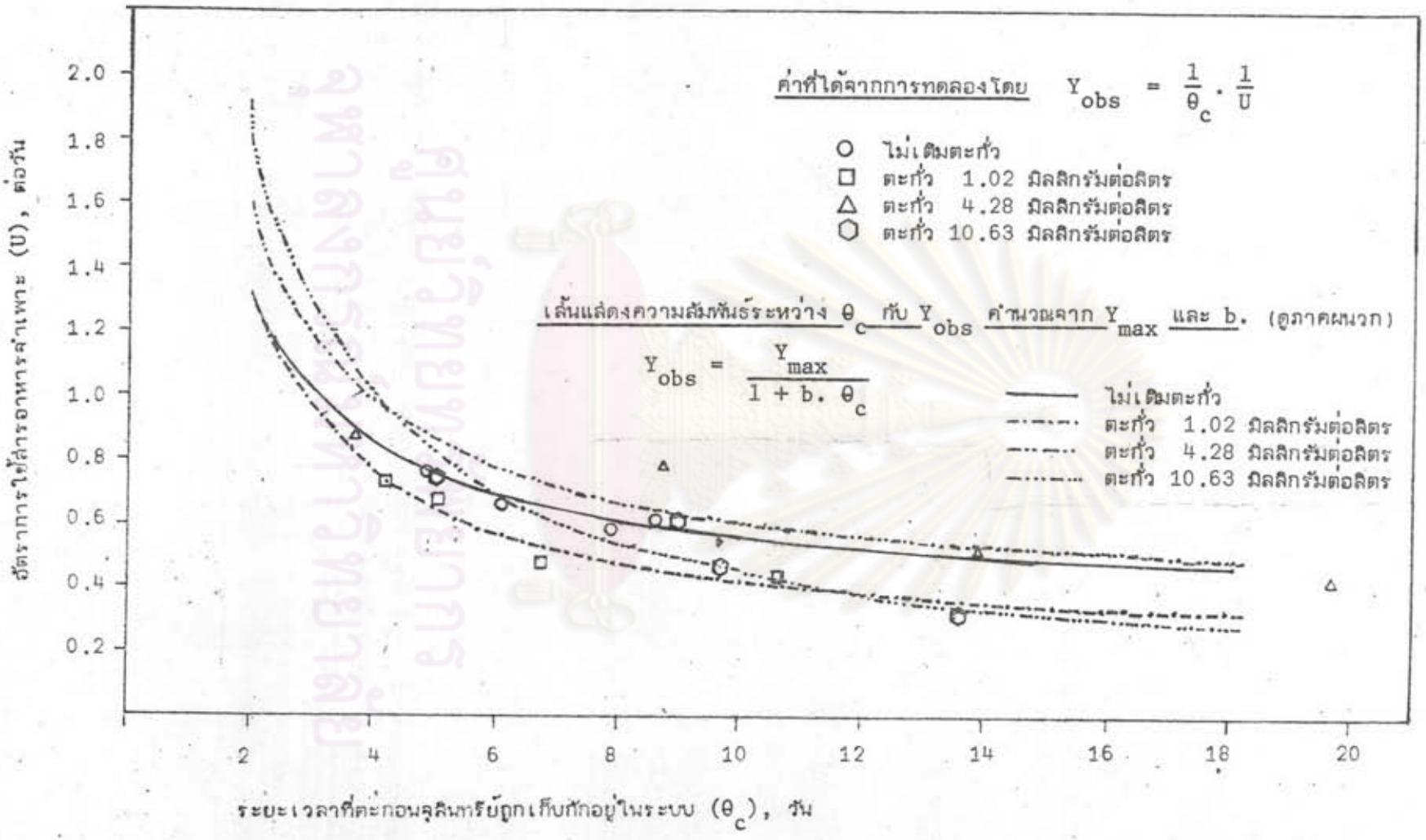
รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลิน-ทรีย์กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ และในช่วงระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบน้อย สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จากระบบที่มีล่ารตะกั่วจะมีค่าน้อยกว่าในระบบที่ไม่มีล่ารตะกั่ว แต่ในช่วงระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบสูง สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จากระบบที่มีล่ารตะกั่วจะมากกว่าระบบที่ไม่มีล่ารตะกั่ว เมื่อเติมตะกั่วเป็น 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จะสูงขึ้น โดยสูงกว่าค่าซึ่งได้จากระบบที่ไม่เติมล่ารตะกั่ว และเมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเป็น 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จะลดลงต่ำกว่าค่าซึ่งได้จากระบบที่ไม่เติมล่ารตะกั่ว แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วขึ้นเป็น 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์จะสูงกว่าค่าซึ่งได้จากระบบที่มีความเข้มข้นของตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 13 เมื่อเติมล่ารตะกั่วกับไม่เติมล่ารตะกั่ว จะได้ค่าอัตราการใช้ล่ารอาหารไม่ต่างกันมากนัก จากการทดลองด้วยตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะจะมีค่าน้อยกว่าในระบบที่ไม่มีล่ารตะกั่ว เมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเฉลี่ยเป็น 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะจะสูงขึ้นและสูงกว่าในระบบที่ไม่มีล่ารตะกั่ว แต่เมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นให้มีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการใช้ล่ารอาหารจำเพาะจะลดลงต่ำกว่าในระบบที่มีล่ารตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร

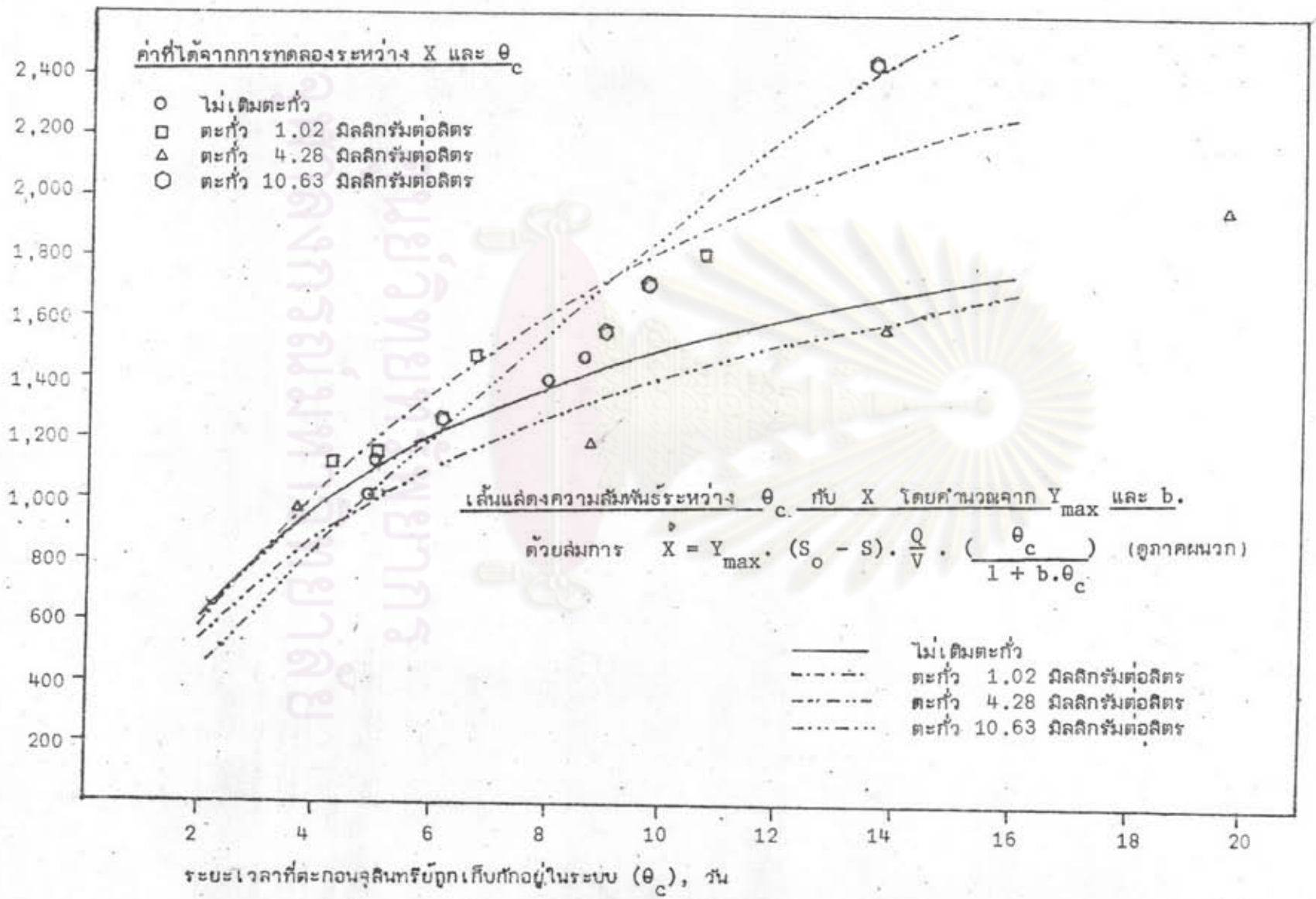
รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ เมื่อระบบมีตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 12 ผลของตะกั่วต่อสัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์



รูปที่ 13 ผลของตะกั่วต่ออัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ



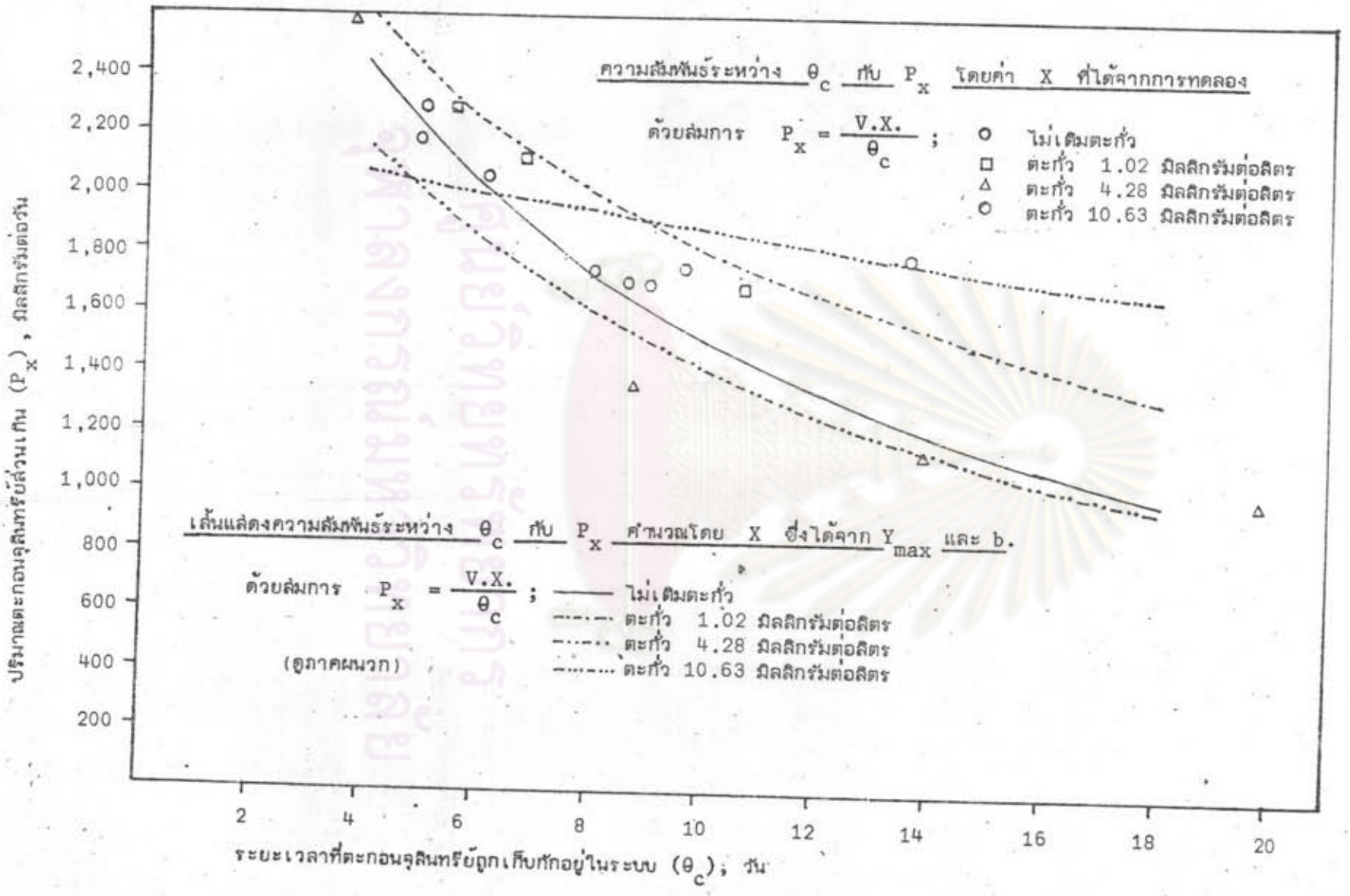
รูปที่ 14 ผลของตะกั่วต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ

จะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบสูงกว่าระบบที่ไม่มีสารตะกั่ว เมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเฉลี่ยเป็น 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะลดลงมีค่าต่ำกว่าในระบบที่ไม่มีสารตะกั่ว แต่เมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะสูงกว่าระบบที่มีตะกั่ว 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบที่มีตะกั่ว 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีค่าน้อยกว่าระบบที่ไม่เติมตะกั่วเฉพาะในช่วงระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบต่ำกว่า 6 วัน เมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบสูงกว่า 6 วัน ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบที่มีตะกั่ว 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตรจะกลับมีค่าสูงมากกว่าในระบบที่ไม่มีสารตะกั่ว ทั้งนี้ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ส่วนปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบเพิ่มขึ้น และจะมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินน้อยเมื่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบน้อย ถ้าปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมากปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินก็มากด้วย ดังรูปที่ 15 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ

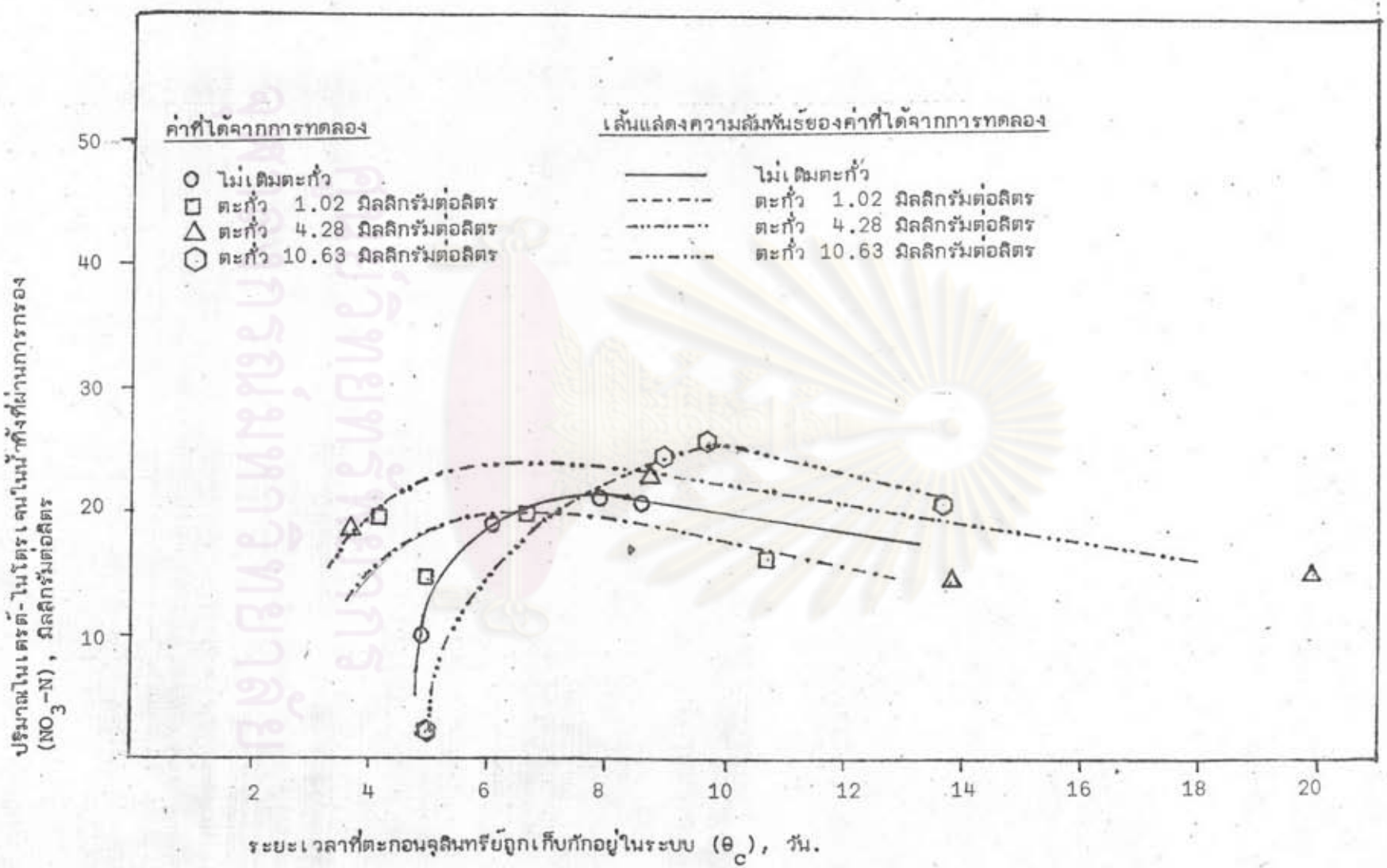
6.8 <u>อิทธิพลของตะกั่วต่อไนตริฟิเคชัน</u>

ไนโตรเจนที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อินทรีย์-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต์-ไนโตรเจน 4 รูปด้วยกัน โดยไนโตรเจนในน้ำเสียทั่วไปจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจน เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจนจะถูกออกซิไดซ์ด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ได้เป็นไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต์-ไนโตรเจนตามลำดับ การเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันต้องการออกซิเจนและสภาพความเป็นด่างสูง แต่ก็ทำให้ได้ไนเตรต์-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งซึ่งจะไม่ไปลดออกซิเจนในแหล่งรับน้ำทิ้ง

ผลของตะกั่วต่อไนตริฟิเคชันในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยเมื่อพิจารณาจากปริมาณไนเตรต์-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบและผ่านการกรองกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบดังรูปที่ 16 พบว่าในระบบทั้งที่เติมสารตะกั่วและไม่เติมสารตะกั่วต่างก็เกิดไนตริฟิเคชัน โดยการเกิดไนตริฟิเคชันจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ในช่วงระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 2 ถึง



รูปที่ 15 ผลของตะกั่วต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน



รูปที่ 16 ผลของตะกั่วต่อไนตริฟิเคชั่น

6 วัน จะเริ่มเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบที่มีตะกั่ว 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมากกว่าระบบที่ไม่มีสารตะกั่ว เมื่อเพิ่มสารตะกั่วขึ้นเป็น 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันก็จะมากขึ้นอีก แต่เมื่อเพิ่มสารตะกั่วขึ้นเป็น 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตรปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะลดลงน้อยกว่าระบบที่ไม่เติมตะกั่ว ส่วนในช่วงระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบนานกว่า 6 วัน ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นในระบบที่มีสารตะกั่ว 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จะน้อยกว่าระบบที่ไม่มีตะกั่ว เมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเป็น 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะสูงขึ้นและเมื่อเพิ่มตะกั่วขึ้นเป็น 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันก็จะสูงขึ้นอีก จะเห็นว่าตะกั่วมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ดัง WPCF (1977) ได้กล่าวถึงผลของโลหะต่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันไว้ว่าโลหะบางชนิดมีปฏิกิริยาร่วมต่อการเจริญเติบโตของ Nitrifying Bacteria และอัตราส่วนของโลหะหนักต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบก็มีผลต่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน แล่ดงว่าตะกั่วมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จำพวก Nitrifying Bacteria ด้วย ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการเกิดไนตริฟิเคชั่น แต่ด้วยความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่ยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันการเกิดไนตริฟิเคชันจะขึ้นกับระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ

6.9 <u>สมดุลย์ของตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย</u>

จากกฎทรงมวลของสารและสมดุลย์ทางเคมี การกำจัดตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยศึกษาได้จากสมดุลย์ทางเคมีของตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 15 ตะกั่วจะสะสมอยู่ในระบบมากขึ้นตามการเพิ่มของระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ และตะกั่วถูกระบายออกไปกับปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน จุลินทรีย์มีส่วนช่วยในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย ทั้งนี้ในระบบที่มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบมากขึ้น จะเกิดไนตริฟิเคชั่น ทำให้ pH ในระบบลดลง ซึ่งควรจะเป็นผลให้ตะกั่วตกตะกอนอยู่ในระบบน้อยลงและมีสารละลายตะกั่วมากขึ้น แต่การเพิ่มของระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบเพิ่มมากขึ้น จุลินทรีย์มีปฏิกิริยากับตะกั่ว ปริมาณตะกั่วถูกสะสมอยู่ในระบบมากขึ้น แต่ตะกั่วในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณน้อยมาก และลดลงอีกในน้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง ได้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูง

ตารางที่ 15 สมดุลย์ของตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

รายการ	การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 1.02 มิลลิกรัมต่อลิตร				การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร				การทดลองด้วยความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียเฉลี่ย 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร			
ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ, วัน	4.25	5.04	6.76	10.71	3.74	8.76	13.86	19.76	5.00	9.05	9.71	13.59
ตะกั่วที่เข้าสู่ระบบ (มิลลิกรัมต่อวัน)	19.62	19.26	17.10	17.46	74.52	76.14	76.68	80.64	183.24	186.84	196.38	198.90
ตะกั่วที่ออกจากระบบ												
ออกมากับน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง (มิลลิกรัมต่อวัน)	2.08	6.30	4.42	1.96	9.6	1.87	10.74	9.45	11.52	20.40	46.96	29.40
ออกมากับการระบายน้ำตะกอน (มิลลิกรัมต่อวัน)	9.44	8.57	4.96	5.76	49.14	47.62	45.26	37.64	92.92	118.34	76.07	89.85
ตะกั่วที่ละลมอยู่ในระบบ (มิลลิกรัมต่อวัน)	47.20	61.20	49.60	85.90	245.70	476.60	675.60	752.80	464.60	1183.40	1135.40	1797.10