หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

## ผลการวิจัย และ การวิจารณ์ผล

### 5.1 การเพาะเลี้ยงฟิล์มชีว

ก่อนทำการทดลองตามแผนการวิจัย ได้ดำเนินการเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวให้เกิดขึ้นบนตัวกลางดังนี้

5.1.1 นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ (mixed liquor suspend solids) จากถังปฏิกิริยาของระบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์มาใส่ในถังปฏิกิริยาของระบบไบโอดรัม 5 ลิตร และเติมน้ำประปาอีก 5 ลิตร จากนั้นเริ่มเปิดสวิทช์หมุนไบโอดรัม

5.1.2 ทำการสูบน้ำเสียซึ่งนำมาจากโรงงานผลไม้แช่อิ่มและอบแห้ง มีซีโอดีประมาณ 20,000 มก./ล. เข้าสู่ระบบไบโอดรัมอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 2 ล./วัน หลังจากนั้น 5 วัน ฟิล์มชีวจะเริ่มเกิดขึ้นบนผิวของตัวกลาง และผิวรอบนอกของไบโอดรัมตอนแรกและตอนที่ 2 ส่วนตอนที่ 3 และตอนที่ 4 ยังไม่เกิดฟิล์มชีว ทำการเลี้ยงเชื้อต่อไปอีกประมาณ 10 วัน พบว่าฟิล์มชีวเริ่มเกิดขึ้นในระบบไบโอดรัมตอนที่ 3 และตอนที่ 4 ซึ่งลักษณะการเกิดของฟิล์มชีวนี้จะเกิดมากในไบโอดรัมตอนแรก และลดน้อยลงตามลำดับจนถึงไบโอดรัมตอนที่ 4 ส่วนสีของฟิล์มชีวจะมีสีน้ำตาล จากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองตามแผนการวิจัยต่อไป

ในการเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวนี้ ช่วงแรกประสบกับปัญหาเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวไม่ขึ้น หรือบางทีฟิล์มชีวขึ้นแล้วแต่อีกประมาณ 2 - 3 วันต่อมาฟิล์มชีวก็หลุดออกไปหมด สาเหตุเนื่องมาจากการบรรจุตัวกลางลงในดรัมไม่แน่นพอ ทำให้ตัวกลางเคลื่อนที่ไปมาตามการหมุนของไบโอดรัม ซึ่งการเคลื่อนที่ไปมาของตัวกลางนี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของตัวกลาง จึงมีผลให้ฟิล์มชีวไม่สามารถเกาะติดผิวตัวกลาง หรือเกาะติดแล้วก็หลุดร่วงออกไปหมด ภายหลังเมื่อตรวจพบสาเหตุนี้จึงทำการหยุดเดินระบบไบโอดรัม และบรรจุตัวกลางเพิ่มลงไปในดรัมให้แน่น จนตัวกลางไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาตามแรงหมุนได้ หลังจากนั้นจึงสามารถเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวขึ้นได้ดังกล่าว

## 5.2 ลักษณะทางกายภาพและชนิดของจุลชีพที่พบในระบบไบโอดรัม

### 5.2.1 ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีว

ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1-5.4 ซึ่งจะเห็นว่า ในการวิจัยชุดแรกที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 , 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ฟิล์มชีวมีปริมาณและความหนามากในไบโอดรัมตอนที่ 1 และลดน้อยลงในไบโอดรัมตอนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนไบโอดรัมตอนที่ 4 มีฟิล์มชีวเกาะเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยกเว้นที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน พบว่าในไบโอดรัมตอนที่ 4 ฟิล์มชีวมีปริมาณมากเพิ่มขึ้นกว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงอื่นๆ ซึ่งการที่ฟิล์มชีวมีปริมาณและความหนามากในไบโอดรัมตอนที่ 1 แล้วมีแนวโน้มลดน้อยลงไปในไบโอดรัมตอนที่ 2 , 3 และ ตอนที่ 4 ตามลำดับ เนื่องมาจากไบโอดรัมตอนแรกได้รับปริมาณสารอินทรีย์มากที่สุด จุลชีพจึงใช้สารอินทรีย์ได้อย่างเต็มที่ ในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณ ส่วนในไบโอดรัมตอนหลังๆปริมาณสารอินทรีย์ลดลง เพราะสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายไปแล้วในไบโอดรัมตอนที่ 1 ดังนั้นจุลชีพจึงเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณได้น้อยกว่าในไบโอดรัมตอนแรก นอกจากนี้จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงขึ้น คือ เพิ่มจาก 4.00 เป็น 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ฟิล์มชีวจะมีความหนาและปริมาณมากขึ้น

สำหรับการวิจัยชุดที่ 2 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกัน คือ 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน แต่ใช้น้ำเสียต่างชนิดกัน พบว่ามีฟิล์มชีวเกาะเฉพาะไบโอดรัมตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เท่านั้น ส่วนในตอนที่ 3 และตอนที่ 4 ไม่เกิดฟิล์มชีว และฟิล์มชีวที่เกิดขึ้นนี้มีปริมาณและความหนาน้อยกว่าฟิล์มชีวที่เกิดขึ้นในการวิจัยชุดแรก เนื่องจากการวิจัยชุดที่ 2 มีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยกว่าการวิจัยชุดแรก ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงกว่า นอกจากนี้ฟิล์มชีวที่เกิดขึ้นในการวิจัยชุดที่ 2 ยังมีปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของน้ำเสีย (แต่ยังจัดเป็นน้ำเสียที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เหมือนกัน) จุลชีพในระบบไบโอดรัมสามารถปรับตัวให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนเดิม นอกจากนี้ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวยังแปรผันตามกับค่าออร์แกนิคโหลดดิงที่เข้าสู่ระบบ

### 5.2.2 สีของฟิล์มชีว

ผลการทดลองพบว่าในการวิจัยชุดแรกและชุดที่ 2 เกือบทุกการทดลองฟิล์มชีวมีสีน้ำตาลยกเว้นการทดลองที่ 2 ของการวิจัยชุดแรก ซึ่งมีออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ฟิล์มชีวในไบโอดรัมตอนที่ 1 เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ และตอนที่ 2 ฟิล์มชีวมีสี

น้ำตาลปนขาว ดังแสดงในรูปที่ 5.1-5.4 และตารางที่ 5.2 นอกจากนี้ยังมีกลิ่นเหม็น ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มีค่าสูงเกินความสามารถของระบบไบโอดรัมที่จะรับได้ จึงเกิดสภาพไร้ออกซิเจนหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอขึ้นในระบบ โดยเฉพาะในไบโอดรัมตอนแรกๆ ซึ่งได้รับปริมาณสารอินทรีย์สูงมากกว่าไบโอดรัมตอนหลัง เมื่อฟิล์มชีวขาดออกซิเจนในการดำรงชีวิต มันจึงตายและหลุดลอกออกจากไบโอดรัม

5.2.3 <u>ชนิดจุลชีพที่พบ</u>

ในการวิจัยชุดที่ 1 เฉพาะการทดลองที่ 1 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และการวิจัยชุดที่ 2 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ตามลำดับ จุลชีพที่พบมากในไบโอดรัมตอนแรกคือ แบคทีเรียแบบเส้นใย แบคทีเรียที่สร้างฟล้อค โปรโตซัวชนิดต่างๆ คือ ซิลิเอตที่ว่ายไปมาอย่างอิสระในน้ำเสีย เช่น Paramecium spp. Dileptus spp. และ Colpidium spp. นอกจากนี้ยังพบซิลิเอตแบบกึ่งก้าน เช่น Vorticella spp. และ Opercularia spp. พวกซิลิเอตที่คลานหากินบนฟล้อค (Crawling Ciliated) เช่น Aspidisca spp. ส่วนจุลชีพชั้นสูงขึ้น คือ โรติเฟอร์ นีมาโทด พบบ้างแต่ไม่มากนัก ส่วนในไบโอดรัมตอนที่ 2 , 3 และตอนที่ 4 ชนิดจุลชีพที่พบจะเหมือนกับในไบโอดรัมตอนแรก แต่แบคทีเรียแบบเส้นใยจะน้อยลง ส่วนแบคทีเรียที่สร้างฟล้อคมีขนาดใหญ่ขึ้น และจุลชีพชั้นสูง คือ โรติเฟอร์ นีมาโทด และ Nias มีจำนวนมากขึ้น

ส่วนการทดลองที่ 2 และ 3 ของการวิจัยชุดแรกซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน นั้น จะพบจุลชีพดังกล่าว ในปริมาณมากพอๆกันในไบโอดรัมทุกตอน แต่ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ปริมาณจุลชีพที่พบจะมีมากกว่าที่ออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน

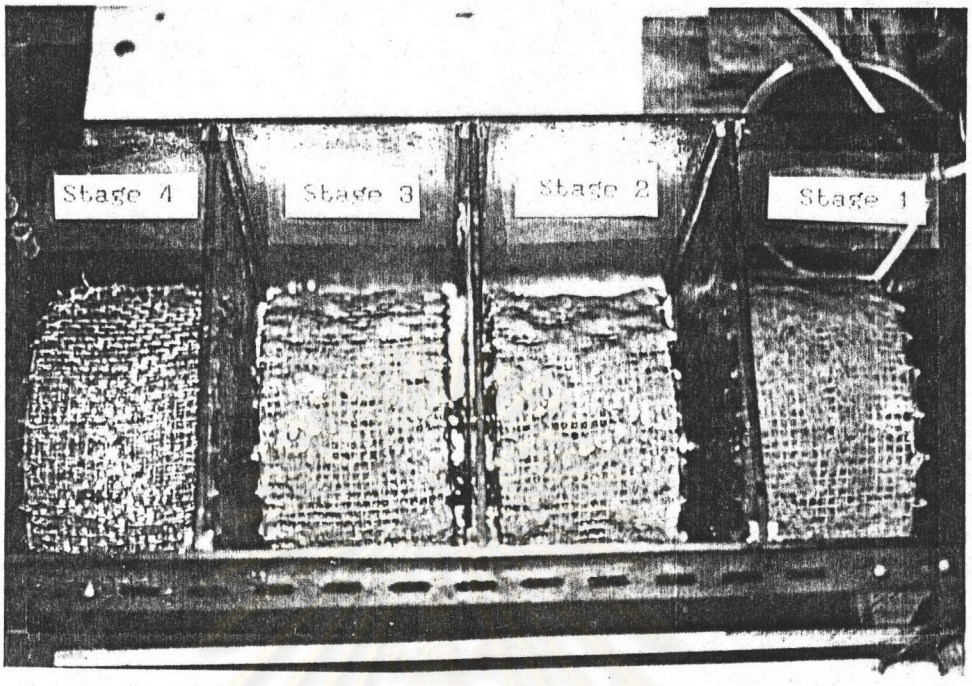
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีวในไบโอดรัมแต่ละตอน ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆกัน

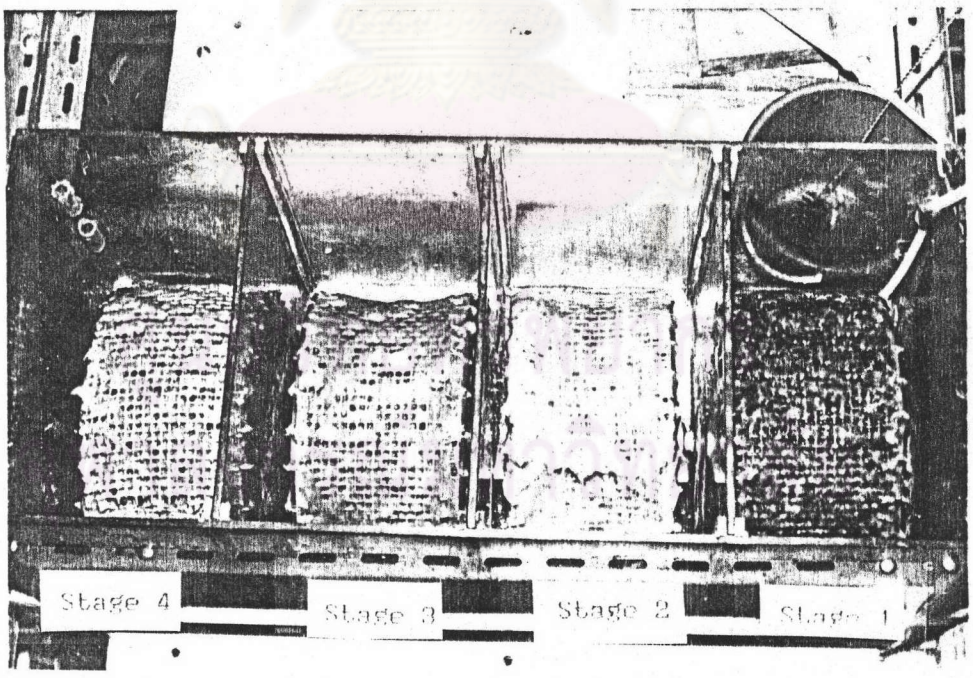
| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม$^2$.-วัน) | ปริมาณและความหนาของฟิล์มชีว | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | มากที่สุด | ลดลง | ลดลง | เล็กน้อย |
| | 2 | A | 7.20 | มากที่สุด | ลดลง | ลดลง | ลดลง |
| | 3 | A | 3.57 | มากที่สุด | ลดลง | ลดลง | เล็กน้อย |
| 2 | 1 | A | 1.90 | มากที่สุด | ลดลง | ไม่เกิดฟิล์มชีว | ไม่เกิดฟิล์มชีว |
| | 2 | B | 2.00 | มากที่สุด | ลดลง | | |

ตารางที่ 5.2 สีของฟิล์มชีวในไบโอดรัมแต่ละตอน ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆกัน

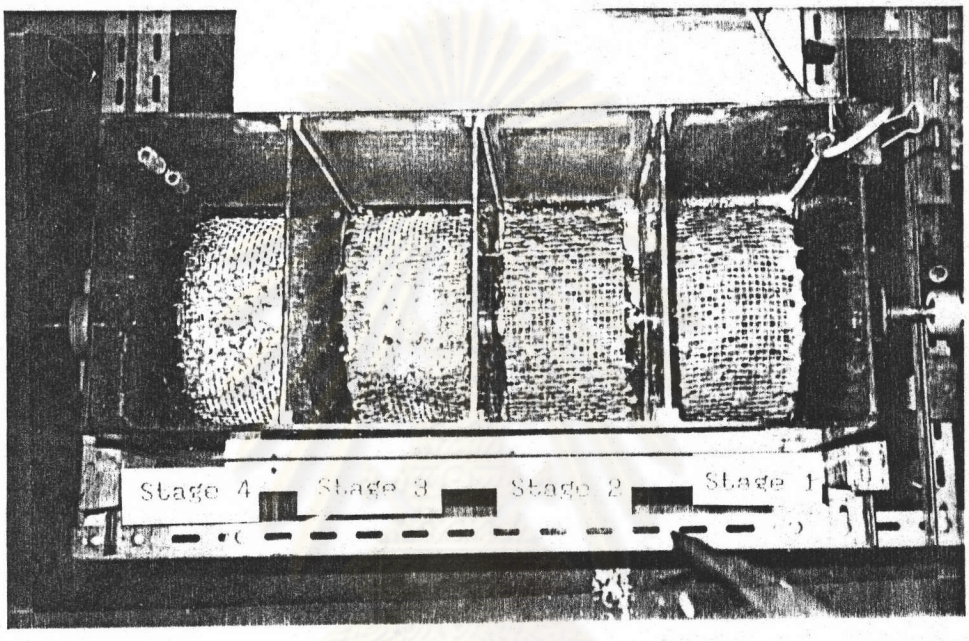
| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม$^2$.-วัน) | สีของฟิล์มชีวในไบโอดรัม | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | น้ำตาล | น้ำตาล | น้ำตาล | น้ำตาล |
| | 2 | A | 7.20 | ดำ | น้ำตาลปนขาว | น้ำตาล | น้ำตาล |
| | 3 | A | 3.57 | น้ำตาล | น้ำตาล | น้ำตาล | น้ำตาล |
| 2 | 1 | A | 1.90 | น้ำตาล | น้ำตาล | - | - |
| | 2 | B | 2.00 | น้ำตาล | น้ำตาล | - | - |




รูปที่ 5.1 ลักษณะทางกายภาพของไบโอดรัมภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดติ่ง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน ในช่วง steady state

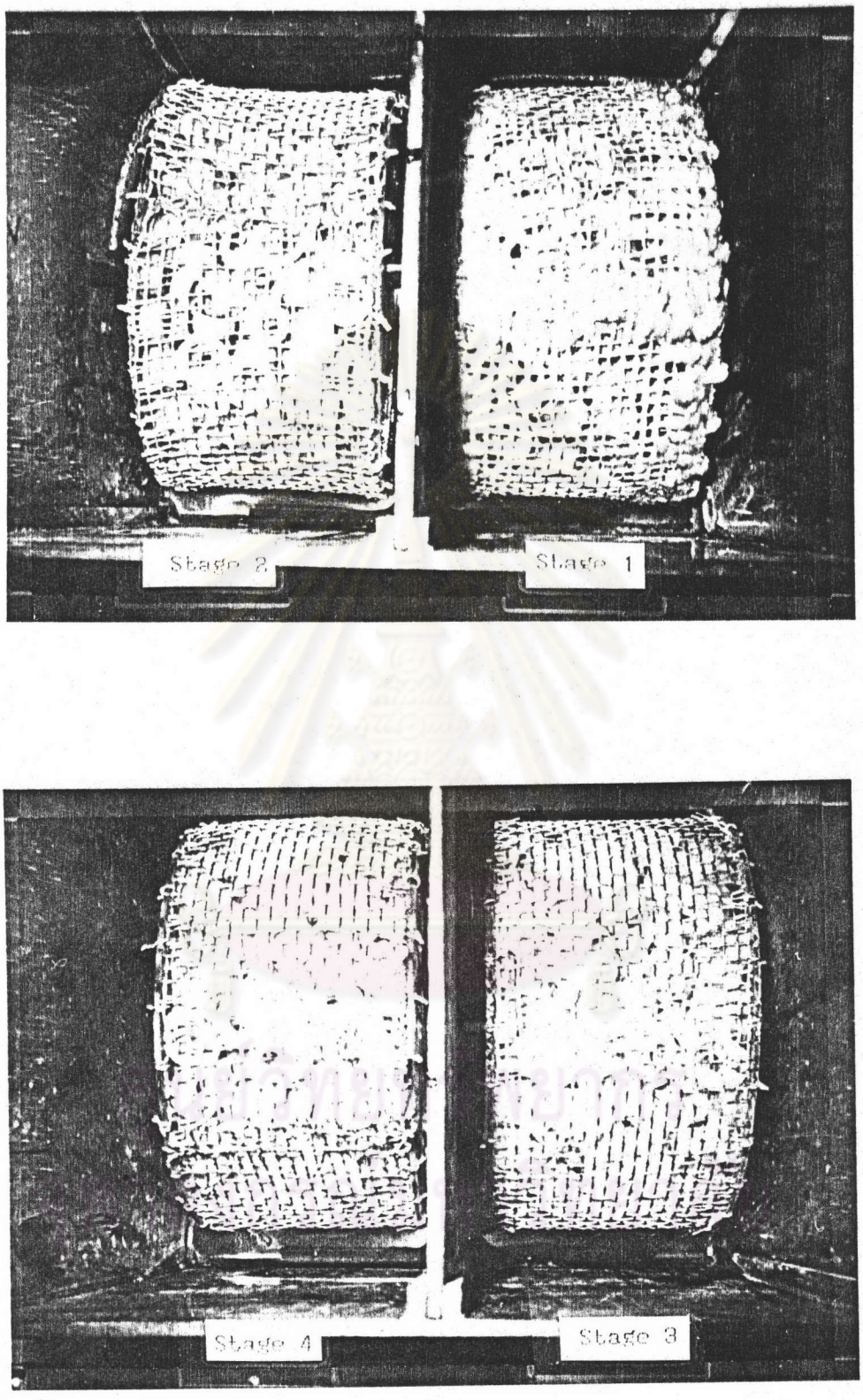



รูปที่ 5.2 ลักษณะทางกายภาพของไบโอดรัมภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดติ่ง 7.20 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน




รูปที่ 5.3 ลักษณะทางกายภาพของไบโอดรัมภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.4 ลักษณะทางกายภาพของไบโอดรัมภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน ในช่วง steady state

## 5.3 ผลการวิจัยระบบไบโอดรัมและการวิจารณ์ผล

ผลการทดลองของการวิจัยทั้ง 2 ชุดนี้ มีอยู่ 2 การทดลองที่ระบบไบโอดรัมเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง คือ การทดลองที่ 2 และ 3 ของการวิจัยชุดที่ 1 ส่วนการวิจัยชุดที่ 2 และการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดที่ 1 ไม่เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง ในที่นี้จึงแยกกล่าวถึงผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลออกเป็นหัวข้อที่ 5.3.1 และ 5.3.2 ดังนี้

### 5.3.1 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลของการวิจัยที่ไม่เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง (การวิจัยชุดที่ 1 เฉพาะการทดลองที่ 1 และการวิจัยชุดที่ 2)

ผลการวิจัยของการวิจัยชุดที่ 1 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการทดลองที่ 1 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน เท่านั้น ส่วนการทดลองที่ 2 และ 3 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป ซึ่งในการวิจัยชุดแรกได้ทำการทดลองต่อเนื่องกันทั้ง 3 การทดลอง โดยไม่ได้มีการหยุดเดินระบบก่อนเปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิง ส่วนในการวิจัยชุดที่ 2 นั้นก่อนเริ่มทำการทดลองที่ 1 ได้หยุดเดินระบบและทำการล้างไบโอดรัมทุกตอนด้วยน้ำประปา จนฟิล์มชีวที่เกาะไบโอดรัมอยู่ได้หลุดลอกออกไปจนเกือบหมด แล้วจึงเริ่มทำการทดลอง

#### 5.3.1.1 พีเอช

การวัดค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจะวัดทันทีที่เตรียมน้ำเสียเสร็จใหม่ๆ ส่วนการวัดพีเอชของน้ำในถังปฏิกิริยา จะวัดทันทีที่เก็บตัวอย่างน้ำมาจากถังปฏิกิริยา จากผลการทดลองทั้ง 3 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดที่ 1 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และการทดลองที่ 1 - 2 ของการวิจัยชุดที่ 2 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าพีเอชในถังปฏิกิริยาไบโอดรัม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 - 5.6 ส่วนรูปที่ 5.7 และตารางที่ 5.3 แสดงค่าพีเอชของการทดลองทั้ง 3 ในช่วง steady state โดยคิดเฉลี่ยจากค่าพีเอชที่วิเคราะห์ได้ใน 3 วันสุดท้าย ติดต่อกันในช่วง steady state การที่น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีพีเอชต่ำ (ประมาณ 4) แต่เมื่อเข้าสู่ไบโอดรัมแล้วพีเอชมีค่าสูงขึ้น โดยสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในไบโอดรัมตอนที่ 1 (พีเอชมากกว่า 7) เนื่องจากในน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำนี้ มีกรดอินทรีย์ละลายน้ำอยู่ เมื่อจุลชีพในระบบย่อยสลายกรดอินทรีย์จะทำให้พีเอชมีค่าสูงขึ้น อีกทั้งได้มีการเติมยูเรียลงไปในไบโอดรัมตอนแรก เพื่อเป็นอาหารเสริมให้แก่จุลชีพ ซึ่งยูเรียจะถูกจุลชีพย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย ($NH_3$) จากนั้นแอมโมเนียจะทำ

ปฏิกิริยากับกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ กลายเป็นแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ($NH_4HCO_3$) ทำให้ค่าพีเอชในระบบสูงขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย ดังสมการที่ 5.1 และ 5.2 คือ

$$NH_2CONH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{bacterial enzyme}} 2NH_3 + CO_2 \quad \ldots\ldots\ldots (5.1)$$

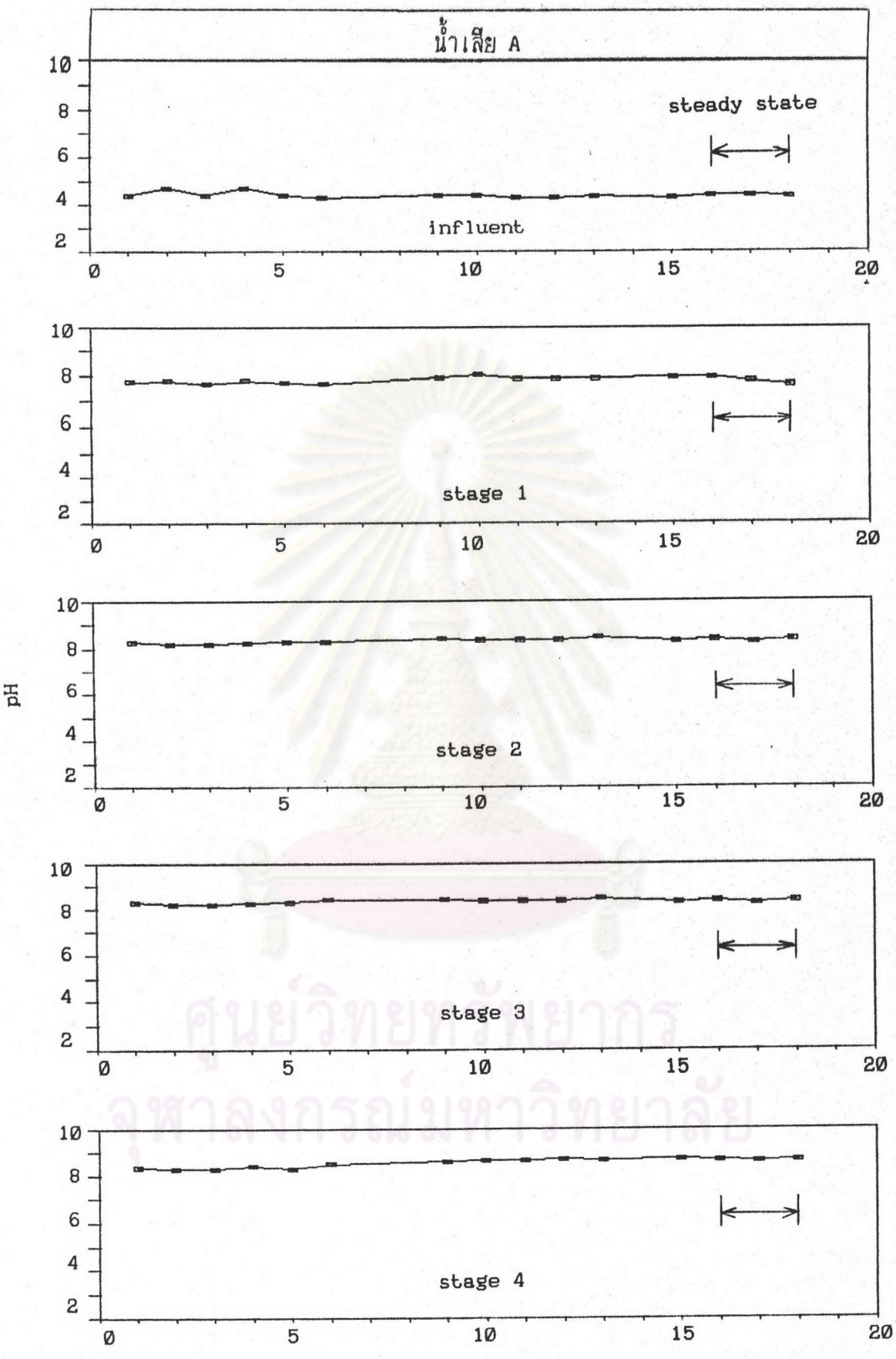
$$NH_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow NH_4HCO_3 \quad \ldots\ldots\ldots (5.2)$$

ดังนั้นการเติมยูเรียเป็นอาหารเสริมให้แก่จุลชีพในระบบ ก็เป็นการช่วยปรับพีเอชให้แก่ระบบไปด้วยในตัว ทำให้ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่ถึงแม้จะไม่มีการเติมยูเรียให้แก่ระบบ ก็คาดว่าพีเอชในระบบต้องสูงขึ้นเช่นกัน เพราะการย่อยสลายกรดอินทรีย์ของจุลชีพ เพียงแต่พีเอชอาจสูงขึ้นน้อยกว่าการเติมยูเรีย

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าพีเอชในระบบที่ค่าออร์แกนิคโหลดดิงต่างกัน คือ 4.00 , 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มีค่าใกล้เคียงกัน แม้ว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ซึ่งมีการเปลี่ยนใช้น้ำเสียชนิดใหม่นั้น ค่าพีเอชของน้ำเสียมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ตลอดการทดลอง ระบบก็สามารถปรับตัวให้รับกับสภาวะดังกล่าวได้ โดยที่ค่าพีเอชในระบบก็ยังมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองอื่น แสดงว่าระบบไบโอดรัมมีกำลังบัฟเฟอร์พอเพียงสำหรับการรับน้ำเสียที่มีออร์แกนิคโหลดดิงอยู่ในช่วง 1.90-4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วันนี้

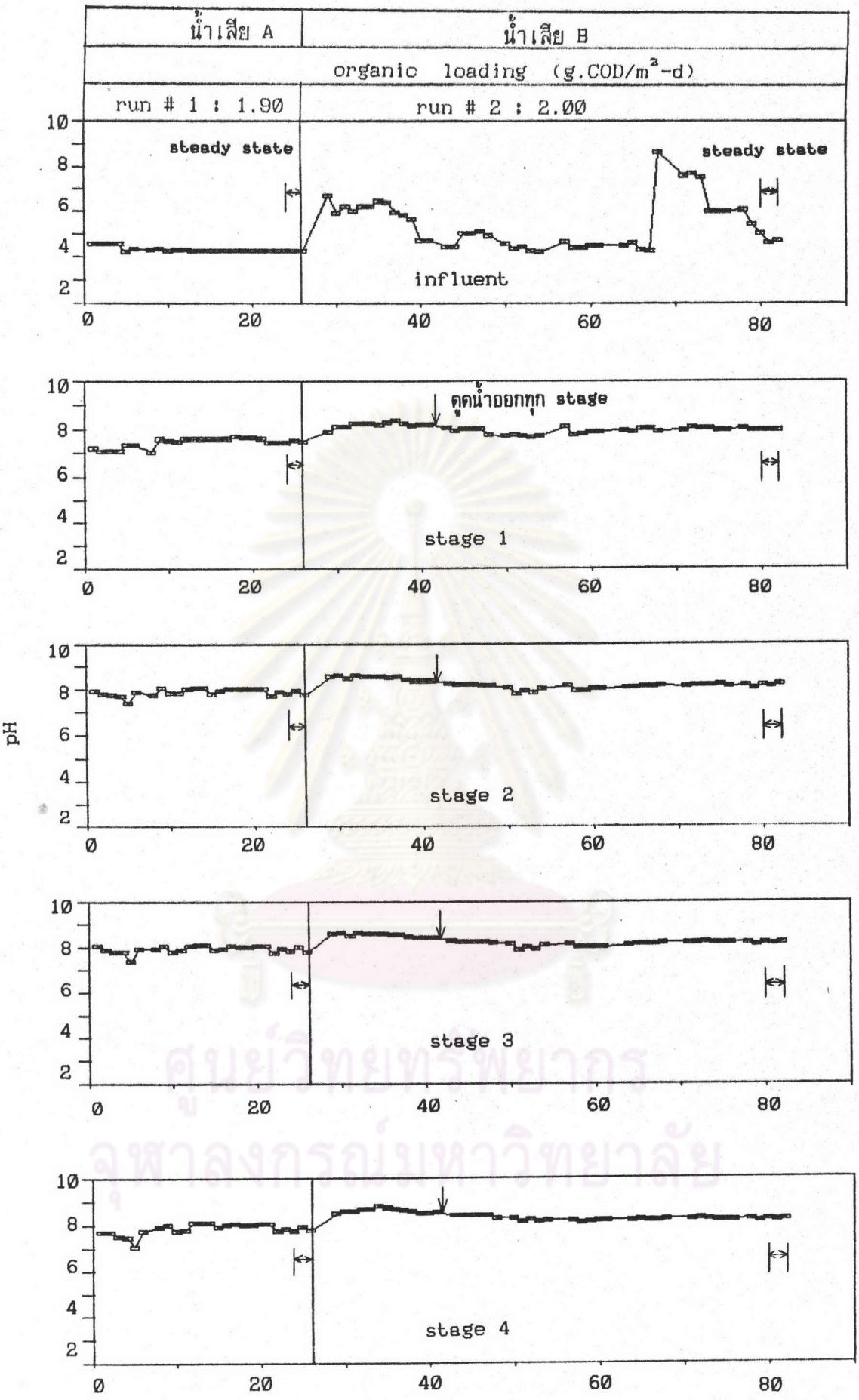
ตารางที่ 5.3 ค่าพีเอชภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | พีเอช | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | น้ำเข้า | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | 4.40 | 7.75 | 8.30 | 8.30 | 8.65 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 4.25 | 7.50 | 7.85 | 7.85 | 7.85 |
| | 2 | B | 2.00 | 4.75 | 7.95 | 8.15 | 8.20 | 8.25 |

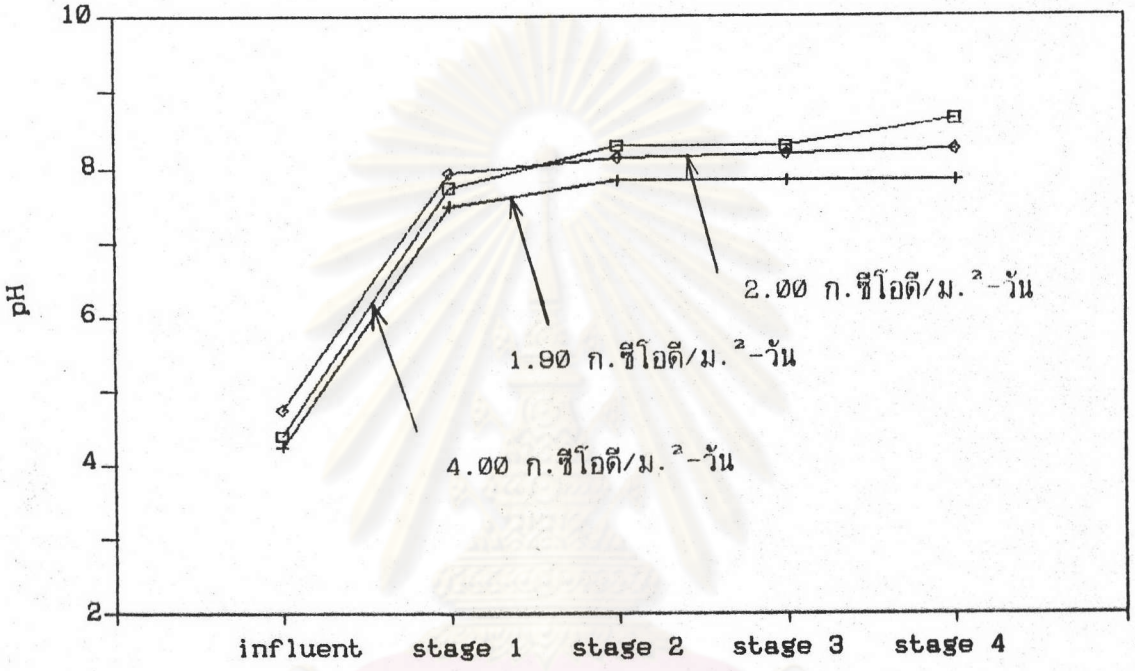



รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1
( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2




รูปที่ 5.7 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

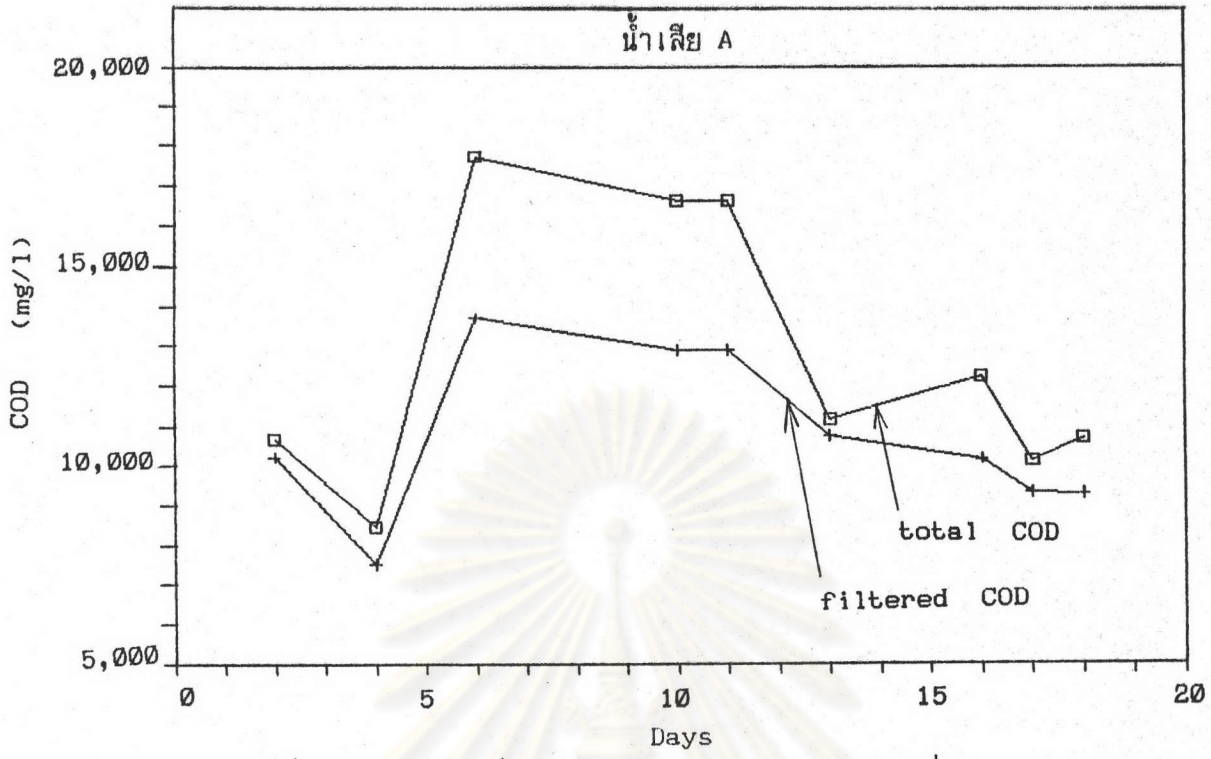
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.2 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

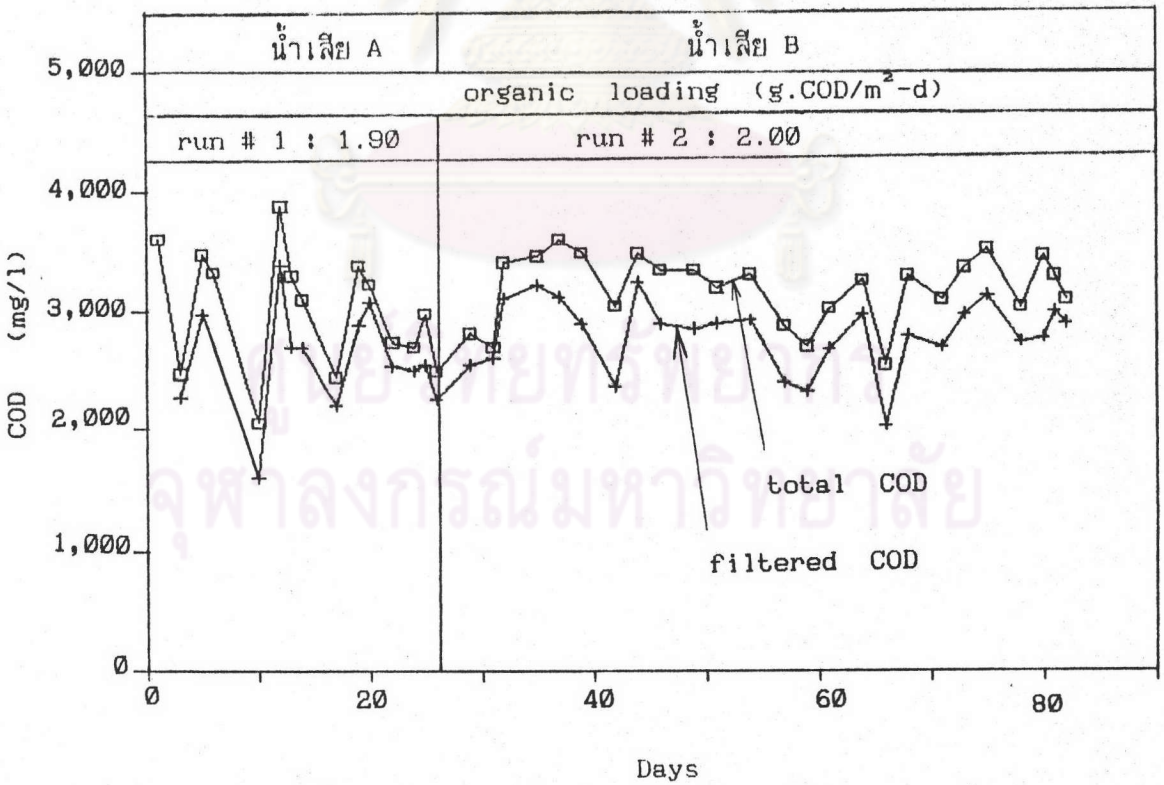
การหาค่าซีโอดีในระบบไบโอดรัมและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ได้วิเคราะห์ออกมาในรูปของซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้ว ส่วนค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบนั้นได้วิเคราะห์ทั้งในรูปซีโอดีรวม และซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้ว ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 , 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ค่าซีโอดีในระบบไบโอดรัมทุกตอนมีค่าต่ำใกล้เคียงกัน โดยมีค่าลดลงน้อยมากในไบโอดรัมตอนหลังๆ หรือในบางตอนก็มีค่าซีโอดีเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 5.10 - 5.12 และตารางที่ 5.4 ซึ่งค่าซีโอดีที่แสดงในตารางเป็นค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้ว ยกเว้นค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเป็นค่าซีโอดีรวม ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบนี้ ดังแสดงในรูปที่ 5.8 - 5.9 นอกจากนี้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงดังกล่าว ก็มีค่าสูงใกล้เคียงกัน กล่าวคือที่ทุกระดับออร์แกนิคโหลดดิง ระบบไบโอดรัมมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีซึ่งคิดในรูปของซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้ว (โดยคิดจากผลต่างระหว่างค่าซีโอดีรวมของน้ำเสีย กับค่าซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้วของน้ำทิ้งหารด้วยค่าซีโอดีรวมของน้ำเสีย) ไม่ต่ำกว่า 99 % ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ (ไม่น้อยกว่า 98 %) ถูกกำจัดไปเกือบหมดในไบโอดรัมตอนที่ 1 ดังนั้นในไบโอดรัมตอนต่อๆมาจึงแทบไม่มีการกำจัดสารอินทรีย์เลย

5.3.1.3 ตะกอนแขวนลอย

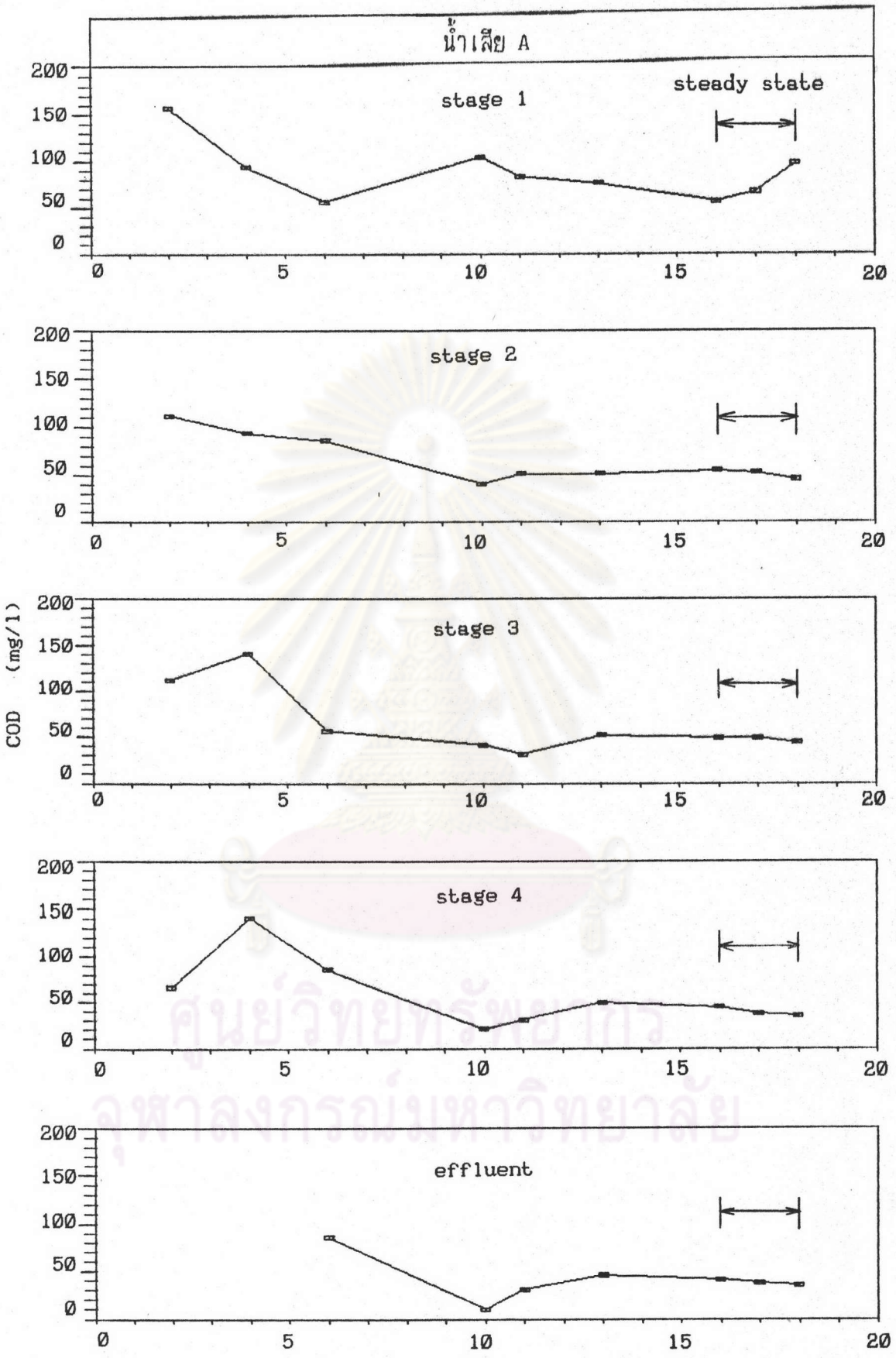
ผลการทดลองพบว่าทั้ง 3 การทดลอง ตะกอนแขวนลอยในระบบมีค่าสูงในไบโอดรัมตอนที่ 1 และ ลดน้อยลงในไบโอดรัมตอนที่ 2 , 3 , 4 และน้ำทิ้งตามลำดับ ดังรูปที่ 5.13 - 5.15 และตารางที่ 5.5 น้ำในถังปฏิกิริยาทุกตอนมีลักษณะใส ตะกอนสามารถตกได้ดีและรวดเร็ว ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบใส และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากไบโอดรัมตอนที่ 1 ได้รับปริมาณสารอินทรีย์สูงที่สุด จุลชีพพวกฟิล์มชีวไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้หมด จึงเกิดจุลชีพประเภทแขวนลอยขึ้นมาช่วยกำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่จุลชีพแขวนลอยจึงเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่วนในไบโอดรัมตอนที่ 2 , 3 และ 4 มีสารอินทรีย์เหลืออยู่น้อย เพราะสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกกำจัดไปแล้วในไบโอดรัมตอนที่ 1 ปริมาณจุลชีพแขวนลอยจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าและปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ออกจากระบบก็มีค่าต่ำ แต่ในบางช่วงของการทดลองปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกิริยาและน้ำทิ้งจะสูงขึ้นผิดปกติ เนื่องจากมีการหลุดลอกของฟิล์มชีวออกจากตัวไบโอดรัม เพราะฟิล์มชีวนั้นหมดอายุการใช้งาน ประกอบกับแรงเสียดทานที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของไบโอดรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นในถังปฏิกิริยานี้ ส่วนหนึ่งเป็นจุลชีพประเภทแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยอีกส่วนหนึ่งจะมาจากฟิล์มชีวที่หลุดลอกออกมาจากไบโอดรัม




รูปที่ 5.8 ค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบไบโอดรัมของการวิจัยชุดที่ 1
( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

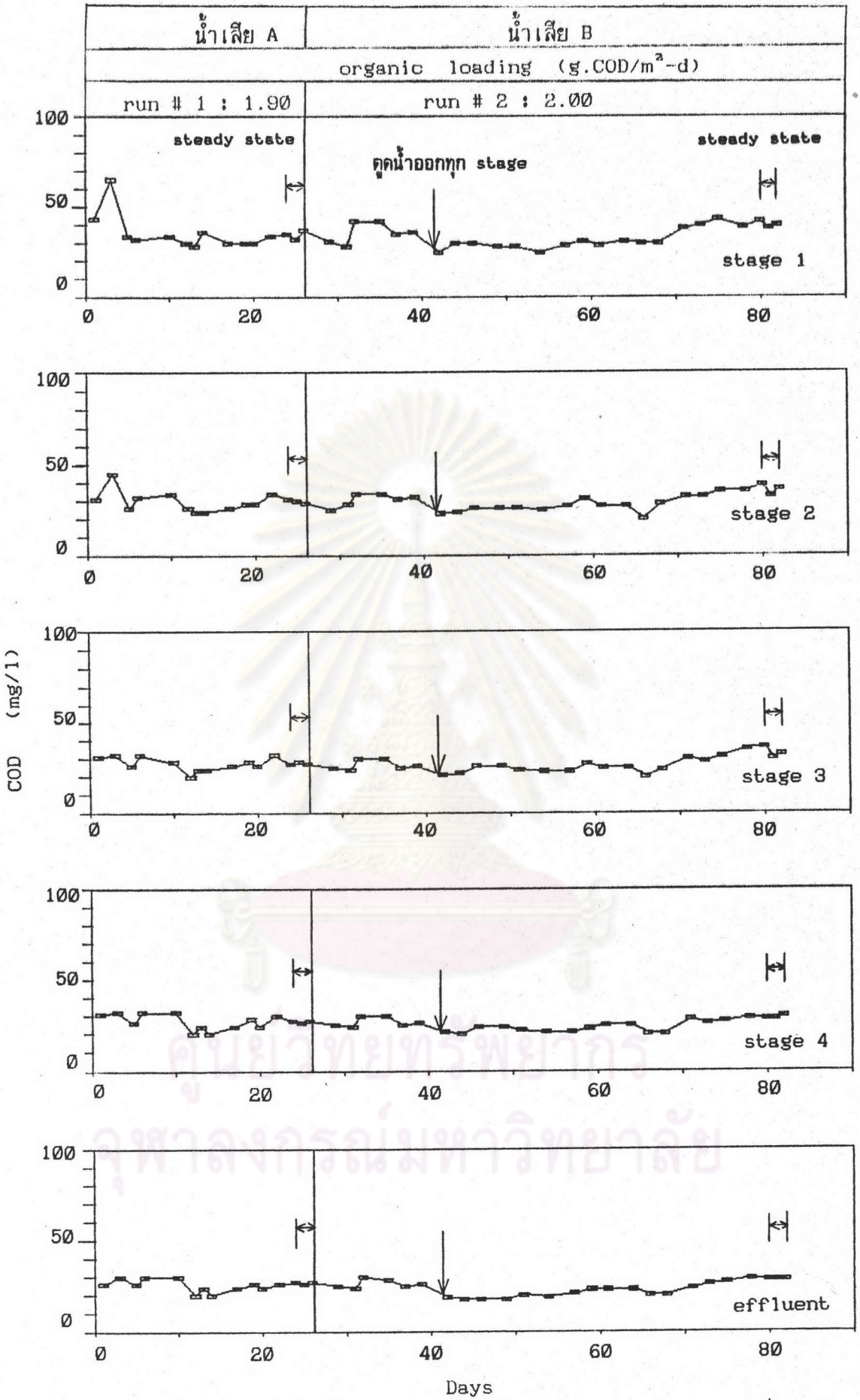



รูปที่ 5.9 ค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบไบโอดรัมของการวิจัยชุดที่ 2



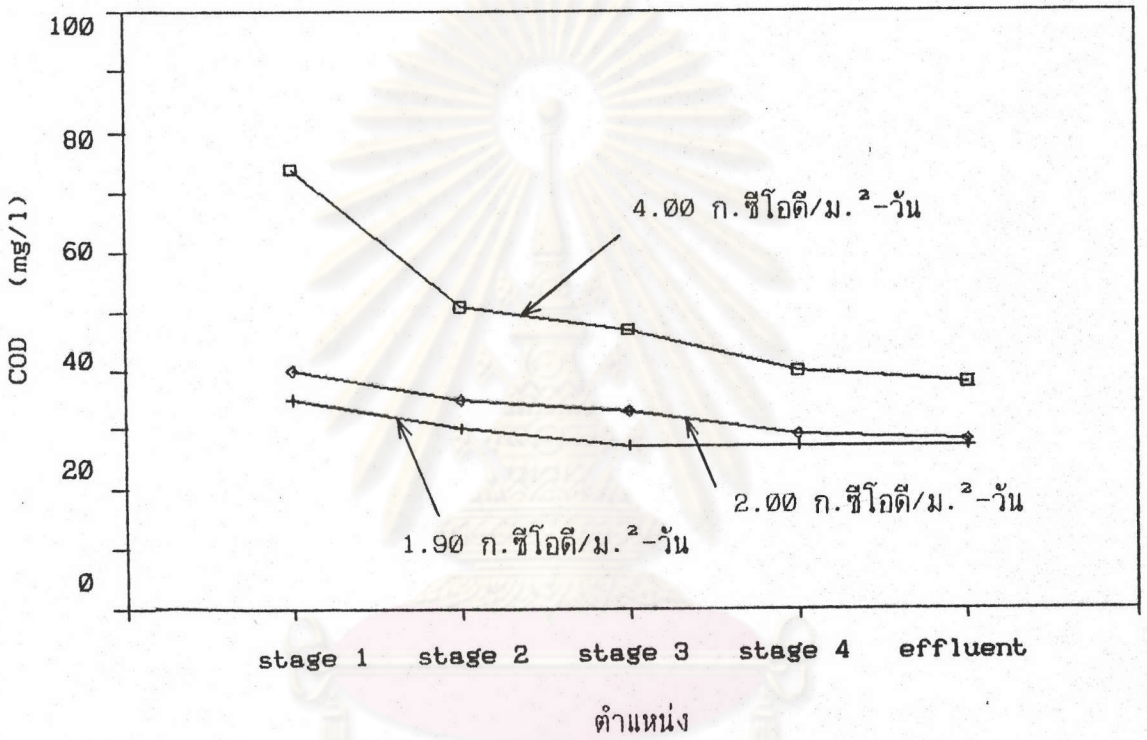

รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงของซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1
( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงของซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.12 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

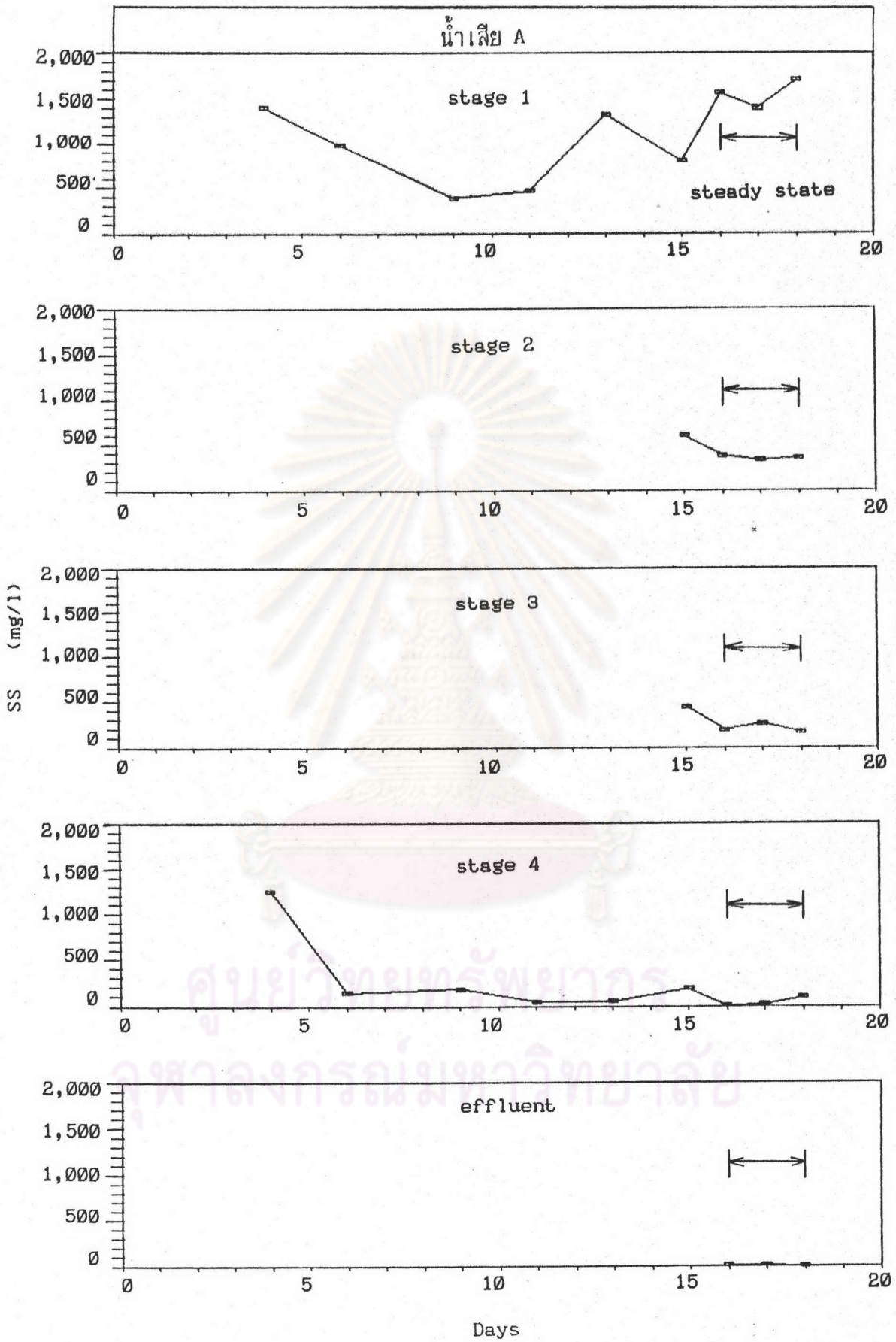
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ค่าซีโอดีภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ ในช่วง steady state

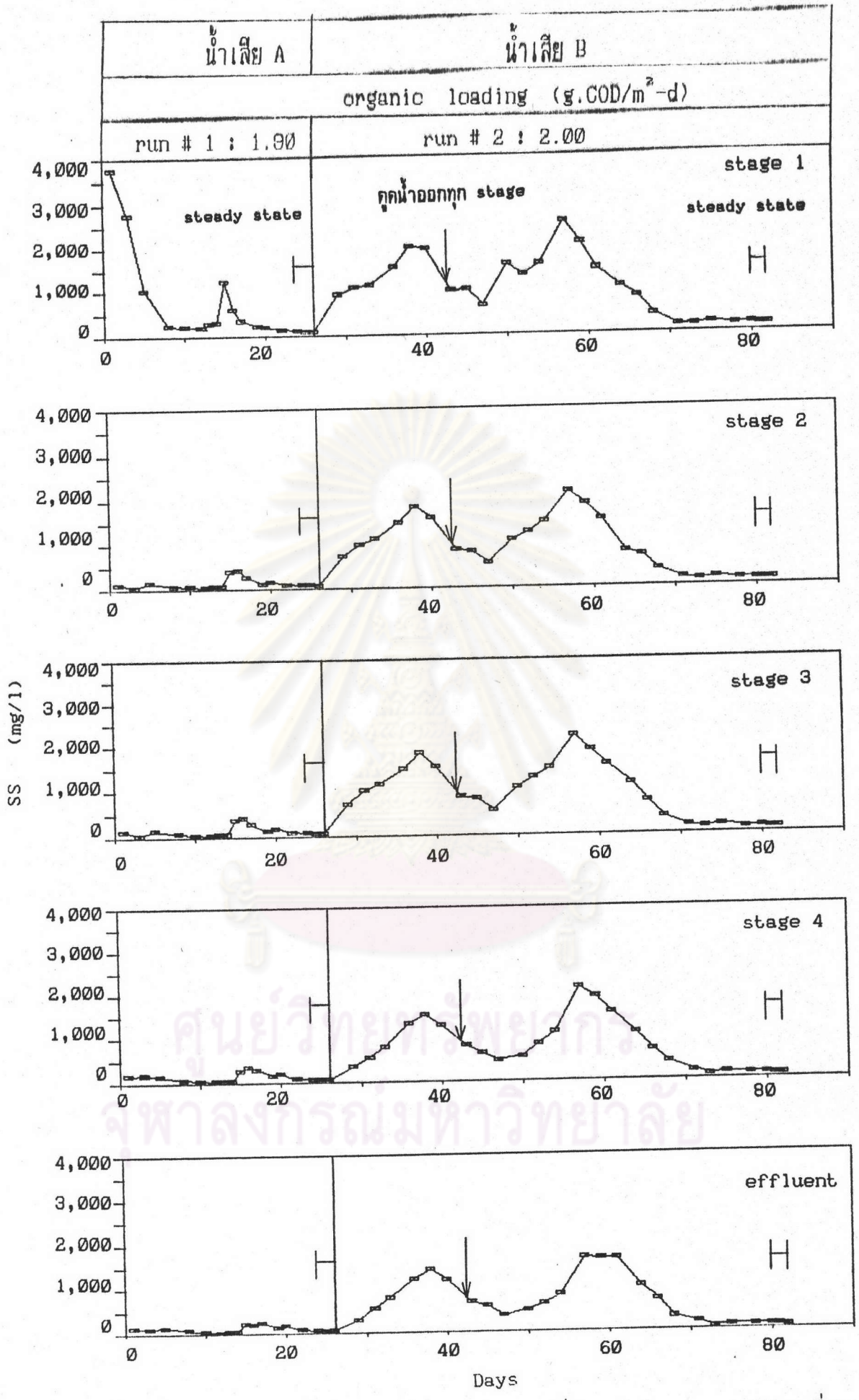
| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | ซีโอดี (มก./ล.) | | | | | | ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | น้ำเข้า | 1 | 2 | 3 | 4 | น้ำทิ้ง | |
| 1 | 1 | A | 4.00 | 12,700 | 74 | 51 | 47 | 40 | 38 | 99.7 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 3,015 | 35 | 30 | 27 | 27 | 27 | 99.1 |
| | 2 | B | 2.00 | 3,196 | 40 | 35 | 33 | 29 | 28 | 99.1 |

ตารางที่ 5. 5 ค่าตะกอนแขวนลอยภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

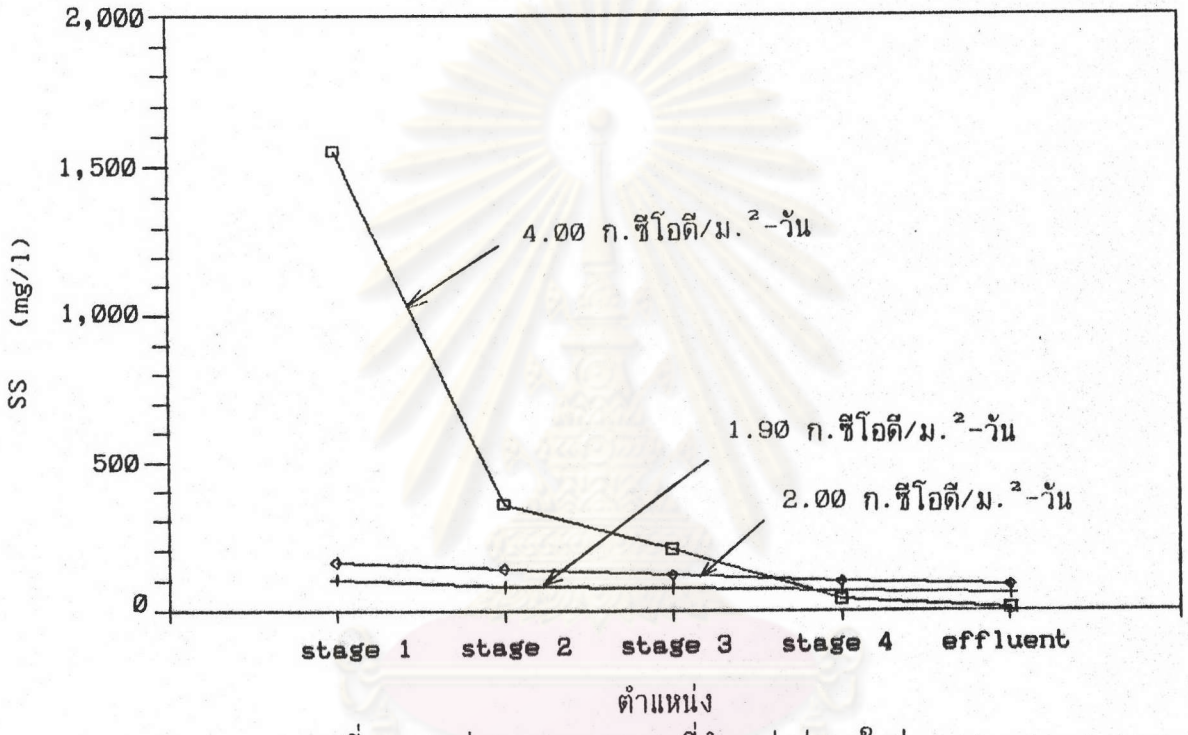
| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 | น้ำทิ้ง |
| 1 | 1 | A | 4.00 | 1,552 | 356 | 207 | 41 | 9 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 105 | 81 | 75 | 69 | 58 |
| | 2 | B | 2.00 | 161 | 139 | 119 | 97 | 83 |




รูปที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1
( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )




รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2




รูปที่ 5.15 ค่าตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

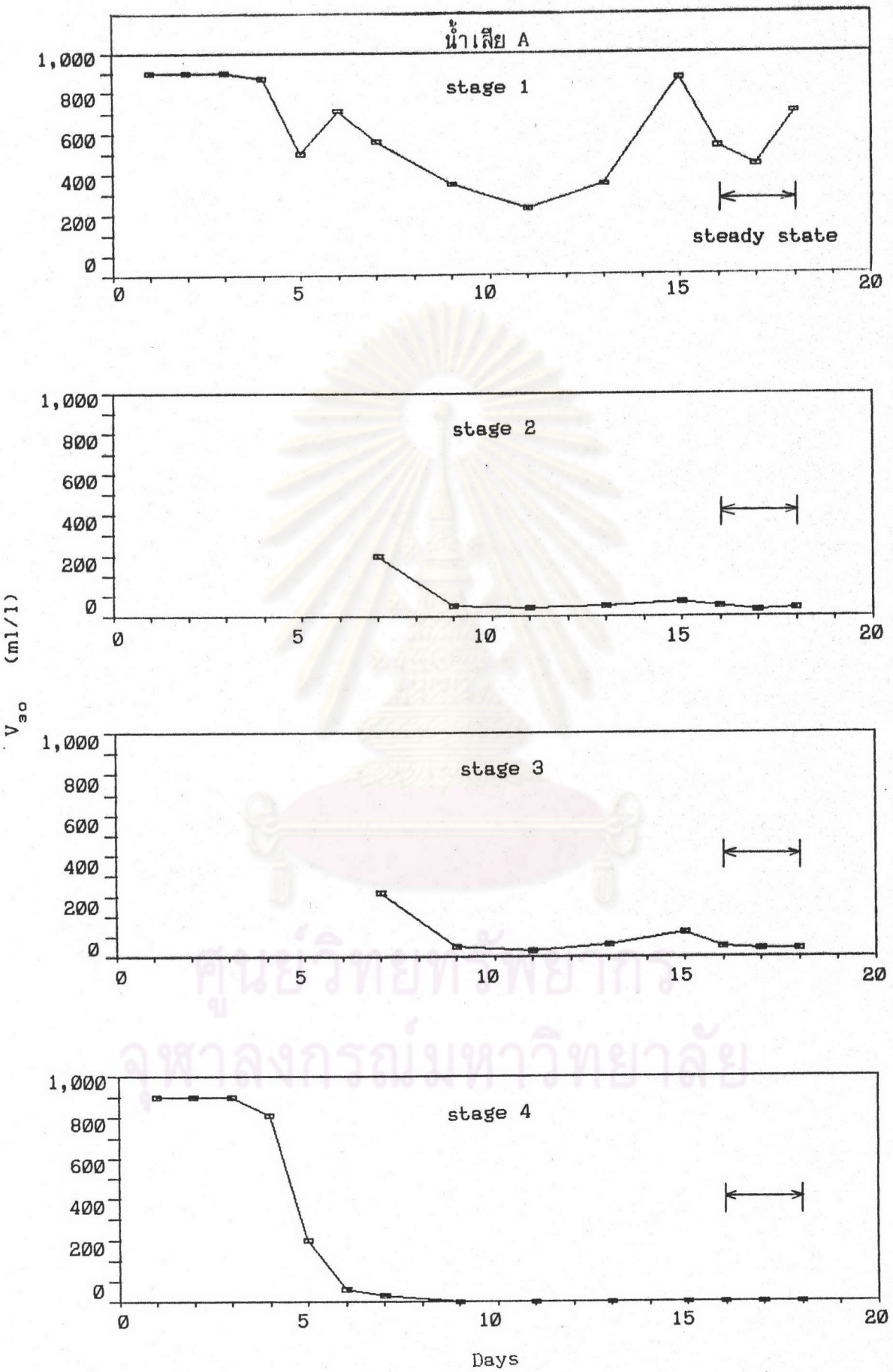
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.4 $\underline{V_{30}}$

จากรูปที่ 5.16 - 5.18 และตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน นั้น $V_{30}$ มีค่าสูงในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมตอนแรก และลดลงอย่างรวดเร็วในถังปฏิกิริยาตอนที่ 2 ส่วนในถังปฏิกิริยาตอนที่ 3 และ 4 $V_{30}$ มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ $V_{30}$ ในถังปฏิกิริยาตอนที่ 2 สำหรับการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดที่ 2 ซึ่งมีออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน $V_{30}$ ในถังปฏิกิริยามีค่าต่ำและเท่ากันเกือบทุกตอน ส่วนการทดลองที่ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน นั้น ในช่วงแรกของการทดลองจะเห็นว่า $V_{30}$ มีค่าสูงในถังปฏิกิริยาทุกตอน ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองนี้ได้เปลี่ยนชนิดของน้ำเสีย โดยเปลี่ยนน้ำเสียจากโรงงานผลไม้แช่อิ่มและอบแห้งไปใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตลูกกวาดและยา เมื่อเจอกับการเปลี่ยนแปลงชนิดน้ำเสียอย่างกระทันหัน จุลชีพในระบบยังไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับน้ำเสียชนิดใหม่นี้ได้ทันจึงตายและหลุดลอกออกจากไบโอดรัม ทำให้ $V_{30}$ ในระบบมีค่าสูงขึ้น อนึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับรูปที่ 5.13 - 5.14 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยในระบบไบโอดรัม ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ จะเห็นว่า ค่า $V_{30}$ แปรผันตามค่าตะกอนแขวนลอย กล่าวคือเมื่อตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงขึ้น $V_{30}$ ก็มีค่าสูงขึ้น ตะกอนแขวนลอยลดลง $V_{30}$ ก็มีค่าลดลงตาม เพราะการหลุดลอกของฟิล์มชีวออกจากไบโอดรัมทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยในระบบสูงขึ้น และเนื่องจากฟิล์มชีวที่หลุดลอกออกมานี้ประกอบด้วยแบคทีเรียแบบเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ตะกอนไม่สามารถตกได้ดี ดังนั้น $V_{30}$ จึงมีค่าสูง จึงได้ทำการทดลองแก้ไขปัญหานี้โดยการดูดน้ำในถังปฏิกิริยาทุกตอนออกจนหมดในวันที่ 13 ของการทดลองที่มีออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วันนี้แล้วเติมน้ำประปาเข้าไปแทน เพื่อเป็นการลดค่าตะกอนแขวนลอยในระบบ ซึ่งทำให้ค่า $V_{30}$ ลดลงตาม แต่เมื่อทำการเดินระบบต่อไปอีกประมาณ 1 สัปดาห์ ฟิล์มชีวก็หลุดออกมาอีก ค่า $V_{30}$ จึงกลับสูงขึ้นเหมือนเดิม ดังนั้นจึงเดินระบบต่อไป จนฟิล์มชีวสามารถปรับตัวให้รับน้ำเสียชนิดใหม่นี้ได้ และฟิล์มชีวที่หลุดลอกออกมาก่อนหน้านั้นได้ wash out ออกจากระบบไปหมด ค่าตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกิริยาจึงมีค่าลดลง และตะกอนสามารถตกได้ดี $V_{30}$ จึงมีค่าลดลง จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ steady state ในที่สุด ซึ่งรูปที่ 5.18 และตารางที่ 5.6 แสดงค่า $V_{30}$ ในช่วง steady state

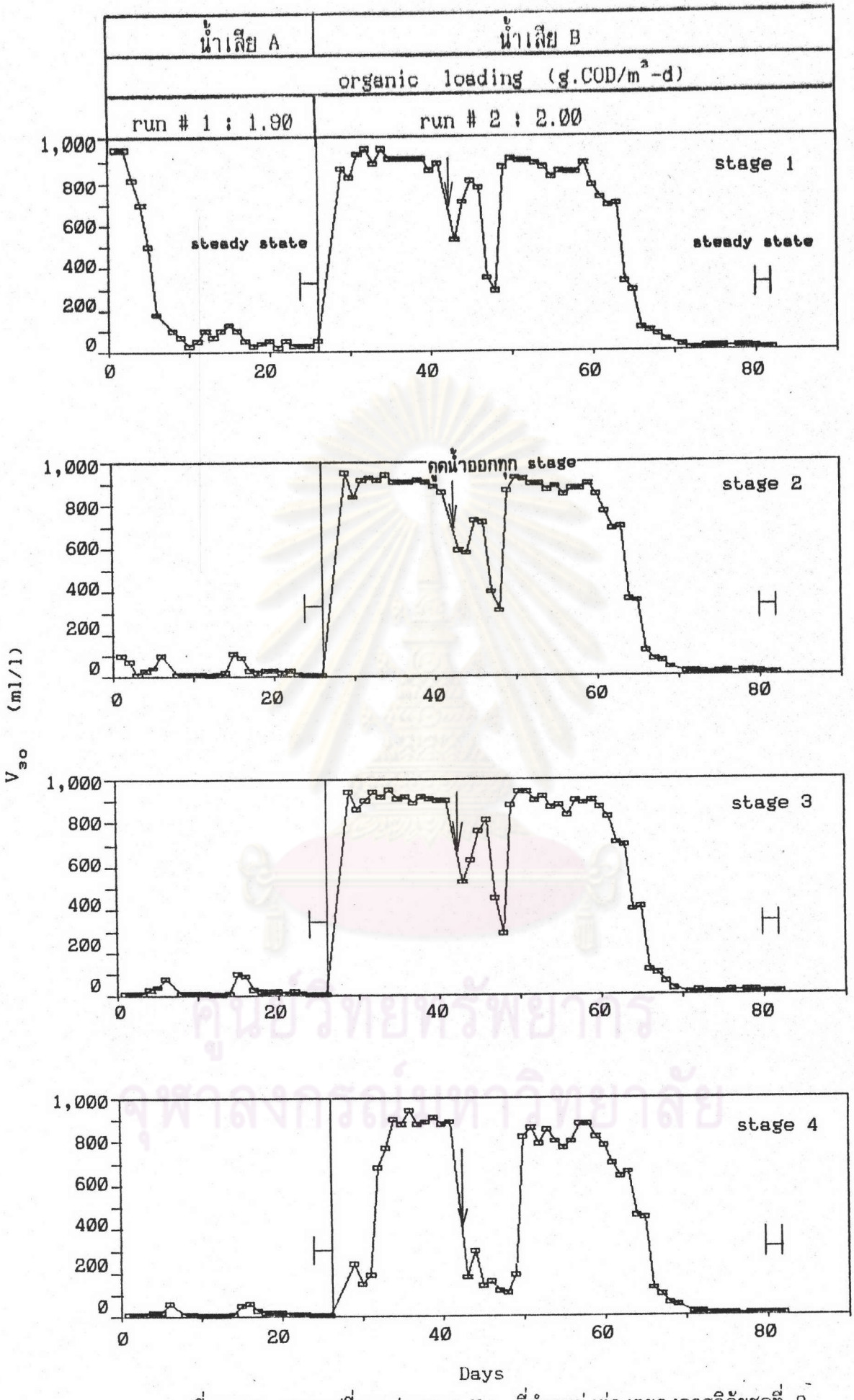
5.3.1.5 <u>ออกซิเจนละลายน้ำ</u>

จากรูปที่ 5.19 - 5.21 และตารางที่ 5.7 จะเห็นว่าทั้ง 3 การทดลองมีค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมสูงใกล้เคียงกันทุกตอน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากตอนที่ 1 - 4 ซึ่งการที่ในระบบไบโอดรัมมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูง (6.10

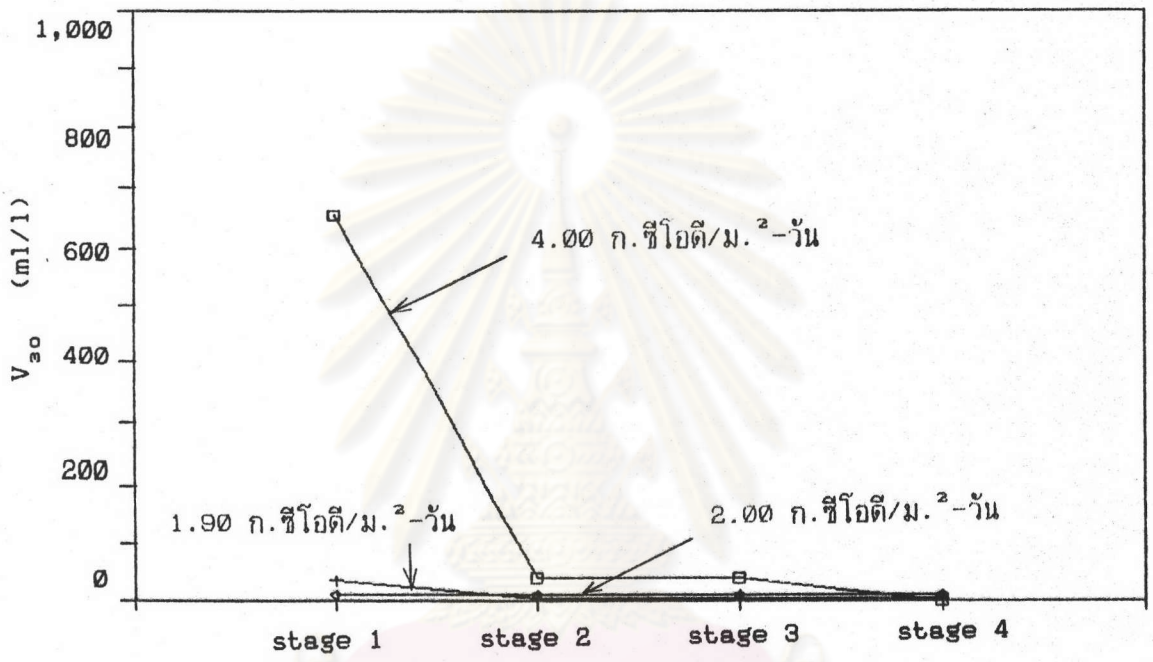



รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงของ $V_{30}$ ที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1
( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

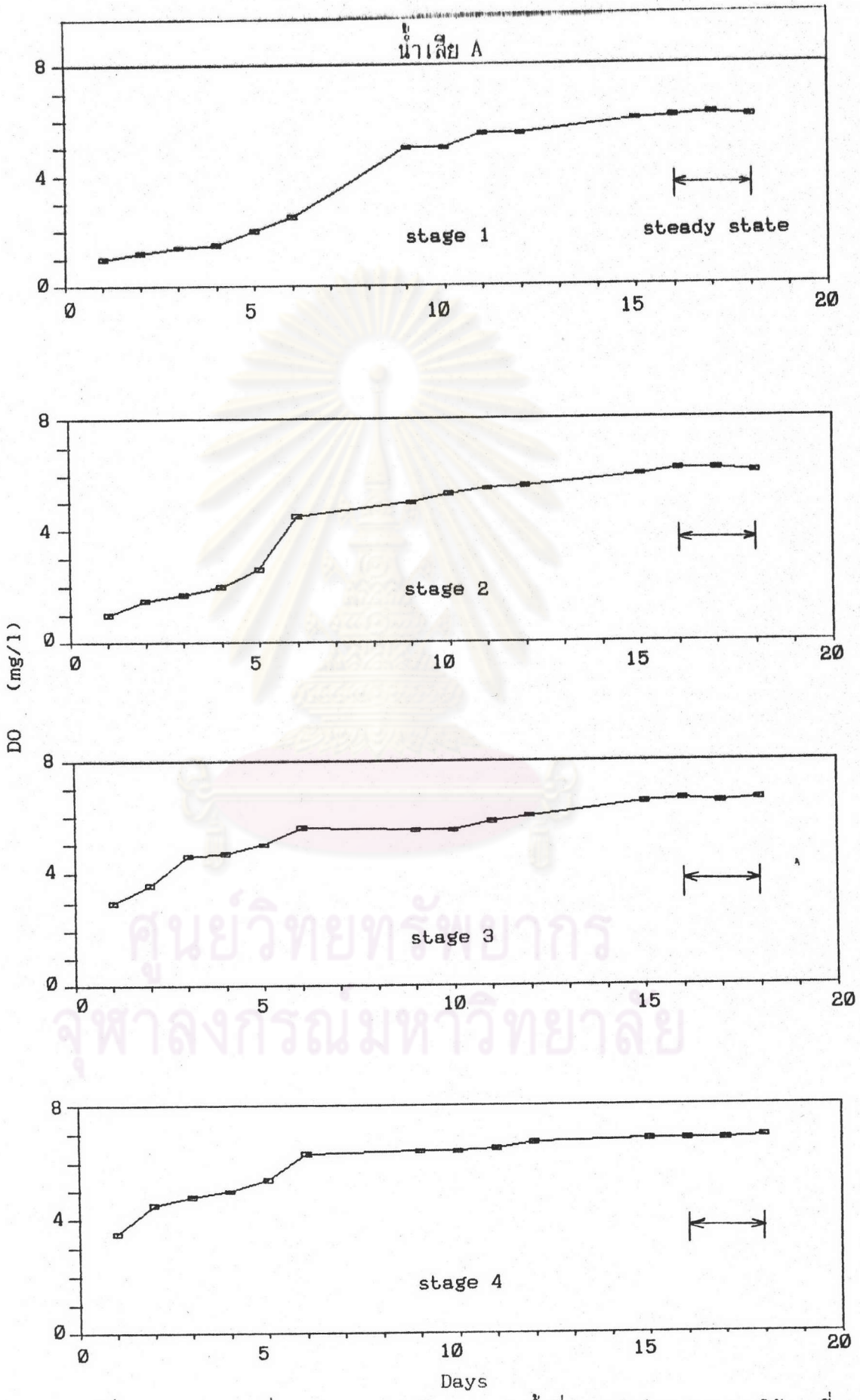



รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงของ $V_{30}$ ที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2



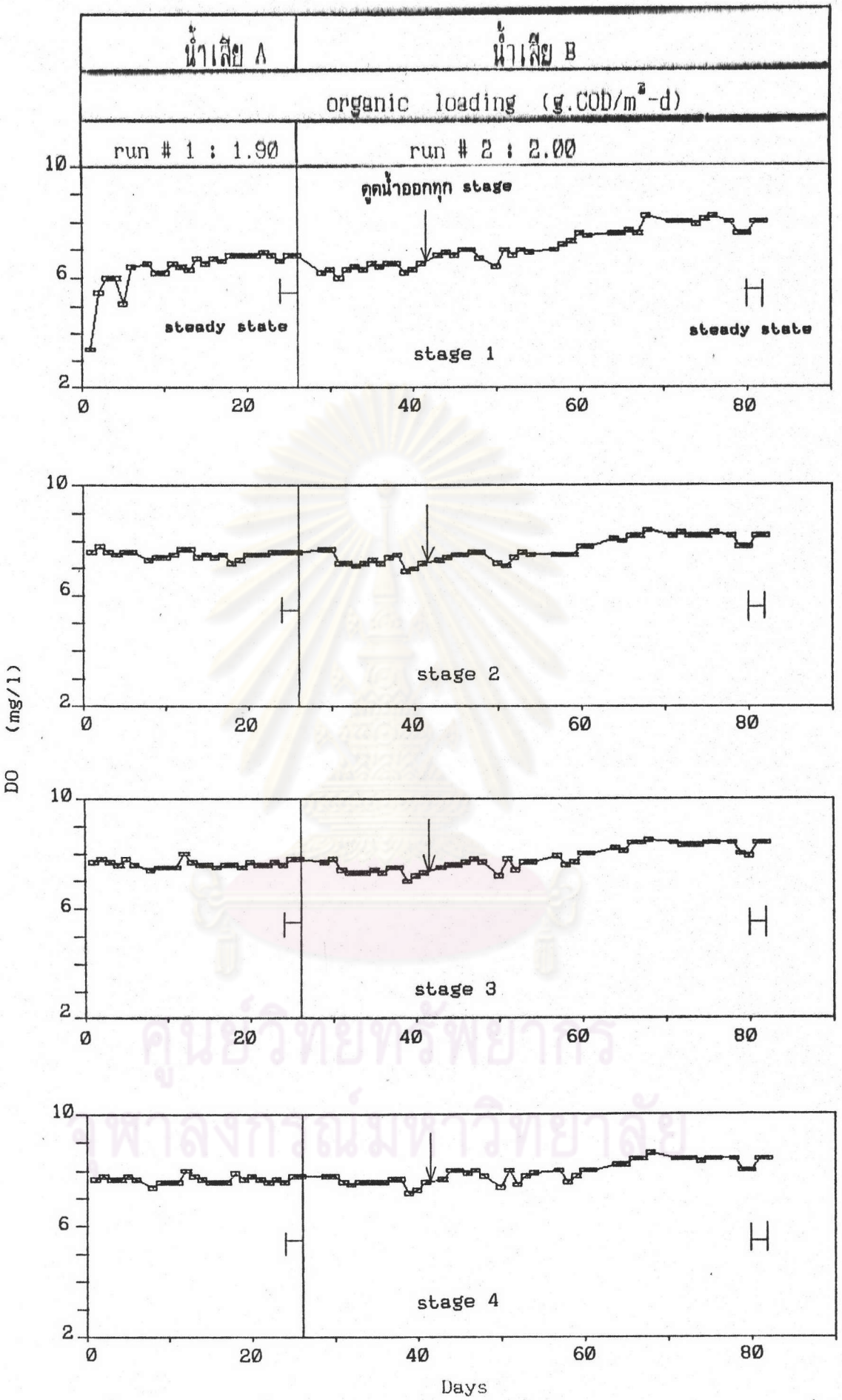

รูปที่ 5.18 ค่า $V_{30}$ ที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

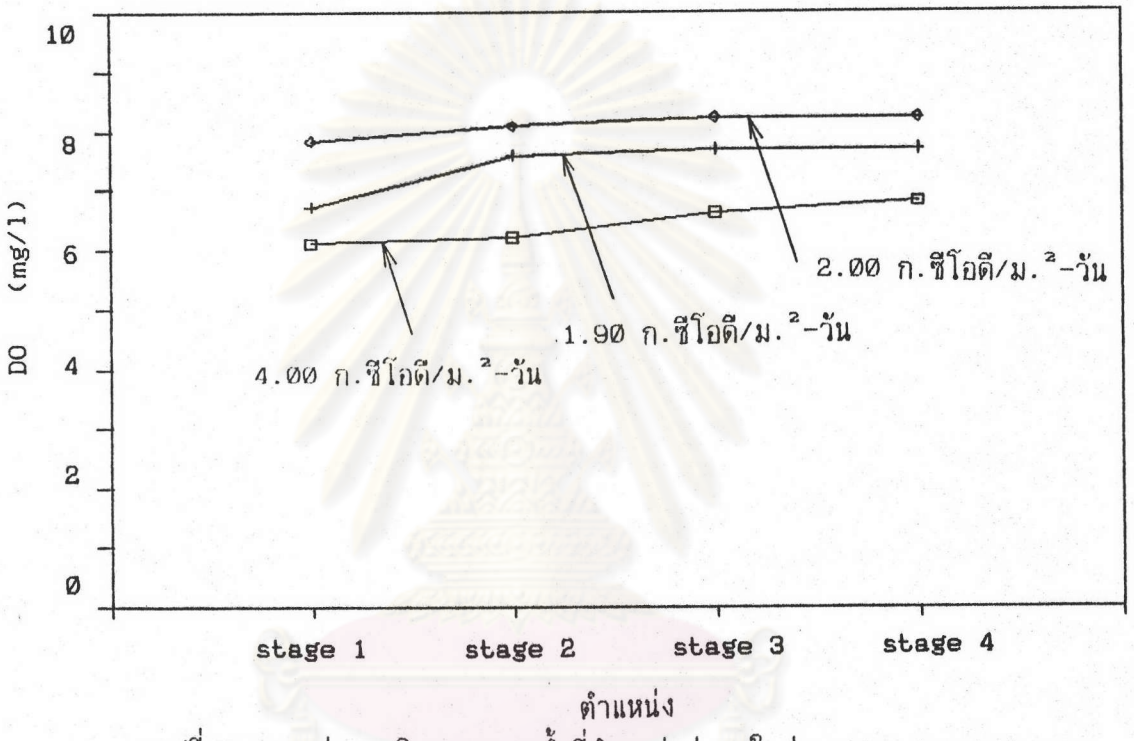



รูปที่ 5.19 การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1 ( การทดลองที่ 1 ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.20 การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2




รูปที่ 5.21 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 ค่า $V_{so}$ ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | $V_{so}$ (มล./ล.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | 655 | 40 | 40 | 0 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 35 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | B | 2.00 | 10 | 10 | 10 | 10 |

ตารางที่ 5.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | 6.10 | 6.20 | 6.60 | 6.80 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 6.70 | 7.60 | 7.70 | 7.70 |
| | 2 | B | 2.00 | 7.85 | 8.10 | 8.25 | 8.25 |

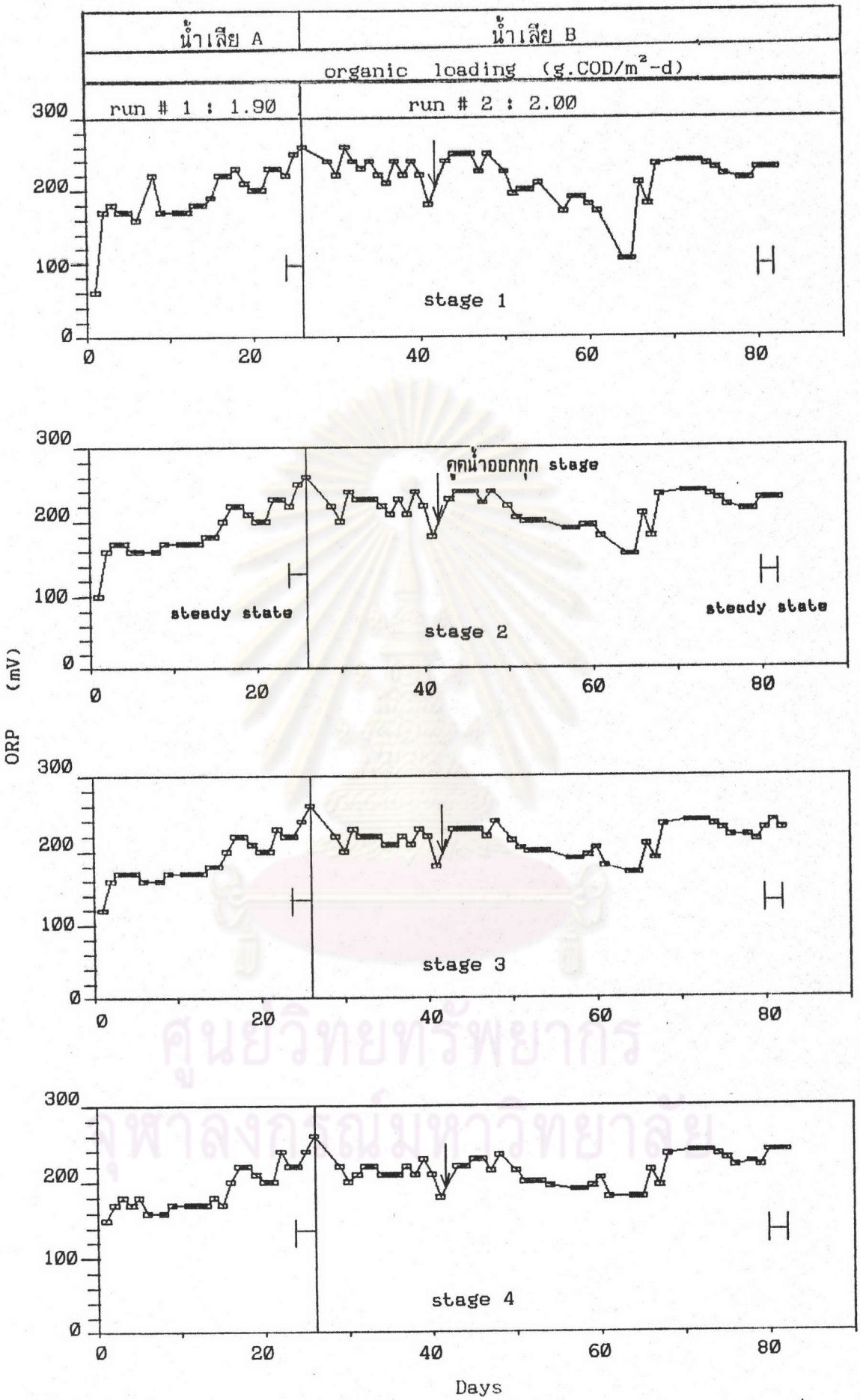
- 8.25 มก./ล.) เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของไบโอดรัมที่ความเร็วขอบ 15.83 ม./นาที ทำให้เกิด การกวนผสม (mixing) ได้ดี และมีอัตราการถ่ายเทออกซิเจนสูง

5.3.1.6 โออาร์พี

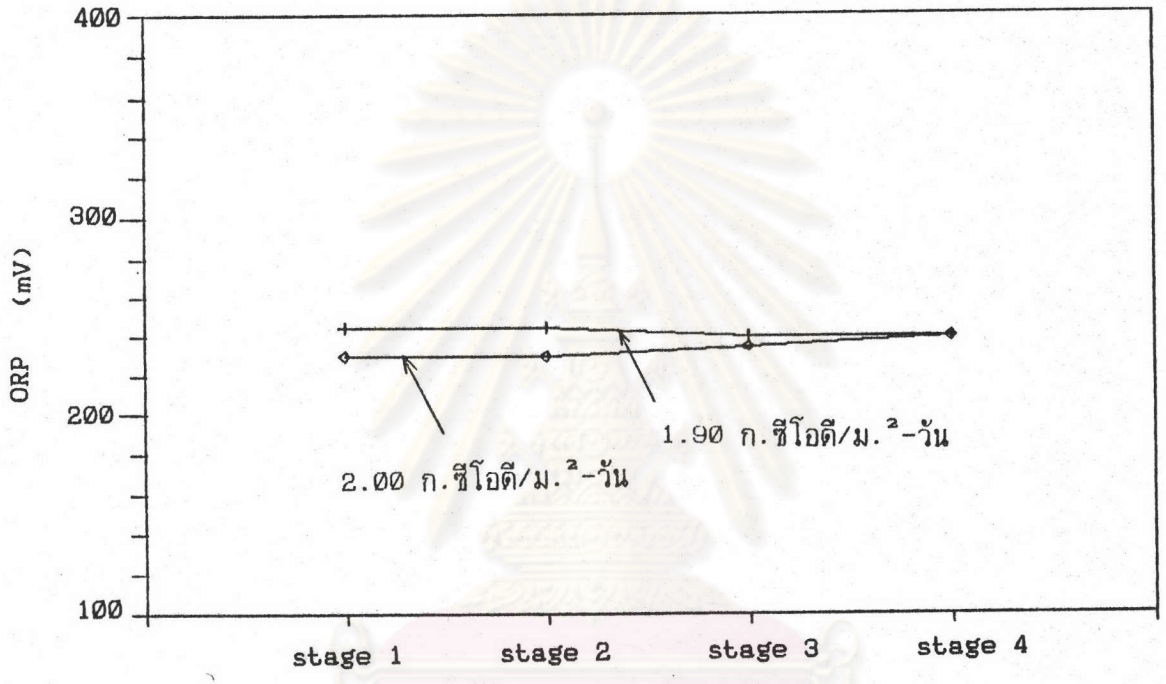
โดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระบบกำจัดน้ำเสีย มักเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน หรือเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน จากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง หรือกล่าวได้ว่า เป็นผลรวมของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน) และปฏิกิริยารีดักชัน (ปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน) โดยความสามารถในการให้และรับอิเลคตรอนระหว่างปฏิกิริยาทั้งสอง หรือความแตกต่างทางด้านศักยภาพอาจวัดได้ด้วยค่าออกซิเดชัน - รีดักชันโพเทนเชียล หรือที่เรียกสั้นๆว่า โออาร์พี

ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำเสียจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอน (reducing agent) และเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (oxidizing agent) ซึ่งจะออกซิไดซ์สารอินทรีย์ให้มีพลังงานลดลง ดังนั้นจึงเป็นการปรับสภาพน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น อนึ่งสำหรับระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนนี้ อัตราส่วนระหว่างสารรับอิเล็กตรอนต่อสารให้อิเล็กตรอนจะมีค่าสูง นั่นคือศักยไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะมีค่าบวกมากกว่า แต่ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน อัตราส่วนดังกล่าวจะมีค่าต่ำ ศักยไฟฟ้าจึงมีแนวโน้มที่จะมีค่าติดลบ

จากรูปที่ 5.22 - 5.23 และตารางที่ 5.8 จะเห็นว่าในการวิจัยชุดที่ 2 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน (สำหรับการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดแรก ซึ่งมีออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ไม่ได้ทำการวัดค่าโออาร์พี) โออาร์พีในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมทุกตอนมีค่าสูงใกล้เคียงกัน หรือเท่ากันในถังปฏิกิริยาบางตอน และมีค่าเป็นบวกตลอด เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าออกซิเจนละลายน้ำในรูปที่ 5.19 - 5.20 และตารางที่ 5.7 จะเห็นว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำและโออาร์พีมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกัน กล่าวคือเมื่อออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงโออาร์พีก็จะมีค่าสูงและเป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยาในระบบเกิดขึ้นได้ดี และอยู่ในสภาวะมีออกซิเจนอย่างสมบูรณ์ ส่วนการทดลองที่ 1 ของการวิจัยชุดที่ 1 แม้ว่าไม่ได้ทำการวัดค่าโออาร์พีก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาจากค่าออกซิเจนละลายน้ำซึ่งมีค่าสูง ก็สามารถบอกได้ว่าปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน เกิดขึ้นได้ดี และระบบอยู่ในสภาวะมีออกซิเจนอย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกัน




รูปที่ 5.22 การเปลี่ยนแปลงของโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 2




รูปที่ 5.23 ค่าโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆในช่วง steady state

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

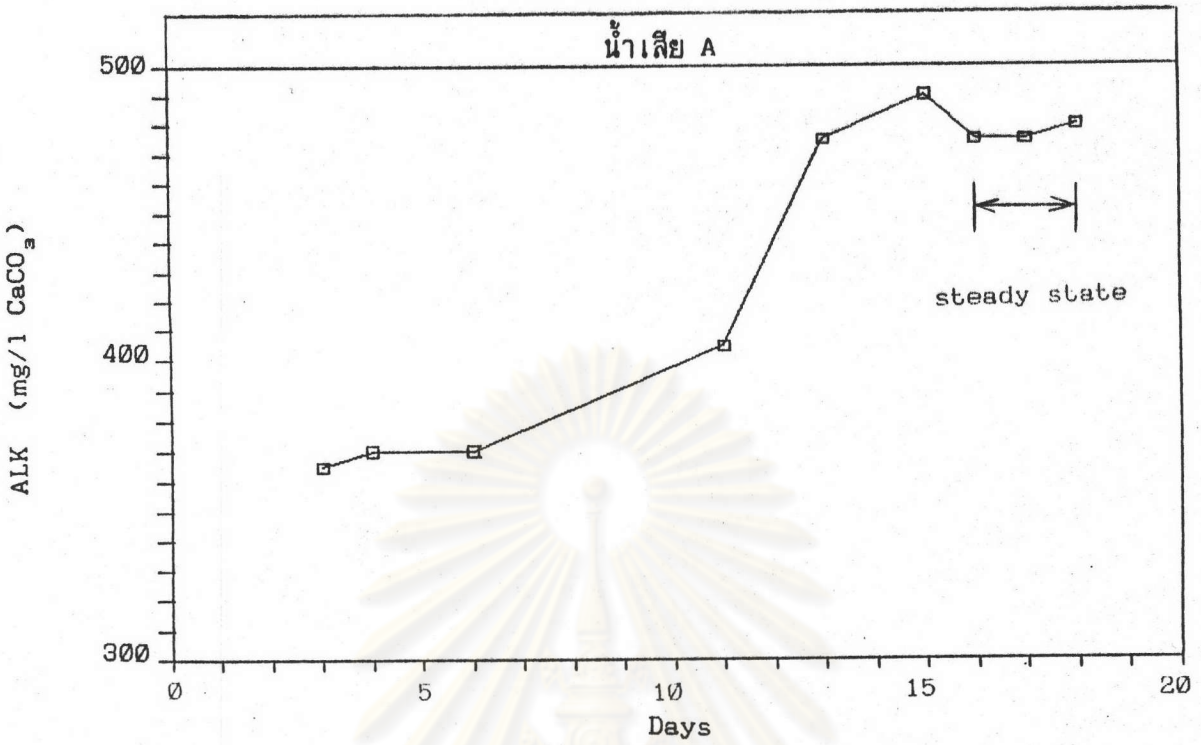
5.3.1.7 <u>ความเป็นด่างรวม</u>

รูปที่ 5.24 , 5.25 และ 5.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบไบโอดรัม ส่วนตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.25 แสดงค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของการทดลองทั้ง 3 ในช่วง steady state

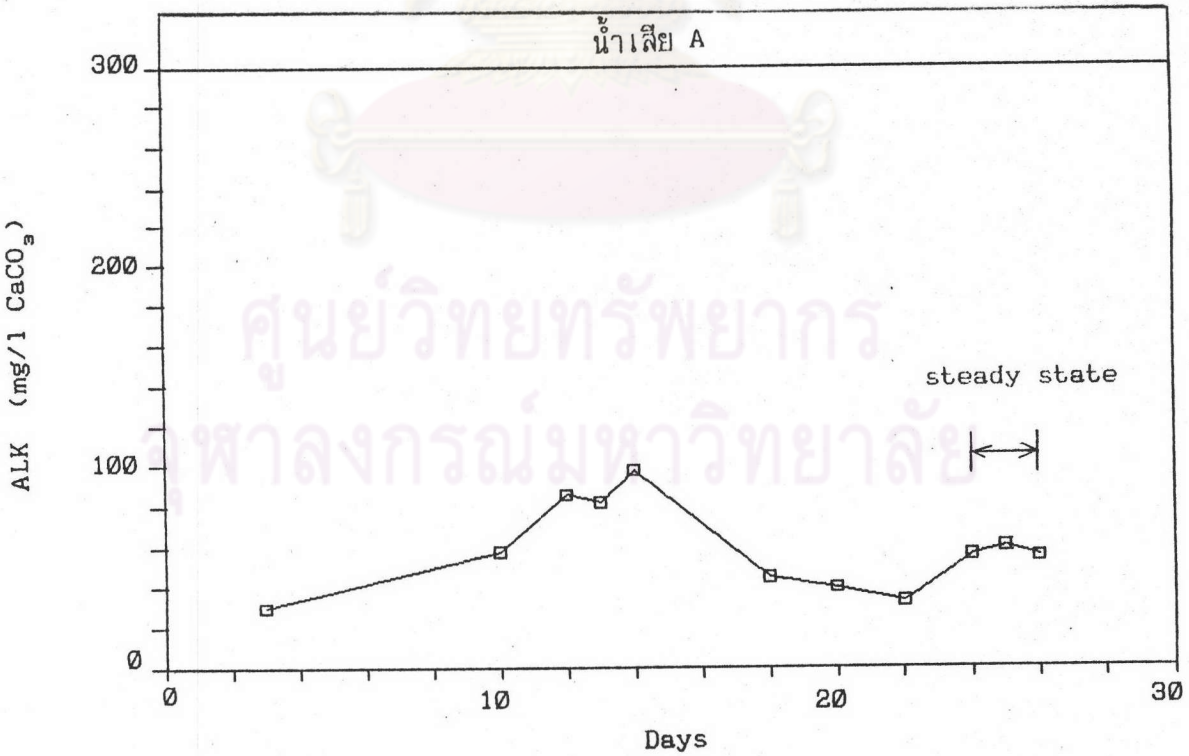
จากผลการทดลองดังกล่าว จะเห็นว่าค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งจะแปรผันตามกับระดับออร์แกนิคโหลดดิงที่เข้าสู่ระบบ กล่าวคือที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงกว่า จะมีความเป็นด่างรวมสูงกว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่ำกว่า เนื่องจากที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงกว่ามีการเติมยูเรีย เป็นอาหารเสริมให้แก่ระบบในปริมาณที่มากกว่า ทำให้เกิด แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตได้มากกว่า จึงทำให้ความเป็นด่างรวมสูงกว่า และในการวิจัยชุดที่ 2 ซึ่งมีระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกันคือ 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน แต่ใช้น้ำเสียต่างชนิดกันนั้น พบว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มีค่าความเป็นด่างรวมสูงกว่า ทั้งนี้คาดว่าเนื่องมาจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มีปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสอยู่มากเกินพอ โดยไม่ต้องเติมฟอสฟอรัสเป็นอาหารเสริมให้แก่จุลชีพในระบบอีก และปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสที่มีอยู่มากเกินพอนี้ ก็ช่วยเป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ระบบได้เป็นอย่างดี จึงทำให้ค่าความเป็นด่างรวมสูงกว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน

ค่าความเป็นด่างรวมนี้ จะเป็นตัวแปรที่บอกถึงกำลังบัฟเฟอร์ (buffer capacity) ของระบบ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่าพีเอช ซึ่งเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของจุลชีพในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

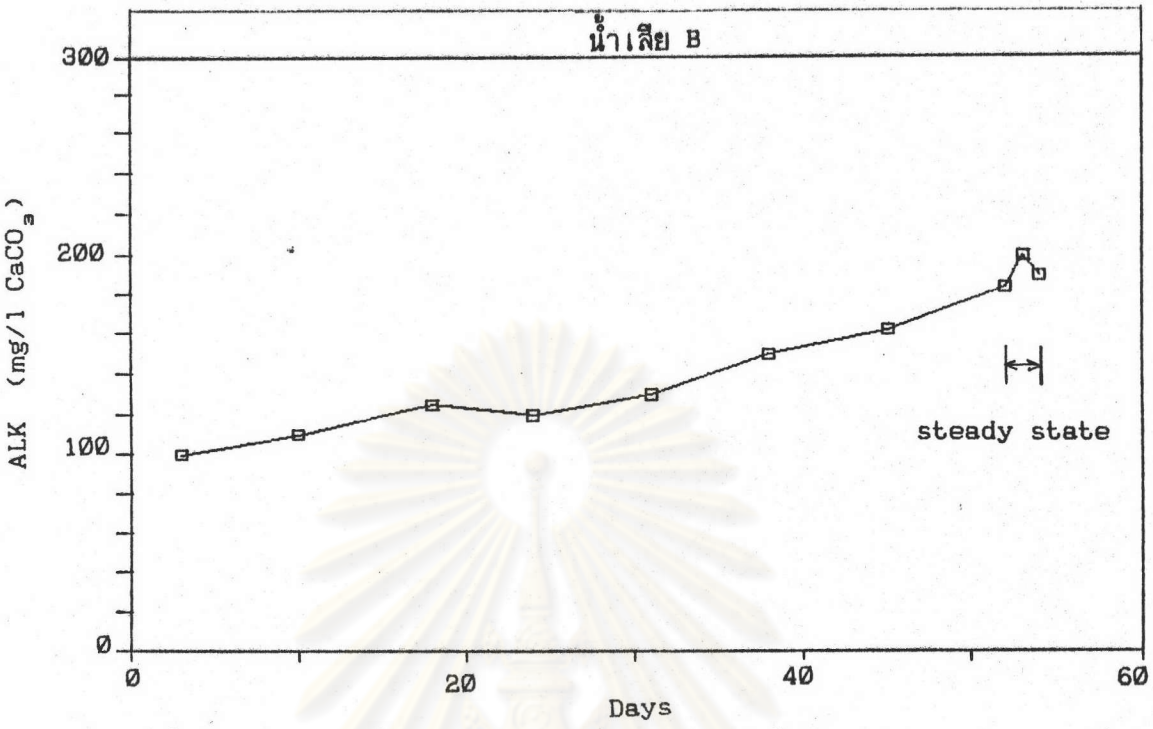



รูปที่ 5.24 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งสุดท้ายของการวิจัยชุดที่ 1
( ที่ออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

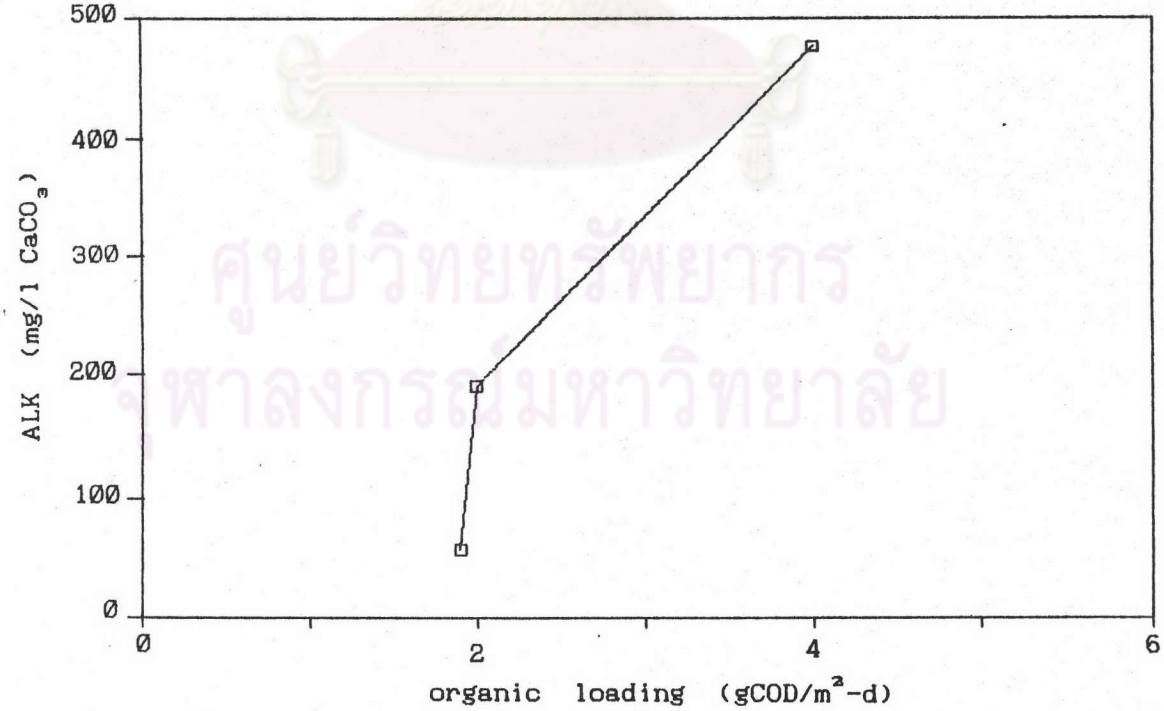



รูปที่ 5.25 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งสุดท้ายของการวิจัยชุดที่ 2
( ที่ออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.26 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งสุดท้ายของการวิจัยชุดที่ 2 ( ที่ออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน )




รูปที่ 5.27 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งสุดท้ายที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ค่าโออาร์พีภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆ ในช่วง steady state

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม.$^2$-วัน) | โออาร์พี (มิลลิโวลท์) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ตอนที่ 1 | ตอนที่ 2 | ตอนที่ 3 | ตอนที่ 4 |
| 1 | 1 | A | 4.00 | - | - | - | - |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 245 | 245 | 240 | 240 |
| | 2 | B | 2.00 | 230 | 230 | 235 | 240 |

ตารางที่ 5.9 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆในช่วง steady stat

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม$^2$.-วัน) | ความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้ง (มก./ล. $CaCO_3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | A | 4.00 | 477 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 57 |
| | 2 | B | 2.00 | 191 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3.1.8 เจลดัลไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัส (N และ P)

โดยปกติน้ำเสียที่มีสารอาหาร เช่น N และ P อย่างเพียงพอก็ไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารให้แก่น้ำเสียก่อนเข้าระบบอีก แต่เมื่อใดที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีสารอาหารพวก N และ P ไม่เพียงพอ จะมีผลให้แบคทีเรียทำงานได้ไม่เต็มที่ ระบบที่น้ำเสียเข้ามีสารอาหาร N และ P ครบถ้วน จะมีเสถียรภาพดีกว่าระบบที่น้ำเสียเข้าขาดสารอาหาร N และ P ซึ่งนอกจาก N และ P จะเป็นสารอาหารให้แก่แบคทีเรียแล้ว N และ P ในส่วนที่เหลือจากความต้องการของแบคทีเรียจะเป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ระบบ ตารางที่ 5.10 แสดงค่า COD , N และ P ในถังปฏิกิริยาตอนที่ 1 และ 4 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่างๆในช่วง steady state จากตารางจะเห็นว่ายังมีสารอาหาร N และ P เหลืออยู่ในถังปฏิกิริยา แสดงว่าอัตราส่วนของ COD : N : P ที่เติมให้แก่ระบบคือ 100 : 2.5 : 0.5 สำหรับน้ำเสียจากโรงงานผลไม้แช่อิ่มและอบแห้ง และ 100 : 2.5 : 0 สำหรับน้ำเสียจากโรงงานผลิตลูกกวาดและยานั้น ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่น้อยกว่าอัตราส่วนของ COD : N : P ที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน คือ 100 : 5 : 1 เป็นอัตราส่วนที่พอเพียงแก่ความต้องการของจุลชีพในระบบ ดังนั้นจะเห็นว่าจุลชีพในระบบไบโอดรัมต้องการอาหารเสริมเพียงเล็กน้อยในการดำรงชีวิต ทำให้ระบบนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับค่าอาหารเสริมสร้างน้อย แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียด้วย

ตารางที่ 5.10 ค่า COD , N และ P ในระบบไบโอดรัม ที่ช่วง steady state

| การวิจัยชุดที่ | การทดลองที่ | ชนิดน้ำเสีย | ออร์แกนิคโหลดดิง (ทั้งระบบ) (ก.ซีโอดี /ม².-วัน) | COD:N:P ที่เติมให้แก่ระบบ | จุดเก็บตัวอย่าง | COD (มก./ล.) | N (มก./ล.) | P (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | A | 4.00 | 100:2.5:0.5 | ตอนที่ 1 | 74 | 85.9 | 5.6 |
| | | | | | ตอนที่ 4 | 40 | 15.7 | 3.8 |
| 2 | 1 | A | 1.90 | 100:2.5:0.5 | ตอนที่ 1 | 35 | 5.1 | 6.4 |
| | | | | | ตอนที่ 4 | 27 | 4.3 | 4.6 |
| | 2 | B | 2.00 | 100:2.5:0 | ตอนที่ 1 | 40 | 10.1 | 5.7 |
| | | | | | ตอนที่ 4 | 29 | 6.8 | 3.1 |

จากผลการวิจัยของการทดลองทั้ง 3 ดังที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปเป็นหัวข้อใหญ่ๆได้ดังนี้

1. ค่าออกซิเจนละลายน้ำในระบบไบโอดรัมมีค่าสูงมาก (อยู่ในช่วง 6.1 - 8.2 มก./ล.) จากตอนที่ 1 - 4 ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนให้แก่ระบบ และการกวนผสม โดยการหมุนรอบตัวเองของไบโอดรัมที่ความเร็วขอบ 15.83 ม./วินาที มีค่าสูง และเนื่องจากการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในไบโอดรัมตอนที่ 1 ดังนั้นจึงเหลือสับสเตรตเพียงเล็กน้อยเข้าสู่ไบโอดรัมตอนหลังๆ ไบโอดรัมตอนหลังๆจึงแทบไม่มีการกำจัดสับสเตรตเลย จุลชีพใช้ออกซิเจนในการหายใจเท่านั้น ค่าตัวแปรเปลี่ยนตามต่างๆเช่น พีเอช , ออกซิเจนละลายน้ำ และโออาร์พี ในไบโอดรัมตอนหลังจึงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือมีค่าเท่ากันในไบโอดรัมทั้ง 4 ตอน

2. จากการที่การกำจัดซีโอดีของระบบจะเกิดขึ้นในไบโอดรัมตอนที่ 1 เป็นส่วนใหญ่ คือไม่ต่ำกว่า 98 % และค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากไบโอดรัมตอนที่ 1 มีค่าต่ำ เมื่อน้ำเสียไหลผ่าน ตอนที่ 2 , 3 และ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น (ประมาณ 1 %) จะเห็นว่าไบโอดรัมตอนหลัง ๆ แทบไม่มีบทบาทในการกำจัดสารอินทรีย์เลย แต่ในสภาวะที่มีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป หรือในช่วงที่มี peak load เข้าสู่ระบบ ไบโอดรัมตอนหลัง ๆ จะมีส่วนช่วยในกำจัดสารอินทรีย์มากขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักน้ำในระบบให้นานขึ้น ทำให้จุลชีพชั้นสูงเช่น โรติเฟอร์ , หนอน เกิดได้มากขึ้น ซึ่งจุลชีพพวกนี้จะช่วยกำจัดจุลชีพชั้นต่ำกว่า เช่น โปรโตซัว , แบคทีเรีย จึงทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบใส มีปริมาณตะกอนแขวนลอยต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีไบโอดรัมตอนหลัง ๆ ไว้เพื่อเป็น safety factor ให้แก่ระบบ

3. ระบบไบโอดรัมมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงมาก น้ำทิ้งใส และ มีปริมาณตะกอนแขวนลอยต่ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานของระบบ โดยการเปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิงในช่วง 1.90 - 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและตัวแปรเปลี่ยนตามอื่นๆ คือ พีเอช , ตะกอนแขวนลอย , $V_{30}$ , ออกซิเจนละลายน้ำ และโออาร์พีเลย นั่นคือระบบไบโอดรัมน่าจะมีความสามารถในการรับออร์แกนิคโหลดดิงได้สูงกว่า 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน

5.3.2 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลของการวิจัยที่เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง (การทดลองที่ 2 และ 3 ของการวิจัยชุดที่1)

5.3.2.1 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของทั้ง 2 การทดลองในการวิจัยชุดที่ 1 นี้ คือ การทดลองที่ 2 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และการทดลองที่ 3 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน จะแยกกล่าวถึงตัวแปรเปลี่ยนตามทีละตัวดังนี้

1. พีเอช

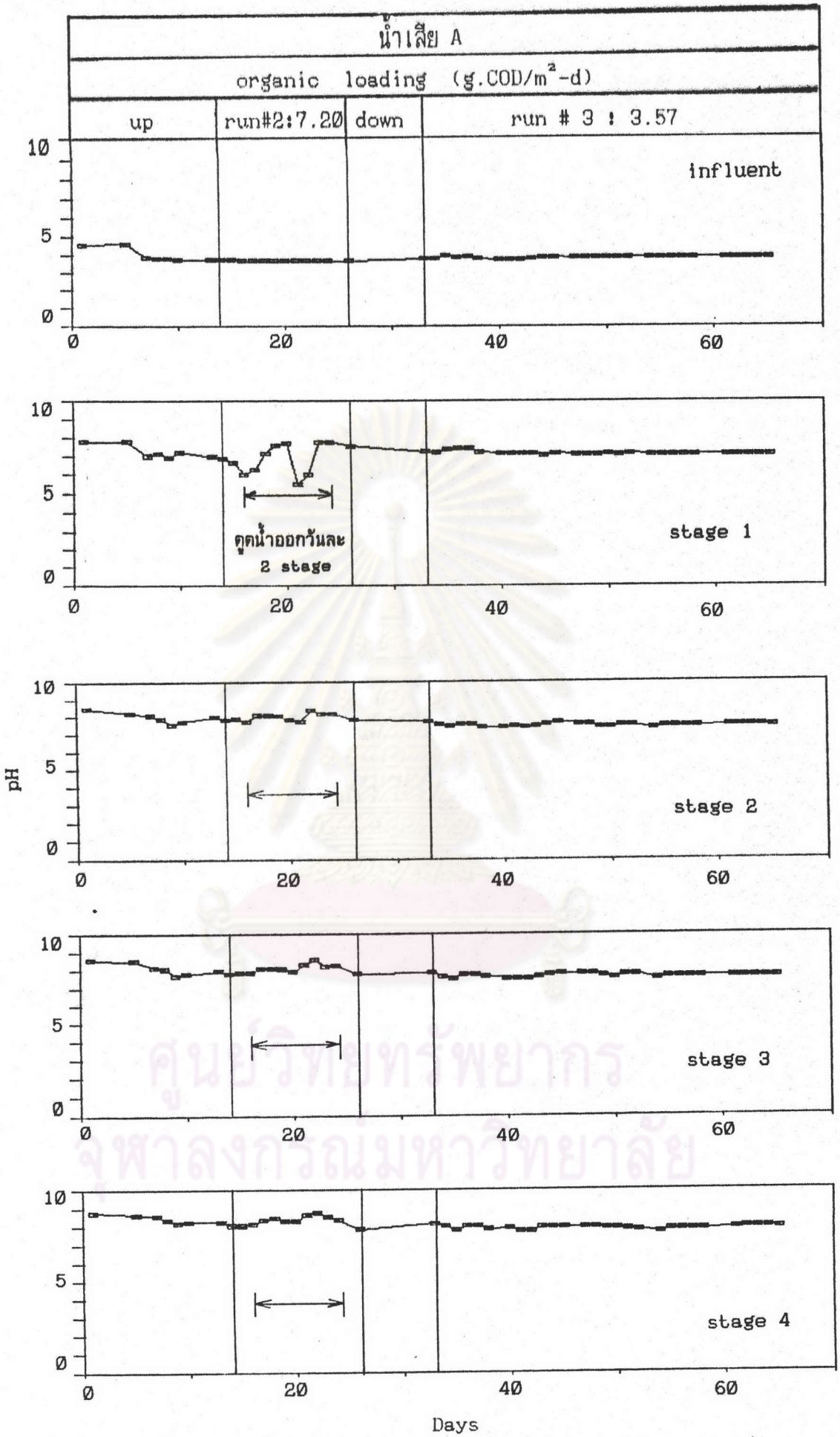
จากผลการทดลอง พบว่าค่าพีเอชในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 4 เช่นกัน และมีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมของทั้ง 3 การทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 5.3.1 ซึ่งค่าพีเอชในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ดังแสดงในรูปที่ 5.28

2. ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

ผลการทดลองปรากฏว่า ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี /ตร.ม.-วัน ค่าซีโอดีในไบโอดรัมตอนแรกมีค่าสูง (สูงถึง 900 มก./ล.) แต่ในไบโอดรัมตอนที่ 2 , 3 , 4 และน้ำทิ้ง ซีโอดีมีค่าต่ำใกล้เคียงกัน (28-96 มก./ล.) ส่วนที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ค่าซีโอดีในไบโอดรัมทุกตอนมีค่าต่ำใกล้เคียงกัน (12-60 มก./ล.) ดังแสดงในรูปที่ 5.29 - 5.30 และเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ปรากฏว่าระบบไบโอดรัม มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีได้สูงถึง 99 % เช่นเดียวกับการทดลองอื่นๆ ที่มีระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่ำกว่า

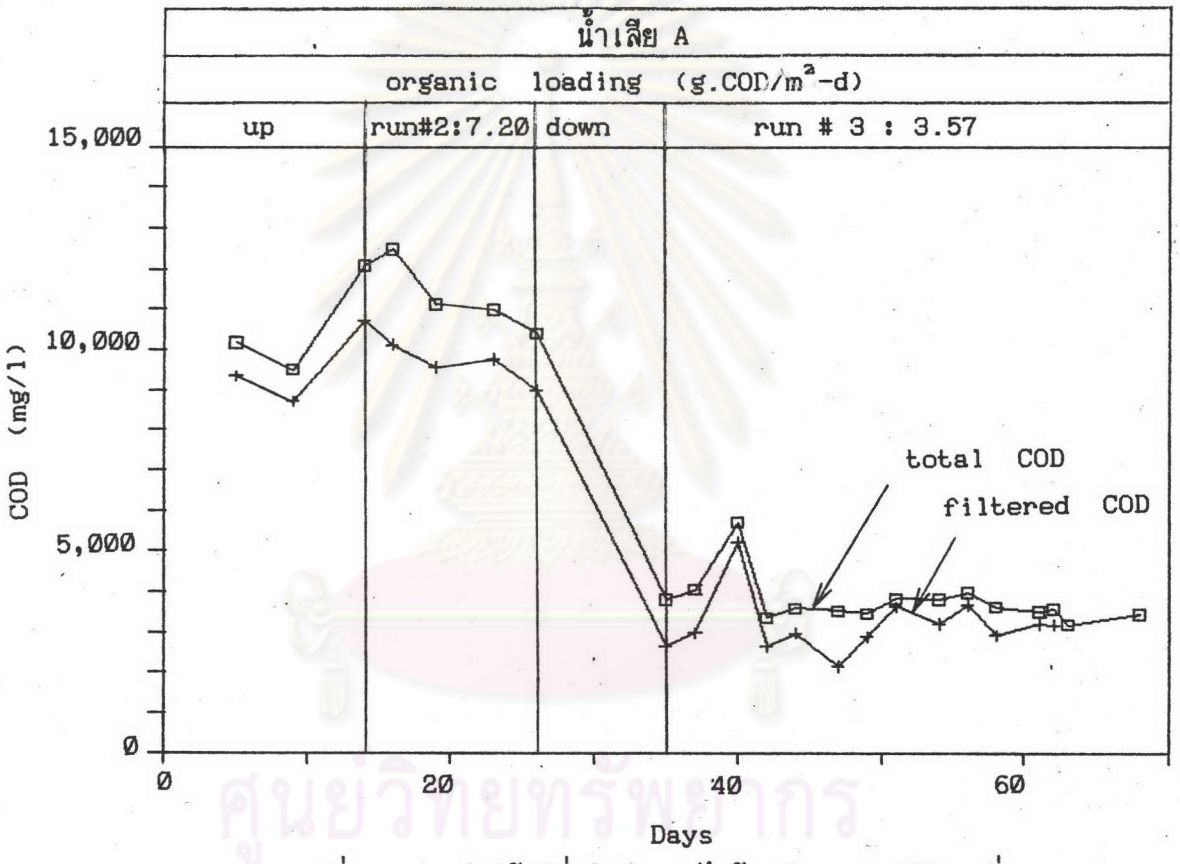
3. ตะกอนแขวนลอย

จากรูปที่ 5.31 จะเห็นว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมทุกตอน และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าสูงใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจากตอนที่ 1-4 และน้ำทิ้งตามลำดับ น้ำในถัง



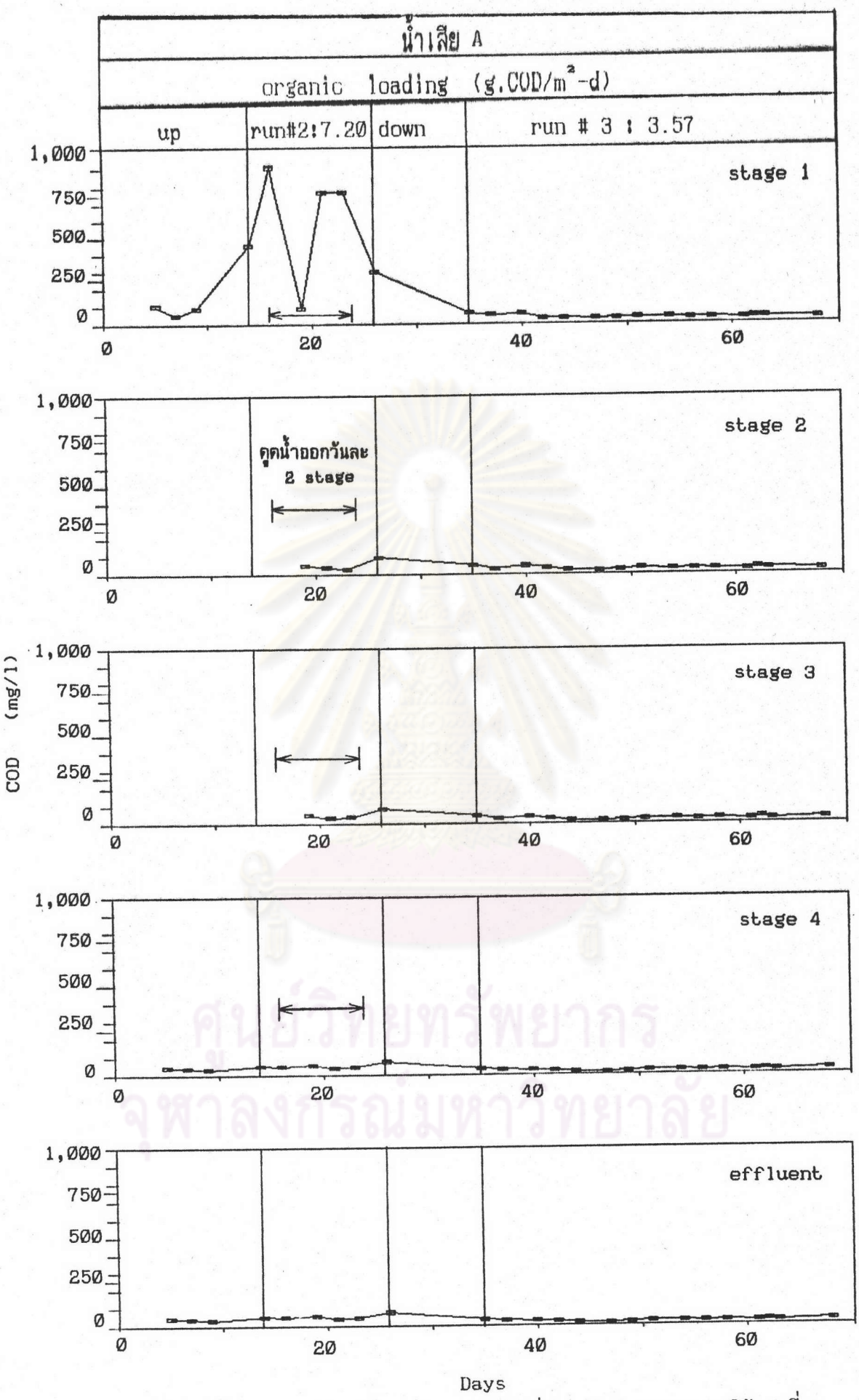

รูปที่ 5.28 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



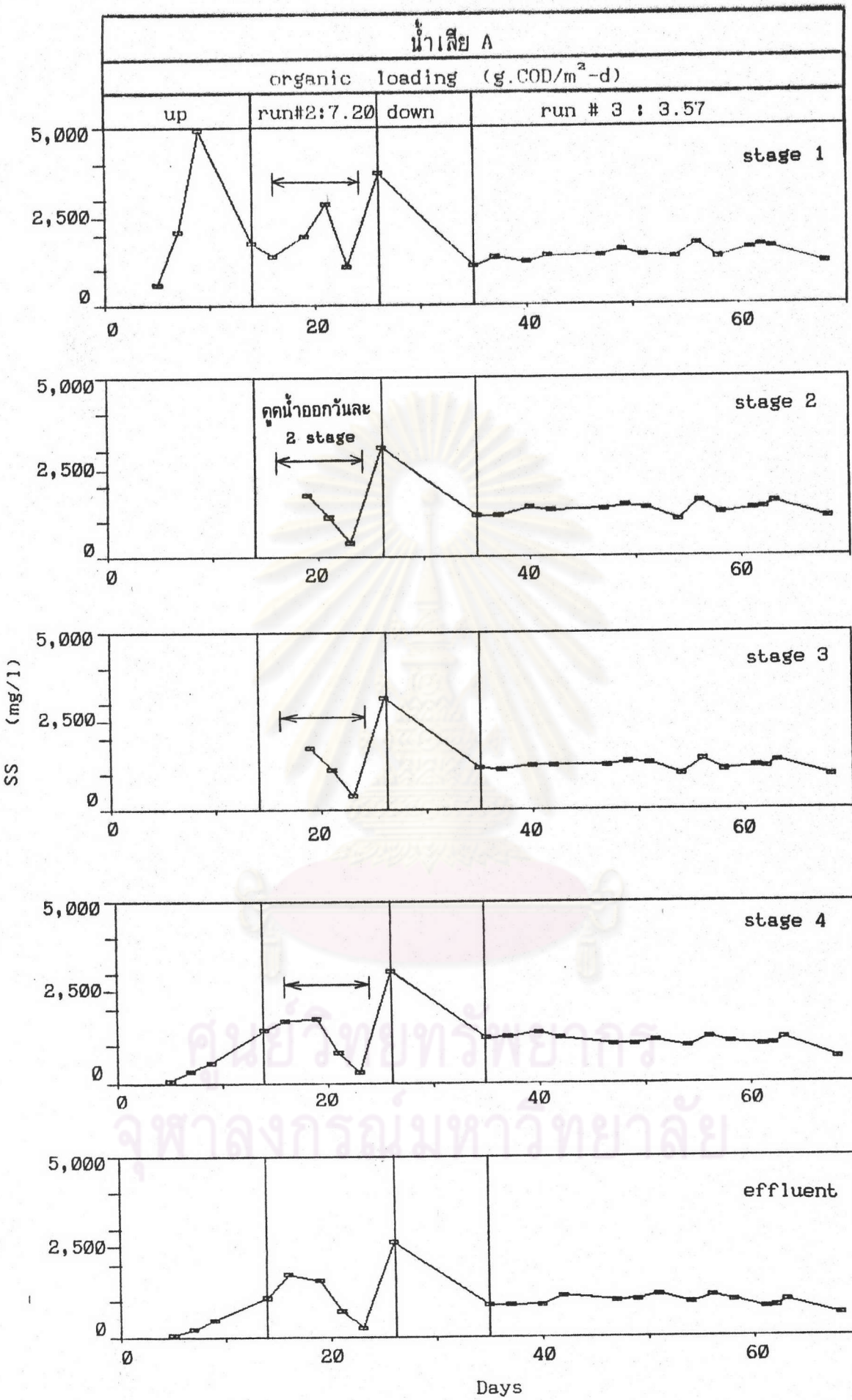

รูปที่ 5.29 ค่าซีโอดีที่เข้าสู่ระบบไบโอดรัมของการวิจัยชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.30 การเปลี่ยนแปลงของซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.31 การเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1

ปฏิกิริยาทุกตอน และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบขุ่น โดยเฉพาะในถังปฏิกิริยา 2 ตอนแรกมีกลิ่นเน่าเหม็น ส่วนที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกริยาไบโอดรัมทุกตอนและน้ำทิ้งมีค่าสูงใกล้เคียงกัน

เมื่อนำตะกอนแขวนลอยของทั้ง 2 การทดลองนี้ ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีแบคทีเรียแบบเส้นใยมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่นๆ และมีปริมาณมากใกล้เคียงกันในถังปฏิกิริยาทั้ง 4 ตอน

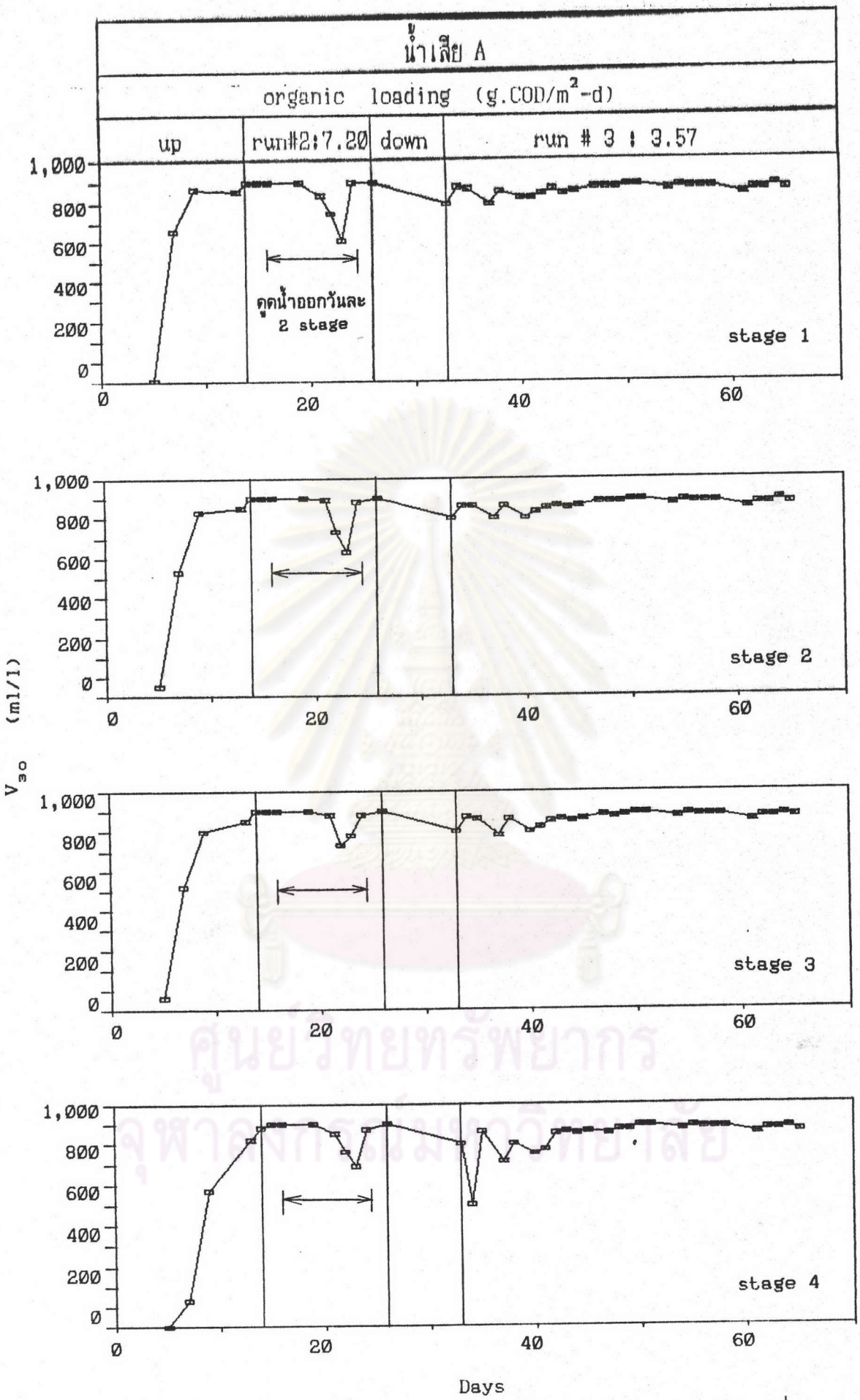
4. $\underline{V_{30}}$

จากรูปที่ 5.32 จะเห็นว่าทั้ง 2 การทดลองนี้ $V_{30}$ ในถังปฏิกิริยาทุกตอนมีค่าสูงใกล้เคียงกัน แสดงว่าตะกอนแขวนลอยไม่สามารถตกได้ดี ซึ่งในการทดลองที่ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ได้ทำการแก้ไขปัญหานี้โดยในช่วงวันที่ 3-11 ของการทดลอง ได้ดูดน้ำในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมออกทิ้งสลับกันวันละ 2 ตอน แล้วเติมน้ำประปาลงไปแทน เพื่อลดปริมาณตะกอนแขวนลอยทำให้ค่า $V_{30}$ ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อหยุดทำการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีดังกล่าว ค่า $V_{30}$ ก็กลับสูงขึ้นเหมือนเดิม เพราะการหลุดของฟิล์มชีว และอัตราการเกิดจุลชีพแขวนลอยสูง

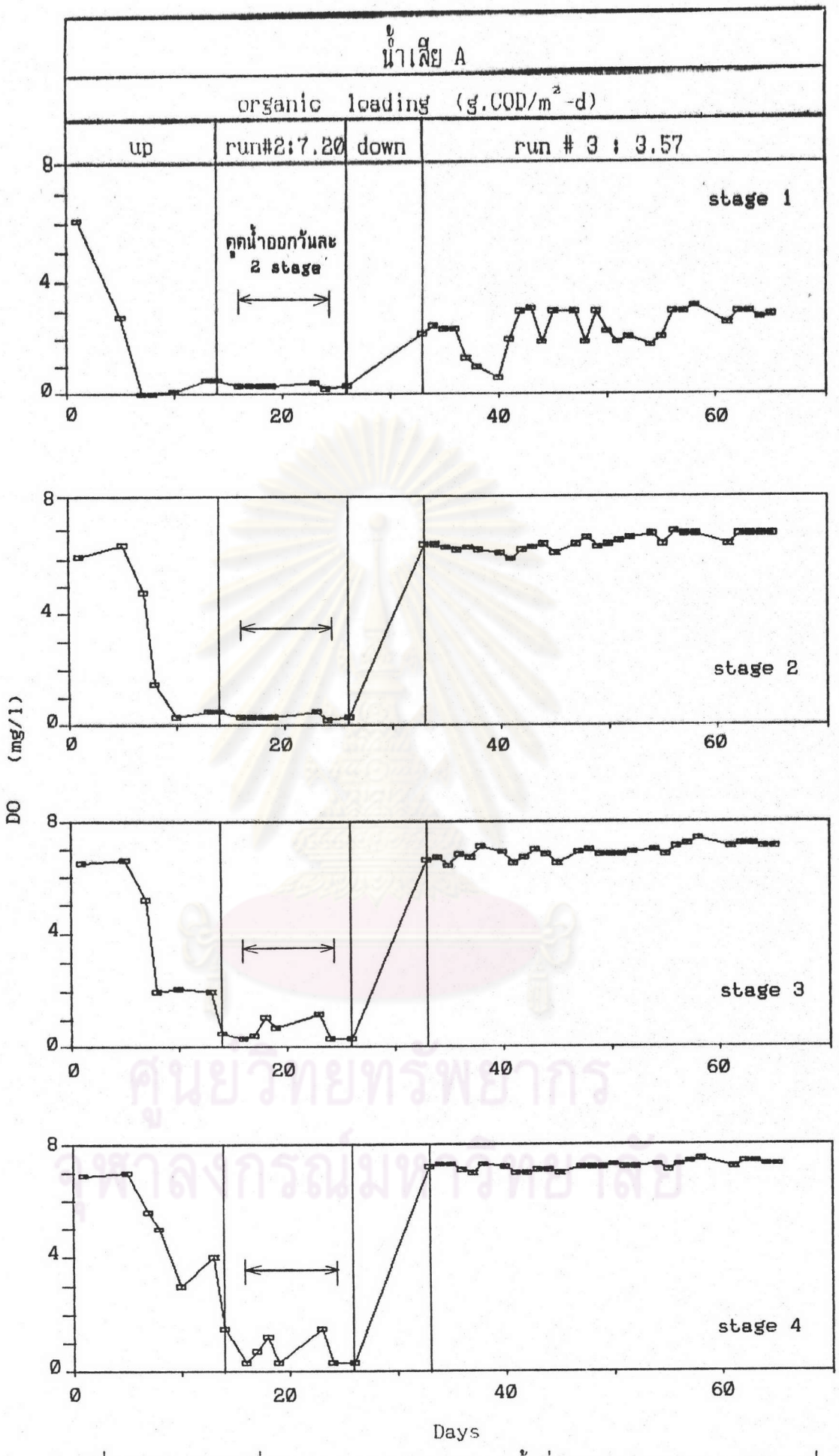
5. <u>ออกซิเจนละลายน้ำ</u>

ผลการทดลอง พบว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกิริยาไบโอดรัม ตอนที่ 1 และ 2 มีค่าต่ำมาก (0.2-0.5 มก./ล.) ส่วนในถังปฏิกิริยาตอนที่ 3 และ 4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าเกิดสภาวะการขาดแคลนออกซิเจนขึ้นในระบบ

สำหรับที่ออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ออกซิเจนละลายน้ำในถังปฏิกิริยาทุกตอนมีค่าสูงขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากถังปฏิกิริยาตอนที่ 1 - 4 ตามลำดับ โดยในถังปฏิกิริยา 3 ตอนหลัง ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-7.4 มก./ล. ค่าออกซิเจนละลายน้ำในระบบไบโอดรัมของการทดลองทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 5.33




รูปที่ 5.32 การเปลี่ยนแปลงของ $V_{30}$ ที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1




รูปที่ 5.33 การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1

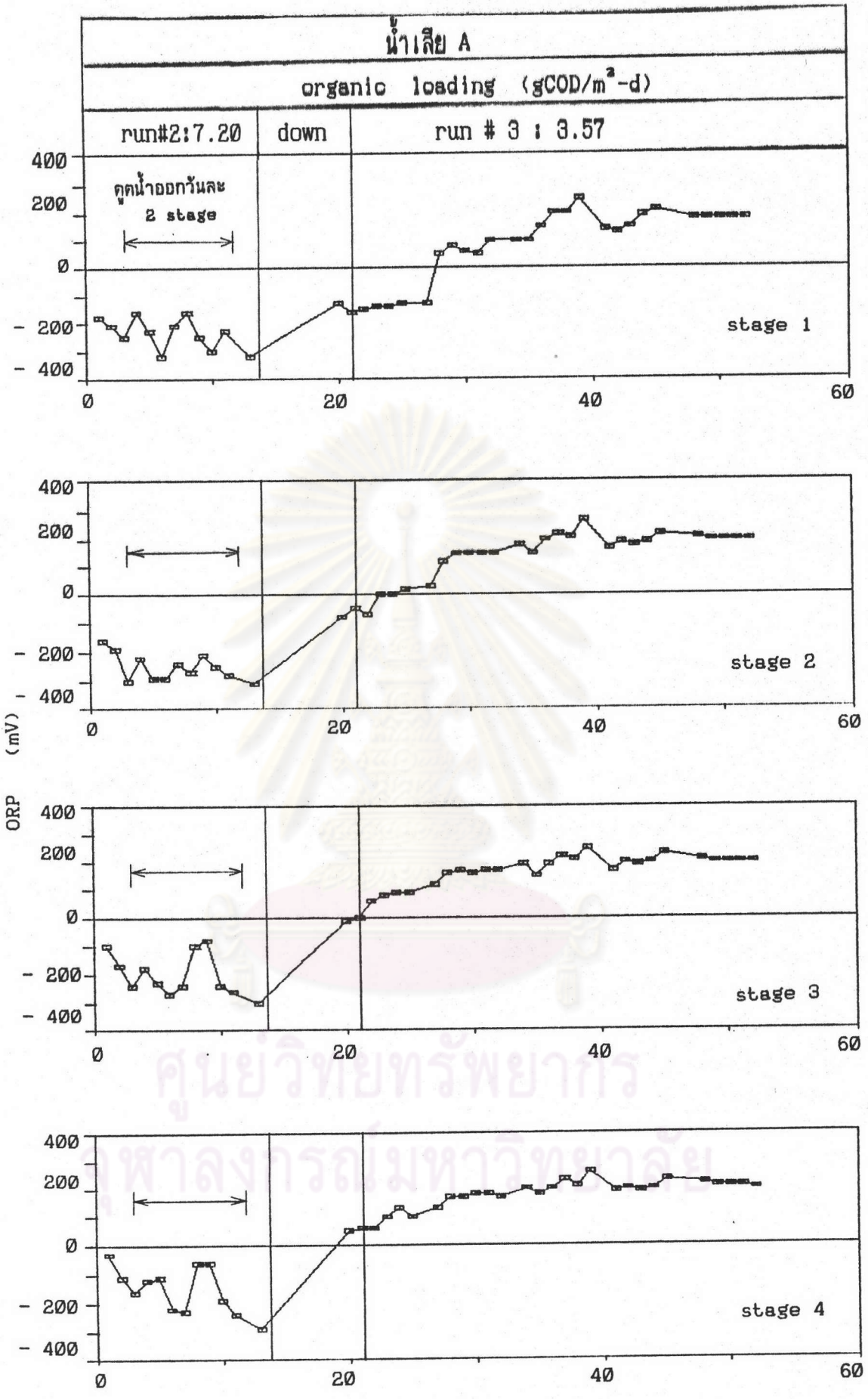
6. โออาร์พี

จากรูปที่ 5.34 จะเห็นว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ค่าโออาร์พีในถังปฏิกิริยาไบโอดรัมทุกตอน มีค่าติดลบ และมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มติดลบน้อยลงในไบโอดรัมตอนหลัง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดสภาวะขาดแคลนออกซิเจนขึ้นในระบบ ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงมีแนวโน้มไปทางปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน ทำให้โออาร์พีมีค่าติดลบ ส่วนที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน โออาร์พีในไบโอดรัมช่วงต้นๆของการทดลอง มีค่าต่ำโดยเฉพาะในไบโอดรัมตอนที่ 1 โออาร์พีมีค่าติดลบ แต่ในช่วงหลังของการทดลอง โออาร์พีมีค่าสูงขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกันในถังปฏิกิริยาทุกตอน

จากผลการทดลองดังที่กล่าวมา เมื่อพิจารณาจากค่า $V_{30}$ และค่าตะกอนแขวนลอยในระบบซึ่งมีค่าสูงจะเห็นว่าทั้ง 2 การทดลองที่มีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน นี้ เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง (bulking sludge) โดยเฉพาะที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ยังมีตัวแปรเปลี่ยนตามที่บ่งชี้ถึงสภาพผิดปกติของระบบ คือค่าออกซิเจนละลายน้ำ และโออาร์พี กล่าวคือออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำมาก และโออาร์พีมีค่าติดลบตลอด ซึ่งสาเหตุของการเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงนี้ จะได้แยกกล่าวถึงทีละการทดลองดังนี้

5.3.2.2 การเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงของการทดลองที่ 2 ในการวิจัยชุดที่ 1 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 60 ชั่วโมง

ในการทดลองนี้ ได้ทำการเพิ่มระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน จากการทดลองที่ 1 มาเป็น 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน (และลดเวลาเก็บกักน้ำจาก 120 ชม. ลงเหลือ 60 ชม.) ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นจากเดิมเกือบ 2 เท่า โดยเฉพาะในไบโอดรัมตอนที่ 1 ได้รับออร์แกนิคโหลดดิงสูงสุด คือได้รับออร์แกนิคโหลดดิงมากเป็น 4 เท่าของออร์แกนิคโหลดดิงที่คิดต่อทั้งระบบ (over all) นั่นคือไบโอดรัมตอนแรกได้รับออร์แกนิคโหลดดิง 28.8 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ซึ่งสูงกว่าค่าออร์แกนิคโหลดดิงของอาร์บีซีตอนแรก สำหรับน้ำเสียจากชุมชน ที่จะไม่ทำให้เกิดสภาวะการมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไปขึ้น ซึ่ง Francis L.Evans III ได้แนะนำไว้ใน EPA Design Information Report (15) คือออร์แกนิคโหลดดิงสำหรับอาร์บีซีตอนแรกไม่ควรเกิน 17.6 ก.บีโอดี$_5$/ตร.ม.-วัน ซึ่งเมื่อเทียบเป็นค่าซีโอดีแล้วจะมีค่าประมาณ 25.1 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน




รูปที่ 5.34 การเปลี่ยนแปลงของโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆของการวิจัยชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(โดยคิดค่าบีโอดี$_5$ เป็น 70 % ของซีโอดี) ดังนั้นจึงเกิดสภาวะการมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไปขึ้นในระบบไบโอดรัม ทำให้จุลชีพพวกฟิล์มชีวไม่สามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบได้ทัน จึงมีสารอินทรีย์เหลือเฟือให้จุลชีพแขวนลอยมาช่วยย่อยสลายและเพิ่มปริมาณมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำส่วนใหญ่ถูกจุลชีพดึงไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จนเกือบหมด จึงเกิดภาวะไร้ออกซิเจน หรือขาดแคลนออกซิเจนขึ้นในระบบ ดังจะเห็นได้จากค่าของออกซิเจนละลายน้ำซึ่งมีค่าต่ำมาก ซึ่งอัตราการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ระบบ โดยอาศัยการหมุนรอบตัวเองของไบโอดรัมนั้น ไม่สามารถให้ออกซิเจนได้มากเพียงพอแก่ความต้องการออกซิเจนของจุลชีพในระบบ ฟิล์มชีวในไบโอดรัมตอนที่ 1 ซึ่งมีปริมาณหนามากจึงเกิดสภาวะไร้ออกซิเจนขึ้น ฟิล์มชีวเหล่านี้จึงตายและเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีดำ มีกลิ่นเน่าเหม็นและหลุดออกจากไบโอดรัม ค่าซีโอดีในไบโอดรัมตอนที่ 1 ก็สูงขึ้นผิดปกติ ฟิล์มชีวที่หลุดลอกออกมานี้และจุลชีพแขวนลอยในระบบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียเส้นใย เพราะในภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำต่ำ หรือเกิดการขาดแคลนออกซิเจนนี้ แบคทีเรียแบบเส้นใยสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อค เนื่องจาก แบคทีเรียแบบเส้นใยนั้นมีพื้นที่ผิวต่อเซลล์มากกว่าแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อค มันจึงสามารถดึงออกซิเจนไปใช้ได้มากกว่า จากการที่มีแบคทีเรียแบบเส้นใยมากเกินไปในระบบ จึงทำให้การตกตะกอนเป็นไปได้ไม่ดี $V_{30}$ มีค่าสูง เพราะแบคทีเรียแบบเส้นใยจะประสานกันเป็นร่างแห พยุงแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อคไว้ไม่ให้ตกตะกอน ดังนั้นจึงเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงขึ้นดังกล่าว ซึ่งลักษณะการเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงนี้ จะเกิดขึ้นในไบโอดรัมตอนแรกก่อน แล้วจึงเกิดต่อเนื่องไปในไบโอดรัมตอนหลัง ๆ อย่างรวดเร็วจนครบทั้ง 4 ตอน

เมื่อระบบเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง และอยู่ในสภาพขาดแคลนออกซิเจน แต่ก็ยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงเช่นเดิม (99 %) เนื่องจากจุลชีพในระบบมีการปรับตัวให้ดำรงชีวิตอยู่ในภาวะมีออกซิเจนละลายน้ำต่ำนี้ได้ กล่าวคือจุลชีพมีการปรับตัวและคัดเลือกพันธุ์ จนเหลือแบคทีเรียแบบเส้นใยเป็นจุลชีพหลักในระบบ ซึ่งในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำต่ำ แบคทีเรียแบบเส้นใยสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบจึงเป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน อัตราส่วนระหว่างออกซิเจนซึ่งเป็นสารรับอิเล็กตรอนต่อสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารให้อิเล็กตรอนมีค่าต่ำลง โออาร์พีจึงมีค่าติดลบ

ในการทดลองนี้ตัวแปรหลักที่เป็นตัวบ่งชี้ความล้มเหลว ของระบบไบโอดรัม ก็คือ $V_{30}$ , ตะกอนแขวนลอย , ออกซิเจนละลายน้ำ และโออาร์พี ซึ่งสาเหตุของความล้มเหลวนี้ ก็เนื่องมาจากใช้ระดับออร์แกนิคโหลดดิ้งสูงเกินไป จึงเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงขึ้น

อนึ่ง เมื่อพิจารณาดูจากค่าตัวแปรเปลี่ยนตามต่างๆ ที่วัดในช่วงที่มีการเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิง จาก 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน มาเป็น 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ดังในรูปที่ 5.28 - 5.34 ทำให้คาดคะเนได้ว่าระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงสุดที่สามารถใช้ได้ คือ 6.0 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน (2.4 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน) โดยที่ระบบไบโอดรัมยังสามารถทำงานได้อย่างปกติ และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูง โดยคิดจากค่าซีโอดีรวมของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ในวันที่ 9 ในช่วงเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิง ซึ่งใช้อัตราการไหลของน้ำเสีย 4 ลิตร/วัน และได้ใช้ค่าซีโอดีรวมและอัตราการไหลของน้ำเสียค่านี้ ต่อไปอีก 4 วัน แล้วจึงเข้าสู่การทดลองที่ 2 ซึ่งมีออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน เมื่อเพิ่มระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงเกิน 6.0 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ระบบจะมีปัญหาตะกอนจมไม่ลงเกิดขึ้น

5.3.2.3 <u>การเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงของการทดลองที่ 3 ในการวิจัยชุดที่ 1 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 40 ชั่วโมง</u> (เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 ในการวิจัยชุดที่ 1 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 120 ชั่วโมง)

ในการทดลองนี้ ได้ใช้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1 แต่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำต่างกันโดยใช้น้ำเสียชนิดเดียวกัน กล่าวคือการทดลองที่ 3 นี้ใช้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 40 ชั่วโมง ส่วนการทดลองที่ 1 มีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน และเวลาเก็บกักน้ำนานกว่า คือ 120 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3.57 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน การทำงานของระบบไบโอดรัมล้มเหลว เพราะเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง โดยพิจารณาจากค่า $V_{30}$ และตะกอนแขวนลอยในระบบซึ่งมีค่าสูงมาก ต่างกับที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 4.00 ก.ซีโอดี/ตร.ม.-วัน ซึ่งระบบสามารถทำงานได้ดี $V_{30}$ และตะกอนแขวนลอยในระบบมีค่าต่ำ น้ำทิ้งใส และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยเพียงเล็กน้อย ส่วนตัวแปรอื่นๆ คือ พีเอช , ซีโอดี , ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 2 การทดลอง

สาเหตุของการเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง ในการทดลองที่ 3 นี้ เนื่องจากการทดลองนี้ได้ทำการเดินระบบต่อเนื่องจากการทดลองที่ 2 ที่มีระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี / ตร.ม.-วัน ซึ่งระบบทำงานล้มเหลว เพราะเกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงเช่นเดียวกัน ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3.2.2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 ก.ซีโอดี /ตร.ม.-วัน มีปริมาณจุลชีพในระบบสูงมากทั้งจุลชีพแขวนลอยและฟิล์มชีวที่สะสมอยู่ในไบโอดรัม

ซึ่งจุลชีพเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแบบเส้นใย เมื่อเปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิง โดยไม่ได้ทำการล้างไบโอดรัมเพื่อกำจัดจุลชีพเหล่านี้ออกจากระบบ จุลชีพเหล่านี้ก็ยังคงค้างอยู่ในระบบ เมื่อลดระดับออร์แกนิคโหลดดิงต่ำกว่าเดิม ถึงแม้จุลชีพในระบบสามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ทัน ปริมาณออกซิเจนที่ถูกดึงไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง ระบบจึงสามารถปรับตัว และฟื้นจากสภาวะการขาดแคลนออกซิเจน กลับเป็นสภาวะมีออกซิเจนอย่างสมบูรณ์เหมือนเดิม แต่กระนั้นแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อคก็ไม่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้ทันแบคทีเรียแบบเส้นใย เพราะแบคทีเรียแบบเส้นใยเป็นจุลชีพหลักที่มีอยู่เดิมในระบบ และในสภาวะที่มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำลงนี้ แบคทีเรียแบบเส้นใยก็ยังสามารถแย่งอาหารไปใช้ได้มาก และรวดเร็วกว่าแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อค แบคทีเรียแบบสร้างฟล้อคจึงไม่มีโอกาสเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณได้ทันแบคทีเรียแบบเส้นใย นอกจากนี้ยังมีการหลุดลอกของฟิล์มชีวออกจากไบโอดรัม แบคทีเรียแบบเส้นใยจึงยังแขวนลอยอยู่เป็นจุลชีพหลักของระบบ ทำให้เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงดังกล่าว ดังนั้นการที่ระบบไบโอดรัมได้รับน้ำเสียชนิดเดียวกัน ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน แต่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำต่างกัน ระบบจะสามารถทำงานได้ดีหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับการมีสภาวะเริ่มต้นของการทดลองที่ดีอีกด้วย

สภาพความล้มเหลวของการทดลองที่ 2 และ 3 นี้ มีลักษณะที่เหมือนกันก็คือค่าตะกอนแขวนลอยและ $V_{30}$ สูง และต่างก็เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง เนื่องจากแบคทีเรียแบบเส้นใยเช่นเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุลชีพในระบบ มีทั้งฟิล์มชีว และจุลชีพแขวนลอย ดังนั้นทั้งๆที่การทดลองทั้งสองนี้เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลง แต่ก็ยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงเหมือนเดิม เพราะมีทั้งฟิล์มชีวและจุลชีพแขวนลอยช่วยกันย่อยสลายสารอินทรีย์ ฉะนั้นในกรณีของทั้ง 2 การทดลองนี้ การทำงานของระบบไบโอดรัมจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างจุลชีพแขวนลอยและฟิล์มชีว

นอกจากนี้สาเหตุสำคัญประการหนึ่ง ที่อาจมีผลทำให้เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 7.20 และ .3.57 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน คือการที่น้ำเสียมีพีเอชต่ำ และไม่ได้มีการปรับพีเอชก่อนทำการทดลอง ซึ่งในสภาวะที่น้ำเสียมีพีเอชต่ำนี้จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อค แต่แบคทีเรียแบบเส้นใยสามารถทนต่อสภาวะเช่นนี้ได้ดีกว่าแบคทีเรียแบบสร้างฟล้อค จึงยังดำรงชีวิตอยู่ได้และเพิ่มปริมาณมากขึ้น จนมีผลทำให้เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงขึ้นได้ดังกล่าว

5.3.3 <u>เปรียบเทียบการทำงานของระบบไบโอดรัม ในการวิจัยชุดที่ 2 เมื่อใช้น้ำเสียต่างชนิดกัน ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกัน และเวลาเก็บกักน้ำเท่ากัน (1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน,60 ชั่วโมง)</u>

จากรูปที่ 5.14 และ 5.17 จะเห็นว่าการทดลองที่ 2 ของการวิจัยชุดที่ 2 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน ซึ่งมีการเปลี่ยนชนิดน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย จากน้ำเสียของโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มและอบแห้ง เป็นน้ำเสียจากโรงงานผลิตลูกกวาดและยา ค่าตะกอนแขวนลอย และ $V_{30}$ ในถังปฏิกิริยาไบโอดรัม จะมีค่าสูงในช่วงต้นๆของการทดลอง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการปรับตัวของจุลชีพในระบบ เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำเสียชนิดใหม่ได้ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3.1.4 ส่วนตัวแปรอื่นๆ คือ พีเอช , ซีโอดี , ออกซิเจนละลายน้ำและโออาร์พี มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1 ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน ซึ่งใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มและอบแห้ง เช่นเดียวกับการวิจัยชุดแรก

ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย ภายใต้ระดับออร์แกนิคโหลดดิงใกล้เคียงกันและเวลาเก็บกักน้ำเท่ากัน (1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน ,60 ชั่วโมง) ระบบไบโอดรัมก็ยังสามารถทำงานได้ดี และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงเช่นเดิม โดยที่จุลชีพในระบบต้องการระยะเวลาช่วงหนึ่ง เพื่อปรับตัวให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำเสียชนิดใหม่นี้ เพราะถึงแม้น้ำเสียจะต่างชนิดกัน แต่ก็ยังมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักเหมือนกัน จุลชีพจึงสามารถปรับตัวให้คุ้นเคยได้ แสดงว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 2.00 ก.ซีโอดี/ม.$^2$-วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 60 ชั่วโมง ระบบไบโอดรัมมีความยืดหยุ่นในการทำงานและสามารถปรับสภาพตัวเองได้ดี ในการรับน้ำเสียต่างชนิดซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักเหมือนกัน ตารางที่ 5.11 แสดงค่าเปรียบเทียบของตัวแปรเปลี่ยนตามต่างๆในการวิจัยชุดที่ 2 ในช่วง steady state

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบค่าตัวแปรเปลี่ยนตามต่างๆในการวิจัยชุดที่ 2 ในช่วง steady state ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 1.90 และ 2.00 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน

| ตำแหน่ง | pH | | COD (mg/l) | | SS (mg/l) | | $V_{sa}$ (ml/l) | | DO (mg/l) | | ORP (mg/l) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ประเภทของน้ำเสีย | | ประเภทของน้ำเสีย | | ประเภทของน้ำเสีย | | ประเภทของน้ำเสีย | | ประเภทของน้ำเสีย | | ประเภทของน้ำเสีย | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| น้ำเข้า | 4.25 | 4.75 | 3,015 | 3,196 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ตอนที่ 1 | 7.50 | 7.95 | 35 | 40 | 105 | 161 | 35 | 10 | 6.70 | 7.85 | 245 | 230 |
| ตอนที่ 2 | 7.85 | 8.15 | 30 | 35 | 89 | 139 | 5 | 10 | 7.60 | 8.10 | 245 | 230 |
| ตอนที่ 3 | 7.85 | 8.20 | 27 | 33 | 75 | 119 | 5 | 10 | 7.70 | 8.25 | 240 | 235 |
| ตอนที่ 4 | 7.85 | 8.25 | 27 | 29 | 69 | 97 | 5 | 10 | 7.70 | 8.25 | 240 | 240 |
| น้ำทิ้ง | - | - | 27 | 28 | 58 | 83 | - | - | - | - | - | - |

หมายเหตุ: A = น้ำเสียจากโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มและอบแห้ง (1.90 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน)
B = น้ำเสียจากโรงงานผลิตลูกกวาดและยา (2.00 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน)

5.3.4 <u>ความเหมาะสมในการนำฝาจุกพลาสติก มาใช้เป็นตัวกลางยึดเกาะสำหรับจุลชีพในระบบไบโอดรัม</u>

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ฝาจุกพลาสติก เป็นตัวกลางสำหรับยึดเกาะของจุลชีพ ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติของตัวกลางดังกล่าวนี้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.5 จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าฝาจุกพลาสติกนี้ มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) สูงมาก คือ 400 ม.$^2$/ม.$^3$ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางแบบแผ่นจาน ที่นิยมใช้กันมากในระบบอาร์บีซี ดังในตารางที่ 5.12 ซึ่งแสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางชนิดต่างๆ ที่เคยใช้ในระบบอาร์บีซี หรือที่มีขายในท้องตลาดโดยบริษัทผู้ผลิตต่างๆ

ตามปกติแล้วตัวกลางแบบแผ่นจานของระบบอาร์บีซี ที่ผลิตขายกันในท้องตลาดโดยบริษัท Autotrol ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งตัวกลางจะมีลักษณะเป็นแผ่นจานที่มีผิวหน้าแบ่งเป็นช่องๆคล้ายรังผึ้ง จะมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ (18)

1. ตัวกลางแบบมาตรฐาน

ตัวกลางแบบมาตรฐาน คือ ตัวกลางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.65 เมตร ประกอบติดอยู่บนเพลายาว 8.2 เมตร และมีพื้นที่ผิว 9,250 ตารางเมตร ส่วนมากนิยมใช้เป็นตัวกลางในตอนแรกๆของอาร์บีซี

2. ตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูง

ตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูงนี้ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.65 เมตร ประกอบติดอยู่บนเพลายาว 8.2 เมตร เช่นกัน แต่มีพื้นที่ผิวสูงกว่าตัวกลางแบบมาตรฐานถึง 50 % คือมีพื้นที่ผิว 13,935 ตารางเมตร ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ผิวนี้ทำได้โดยลดระยะห่างของแผ่นลง 33 % ดังแสดงในรูปที่ 5.35 ตัวกลางแบบนี้นิยมใช้ในตอนกลางๆและตอนท้ายของอาร์บีซี

การที่ตัวกลางที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 400 $ม.^2/ม.^3$ จัดว่าเป็นตัวกลางแบบที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งการที่ตัวกลางมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง จะทำให้มีพื้นที่ผิวสำหรับฟิล์มชีวเกาะได้มากก็ตาม แต่ก็มีผลเสีย โดยเฉพาะเมื่อนำไปใช้ในตอนต้นๆของอาร์บีซี ซึ่งได้รับออร์แกนิคโหลดดิงสูงกว่าอาร์บีซีตอนหลังๆ นั่นคือฟิล์มชีวที่เกาะติดผิวตัวกลาง จะมีปริมาณและความหนาแน่นมากเกินไป ทำให้เกิดการอุดตันบนผิวตัวกลาง และเกิดสภาพแอนแอโรบิคขึ้นในฟิล์มชีวได้ง่ายกว่าปกติ นอกจากนี้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบก็สูงกว่าปกติ เพราะปริมาณฟิล์มชีวที่หลุดออกจากผิวตัวกลาง จะมากกว่าระบบอาร์บีซีโดยทั่วไป

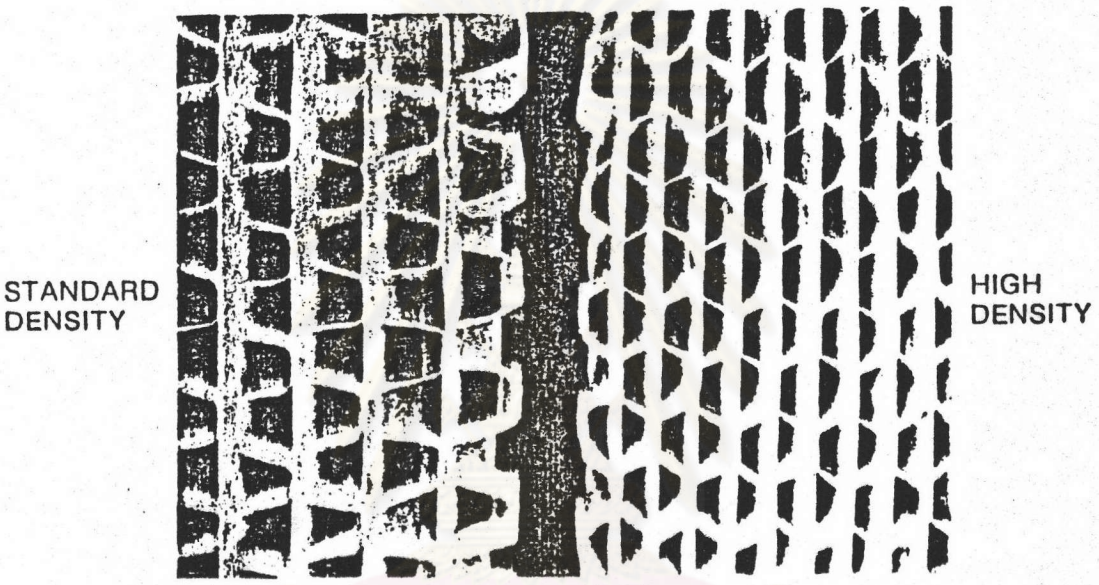
อนึ่งจากรูปที่ 5.1 - 5.4 จะสังเกตเห็นว่ามีฟิล์มชีวเป็นจำนวนมาก เกาะติดผิวรอบนอกของตัวไบโอดรัม คือ ตามตาข่ายสแตนเลส และแผ่นพีวีซีที่ใช้ปิดหัวท้ายตัวดรัม โดยเฉพาะในไบโอดรัมตอนแรก ๆ และจากการที่ตาข่ายนี้มีช่องขนาดเล็ก เมื่อระบบได้รับออร์แกนิคโหลดดิงสูงขึ้น ฟิล์มชีวที่เกาะติดตาข่ายจะเพิ่มปริมาณและความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น ทำให้ช่องตาข่ายถูกฟิล์มชีวบดบัง จนเหลือช่องห่างเพียงเล็กน้อย จึงเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทออกซิเจนไปยังฟิล์มชีว ที่เกาะติดผิวตัวกลางที่อยู่ข้างในดรัม ทำให้ฟิล์มชีวข้างในเกิดการขาดแคลนออกซิเจน โดยเฉพาะที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงสูงๆ จึงเป็นสาเหตุที่ช่วยเร่งให้ระบบเกิดภาวะการมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป และเกิดสภาพแอนแอโรบิคได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นถ้าจะเลือกใช้ระบบไบโอดรัม ในการกำจัดน้ำเสียควรหาวิธีหลีกเลี่ยงปัญหาในข้อนี้ด้วย เช่น ไม่ควรใช้ตาข่ายที่มีช่องเล็กมากเกินไป นอกจากนี้การที่ตัวกลางมีความพรุน (porosity) สูงถึง 85.5 % ประกอบกับตัวกลางมีลักษณะคล้ายถังน้ำ ทำให้ตัวกลางสามารถอุ้มน้ำไว้ในตัวดรัมได้ถึง 27 % ของปริมาตรช่องว่างทั้งหมดในไบโอดรัม ซึ่งมีผลเสียต่อระบบคือ ทำให้เกิดการสะสม

ของฟิล์มชีวอยู่ในตัวดรัมได้ในปริมาณสูง ซึ่งเมื่อปริมาณของฟิล์มชีวที่สะสมอยู่เพิ่มสูงขึ้น จึงเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทของออกซิเจนเข้าสู่ฟิล์มชีวภายในดรัม ดังนั้นจึงเกิดการขาดแคลนออกซิเจนขึ้นในฟิล์มชีวได้ง่าย ฟิล์มชีวจะตายและหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งฟิล์มชีวที่หลุดออกมานี้จะมีปริมาณสูง ทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงที่เกิดการหลุดของฟิล์มชีวนี้ เมื่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบสูงขึ้น และมีจุลชีพส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแบบเส้นใย จึงทำให้ความสามารถในการตกตะกอนของระบบลดต่ำลง เป็นผลให้เกิดสภาวะตะกอนจมไม่ลงได้ง่าย

ดังนั้นจะเห็นว่า ฝาจุกพลาสติกนี้อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวกลางสำหรับยึดเกาะของจุลชีพในระบบไบโอดรัม ถึงแม้จะมีพื้นที่ผิวสูงก็ตาม การเลือกใช้วัสดุชนิดใดเป็นตัวกลาง จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ในการออกแบบระบบไบโอดรัมสำหรับกำจัดน้ำเสีย

ตารางที่ 5.12 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางชนิดต่างๆ ที่เคยใช้ในระบบอาร์บีซี หรือที่มีขายในท้องตลาด โดยบริษัทผู้ผลิตต่างๆ

| ชนิดตัวกลาง | ชื่อทางการค้า | พื้นที่ผิวจำเพาะ ($ม^2./ม^3.$) | ผู้ทำการวิจัย | บริษัทผู้ผลิต |
|---|---|---|---|---|
| แผ่นจาน | - | 130 | Suwanarat (1968) | - |
| " | - | 96.5 | Antonie (1970) | - |
| " | - | 316 | Chittenden & Wells (1971) | - |
| " | - | 62.5 - 248 | Hsieh (1972) | - |
| " | KD rotor | 100, 135, 165, 190 | - | Klargester |
| ลูกบอลพลาสติก | Euro-matic biodrum | 102 | - | Biomaco-Copenhagen Denmark |
| I - ball | I - ball | 170 & 350 | - | Tokyo special wire netting co., Japan |
| Biofill | Biofill | 135 | - | Hydro system |




รูปที่ 5.35 ตัวกลางแบบมาตรฐานและตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูง
ของบริษัท Autotrol ประเทศสหรัฐอเมริกา (18)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบไบโอดรัมกับระบบชนิดอื่นๆ

1. จากผลการวิจัยของระบบไบโอดรัม ซึ่งรับค่าออร์แกนิคโหลดดิงเชิงพื้นที่ผิวได้สูงสุดเท่ากับ 4.0 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน (1.6 กก.ซีโอดี/ม$^3$.-วัน) หรือ 2.8 ก.บีโอดี$_5$/ม$^2$.-วัน (โดยคิดค่า บีโอดี$_5$ เป็น 70 % ของซีโอดี) โดยที่ระบบยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูง และไม่เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าออร์แกนิคโหลดดิงสำหรับตอนแรกของระบบอาร์บีซี ที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาการมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป คือ ค่าออร์แกนิคโหลดดิงไม่ควรมากกว่า 17.6 ก.บีโอดี$_5$/ม$^2$.-วัน (15) ซึ่งถ้าคิดค่าออร์แกนิคโหลดดิงต่อทั้งระบบอาร์บีซี ที่มี 4 ตอน จะมีค่า 4.4 ก.บีโอดี$_5$/ม$^2$.-วัน จะเห็นว่าระบบไบโอดรัมซึ่งใช้ฝาจุกพลาสติกเป็นตัวกลางนี้ รับออร์แกนิคโหลดดิงได้ต่ำกว่าระบบอาร์บีซี แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางที่ใช้ด้วย กล่าวคือ ถ้าสามารถหาตัวกลางชนิดอื่นที่เหมาะสมกว่านี้มาใช้ ระบบไบโอดรัมนี้อาจรับออร์แกนิคโหลดดิงได้สูงมากกว่า 4.0 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน

2. เมื่อเปรียบเทียบระบบไบโอดรัมกับระบบโปรยกรอง จะเห็นว่าระดับออร์แกนิคโหลดดิงเชิงปริมาตรสูงสุด ที่ระบบไบโอดรัมรับได้คือ 1.6 กก.ซีโอดี/ม$^3$.-วัน อยู่ในช่วงอัตราการบำบัดสูง (super rate) ของระบบโปรยกรอง คือ 0.8-6.0 กก.บีโอดี$_5$/ม$^3$.-วัน หรือประมาณ 1.1 - 8.6 กก.ซีโอดี/ม$^3$.-วัน (19) แต่ระบบโปรยกรองจะสิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้าสูงกว่า และยังต้องมีการหมุนเวียนน้ำเสียอีกด้วย ดังนั้นระบบไบโอดรัมซึ่งต้องการพลังงานเพียงเพื่อหมุนตัวดรัมเท่านั้น จะเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานมากกว่า

3. เมื่อเปรียบเทียบระดับออร์แกนิคโหลดดิงเชิงพื้นที่ผิวสูงสุด ที่ระบบไบโอดรัมรับได้คือ 4.0 ก.ซีโอดี/ม$^2$.-วัน กับระบบบ่อเขียวซึ่งรับออร์แกนิคโหลดดิงได้ 20 - 40 ก.บีโอดี/ม$^2$.-วัน นั้น จะเห็นว่าระบบบ่อเขียวรับออร์แกนิคโหลดดิงได้สูงกว่าระบบไบโอดรัมมาก แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงลักษณะของพื้นที่ผิวด้วย เพราะระบบบ่อเขียวนี้คิดค่าออร์แกนิคโหลดดิงต่อพื้นที่ผิวหน้าของบ่อ ซึ่งตั้งอยู่ในที่โล่ง รับแสงสว่างได้อย่างทั่วถึง และเป็นระบบที่ใช้พื้นที่มาก แต่ระบบไบโอดรัมคิดออร์แกนิคโหลดดิงต่อพื้นที่ผิวของตัวกลางที่บรรจุอยู่ในดรัม และเป็นระบบที่ต้องการพื้นที่น้อยในการก่อสร้าง ดังนั้นถ้าพิจารณาในแง่ของราคาที่ดินแล้ว ระบบบ่อเขียวจะไม่เหมาะสมที่จะใช้ในบริเวณชุมชนซึ่งที่ดินมีราคาแพง