บทที่ 5

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

5.1 การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ (Start Up)

การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ ทำโดยนำเชื้อจุลชีพ (seed) จากถังหมักของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางมาใส่ในบ่อหมัก บ่อละประมาณ 60 ลิตร แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 200 ลิตร สำหรับบ่อหมักแบบธรรมดาและ 180 ลิตรสำหรับบ่อมีเทน จากนั้นจึงได้ทำการป้อนน้ำเสียเข้าสู่บ่อหมักแบบทีละเท (batch type) โดยค่อยๆเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิง เพื่อจุดประสงค์ให้ปริมาณจุลชีพมีปริมาณมากพอและอยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำการย่อยสลาย จึงเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูล ในการเริ่มเลี้ยงจุลชีพสำหรับการทดลองชุดที่ 1 และ 2 นั้น ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ และสำหรับการทดลองชุดที่ 3 และ 4 ใช้น้ำเสียจริง ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

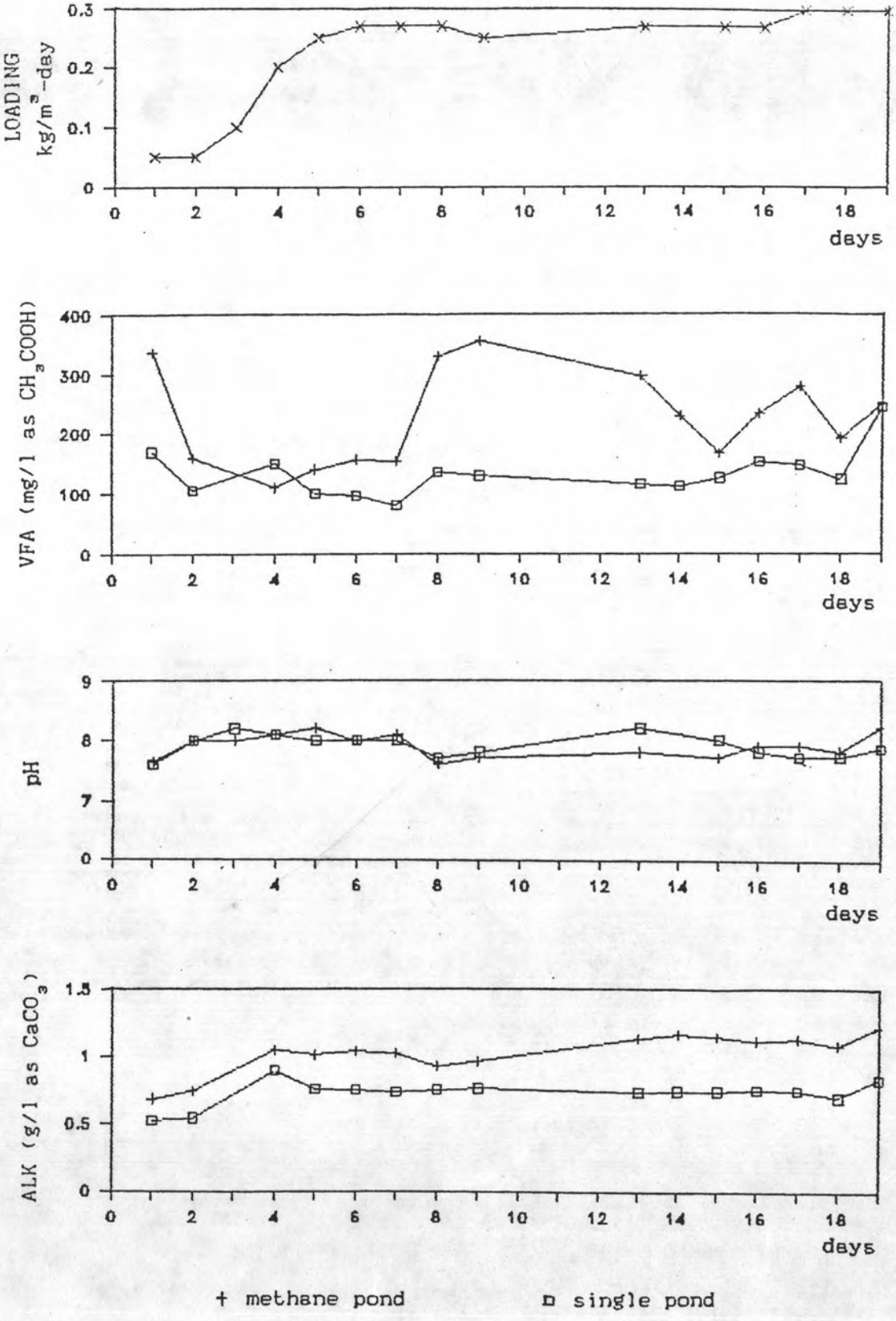
ตารางที่ 5.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียสังเคราะห์	น้ำเสียจริง
pH	–	3.8-4.3	3.6-4.6
COD	mg/l	3,000* , 6,000*	22,000-29,000
VFA	mg/l as CH_3COOH	50-80	730-1,050
TKN	mg/l	-	2.2
P	mg/l	-	4.3

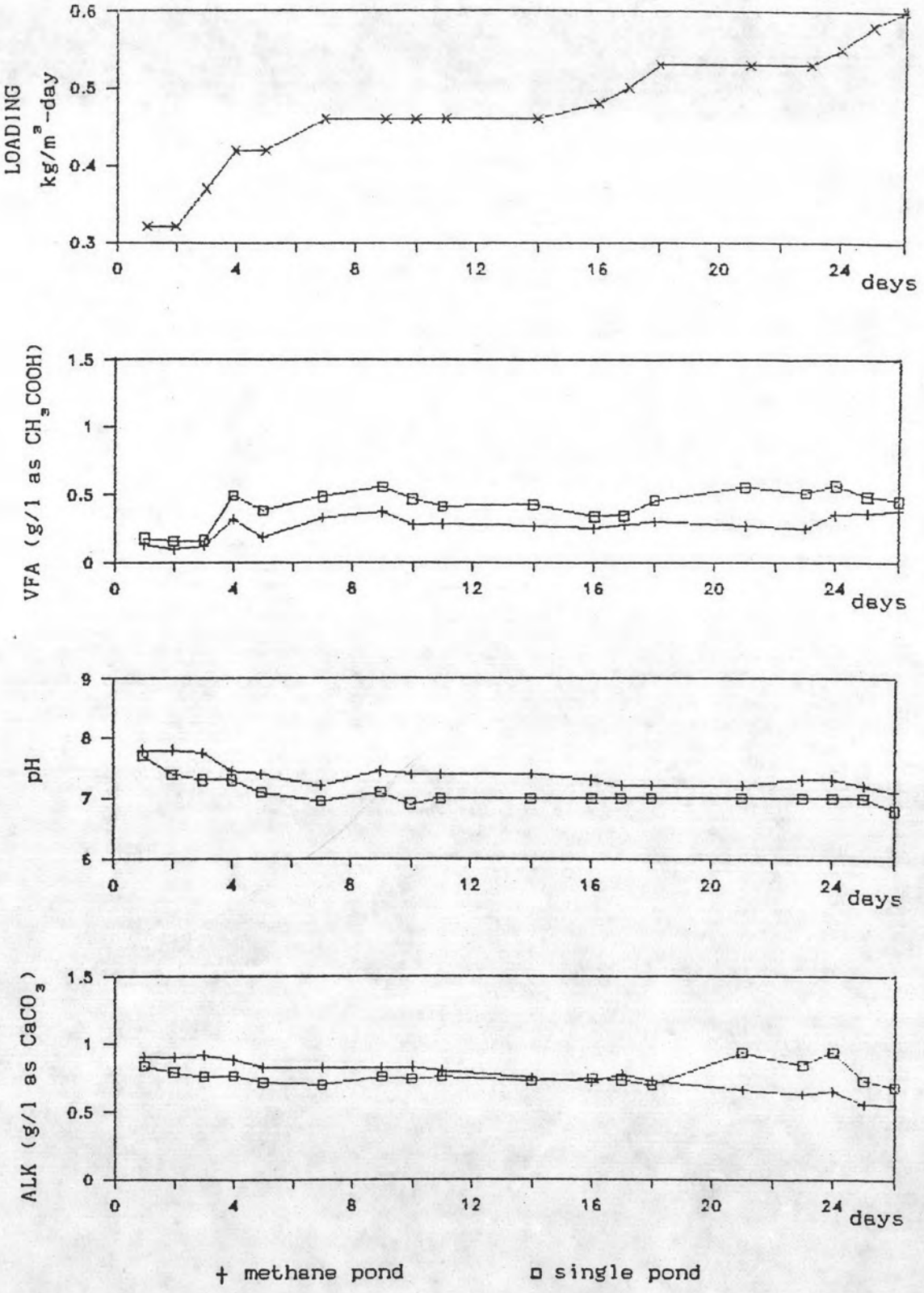
หมายเหตุ * การทดลองชุดที่ 1 ใช้น้ำเสียที่มีซีโอดี 3,000 มก./ล.
การทดลองชุดที่ 2 ใช้น้ำเสียที่มีซีโอดี 6,000 มก./ล.

การเริ่มเลี้ยงจุลชีพสำหรับการทดลองชุดที่ 1 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม-วัน ได้เริ่มจากที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.05 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แล้วค่อยๆเพิ่มระดับออร์แกนิคโหลดดิง โดยพิจารณาจากการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์และพีเอช กล่าวคือ ถ้าเมื่อใดก็ตามที่ไม่เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ และพีเอชยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับจุลชีพที่สร้างมีเทน การเพิ่มของระดับออร์แกนิคโหลดดิงย่อมกระทำได้ แต่หากเมื่อใดที่เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์และพีเอชต่ำลง การลดระดับออร์แกนิคโหลดดิงและ/หรือเพิ่มสภาพความเป็นด่างให้กับระบบ จะช่วยให้ระบบดีขึ้น รูปที่ 5.1 แสดงกราฟของออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช และสภาพความเป็นด่างรวมของบ่อหมักในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพที่ใช้สำหรับการทดลองชุดที่ 1 สำหรับการทดลองชุดที่ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะกระทำต่อจากการทดลองชุดที่ 1 โดยค่อยๆเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิงจาก 0.3 เป็น 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งการเพิ่มระดับออร์แกนิคโหลดดิงจะพิจารณาเช่นเดียวกันกับการทดลองชุดที่ 1 รูปที่ 5.2 แสดงกราฟของออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช และสภาพความเป็นด่างรวมของบ่อหมักในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพที่ใช้สำหรับการทดลองชุดที่ 2

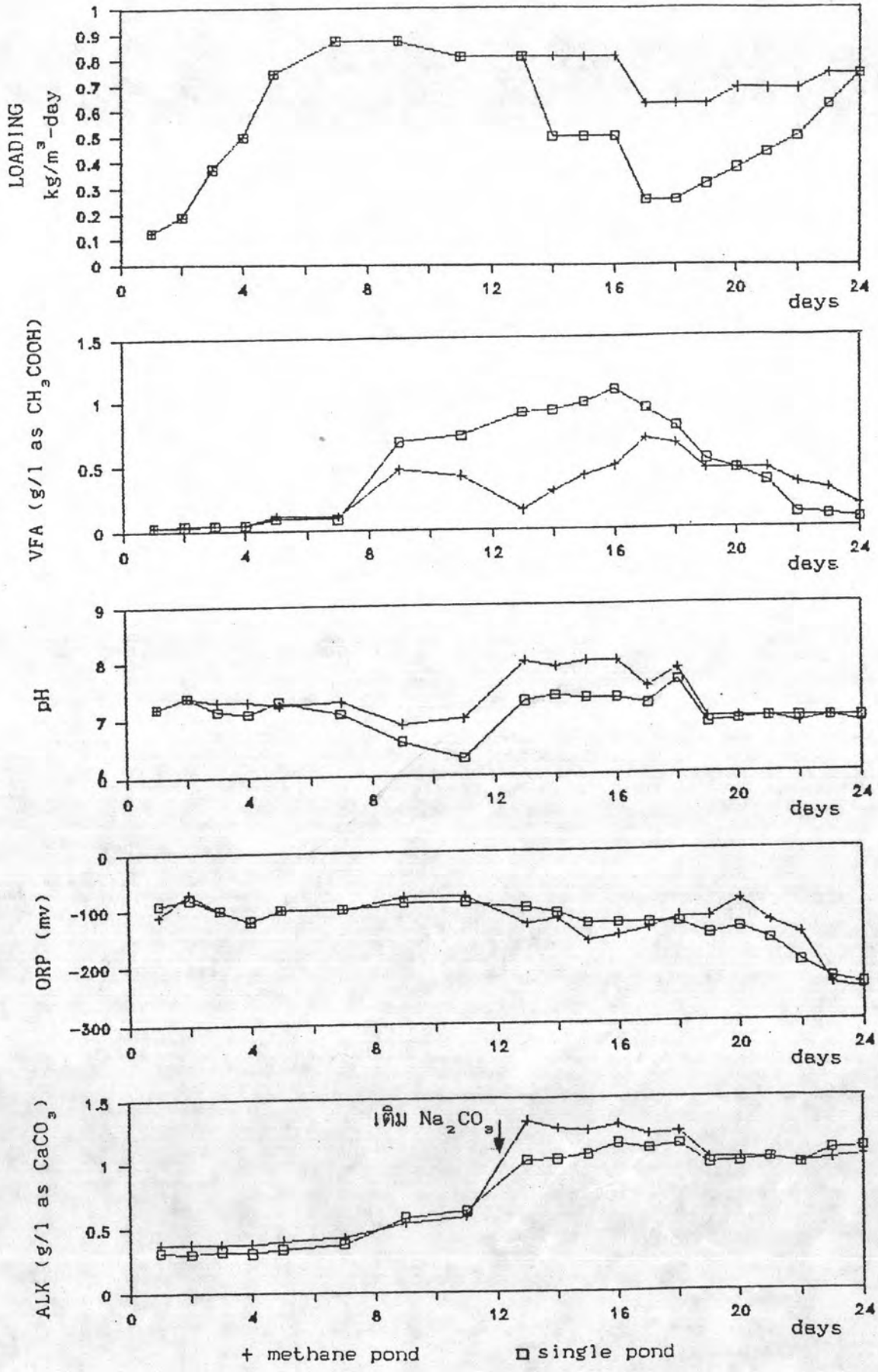
ในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 ซึ่งต้องใช้น้ำเสียจริง ได้ทำการเริ่มเลี้ยงจุลชีพพร้อมกันโดยที่การทดลองชุดที่ 4 มีการเติมสารอาหารเสริม N,P รูปที่ 5.3 และ 5.4 แสดงกราฟของออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวมของบ่อหมัก ในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพสำหรับการทดลองชุดที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ว่า ค่าสภาพความเป็นด่างเพิ่มขึ้นในวันที่ 13 ของการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ ทั้งนี้เนื่องมาจาก ได้มีการเติมโซเดียมคาร์บอเนตให้แก่บ่อหมักทั้งสอง



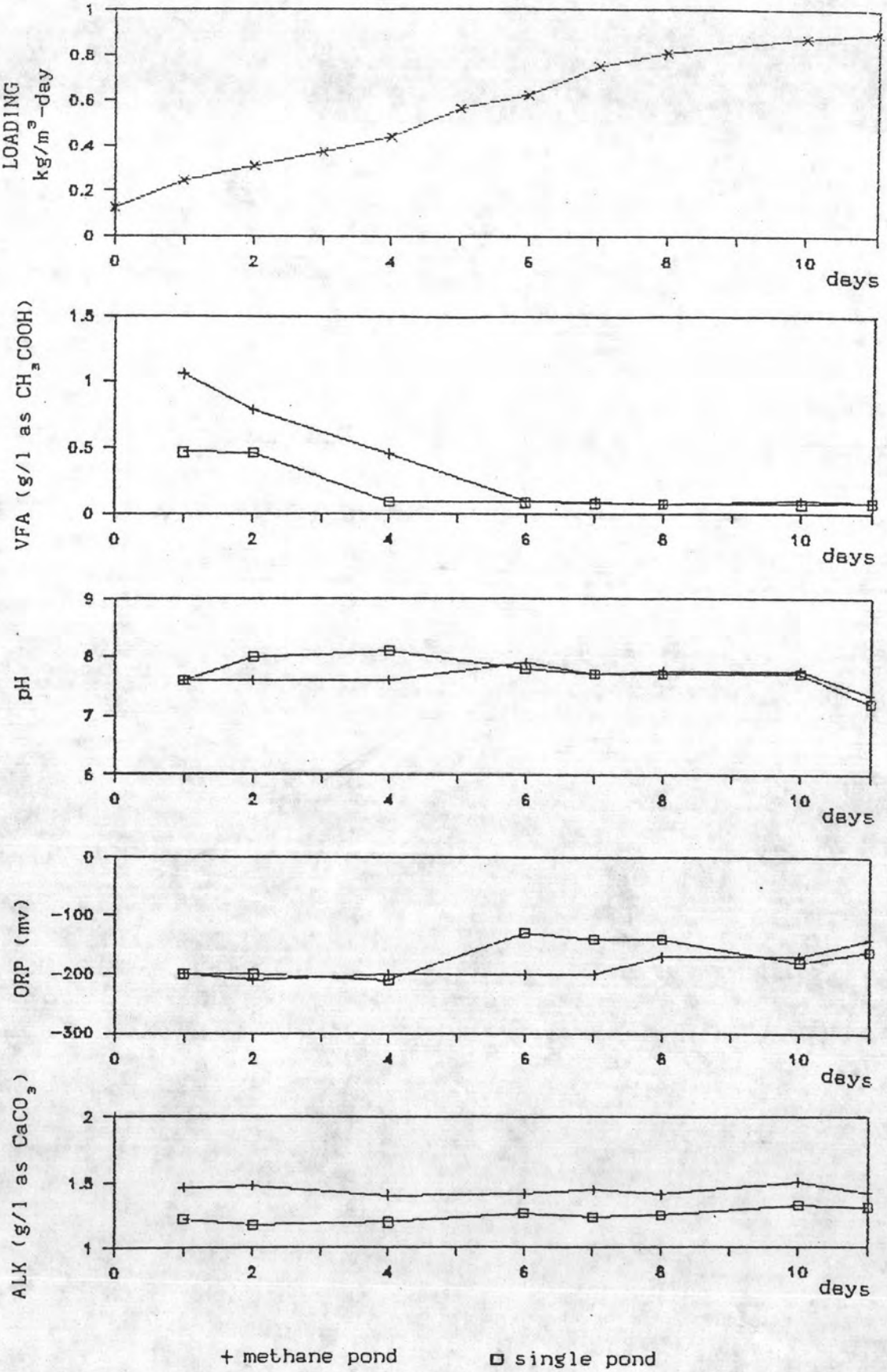
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงออร์แกนิคโหลดติง กรดโวลาไทล์ พีเอช และสภาพความเป็นด่างรวม ในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ สำหรับการทดลองที่ 1



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช และสภาพความเป็นด่างรวมในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ สำหรับการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวม ในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ สำหรับการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงออร์แกนิคโหลดดิง กรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความ-เป็นด่างรวม ในช่วงการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ สำหรับการทดลองชุดที่ 4

5.2 ผลการวิจัยบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนและแบบธรรมดา

ผลการทดลองจะแสดงในรูปตารางในภาคผนวก และรูปของกราฟ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆจะคิดจากกลุ่มข้อมูลดิบ ในช่วงการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจน ในแต่ละระดับออร์แกนิคโหลดดิง ผลการวิจัยของตัวแปรต่างๆ มีดังนี้คือ

5.2.1 ค่าพีเอช (pH)

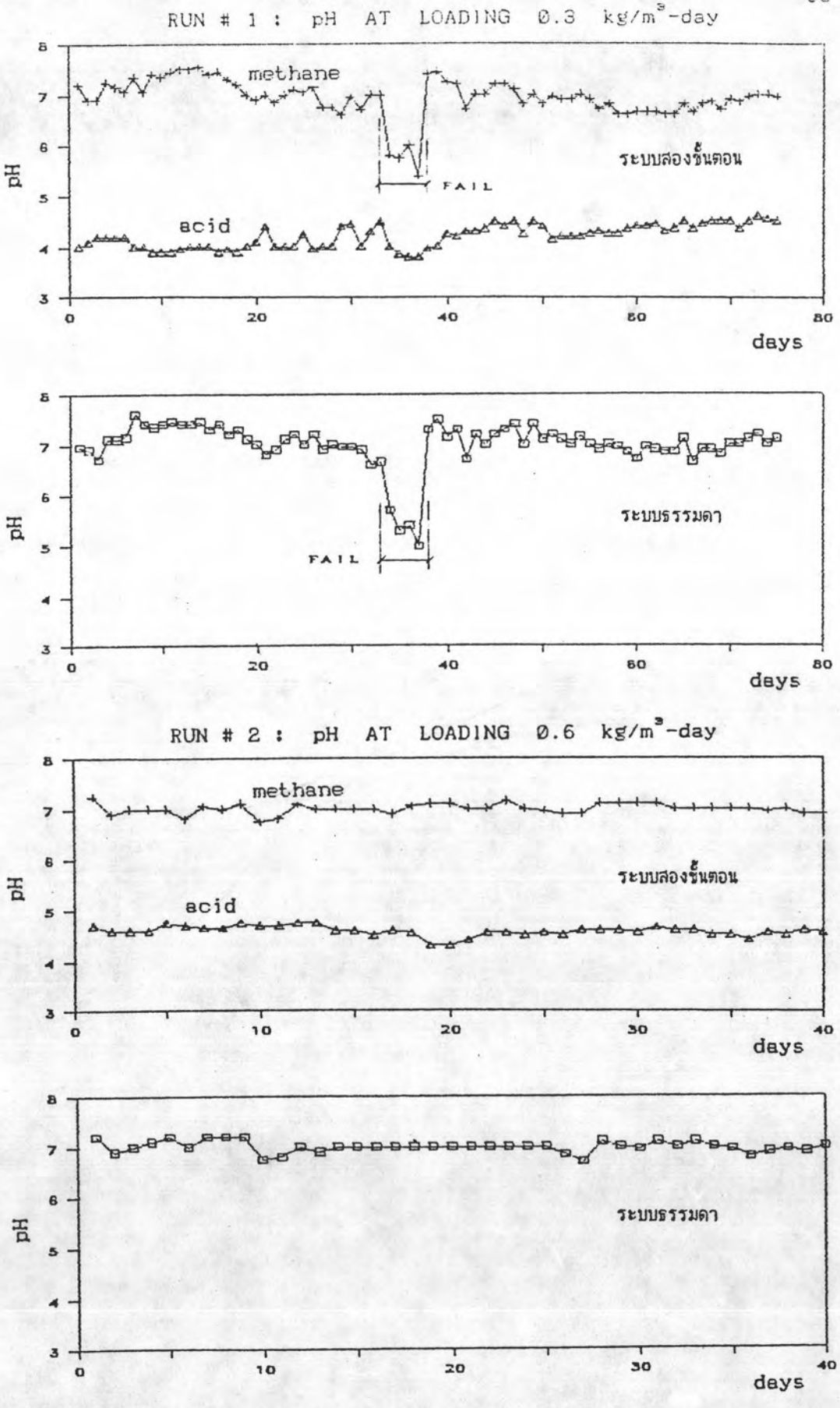
รูปที่ 5.5-5.6 แสดงกราฟของพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนและแบบธรรมดา โดยมีค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของพีเอช

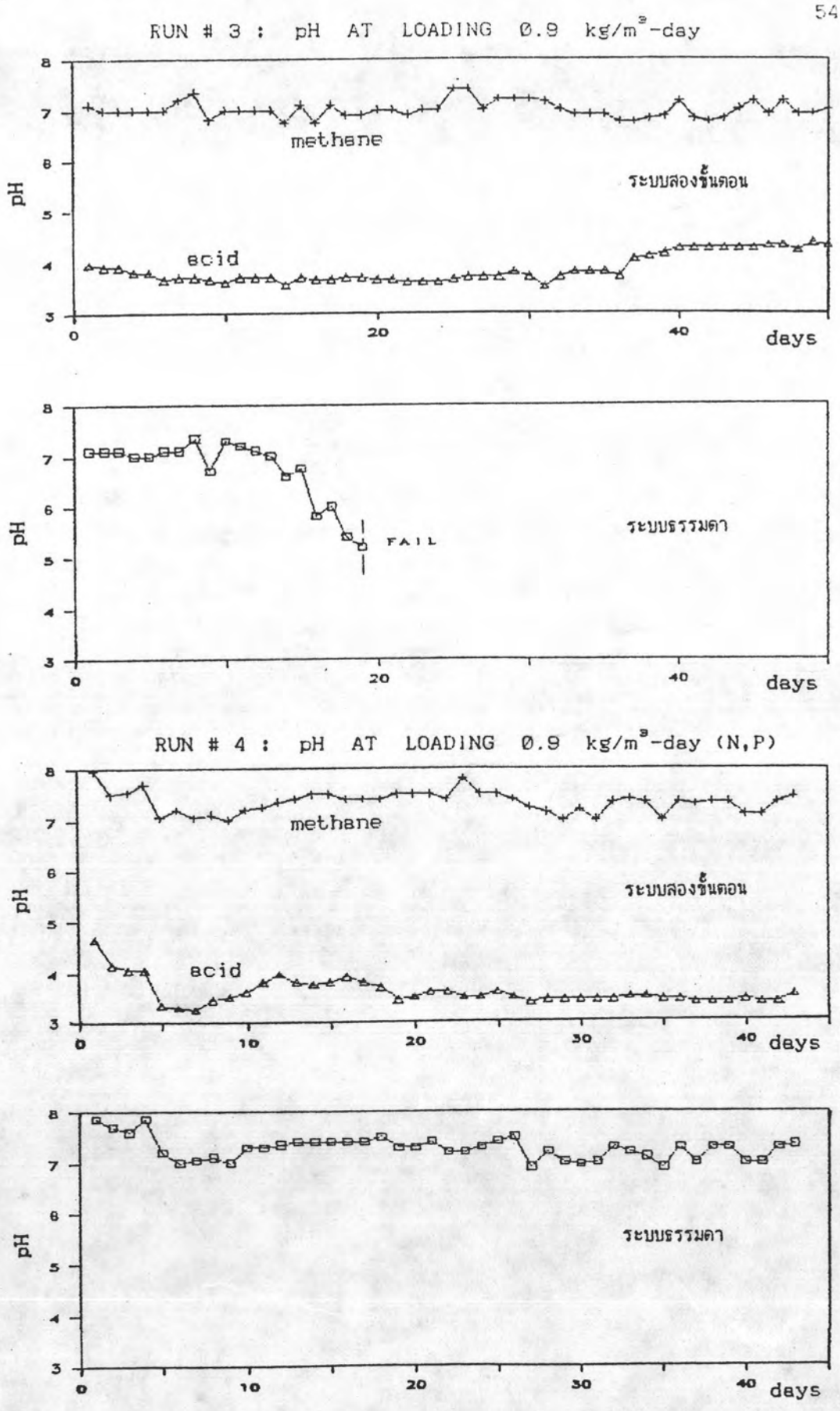
การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		บ่อกรด	บ่อมีเทน	
1	0.3	4.2	7.0	7.0
2	0.6	4.6	7.0	7.0
3	0.9	3.8	7.0	<=5.3*
4	0.9(N,P)	3.6	7.3	7.3

หมายเหตุ * ระบบทำงานล้มเหลว

ในการทดลองชุดที่ 1 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปรากฏว่าในช่วงวันที่ 33-36 ของการทดลอง ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนและแบบธรรมดา มีค่าลดลงอย่างทันที ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากในวันที่ 33 ของการทดลอง เครื่องสูบน้ำทำงานผิดปกติเป็นผลให้อัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนให้แก่ระบบ เพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดในช่วงกลางคืน จึงถือเป็น



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

เหตุสุดวิสัย ดังนั้นจึงได้หยุดเดินระบบ และทำการเพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ให้กับระบบโดยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ในระบบบ่อหมักทั้งสอง จนถึงวันที่ 40 ของการทดลอง ระบบฟื้นตัวและอยู่ในภาวะปกติ จึงได้เดินระบบต่อไป

จากการทดลองพบว่า ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรดของระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนมีค่าต่ำ กล่าวคือมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 3.6 ถึง 4.6 ในขณะที่ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อมีเทนมีค่าสูงขึ้น คือมีค่าอยู่ระหว่าง 6.0 ถึง 7.3 ทั้งนี้เนื่องจากที่บ่อกรดได้รับออร์แกนิคโหลดดิงสูง มีเวลากักเก็บน้ำต่ำและมีการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นกรดโวลาไทล์ จึงทำให้พีเอชที่บ่อกรดมีค่าต่ำ ส่วนที่บ่อมีเทนซึ่งต้องรับน้ำทิ้งจากบ่อกรด มีการย่อยสลายกรดโวลาไทล์เป็นก๊าซมีเทน จึงทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น โดยที่ไม่มีการปรับพีเอช

ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา มีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 7.3 ยกเว้นในการทดลองชุดที่ 3 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าค่าพีเอชค่อยๆลดลงตั้งแต่วันที่ 10 ของการทดลอง จนถึงวันที่ 16 ของการทดลอง ปรากฏว่าค่าพีเอชของน้ำทิ้งมีค่าเพียง 5.3 และน้ำในบ่อมีกลิ่นเหม็น จึงได้หยุดเดินระบบเนื่องจากระบบทำงานล้มเหลว

ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหารเสริม N,P พบว่าค่าพีเอชของระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าสูง กล่าวคือมีค่าประมาณ 7.3

5.2.2 <u>กรดโวลาไทล์</u> (Volatile Fatty Acid)

กรดโวลาไทล์ เป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงสภาวะการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนได้เป็นอย่างดี หากปริมาณของจุลชีพชนิดที่สร้างกรดและชนิดที่สร้างมีเทนไม่สมดุลย์กันแล้ว จะทำให้เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ ทำให้มีค่าความเข้มข้นสูงขึ้น และค่าพีเอชจะต่ำลงจนระบบไม่สามารถทำงานได้ต่อไป

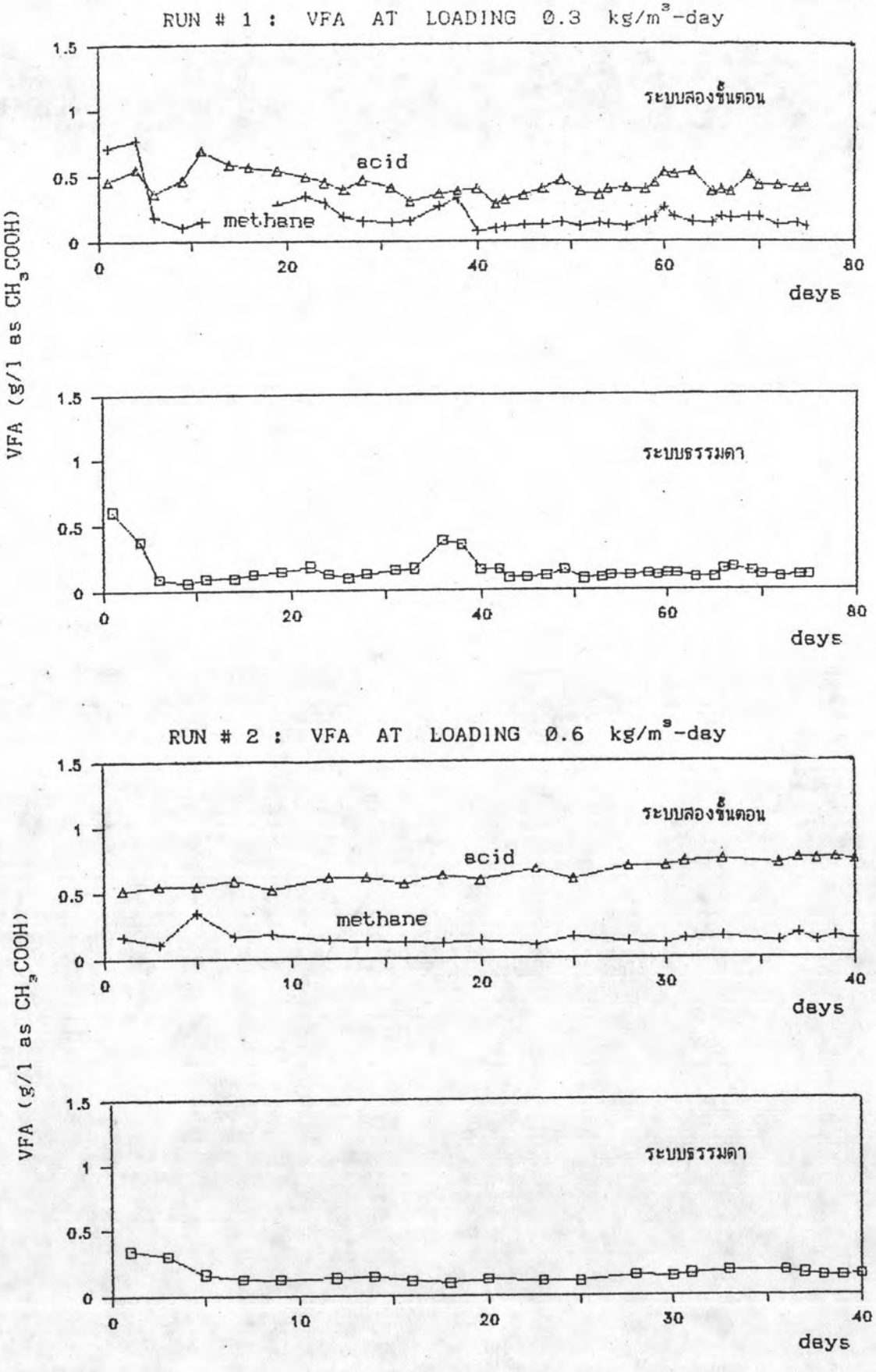
รูปที่ 5.7-5.8 แสดงกราฟของกรดโวลาไทล์ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง โดยมีค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของกรดโวลาไทล์,มก./ล.(ในรูปCH_3COOH)

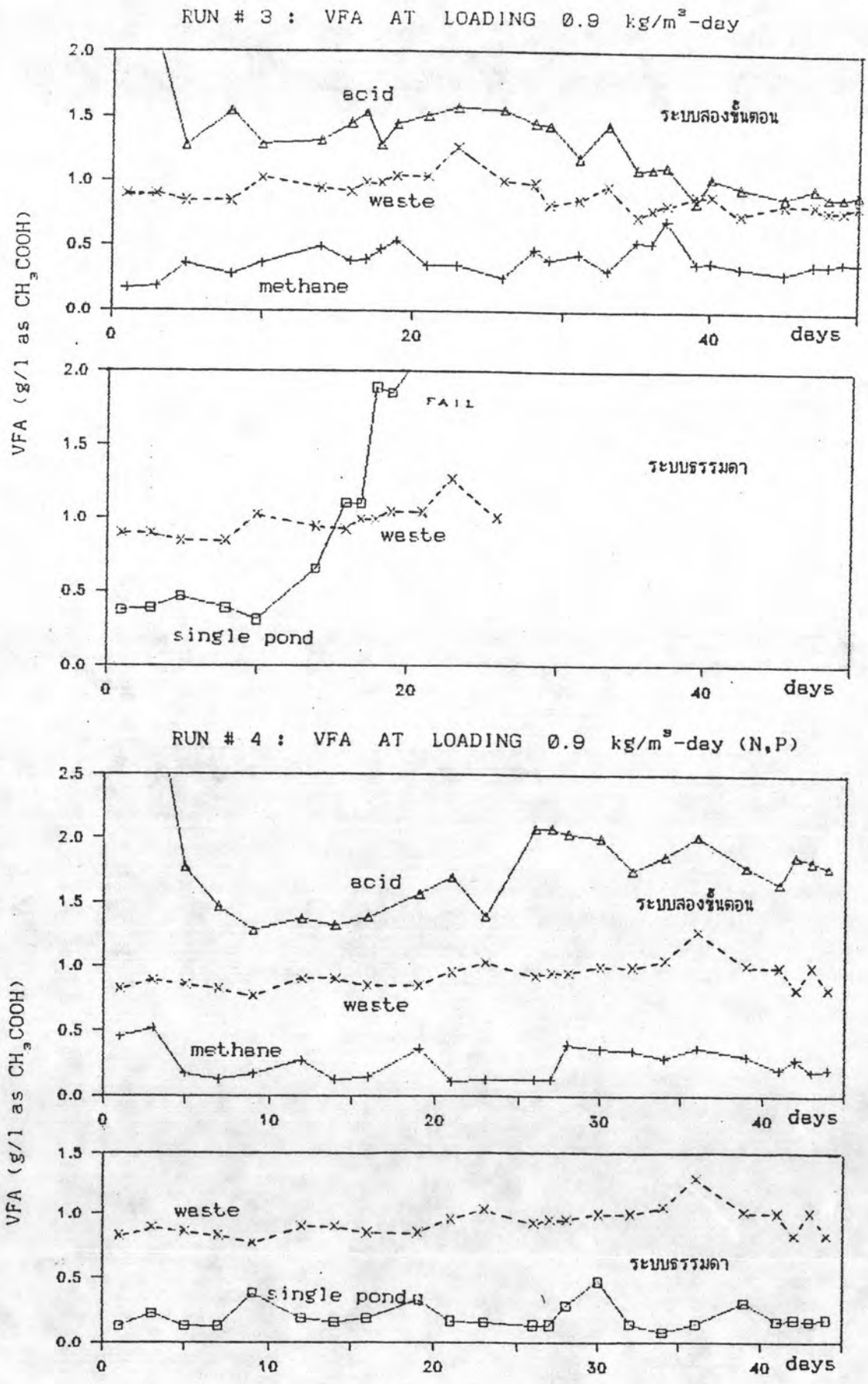
การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		บ่อกรด	บ่อมีเทน	
1	0.3	443	145	115
2	0.6	649	138	137
3	0.9	1,233	397	>2,138
4	0.9(N,P)	1,690	225	168

ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยของกรดโวลาไทล์ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 115 ถึง 145 มก./ล. (ในรูปCH_3COOH) ความแตกต่างของปริมาณกรดโวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากระบบบ่อหมักทั้งสองจะปรากฏให้เห็นชัดในช่วงการทำงานที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม-วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดามีการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์สูงกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์นี้ได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ระบบทำงานล้มเหลว (ดูรูปที่ 5.8 : RUN # 3)

ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหารเสริม N,P พบว่าปริมาณกรดโวลาไทล์ในน้ำทิ้งจากระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าต่ำกว่าปริมาณกรดโวลาไทล์ที่พบในการทดลองชุดที่ 3 ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากอาหารเสริม N,P ที่เติมให้กับระบบได้ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลชีพ ทำให้ปริมาณจุลชีพชนิดที่สร้างกรดและชนิดที่สร้างมีเทนสมดุลย์กัน



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงกรดโวลาไทล์ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงกรดโวลาไทล์ของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

สำหรับบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน จะเห็นได้ว่าที่บ่อกรดมีการเพิ่มของกรดโวลาไทล์ โดยค่ากรดโวลาไทล์จะเพิ่มขึ้นตามออร์แกนิคโหลดดิงที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่บ่อมีเทนมีการลดลงของกรดโวลาไทล์เกิดขึ้น ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของระบบว่า ที่บ่อกรดเกิดการย่อยสลายในขั้นตอนที่ทำให้เกิดกรด โดยที่บ่อมีเทนเกิดการย่อยสลายในขั้นตอนที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน

5.2.3 สภาพความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)

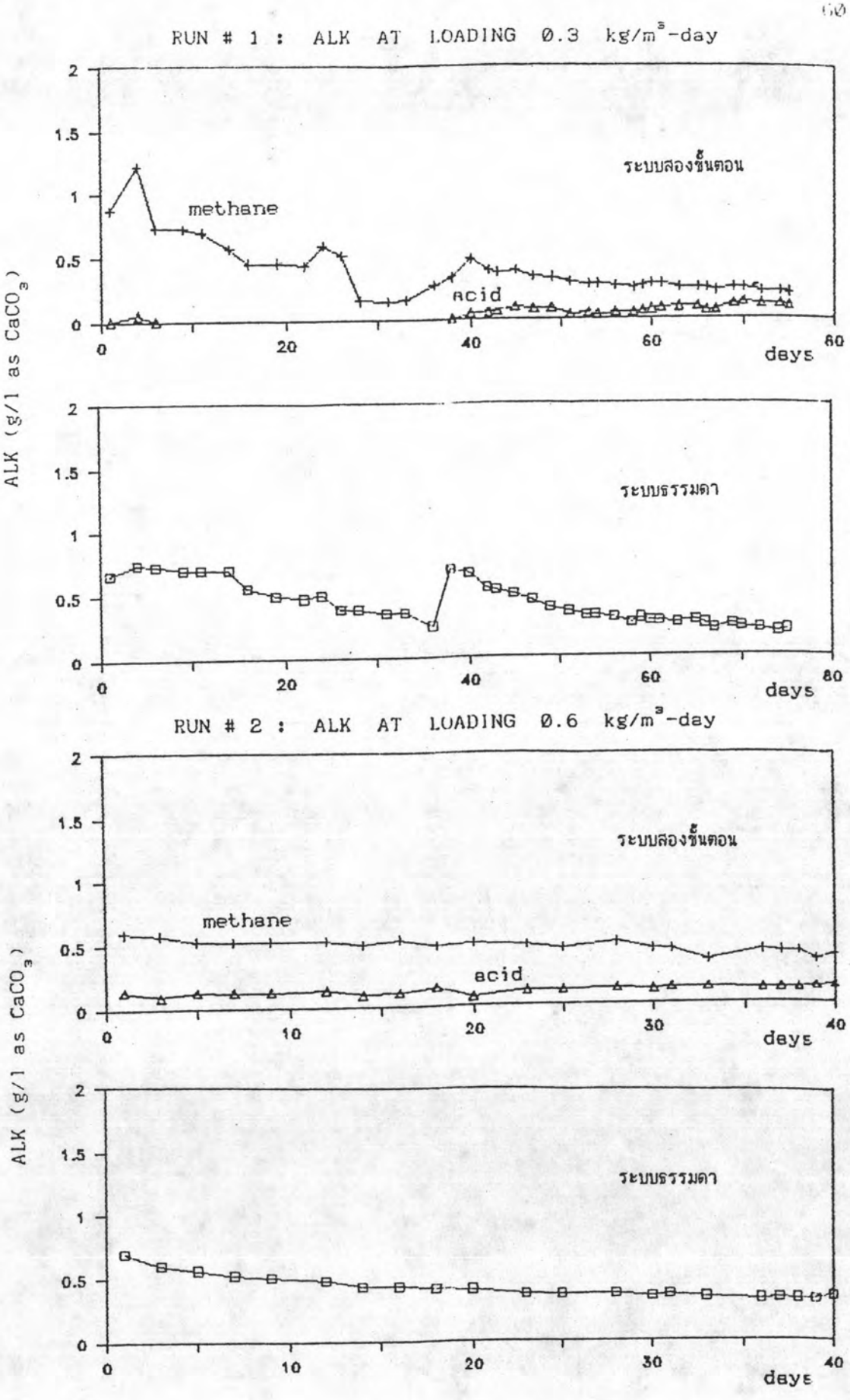
สภาพความเป็นด่างรวม เป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงกำลังบัฟเฟอร์ (buffer capacity) ของระบบ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่าพีเอช ซึ่งเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของจุลชีพในระบบ

รูปที่ 5.9-5.10 แสดงกราฟของสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง โดยมีค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 5.4

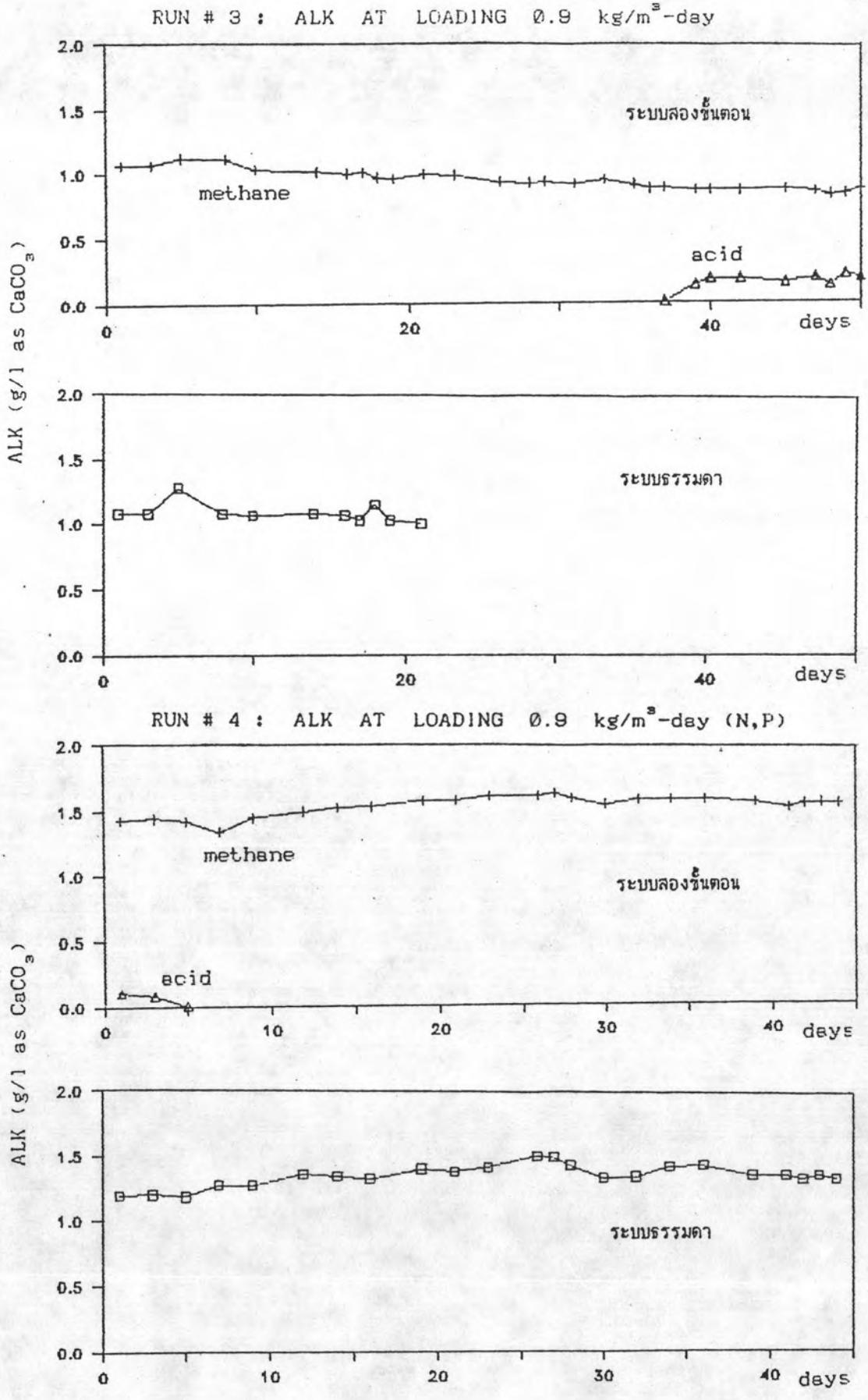
ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยของสภาพความเป็นด่างรวม, มก./ล. (ในรูป $CaCO_3$)

การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		บ่อกรด	บ่อมีเทน	
1	0.3	44	376	376
2	0.6	112	461	402
3	0.9	38	944	1,000
4	0.9(N,P)	-	1,517	1,335

สภาพความเป็นด่างรวมของระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ที่ระดับออร์แกนิค



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

โหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า ความเป็นด่างรวมของระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าไม่สูงนัก กล่าวคือมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 376 ถึง 461 มก./ล. ในรูป $CaCO_3$ ส่วนการทดลองชุดที่ 3 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าสภาพความเป็นด่างรวมมีค่าเพิ่มขึ้นคือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 944 มก./ล. ในรูป $CaCO_3$ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก ในระยะเริ่มเลี้ยงจุลชีพ ได้มีการเพิ่มปริมาณความเป็นด่างในระบบบ่อหมักทั้งสอง เพื่อให้มีปริมาณพอเพียงที่จะสะเทินกับกรดโวลาไทล์ที่เกิดขึ้น

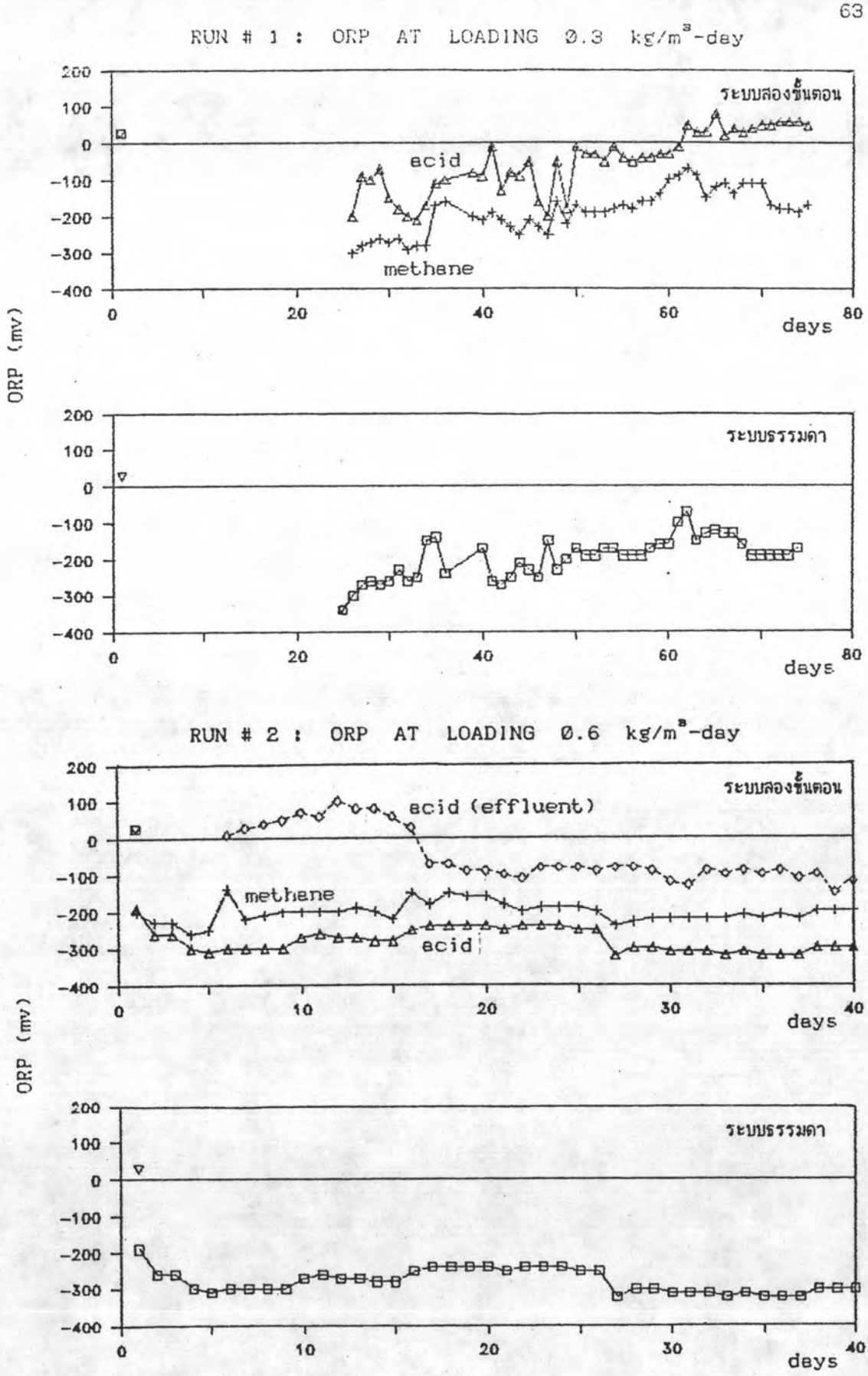
ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก. ซีโอดี/ลบ.ม-วันและมีการเติมสารอาหาร N,P พบว่าสภาพความเป็นด่างรวมมีค่าสูงกว่าการทดลอง 3 ชุดแรก ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากสารอาหารเสริม N ที่เติมให้แก่ระบบในรูปของยูเรีย เมื่อถูกจุลชีพในบ่อหมักย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน จะได้ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซนี้จะทำปฏิกริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นแอมโมเนียไบคาร์บอเนต จึงทำให้สภาพความเป็นด่างรวมสูงขึ้น

สำหรับบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนพบว่า สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรดมีค่าต่ำตลอดทุกชุดการทดลอง และสภาพความเป็นด่างรวมเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านบ่อมีเทน

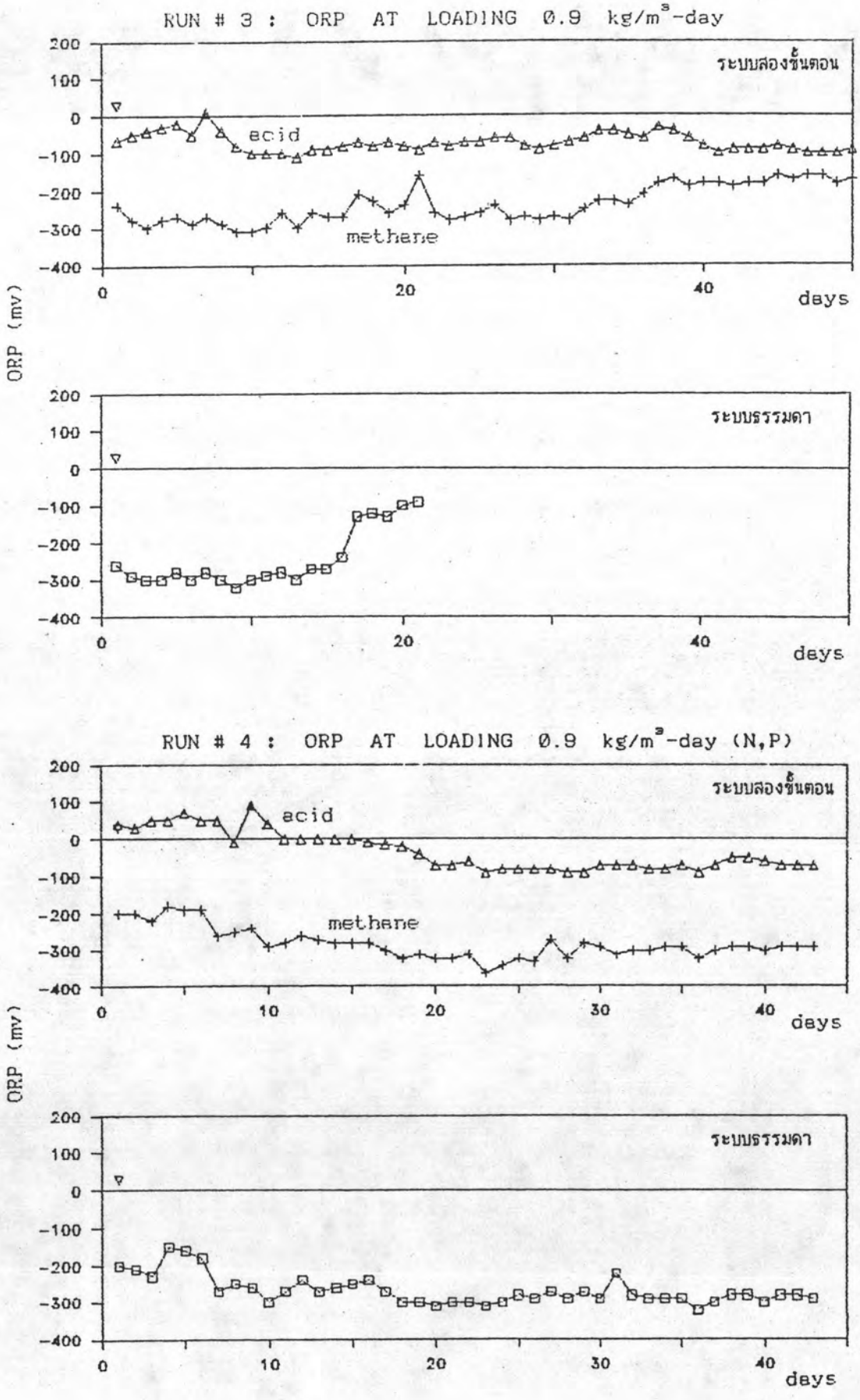
5.2.4 <u>โออาร์พี</u> (Oxidation-Reduction Potential)

การวัดโออาร์พี เป็นการวัดความสัมพันธ์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ทั้งหลายในระบบ ค่าโออาร์พีจึงไม่สามารถแยกแยะได้อย่างชัดเจนว่า ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นในขณะนี้เป็นผลรวมของปฏิกิริยาย่อยใดบ้าง เพียงแต่เป็นแนวทางในการชี้ลักษณะของระบบที่ดำเนินไปอย่างคร่าวๆเท่านั้น

รูปที่ 5.11-5.12 แสดงกราฟของโออาร์พีของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสองโดยมีค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ของระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ของระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของโออาร์พี

การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		บ่อกรด	บ่อมีเทน	
1	0.3	-50	-186	-195
2	0.6	-150 -300(ในบ่อ)	-200	-175
3	0.9	-75	-239	-80
4	0.9(N,P)	-35	-279	-267

จากการเปรียบเทียบค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบบ่อหมักทั้งสอง พบว่าในการทดลองชุดที่ 1,2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม-วัน โออาร์พีที่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ มีค่าอยู่ระหว่าง -175 ถึง -200 มิลลิโวลท์ ส่วนในการทดลองที่ 3 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า โออาร์พีของน้ำทิ้งจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน มีค่าใกล้เคียงกันกับการทดลอง 2 ชุดแรก แต่โออาร์พีของน้ำทิ้งจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาพบว่า มีค่าสูงกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และการเปลี่ยนแปลงของโออาร์พีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหาร N,P พบว่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองและมีค่าโออาร์พีต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลอง 3 ชุดแรก

สำหรับบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน พบว่า ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากบ่อกรดมีค่าสูงกว่าค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจากบ่อมีเทน ในการทดลองชุดที่ 2 ได้ทำการวัดค่าโออาร์พีที่บ่อกรด 2 จุด จุดแรกคือน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรด และจุดที่ 2 คือน้ำเสียในบ่อกรด ผลปรากฏว่า ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรดมีค่าสูงกว่าค่าโออาร์พี

ของน้ำเสียในบ่อกรดอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากในการเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากบ่อกรด น้ำทิ้งจากบ่อกรดมีโอกาสสัมผัสกับอากาศมากกว่าการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อกรด และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรด ก็มากกว่าเช่นกัน จากเหตุดังกล่าวสามารถชี้ให้เห็นว่า ค่าโออาร์พีที่วัดจากน้ำในบ่อกรด เป็นค่าที่น่าเชื่อถือมากกว่าค่าโออาร์พีที่วัดจากน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรด ดังนั้นในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 จึงได้วัดค่าโออาร์พีจากน้ำในบ่อ และพบว่า ค่าโออาร์พีที่บ่อกรดของการทดลองทั้งสอง มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง -35 ถึง -75 มิลลิโวลท์

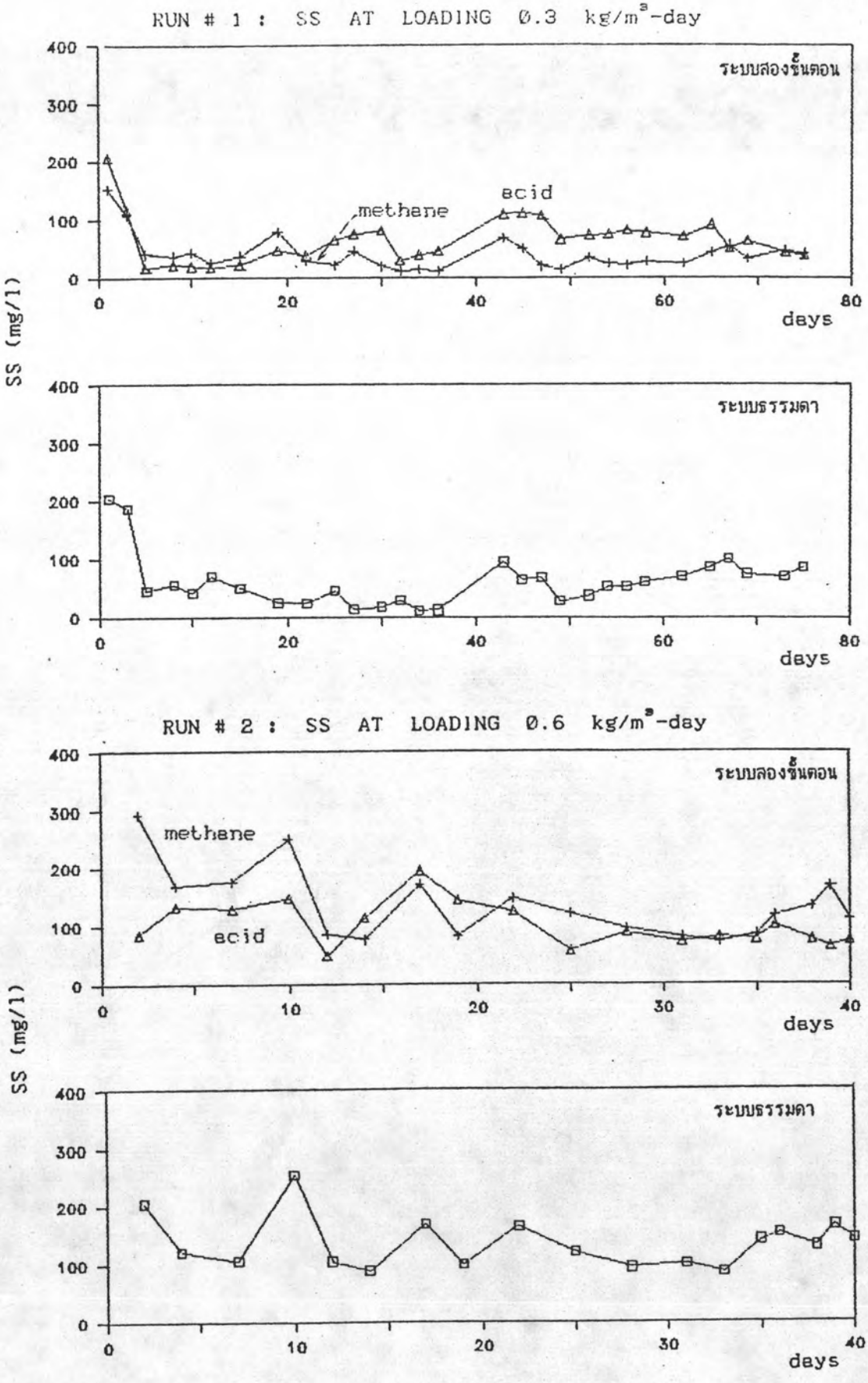
5.2.5 <u>ตะกอนแขวนลอย</u> (Suspended Solids)

รูปที่ 5.13-5.14 แสดงกราฟของตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนและแบบธรรมดา โดยมีค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 5.6

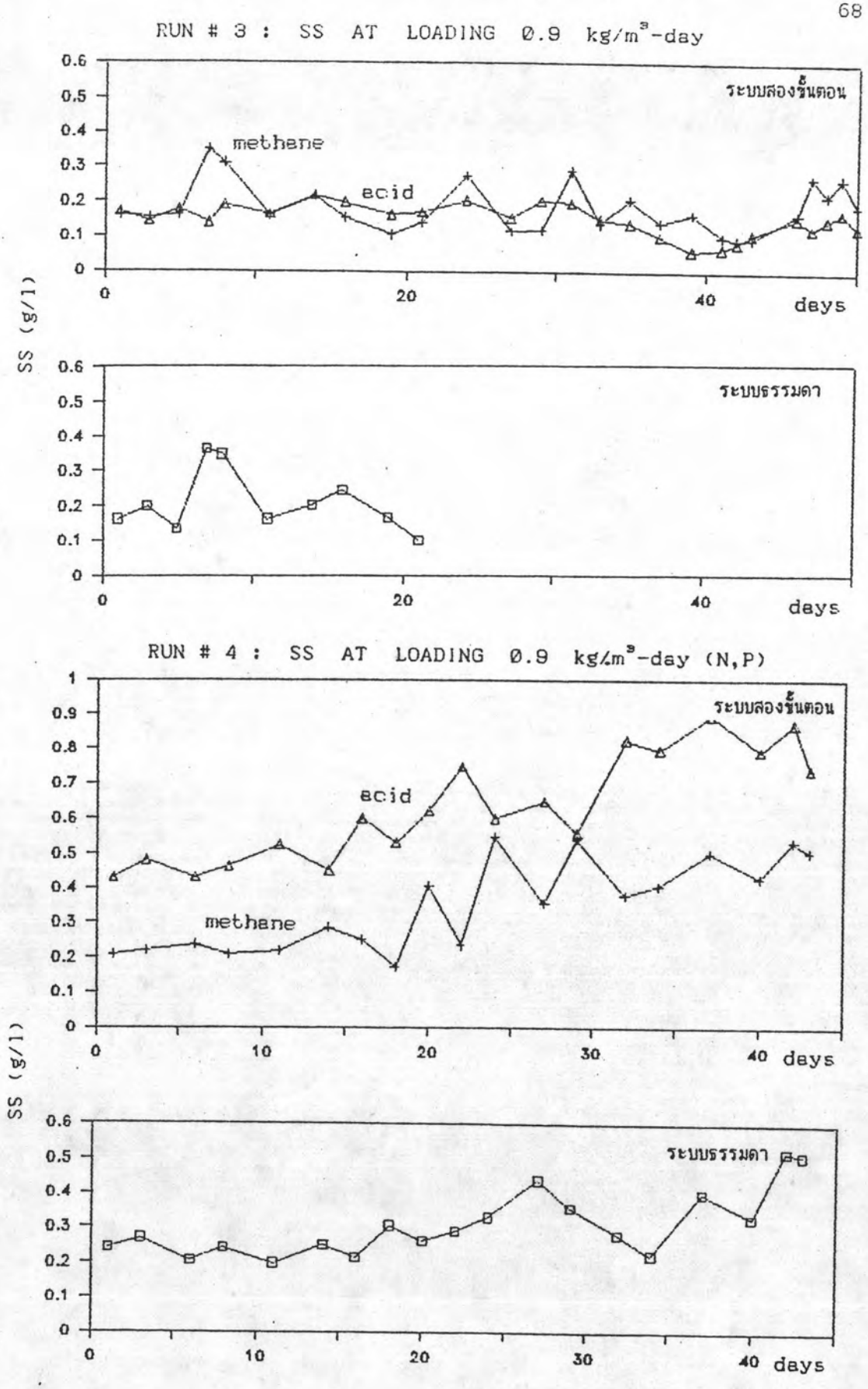
ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย,มก./ล.

การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		บ่อกรด	บ่อมีเทน	
1	0.3	57	35	52
2	0.6	100	120	126
3	0.9	150	171	102
4	0.9(N,P)	630	349	308

ในการทดลองชุดที่ 1 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าตะกอนแขวนลอยที่ออกมาจากน้ำทิ้งของระบบบ่อหมักทั้งสองมีปริมาณต่ำ และเมื่อเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิงเป็น 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นตามออร์แกนิคโหลดดิงที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบ



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

ธรรมดา พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยลดลงที่ออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากระบบทำงานล้มเหลว ทำให้การเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบลดลง

ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหารเสริม N,P พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากระบบบ่อหมักทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากอาหารเสริม N,P ที่เติมให้กับระบบทำให้การเจริญเติบโตของจุลชีพดีขึ้น เป็นผลให้การเพิ่มจำนวนเซลล์ของจุลชีพเพิ่มขึ้นด้วย

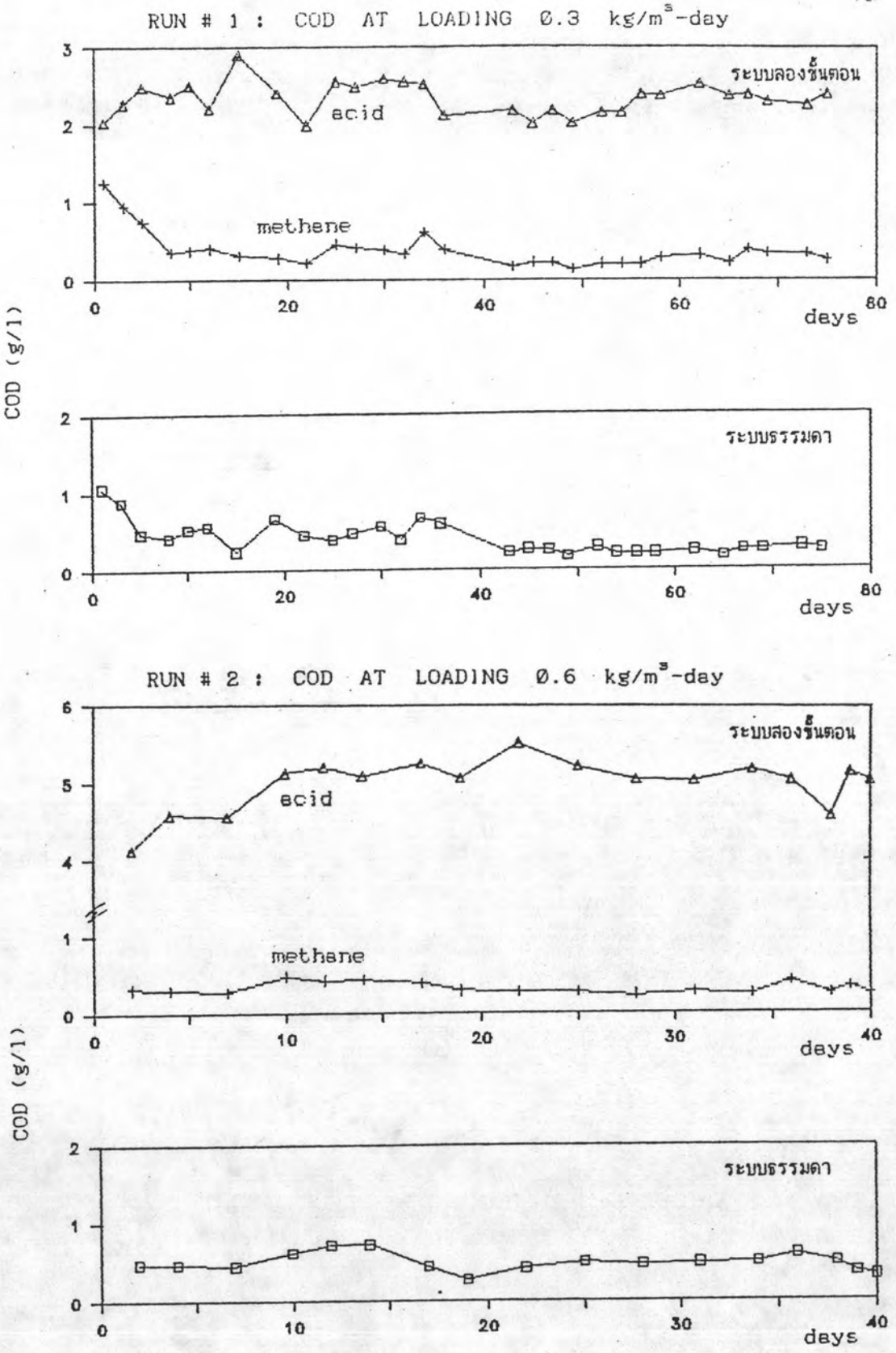
ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจากบ่อกรด พบว่าตะกอนแขวนลอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามออร์แกนิคโหลดดิงที่เพิ่มขึ้น และปริมาณตะกอนแขวนลอยมีมากที่สุดที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหารเสริม N,P

5.2.6 <u>ซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัด</u>

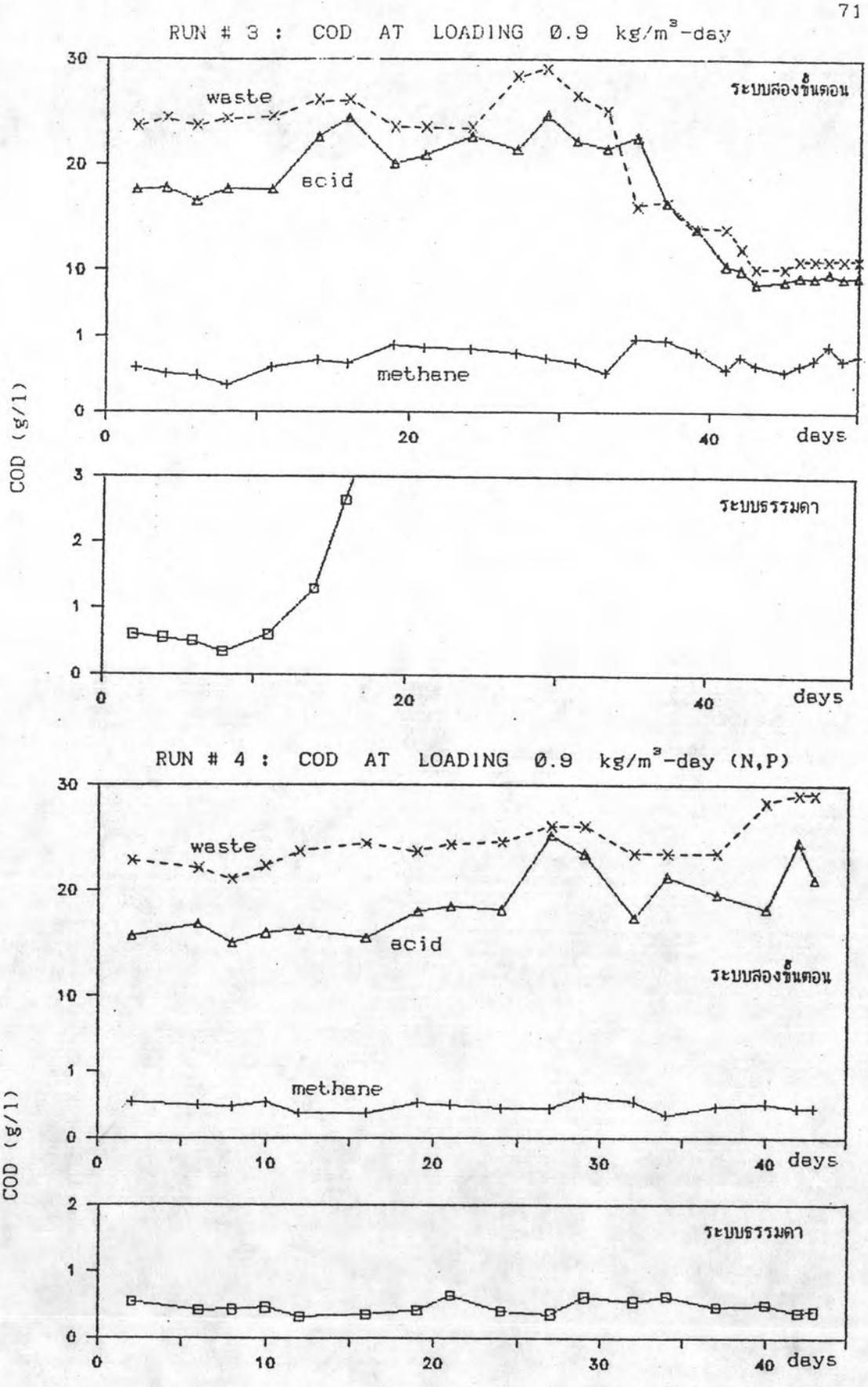
ซีโอดี เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ รูปที่ 5.15-5.16 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของระบบบ่อหมักทั้งสอง

ในการทดลองชุดที่ 1 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งควบคุมซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ 3,000 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และแบบธรรมดา มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีประสิทธิภาพในการกำจัด 91.6% และ 92.6% ตามลำดับ สำหรับบ่อกรดพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าต่ำคือมีค่าเพียง 20.6%

ในการทดลองชุดที่ 2 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งควบคุมซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ 6,000 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และแบบธรรมดา มีค่า 95.5% และ 93.6% ตามลำดับ ส่วนที่บ่อกรดพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 17%



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงซีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ม³-วัน



รูปที่ 5.16 กราฟแสดงซีโอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบ่อหมักทั้งสอง ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง Ø.9 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ที่เติมและไม่เติม N,P

ในการทดลองชุดที่ 3 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งน้ำเสียที่ใช้ป้อนให้กับระบบเป็นน้ำเสียจริงมีค่าซีโอดีประมาณ 20,000 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน มีค่า 96.6% แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดามีค่าต่ำมาก คือมีค่าน้อยกว่า 50% ทั้งนี้เนื่องจาก ที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาเกิดการสะสมกรดโวลาไทล์จนทำให้ระบบทำงานล้มเหลว สำหรับบ่อกรดพบว่าค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรดมีการเปลี่ยนแปลงตามน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อกรด (ดูรูปที่ 5.16) ทั้งนี้เนื่องจากที่บ่อกรดมีเวลากักน้ำต่ำ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่บ่อกรดมีค่า 14.6% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับการทดลองสองชุดแรก

ในการทดลองชุดที่ 4 ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และมีการเติมสารอาหาร N,P พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบบ่อหมักทั้งสองมีค่าสูงกว่าการทดลองชุดที่ 3 กล่าวคือมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณ 98% ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่บ่อกรดพบว่ามีค่า 18%

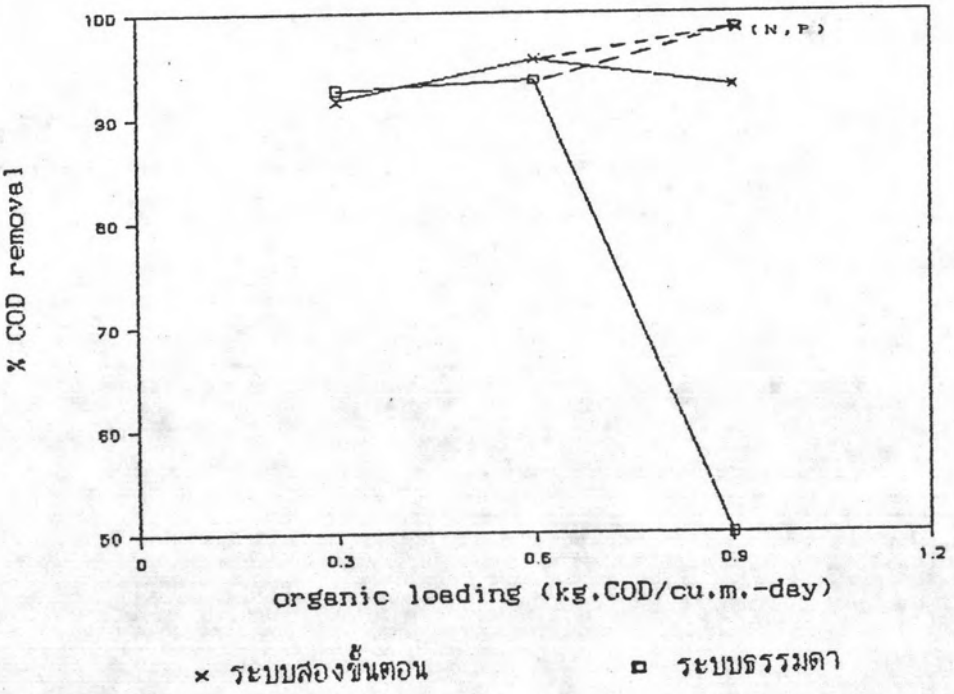
จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อกรดมีค่าต่ำซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่บ่อกรดเป็นขั้นตอนของการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด ซึ่งเป็นขั้นตอนของการผลิตกรดอินทรีย์และสร้างเซลใหม่ ดังนั้นซีโอดีที่ถูกทำลายไปส่วนใหญ่ จะเป็นการนำไปสร้างเซลล์ใหม่ของจุลชีพ ส่วนที่บ่อมีเทนจะเป็นขั้นตอนที่มีการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้สารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้ถูกลดลงไปเป็นอย่างมาก ค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบบ่อหมักทั้งสอง แสดงอยู่ในตารางที่ 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ และในรูปที่ 5.17 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีซึ่งสัมพันธ์กับออร์แกนิคโหลดดิง

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของซีโอดี,มก./ล.

การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	น้ำเสีย	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน		บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
			เฉพาะบ่อกรด	เฉพาะบ่อมีเทน	
1	0.3	3,000	2,382	253	222
2	0.6	6,000	4,975	270	383
3	0.9	20,000	17,080	680	>5,000
4	0.9(N,P)	25,000	20,500	440	417

ตารางที่ 5.8 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี(%)

การทดลองชุดที่	ระดับออร์แกนิคโหลดดิง	บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน			บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา
		เฉพาะบ่อกรด	เฉพาะบ่อมีเทน	ทั้งระบบ	
1	0.3	20.6	89.4	91.6	92.6
2	0.6	17.1	94.6	95.5	93.6
3	0.9	14.6	96	96.6	<50
4	0.9(N,P)	18	98	98.2	98.5



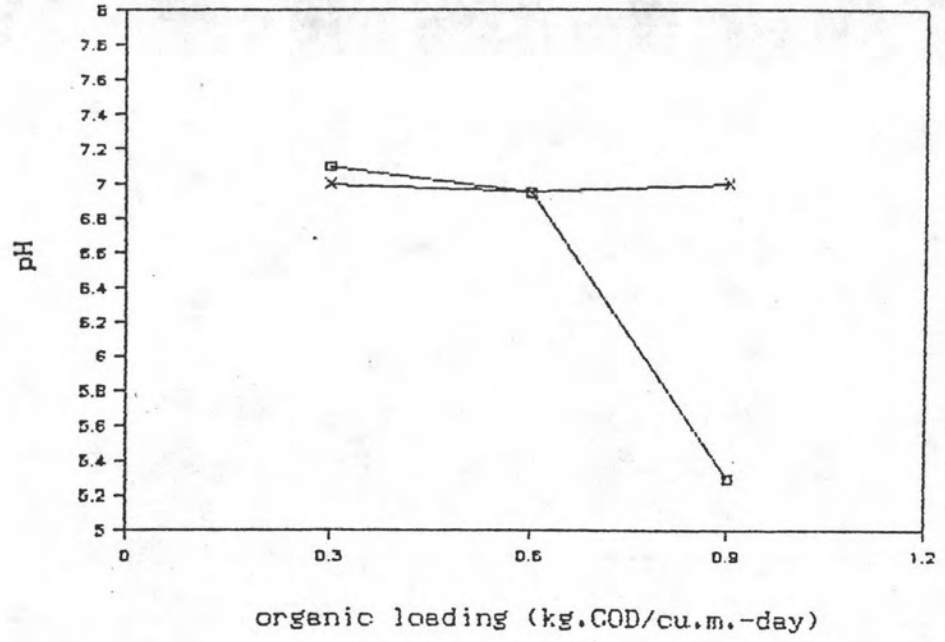
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กับออร์แกนิคโหลดดิง

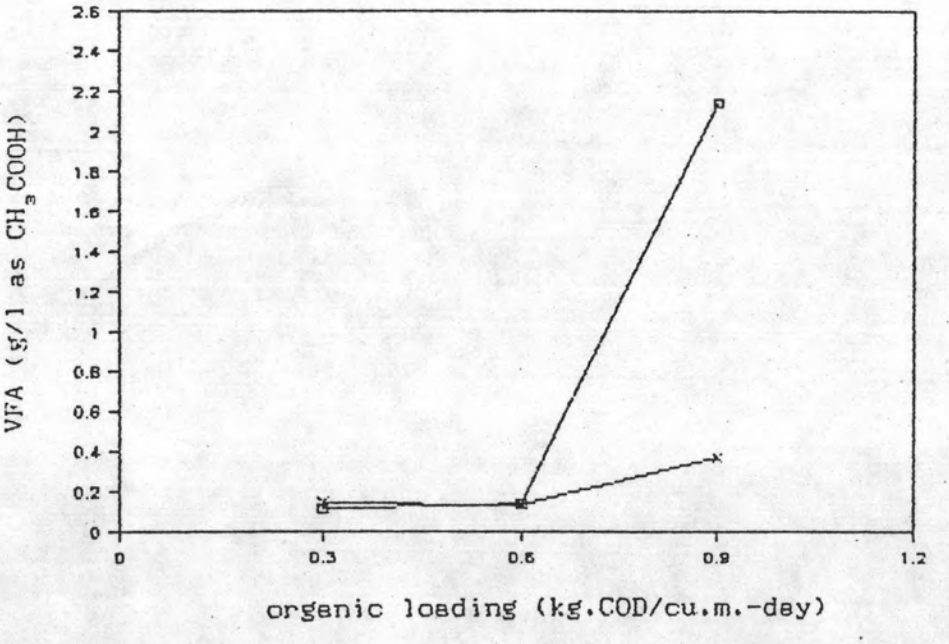
5.3 วิจารณ์และเปรียบเทียบผลการทดลองบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนและแบบธรรมดา

5.3.1 อิทธิพลของออร์แกนิคโหลดดิงต่อ พีเอช กรดโวลาไทล์ สภาพความเป็นด่าง และโอาร์พี

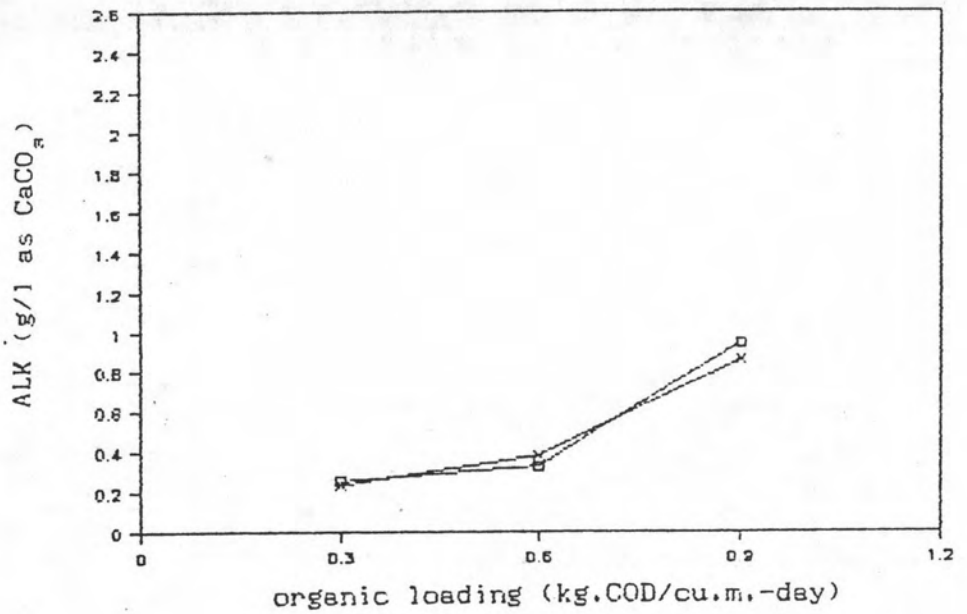
โดยทั่วไปแล้วการควบคุมระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนจะใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว คือ พีเอช กรดโวลาไทล์ และสภาพความเป็นด่าง ในการควบคุมเบื้องต้น เพื่อให้ระบบดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากพารามิเตอร์ทั้งสามข้างต้นแล้ว ยังมีพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ โออาร์พีที่สามารถใช้ในการควบคุมระบบเบื้องต้นได้เช่นกัน ทั้งนี้เพราะโออาร์พีมีความสัมพันธ์กับกรดโวลาไทล์และพีเอชโดยตรง รูปที่ 5.18 และ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆกับออร์แกนิคโหลดดิงของระบบบ่อหมักทั้งสอง

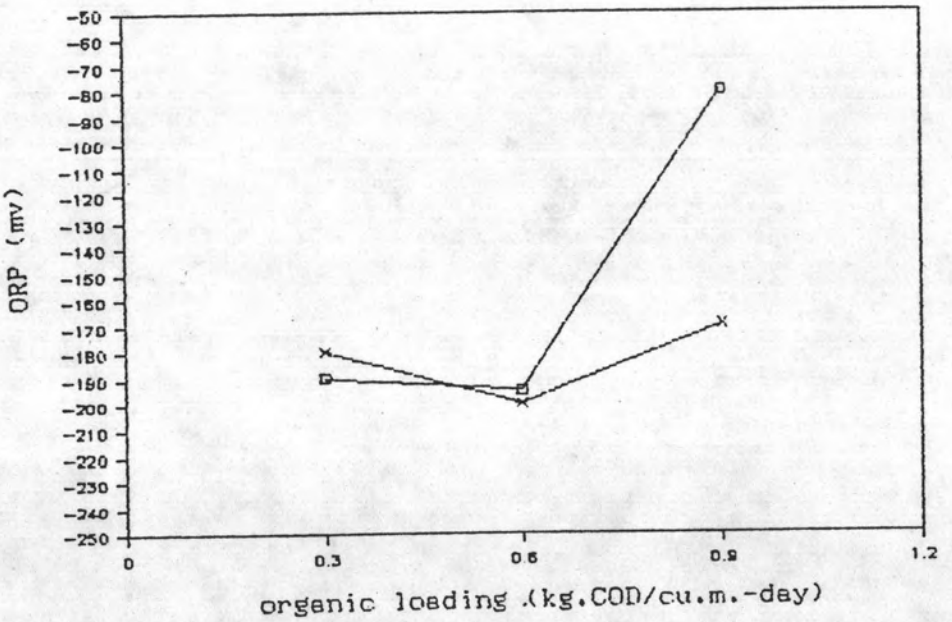
จากผลการทดลองกับระบบหมักทั้งสองพบว่า เมื่อใดที่เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ และสภาพความเป็นด่างหรือกำลังบัฟเฟอร์มีปริมาณไม่เพียงพอแล้ว การลดลงของพีเอชจะเกิดขึ้น และค่าของโออาร์พีก็จะเพิ่มขึ้น (มีค่าติดลบน้อยลง) ในการทดลองที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ของระบบบ่อหมักทั้งสองมีไม่มากนัก พีเอชของระบบมีค่าเป็นกลาง และโออาร์พีมีค่าเฉลี่ย -185 มิลลิโวลท์ เมื่อเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิงเป็น 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า ค่าพีเอชยังคงเป็นกลาง การสะสมของกรดโวลาไทล์มีไม่มากนัก และค่าโออาร์พีก็ใกล้เคียงกับที่ระดับออร์-แกนิคโหลดดิง 0.3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดการสมดุลย์ของจุลชีพในระบบบ่อหมักทั้งสอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากออร์แกนิคโหลดดิงยังต่ำอยู่ จึงทำให้จุลชีพที่สร้างมีเทน สามารถใช้กรดโวลาไทล์ที่ผลิตโดยจุลชีพที่สร้างกรดได้ทัน แต่เมื่อเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิงเป็น 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า ที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนบบธรรมดา เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ในปริมาณสูงทำให้ความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์สูงขึ้น และเนื่องจากการทดลองนี้ไม่มีการเพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ให้กับน้ำเสีย จึงทำให้ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ไม่เพียงพอ ประกอบกับช่วงที่ทำการทดลองเป็นช่วงที่มีอากาศเย็น ทำให้การทำงานของจุลชีพเป็นไปอย่างช้าๆ ดังนั้นการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์จึงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้พีเอชลดลงอย่างมาก และระบบไม่สามารถทำงานได้ต่อไป สำหรับค่าโออาร์พีจะพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าโออาร์พี จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกรดโวลาไทล์ และเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าพีเอช





รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดโวลาไทล์ และ พีเอช กับออร์แกนิคโหลดดิง





× ระบบสองขั้นตอน ▫ ระบบธรรมดา

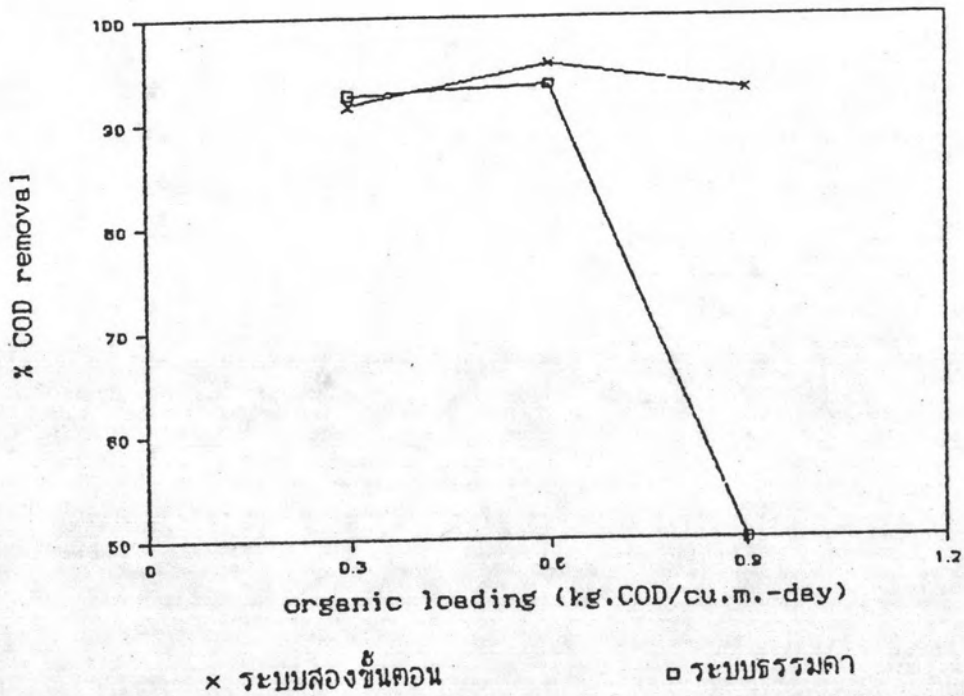
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพความเป็นด่างรวม และ โออาร์พี กับออร์แกนิคโหลดดิง

เช่นเดียวกับที่ Molof(30) ได้ทำการศึกษาไว้ ส่วนที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน พบว่าปริมาณกรดโวลาไทล์เพิ่มขึ้น แต่ไม่เกิดการละสมตัวของกรดโวลาไทล์มากเท่ากับที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา และค่าพีเอชยังคงเป็นกลาง เนื่องจากระบบมีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอ สำหรับค่าโออาร์พี จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการทดลองที่ระดับออร์แกนิคโหลดติง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

5.3.2 <u>อิทธิพลของออร์แกนิคโหลดดิงต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี</u>

จากผลการทดลองที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 3 ระดับ คือ 0.3 , 0.6 และ 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า การเพิ่มของออร์แกนิคโหลดดิงมิได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ของระบบบ่อหมักแบบสองขั้นตอนมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาจะพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และแบบธรรมดา พบว่า ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.3 และ 0.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และแบบธรรมดามีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มออร์แกนิคโหลดดิงเป็น 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดามีค่าต่ำกว่าหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนมาก ทั้งนี้เนื่องจากระบบทำงานล้มเหลว รูปที่ 5.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีกับออร์แกนิคโหลดดิงของระบบบ่อหมักทั้งสอง

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนมีเสถียรภาพดีกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา จึงทำให้สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงที่เพิ่มขึ้นได้ ในขณะที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาไม่สามารถรับได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน มีการแยกขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด และขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนออกจากกัน โดยการให้ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรดเกิดขึ้นที่บ่อกรด และขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนเกิดขึ้นที่บ่อมีเทน ที่บ่อกรดจะสามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงที่สูงได้ โดยที่การลดลงของพีเอชเนื่องจากการสะสมของกรดโวลาไทล์ จะไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ เพราะจุลชีพส่วนใหญ่เป็นจุลชีพที่สร้างกรด ซึ่งสามารถทนทานต่อสภาพพีเอชที่ต่ำได้ ขณะเดียวกันที่บ่อมีเทนก็สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงที่ผ่านขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรดมาแล้วได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่ระบบยังคงเสถียรภาพ



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กับออร์แกนิคโหลดดิง

การทำงานอยู่ได้ ทั้งนี้เพราะในบ่อมีเทนจุลชีพส่วนใหญ่เป็นจุลชีพชนิดที่สร้างก๊าซมีเทน และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม จึงทำให้มีอัตราการใช้กรดโวลาไทล์ได้ดีกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

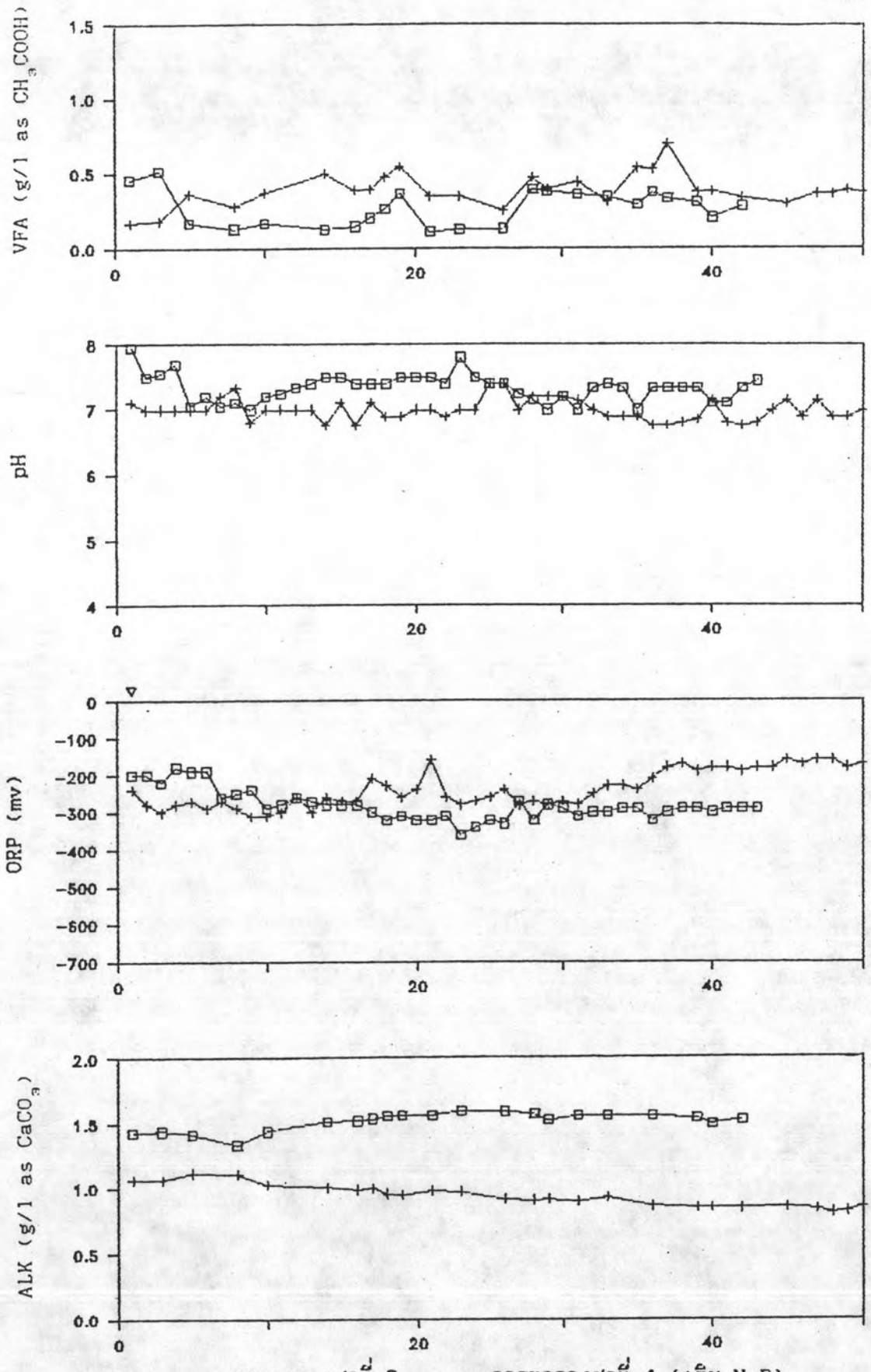
5.4 <u>วิจารณ์ และ เปรียบเทียบผลการทดลองระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติมและไม่เติมสารอาหารเสริม N,P</u>

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนหมักแบบไร้ออกซิเจนโดยแบคทีเรียนั้น สารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียคือ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในการเปรียบเทียบผลการทดลองของระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่เติม และไม่เติมสารอาหารเสริม N,P นั้นจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองชุดที่ 3 และการทดลองชุดที่ 4 โดยที่การทดลองชุดที่ 3 และ 4 มีระดับออร์แกนิคโหลดดิงเดียวกันคือ ๐.๙ กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แต่การทดลองชุดที่ 4 มีการเติมสารอาหารเสริม N,P ในอัตราส่วนที่มากเกินพอคือ COD:N:P เท่ากับ ๑๐๐:๒:๐.๕

5.4.1 <u>บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน</u>

รูปที่ 5.21 แสดงกราฟของกรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวม ของการทดลองชุดที่ 3 และ 4

จากการเปรียบเทียบการทดลองของการทดลองชุดที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่า พีเอชและสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อหมักในการทดลองชุดที่ 4 มีค่ามากกว่าการทดลองชุดที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองชุดที่ 4 มีการเติมสารอาหารเสริม N,P ซึ่งสารอาหารเสริม N ที่เติมนั้นอยู่ในรูปของยูเรีย และเมื่อยูเรียถูกจุลชีพในบ่อหมักย่อยสลายก็จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเกิดเป็นแอมโมเนียไบคาร์บอเนต จึงทำให้สภาพความเป็นด่างสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดโวลาไทล์ จะพบว่าที่บ่อกรดของการทดลองชุดที่ 4 มีปริมาณกรดโวลาไทล์สูงกว่าการทดลองชุดที่ 3 มาก ในขณะที่ปริมาณกรดโวลาไทล์ของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อมีเทนของการทดลองชุดที่ 4 มีค่าต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารอาหารเสริม N,P ที่เติมให้กับระบบนั้น ได้ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลชีพ ทำให้ปริมาณจุลชีพในบ่อกรดมีมากพอที่จะย่อย



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงกรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวมของของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน ของการทดลองชุดที่ 3 และ 4

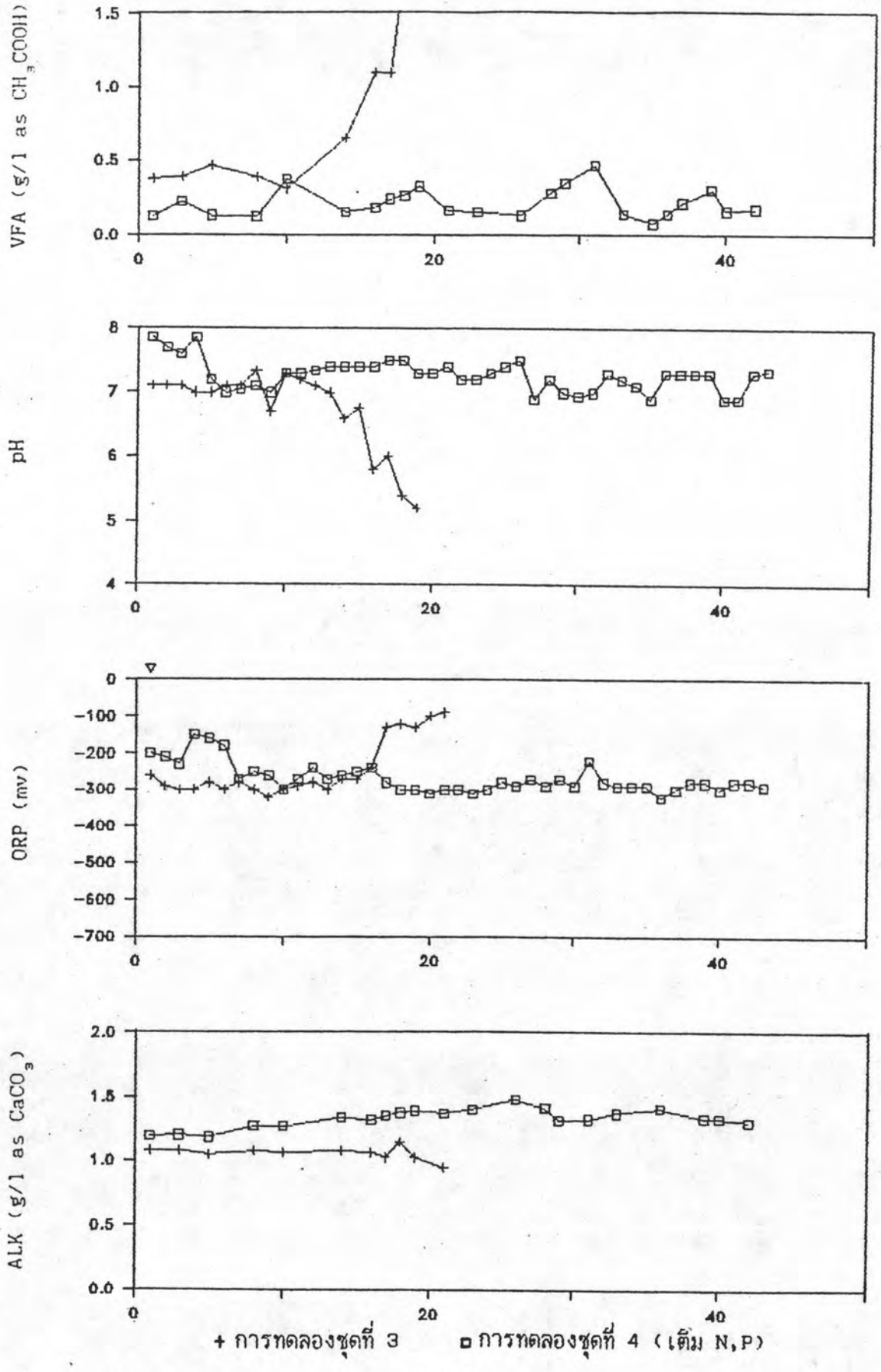
สารอินทรีย์ให้เป็นกรดโวลาไทล์ ในขณะเดียวกันที่บ่อมีเทนก็มีปริมาณของจุลชีพที่สร้างมีเทนมากเช่นกัน จึงสามารถใช้กรดอินทรีย์ที่ผลิตจากบ่อกรดได้ทัน สำหรับค่าโออาร์พีนั้นพบว่าค่าโออาร์พีของบ่อหมักของการทดลองที่ 4 มีค่าต่ำกว่าการทดลองที่ 3 มาก ซึ่งค่าโออาร์พีมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช และกรดโวลาไทล์ เช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.3.1

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจสรุปได้ว่า ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนที่มีการเติมสารอาหารเสริม N,P มีสมรรถนะการทำงานดีกว่าระบบบ่อหมักที่ไม่ได้เติมสารอาหารเสริม N,P

5.4.2 <u>บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา</u>

รูปที่ 5.22 แสดงกราฟของกรดโวทาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวมของชุดทดลองที่ 3 และ 4 ของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาที่เติมและไม่เติมสารอาหารเสริม N,P พบว่าที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงเดียวกันคือ 0.9 กก.-ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน บ่อหมักที่ไม่เติมสารอาหารเสริม N,P (การทดลองชุดที่ 3) ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากระบบทำงานล้มเหลว ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการสูญเสียสมดุลย์ของปริมาณจุลชีพชนิดที่สร้างกรดและชนิดที่สร้างมีเทน กล่าวคือ ในระบบหมักแบบไร้ออกซิเจนที่มี N,P ต่ำ จุลชีพชนิดที่สร้างกรดจะสามารถเติมโตได้ดีกว่าจุลชีพชนิดที่สร้างมีเทน ดังนั้นจึงทำให้อัตราการผลิตกรดโวลาไทล์โดยจุลชีพชนิดที่สร้างกรด มีมากกว่าอัตราการใช้กรดโวลาไทล์โดยจุลชีพที่สร้างมีเทน จึงมีผลทำให้การสะสมตัวของกรดโวลาไทล์จนมีค่าความเข้มข้นสูงและพีเอชต่ำลงจนระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้ และเมื่อพิจารณาค่าโออาร์พี จะเห็นได้ว่าค่าโออาร์พีมีค่าสูงขึ้น (มีค่าลบน้อยลง) สำหรับบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาที่เติมสารอาหารเสริม N,P (การทดลองชุดที่ 4) ปรากฏว่าระบบสามารถทำงานได้ โดยที่การสะสมตัวของกรดโวลาไทล์มีไม่มากนัก พีเอชของระบบก็มีค่าเป็นกลางและสภาพความเป็นด่างรวมก็มีค่าสูงขึ้น สำหรับค่าโออาร์พีจะพบว่ามีค่าลดต่ำลง (มีค่าลบเพิ่มขึ้น) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าโออาร์พีของการทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงกรดโวลาไทล์ พีเอช โออาร์พี และสภาพความเป็นด่างรวม ของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา ของการทดลองชุดที่ 3 และ 4

การที่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาที่เติมสารอาหารเสริม N,P สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงที่ระดับ 0.9 กก.ซีโอดี/ลบ.-วันได้ ก็เนื่องมาจากการเติมสารอาหารเสริมN,P ได้ช่วยให้การเจริญเติบโตของจุลชีพทั้งสองชนิดเป็นไปด้วยดี ทำให้ปริมาณของจุลชีพทั้งสองสมดุลย์กัน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการเติมสารอาหารเสริม N,P นั้น ทำให้บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา มีสมรรถนะการทำงานดีขึ้นทำให้สามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงที่เพิ่มขึ้นได้

5.5 สมรรถนะการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน

ในการพิจารณาสมรรถนะการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน จะแยกพิจารณาเป็นสองประเด็นคือ

1) สมรรถนะการทำงานของบ่อกรด
2) สมรรถนะการทำงานของบ่อมีเทน

5.5.1 สมรรถนะการทำงานของบ่อกรด

บ่อกรดเป็นบ่อที่ต้องการให้เกิดขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด ดังนั้นจุลชีพที่อยู่ในบ่อกรดนี้จะต้องเป็นจุลชีพที่สร้างกรดเป็นส่วนใหญ่ เพื่อว่าเมื่อมีการป้อนน้ำเสียเข้าสู่บ่อกรดแล้ว จุลชีพในบ่อกรดจะได้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นกรดโวลาไทล์เพื่อส่งต่อให้กับบ่อมีเทนอีกทีหนึ่ง ดังนั้นสมรรถนะการทำงานของบ่อกรดจะดีหรือไม่จึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดโวลาไทล์

จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุด พบว่าความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดโวลาไทล์ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ในรูปกรดอะซิติคที่ผลิตได้ ต่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์คิดในรูปซีโอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกรด มีค่าเฉลี่ย 17 % และเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นๆ (43,45) ซึ่งพบว่าความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดโวลาไทล์ของบ่อกรดมีค่า 40% และ 38% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดโวลาไทล์ของบ่อกรดยังไม่ดีนัก ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจาก ที่บ่อกรดไม่มีการกวนผสมอย่างสมบรูณ์เหมือนกับถังหมักกรดของงานวิจัยดังกล่าวจึงทำให้การสัมผัสกันระหว่างจุลชีพและสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึง

จากเหตุผลดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า สมรรถนะการทำงานของบ่อกรดยังไม่ดีนัก แต่อย่างไรก็ตาม การที่มีบ่อกรดก็ยังสามารถช่วยลดภาระการทำงานของบ่อมีเทน ทั้งนี้เนื่องจาก ที่บ่อกรดได้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์บางส่วนในน้ำเสียให้เป็นกรดโวลาไทล์ ซึ่งกรดโวลาไทล์นี้เป็นสารอาหารของจุลชีพที่สร้างมีเทน

5.5.2 <u>สมรรถนะการทำงานของบ่อมีเทน</u>

บ่อมีเทนเป็นบ่อที่ต้องการให้เกิดขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน จุลชีพในบ่อมีเทนส่วนใหญ่จึงควรเป็นจุลชีพที่สร้างก๊าซมีเทน ทั้งนี้เพื่อว่า เมื่อบ่อมีเทนรับน้ำเสียที่ออกจากบ่อกรด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดโวลาไทล์มาทำการย่อยสลาย จุลชีพที่สร้างมีเทนจะได้ทำการย่อยสลายสลายกรดโวลาไทล์เหล่านั้นให้เป็นก๊าซมีเทน ดังนั้นที่บ่อมีเทนจึงมีการลดค่าซีโอดีเป็นอย่างมาก

สมรรถนะการทำงานของบ่อมีเทน จะพิจารณาจากการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ กล่าวคือ หากเกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ในปริมาณสูง นั่นย่อมแสดงว่าสมรรถนะการทำงานของบ่อมีเทนไม่ดีนัก และถ้าการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ก็จะทำให้ระบบทำงานล้มเหลวได้ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ จุลชีพที่สร้างกรดมีปริมาณมากกว่าจุลชีพที่สร้างมีเทน และทำให้บ่อมีเทนมีสภาพเช่นเดียวกับบ่อกรด

จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าสมรรถนะการทำงานของบ่อมีเทนอยู่ในขั้นดีพอใช้ ทั้งนี้เพราะที่บ่อมีเทนมีการสะสมของกรดโวลาไทล์ไม่มากนัก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจุลชีพที่สร้างมีเทนมีปริมาณมากพอที่จะทำการย่อยสลายกรดโวลาไทล์ที่เกิดขึ้น และเนื่องจากสมรรถนะการทำงานของบ่อกรดไม่ดีนัก จึงทำให้น้ำเสียที่ผ่านบ่อกรดมีทั้งสารอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลชีพที่สร้างกรด และสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแล้วกลายเป็นกรดโวลาไทล์ และเมื่อน้ำเสียนี้ผ่านเข้าสู่บ่อมีเทน จึงมีผลทำให้บ่อมีเทนอยู่ในสภาพกึ่งบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา กล่าวคือ ที่บ่อมีเทนจะเกิดขั้นตอนการย่อยสลายทั้ง 2 ขั้นตอนและจุลชีพในบ่อมีเทนจะมีทั้งจุลชีพที่สร้างกรดและจุลชีพที่สร้างก๊าซมีเทน แต่ทว่าจุลชีพที่สร้างมีเทนจะมีปริมาณมากกว่า จึงทำให้บ่อมีเทนมีเสถียรภาพการทำงานดีกว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดา

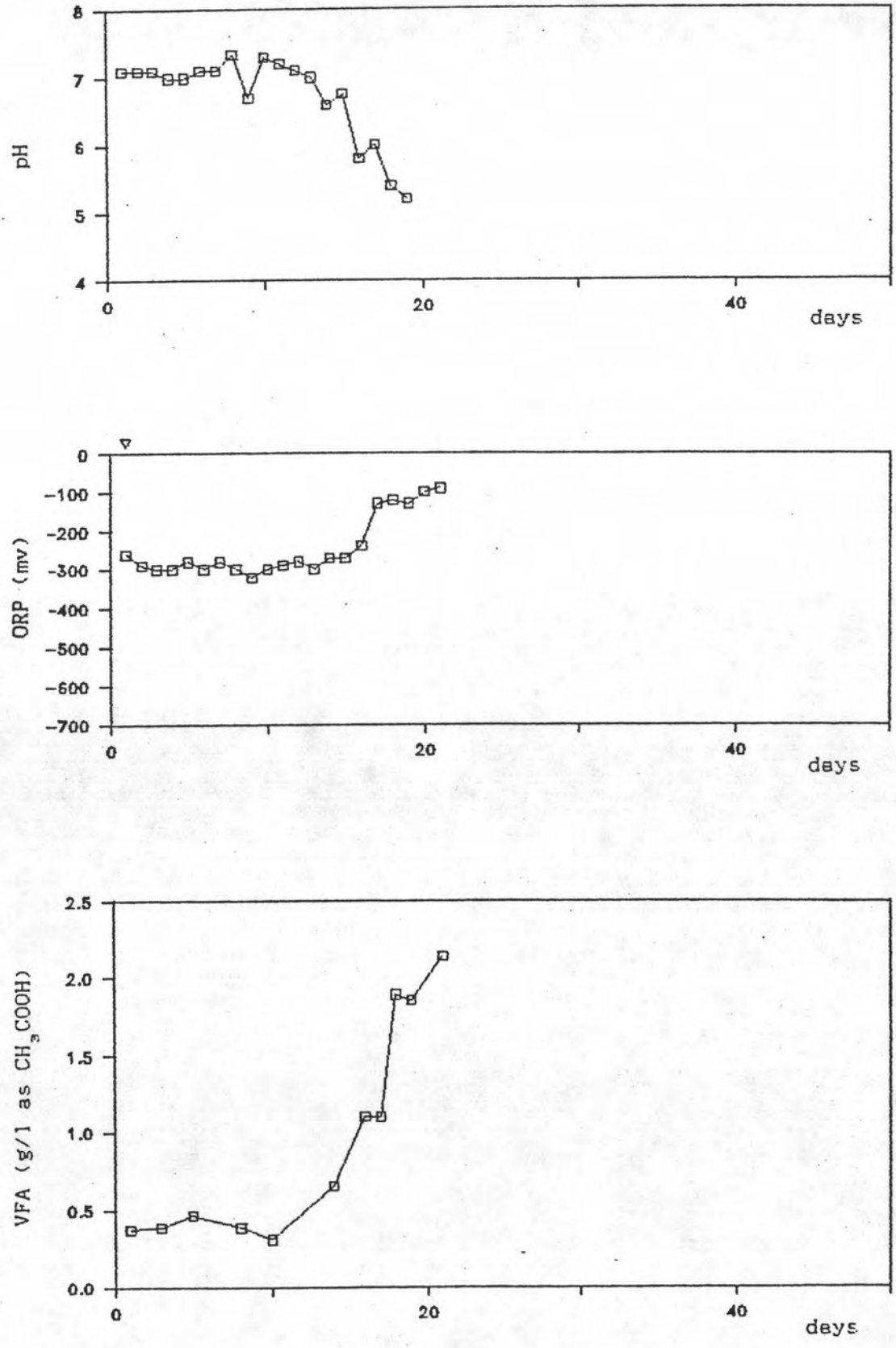
5.6 ความล้มเหลวของการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจน

การที่ระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนมีการทำงานล้มเหลวก็เนื่องมาจาก การเสียสมดุลย์ของจุลชีพที่สร้างกรด และจุลชีพที่สร้างมีเทน จึงทำให้อัตราการใช้กรดโวลาไทล์โดยจุลชีพที่สร้างมีเทน น้อยกว่าอัตราการผลิตกรดโวลาไทล์โดยจุลชีพที่สร้างกรด จึงมีผลทำให้เกิดการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์ จนมีความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์สูง และพีเอชลดต่ำลงจนระบบไม่สามารถทำงานได้

ในการวิจัยนี้บ่อหมักที่มีการทำงานล้มเหลวคือ บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบธรรมดาที่รับออร์แกนิคโหลดดิง ๐.๑ กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน รูปที่ 5.23 แสดงกราฟของพีเอช โออาร์พี และกรดโวลาไทล์ของบ่อหมักที่มีการทำงานล้มเหลว

จากรูปเมื่อพิจารณากรดโวลาไทล์ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วันที่ 10 ของการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสะสมตัวของกรดโวลาไทล์อันเนื่องมาจาก ระบบเกิดการเสียสมดุลย์ของจุลชีพที่สร้างกรด และจุลชีพที่สร้างมีเทน และเมื่อพิจารณาค่าพีเอชและโออาร์พีเปรียบเทียบกับค่าของกรดโวลาไทล์ จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงของพีเอชเกิดขึ้นพร้อมๆกับการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ โดยที่การเปลี่ยนแปลงของพีเอชจะเป็นสัดส่วนผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ สำหรับค่าโออาร์พี พบว่า การเปลี่ยนแปลงของโออาร์พีเกิดขึ้นช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของกรด-โวลาไทล์ โดยที่การเปลี่ยนแปลงของโออาร์พีจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่า ความล้มเหลวของการทำงานของบ่อหมักสามารถพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ พีเอช และโออาร์พี โดยที่การเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ และพีเอช จะเห็นได้ชัด และรวดเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงของโออาร์พี ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของบ่อหมักไร้ออกซิเจนจึงต้องพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ และพีเอชเป็นสำคัญ



รูปที่ 5.23 กราฟแสดง พีเอช โออาร์พี และกรดโวลาไทล์ของบ่อหมักไร้ออกซิเจนที่มีการทำงานล้มเหลว