บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาอัตราการเติบโตของผักตบชวา

จากการปลูกผักตบชวาในบ่อทดลองที่มีการเติมน้ำเสียแบบต่อเนื่องและแบบครั้งคราว โดยการใส่ผักตบชวาซึ่งแต่ละต้นมีน้ำหนักเปียกเริ่มต้น 0.05-0.10 กิโลกรัม ด้วยความหนาแน่นเท่ากับ 6 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรเท่ากัน ได้ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

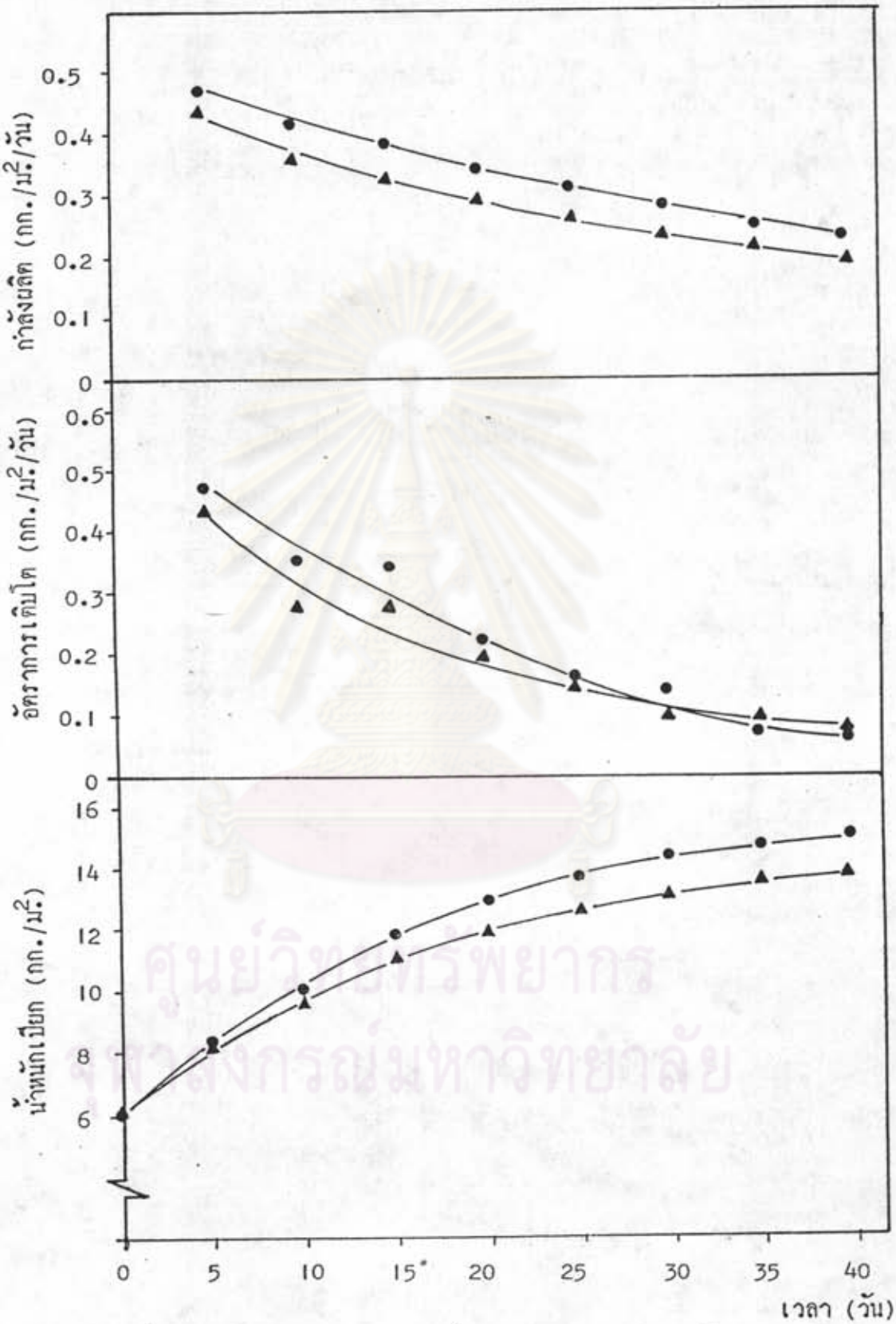
4.1.1 การทดลองแบบต่อเนื่อง พบว่าผักตบชวาจะมีอัตราการเติบโตมากในช่วง 5 วันแรกของการทดลองคือ 0.47 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการเติบโตจะลดลงเรื่อย ๆจนเหลือ 0.06 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน ในช่วงวันที่ 35 ถึง 40 ของการทดลองเช่นเดียวกับกำลังผลิตของผักตบชวา จะมากในช่วง 5 วันแรกของการทดลองคือ 0.47 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน และจะลดลงเหลือ 0.23 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน ในวันที่ 40 ของการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 40 วัน ผักตบชวาจะมีความหนาแน่น 15.05 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร

4.1.2 การทดลองแบบครั้งคราว พบว่าผักตบชวาจะมีอัตราการเติบโตมากในช่วง 5 วันแรกของการทดลองคือ 0.43 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน และจะลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือ 0.07 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน ในช่วงวันที่ 35 ถึง 40 ของการทดลอง เช่นเดียวกับกำลังผลิตของผักตบชวาจะมากในช่วง 5 วันแรกของการทดลองคือ 0.43 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน และจะลดลงเหลือ 0.19 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อวัน ในวันที่ 40 ของการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 40 วัน ผักตบชวาจะมีความหนาแน่น 13.77 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเปียกและกำลังผลิตของผักตบชวาจะเห็นว่าในบ่อที่เติมน้ำเสียแบบต่อเนื่องจะสูงกว่าแบบครั้งคราวตลอดระยะเวลาของการทดลอง แต่อัตรา

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักเปียก, อัตราการเติบโต และกำลังผลิตของผักตบชวาในบ่อทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow System) และแบบครั้งคราว (Batch System)

เวลา (วัน)	บ่อทดลองแบบต่อเนื่อง			บ่อทดลองแบบครั้งคราว		
	น้ำหนักเปียก (กก./ม^2)	อัตราการเติบโต (กก./ม^2/วัน)	กำลังผลิต (กก./ม^2/วัน)	น้ำหนักเปียก (กก/.ม^2)	อัตราการเติบโต (กก./ม^2/วัน)	กำลังผลิต (กก./ม^2/วัน)
0	6.00	-	-	6.00	-	-
5	8.33	0.47	0.47	8.13	0.43	0.43
10	10.08	0.35	0.41	9.50	0.27	0.35
15	11.77	0.34	0.38	10.85	0.27	0.32
20	12.85	0.22	0.34	11.82	0.19	0.29
25	13.67	0.16	0.31	12.53	0.14	0.26
30	14.37	0.14	0.28	13.00	0.09	0.23
35	14.73	0.07	0.25	13.43	0.09	0.21
40	15.05	0.06	0.23	13.77	0.07	0.19



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเปียก อัตราการเติบโต และกำลังผลิตของผักคบชวา ในบ่อทดลองแบบต่อเนื่องและแบบครั้งคราว

●——● บ่อทดลองแบบต่อเนื่อง ▲——▲ บ่อทดลองแบบครั้งคราว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเติบโตจะสูงกว่าตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงวันที่ 30 ของการทดลอง หลังจากนั้นอัตราการเติบโตในบ่อแบบครั้งคราวจะสูงกว่าเล็กน้อยจนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง 40 วัน

4.2 ผลการศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งและอัตราการเก็บเกี่ยวผักตบชวา

จากการทดลองหาอัตราการเติบโตของผักตบชวา ได้เลือกค่าความหนาแน่นของผักตบชวาที่มีอัตราการเติบโต 3 ค่าคือ 10, 8, 6 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร เป็นความหนาแน่นเริ่มต้นในการทดลอง ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นเริ่มต้นของผักตบชวาที่ให้อัตราการเติบโตสูง

ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบการปลูกผักตบชวา ที่น้ำหนักเริ่มต้นต่างกัน 3 ค่าใน 2 สัปดาห์แรกเปรียบเทียบน้ำหนักเริ่มต้น 10 และ 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร ปรากฏว่าเมื่อสิ้นสัปดาห์ที่ 1 ผักตบชวามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 2.53 และ 2.80 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ เมื่อสิ้นสัปดาห์ที่ 2 ผักตบชวามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.80 และ 1.93 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ ตามลำดับทั้ง 2 สัปดาห์ จะเห็นว่าผักตบชวาที่น้ำหนักเริ่มต้น 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร ให้น้ำหนักผักตบชวาเพิ่มขึ้นมากกว่า ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 3 จึงเปรียบเทียบน้ำหนักเริ่มต้น 6 และ 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร เมื่อสิ้นสัปดาห์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1.40 และ 1.47 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ เมื่อสิ้นสัปดาห์ที่ 4 ผักตบชวามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 2.60 และ 2.70 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ และเมื่อสิ้นสัปดาห์ที่ 5 ผักตบชวามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 2.40 และ 2.43 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ ตามลำดับ

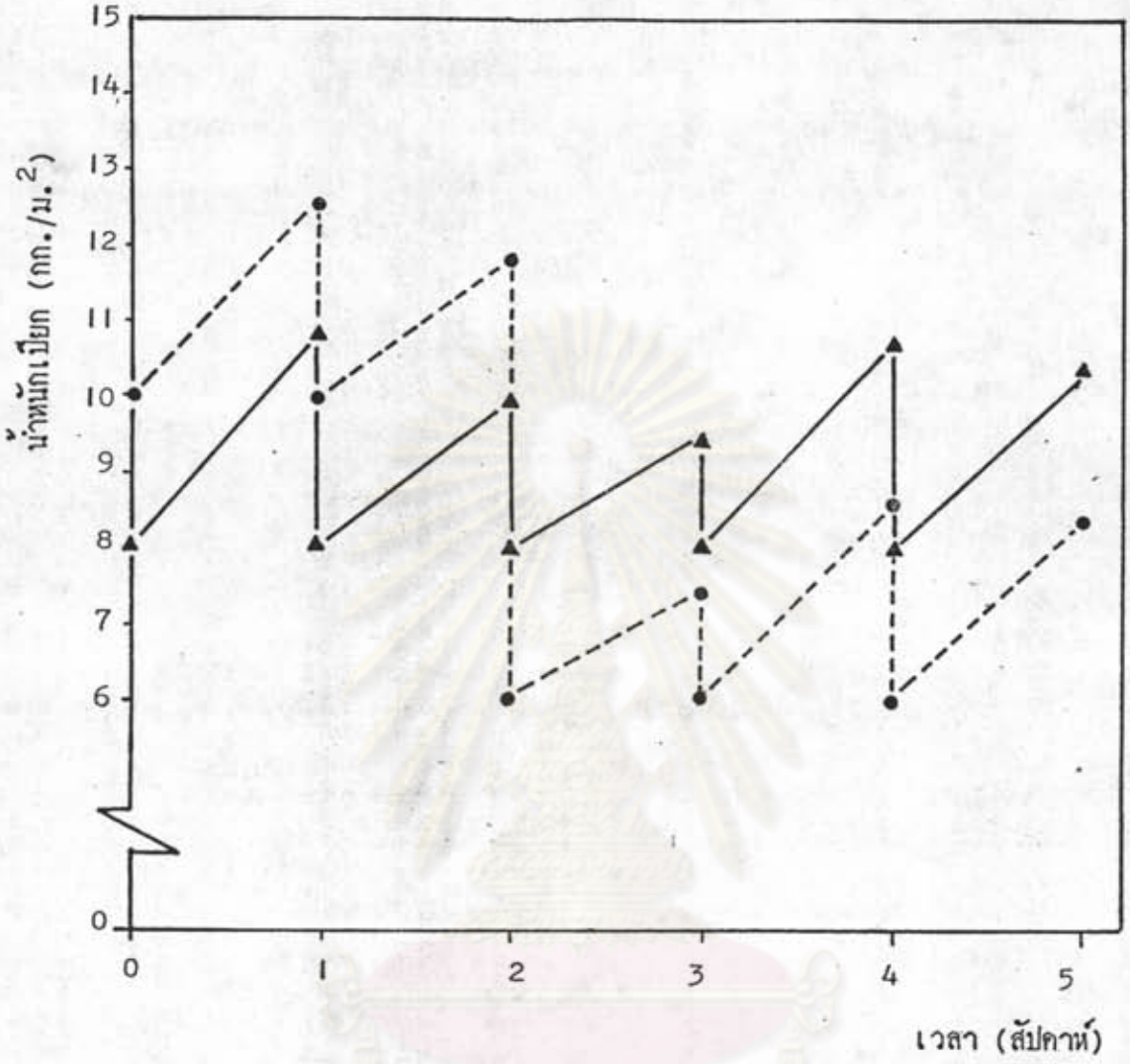
จากการทดลองพบว่าผักตบชวาที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรเป็นค่าที่ให้น้ำหนักผักตบชวาเพิ่มขึ้นมากที่สุด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 จึงเป็นค่าความหนาแน่นโดยประมาณที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผักตบชวาที่เพิ่มขึ้น 5 สัปดาห์ 2.28 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ ซึ่งค่านี้จะเป็นค่าที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบน้ำหนักเปียกของผักตบชวาที่เพิ่มขึ้นในการทดลองหาความหนาแน่นที่เหมาะสมของผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียและอัตราการเก็บเกี่ยวผักตบชวา

สัปดาห์ที่	น้ำหนักเปียกของผักตบชวาในบ่อที่ 1			น้ำหนักเปียกของผักตบชวาในบ่อที่ 2		
	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย	น้ำหนักเพิ่มขึ้น	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสุดท้าย	น้ำหนักเพิ่มขึ้น
1	10.00	12.53	2.53	8.00	10.80	2.80
2	10.00	11.80	1.80	8.00	9.93	1.93
เฉลี่ย	10.00	12.17	2.17	8.00	10.37	2.37
3	6.00	7.40	1.40	8.00	9.47	1.47
4	6.00	8.60	2.60	8.00	10.70	2.70
5	6.00	8.40	2.40	8.00	10.43	2.43
เฉลี่ย	6.00	8.13	2.13	8.00	10.20	2.20
ค่าเฉลี่ย 5 สัปดาห์				8.00	10.28	2.28

หมายเหตุ มีการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกทุกสิ้นสัปดาห์ ให้ผักตบชวาเหลือเท่ากับความหนาแน่นเริ่มต้น หรือ ความหนาแน่นที่ต้องการ

พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบน้ำหนักของผักตบชวาที่เพิ่มขึ้นในการใช้ผักตบชวาที่มีความหนาแน่นเริ่มต้น 6, 8 และ 10 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร

บ่อที่ 1 ●------●

บ่อที่ 2 ▲——▲

หมายเหตุ เมื่อสิ้นสัปดาห์มีการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกให้เหลือเท่ากับความหนาแน่นเริ่มต้น หรือ ความหนาแน่นที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบ่อผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัย

จากผลการศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย พบว่าผักตบชวาที่มีความหนาแน่น 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมที่สุด และต้องเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกในอัตรา 2.28 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตรต่อสัปดาห์ เนื่องจากบ่อทดลองมีพื้นที่ 3 ตารางเมตร จึงต้องใส่ผักตบชวา จำนวน 24 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก และมีการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออก 6.84 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อสัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในบ่อผักตบชวามีผักตบชวาเหลืออยู่ 21.6 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่าง ๆ หลังจากใส่ผักตบชวาไป 24 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 คุณภาพของน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อทดลอง น้ำเสียที่เข้าสู่บ่อทดลองมีคุณภาพแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำที่เข้าสู่บ่อทดลองมีค่า pH เท่ากับ 7.3, ค่า ซี.โอ.ดี. เท่ากับ 234.2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่า บี.โอ.ดี. เท่ากับ 109.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า TSS เท่ากับ 116.0 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่า TKN เท่ากับ 48.6 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่า NO_3-N เท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า TP เท่ากับ 8.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อทดลอง (หน่วย: มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้น pH)

ค่าสถิติ (n=21)	pH	COD	BOD	TSS	TKN	NO_3-N	TP
ค่าเฉลี่ย	7.3	234.2	109.5	116.0	48.6	0.09	8.7
ค่ามัธยฐาน	7.3	238.5	111.3	113.3	47.7	0.08	8.7
ค่าสูงสุด	7.5	323.0	142.1	196.0	59.8	0.11	11.8
ค่าต่ำสุด	7.2	150.9	78.0	56.0	44.0	0.06	7.0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1	47.5	18.2	32.3	4.2	0.02	1.2

4.3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

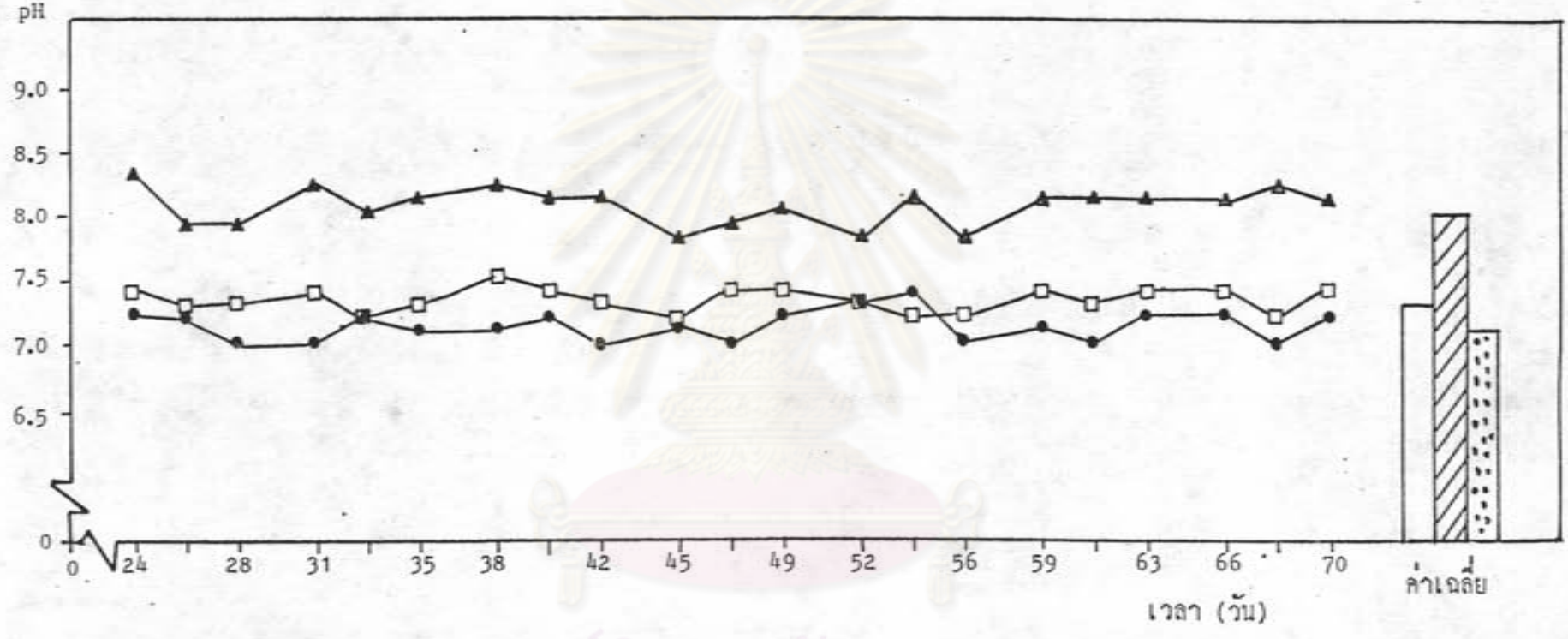
จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ยของ pH เท่ากับ 7.3 ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร, และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของ pH เป็น 7.9, 8.0 และ 8.0 ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยของ pH เป็น 7.2, 7.1 และ 7.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า pH ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก	ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย	7.3	7.9	8.0	8.0	7.2	7.1	7.1
ค่ามัธยฐาน	7.3	7.9	8.0	8.1	7.2	7.1	7.1
ค่าสูงสุด	7.5	8.3	8.2	8.3	7.4	7.4	7.4
ค่าต่ำสุด	7.2	7.6	7.7	7.8	7.1	7.0	7.0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	1.770	3	.590	40.309	<0.01
บ่อทดลอง	15.482	1	15.482	1.057.747	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	5.402	3	1.801	123.026	<0.01
ความแปรปรวนที่เหลือ	2.342	160	0.015		
ความแปรปรวนทั้งหมด	24.996	167	0.150		



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำออกจากบ่อควบคุม และน้ำที่ออกจากบ่อผักตบชวา

น้ำเสียเข้าบ่อทดลอง

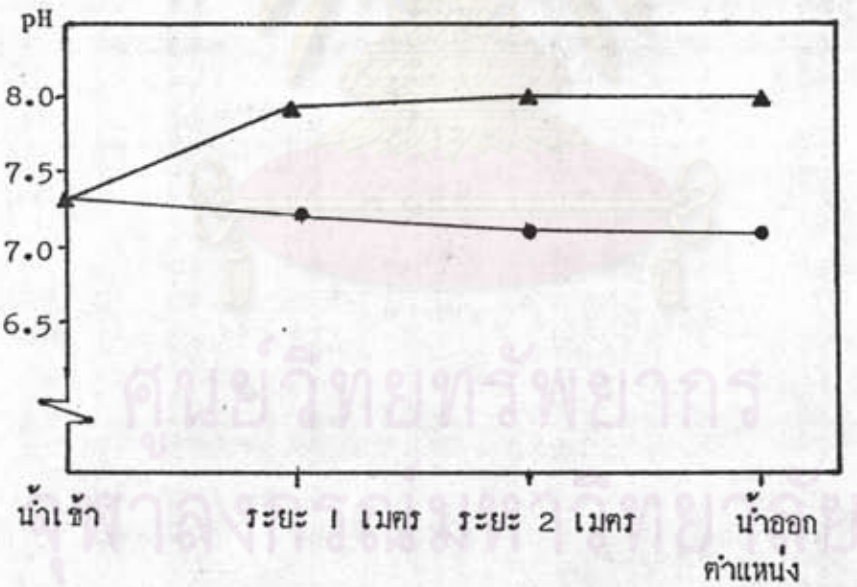
น้ำทิ้งออกจากบ่อควบคุม

น้ำทิ้งออกจากบ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลของค่า pH พบว่าค่า pH ในบ่อทดลองที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และค่า pH ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0001$) โดยค่า pH ในบ่อควบคุมมีค่าสูงกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

เมื่อต้องการทราบว่าที่ตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่า pH ที่แตกต่างกัน จากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 1 เมตร และระยะ 2 เมตรมีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มที่ 3 ที่ประกอบด้วยระยะ 2 เมตร และน้ำออกในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า pH สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ระยะ 1 เมตร มีค่า pH สูงกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 2 เมตร และน้ำออก



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

▲——▲ บ่อควบคุม ●——● บ่อผักตบชวา

4.3.3 ประสิทธิภาพการลดค่า ซี.โอ.ดี. (Chemical Oxygen Demand COD)

จากตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า ซี.โอ.ดี. ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ย 234.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของ ซี.โอ.ดี. เป็น 192.2, 192.0 และ 183.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่า ซี.โอ.ดี. ได้ 17.9, 18.0 และ 21.6 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ย ซี.โอ.ดี. เป็น 63.5, 49.6 และ 44.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่า ซี.โอ.ดี. ได้ 72.9, 78.8 และ 80.9 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลของค่า ซี.โอ.ดี. พบว่าค่า ซี.โอ.ดี. ในบ่อทดลองที่ตำแหน่งต่าง ๆ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และค่า ซี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0001$) โดยค่า ซี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมจะสูงกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า ซี.โอ.ดี. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

เมื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่า ซี.โอ.ดี. ที่แตกต่างกันจากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า มีค่า ซี.โอ.ดี. สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก ในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า ซี.โอ.ดี. สูงกว่ากลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า ซี.โอ.ดี. สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 1 เมตร และระยะ 2 เมตรมีค่า ซี.โอ.ดี. สูงกว่ากลุ่มที่ 3 ที่ประกอบด้วยระยะ 2 เมตร และน้ำออก

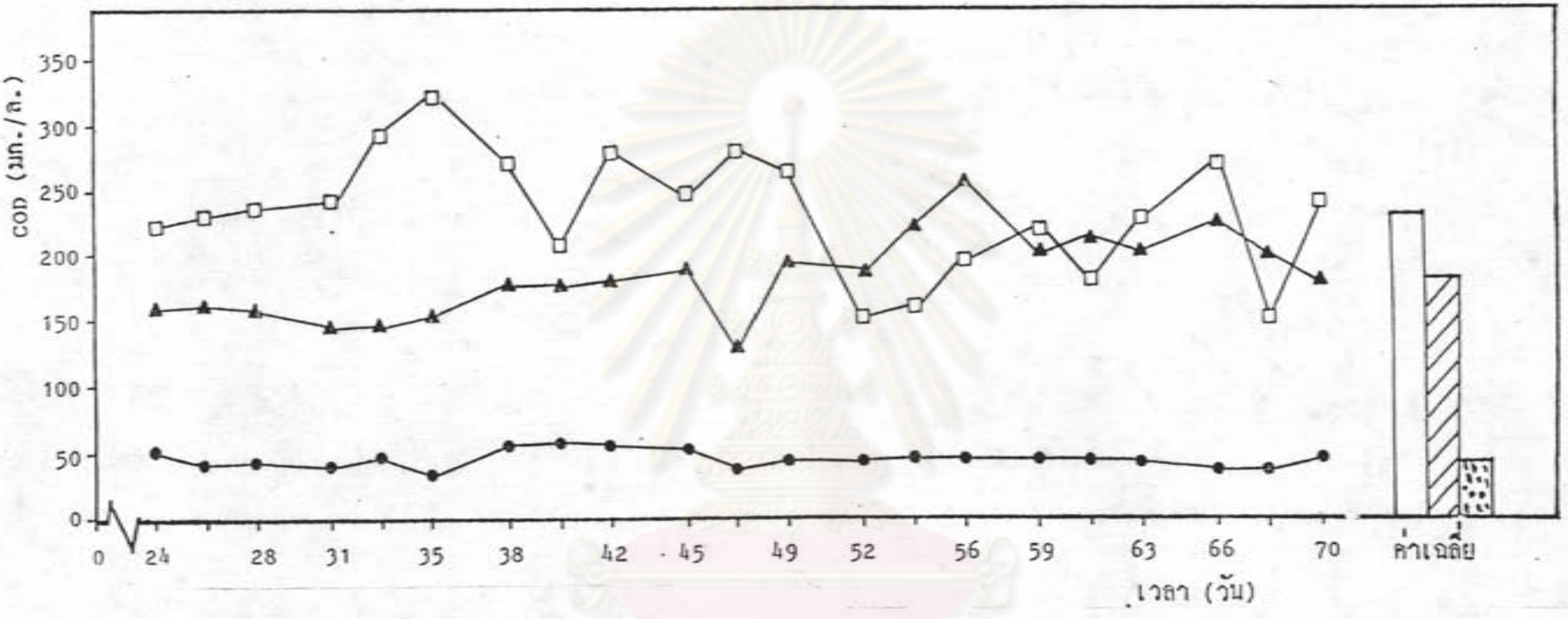
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า ซี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1 เมตร	ระยะ 2 เมตร	น้ำออก	ระยะ 1 เมตร	ระยะ 2 เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	234.2	192.2	192.0	183.6	63.5	49.6	44.8
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	238.5	184.9	184.0	181.8	61.1	51.9	44.2
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	323.0	240.5	255.9	255.9	84.3	58.1	55.2
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	150.9	148.0	136.0	127.9	41.5	31.2	33.6
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	47.5	30.0	32.9	31.6	12.1	7.5	6.1
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		17.9	18.0	21.6	72.9	78.8	80.9
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		22.5	22.9	23.8	74.4	78.2	81.5

ตารางที่ 4.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ซี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

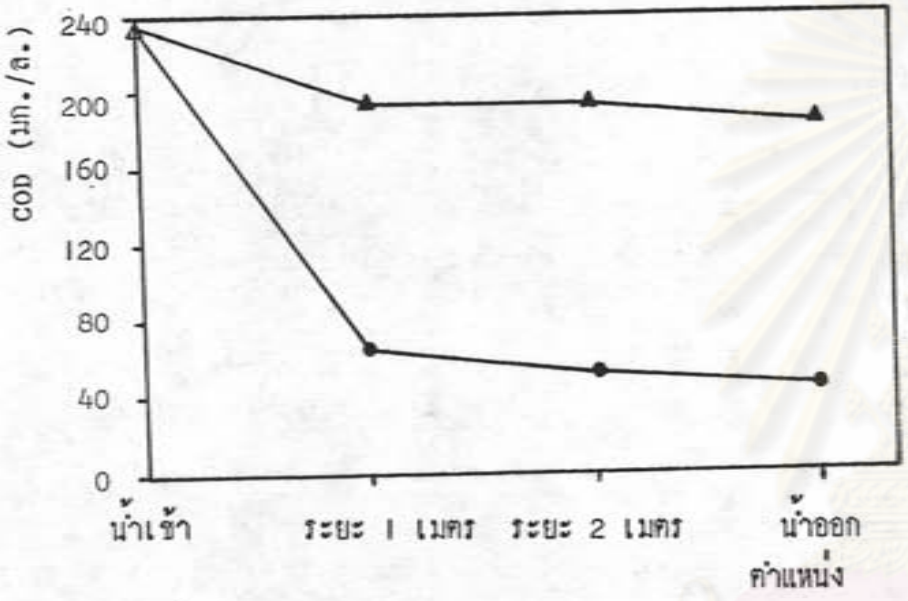
Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	408,045.464	9	136,015.155	140.856	<0.01
บ่อทดลอง	440,862.841	1	440,862.841	456.555	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	148,008.915	3	49,336,305	51.092	<0.01
ความแปรปรวนที่เหลือ	154,500.743	160	965.630		
ความแปรปรวนทั้งหมด	1,151,417.963	167	6,894.718		



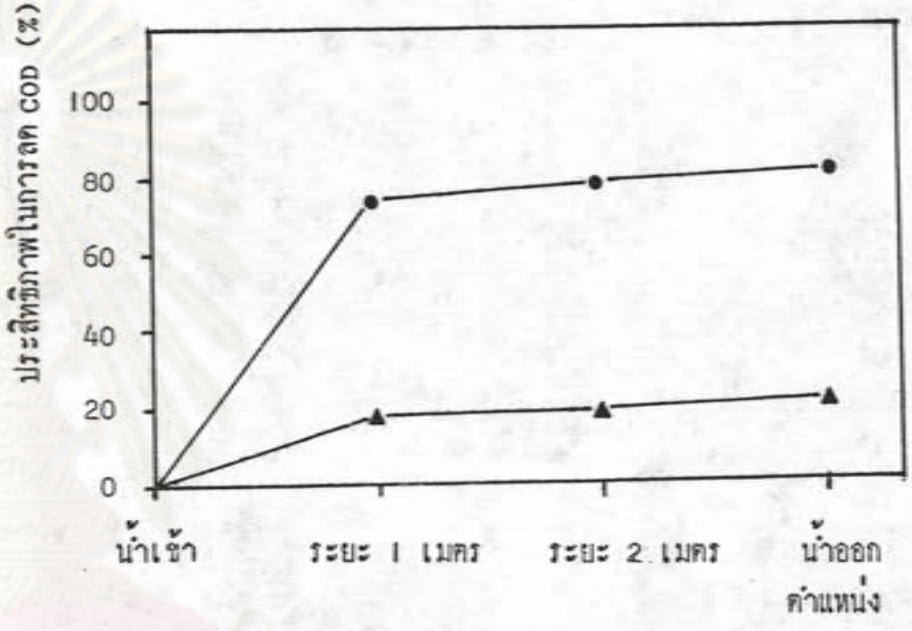
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่า ซี.โอ.ดี. ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อผักตบชวา

น้ำเสียเข้าบ่อทดลอง
น้ำทิ้งออกจากบ่อควบคุม
น้ำทิ้งออกจากบ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ซี. โอ. ดี. ของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่า ซี. โอ. ดี. ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 ประสิทธิภาพการลดค่า บี. โอ. ดี. (Biochemical Oxygen Demand BOD)

จากตารางที่ 4.8 รูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า BOD ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ย 109.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยของ BOD เป็น 85.9, 86.1 และ 80.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ได้ 21.6, 21.4 และ 26.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกมีค่าเฉลี่ย BOD เป็น 25.7, 19.5 และ 15.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ได้ 76.5 82.2 และ 85.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลของค่า BOD พบว่าค่า BOD ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และค่า BOD ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) โดยค่า BOD ในบ่อควบคุมจะสูงกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า BOD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$)

เมื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่า BOD ที่แตกต่างกันจากการทดสอบโดยการใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้าจะมีค่า BOD สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้าจะมีค่า BOD สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ระยะ 1 เมตรมีค่า BOD มากกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 2 เมตร และน้ำออก

4.3.5 ประสิทธิภาพการบดสารแขวนลอยรวม (Total Suspended Solids: TSS)

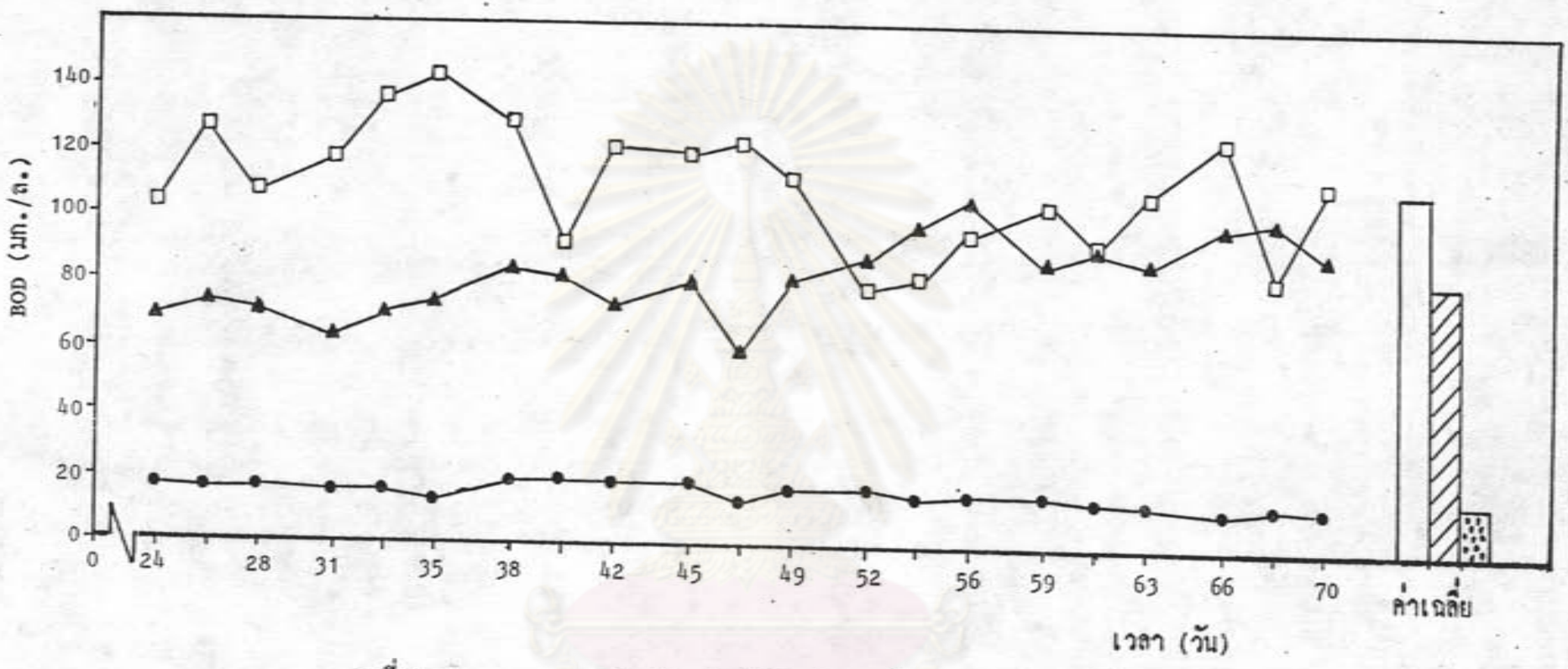
จากตารางที่ 4.10 รูปที่ 4.11, 4.12 และ 4.13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า TSS ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อมีค่าเฉลี่ย 116.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยของ TSS เป็น 95.2, 93.1 และ 94.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่า TSS ได้ 17.9, 19.7 และ 18.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยของ TSS เป็น

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า บี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก	ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	109.5	85.9	86.1	80.9	25.7	19.5	15.6
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	111.3	86.5	86.1	80.9	25.8	19.8	15.2
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	142.1	104.4	108.6	104.4	34.4	26.9	19.5
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	78.0	67.8	61.2	62.0	18.4	12.5	11.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	18.2	12.8	13.3	12.7	4.4	3.2	2.4
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		21.6	21.4	26.1	76.5	82.2	85.8
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		22.3	22.6	27.3	76.8	82.2	86.3

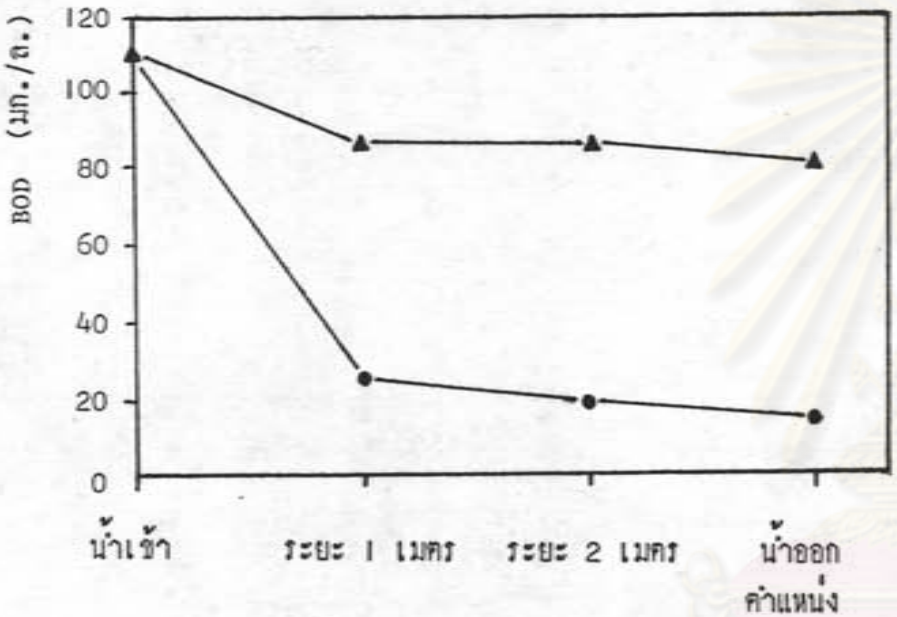
ตารางที่ 4.9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า บี.โอ.ดี. ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	104,393.658	9	34,797.886	231.738	<0.01
บ่อทดลอง	96,864.024	1	96,864.024	645.071	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	32,538.940	3	10,846,313	72.232	<0.0001
ความแปรปรวนที่เหลือ	24,025.652	160	150.160		
ความแปรปรวนทั้งหมด	257,822.274	167	1,543.846		

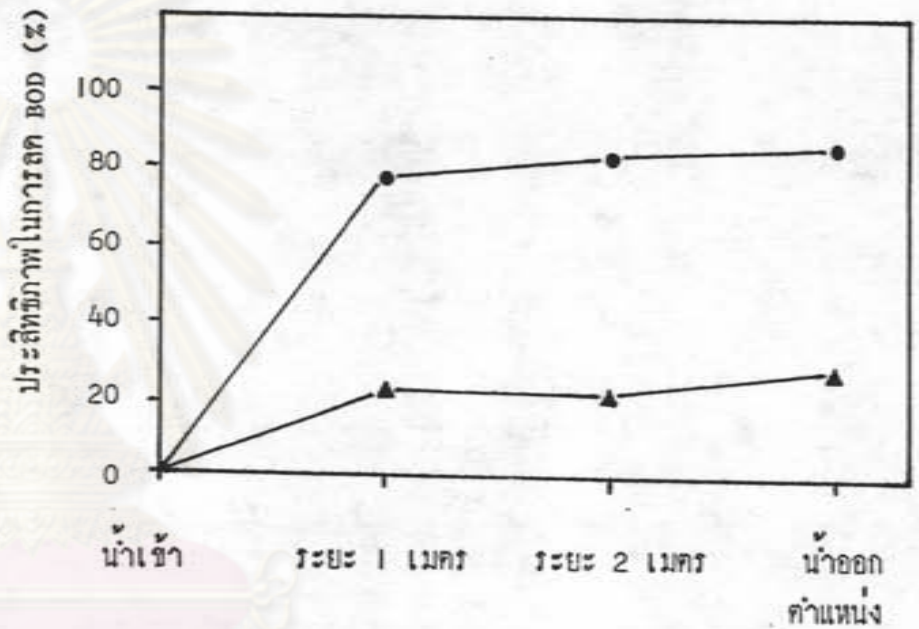


รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า บี. โอ. ดี. ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อผักตบชวา

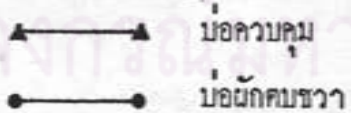
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ บี.โอ.ดี. ของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ บี.โอ.ดี. ของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา .....



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9.8, 4.7 และ 4.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่า TSS ได้ 91.6, 95.9 และ 96.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลของค่า TSS พบว่าค่า TSS ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และค่า TSS ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) โดยค่า TSS ในบ่อควบคุมสูงกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า TSS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

เมื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่า TSS ที่แตกต่างกัน จากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า TSS สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออกในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า จะมีค่า TSS สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก

4.3.6 ประสิทธิภาพในการลด ที.เค.เอ็น. (Total Kjeldahl Nirtrogen: TKN)

จากตารางที่ 4.12 รูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า TKN ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ย 48.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร

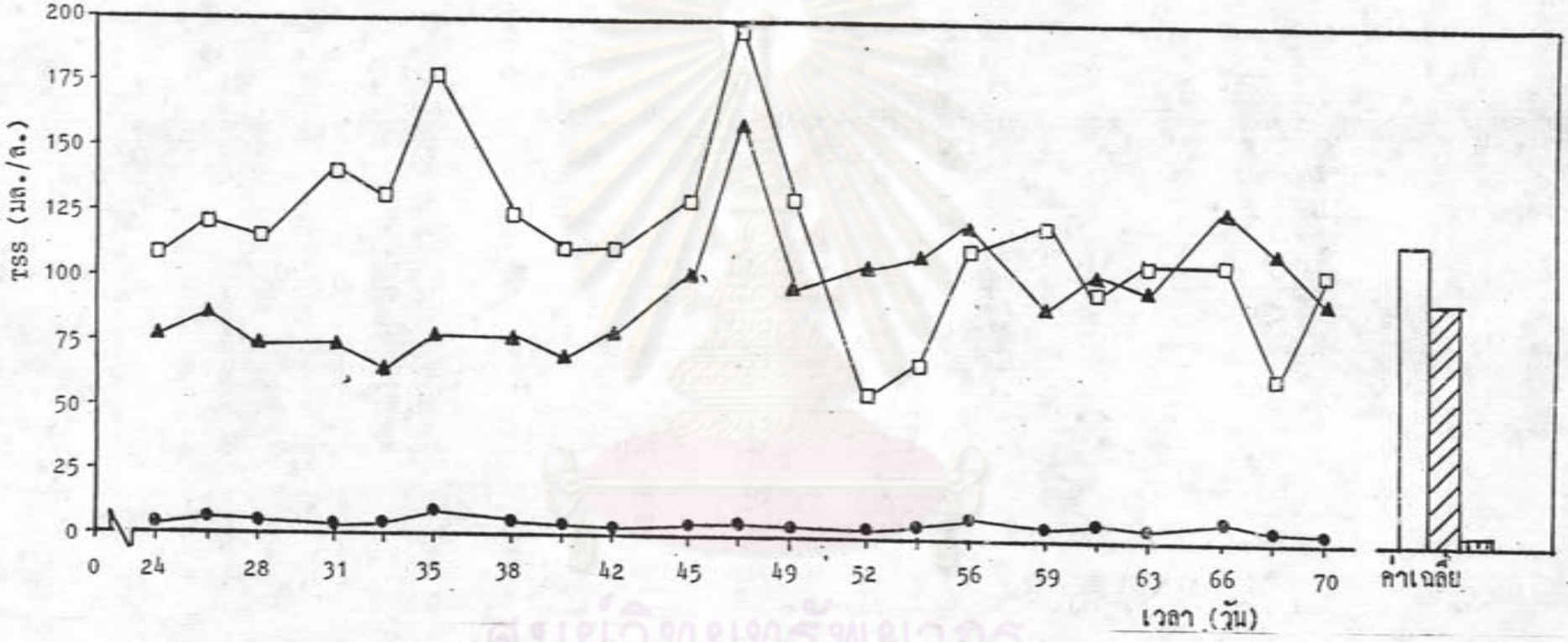
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าสารแขวนลอยรวม (TSS) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

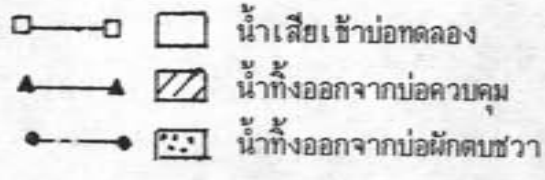
ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก	ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	116.0	95.2	93.1	94.2	9.8	4.7	4.2
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	113.3	94.7	98.0	92.6	9.6	4.5	4.2
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	196.0	132.0	128.0	158.0	16.4	10.6	8.3
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	56.0	72.1	68.4	64.8	2.0	1.8	1.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	32.3	15.6	17.7	22.7	4.2	2.0	1.7
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		17.9	19.7	18.7	91.6	95.9	96.4
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		16.4	13.5	18.3	91.5	96.0	96.3

ตารางที่ 4.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสารแขวนลอยรวม (TSS) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

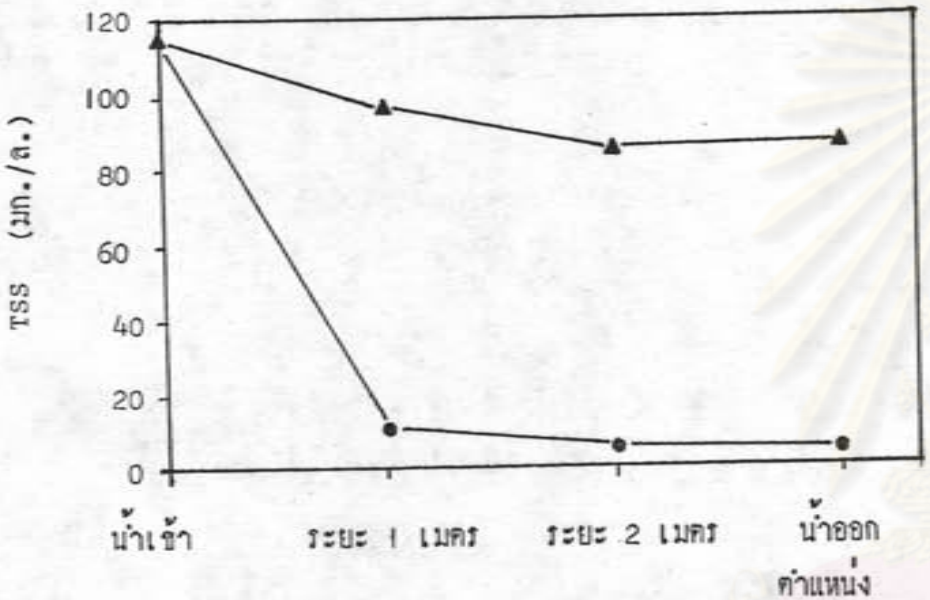
Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	136,827.413	9	45,609.144	114.514	<0.01
บ่อทดลอง	182,582.587	1	182,582.587	458.422	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	60,975.890	3	20,325,297	51.032	<0.01
ความแปรปรวนที่เหลือ	63,725.573	160	398.285		
ความแปรปรวนทั้งหมด	444,111.481	167	2,659.350		



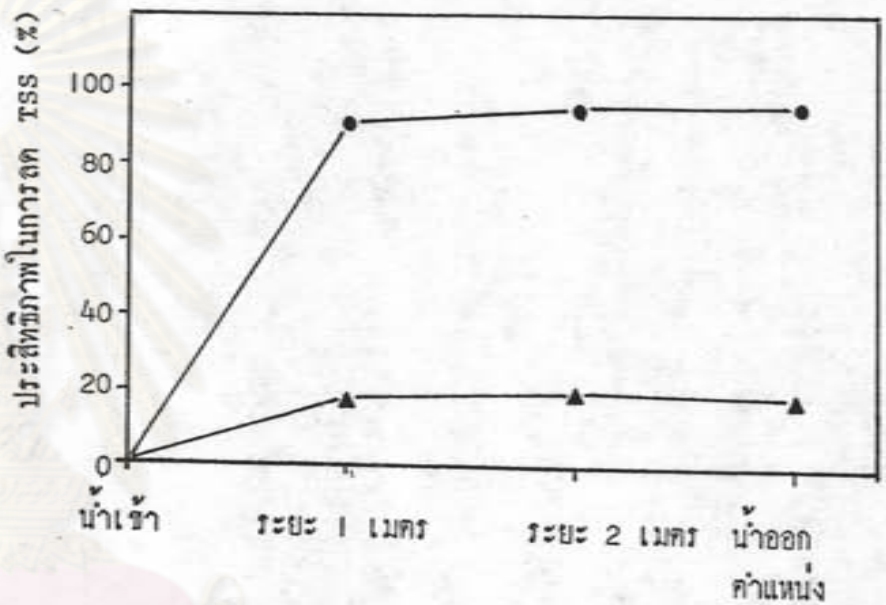
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าสารแขวนลอยรวม (TSS) ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งออกจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อผักตบชวา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยรวม (TSS) ของน้ำทิ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



รูปที่ 4.13 การทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสารแขวนลอย (TSS) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

▲——▲ บ่อควบคุม

●——● บ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของ TKN เป็น 23.0, 22.7 และ 23.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการลดค่า TKN ได้ 52.7, 53.3 และ 52.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของ TKN เป็น 14.8, 14.4 และ 14.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่า TKN ได้ 69.5, 70.4 และ 70.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่า TKN พบว่าค่า TKN ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) และค่า TKN ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0001$) โดยค่า TKN ในบ่อควบคุมสูงกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า TKN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า ที. เค. เอ็น (TKN) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1 เมตร	ระยะ 2 เมตร	น้ำออก	ระยะ 1 เมตร	ระยะ 2 เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	48.6	23.0	22.7	23.1	14.8	14.4	14.3
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	47.7	22.6	22.6	22.6	14.6	14.8	14.7
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	59.8	27.5	28.9	28.5	17.2	16.8	16.5
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	44.0	18.6	18.0	17.8	12.6	12.2	12.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.2	2.5	2.4	2.5	1.5	1.4	1.4
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		52.7	53.3	52.5	69.5	70.4	70.6
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		52.6	52.6	52.6	69.4	69.0	69.2

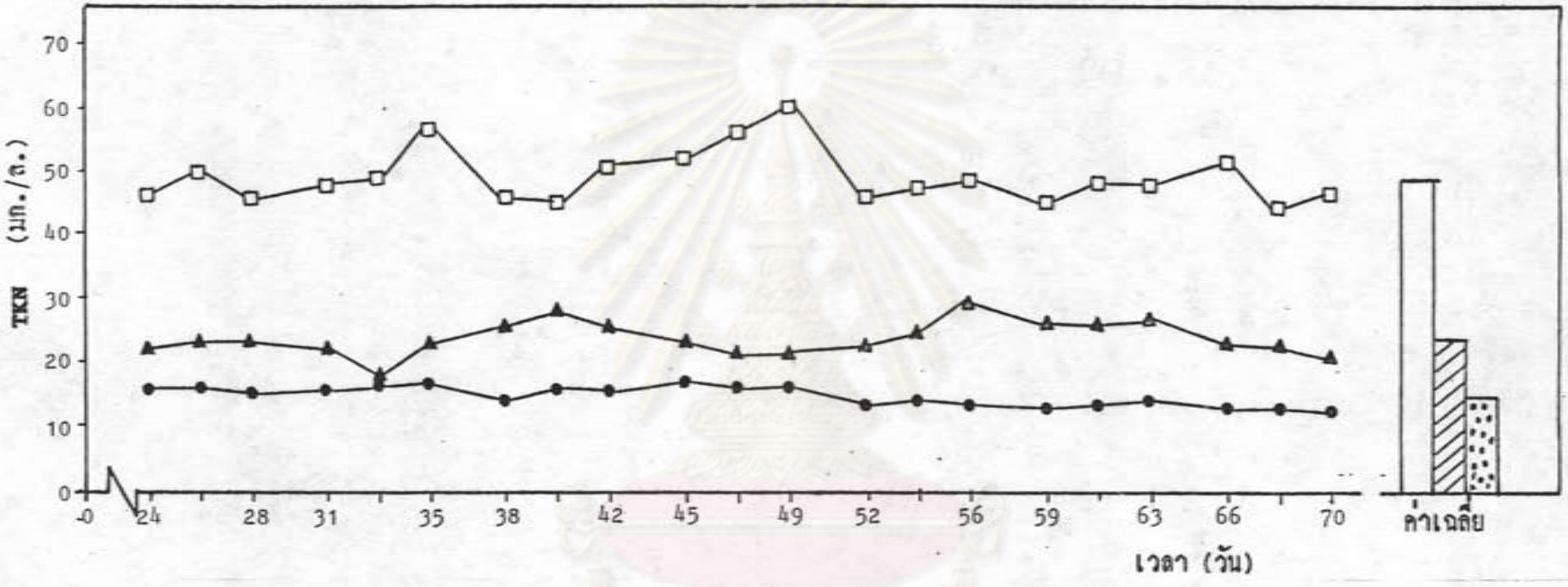
ตารางที่ 4.13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า ที.เค.เอ็น. (TKN) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	28,178.304	3	9,395.768	1,248.991	<0.01
บ่อทดลอง	1,685.934	1	1,685.934	224.113	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	564.364	3	188.121	25.007	<0.01
ความแปรปรวนที่เหลือ	1,203.630	160	7.523		
ความแปรปรวนทั้งหมด	31,641.23	167	189.468		

เมื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่า TKN ที่แตกต่างกัน จากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 น้ำเข้ามีค่า TKN สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก ในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า จะมีค่า TKN สูงกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก

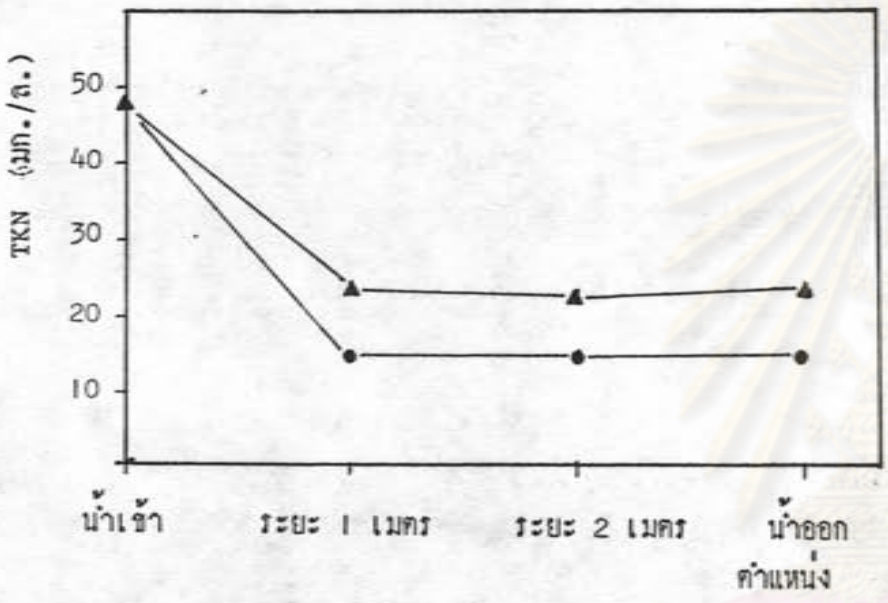
4.3.7 การเปลี่ยนแปลงของไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen: NO_3-N)

จากตารางที่ 4.14 รูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าไนเตรทไนโตรเจนของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำทิ้งที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ย 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของไนเตรทไนโตรเจน เป็น 0.13, 0.15 และ 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเปลี่ยนแปลงไนเตรทไนโตรเจนเป็น 44.4, 66.7 และ 88.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของไนเตรทไนโตรเจน เป็น 0.19, 0.28 และ 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงไนเตรทไนโตรเจน เป็น 111.1, 211.1 และ 244.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

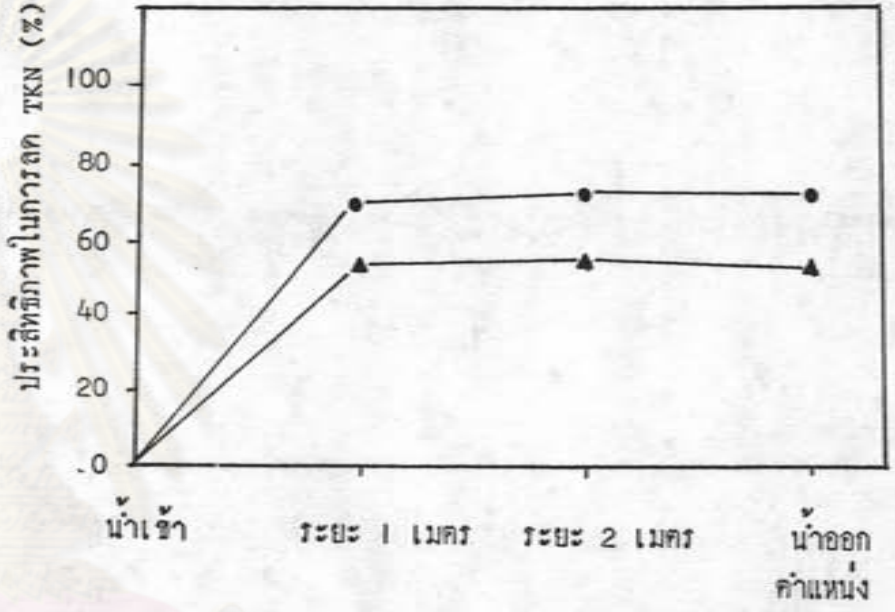


รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งออกจากบ่อผักตบชวา

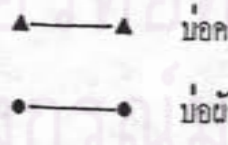
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ที.เค.เอ็น. ของน้ำเสีย ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่า ที.เค.เอ็น. ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



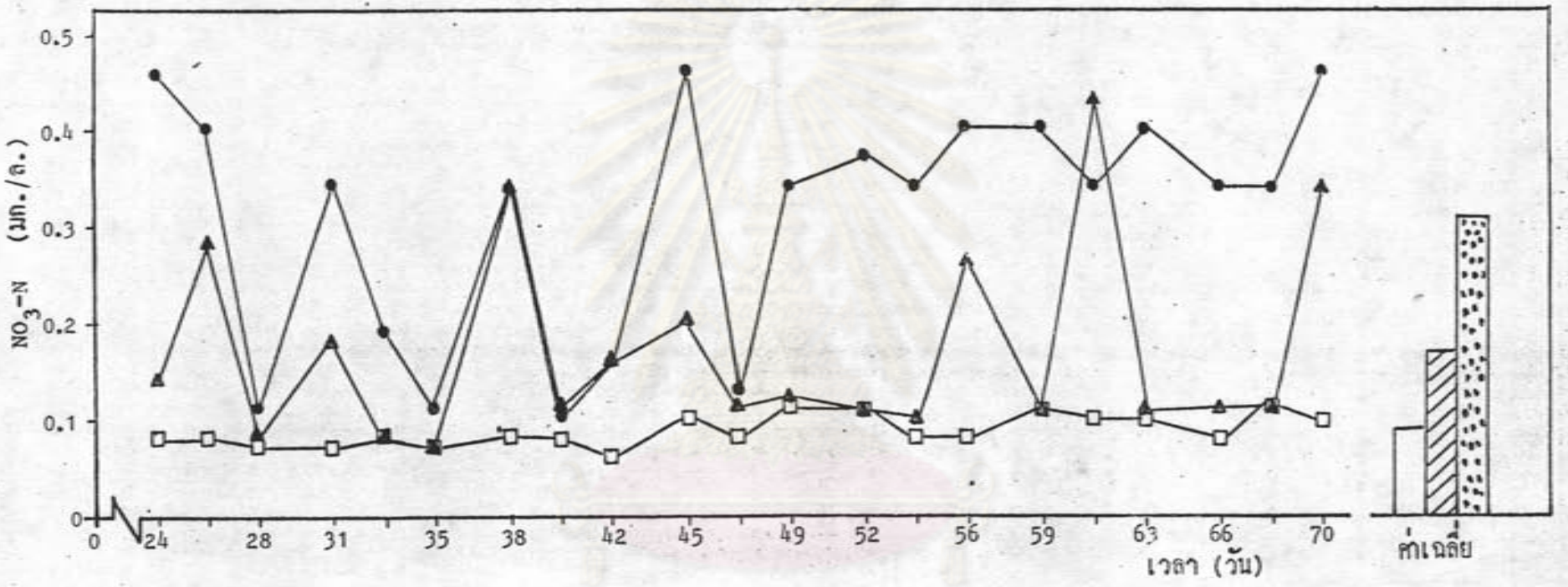
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าไนเตรทไนโตรเจน พบว่าค่าไนเตรทไนโตรเจนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และค่าไนเตรทไนโตรเจน ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) โดยค่าไนเตรทไนโตรเจนในบ่อควบคุมน้อยกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าไนเตรทไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$)

เมื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่าไนเตรทไนโตรเจนที่แตกต่างกัน จากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.05$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า มีค่าไนเตรทไนโตรเจนน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก ในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า มีค่าในเตรทในโตรเจนน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 ระยะ 1 เมตร มีค่าไนเตรทไนโตรเจนน้อยกว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 2 เมตร และน้ำออก

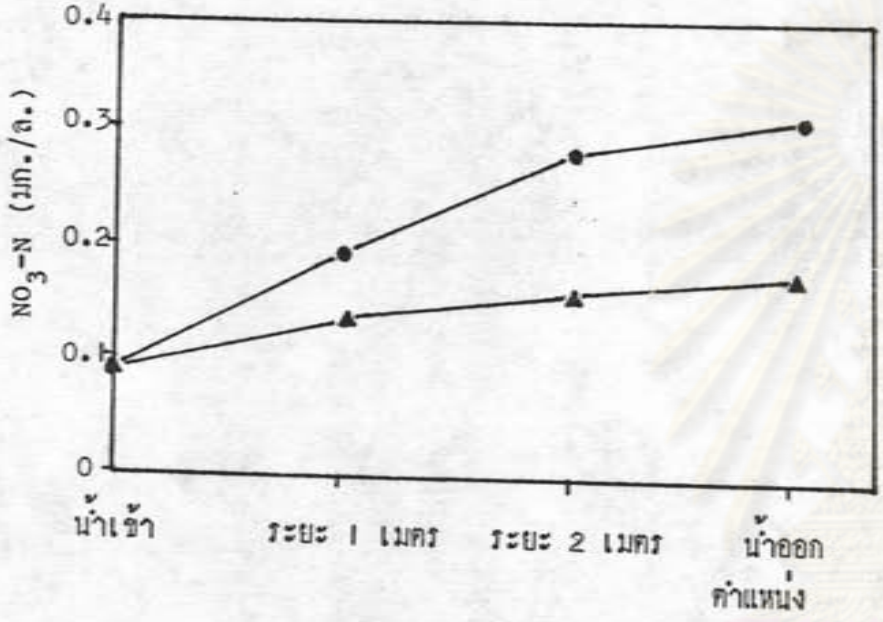
ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N)

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก	ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	0.09	0.13	0.15	0.17	0.19	0.28	0.31
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	0.08	0.11	0.11	0.11	0.16	0.28	0.34
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	0.11	0.26	0.34	0.43	0.40	0.46	0.46
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	0.06	0.07	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.02	0.06	0.06	0.10	0.10	0.13	0.12
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		44.4	66.7	88.9	111.1	211.1	244.4
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		37.5	37.5	37.5	100.0	250.0	325.0

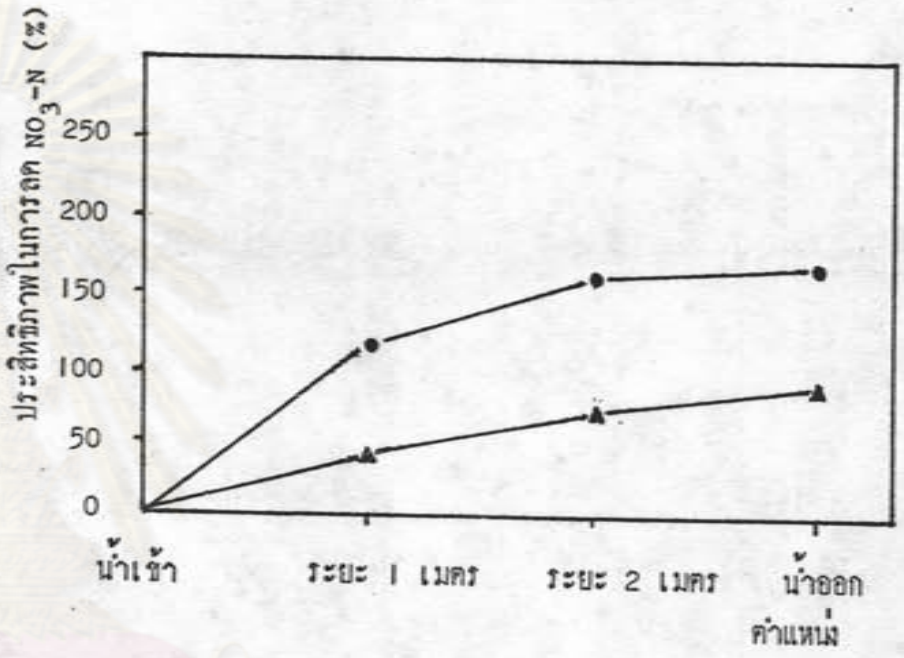


รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N) ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งออกจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งออกจากบ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N) ของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา...



รูปที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N) ที่ตำแหน่งของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

▲——▲ บ่อควบคุม

●——● บ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

Source of Variation	sum of Squates	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	0.566	3	0.189	24.948	<0.01
บ่อทดลอง	0.293	1	0.293	38.756	<0.0001
ตำแหน่ง x บ่อทดลอง	0.143	3	0.048	6.295	<0.0001
ความแปรปรวนที่เหลือ	1.211	160	0.008		
ความแปรปรวนทั้งหมด	2.214	167	0.013		

4.3.8 ประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP)

จากตารางที่ 4.16 รูปที่ 4.20, 4.21 และ 4.22 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ของน้ำเสียในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา พบว่าน้ำเสียที่เข้าบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ มีค่าเฉลี่ย 8.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อควบคุมระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมดเป็น 7.5, 7.8 และ 7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 13.8, 10.3 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในบ่อผักตบชวาที่ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก มีค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมด เป็น 4.7, 4.6 และ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 46.0, 47.1 และ 48.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) โดยค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในบ่อควบคุมมากกว่าในบ่อผักตบชวา นอกจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อทดลองกับระหว่างบ่อทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

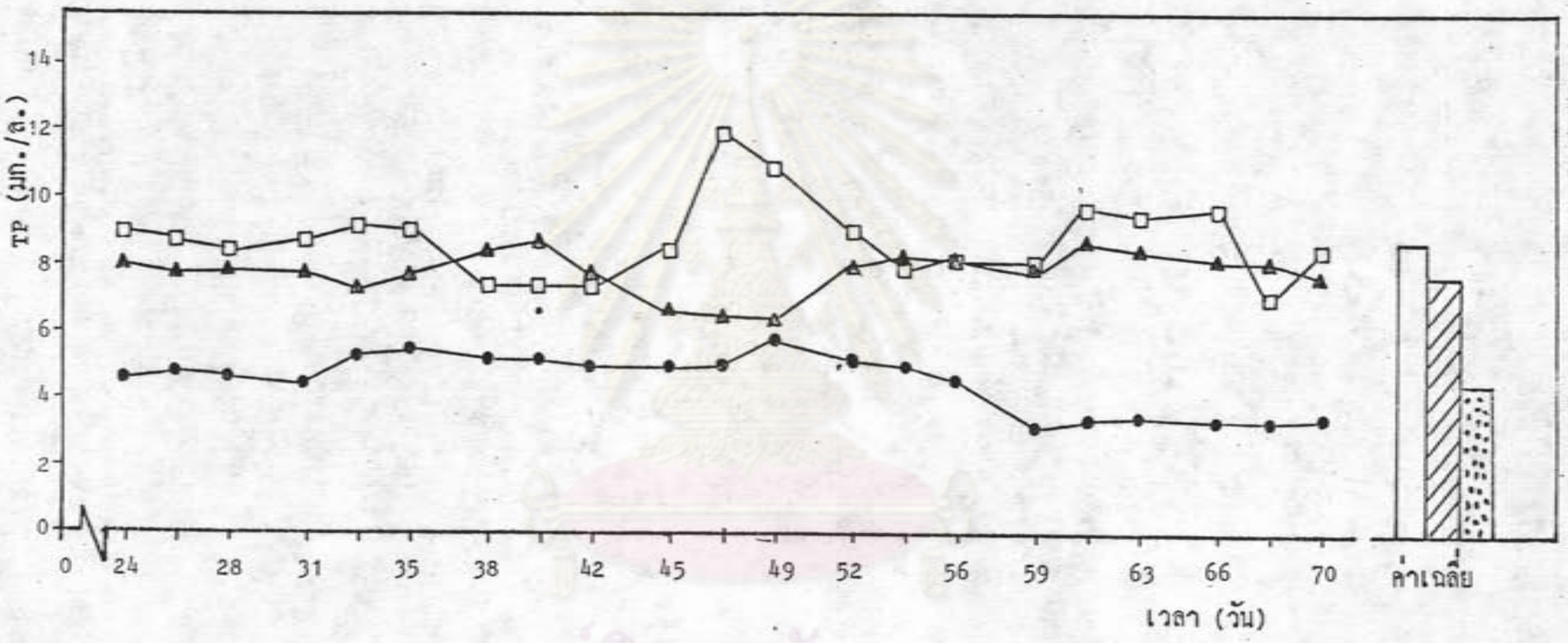
เพื่อต้องการทราบว่าตำแหน่งใดในบ่อทดลองมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่แตกต่างกัน จากการทดสอบโดยใช้ LSD ($\alpha = 0.005$) พบว่าในบ่อควบคุมมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดมากกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก ในบ่อผักตบชวามีความแตกต่างกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 น้ำเข้า มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดมากกว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย ระยะ 1 เมตร, ระยะ 2 เมตร และน้ำออก

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

ค่าสถิติ (n = 21)	น้ำเข้า	บ่อควบคุม			บ่อผักตบชวา		
		ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก	ระยะ 1เมตร	ระยะ 2เมตร	น้ำออก
ค่าเฉลี่ย (มก./ล.)	8.7	7.5	7.8	7.7	4.7	4.6	4.5
ค่ามัธยฐาน (มก./ล.)	8.7	7.8	7.8	7.7	5.0	4.9	4.8
ค่าสูงสุด (มก./ล.)	11.8	8.5	9.0	8.5	6.0	6.0	5.9
ค่าต่ำสุด (มก./ล.)	7.0	6.2	6.2	6.2	3.3	3.1	3.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.2	0.7	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9
ประสิทธิภาพในการลดค่าเฉลี่ย(%)		13.8	10.3	11.5	46.0	47.1	48.3
ประสิทธิภาพในการลดค่ามัธยฐาน(%)		10.3	10.3	11.5	42.5	43.7	44.8

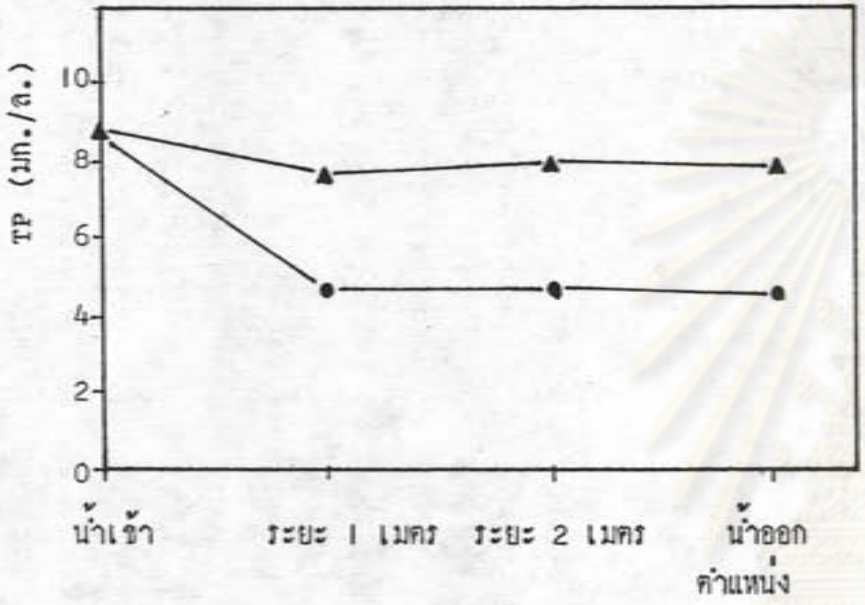
ตารางที่ 4.17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

Source of Variation	Sum of Squares	D.F.	Mean Squares	F	P
ตำแหน่ง	209.081	3	69.694	87.157	<0.01
บ่อทดลอง	225.643	1	225.643	282.184	<0.0001
ตำแหน่งxบ่อทดลอง	76.335	3	25.445	31.821	<0.01
ความแปรปรวนที่เหลือ	127.941	160	0.800		
ความแปรปรวนทั้งหมด	639.000	167	3.826		

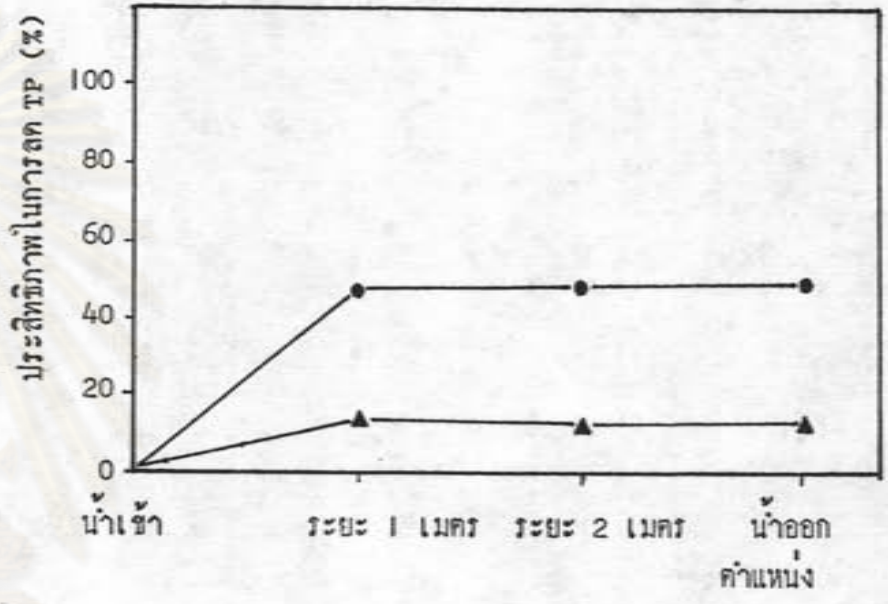


รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ของน้ำเสียเข้าบ่อทดลอง น้ำทิ้งออกจากบ่อควบคุม และน้ำทิ้งออกจากบ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ของน้ำทิ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา



รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัส (TP) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อควบคุมและบ่อผักตบชวา

▲——▲ บ่อควบคุม

●——● บ่อผักตบชวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย