บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมชนิดอะโซโทนสีแดง (C.I.Reactive Red 180) โดยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน แบ่งออกเป็น 3 ตอนการทดลอง ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณสารอาหารร่วมที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อม ที่อัตราส่วนซีโอดีของสารอาหารร่วมต่อซีโอดีของสีย้อมที่ค่าต่างๆ (R) ได้แก่ 1:0 1:5 และ 1:10 โดยทุกชุดการทดลองเลือกใช้น้ำตาลเป็นแหล่งสารอาหารร่วม, ปลูกพืช (P) ทั่วบึง และมีระยะเวลาเก็บกัก (T) ในบึง 5 วัน (P=1, T=5, แปรค่า R)

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาเก็บกับน้ำเสียในบึงต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 3 5 และ 7 วัน โดยทุกชุดการทดลองใช้อัตราส่วนซีโอดีของสารอาหารร่วมต่อซีโอดีของสีย้อมเท่ากับ 1:5 และปลูกพืชในเฉพาะส่วนท้ายบึง (P=0.5, R=5, แปรค่า T)

ศึกษาผลของพืชและลักษณะการปลูกพืชที่เหมาะสมต่อการกำจัดสีย้อมในบึงประดิษฐ์ โดยชุดการทดลองนี้จะไม่ปลูกพืชเลย (ชุดควบคุม), มีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ใช้อัตราส่วนซีโอดีของสารอาหารร่วมต่อซีโอดีของสีย้อมเท่ากับ 1:5
(ชุดควบคุม P=0, T=5, R=5)

ตอนที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมของระบบโดยใช้น้ำเสียจริงทำการปลูกพืชเต็มบึงและเลือกใช้ ระยะเวลาเก็บกัก 7 วัน (น้ำเสียจริง P=1, T=7)

ทุกชุดการทดลองจะทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามระยะทางหรือโพรไฟล์ โดยใช้พารามิเตอร์ซีโอดีบอกถึงสภาวะคงตัว ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่	ave & SD.	Color				COD		Temp.(°C)		pH		DO.(mg./l.)		SS(mg/l)	VSS(mg/l)	VSS/SS	TKN.(mg/l)		TIC, TOC และ TC.(mg./l.)						BOD(mg./l.)	
		Inf		eff.		Inf	Eff.	air	water	inf.	eff.	1.0ม.	2.0ม.	eff.	eff.	eff	inf	eff	inf.			eff.			inf.	eff.
		SU	ADMI	SU	ADMI														TIC	TOC	TC	TIC	TOC	TC		
1.1	ave	188	2809	153	2630	74	61	31	30	7.4	8.1	0.6	0.7	1.5	1	0.62	5.5	1.1	11.5	19.3	30.8	36	16.5	52.5	15	0
	SD.	20.9	89.5	27.1	224	11.5	13.6	1.1	0.94	0.24	0.1	0.1	0.1	1.16	1.09	0.4	0.62	0.35	-	-	-	-	-	-	0.21	0
1.2	ave	178	2686	32.8	568	363	59.3	31	30	7.1	8	0.3	0.3	9	4.2	0.48	17.4	1.9	21.1	27.8	48.9	36.3	20.4	56.7	218	1.5
	SD.	12.6	119	12.4	152	39.4	16.4	1.1	0.94	0.21	0.25	0.12	0.1	4.06	3.41	0.24	0.74	1.08	-	-	-	-	-	-	5.3	0.07
1.3	ave	177	2657	30	545	668	82.5	31	30	6.5	8	0.3	0.3	13.4	5.5	0.47	38.6	2.1	18	23	41	46	20	66	391	0.9
	SD.	11.3	134	11.6	222	52.7	29.3	1.1	0.94	0.4	0.19	0.06	0.07	6.44	3.1	0.24	2.24	1.08	-	-	-	-	-	-	1.06	0.21
2.1	ave	165	2630	61	1210	334	82	33	31	6.9	8.2	0.05	0.06	11.7	5.3	0.4	14.5	8.2	29	23	52	57	32	89	215	7.5
	SD.	15.8	110	7.3	285	21	21.8	1.6	1.2	0.5	0.2	0.005	0.009	8.2	5.1	0.22	0.81	0.63	-	-	-	-	-	-	5.65	6.75
2.2	ave	165	2630	55.2	1285	334	62	33	31	6.9	8.2	0.05	0.06	11.5	4.3	0.4	14.5	6.5	29	23	52	47	21	68	215	4.5
	SD.	15.8	110	7.9	236	21	11.9	1.6	1.2	0.5	0.05	0.005	0.008	5.2	4.1	0.28	0.81	0.55	-	-	-	-	-	-	5.65	0.28
2.3	ave	165	2630	47	948	334	56	33	31	6.9	8.2	0.05	0.06	6.1	3.1	0.4	14.5	6.3	29	23	52	61	23	84	215	2.2
	SD.	15.8	110	6.9	223	21	14.4	1.6	1.2	0.5	0.1	0.009	0.01	4.9	4.7	0.24	0.81	0.51	-	-	-	-	-	-	5.65	0
2.4	ave	171	2709	82	1888	348	65	33	32	7.1	7.9	0.05	0.05	10	4	0.4	16.9	8.7	25	21	46	41	22	63	217	9
	SD.	6.5	190	5.8	183	34.4	4.5	2.11	1.01	0.29	0.28	0.005	0.004	1.8	1.4	0.12	0.7	0.48	-	-	-	-	-	-	2.8	2.8
3.1	ave	72	782	28	246	481	170	33	32	11.3	8.4	0.05	0.05	14.3	4.3	0.7	11.4	3.2	124	65	188	106	38	144	102	18
	SD.	4.2	91	0.9	14.5	24.9	13.2	2.11	1.01	0.31	0.22	0.004	0.005	9.2	2.4	1.04	0.47	0.2	-	-	-	-	-	-	2.8	2.8

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำในระบบ

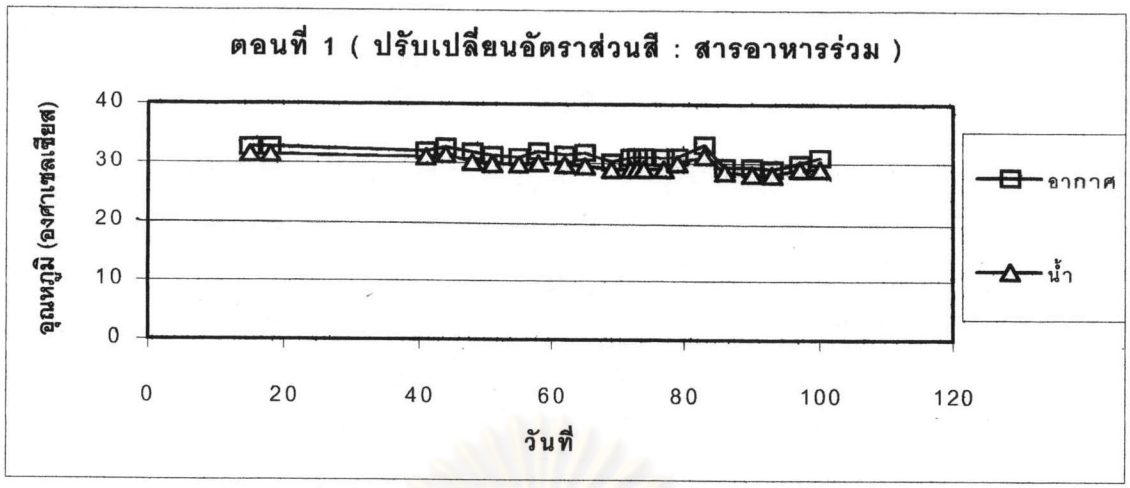
4.1.1 อุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ

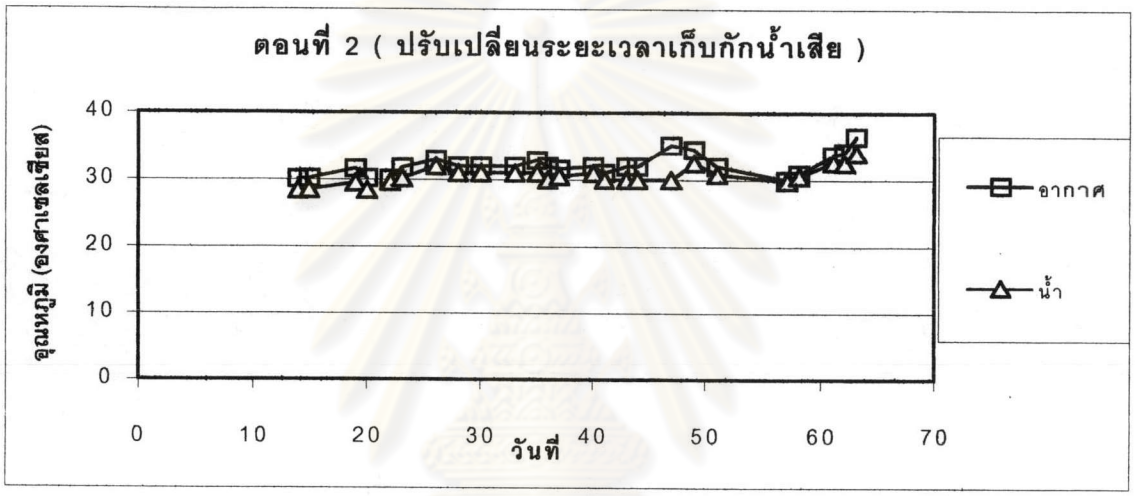
อุณหภูมิจะแปรผันตามฤดูกาล ในระหว่างการทำการทดลองอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 31 – 33 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.1 โดยน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิอากาศประมาณ 1 – 3 องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 30-32 องศาเซลเซียส การวัดอุณหภูมิของน้ำเสียในบึงกระทำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ตรวจวัดในจุดเก็บตัวอย่างน้ำตามระยะทางของบึง ปรากฏว่ามีฝนตกในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม แต่เนื่องจากระบบมีการป้องกันด้วยหลังคาพลาสติกน้ำฝนจึงไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้

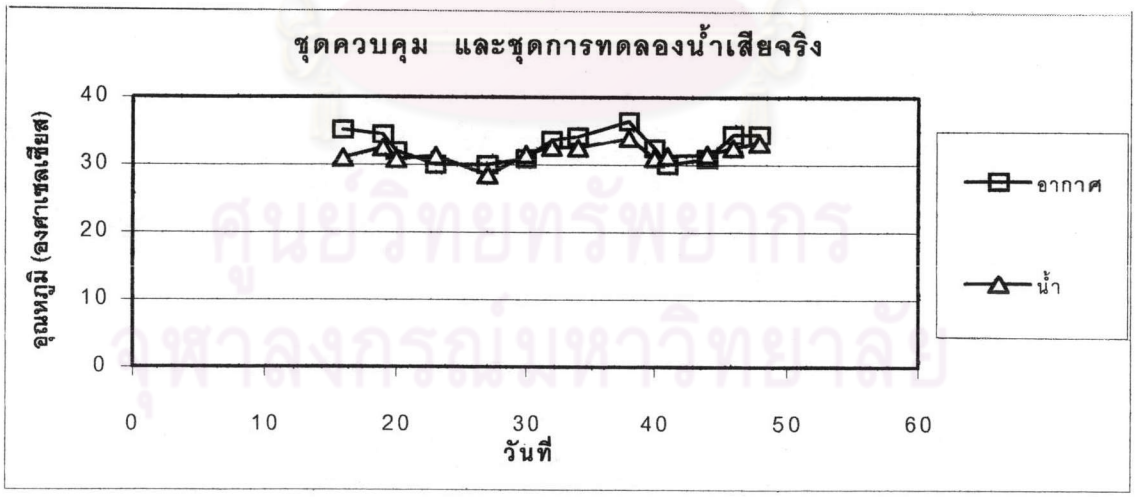
4.1.2 การสูญเสียน้ำในระบบ

ตลอดการทดลองได้วัดอัตราการสูญเสียน้ำออกจากระบบเนื่องจากการระเหยผ่านชั้นตัวกลางและการคายน้ำของพืช โดยคำนวณจากผลต่างของอัตราการป้อนน้ำเสียเข้ากับอัตราการไหลออกของน้ำทิ้ง ทำการตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกัน (16.00 น.) กำหนดให้ชุดการทดลองที่ 2.4 (ไม่ปลูกพืช) เป็นชุดควบคุมเพื่อศึกษาอัตราการระเหยของบึง ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียน้ำดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าชุดการทดลองที่ 2.4 ไม่ปลูกพืชมีอัตราการไหลเข้าของน้ำในระบบเท่ากับ 18.9 ล./วัน. หรือคิดเป็นค่าภาระบรรทุกชลศาสตร์เท่ากับ 2.1 ซม./วัน. วัดอัตราการสูญเสียน้ำ (อัตราการไหลน้ำเข้า – อัตราการไหลน้ำออก) เท่ากับ 0 ล./วัน. แสดงว่าไม่เกิดการระเหยของน้ำในระบบผ่านชั้นตัวกลางทรายสู่อากาศ เนื่องจากระดับน้ำในระบบอยู่ต่ำกว่าผิวของตัวกลางถึง 5 ซม. ดังนั้นที่ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 2.1 ซม./วัน (5 วัน) จะไม่เกิดการระเหยของน้ำผ่านชั้นตัวกลางของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่มีพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 0.9 ตร.ม. มีความสูงของน้ำในบึงและชั้นตัวกลางทรายเท่ากับ 25 และ 30 ซม.ตามลำดับ และมีอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาผลจากการคายน้ำของพืชระหว่างชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช (ชุดที่ 2.4) ชุดการทดลองที่ปลูกครึ่งท้ายบึง (ชุดที่ 2.2) และชุดการทดลองที่ปลูกพืชเต็มบึง (ชุดที่ 1.2) พบว่ามีอัตราการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชเท่ากับ 0 2.9 และ 4.6 ล./วัน. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละของอัตราการสูญเสียน้ำ







รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของชุดการทดลองต่าง ๆ

จากการคายน้ำของพืชเท่ากับ 0 13 และ 22 ตามลำดับ ดังนั้นอัตราการคายน้ำของพืชของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.12-0.19 ล./ต้น-วัน. ที่อุณหภูมิอากาศ 33.2 – 34 องศาเซลเซียส

เมื่อทำการทดลองเพื่อศึกษาการระเหยของน้ำในบริเวณที่ตั้งของบึงประดิษฐ์โดยนำถาดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.43 ม.ใส่น้ำมีปริมาตร 1 ลิตร วางตั้งทิ้งไว้ในบริเวณเดียวกันกับที่ตั้งของบึงประดิษฐ์เป็นระยะเวลา 1 วัน มีช่วงอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 29-32 องศาเซลเซียส พบว่าเหลือปริมาตรน้ำในถาดเท่ากับ 0.58 ลิตร เกิดการระเหยเท่ากับ 0.42 ลิตร คิดเป็นการระเหยของน้ำในบริเวณที่ตั้งของบึงประดิษฐ์ (หลังภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) เท่ากับ 2.9 ล./ ตรม.-วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ปลูกพืชเต็มบึงพบว่าการปลูกพืชเต็มบึงจะมีค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียน้ำมากกว่าแสดงถึงการปลูกพืชเต็มบึงจะช่วยลดปริมาณน้ำเสียของระบบได้อย่างมาก

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียน้ำของชุดการทดลองต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	จำนวนพืช (ต้น)	ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (ซม./วัน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		อัตราการสูญเสียน้ำ					
			อากาศ	น้ำ	(ล./วัน.)	(ร้อยละ)	(ล./วัน-ตรม.)	การระเหย (ล./วัน.)	การคายน้ำ (ล./วัน.)	(ล./ต้น-วัน)
1.1	15	2.1	33.2	31.2	2.1	12	2.3	-	2.1	0.14
1.2	30	2.1	33.2	31.2	4.6	22	5.1	-	4.6	0.15
1.3	30	2.1	33.2	31.2	3.6	18	4	-	3.6	0.12
2.1	15	3.5	34	32	2.2	8	2.4	-	2.2	0.15
2.2	15	2.1	34	32	2.9	13	3.2	-	2.9	0.19
2.3	15	1.5	34	32	4.5	29	5	a	a	-
2.4	0	2.1	34	32	0	0	0	0	-	0
3.1	30	1.5	34	32	6.6	46	7.3	a	a	-

หมายเหตุ : a หมายถึง ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บกักในระบบเท่ากับ 7 วัน อาจทำให้ระบบมีอัตราการระเหยของน้ำสู่อากาศได้

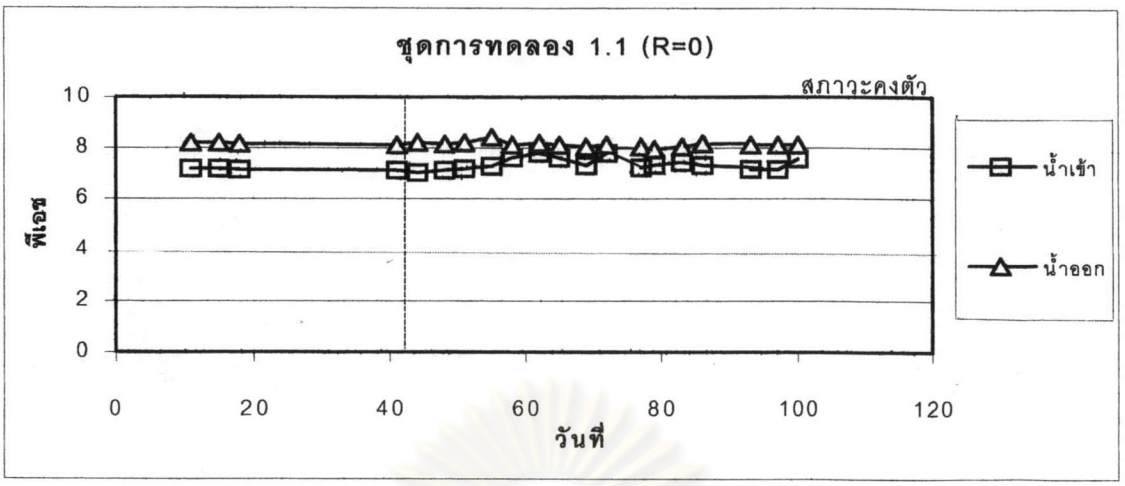
จากตารางที่ 4.2 พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกพืชเต็มบึงทั้ง 3 การทดลองในตอนที่ 1 (1.1,1.2 และ 1.3) มีอัตราการระเหยของพืชใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.14, 0.15 และ 0.12 ลิตรต่อต้น-วัน ตามลำดับ และจากการทดลองพบว่าเมื่อจบการทดลองตอนที่ 1 จะพบว่าชุดการทดลองที่ 1.1 (มีสีย้อมต่อสารอาหารร่วมเท่ากับ 1:0) เหลือพืชในระบบเพียง 7 ต้น เพราะว่า น้ำเสียมีสีย้อมเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ซึ่งเป็นพิษต่อพืช

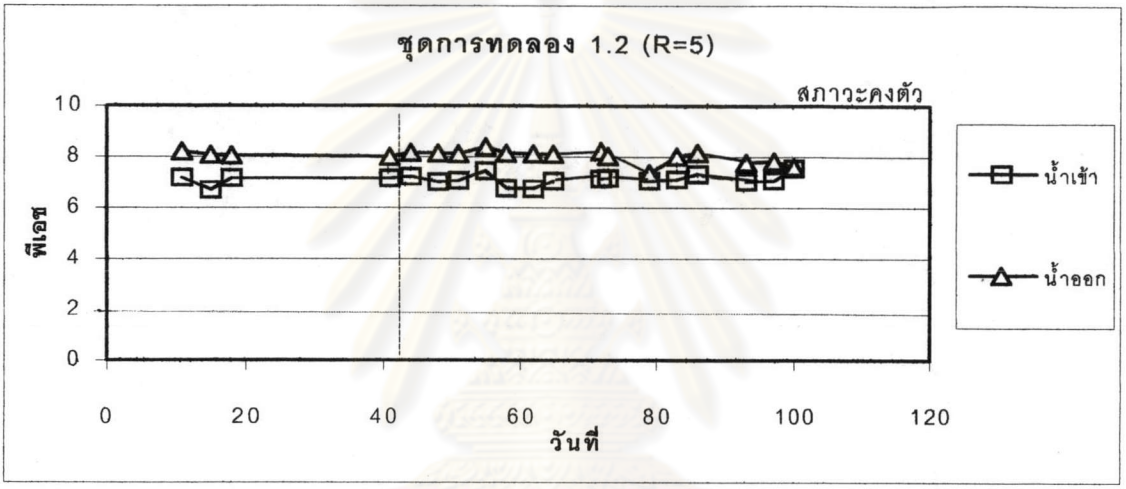
4.1.3 พีเอช

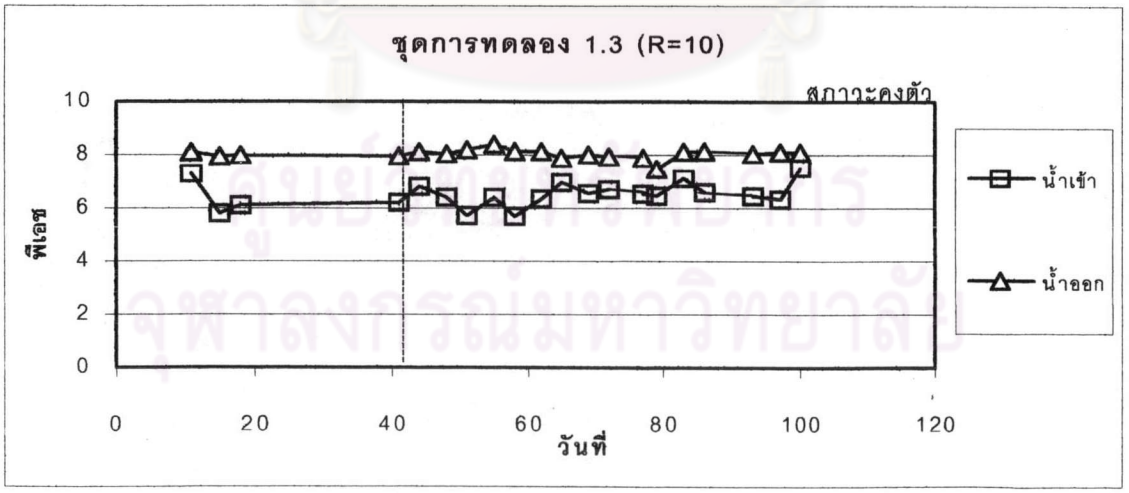
ค่าพีเอชเฉลี่ยที่จุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ ของทุกชุดการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอช ของน้ำเข้าและน้ำออก รวมถึงน้ำในระยะทางต่างๆ ของบึงประดิษฐ์แต่ละชุดการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าพีเอชน้ำเข้าเฉลี่ยในช่วง 6.5 – 7.4 และน้ำออกเฉลี่ยในช่วง 7.9 – 8.2 ส่วนน้ำเสียจริงมีค่าพีเอชน้ำเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 11.3 น้ำออกเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 โดยทุกชุดการทดลองจะมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงพีเอชคล้ายกัน กล่าวคือ น้ำในระยะทางต่างๆ และน้ำออกจะมีค่าพีเอชสูงขึ้นจากน้ำเข้าเล็กน้อยดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากการใช้น้ำเสียจริงพบว่าถึงแม้ค่าพีเอชน้ำเข้าจะมีค่าสูงแต่ระบบบึงประดิษฐ์ก็ สามารถปรับพีเอชอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ ดังแสดงรายละเอียดโพลไฟล์พีเอชชุดการทดลองต่างๆ ในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่าง ๆ

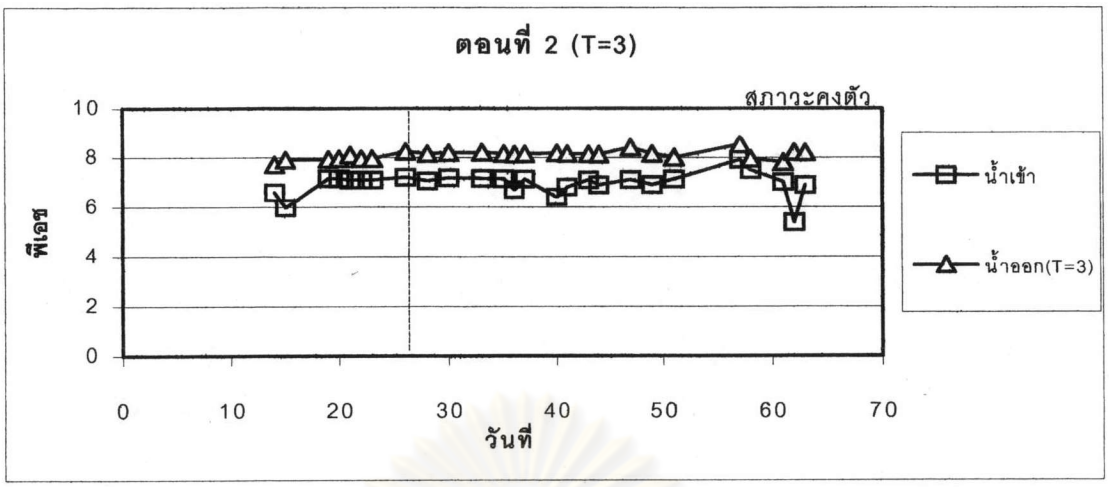
ชุดการทดลอง		ตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่าพีเอชที่ระยะทางต่าง ๆ			
				น้ำเข้า	1 เมตร	2 เมตร	น้ำออก
ตอนที่ 1	1.1	สี : สารอาหารร่วม = 1:0	R = 0	7.4	7.9	8.1	8.1
	1.2	สี : สารอาหารร่วม = 1:5	R = 5	7.1	7.8	7.7	8.0
	1.3	สี : สารอาหารร่วม = 1:10	R = 10	6.5	7.6	7.6	8.0
ตอนที่ 2	2.1	ระยะเวลาเก็บกัก = 3	T = 3	6.9	8.2	8.1	8.2
	2.2	ระยะเวลาเก็บกัก = 5	T = 5	6.9	8.2	8.2	8.2
	2.3	ระยะเวลาเก็บกัก = 7	T = 7	6.9	8.1	8.1	8.2
	2.4	ชุดควบคุม ไม่ปลูกพืช	P = 0	7.1	8.1	8.2	7.9
ตอนที่ 3	3.1	พืชเต็มบึง เก็บกัก 7 วัน	น้ำเสียจริง	11.3	8.7	8.4	8.4

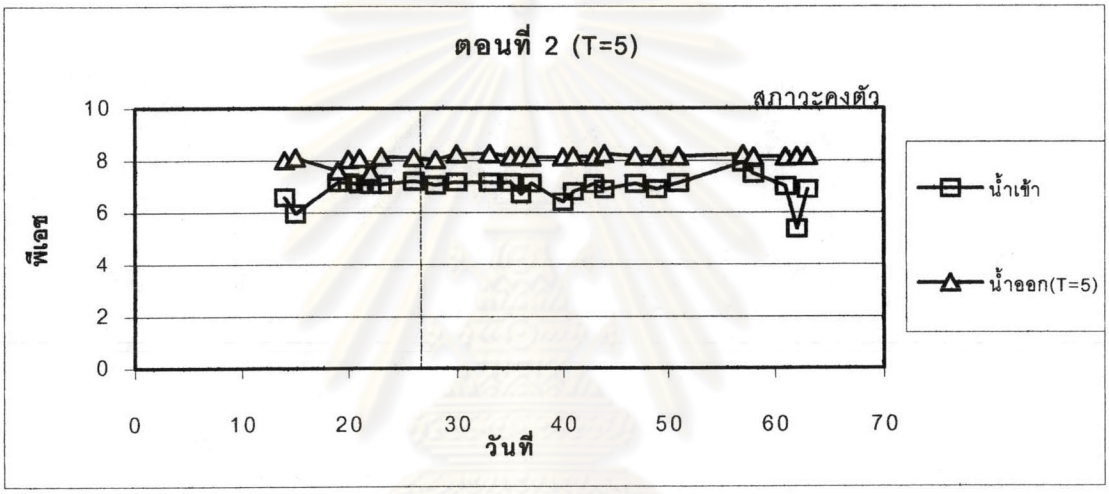


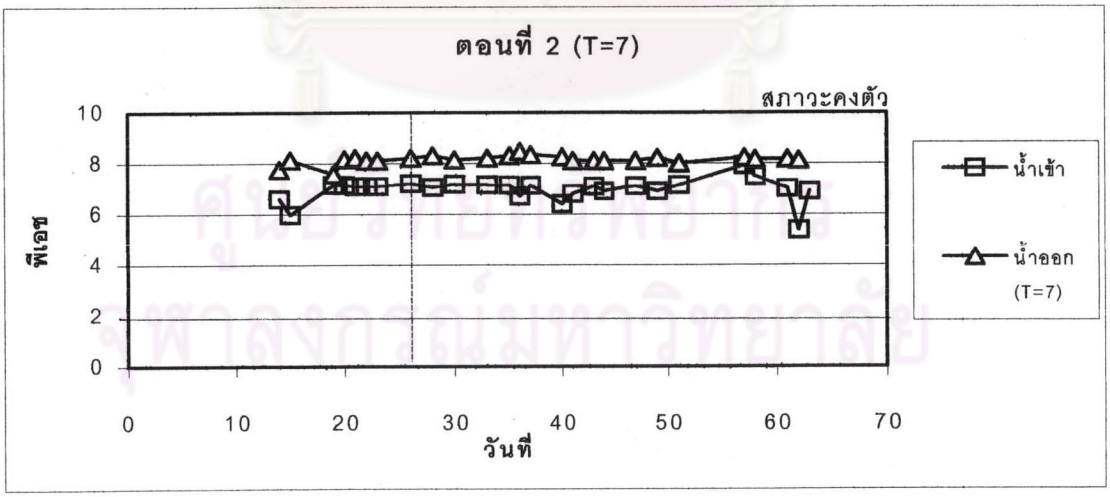




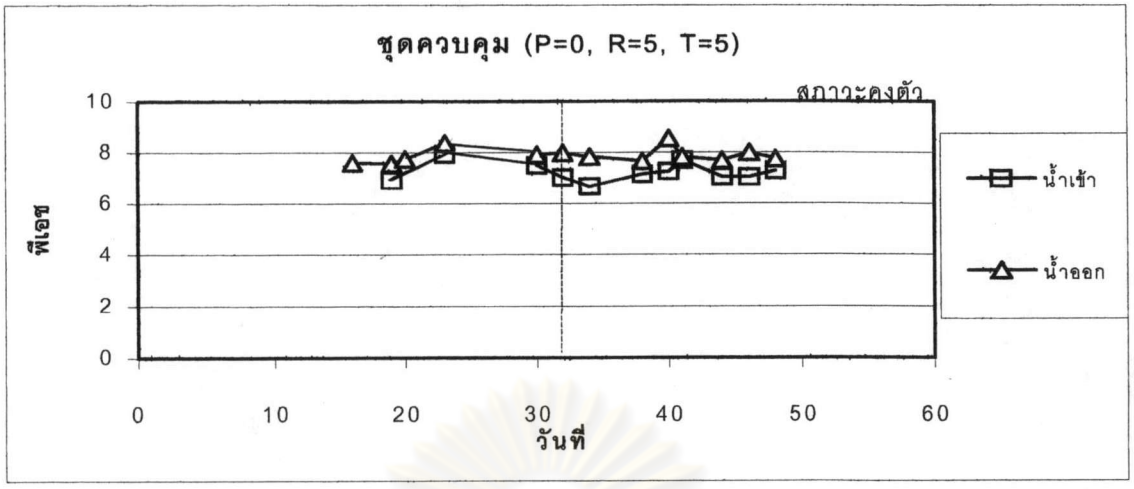
รูปที่ 4.2 พีเอชของชุดการทดลองต่าง ๆ

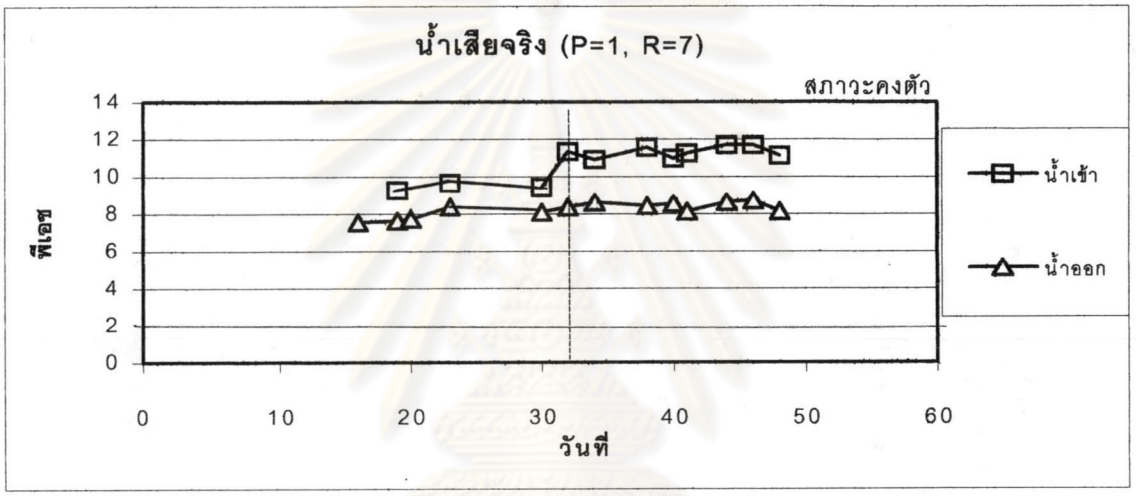




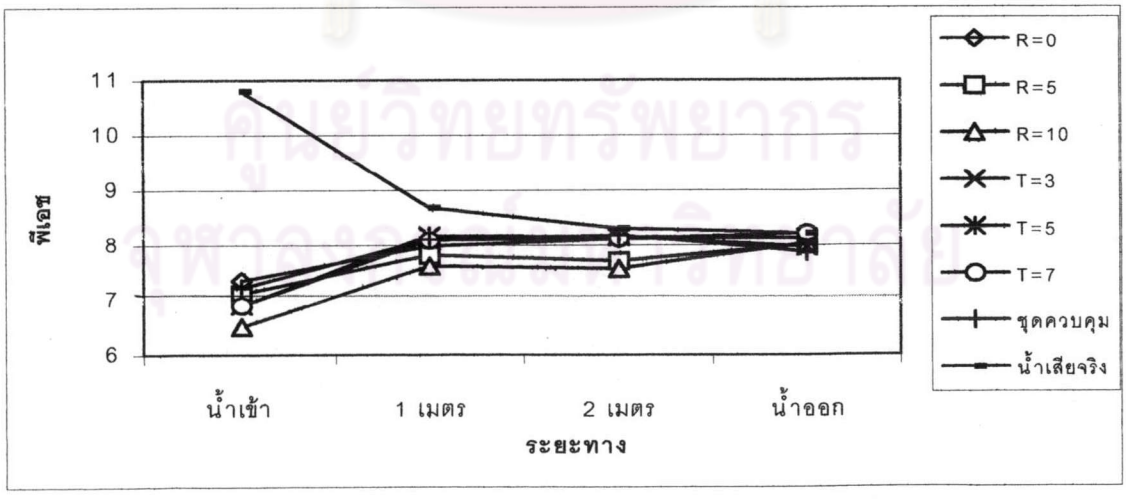


รูปที่ 4.2 พีเอชของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)





รูปที่ 4.2 พีเอชของชุดการทดลองต่างๆ (ต่อ)



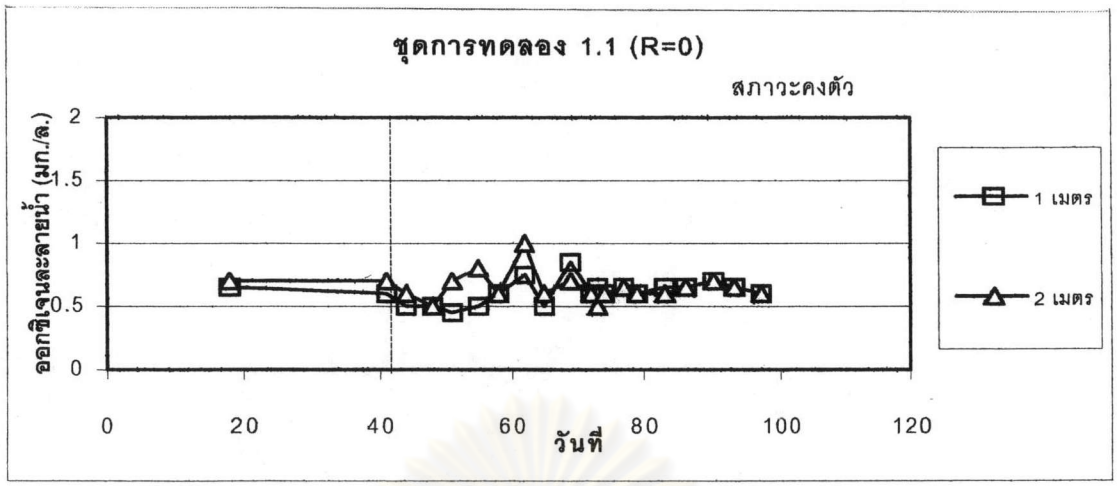
รูปที่ 4.3 โพรไฟล์พีเอชของชุดการทดลองต่าง ๆ

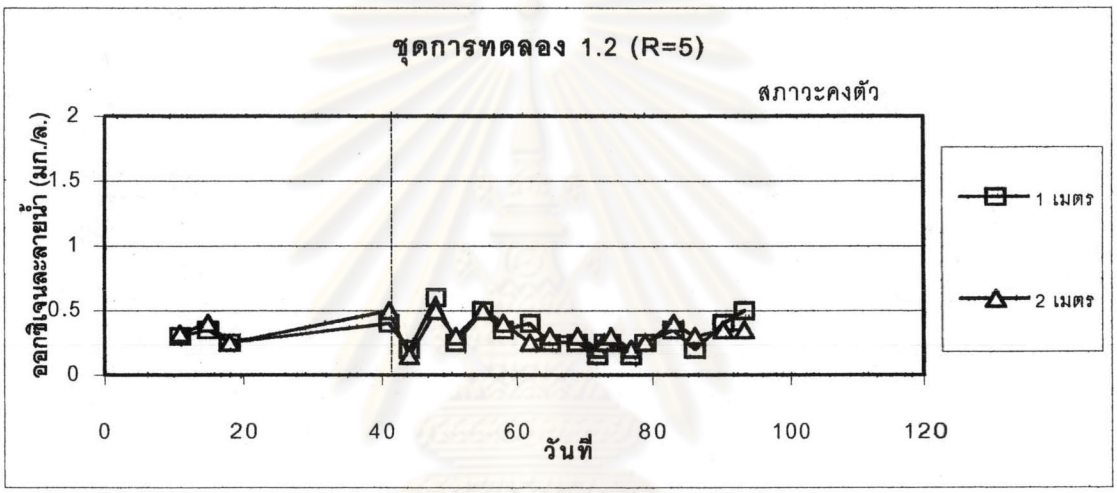
4.1.4 ออกซิเจนละลายน้ำ

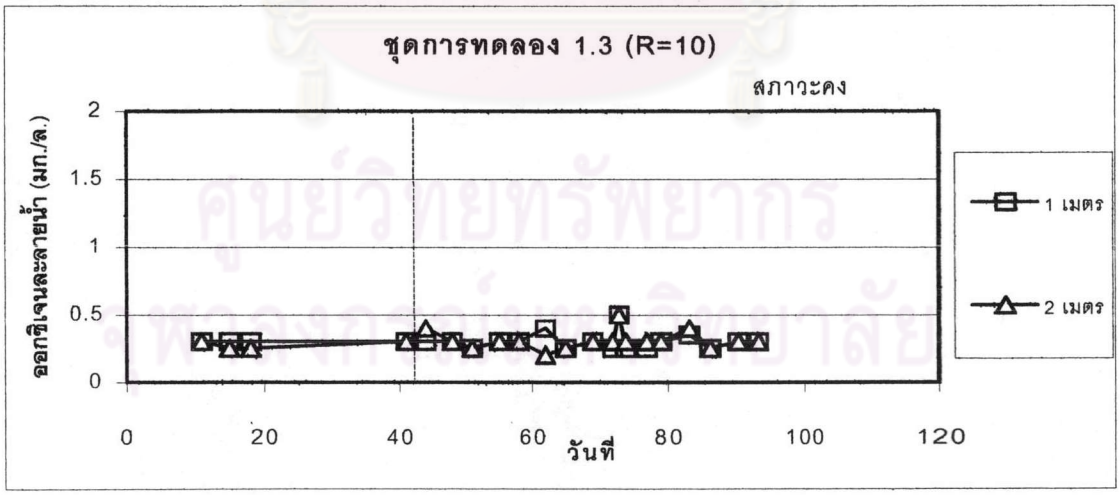
ค่าออกซิเจนละลายน้ำเป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงสภาวะของระบบว่าอยู่ในช่วงแอโรบิกหรือแอนแอโรบิก ทุกชุดการทดลองมีค่าออกซิเจนละลายน้ำโดยเฉลี่ยแสดงดังในตารางที่ 4.4 โดยชุดการทดลองที่ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนสีต่อสารอาหารร่วม (ชุดการทดลองตอนที่ 1) มีค่าออกซิเจนละลายน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 - 0.7 มก./ล. ชุดการทดลองที่ปรับเปลี่ยนระยะเวลาเก็บกัก (ชุดการทดลองตอนที่ 2) และชุดควบคุม มีค่าออกซิเจนละลายน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.05–0.06 มก./ล. ส่วนชุดการทดลองน้ำเสียจริงมีค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 มก./ล. พบว่าชุดการทดลองตอนที่ 1 เกิดสภาวะการทำงานแอนแอโรบิก ส่วนชุดการทดลองตอนที่ 2 ,ชุดควบคุม และชุดการทดลองน้ำเสียจริงมีสภาวะการทำงานของระบบเป็นแบบแอนแอโรบิกเช่นกัน เนื่องจากมีค่าออกซิเจนละลายน้ำใกล้ศูนย์ (สาเหตุที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่เป็นศูนย์อาจเนื่องมาจากขีดความสามารถของเครื่องวัด) สาเหตุที่ชุดการทดลองตอนที่ 1 มีค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ เนื่องจาก ชุดการทดลองตอนที่1 ทำการปลูกพืชเต็มบึงส่งผลให้ตัวกลางได้รับออกซิเจนจากรากพืชมากกว่าจึงมีค่าออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า รายละเอียดค่าออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละชุดการทดลองต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 แสดงโพรไฟล์ออกซิเจนละลายน้ำของชุดการทดลองต่าง ๆ

ตารางที่ 4.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวตามระยะทางของชุดการทดลองต่าง ๆ

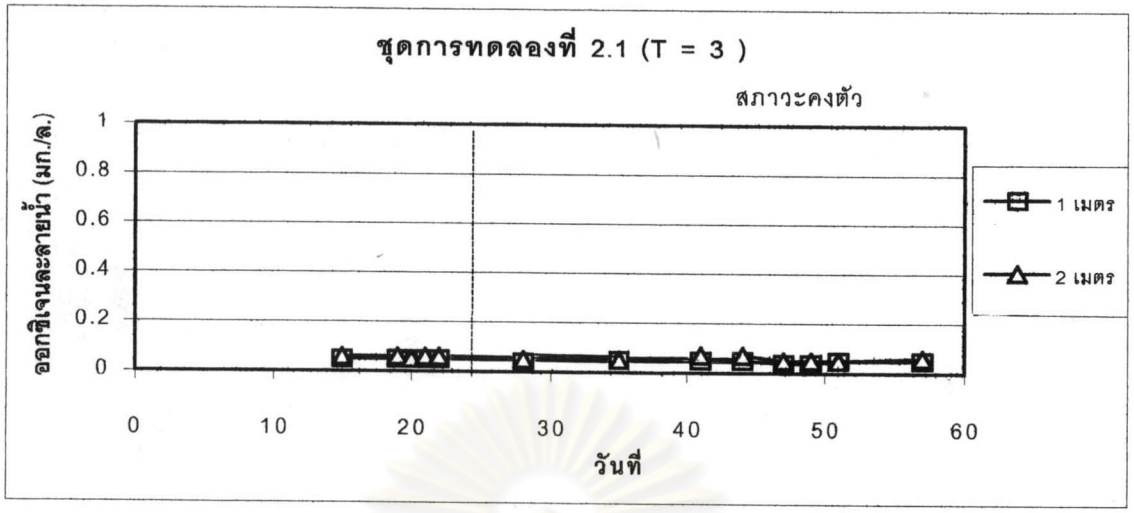
ชุดการทดลอง		ตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะทางต่างๆ	
				1 เมตร (มก./ล.)	2 เมตร (มก./ล.)
ตอนที่ 1	1.1	สี:สารอาหารร่วม = 1:0	R=0	0.6	0.7
	1.2	สี:สารอาหารร่วม = 1:5	R=5	0.3	0.3
	1.3	สี:สารอาหารร่วม=1:10	R=10	0.3	0.3
ตอนที่ 2	2.1	ระยะเวลาเก็บกัก = 3	T=3	0.05	0.06
	2.2	ระยะเวลาเก็บกัก = 5	T=5	0.05	0.06
	2.3	ระยะเวลาเก็บกัก = 7	T=7	0.05	0.06
	2.4	ชุดควบคุม ไม่ปลูกพืช	P=0	0.05	0.05
ตอนที่ 3	3.1	พืชเต็มบึง เก็บกัก 7 วัน	น้ำเสียจริง	0.05	0.05

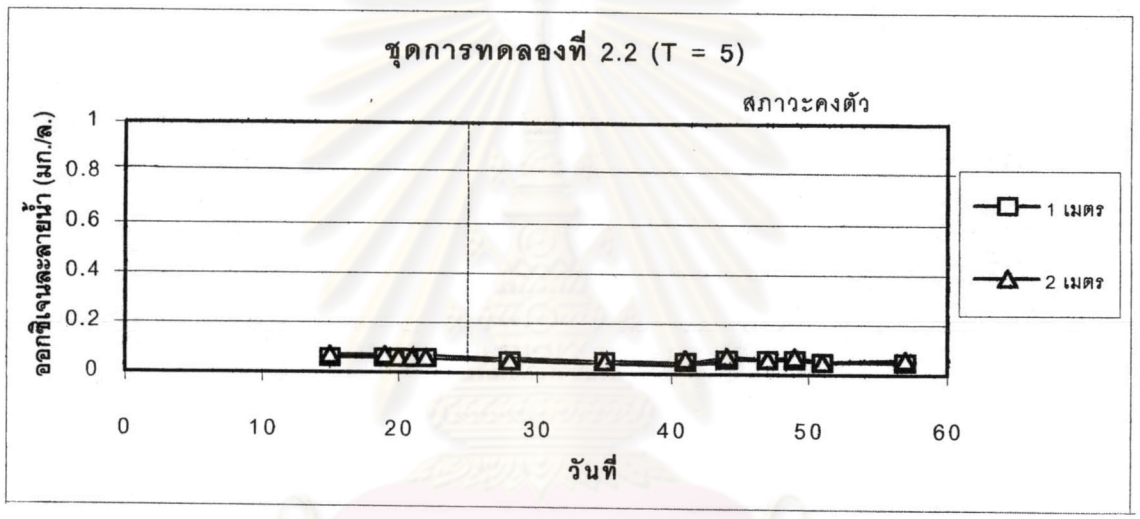


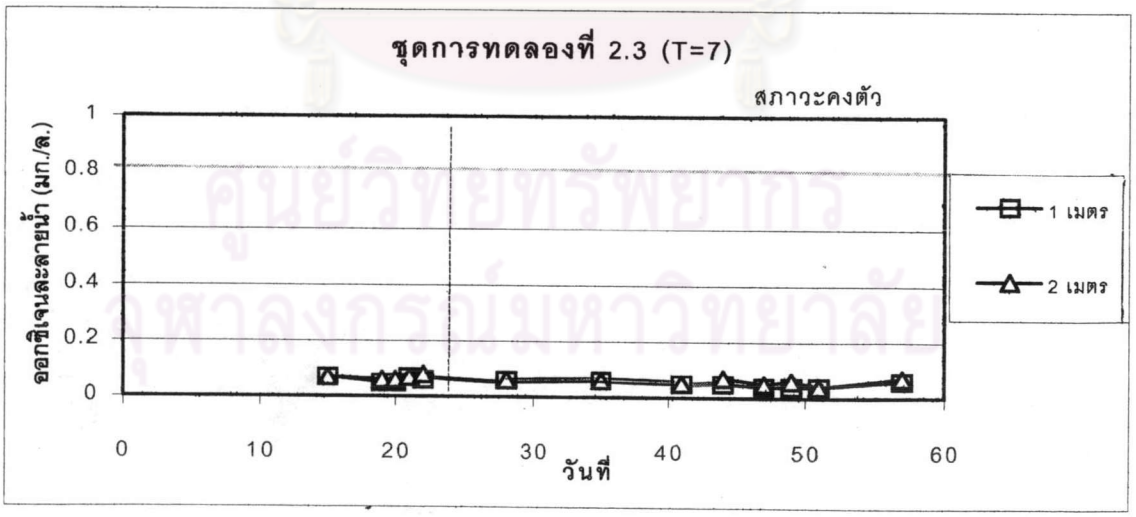




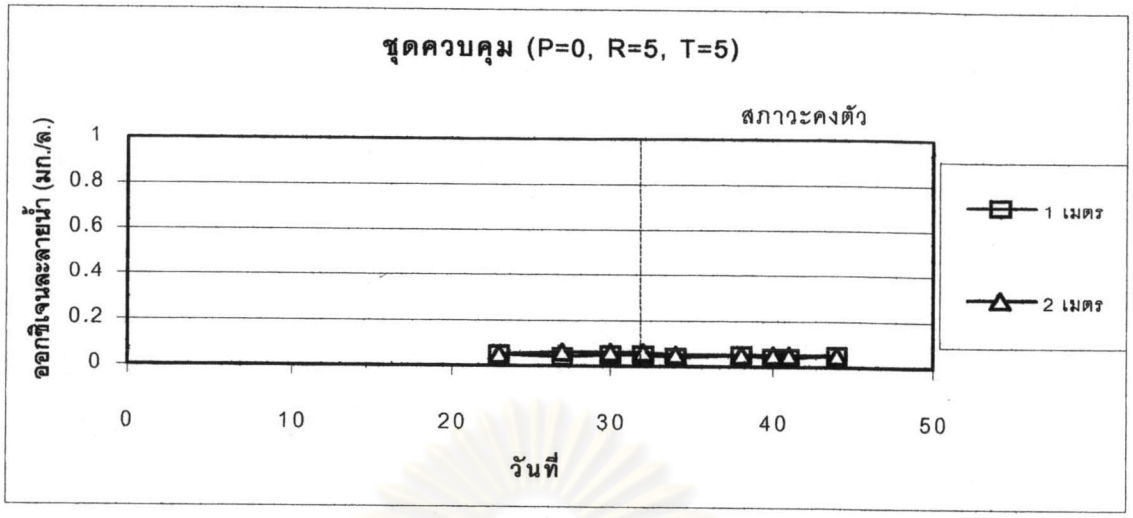
รูปที่ 4.4 ออกซิเจนละลายน้ำในตัวกลางทรายที่ระยะทาง 1 และ 2 เมตร ในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ

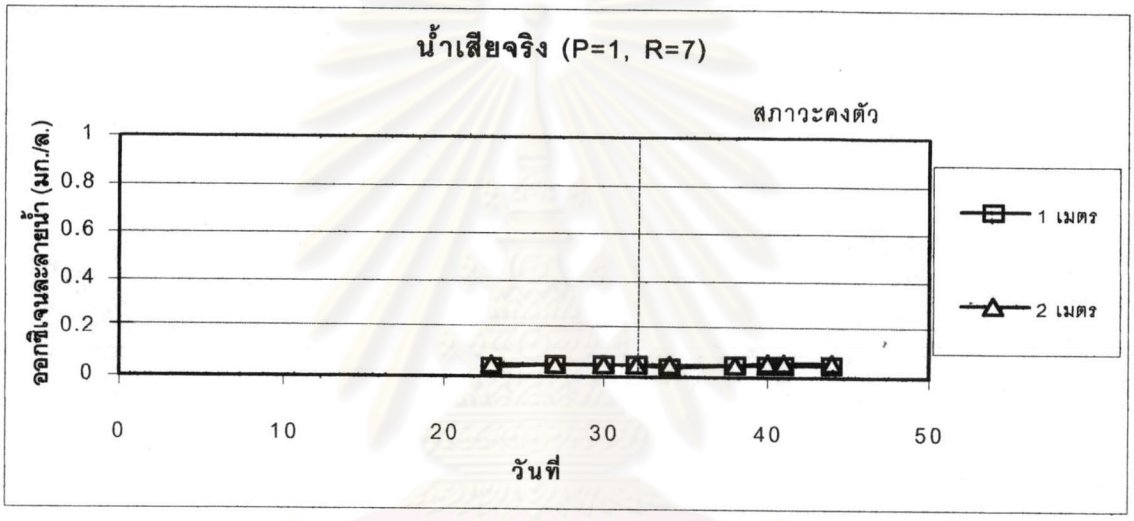




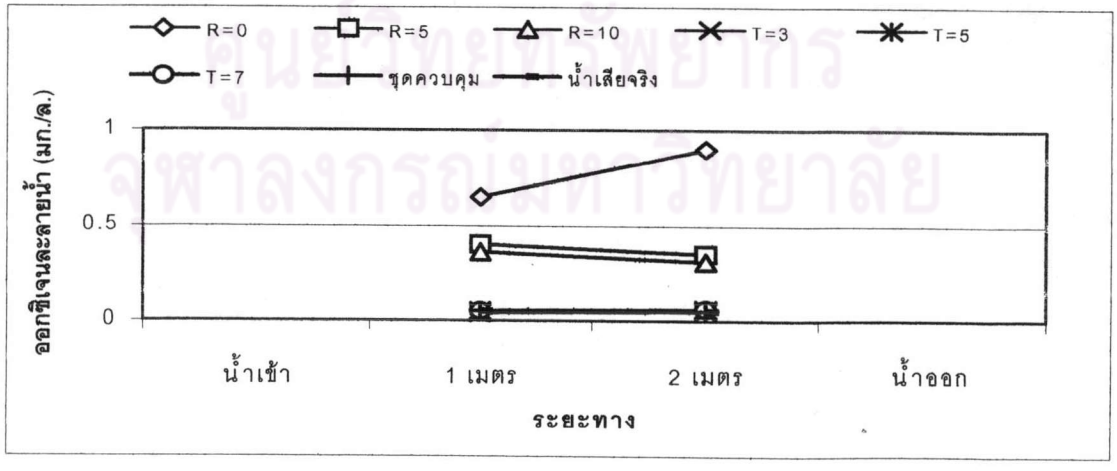


รูปที่ 4.4 ออกซิเจนละลายน้ำในตัวกลางทรายที่ระยะทาง 1 และ 2 เมตร ในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)





รูปที่ 4.4 ออกซิเจนละลายน้ำในตัวกลางทรายที่ระยะทาง 1 และ 2 เมตร ในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่ 4.5 โพรไฟล์ออกซิเจนละลายน้ำของชุดการทดลองต่าง ๆ

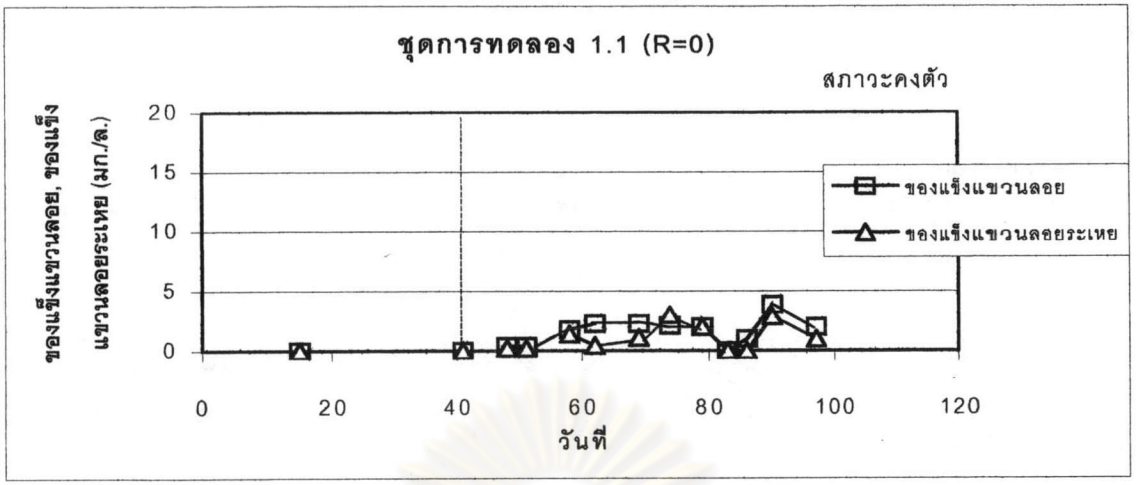
4.1.5 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

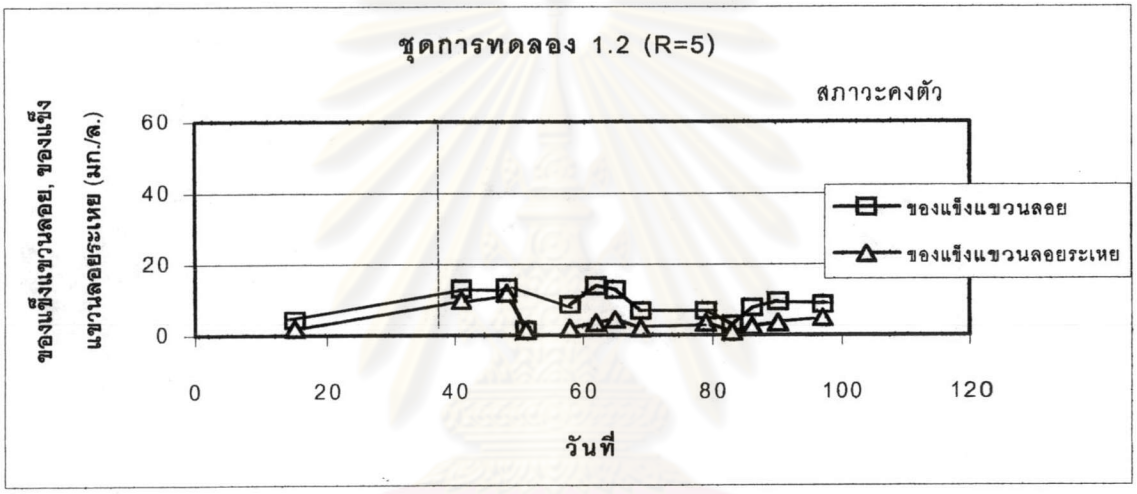
ผลการเก็บตัวอย่างในชุดการทดลองต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.5

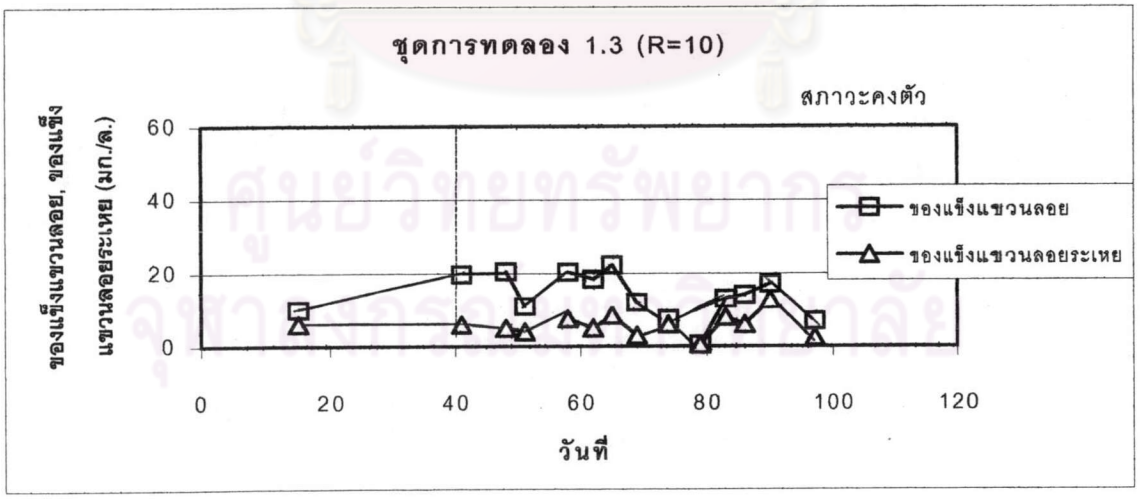
ตารางที่ 4.5 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	สัญลักษณ์	ของแข็งแขวนลอยและของแข็งระเหยในน้ำทิ้ง(มก./ล.)				ของแข็งแขวนลอยต่อของแข็งแขวนลอยระเหย (ร้อยละ)
		ของแข็งแขวนลอย		ของแข็งแขวนลอยระเหย		
		เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด-ต่ำสุด	
1.1	R=0	1.5	0-2.9	1.0	0-3	66
1.2	R=5	9.0	1.5-14	4.2	1-12	47
1.3	R=10	13.4	0.5-22	5.5	0.5-12	41
2.1	T=3	11.7	0-24	5.3	0-14	45
2.2	T=5	11.5	4-23	4.3	0-14	37
2.3	T=7	6.1	2-18	3.1	0-12	50
2.4	P=0	10	1-20	4.0	0-20	17
3.1	น้ำเสียจริง	14.3	2-35	4.3	2-28	30

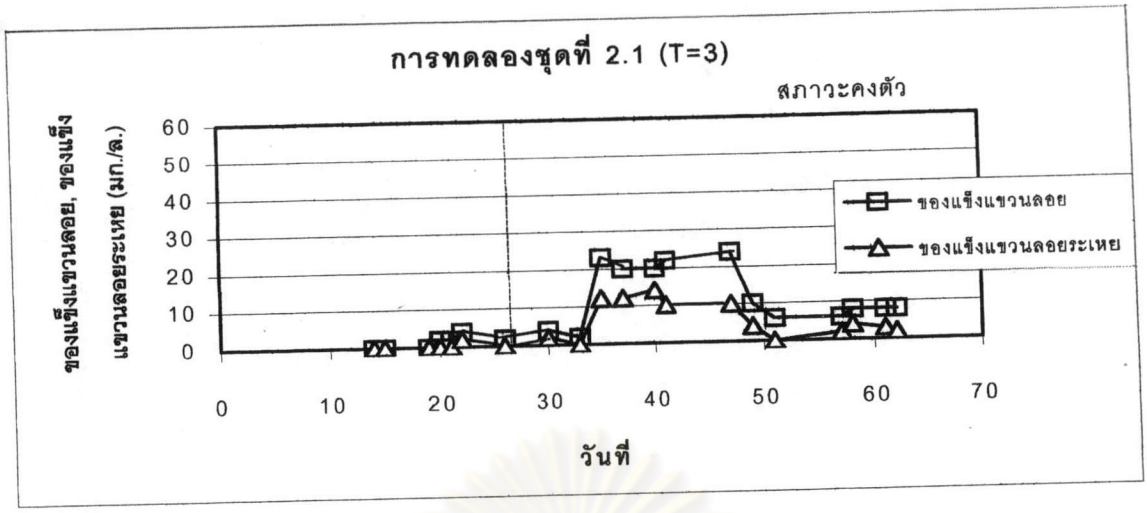
จากรูปที่ 4.6 ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละชุดการทดลอง สังเกตได้ว่าค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยน้ำออกของชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าต่ำอยู่ในช่วง 1.5 - 13.4 มก./ล. และ 1 - 5.5 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงมีค่าเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าและน้ำทิ้ง เท่ากับ 32 และ14.3 มก./ล. และ 8 และ 4.3 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นร้อยละประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบในการกำจัดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงเท่ากับ 58 และ 50 ตามลำดับ

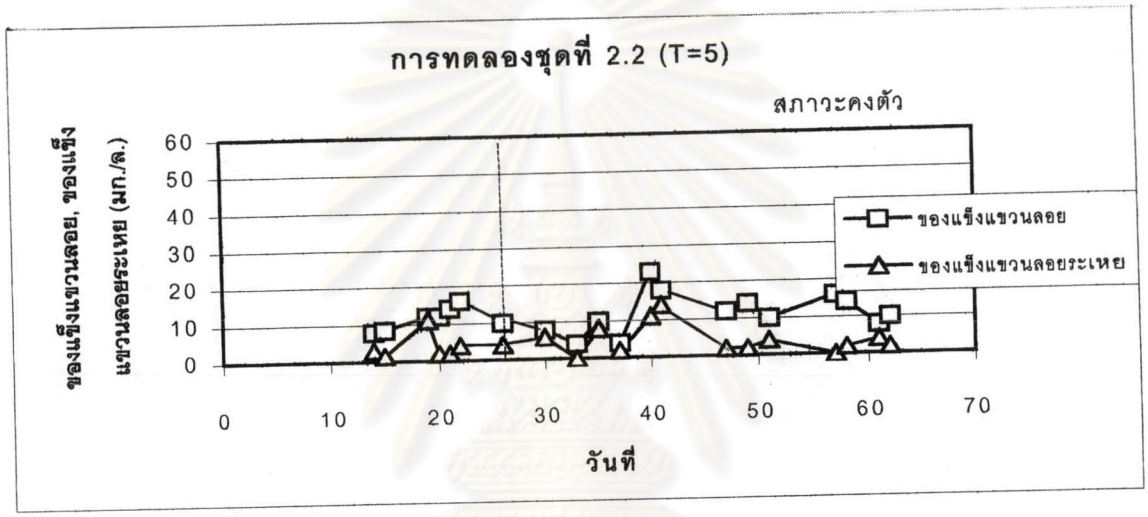


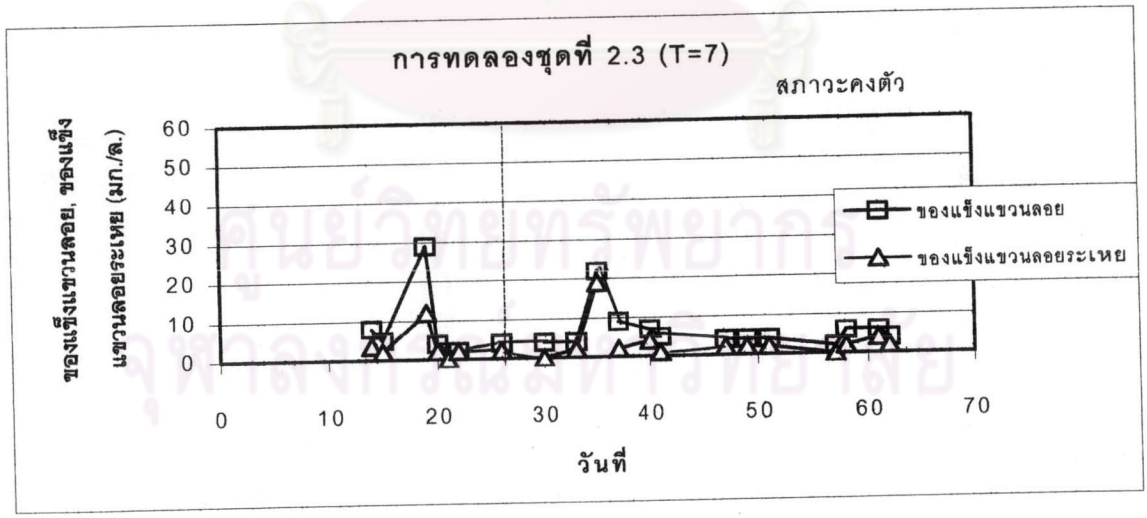




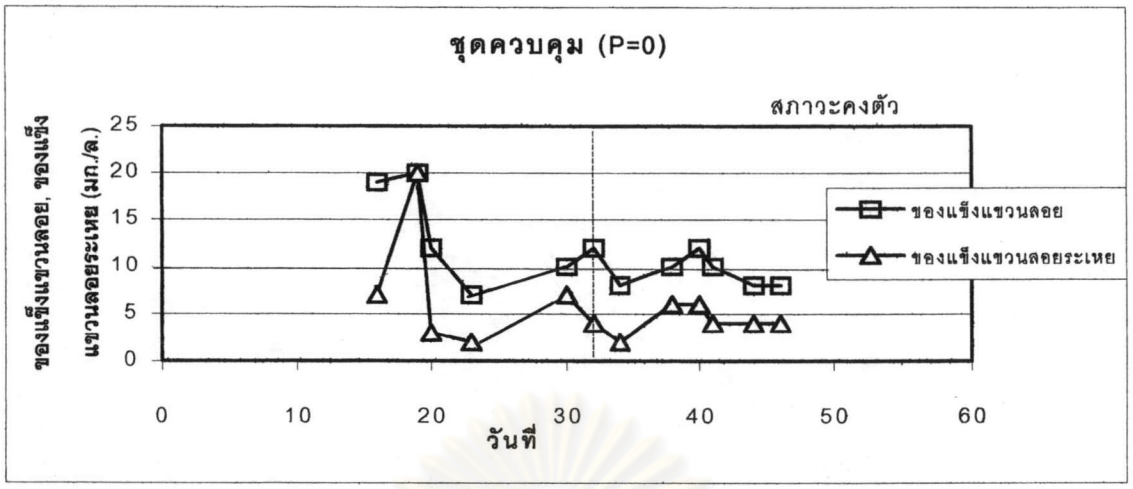
รูปที่ 4.6 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของชุดการทดลองต่าง ๆ

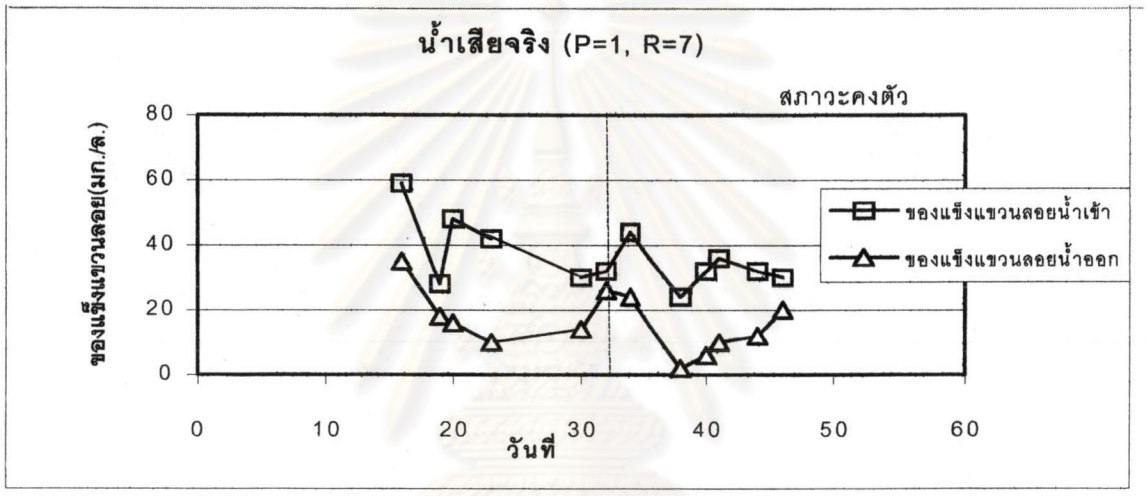


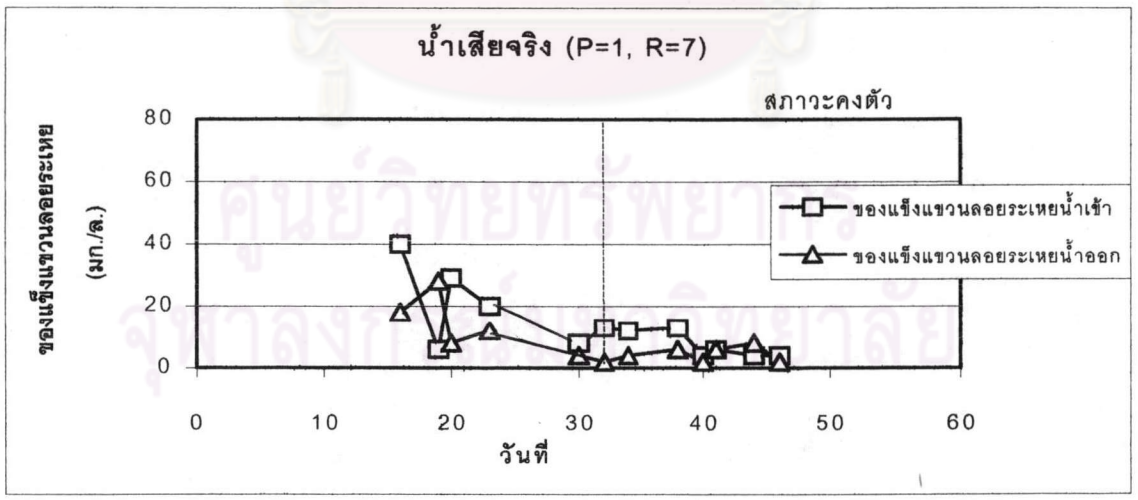




รูปที่ 4.6 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)







รูปที่ 4.6 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)

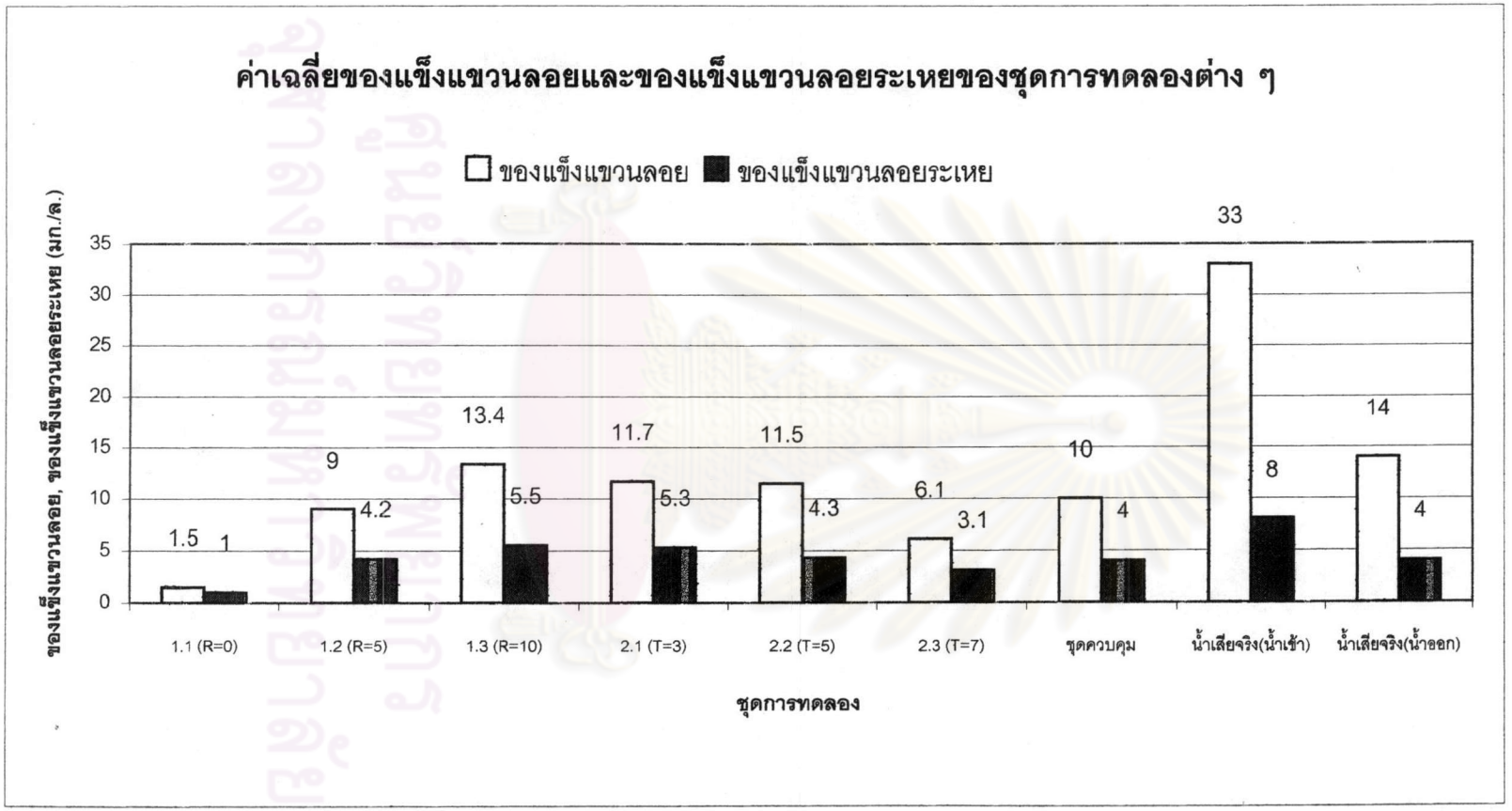
รูปที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของชุดการทดลองต่าง ๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งในระบบดังนี้

1).ผลของการเพิ่มปริมาณสารอาหารร่วมต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของระบบ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารร่วมทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำออกมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากมีสารอินทรีย์มากขึ้นก็ทำให้มีแบคทีเรียมีปริมาณมากขึ้น และมีการหลุดลอกของฟิมล์แบคทีเรียที่ตัวกลางทรายได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองชุดที่ 1.1 (R=0) 1.2 (R=5) และ 1.3 (R=10) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 1.5 1.0 และ 66 มก./ล.ตามลำดับ ของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 5.5 และ 41 มก./ล. ตามลำดับ และร้อยละของของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 9.0 4.2 และ 47 มก./ล.ตามลำดับ

2). ผลของระยะเวลาเก็บกักในบึง ต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของระบบ จากชุดการทดลองที่ 2.1(T=3), 2.2(T=5) และ 2.3 (T=7) มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในน้ำทิ้งเท่ากับ 11.7 11.5 และ 6.1 มก./ล. และค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยในน้ำทิ้งเท่ากับ 5.3 4.3 และ 3.1มก./ล. ตามลำดับเมื่อระยะเวลากักเก็บน้ำสูงขึ้นหมายถึงอัตราการไหลของน้ำเข้าระบบลดลงทำให้ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของระบบมีโอกาสพลัดหลุดออกมาได้น้อยลง เกิดการตกตะกอนในบึงประดิษฐ์ได้มากขึ้น

3).ผลของการปลูกพืชในระบบต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของระบบ ที่อัตราส่วนสารอาหารและระยะเวลาเก็บกัก เท่ากันระบบที่ทำการปลูกพืชต่างกันระหว่างปลูกพืชเต็มบึงกับไม่ปลูกพืช พบว่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำออกเฉลี่ยเท่ากับ 9 และ 4.2มก./ล.ตามลำดับ และ 10 และ 4 มก./ล. ตามลำดับ จากการที่ค่าของแข็งแขวนลอยน้ำออกของชุดการทดลองที่ปลูกพืชเต็มรางมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่ทำการปลูกพืช แสดงว่ารากพืชมีส่วนช่วยในการกรองของของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

สำหรับน้ำเสียจริงมีค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยน้ำเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 33 และ 8 มก./ล. ตามลำดับ แสดงว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจริงส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์สูงถึงร้อยละ 76 ส่วนในน้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 14.3 และ 4.3 มก./ล.ตามลำดับ แสดงว่าระบบบึงประดิษฐ์สามารถลดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับร้อยละ 58 และ50 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดการทดลองต่าง ๆ

4.1.6 มวลจุลินทรีย์บนวัสดุตัวกลางทราย

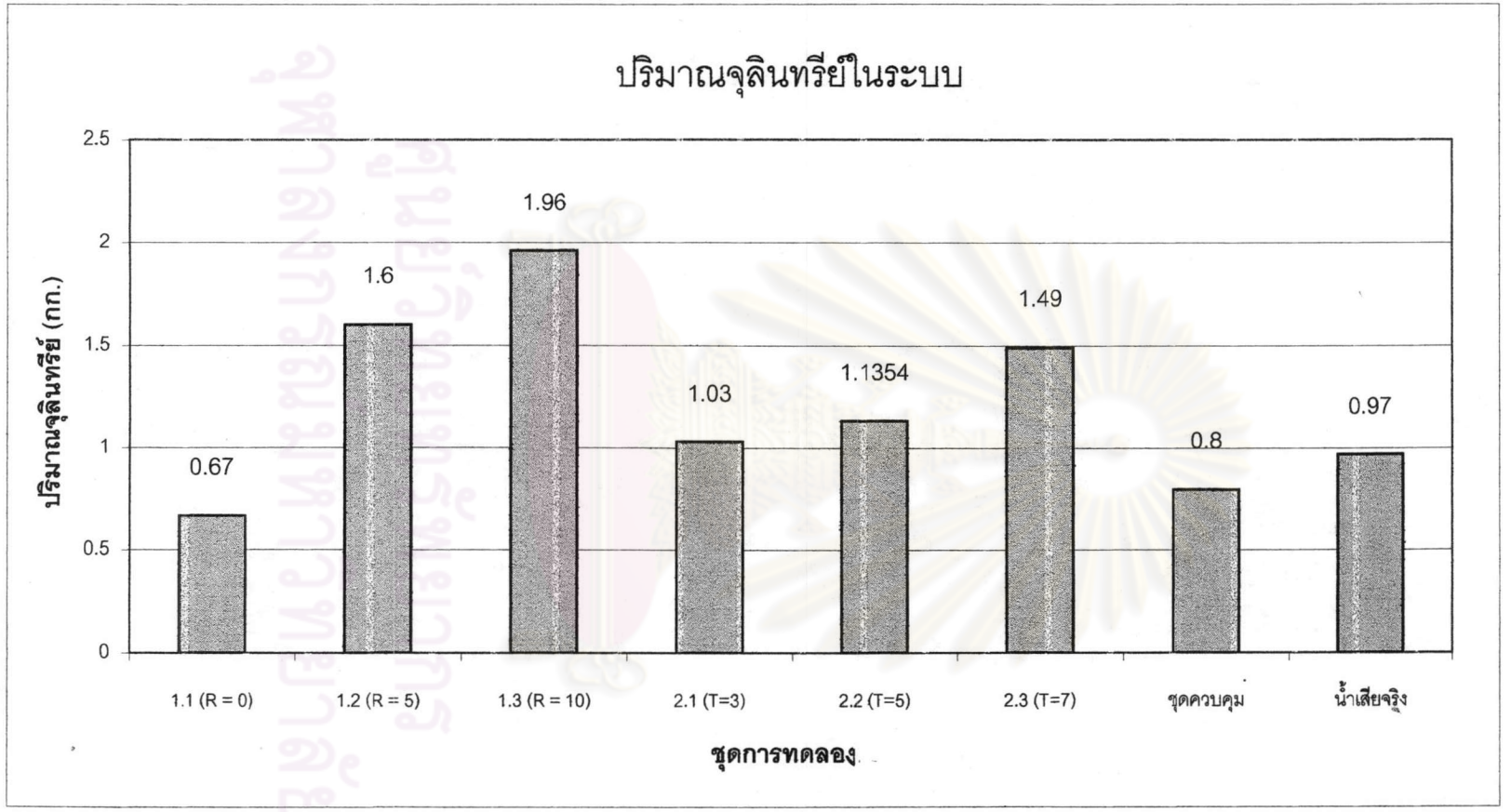
เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละชุดการทดลองได้สุ่มนำวัสดุตัวกลางในบึงไปหามวลจุลชีพ ในแต่ละชุดการทดลองจะสุ่มเก็บตัวอย่างมา 3 ตัวอย่าง จาก ต้นบึง กลางบึงและท้ายบึงในระดับความลึก 15 ซม. เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เครื่องอุลตร้าโซนิคชนิดหัวจุ่ม เพื่อให้เซลล์จุลชีพแตกตัวหลุดออกจากวัสดุตัวกลาง แล้วนำไปอบที่ 110 และ 550 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์รวมในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ

ชุดการทดลอง		ตัวแปร	สัญลักษณ์	มวลจุลินทรีย์รวมในระบบ (กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย)	อัตราส่วนระหว่างมวลจุลินทรีย์รวมในระบบต่อพื้นที่รับน้ำ (กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย/ตร.ม.)
ตอนที่ 1	1.1	สี : สารอาหารร่วม = 1:0	R=0	0.67	0.7
	1.2	สี : สารอาหารร่วม = 1:5	R=5	1.6	1.8
	1.3	สี : สารอาหารร่วม =1:10	R=10	2.0	2.2
ตอนที่ 2	2.1	ระยะเวลาเก็บกัก = 3	T=3	1.03	1.1
	2.2	ระยะเวลาเก็บกัก = 5	T=5	1.13	1.3
	2.3	ระยะเวลาเก็บกัก = 7	T=7	1.5	1.7
	2.4	ชุดควบคุม ไม่ปลูกพืช	P=0	0.8	0.9
ตอนที่ 3	3.1	พืชเต็มบึง เก็บกัก 7 วัน	น้ำเสียจริง	1.0	1.1

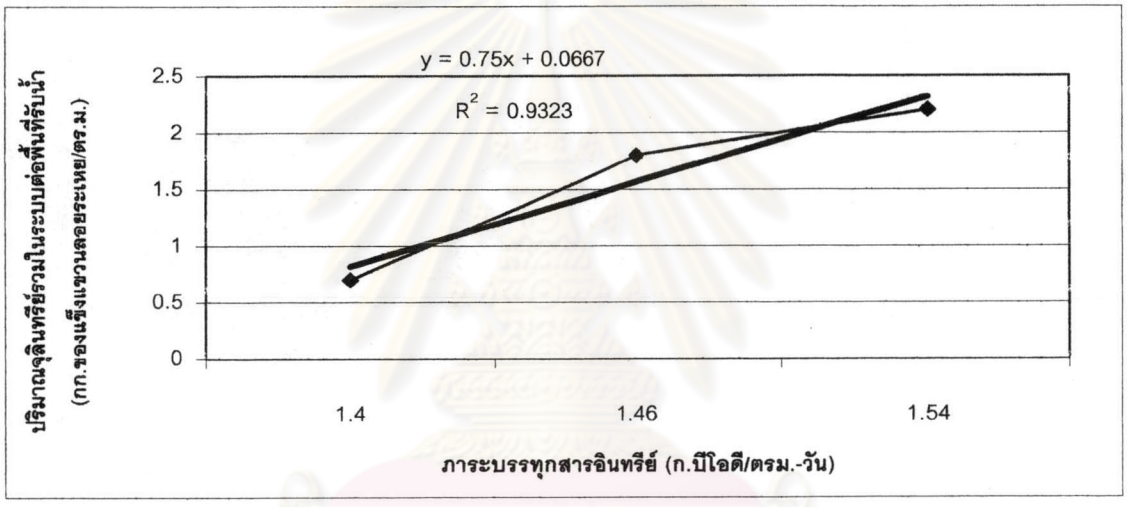
รูปที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์รวมในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของมวลจุลินทรีย์รวมในระบบได้ดังนี้

1).ผลของการเพิ่มปริมาณสารอาหารร่วมต่อปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารร่วมทำให้มีปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบสูงขึ้นเนื่องจากมีสารอินทรีย์มากขึ้นทำให้แบคทีเรียมีปริมาณมากขึ้น และชุดการทดลองที่ไม่ใส่สารอาหารเลยจะพบว่าน้ำเข้ามีความเป็นพิษต่อระบบ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองชุดที่ 1.1 (R=0) 1.2 (R=5) และ



รูปที่ 4.8 ปริมาณจุลินทรีย์รวมในระบบของชุดการทดลองต่าง ๆ

1.3 (R=10) มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.4 1.46 และ 1.54 ก.บีโอดี/ตร.ม-วัน. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของมวลจุลินทรีย์รวมในระบบเท่ากับ 0.67 1.6 และ 2.0 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย ตามลำดับ หรือคิดเป็นอัตราส่วนระหว่างมวลจุลินทรีย์ต่อพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 0.7 1.8 และ 2.2 กก.ของแข็งแขวนลอย/ตร.ม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งของระบบ เมื่อมวลจุลินทรีย์รวมในระบบมากขึ้นทำให้มีปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งมากขึ้น ดังชุดการทดลองที่ 1.1 และ 1.3 มีมวลจุลินทรีย์รวมในระบบ เท่ากับ 0.67 และ2.0 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหยและมีปริมาณของแข็งแขวนลอย และ ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 1.5 และ 1.0 มก./ล. และ 13.4 และ 5.5 มก./ล ตามลำดับ

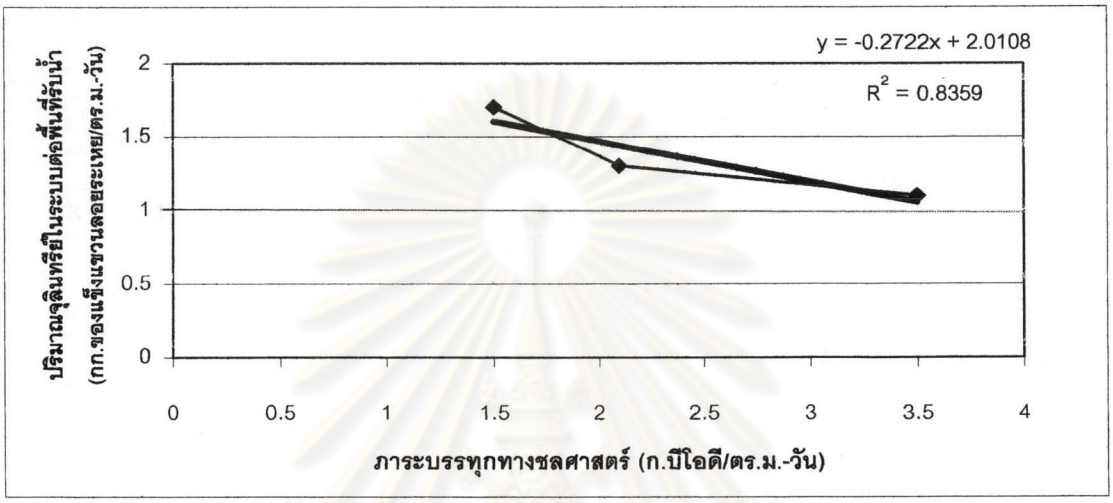


รูปที่ 4.9 อัตราส่วนระหว่างมวลจุลินทรีย์ต่อพื้นที่รับน้ำกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์

2). ผลของระยะเวลาเก็บกักในบึง ต่อปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบ เนื่องจากระยะเวลากักเก็บน้ำสูงขึ้นทำให้อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบลดลงดังนั้นจุลินทรีย์มีระยะเวลาเพียงพอในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ชุดการทดลองที่มีระยะเวลาเก็บกักนานกว่ามีปริมาณมวลรวมในระบบมากกว่า ดังเช่นชุดการทดลองที่ 2.1(T=3) 2.2(T=5) และ 2.3 (T=7) หรือคิดเป็นภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3.5 2.1 และ 1.5 ซม./วัน. มีปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบ เท่ากับ 1.0 1.1 และ 1.5 มก./ล ตามลำดับ

3).ผลของการปลูกพืชในระบบต่อปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบ ที่อัตราส่วนสารอาหารและระยะเวลาเก็บกักเท่ากัน แต่ปลูกพืชต่างกันระหว่างปลูกพืชเต็มบึง, ครึ่งท้ายบึงกับ

ไม่ปลูกพืช พบว่าปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบ เท่ากับ 1.6 1.1 และ 0.8 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหยตามลำดับ จากการที่ปริมาณจุลินทรีย์รวมของระบบชุดการทดลองที่ปลูกพืชเต็มบึงมีค่ามากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่ทำการปลูกพืช และปลูกครึ่งท้ายบึง แสดงว่าพืชมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมในระบบเนื่องจากทำหน้าที่เป็นที่อยู่และกรองจุลินทรีย์บางส่วนไม่ให้หลุดออกนอกระบบ



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในระบบต่อพื้นที่กับภาระบรรทุกทางชลศาสตร์

สำหรับน้ำเสียจริงมีปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบเท่ากับ 1.0 กก.ของแข็งแขวนลอย หรือเท่ากับ 1.1 กก.ของแข็งแขวนลอย/ตร.ม. เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบในชุดการทดลองที่ 2.3 มีปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมของระบบเท่ากับ 1.5 กก.ของแข็งแขวนลอย ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีระยะเวลาเก็บกักในบึงเท่ากัน แต่ต่างกันตรงชนิดของน้ำเสีย โดยชุดการทดลองที่ 2.3 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 363 มก./ล.ซึ่งมีค่าบีโอดีจากน้ำตาลสูงถึง 215 มก./ล. อาจกล่าวได้ว่าในน้ำเสียจริงประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ มากมาย เช่น สีย้อม และสารช่วยย้อม ซึ่งมีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 481 มก./ล.แต่มีบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 102 มก./ล. ดังนั้นปริมาณแบคทีเรียชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงจึงมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 2.3

4.1.7 ซีโอดี

พารามิเตอร์ซีโอดีจะทำการเก็บตัวอย่างที่จุดน้ำเข้า-น้ำออก และตามระยะทางที่ 1 และ 2 เมตร ในระบบ และทำการวิเคราะห์ซีโอดีละลายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบยกเว้นที่จุดน้ำเข้า ทุกชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์จะใช้ความเข้มข้นของสีเท่ากับ 100 มก./ล. ซึ่งให้ค่า ซีโอดี เท่ากับ 60.5 มก./ล. ซีโอดีเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่าง ๆ

ชุดการทดลอง		ตัวแปร	สัญลักษณ์	ซีโอดี (มก./ล.)		
				น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)
ตอนที่ 1	1.1	สี : สารอาหารร่วม = 1:0	R=0	74	61	18
	1.2	สี : สารอาหารร่วม = 1:5	R=5	363	59	83
	1.3	สี :สารอาหารร่วม = 1: 10	R=10	668	82.5	88
ตอนที่ 2	2.1	ระยะเวลาเก็บกัก = 3	T=3	334	82	75
	2.2	ระยะเวลาเก็บกัก = 5	T=5	334	62	81
	2.3	ระยะเวลาเก็บกัก = 7	T=7	334	56	83
	2.4	ชุดควบคุม ไม่ปลูกพืช	P=0	348	65	81
ตอนที่ 3	3.1	พืชเต็มบึง เก็บกัก 7 วัน	น้ำเสียจริง	481	170	65

1) ชุดการทดลองตอนที่ 1 (ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนสีต่อสารอาหารร่วม)

ทำการทดลองแปรค่าอัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมในรูปของซีโอดี ทำให้ค่าเฉลี่ย ซีโอดีน้ำเข้าระบบแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74 363 และ 668 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 พบว่าเมื่อน้ำเข้ามีค่าซีโอดีมากขึ้น (อัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมมากขึ้น) ระบบยังสามารถกำจัดซีโอดีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละ18 83 และ 88 ตามลำดับ ทำให้ซีโอดีในน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 61 59 และ 82 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพการ

กำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นคือโดยส่วนใหญ่คือประสิทธิภาพที่เกิดจากการกำจัดสารอาหารร่วม (น้ำตาล) เนื่องจากสารอาหารร่วมที่เติมให้ระบบคือน้ำตาลซึ่งเป็นสารที่ย่อยสลายง่าย โดยมีค่าอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีในน้ำเข้าเท่ากับ 0.2 ในชุดการทดลองที่ไม่เติมสารอาหารร่วม และเท่ากับ 0.6 ในชุดการทดลองที่เติมสารอาหารร่วมเท่ากับ 1:5 และ 1:10 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยซีโอดีน้ำออกพบว่าเท่ากับ 61 59 และ 82 ในชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ ซึ่งซีโอดีส่วนใหญ่ที่เหลืออยู่ในน้ำออกจะเป็นค่าซีโอดีของสีย้อม (สีย้อม C.I. Reactive Red 180 ความเข้มข้น 100 มก./ล. มีค่าซีโอดีเท่ากับ 60.5 มก./ล.) สังเกตได้จากที่ชุดการทดลองที่ 1.1 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีไม่สูงนัก เนื่องจากสีย้อมเป็นสารที่ย่อยสลายได้ยากและในชุดการทดลองนี้ไม่ได้เติมสารอาหารร่วม (น้ำตาล) ให้กับจุลินทรีย์เพื่อใช้สารอาหารร่วมเป็นสารให้อิเลกตรอนและสีเป็นสารรับอิเลคตอนเพื่อกำจัดสีในกระบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าไม่สูงนัก สอดคล้องกับค่าปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมในระบบเมื่อมีปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมสูงทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโดดีสูงกว่า

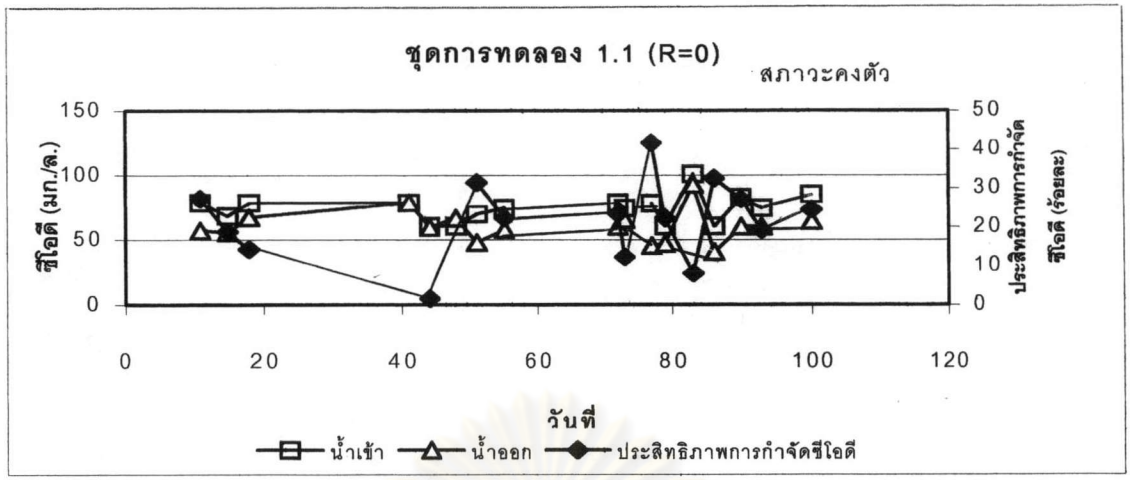
2) ชุดการทดลองที่ 2 (ปรับเปลี่ยนระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย)

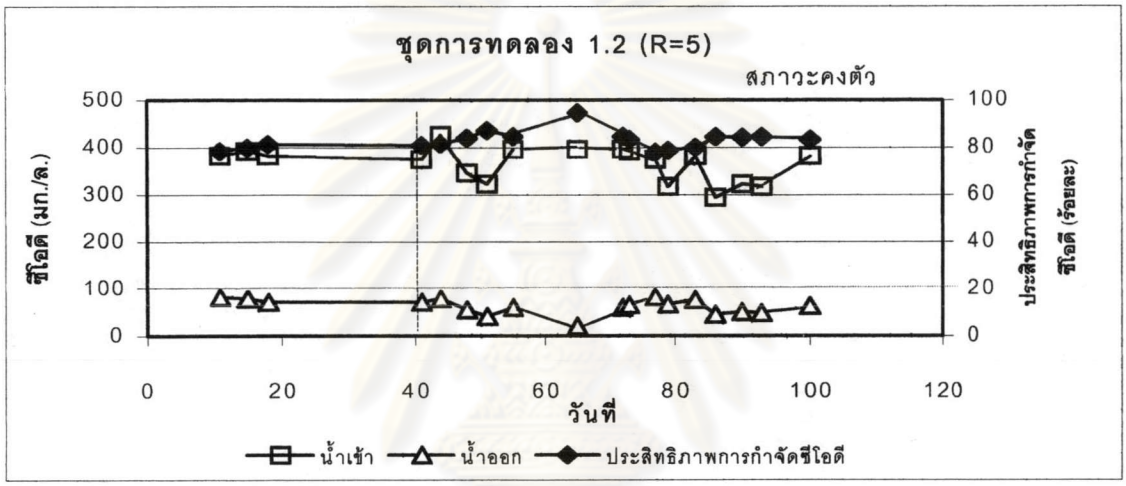
2.1) ผลของระยะเวลาเก็บกักต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

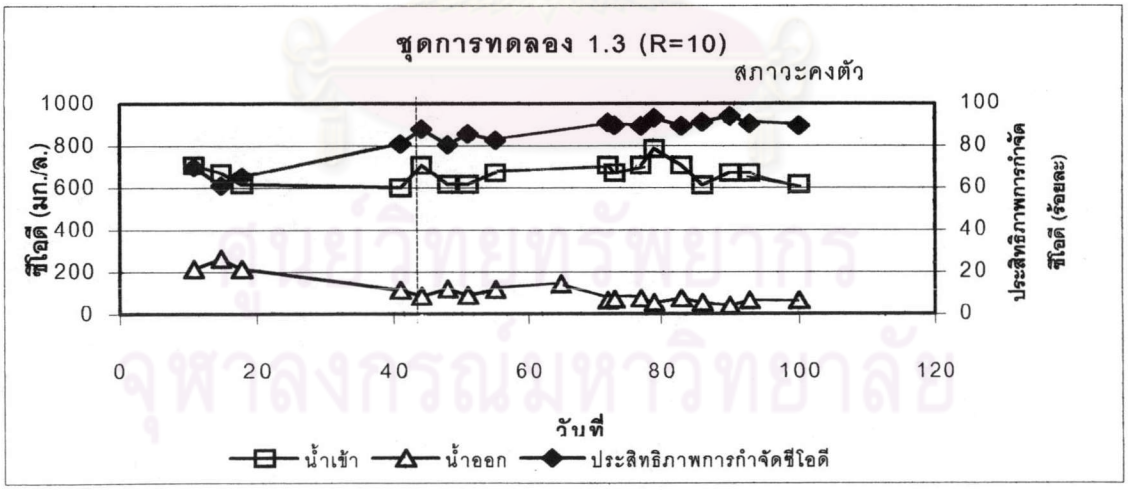
ระยะเวลาเก็บกักในบึงมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี โดยเมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 2.1 (T = 3) 2.2 (T=5) และ 2.3 (T=7) รูปที่ 4.11 พบว่ามีค่าซีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 82 62 และ 56 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 75 81 และ 83 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าซีโอดีในน้ำออกต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นที่ระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้น แต่ไม่สูงมากนักโดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 3 วันเป็น 5 วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 5 วันเป็น 7 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เท่านั้น

2.2) ผลของการปลูกพืชในบึงต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

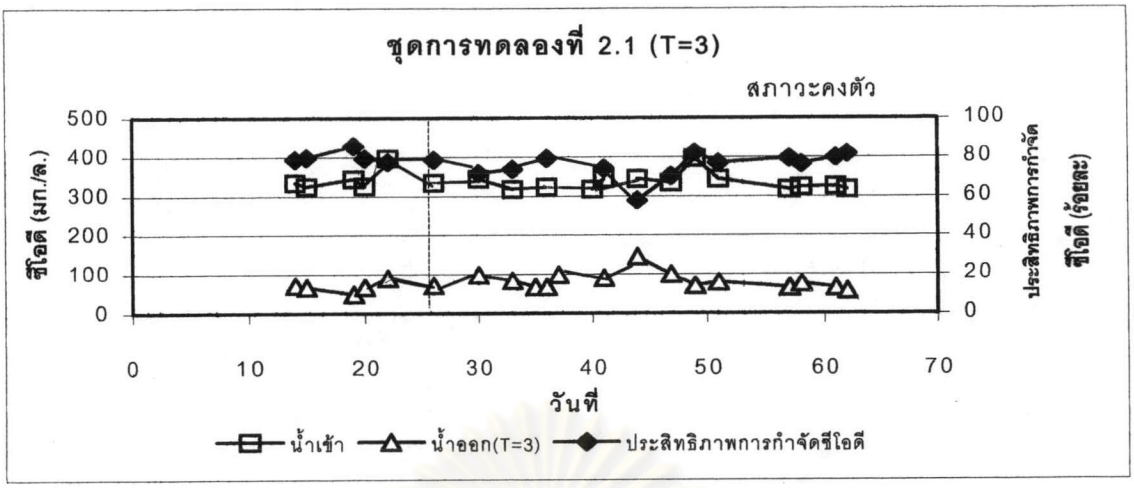
จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 1.2 (ปลูกพืชเต็มบึง) 2.2(ครึ่งบึง) และ ชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีใกล้เคียงกันคิดเป็นร้อยละ 83 81 และ 81 ตามลำดับ มีค่าซีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 59 62 และ 65 ในชุดการทดลองที่ 1.2, 2.2 และชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นว่าพืช

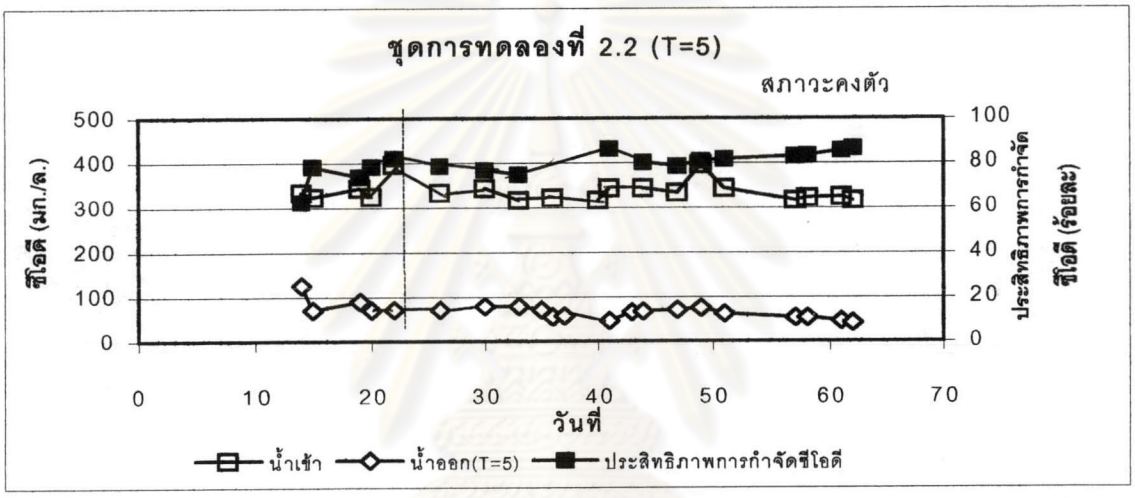


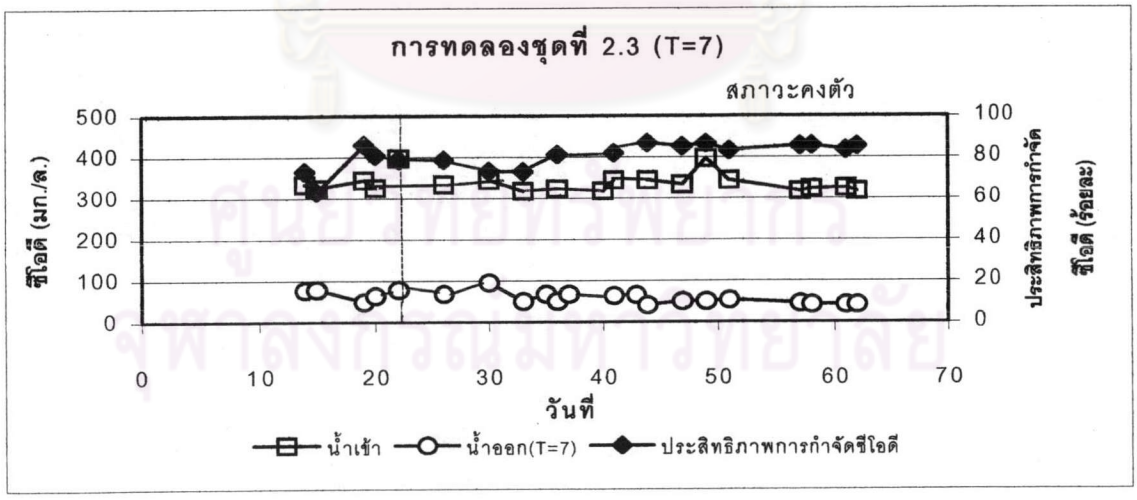




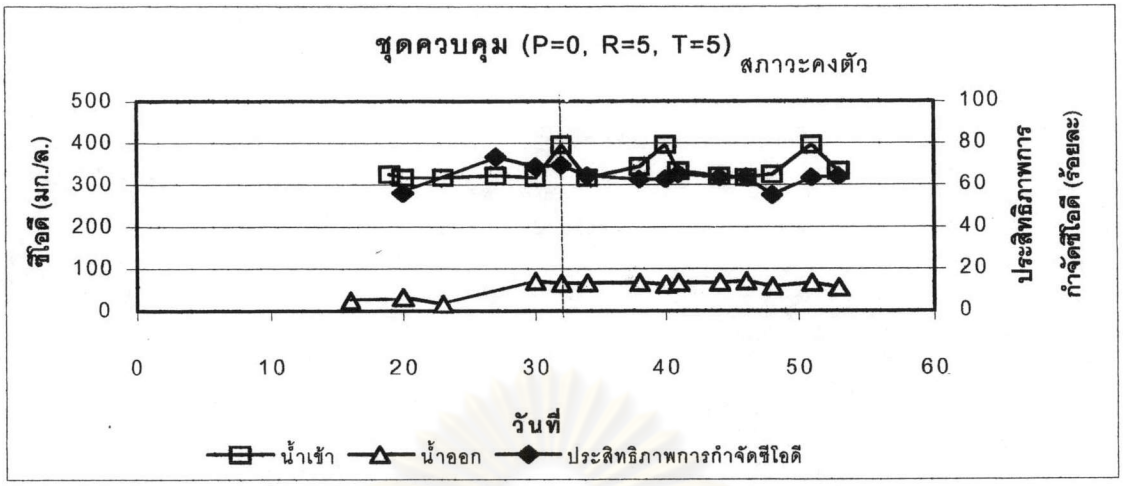
รูปที่ 4.11 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองต่าง ๆ

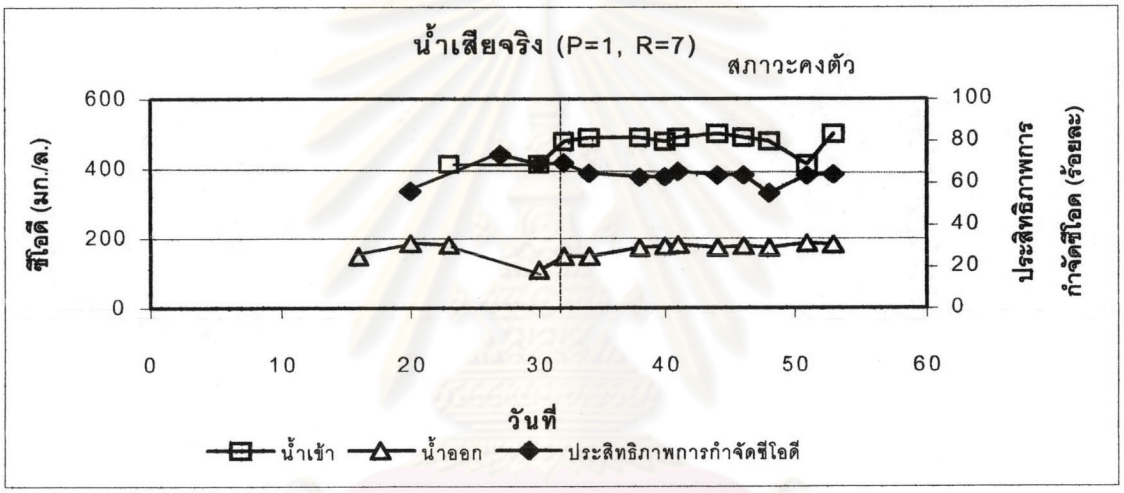




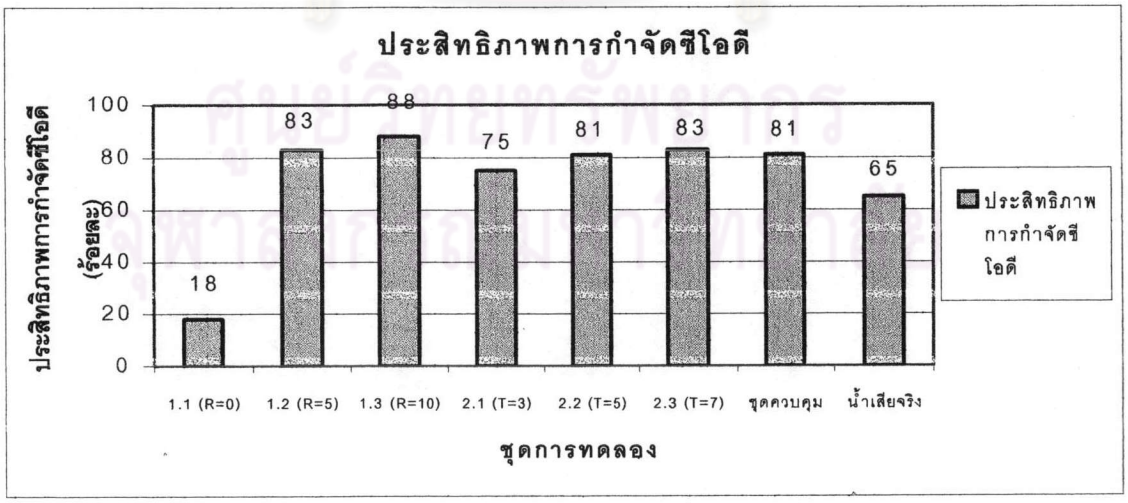


รูปที่ 4.11 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)





รูปที่ 4.11 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองต่าง ๆ

มีส่วนช่วยในการกำจัดซีโอดีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่พืชอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในระบบทางอ้อมโดยการเพิ่มพื้นที่ผิวเป็นที่อยู่ให้กับจุลินทรีย์ในระบบทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมากขึ้น โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ในชั้นตัวกลาง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายน้ำในตัวกลางในระบบซึ่งใกล้ศูนย์ แสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน

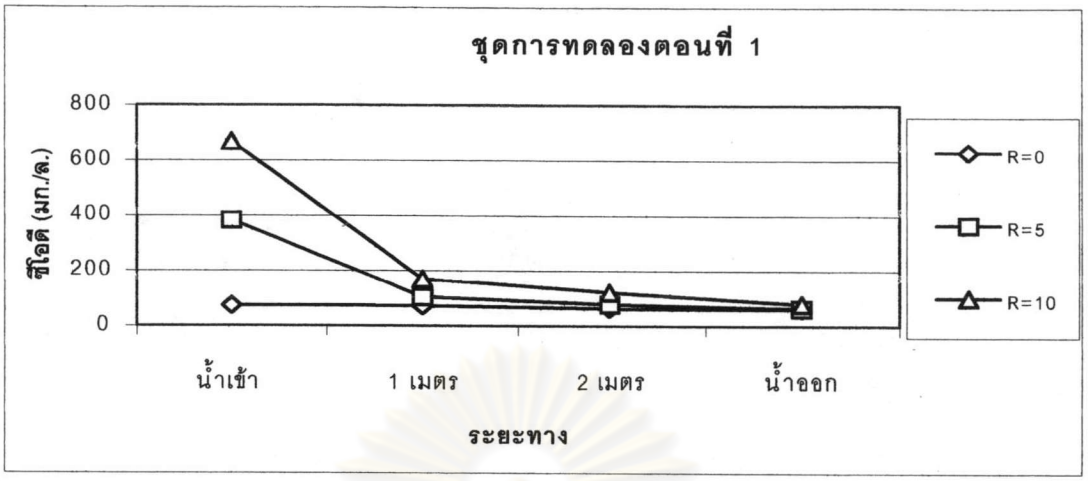
3)ชุดการทดลองน้ำเสียจริง

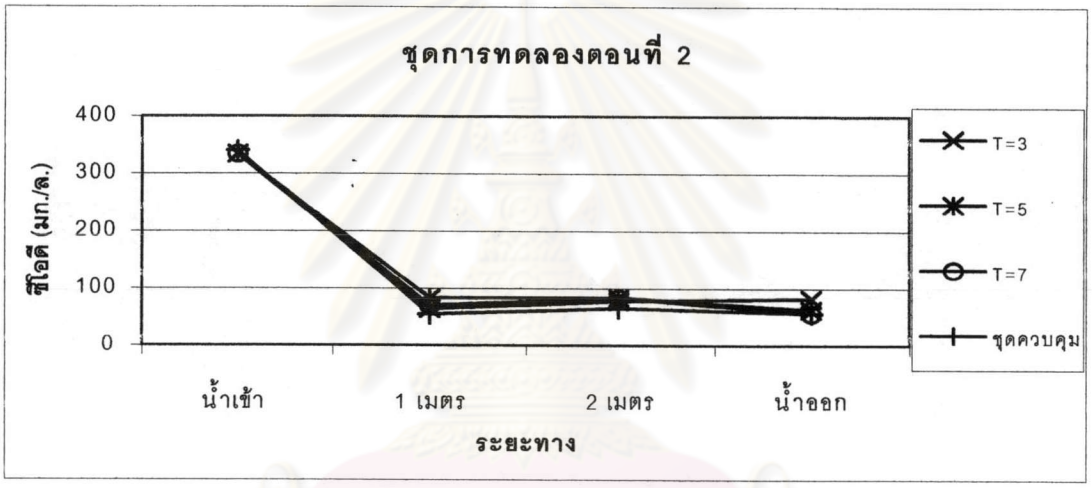
น้ำเสียจริงมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 65 ทำให้มีค่าซีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 170 มก./ล. ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด เนื่องจากน้ำเสียจริงมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ย BOD : COD เท่ากับ 102 : 481 (เท่ากับ 0.2) หรือคิดเป็นร้อยละ 21.7 ดังนั้นสารอินทรีย์ในน้ำเสียจริงส่วนใหญ่จึงเป็นสารอินทรีย์ที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีววิทยา

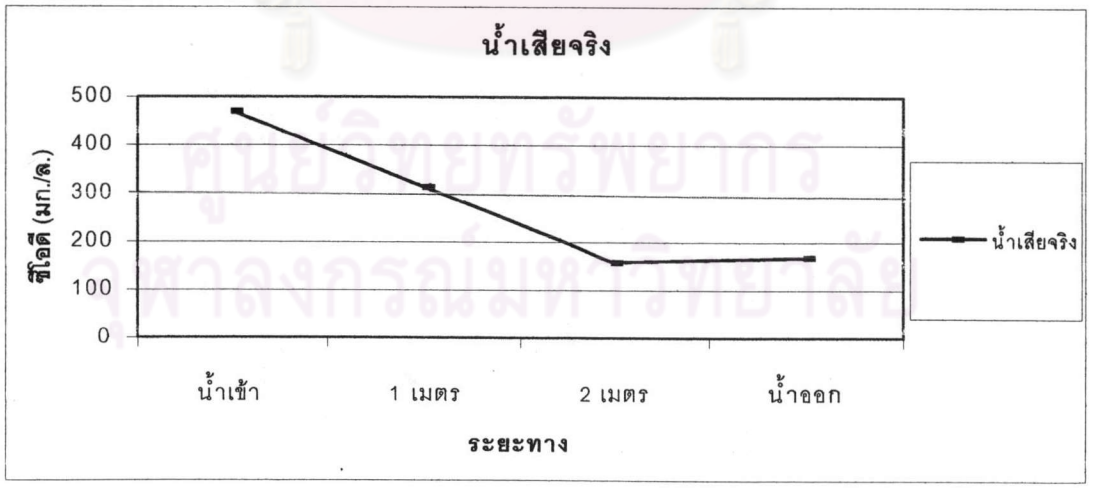
4) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทาง

จากโพลไฟล์ซีโอดี รูปที่ 4.13 ซีโอดีที่ถูกกำจัดส่วนใหญ่ของทุกชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์อยู่ในช่วง 1 เมตรแรกของบึง และค่าซีโอดีที่น้ำออกมีค่าใกล้เคียงกับค่าซีโอดีของสีย้อมที่เติมในน้ำเข้า ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าซีโอดีที่ถูกกำจัดไปส่วนใหญ่เป็นค่าซีโอดีที่เกิดจากสารย่อยง่าย (น้ำตาลที่ใส่เข้าไป) และซีโอดีที่เหลือในน้ำออกส่วนใหญ่ก็คือซีโอดีของสีย้อมนั่นเองยกเว้น ชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงกราฟมีลักษณะของความชันคงที่ แสดงว่าประสิทธิภาพการกำจัดตามระยะทางมีค่าคงที่ตามระยะทางที่ 1 และ 2 เมตร เนื่องจากในน้ำเสียจริงสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ย่อยสลายได้ยากกว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติมน้ำตาลซึ่งเป็นสารที่ย่อยสลายได้ง่าย

นอกจากนี้ยังพบว่าชุดการทดลองตอนที่ 2 ที่ระยะ 2 เมตร ค่าซีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้นจากระยะ 1 เมตร เนื่องจากน้ำตาลในระบบถูกหมักได้กรดไขมันระเหยง่าย ซึ่งสามารถผ่านกระดาษกรองได้ เป็นผลทำให้ค่าซีโอดีละลายเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปริมาณมวลจุลินทรีย์ในระบบจะพบว่าที่ระยะ 2 เมตรมีปริมาณมวลจุลินทรีย์มากกว่าที่ ระยะ 1 เมตร







รูปที่ 4.13 โพรไฟล์ซีโอดีของชุดการทดลองต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.8 บีโอดี

ค่าเฉลี่ยบีโอดีน้ำเข้า - น้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของทุกชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้า - น้ำออกจากระบบที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	สัญลักษณ์	บีโอดี (มก./ล.)			อัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี	
		น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)	น้ำเข้า	น้ำออก
1.1	R=0	15	0	100	0.2	0
1.2	R=5	218	1.5	99	0.6	0.02
1.3	R=10	391	0.9	100	0.6	0.01
2.1	T=3	215	7.5	97	0.6	0.09
2.2	T=5	215	4.5	98	0.6	0.07
2.3	T=7	215	2.2	99	0.6	0.04
ชุดควบคุม	P=0	217	9	96	0.6	0.14
น้ำเสียจริง	น้ำเสียจริง	102	18	82	0.2	0.1

1) ชุดการทดลองตอนที่ 1 (ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนสีต่อสารอาหารร่วม)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าชุดการทดลองที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 มีอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีในน้ำเข้าเท่ากับ 0.2 0.6 และ 0.6 และมีอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 0 0.02 และ 0.01 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 100 99 และ 100 ตามลำดับ แสดงว่าสารอาหารร่วมที่ใส่ให้ในแต่ละชุดการทดลองถูกย่อยสลายหมดไป

2) ชุดการทดลองที่ 2 (ปรับเปลี่ยนระยะเวลาเก็บกัก)

2.1) ผลของระยะเวลาเก็บกักต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

ระยะเวลาเก็บกักในบึงมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี โดยเมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 2.1 (T = 3) 2.2 (T=5) และ 2.3 (T=7) พบว่าอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 0.09 0.07 และ 0.04 มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 97 98 และ 99 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าบีโอดีในน้ำออกต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นที่ระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีสูงขึ้น แต่ไม่สูงมากนักโดยชุดการทดลองตอนที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 1 เท่านั้น

2.2) ผลของการปลูกพืชในบึงต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 1.2 (ปลูกพืชเต็มบึง) 2.2(ครึ่งบึง) และ ชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีคิดใกล้เคียงกันคิดเป็นร้อยละ 99 98 และ 96 ตามลำดับ มีค่าบีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 1.5 4.5 และ 9 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1.2 2.2 และชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นว่าพืชมีส่วนช่วยในการกำจัดบีโอดีแต่ไม่สูงนัก โดยประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ในชั้นตัวกลาง ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับพืชที่ปลูกพืชในระบบเลยยืนยันได้จากค่าออกซิเจนละลายน้ำในตัวกลางซึ่งใกล้ศูนย์ แสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นสภาวะไร้อากาศ สอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์รวมในระบบในชุดการทดลองที่ 1.2 2.2 และชุดควบคุม 1.6 1.1 และ 0.8 กก.ของแข็งแขวนลอยระเหยในระบบ

3) ชุดการทดลองน้ำเสียจริง

จากตารางที่ 4.8 ชุดการทดลองน้ำเสียจริงมีค่าอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกเท่ากับ 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 82 และมีค่าบีโอดีในน้ำออกเท่ากับ 18 มก./ล. สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการลดบีโอดีไม่สูงเหมือนชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์เนื่องจากน้ำเสียจริงมีส่วนผสมของสารเคมีมากมาย เช่น สารช่วยย้อมต่างๆ ทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้เวลาปรับสภาพให้ชินกับน้ำเสียจริงมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามบึงประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียจริงให้อยู่ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งได้

4.1.8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและซีโอดี

รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีรวม บีโอดี และค่าความแตกต่างของซีโอดีและบีโอดี ในที่นี้จะเรียกว่าซีโอดีย่อยสลายยาก โดยมีสมมติฐานว่า ซีโอดีย่อยสลายยากเท่ากับค่าซีโอดีลบค่าบีโอดี (หมายเหตุ :ใช้ค่าซีโอดีและบีโอดีในวันที่ทำการทดลองมาคิดโดยตรงเป็นข้อมูลดิบในภาคผนวก ก) พบว่าผลจากปัจจัยต่าง ๆ มีดังนี้

1.ผลของสารอาหารร่วมที่ต่างกัน.

ดังจะเห็นได้จากชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 น้ำเข้ามีค่าซีโอดีที่ย่อยสลายยากอยู่เท่ากับ 68.3 168 และ 280 มก./ล. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วน้ำออกมีค่าสารที่ย่อยยากอยู่เท่ากับ 60 59 และ 40.3 มก./ล. โดยบีโอดีลดลงไปเท่ากับ 14.7 213 และ 390 มก./ล. พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าซีโอดีย่อยสลายยากในน้ำออกอยู่ใกล้เคียงกัน แต่ชุดการทดลองที่ใส่สารอาหารร่วมจะเหลือซีโอดีย่อยสลายยากในน้ำออกอยู่น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใส่สารอาหารร่วม

โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนสีย้อม : สารอาหารร่วมจาก 1:0 เป็น 1:5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากเท่ากับร้อยละ 18 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสีย้อม : สารอาหารร่วมจาก 1:5 เป็น 1:10 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 15 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากเมื่อมีอัตราส่วนสีย้อม:สารอาหารร่วม เท่ากับ 1:5 มากกว่า 1:10 ดังนั้นค่าอัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมเท่ากับ 1:5 จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิจัยต่อไป

2.ผลของระยะเวลาเก็บกักน้ำที่ต่างกัน

ทุกชุดการทดลองมีซีโอดีย่อยสลายยาก และบีโอดีน้ำเข้าเท่ากับ 219 และ 104 มก./ล. เมื่อผ่านการบำบัดพบว่า ชุดการทดลองที่มีระยะเวลาเก็บกักน้อยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากได้น้อยกว่าชุดการทดลองที่มีระยะเวลาเก็บกักมาก ดังแสดงในชุดการทดลองที่ 2.1 2.2 และ 2.3 มีค่าซีโอดีย่อยสลายยากในน้ำทิ้งเท่ากับ 64 53 และ 48 มก./ล.ตามลำดับ

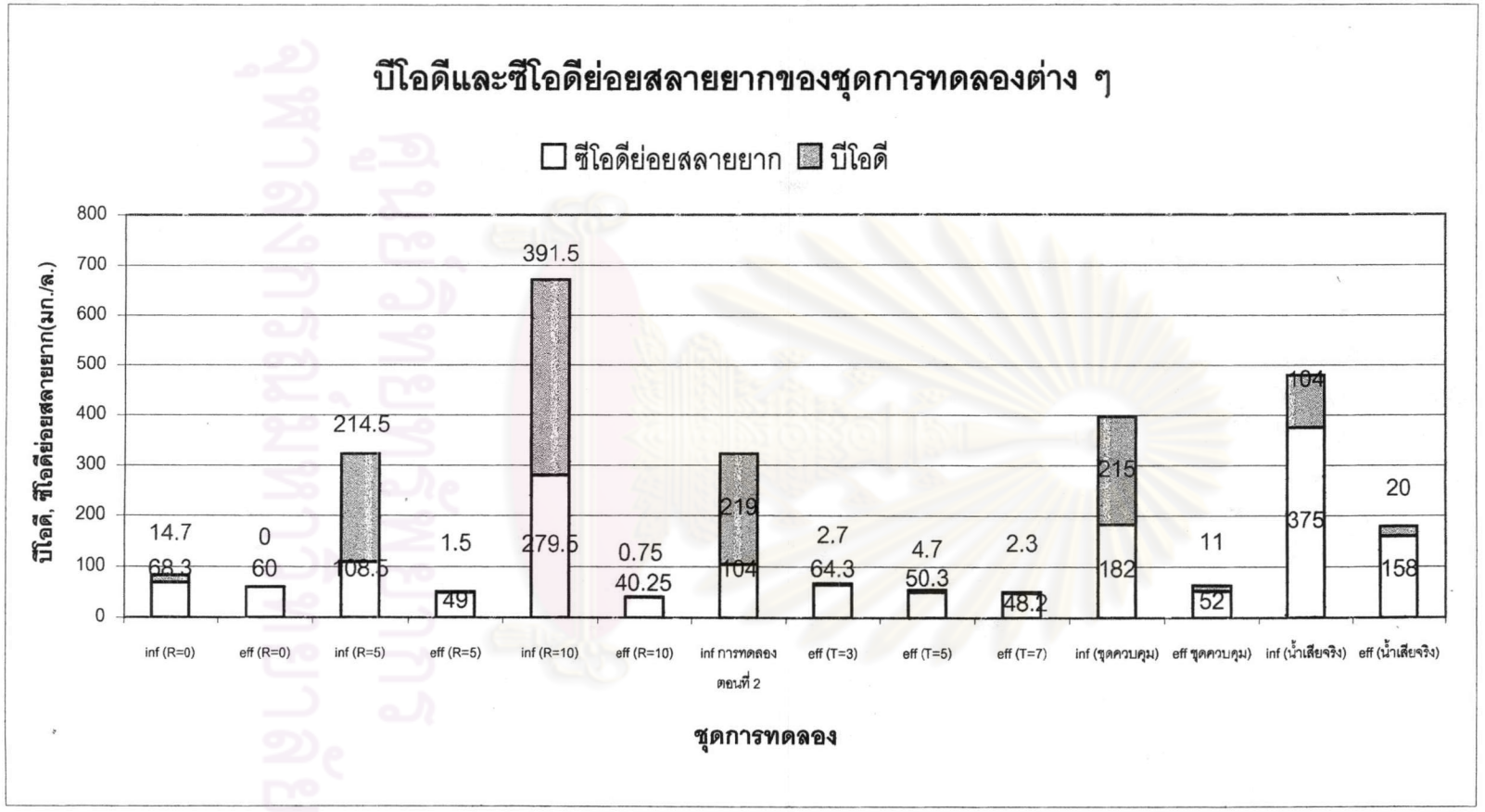
โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 3 เป็น 5 วันประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากเท่ากับร้อยละ 22 แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 5 เป็น 7 วันประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 3 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากเมื่อมีระยะเวลาเก็บกักเท่า

กับ 5 วัน มากกว่า 7 วัน และเมื่อดูจากพารามิเตอร์การกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากพบว่าระยะเวลาเก็บกัก 5 วันน่าจะเหมาะสมที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงพารามิเตอร์สีจะพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 7 วันสามารถลดสีได้มากกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ดังนั้นระยะเวลาเก็บกัก 7 วันจึงเหมาสมที่จะนำมาใช้ในการวิจัยต่อไป

3.ผลของการปลูกพืชในระบบ

ดังแสดงในชุดการทดลองที่ 1.2 2.2 และชุดควบคุม พบว่า ซีโอดีย่อยสลายยากในน้ำออกเท่ากับ 49 50 และ 52 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ชุดที่มีการปลูกพืชทั่วบึงสามารถกำจัดซีโอดีย่อยสลายยากได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ปลูกพืชหรือปลูกครึ่งบึง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากปริมาณของจุลินทรีย์ในชั้นตัวกลางทรายเท่ากับ 1.6 1.13 และ 0.8 กก.ของแข็งแขวนลอยในระบบ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดี และซีโอดีย่อยสลายยากในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบในชุดการทดลองต่าง ๆ

4.1.8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์

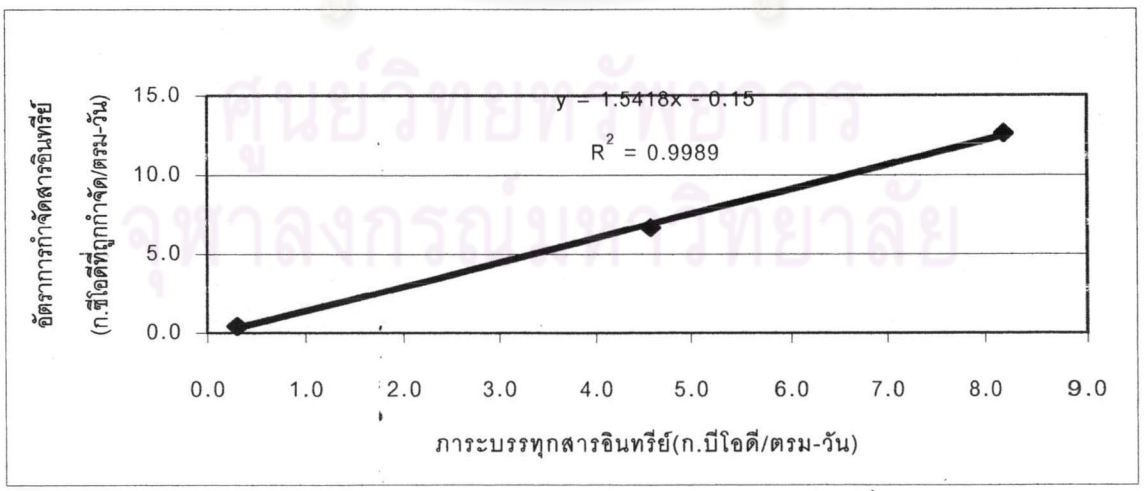
ในชุดการทดลองตอนที่ 1 ทำการแปรค่าสารอาหารร่วมในอัตราส่วนต่างๆ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ดังในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.9 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนสีต่อสารอาหารร่วม	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (ก.บีโอดี/ตร.ม.-วัน)	อัตราการกำจัดสารอินทรีย์ (ก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด/ตร.ม.-วัน)
1.1	1:0	0.3	0.4
1.2	1:5	4.6	6.7
1.3	1:10	8.2	12.6

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ดังสมการต่อไปนี้

$$y = 1.5418x - 0.15$$



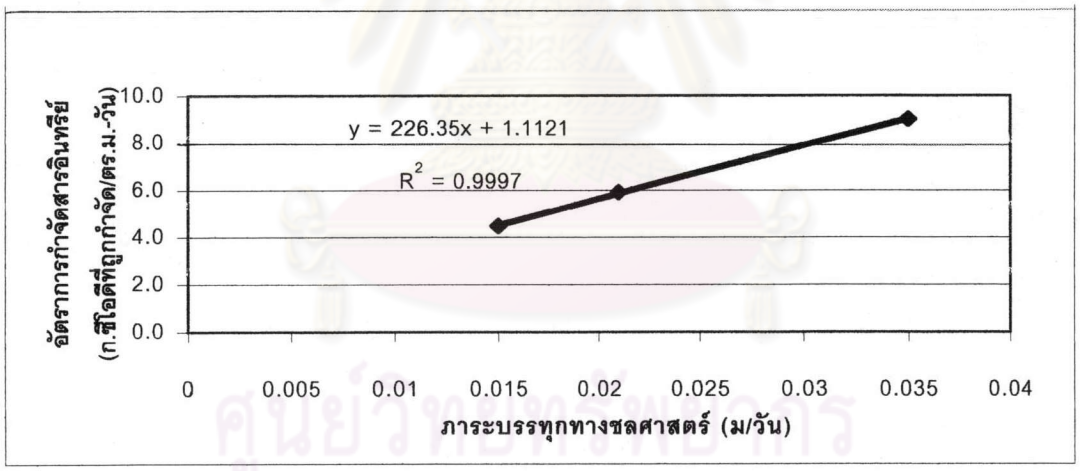
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์

4.1.8.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกทางชลศาสตร์

ในชุดการทดลองตอนที่ 2 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ได้ดังในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.10 ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่ชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาเก็บกัก	ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (เมตรต่อวัน)	อัตราการกำจัดสารอินทรีย์ (ก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด/ตร.ม.-วัน)
1.1	3	0.035	9.0
1.2	5	0.021	5.9
1.3	7	0.015	4.5



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกทางชลศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดสารอินทรีย์กับภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ดังสมการต่อไปนี้

$$y = 226.35x + 1.1121$$

4.1.9 ทีเคเอ็น

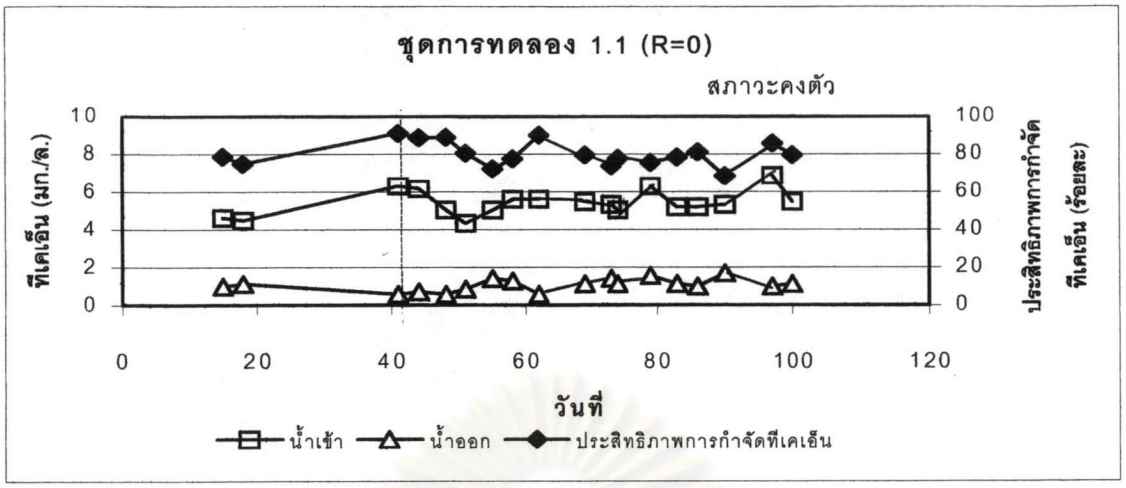
พารามิเตอร์ทีเคเอ็นจะทำการเก็บตัวอย่างที่จุดน้ำเข้าและน้ำออก ซึ่งทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบกรองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบยกเว้นที่จุดน้ำเข้า ทุกชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์จะเติมไนโตรเจนเป็นสัดส่วนกับค่าซีโอดีในน้ำเข้า (COD:N = 150 : 5) ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นของทุกชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 ส่วนรายละเอียดค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้า น้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดแสดงในรูปที่ 4.17

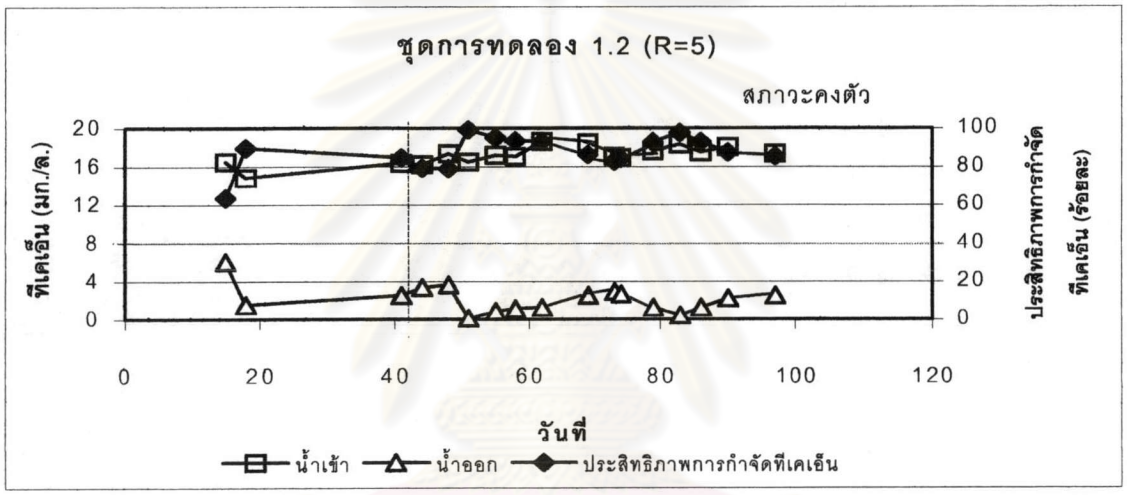
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่าง ๆ

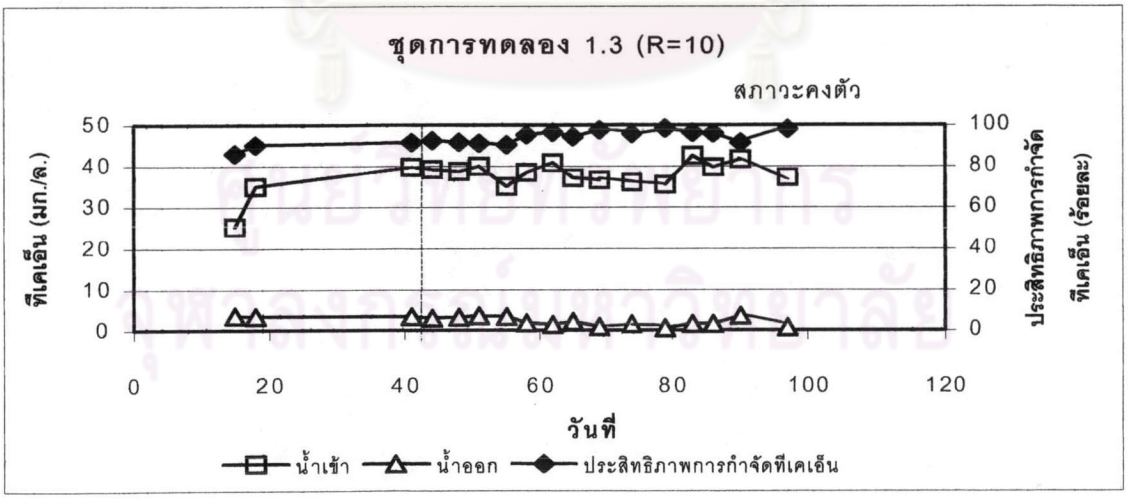
ชุดการทดลอง		สัญลักษณ์	ตัวแปร	จำนวนพืช (ต้น)	ทีเคเอ็น (มก./ล.)		
					น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น (ร้อยละ)
ตอนที่ 1	1.1	R=0	สี:สารอาหารร่วม=1:0	30	5.5	1.1	80
	1.2	R=5	สี:สารอาหารร่วม=1:5	30	17.4	1.9	89
	1.3	R=10	สี:สารอาหารร่วม=1:10	30	38.6	2.1	95
ตอนที่ 2	2.1	T=3	ระยะเวลาเก็บกัก = 3	15	14.5	8.2	43
	2.2	T=5	ระยะเวลาเก็บกัก = 5	15	14.5	6.5	55
	2.3	T=7	ระยะเวลาเก็บกัก = 7	15	14.5	6.3	57
	2.4	P=0	ชุดควบคุม ไม่ปลูกพืช	0	16.9	8.7	49
ตอนที่ 3	3.1	น้ำเสียจริง	พืชเต็มบึง เก็บกัก 7 วัน	30	11.4	3.2	72

1) ชุดการทดลองตอนที่ 1 (ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนสีต่อสารอาหารร่วม)

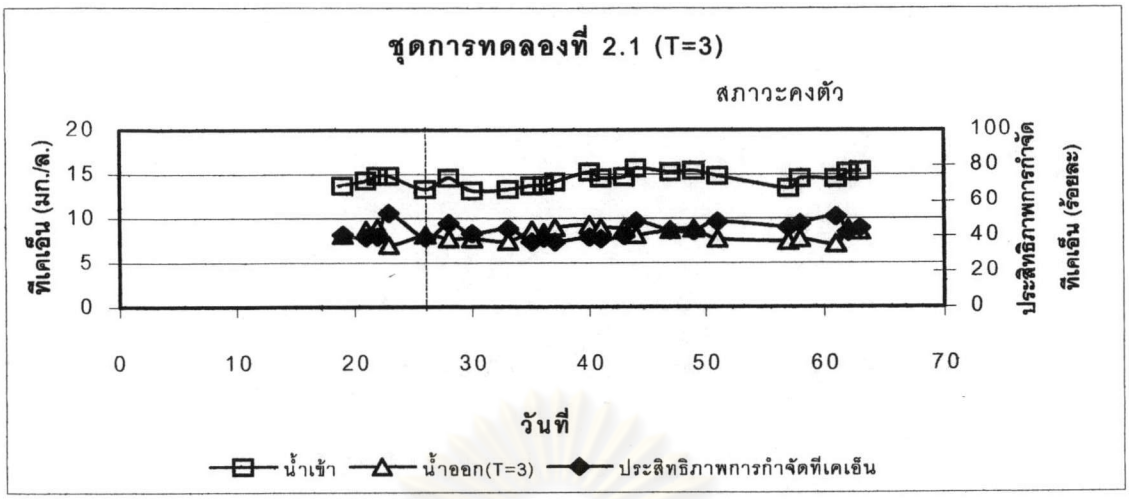
น้ำเข้าระบบแต่ละชุดการทดลองมีค่าทีเคเอ็นแตกต่างกันโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.5 17.4 และ 38.6 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 พบว่าเมื่อน้ำเข้ามีค่าทีเคเอ็นมากขึ้น ระบบยังสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นคิดเป็นร้อยละ 80 89 และ 95 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.18) ทำให้ค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 1.1 1.9 และ 2.1 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

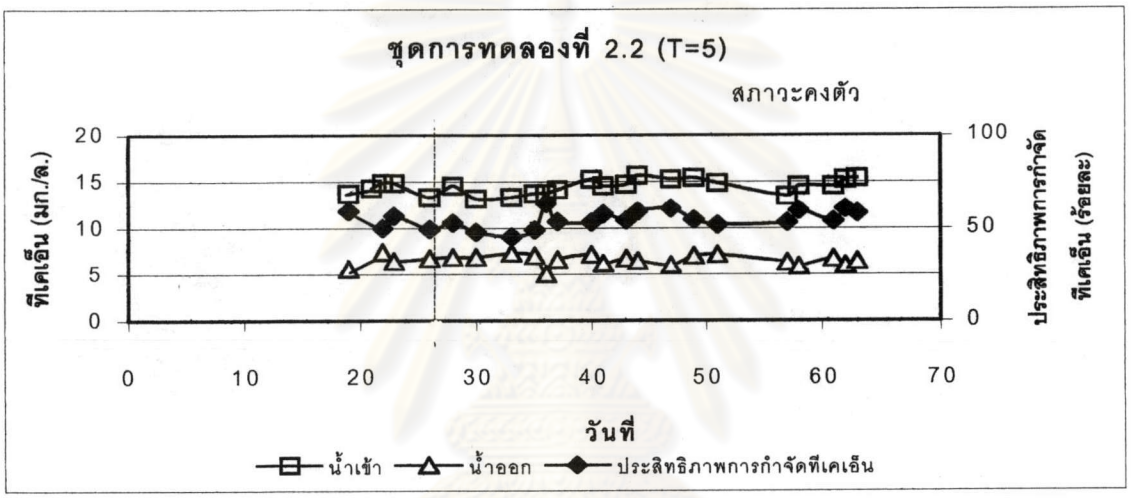


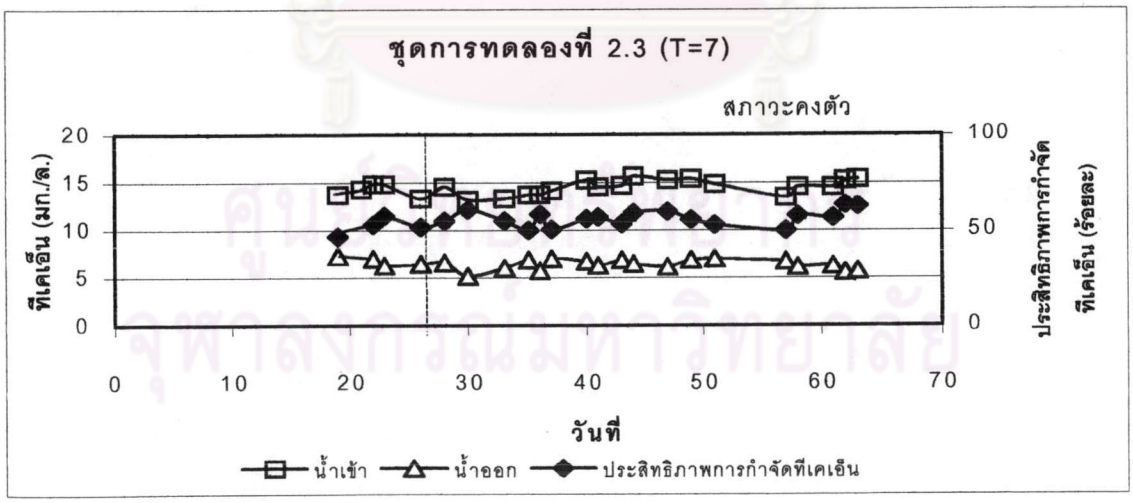




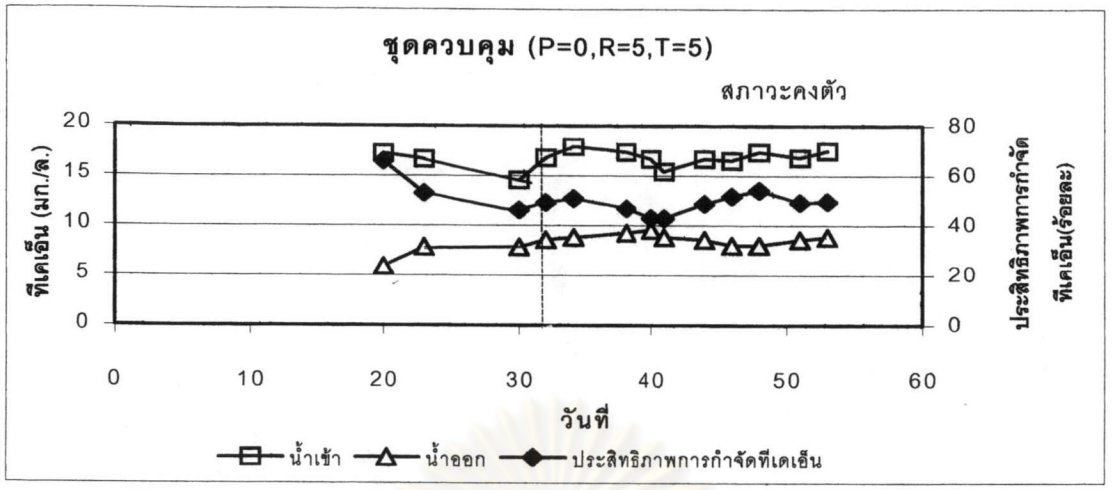
รูปที่ 4.17 ค่าทีเคเอ็นของชุดการทดลองต่าง ๆ

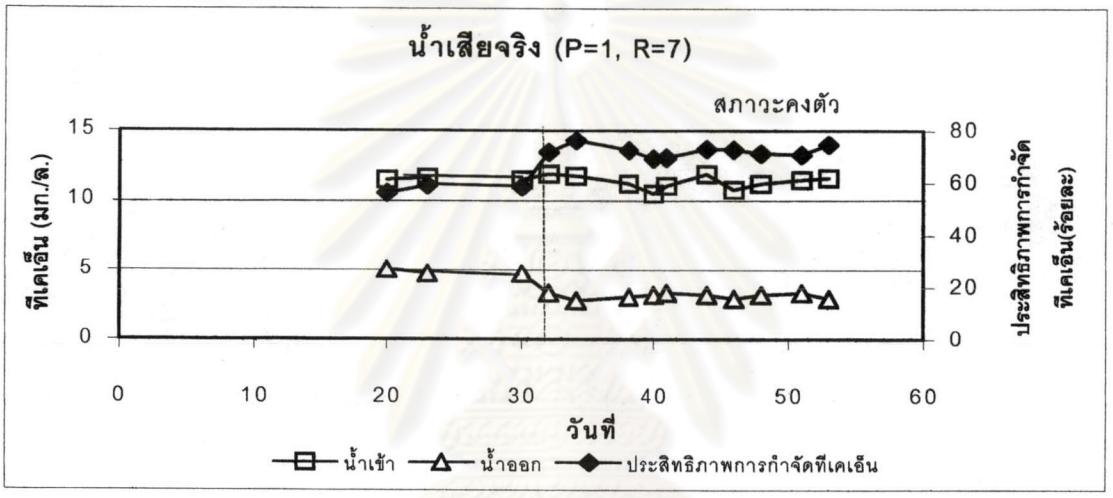




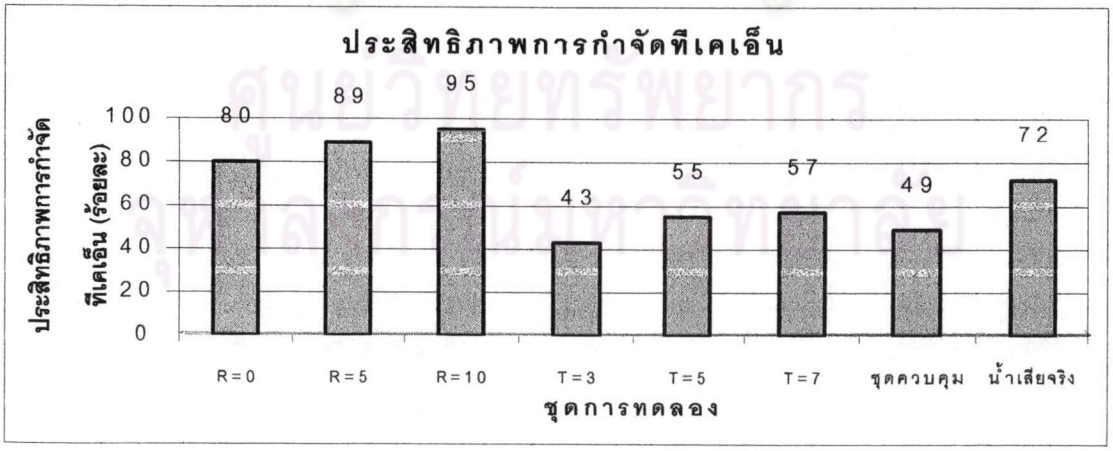


รูปที่ 4.17 ค่าทีเคเอ็นของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)





รูปที่ 4.17 ค่าทีเคเอ็นของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองต่าง ๆ

2) ชุดการทดลองที่ 2 (ปรับเปลี่ยนระยะเวลาเก็บกัก)

2.1) ผลของระยะเวลาเก็บกักต่อประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

ระยะเวลาเก็บกักในบึงมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น โดยเมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 2.1 2.2 และ 2.3 มีระยะเวลาเก็บกักเท่ากับ 3 5 และ 7 วันตามลำดับ พบว่ามีค่าทีเคเอ็นในน้ำออกเท่ากับ 8.2 6.5 และ 6.3 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 43 55 และ 57 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าทีเคเอ็นในน้ำออกต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นที่ระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นสูงขึ้นแต่ไม่สูงมากนัก

2.2) ผลของการปลูกพืชในบึงต่อประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 2.2 (ปลูกพืชเต็มบึง) 2.5 (ครึ่งบึง) และ ชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นคิดคิดเป็นร้อยละ 89 55 และ 46 ตามลำดับ มีค่าทีเคเอ็นในน้ำออกเท่ากับ 1.9 6.5 และ 8.7 ในชุดการทดลองที่ 1.2 2.2 และชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นว่าพืชมีส่วนช่วยในการกำจัดทีเคเอ็นอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากพืชใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต และช่วงรอยต่อระหว่างบริเวณรากพืช (แอโรบิก) กับบริเวณตัวกลาง (แอนแอโรบิก) พบว่าเป็นส่วนสำคัญของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันในการกำจัดทีเคเอ็นของระบบบึงประดิษฐ์

3)ชุดการทดลองน้ำเสียจริง

น้ำเสียจริงมีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 72 ทำให้มีค่าทีเคเอ็นในน้ำออกเท่ากับ 3.2 มก./ล. ซึ่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด

4.1.10 คาร์บอนอินทรีย์รวม (ทีโอซี)

พารามิเตอร์คาร์บอนอินทรีย์รวมจะทำการสุ่มตัวอย่างน้ำ เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างหลังจากที่ระบบเข้าสภาวะคงตัวแล้วในน้ำเข้า-น้ำออก และตามระยะทาง 1และ 2 เมตร ในบึงประดิษฐ์ด้วยวิธีการกรองทุกจุดเก็บตัวอย่างเนื่องจากเป็นเงื่อนไขของการใช้อุปกรณ์เครื่องวัดคาร์บอนอินทรีย์รวม โดยมีความถี่ในการวิเคราะห์เท่ากับ 1 ครั้ง ค่าคาร์บอนอินทรีย์รวม และคาร์บอนอนินทรีย์รวมดังแสดงในตารางที่ 4.12

จากรูปที่ 4.19 ค่าคาร์บอนอินทรีย์รวม และ คาร์บอนอนินทรีย์รวมของทุกชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์จะพบว่ามีค่าคาร์บอนอนินทรีย์รวมเพิ่มขึ้นตามระยะทางในระบบ ซึ่งตรงข้ามกับค่าคาร์บอนอินทรีย์รวมซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางในระบบ โดยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเหมือนกันคือมีค่าคาร์บอนอนินทรีย์รวมสูงขึ้นตามระยะทางเนื่องจากการลดสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสีย้อมไปเป็นสารอนินทรีย์อีกรูปหนึ่ง จึงทำให้ค่าคาร์บอนอนินทรีย์รวมสูงขึ้น และเนื่องจากจุลินทรีย์ในระบบใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นสารอาหารจึงทำให้คาร์บอนอินทรีย์รวมมีค่าลดลงตามระยะทาง นอกจากนี้น้ำตัวอย่างที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องคาร์บอนอินทรีย์รวม ต้องทำการกรองจึงทำให้คาร์บอนอินทรีย์รวมในน้ำเข้ามีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงเนื่องจากการกรองทำให้คาร์บอนอินทรีย์จากน้ำตาลหมดไป

ส่วนการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงพบว่าคาร์บอนอนินทรีย์รวมลดลงตามระยะทางเนื่องจากในน้ำเสียจริงมีสารเคมีต่าง ๆ ปนเปื้อนมากมายเมื่อผ่านการบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์ตามระยะทางจึงทำให้คาร์บอนอนินทรีย์ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

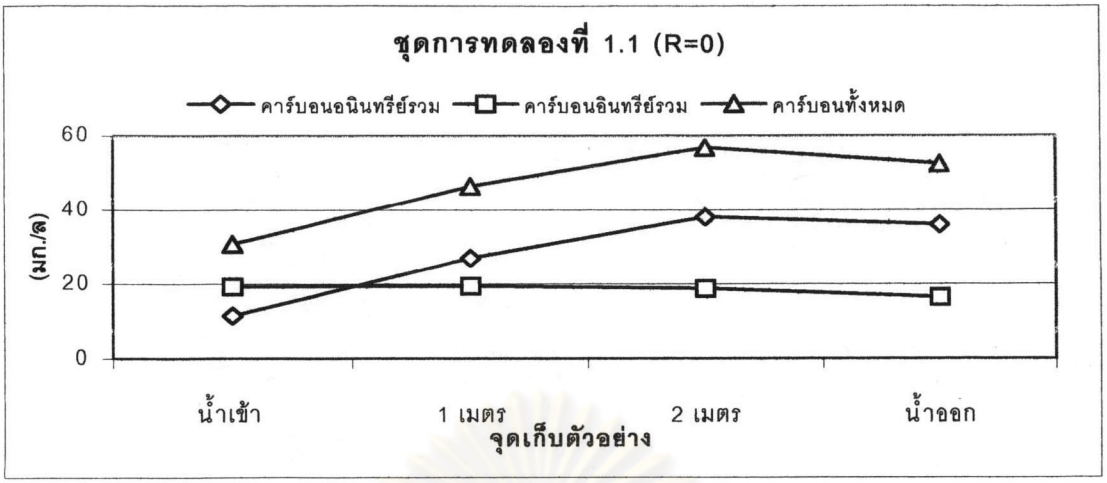
ตารางที่ 4.12 ค่าทีโอซีและทีไอซีที่สภาวะคงตัวของชุดการทดลองต่าง ๆ

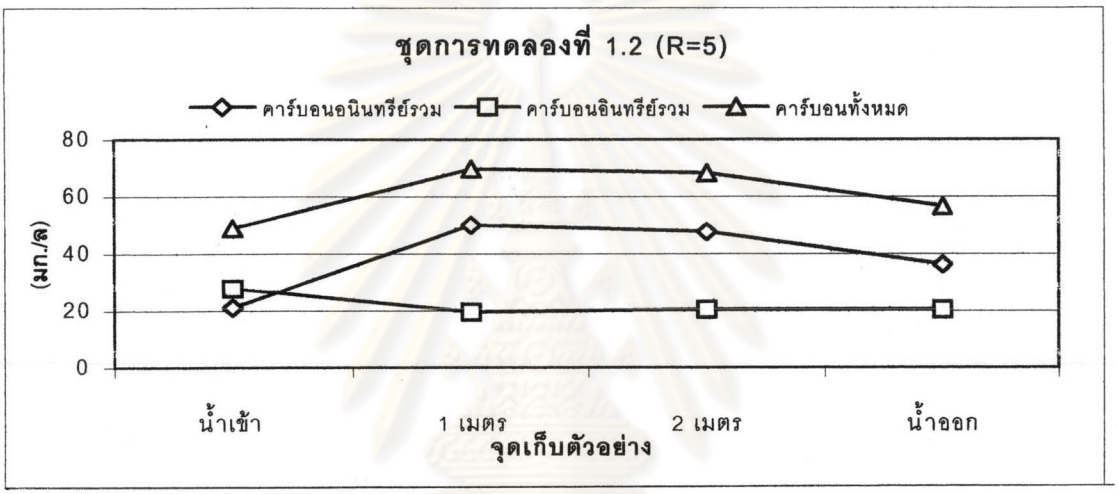
ชุดการทดลอง	ทีไอซีและทีโอซีตามจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ (มก./ล.)					ประสิทธิภาพการกำจัด (ร้อยละ)
	พารามิเตอร์	น้ำเข้า	1เมตร	2 เมตร	น้ำออก	
1.1	ทีไอซี	11.5	27	38	36	
	ทีโอซี	19.3	194	18.8	16.5	15
1.2	ทีไอซี	4.1	50.1	47.7	36.3	
	ทีโอซี	27.8	19.5	20.5	20.4	27
1.3	ทีไอซี	18	47	44	46	
	ทีโอซี	23	19	20	20	13
2.1	ทีไอซี	29	39	45	57	
	ทีโอซี	23	22	30	32	-39.1304
2.2	ทีไอซี	29	32	47	47	
	ทีโอซี	23	20	22	22	4
2.3	ทีไอซี	29	40	50	61	
	ทีโอซี	23	20	23	23	0
ชุดควบคุม	ทีไอซี	25	31	38	41	
	ทีโอซี	21	21	21	22	-4.7619
น้ำเสียจริง	ทีไอซี	124	111	66	106	
	ทีโอซี	65	44	30	38	41.53846

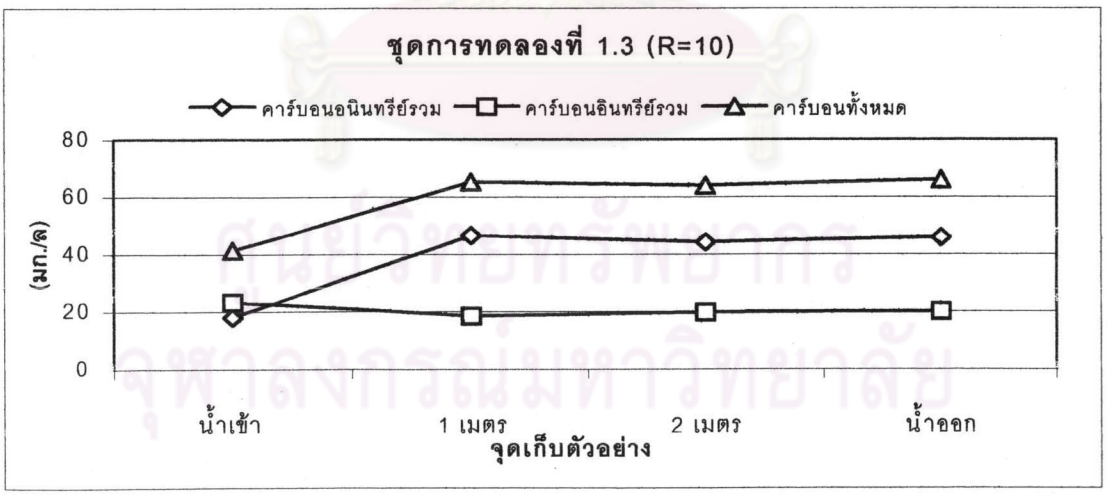
หมายเหตุ : ทีไอซี (TIC) คือ คาร์บอนอนินทรีย์รวม

ทีโอซี (TOC) คือ คาร์บอนอินทรีย์รวม

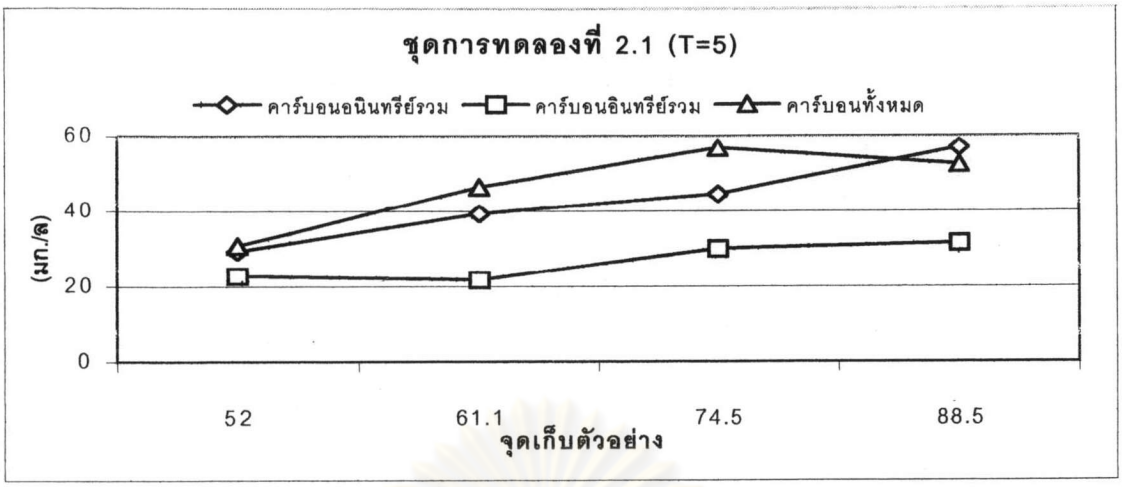
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

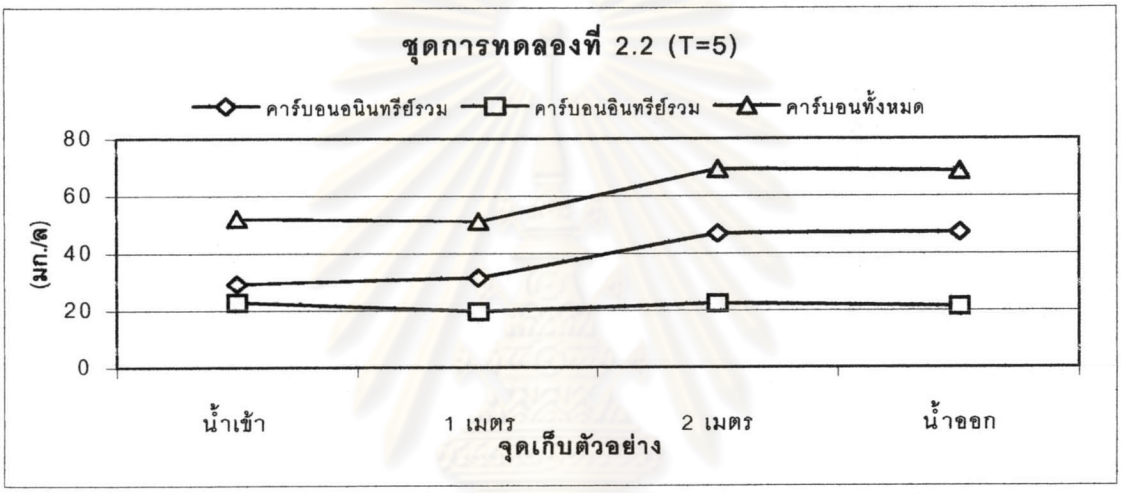


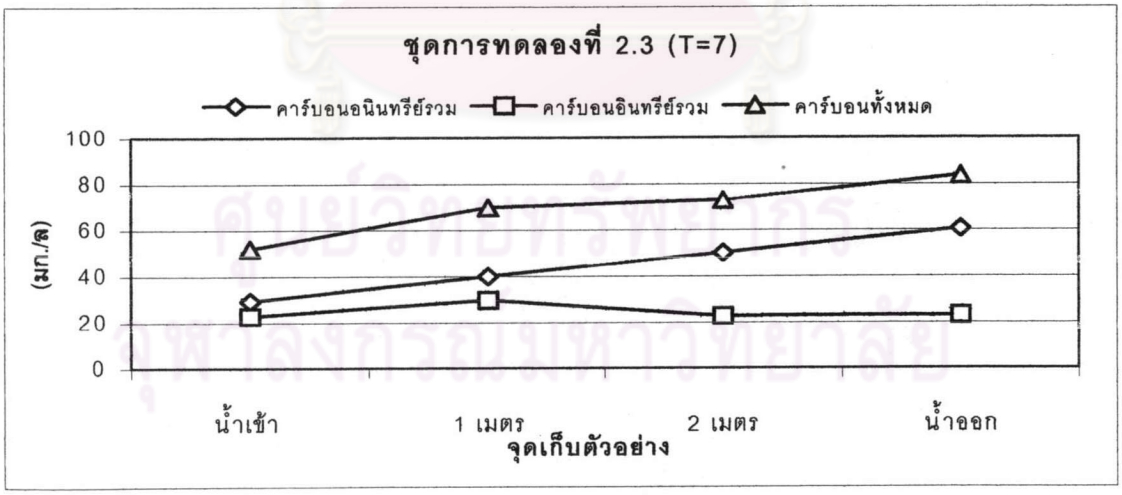




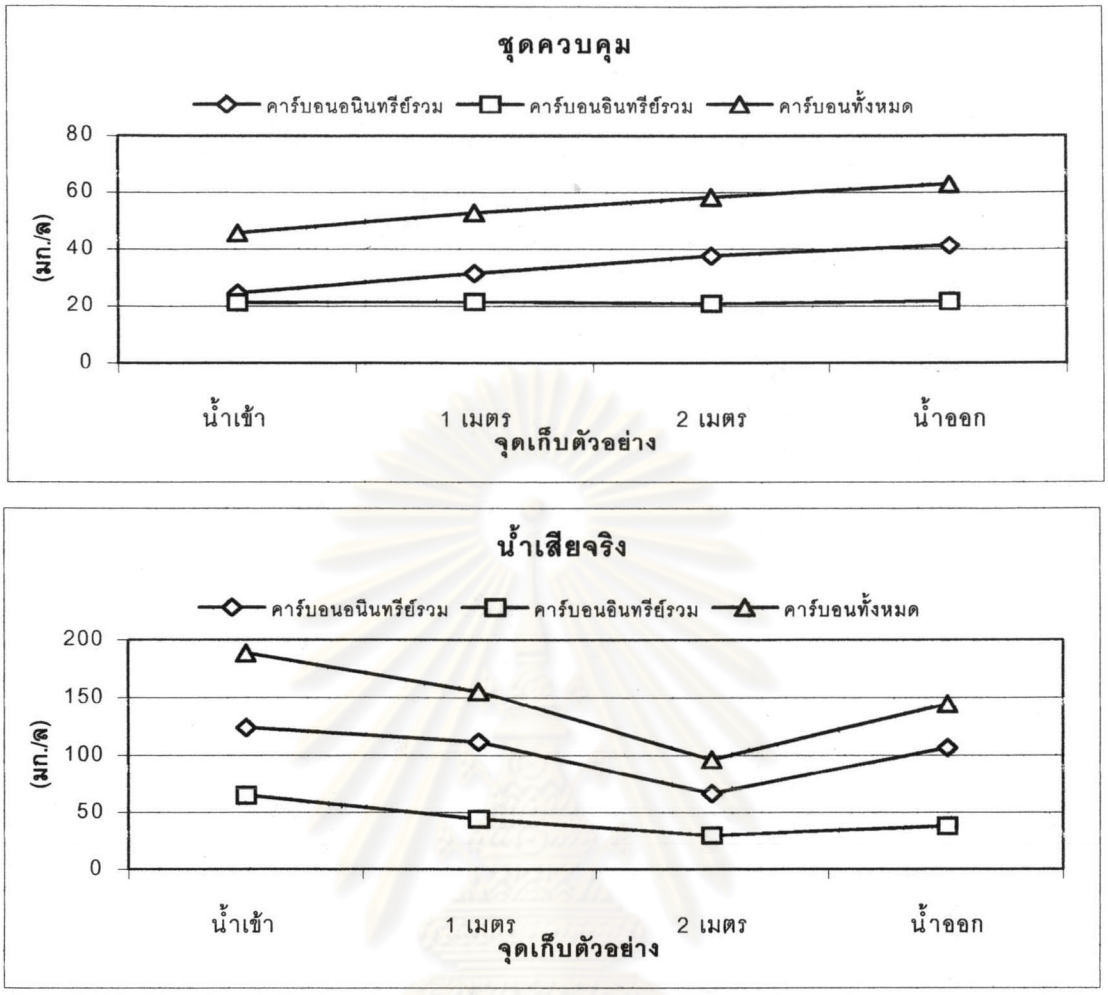
รูปที่ 4.19 โพรไฟล์คาร์บอนอนินทรีย์รวมและคาร์บอนอินทรีย์รวมของชุดการทดลองต่าง ๆ







รูปที่ 4.19 โพรไฟล์คาร์บอนอนินทรีย์รวมและคาร์บอนอินทรีย์รวมของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่ 4.19 โพรไฟล์คาร์บอนอนินทรีย์รวมและคาร์บอนอินทรีย์รวมของชุดการทดลองต่าง ๆ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.11 สีเอสยูและเอดีเอ็มไอ

งานวิจัยนี้ทำการวัดความเข้มสี 2 หน่วย คือ สีเอสยู และเอดีเอ็มไอ และใช้น้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้สีย้อมรีแอกทีฟ C.I.Reactive Red 180 ที่มีความเข้มข้นสี 100 มก./ล. ซึ่งมีความเข้มสีเฉลี่ยของน้ำเข้ามีค่าอยู่ในช่วง 165 - 188 เอสยู และ 2630-2809 เอดีเอ็มไอ ค่าของสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอแต่ละชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.20 – 4.27 ตามลำดับ ส่วนโพรไฟล์แสดงการลดสีของชุดการทดลองต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.28 - 4.31

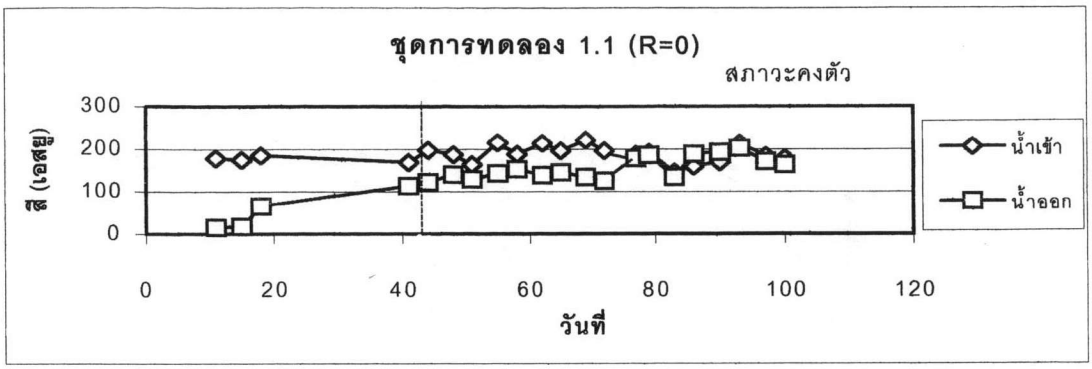
4.1.11.1 ผลของปริมาณสารอาหารร่วมต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

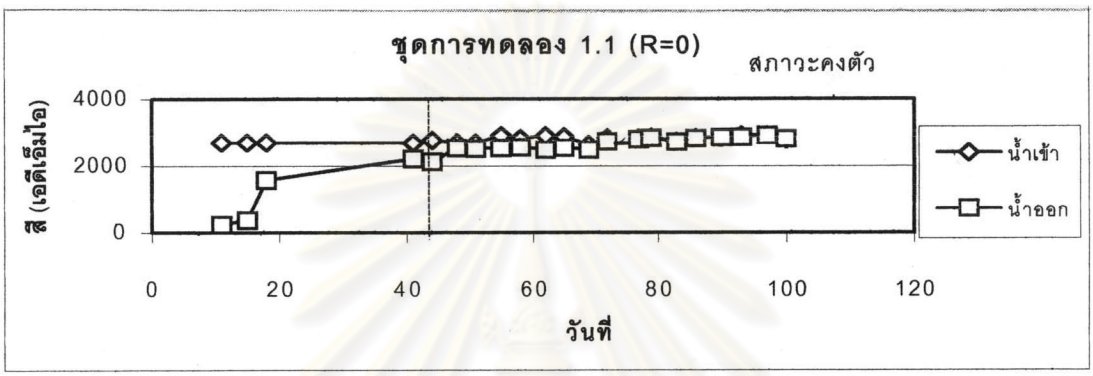
เมื่อเติมสารอาหารร่วมทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงขึ้นดังจะเห็นได้จากชุดการทดลองที่ 1.1 1.2 และ 1.3 ซึ่งมีอัตราส่วนซีโอดีของสีย้อมต่อซีโอดีของสารอาหารร่วมเท่ากับ 1 :0 1:5 และ 1:10 ตามลำดับ มีค่าความเข้มสีน้ำเข้าในหน่วยเอสยูเท่ากับ 188 178 และ 177 ตามลำดับและหน่วยเอดีเอ็มไอเท่ากับ 2809 2686 และ 2657 ตามลำดับ มีความเข้มสีในหน่วยเอสยูในน้ำออกเท่ากับ 153 33 และ 30 ตามลำดับและในหน่วยเอดีเอ็มไอเท่ากับ 2630 568 และ 545 ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละของการกำจัดสีในหน่วยเอสยูเท่ากับ 18 82 และ 83 หรือเท่ากับ 6 79 และ80 เมื่อคิดเป็นร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.32 เนื่องจากในการกำจัดสีพันธะอะโซในสภาวะแอนแอโรบิกต้องมีการเติมสารอาหารร่วมเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเลคตรอนกับสี แล้วสีจะสลายพันธะอะโซทำให้ความเข้มสีลดลง แต่การเติมปริมาณสารอาหารร่วมในสัดส่วนที่มากขึ้น ไม่ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงขึ้นมากนัก ดังจะเห็นได้จากชุดการทดลองที่ 1.2 และ 1.3 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสีต่อน้ำตาลในรูปของซีโอดีจาก 1: 5 ไปเป็น 1: 10 และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงร้อยละ 2 เท่านั้น จากผลการทดลองอาจสรุปได้ว่าเมื่อสารอาหารร่วมมากขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้นแต่จะสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งเท่านั้น

ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบโครงสร้างสี (โครมาโทรแกรม) ด้วยเครื่องมือ (HPLC) ดังแสดงในภาคผนวก ฌ. จะพบว่าที่ชุดการทดลองที่ 1.1 โครงสร้างของสีในน้ำเข้าจะมีจุดสูงสุดอยู่ที่เวลา 1.83 ส่วนในน้ำออกมีจุดสูงสุดอยู่ที่เวลา 1.83 เหมือนกัน และมีลักษณะโครมาโทแกรมน้ำเข้า-น้ำออกคล้ายกันแสดงให้เห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างสีพันธะอะโซตามระยะทางในบึงประดิษฐ์ เมื่อเทียบกับผล HPLC ของชุดการทดลองที่ 1.2 และ1.3

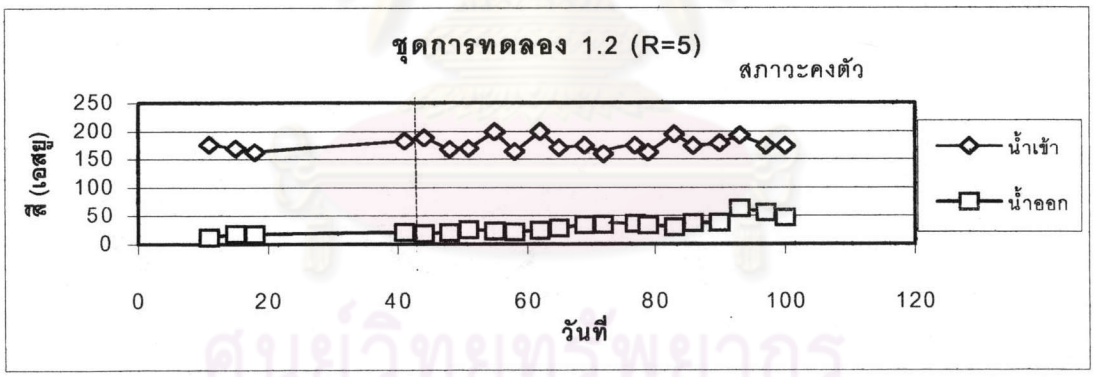
ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ ของทุกชุดการทดลองต่างๆ

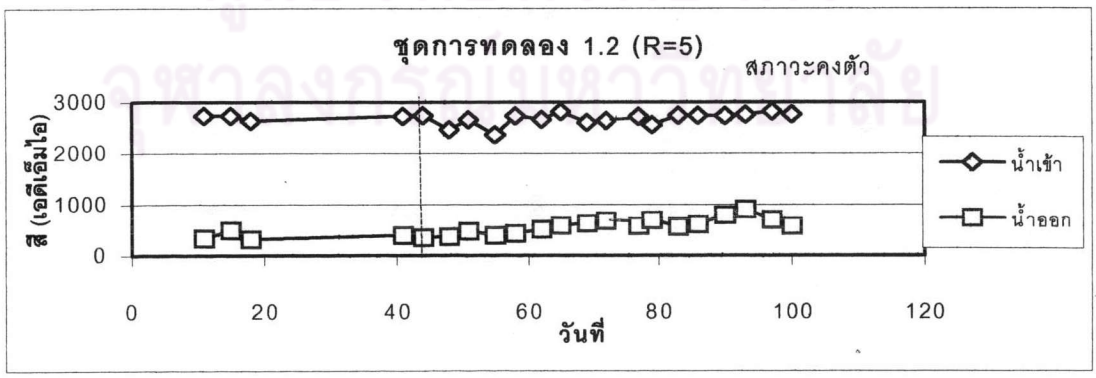
ชุดการทดลอง	Color													
	Inf		1.0ม.		2.0ม.		eff.		$\eta_{1.0ม.}(\%)$		$\eta_{2.0ม.}(\%)$		$\eta_{eff.}(\%)$	
	SU	ADMI	SU	ADMI	SU	ADMI	SU	ADMI	SU	ADMI	SU	ADMI	SU	ADMI
1.1	188	2809	188	2805	171	2757	153	2630	0.19	0.15	9.04	1.87	18.4	6.38
1.2	178	2686	25.6	501	28.8	517	32.8	568	85.6	81.4	83.8	80.7	81.5	78.9
1.3	177	2657	27.6	545	27.1	523	30.0	545	84.4	79.5	84.7	80.3	83.1	79.5
2.1	165	2630	75.0	1531	80.1	1676	61.0	1210	54.6	41.8	51.6	36.3	63.1	54.0
2.2	165	2630	105	2150	89.8	1847	55.2	1285	36.4	18.3	45.7	29.8	66.6	51.2
2.3	165	2630	54.7	1175	58.6	1210	47	948	66.9	55.3	64.6	54.0	71.6	63.9
ชุดควบคุม	171	2709	113	2268	115	2268	82	1888	33.9	16.3	32.7	16.3	52.0	30.3
น้ำเสียจริง	72	782	52	703	29	253	28	246	27.8	10.1	59.7	67.6	61.1	68.5



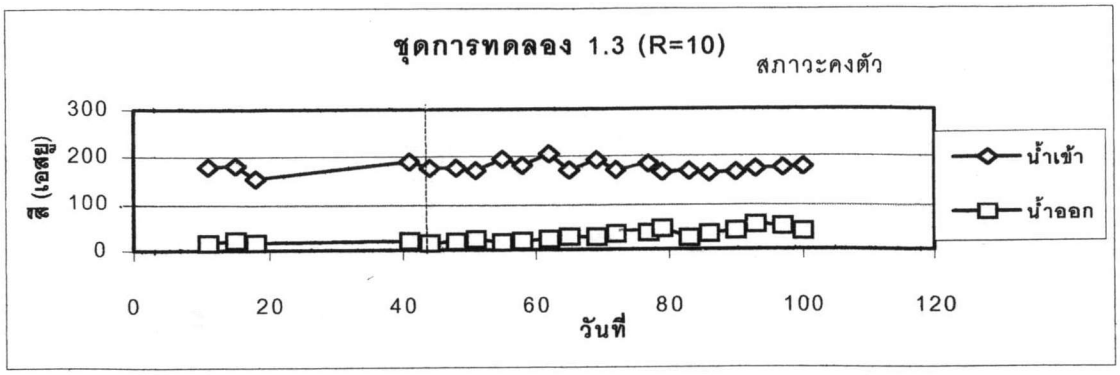


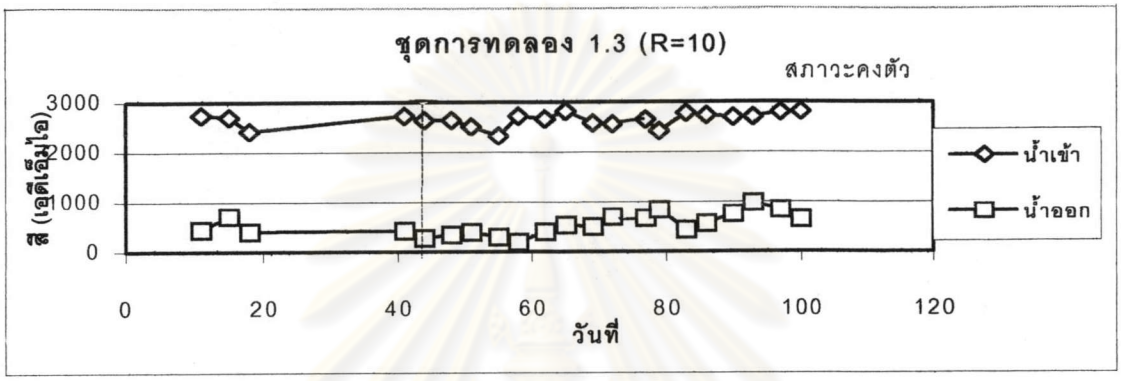
รูปที่ 4.20 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 1.1



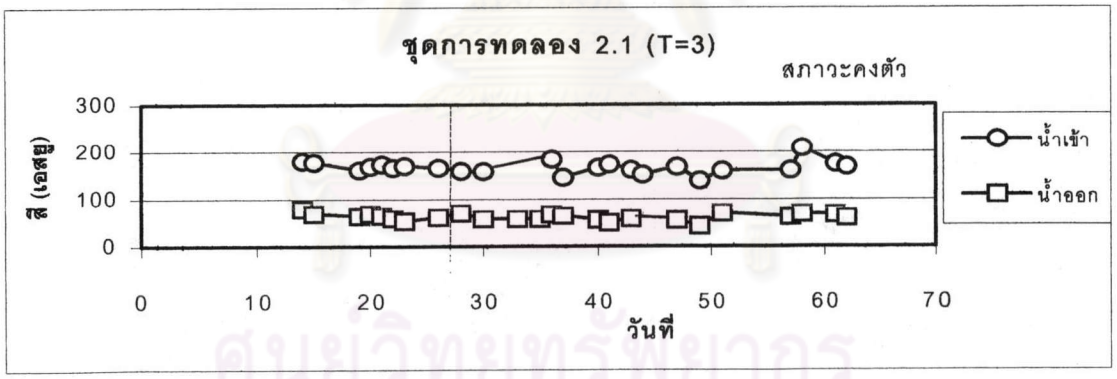


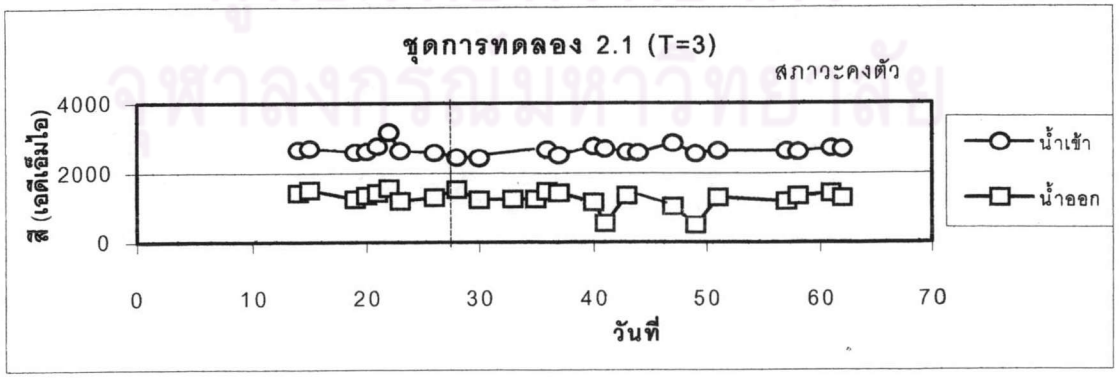
รูปที่ 4.21 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 1.2



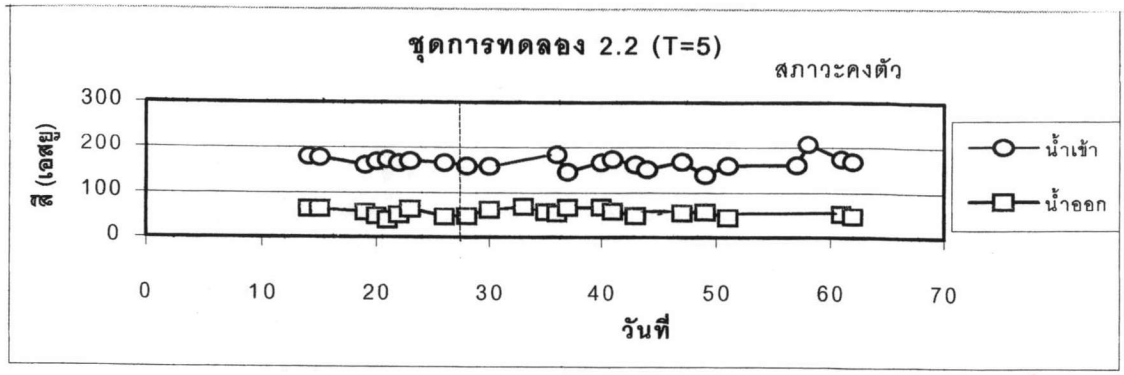


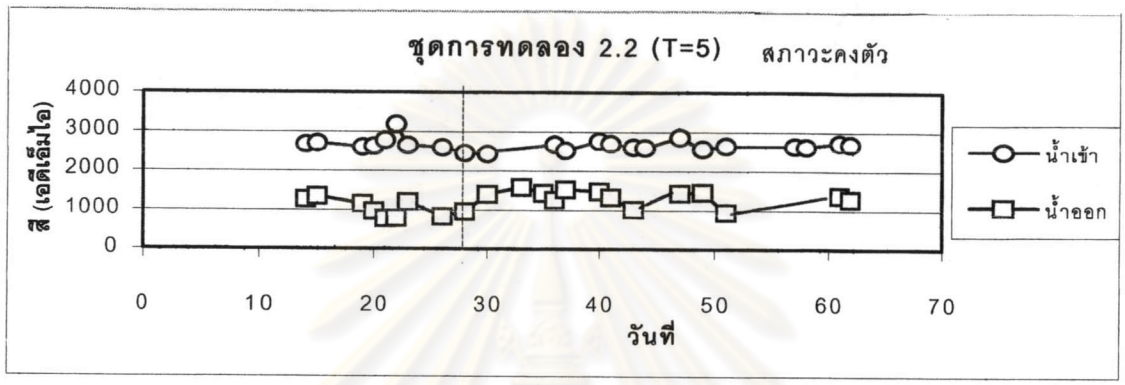
รูปที่ 4.22 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 1.3



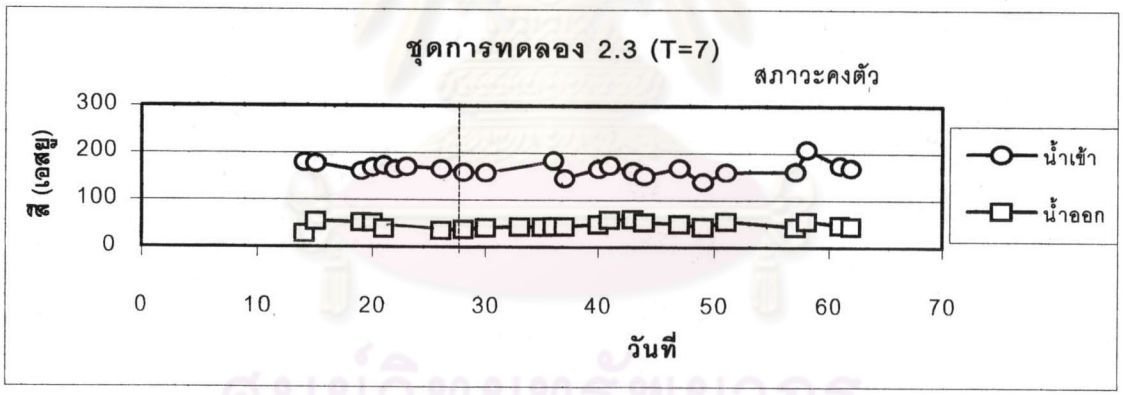


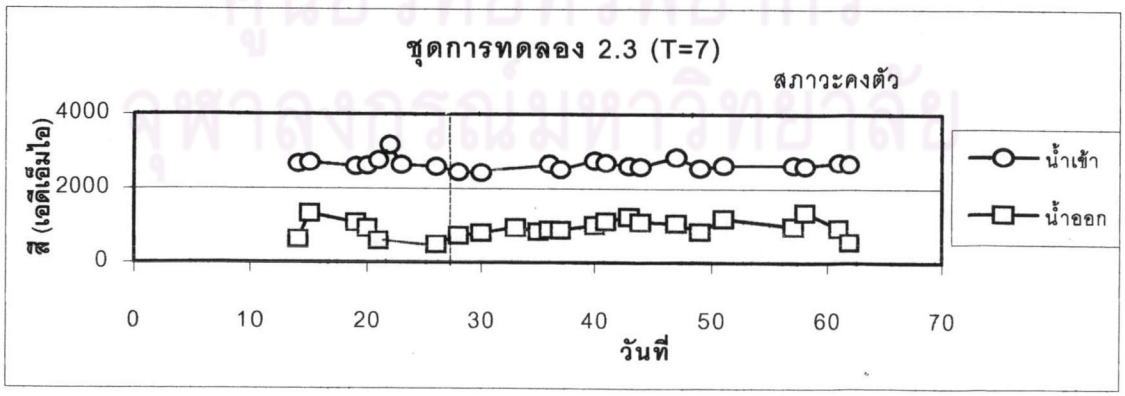
รูปที่ 4.23 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 2.1



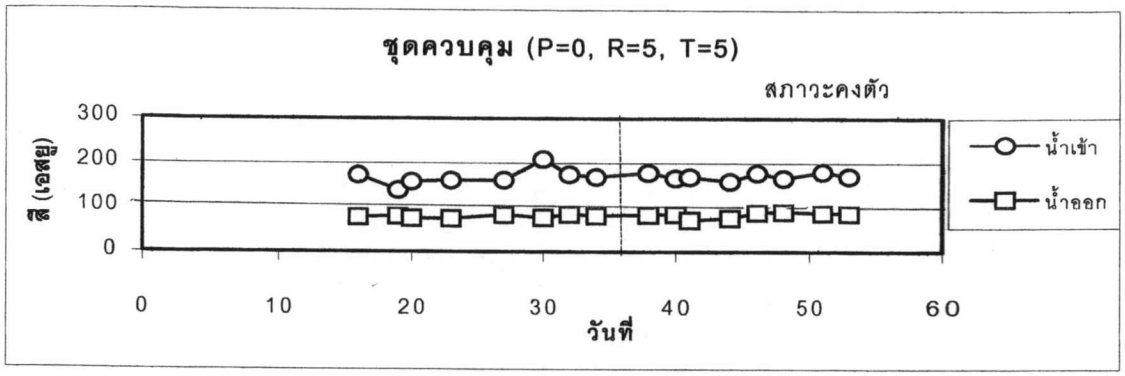


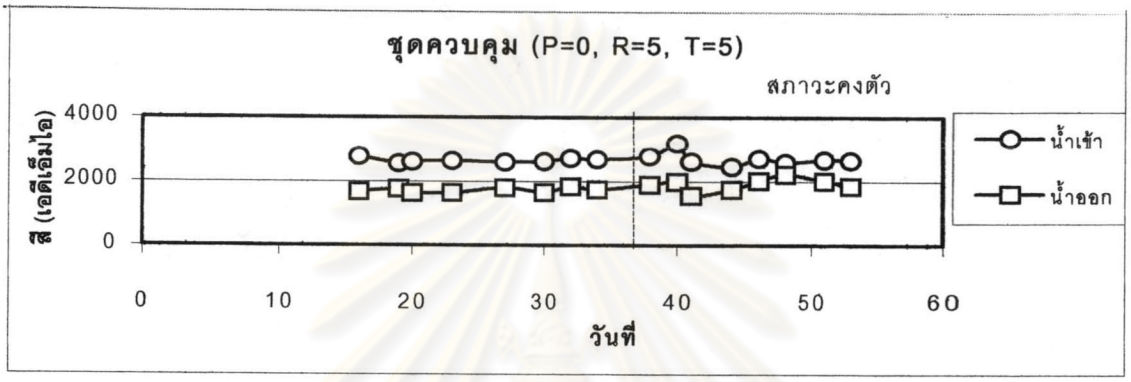
รูปที่ 4.24 ความเข้มสีในหน่วยเสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 2.2



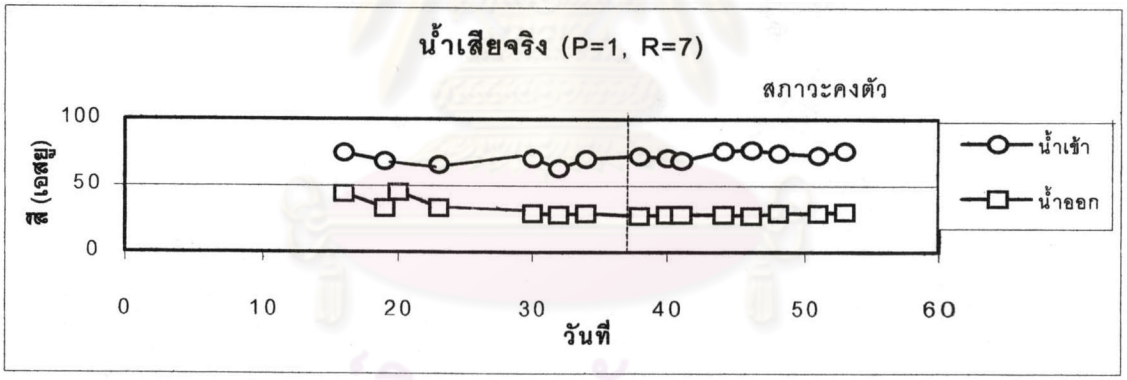


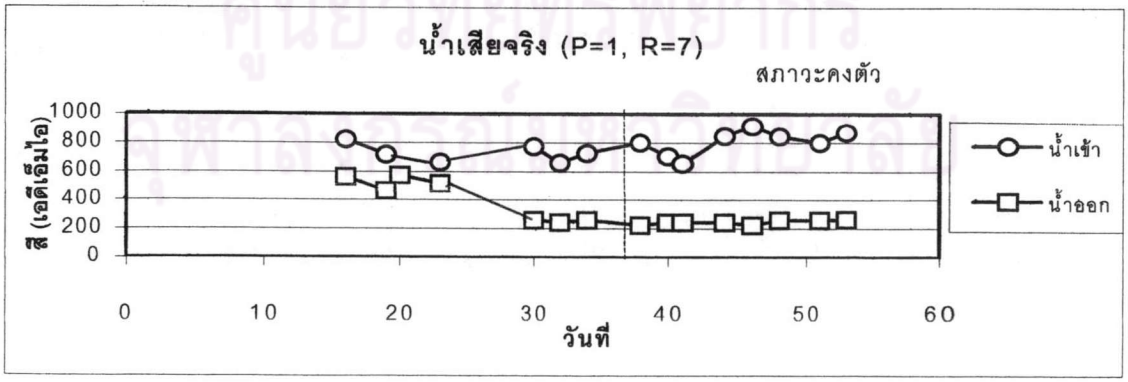
รูปที่ 4.25 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองที่ 2.3



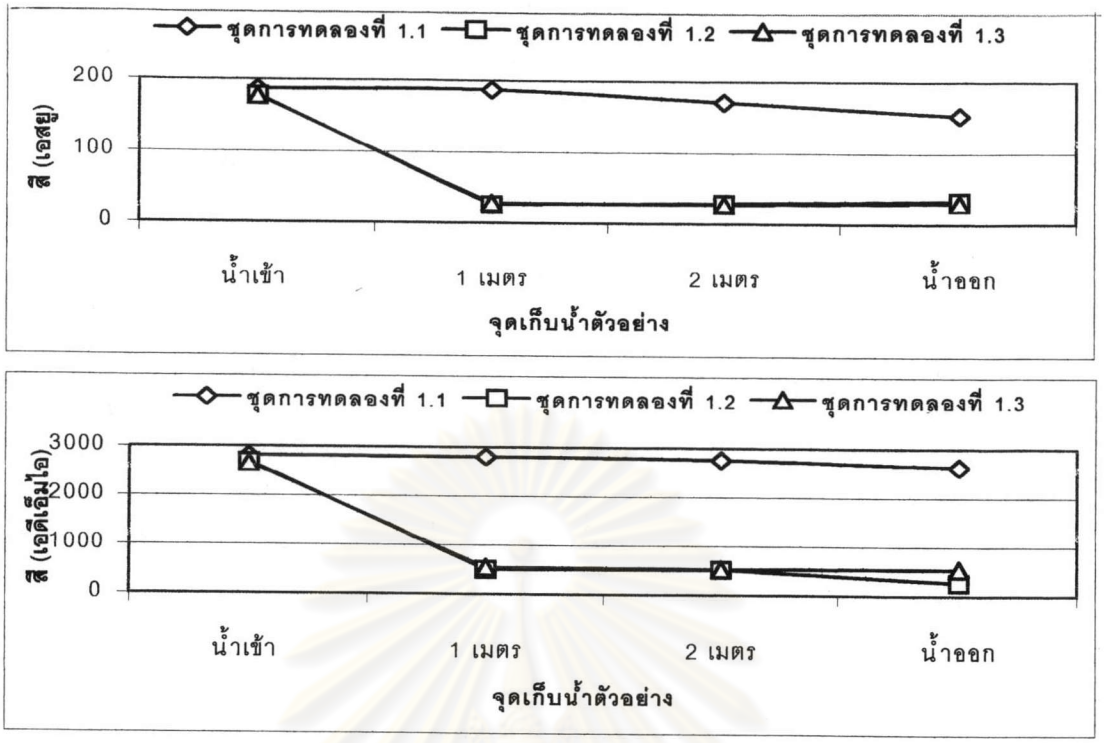


รูปที่ 4.26 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดควบคุม

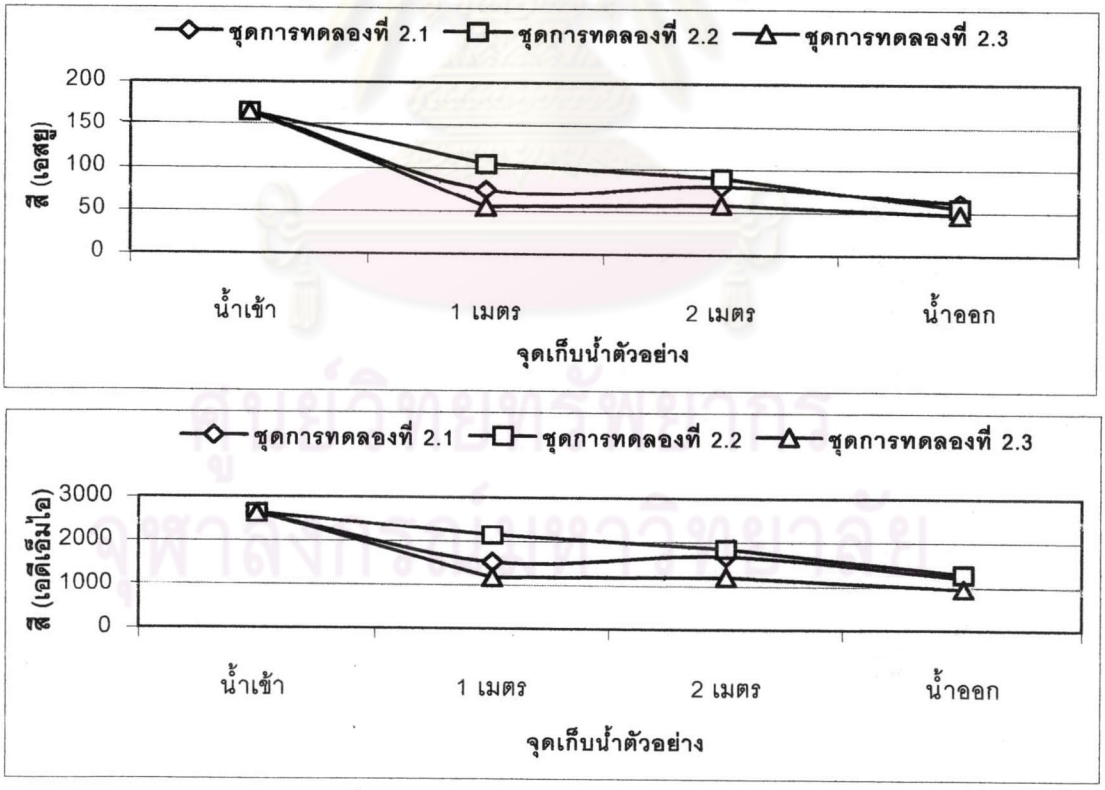




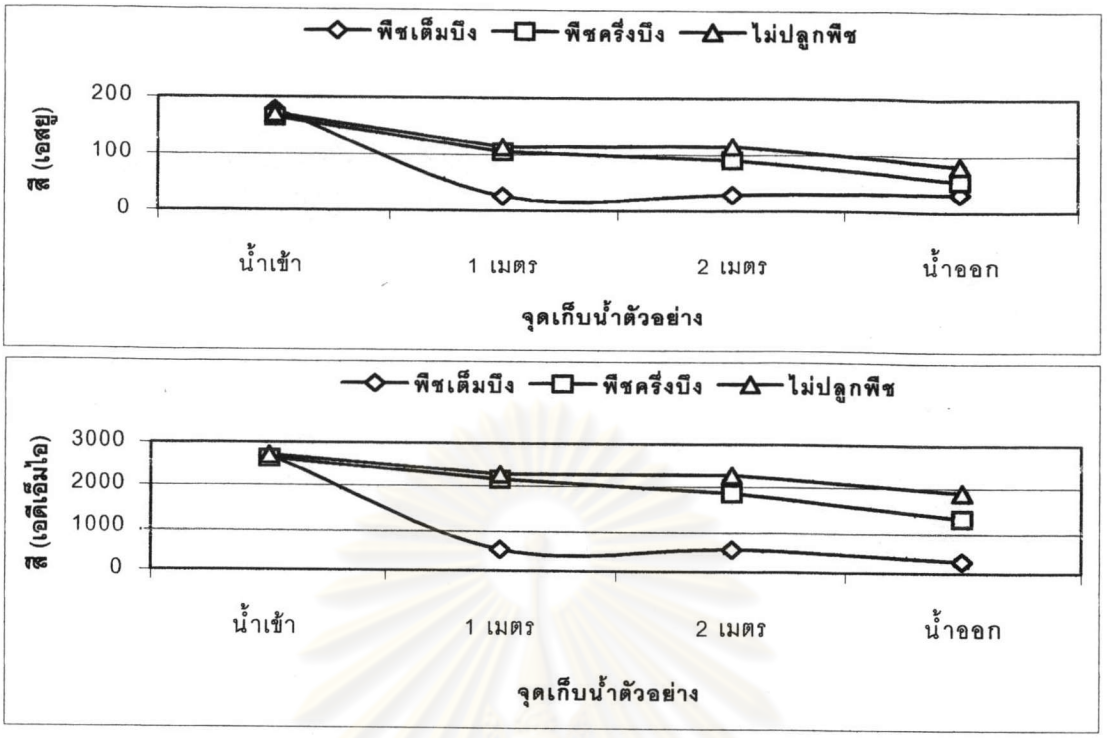
รูปที่ 4.27 ความเข้มสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอของชุดการทดลองน้ำเสียจริง



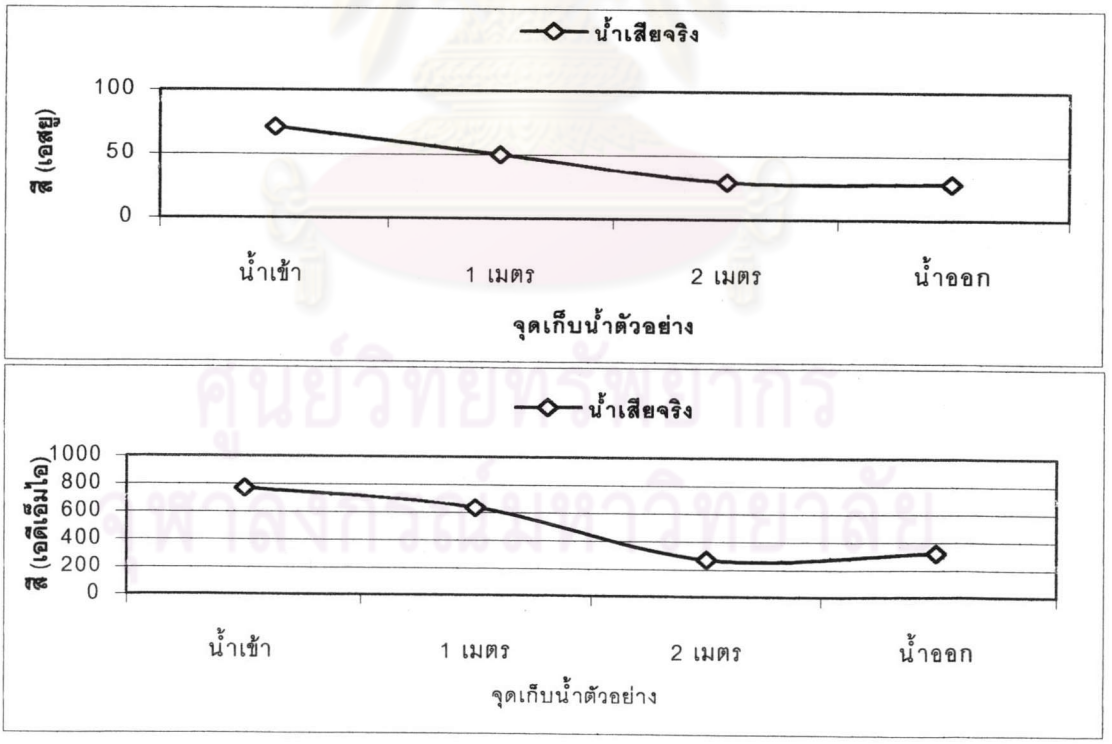
รูปที่ 4.28 โพรไฟล์สีของชุดการทดลองที่ 1.1, 1.2 และ 1.3



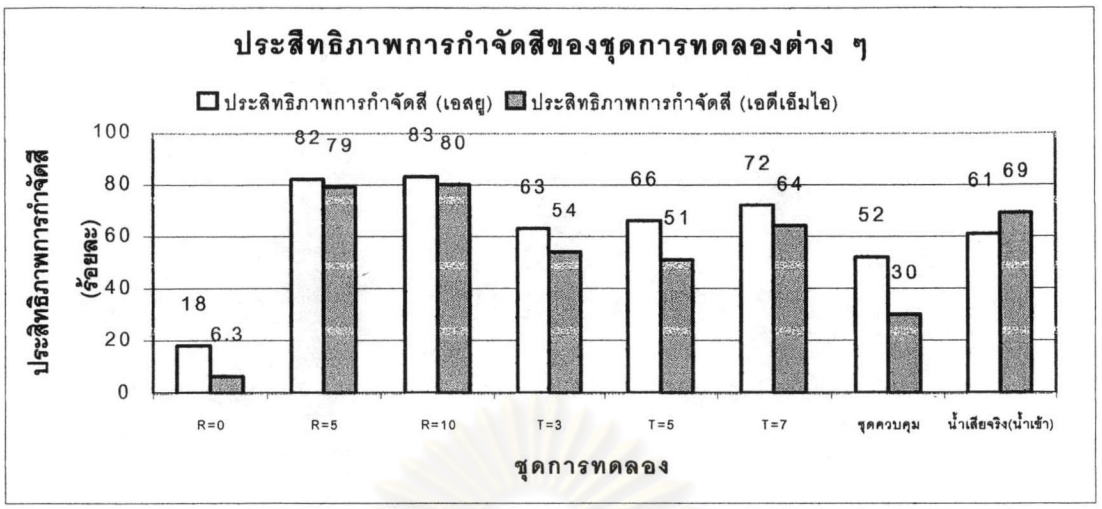
รูปที่ 4.29 โพรไฟล์สีของชุดการทดลองที่ 2.1, 2.2 และ 2.3



รูปที่ 4.30 โพรไฟล์สีของชุดการทดลองที่ 1.2, 2.2 และ2.4



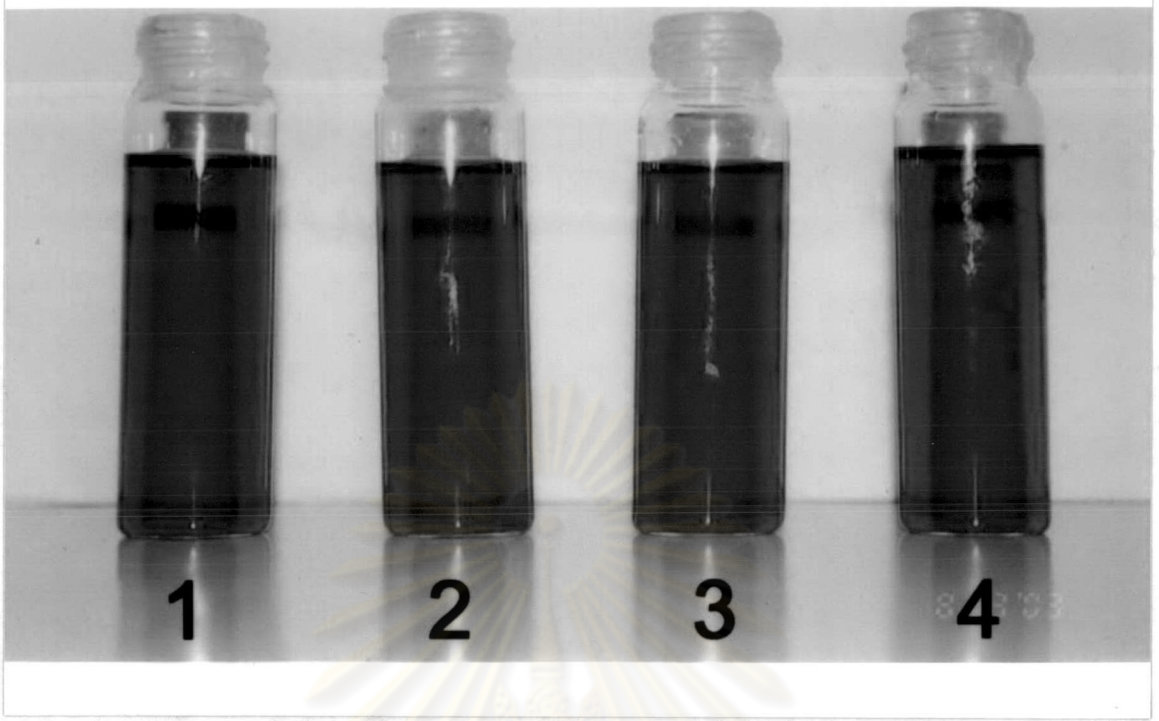
รูปที่ 4.31 โพรไฟล์สีของชุดการทดลองน้ำเสียจริง



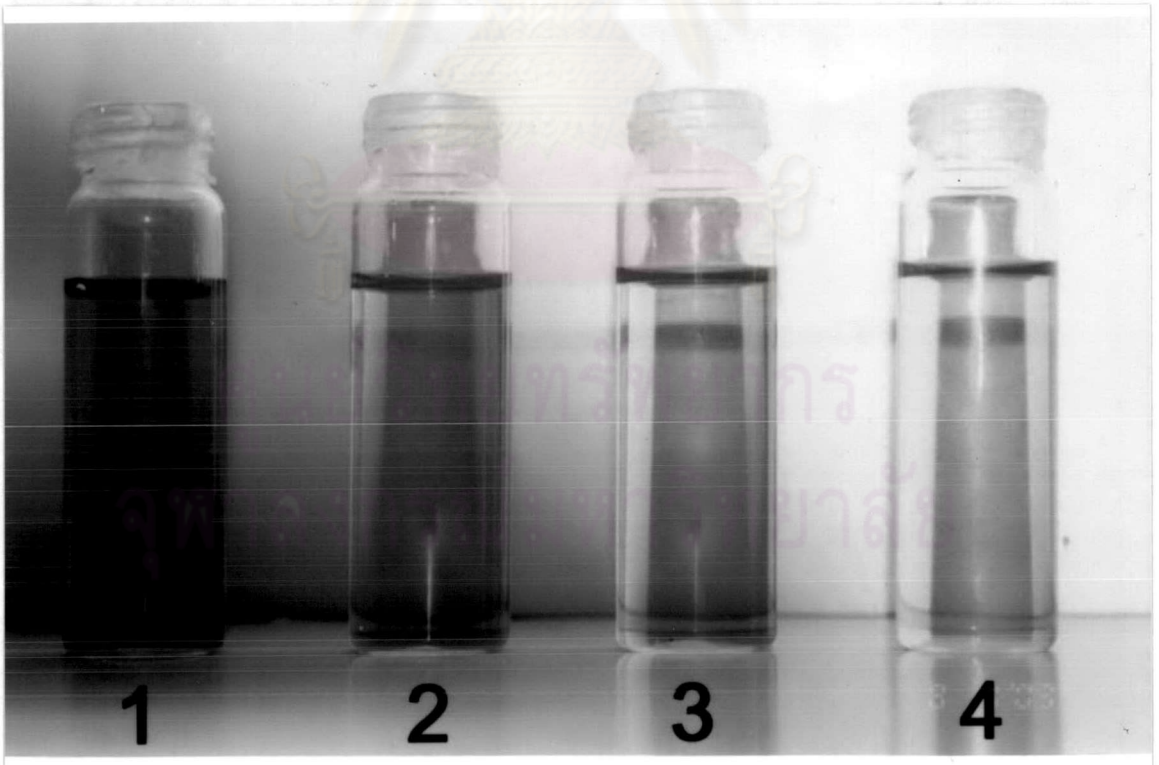
รูปที่ 4.32 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของชุดการทดลองต่าง ๆ

พบว่าในน้ำเข้าจะมีจุดสูงสุดอยู่ที่เวลา 1.85 และ 1.87 ตามลำดับ (เนื่องจากเป็นสีชนิดเดียวกันจุดสูงสุดของทั้ง 3 การทดลองจึงใกล้เคียงกัน) ส่วนในน้ำออกของชุดการทดลองที่ 1.2 และ 1.3 จุดสูงสุดจะอยู่ที่เวลาเท่ากับ 2.9 และ 1.74 ตามลำดับ และมีลักษณะของโครมาโทแกรมของทั้ง 2 ชุดการทดลองเปรียบเทียบระหว่างน้ำเข้าและน้ำออกต่างกันดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเติมสารอาหารร่วมจะทำให้สามารถลดความเข้มและผลของการกำจัดสีทำให้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างสีได้อีกด้วย

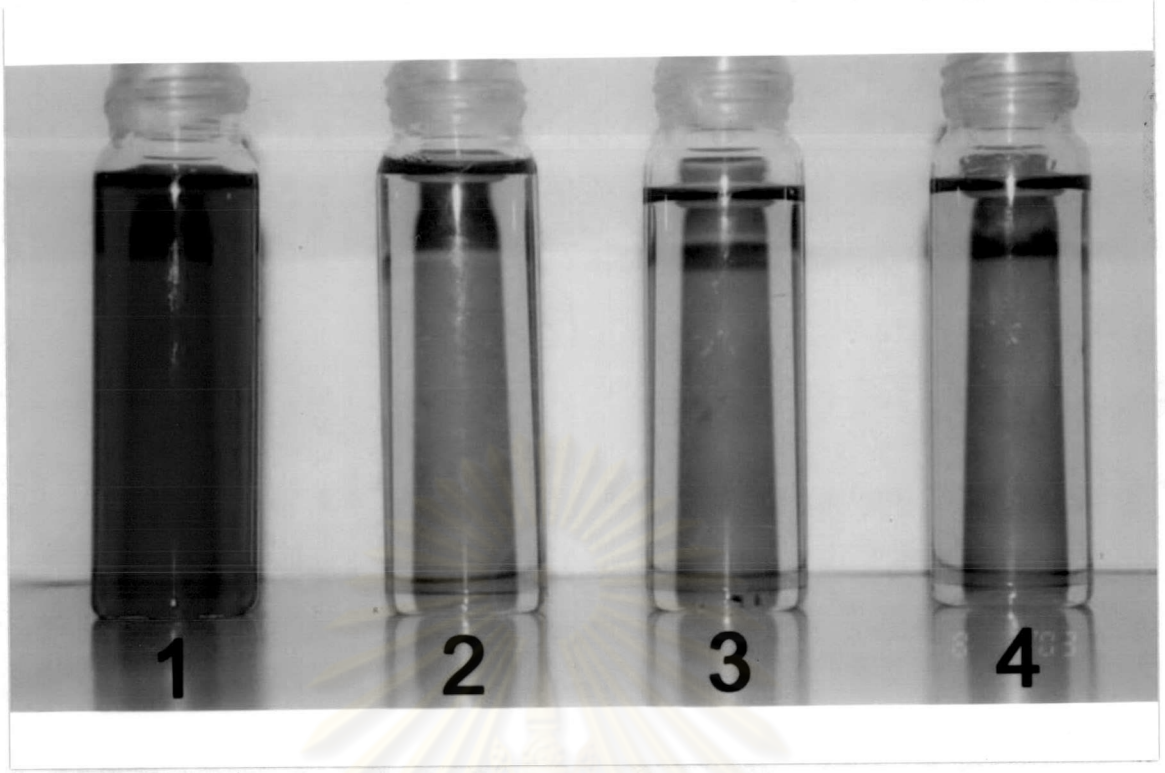
นอกจากนี้ยังสามารถยืนยันได้ด้วยผลของการวัดสีด้วยเครื่อง UV-3101pc ดังแสดงในภาคผนวก ญ. แสดงค่าแอบซอร์บแบนซ์ที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ จะพบว่าชุดการทดลองที่ 1.1 น้ำเข้าและน้ำออกมีค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λmax) เท่ากับ 544 นาโนเมตร และน้ำออกมีค่าแอบซอร์บแบนซ์ต่ำลงจากน้ำเข้า เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าน้ำออกมีโทนสีคงเดิม ดังภาพที่ 4.1 ส่วนชุดการทดลองที่ 1.2 และ 1.3 น้ำเข้ามีโทนสีแดงและมีค่าความยาวคลื่นสูงสุดของน้ำเข้าเท่ากับ 544 นาโนเมตรส่วนน้ำออกไม่แสดงจุดสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบชุดการทดลองที่ 1.2 และ 1.3 น้ำออกมีโทนสีเปลี่ยนแปลงจากโทนสีแดงกลายเป็นโทนสีส้ม ดังภาพที่ 4.2 – 4.3 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลของการกำจัดสีย้อมชนิดอะโซทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสีได้ด้วย



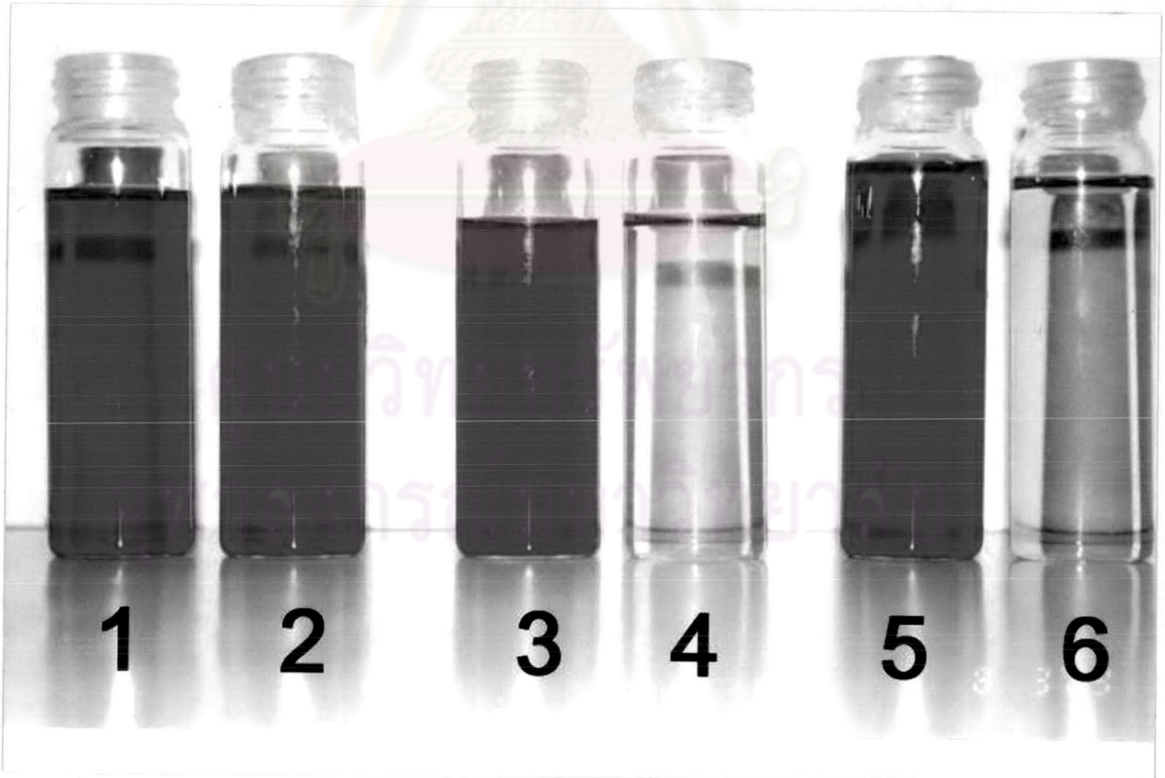
ภาพที่ 4.1 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 1.1(สีต่อน้ำตาล= 1:0)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.2 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 1.2 (สีต่อน้ำตาล= 1:5)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.3 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 1.3 (สีต่อน้ำตาล= 1:10)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก

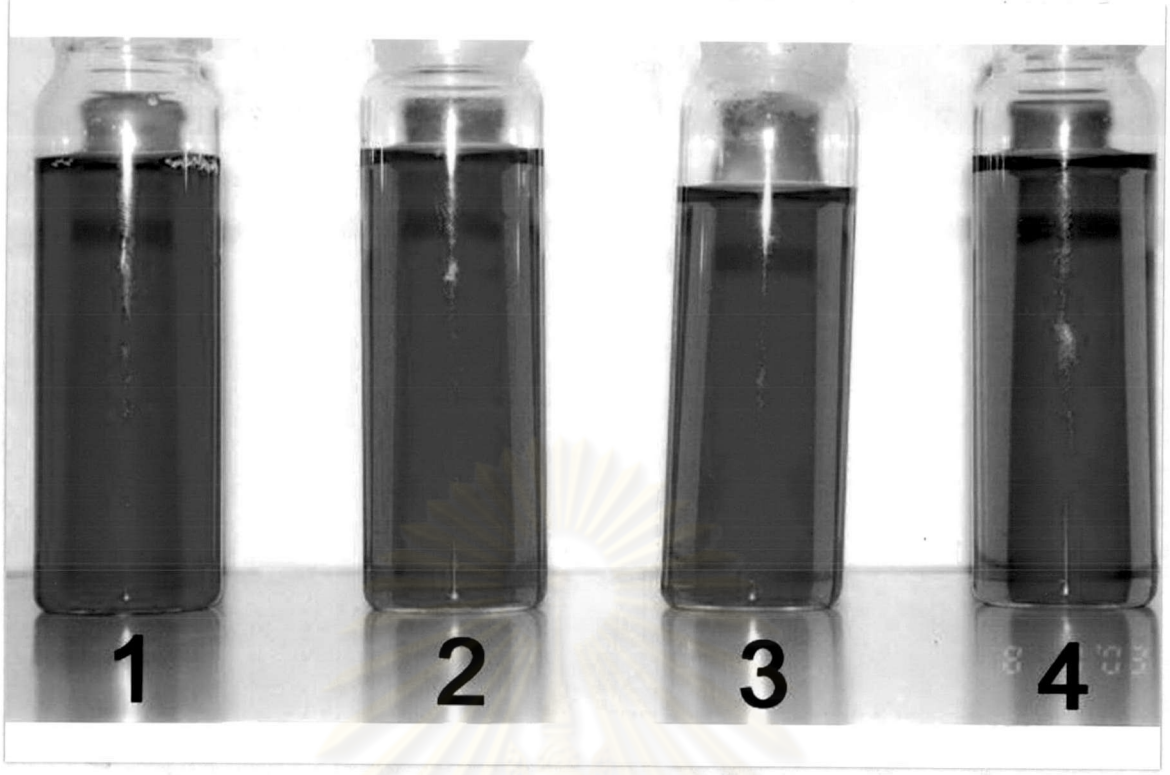


ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบโทนสีน้ำเข้า-น้ำออกของชุดการทดลองที่ 1.1, 1.2 และ1.3 เรียงตามลำดับ
น้ำเข้า-น้ำออก 1-6 : 1-2 สีต่อน้ำตาล 1:0, 3-4 สีต่อน้ำตาล 1:5, 5-6 สีต่อน้ำตาล 1:10

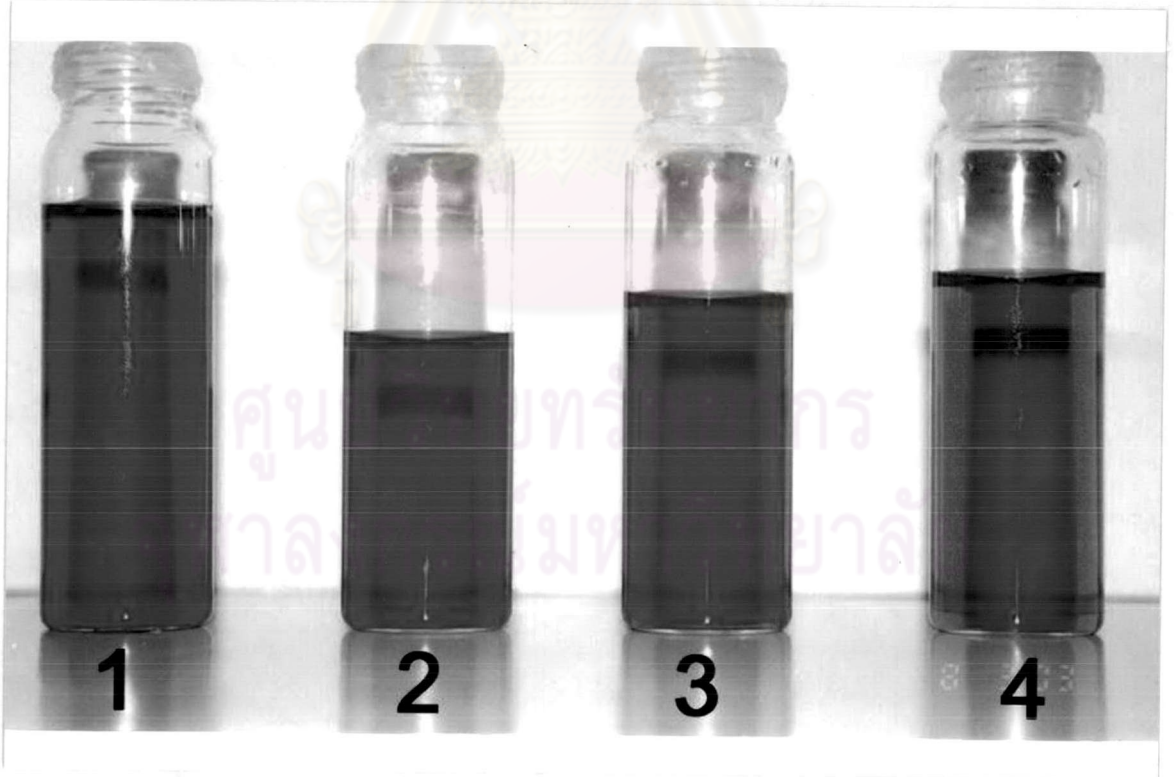
4.1.11.2 ผลของระยะเวลาเก็บกักในระบบกับประสิทธิภาพการกำจัดสี

จากรูปที่ 4.28-4.30 พบว่าสีส่วนใหญ่จะถูกกำจัดในระยะทาง 1 เมตรแรกของบึงในชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ (มีน้ำตาลเป็นสารอาหารร่วม) ส่วนการทดลองที่ใช้น้ำเสียจริงการกำจัดสีค่อนข้างคงที่เนื่องจากสารอาหารร่วมในน้ำเสียจริงส่วนใหญ่คือแป้งมันซึ่งเกิดจากกระบวนการลอกแป้งและชุบมันในขบวนการฟอกย้อม โดยที่แป้งมันเป็นสารอาหารร่วมที่ย่อยสลายได้ยากกว่าน้ำตาลที่เติมให้ในน้ำเสียสังเคราะห์จึงทำให้ชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์เกิดการกำจัดสีได้รวดเร็วกว่า และพบว่าชุดการทดลองที่มีระยะเวลาเก็บกักนานขึ้น มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอสูงขึ้น กล่าวคือเมื่อเวลาเก็บกักในระบบเพิ่มขึ้นจาก 3 วัน (ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3.5 ซม.ต่อวัน) ไปเป็น 5 วัน (ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 2.1 ซม.ต่อวัน) ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 3 ในหน่วยเอสยู แต่เมื่อเพิ่มเวลากักเป็น 7 วัน (ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 1.5 ซม.ต่อวัน) ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นจากเดิมอีกเพียงร้อยละ 9 จากผลการทดลองอาจกล่าวสรุปได้ว่าเมื่อเวลากักในระบบมากขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้นแต่จะสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากกระบวนการในการลดสีพันธะอะโซในบึงประดิษฐ์เกิดจากจุลินทรีย์เป็นหลัก โดยจุลินทรีย์ต้องอาศัยสภาวะแบบแอนแอโรบิก ดังนั้นเมื่อระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นสภาพน้ำเสียในบึงมีสภาวะเป็นแอนแอโรบิกมากขึ้นเหมาะต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในบึงประดิษฐ์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้น และการที่มีระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นส่งผลให้จุลินทรีย์ในระบบสัมผัสกับน้ำเสียได้นานขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีดีขึ้น

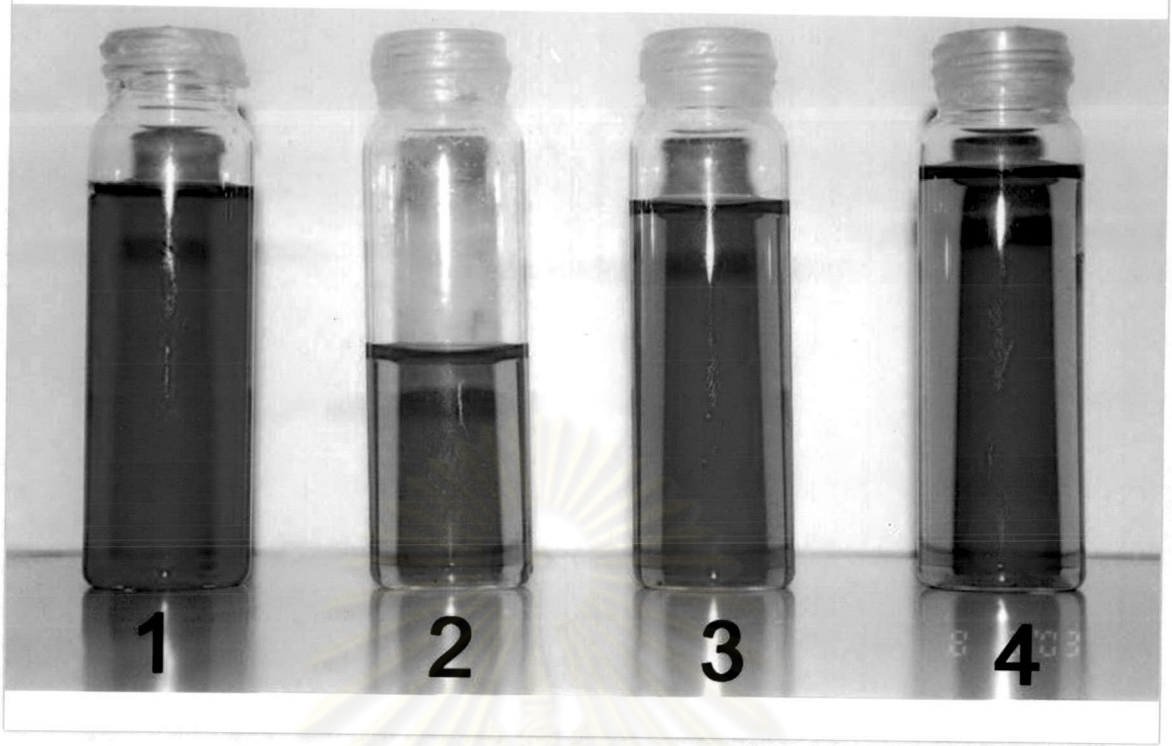
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



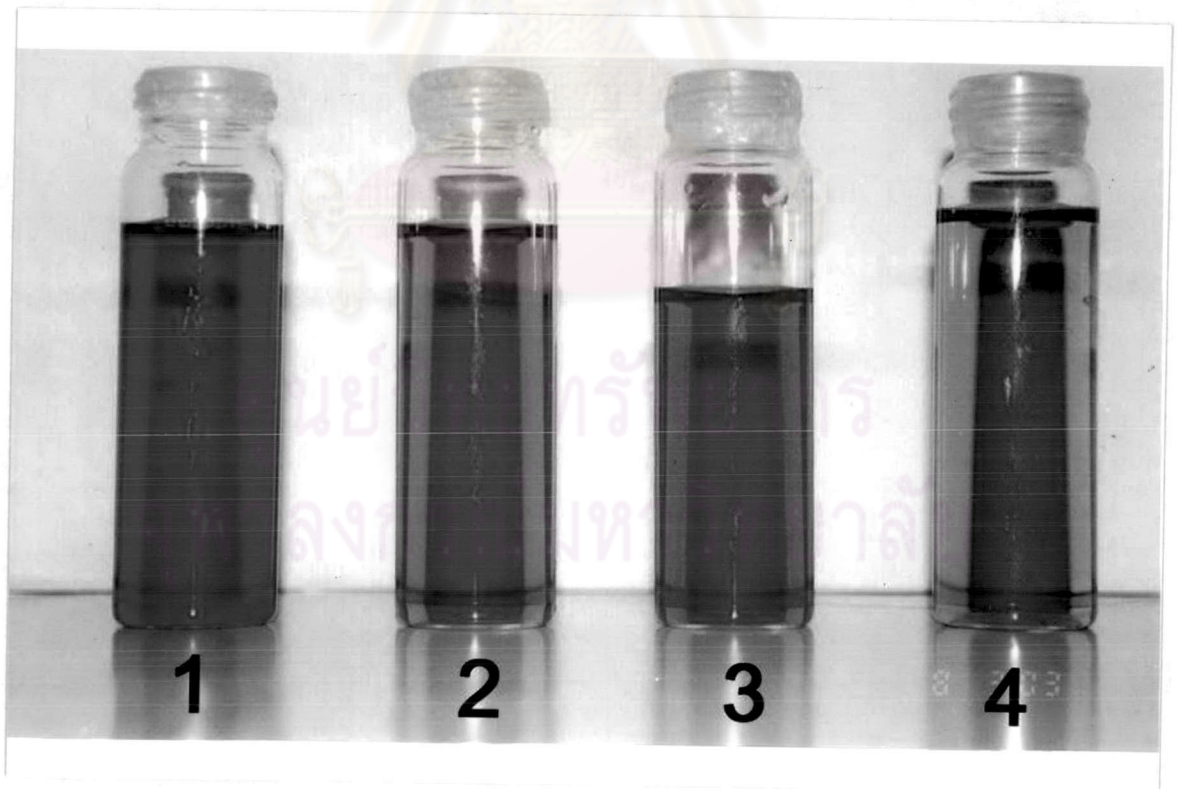
ภาพที่ 4.5 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 2.1 (3 วัน)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.6 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 2.2 (5 วัน)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.7 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 2.3 (7วัน)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบโทนสีน้ำเข้า-น้ำออก ของชุดการทดลองที่ 2.1, 2.2 และ2.3
เรียงตามลำดับน้ำเข้า-น้ำออก 1-4 :1.น้ำเข้า 2.เก็บกัก 3 วัน 3.เก็บกัก 5 วัน 4. เก็บกัก 7 วัน

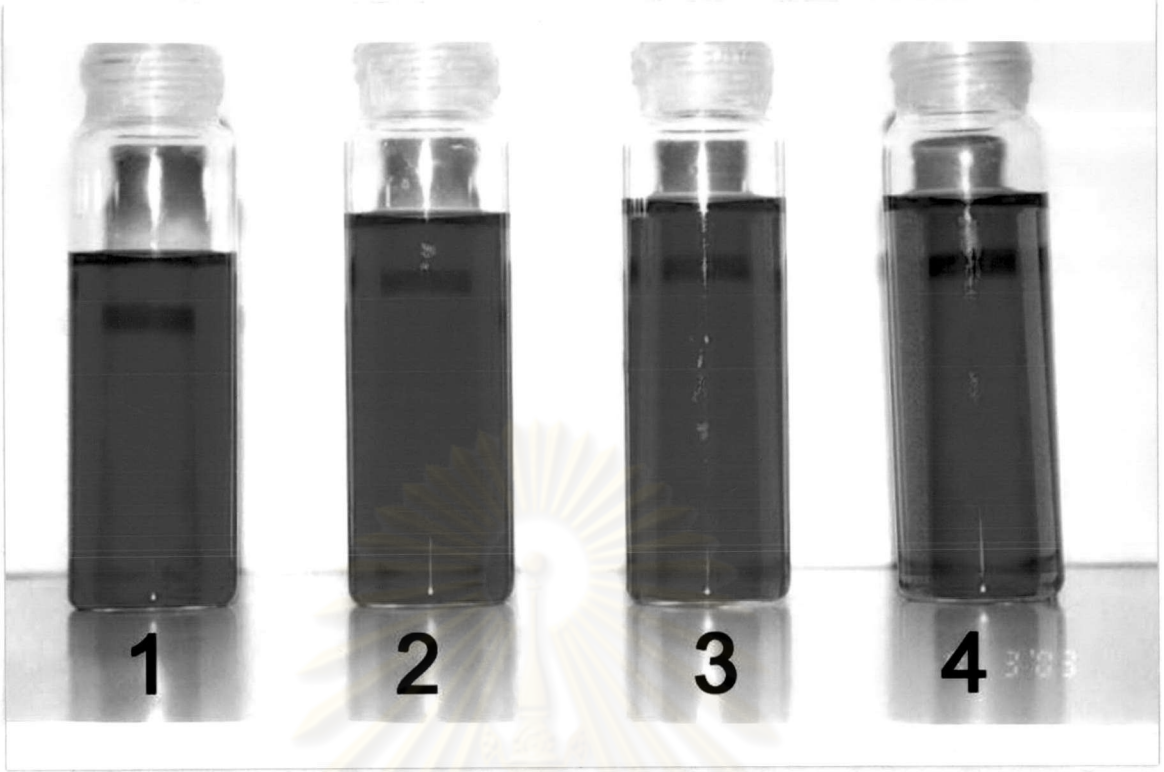
4.1.11.3 ผลของพืชในระบบต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

เมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่ 1.2 (ปลูกพืชเต็มบึง) 2.2 (ปลูกพืชครึ่งท้ายบึง) และ ชุดควบคุมซึ่งไม่ทำการปลูกพืช พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีคิดเป็นร้อยละในหน่วยเอสยูเท่ากับ 82 66 และ 52 และในหน่วยเอดีเอ็มไอเท่ากับ 79 51 และ 30 ตามลำดับ

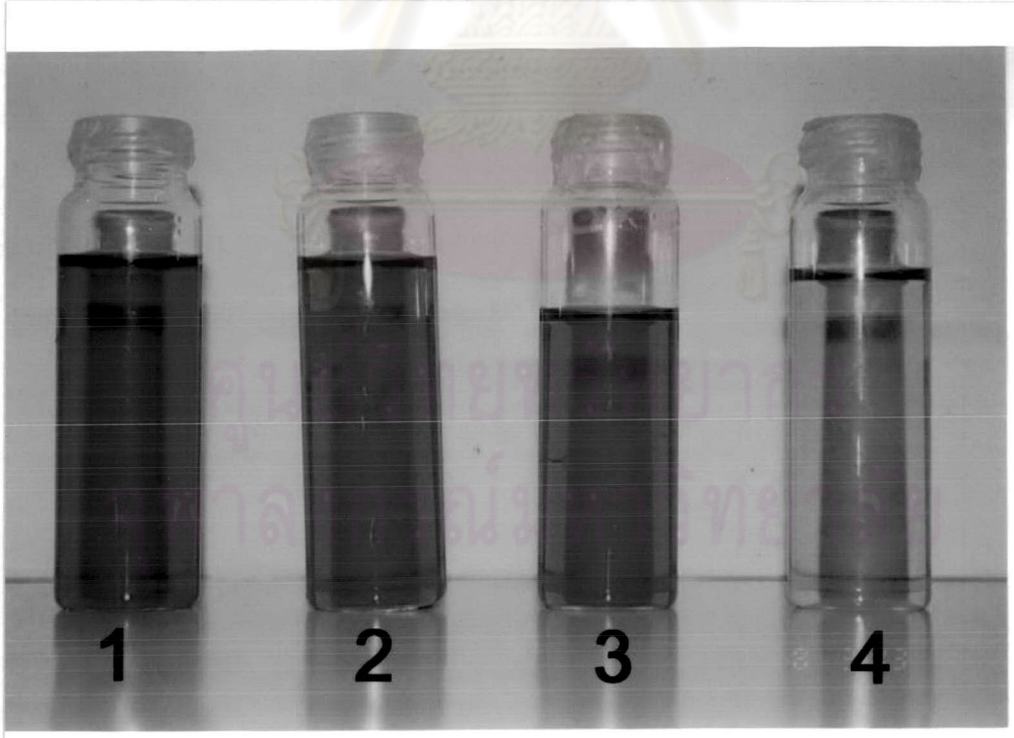
แสดงให้เห็นว่าพืชมีผลต่อการลดสีของระบบบึงประดิษฐ์ เนื่องจากรากพืชมีส่วนช่วยในการกรองของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยได้ ทำให้ปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมในระบบสูงมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้น

นอกจากนี้คาดว่าการที่พืชส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีในบึงประดิษฐ์อย่างเห็นได้ชัดนั้น เนื่องจากที่ปลายรากพืชมีออกซิเจนซึมผ่านทำให้บริเวณนี้จึงเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นเมื่อมีพืชมากขึ้นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนจะสูงขึ้นด้วยและมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

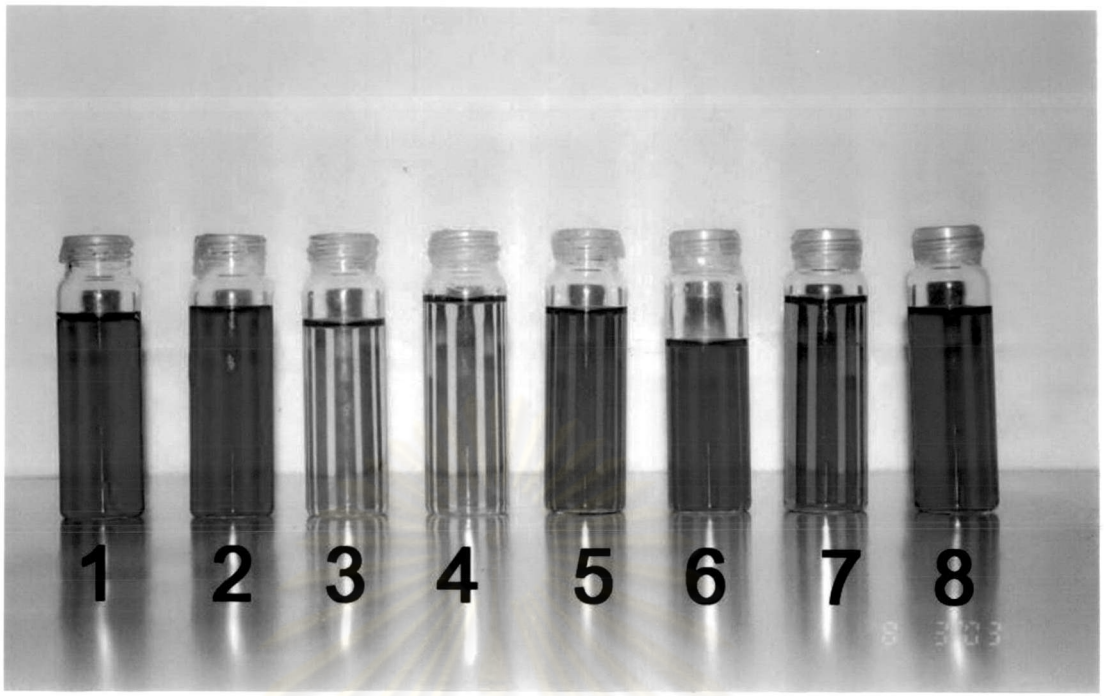
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



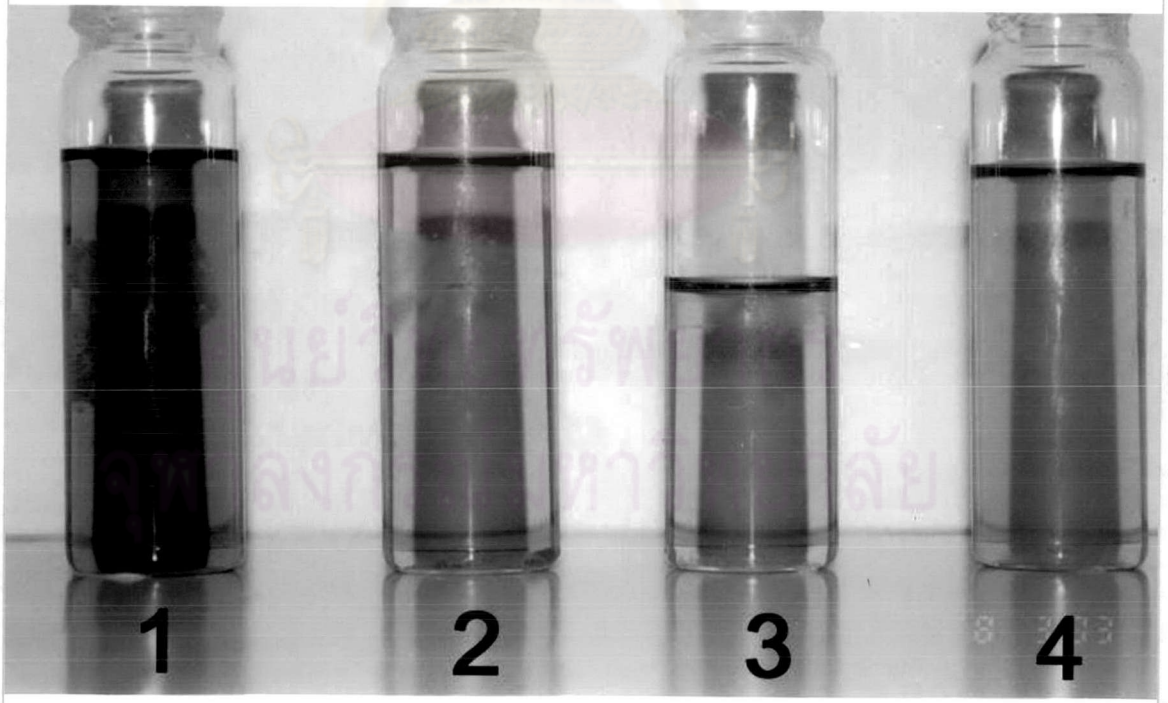
ภาพที่ 4.9 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 2.4 (ไม่ปลูกพืช)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบโทนสีน้ำเข้า-น้ำออก ของชุดการทดลองที่ 1.1, 2.2 และ2.4
เรียงตามลำดับน้ำเข้า-น้ำออก 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ไม่ปลูกพืช 3.ปลูกครึ่งบึง 4.ปลูกเต็มบึง



ภาพที่ 4.11 โทนสีตามระยะทางของทุกชุดการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์
เรียงตามลำดับ 1-9 : 1.น้ำเข้า, 2.R=0, 3.R = 5, 4.R=10, 5.T=3, 6.T=5, 7.T=7, 8. ไม่ปลูกพืช



ภาพที่ 4.12 โทนสีตามระยะทางของชุดการทดลองที่ 3.1 (น้ำเสียจริง)
เรียงตามลำดับ 1-4 : 1.น้ำเข้า 2.ระยะทาง 1 เมตร 3.ระยะทาง 2 เมตร 4. น้ำออก

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบึงประดิษฐ์

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนได้ดังนี้

4.2.1 อัตราส่วนสีต่อสารอาหารต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์

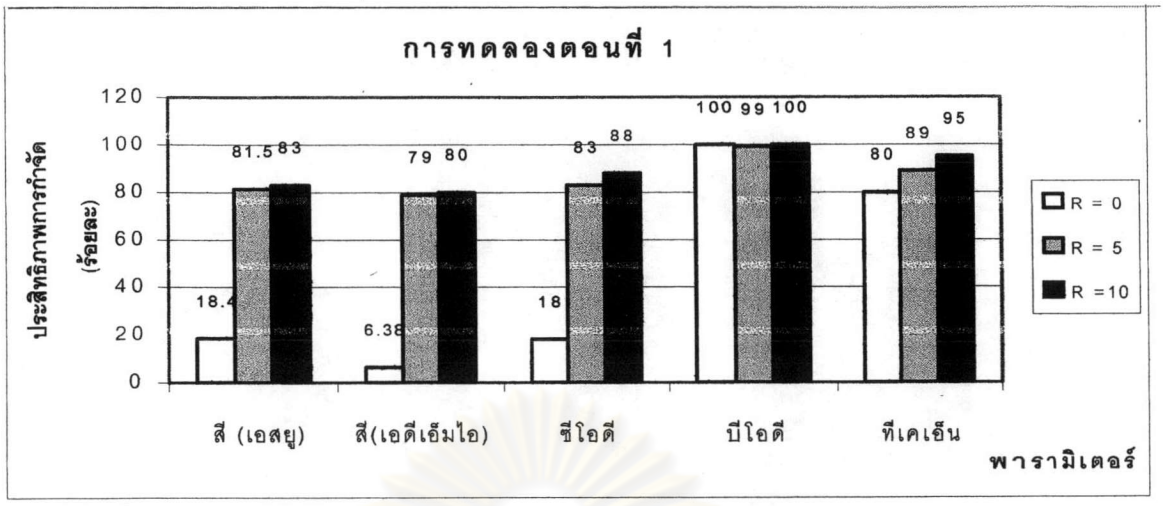
จากรูปที่ 4.33 พบว่าประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดสารต่าง ๆ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อทำการเติมสารอาหารร่วมให้กับระบบเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นเป็นลำดับ โดยจะเห็นได้อย่างเด่นชัดในพารามิเตอร์สี

1) สี จะพบว่าอัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมมีความสำคัญอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ดังจะเห็นได้จากความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ 1.1 ไม่เติมสารอาหาร 1:0 มีประสิทธิภาพในการกำจัดเท่ากับร้อยละ 18.4 แต่เมื่อทำการเติมสารอาหารในอัตราส่วน 1: 5 (มีค่าบีโอดีเพิ่มจากเดิม 203 มก./ล.) พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงถึงร้อยละ 82 เพิ่มจากเดิมถึงร้อยละ 64 แต่เมื่อเพิ่มสารอาหารร่วมในอัตราส่วน 1: 10 (มีค่าบีโอดีเพิ่มจากเดิม 173 มก./ล.) มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพิ่มจากเดิมเพียงร้อยละ 1 จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยอัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมที่เหมาะสมคือ 1: 5 ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมสูงถึงร้อยละ 82

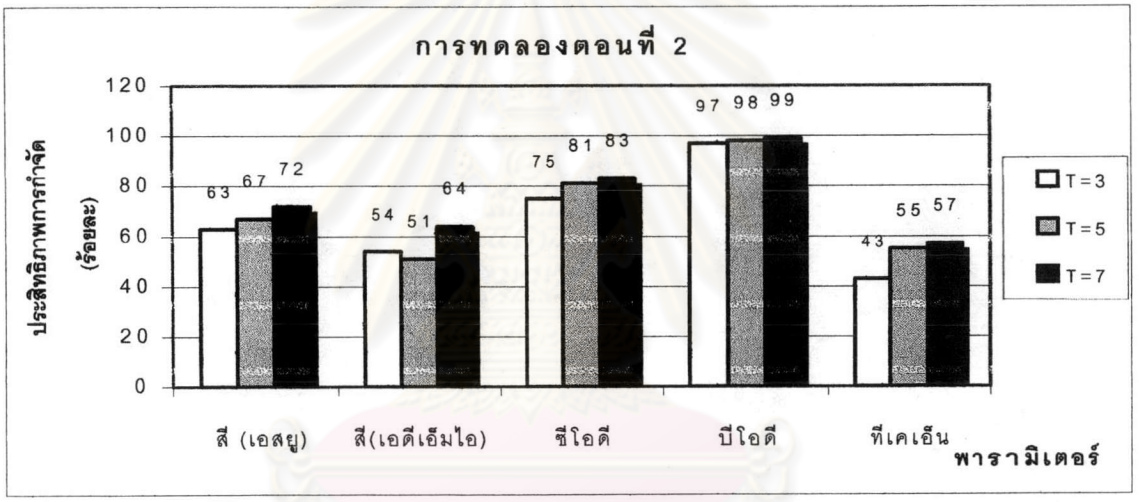
2) ซีโอดี บีโอดี และทีเคเอ็น จะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือเมื่อเพิ่มสารอาหารร่วมส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีขึ้น ตามลำดับเนื่องมาจากปริมาณสารอาหารร่วมมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์รวมในระบบมากขึ้นดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดสารต่าง ๆจึงมากตามไปด้วย

4.2.2 ระยะเวลาเก็บกักต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์

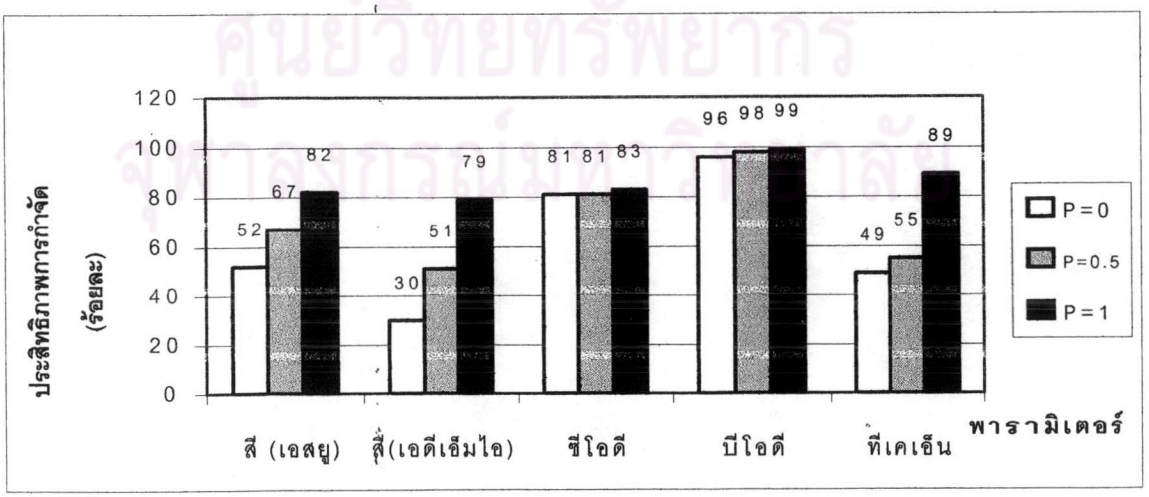
จากรูปที่ 4.34 จะพบว่าประสิทธิภาพของระบบมีแนวโน้มคล้ายคลึงกันคือมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อมีระยะเวลาเก็บกักมากขึ้น แต่การเพิ่มของประสิทธิภาพเมื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บกักไม่สูงเท่าใดนัก ไม่ชัดเจนเหมือนกับอัตราส่วนสีย้อมต่อสารอาหารร่วมกับพารามิเตอร์สี สรุปได้ว่าการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักในระบบทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดของระบบสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น



รูปที่ 4.33 อัตราส่วนสีต่อสารอาหารต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์



รูปที่ 4.34 ระยะเวลาเก็บกักต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์



รูปที่ 4.35 ผลของพืชต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์

4.2.3 ผลของพืชต่อสมรรถนะของระบบบึงประดิษฐ์

พิจารณาจากรูปที่ 4.35 พบว่าผลของพืชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดในบึงประดิษฐ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีแนวโน้มไปในทางทิศเดียวกันคือเมื่อทำการปลูกพืชในบึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ สูงขึ้น เนื่องจากพืชช่วยดึงออกซิเจนจากอากาศผ่านมาทางปากใบแล้วมาที่รากพืชมีสภาวะที่มีออกซิเจนซึ่งจะเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนดังนั้นเมื่อจำนวนพืชมากขึ้นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนจะสูงขึ้นด้วยและมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดด้วย นอกจากนี้พืชในระบบมีส่วนช่วยในการกรองจุลินทรีย์ไม่ให้หลุดออกนอกระบบ ทำให้ปริมาณมวลจุลินทรีย์รวมในระบบสูงขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดของระบบสูงขึ้น (สอดคล้องกับหัวข้อ 4.1.5) เห็นได้อย่างเด่นชัดในพารามิเตอร์สี และ ทีเคเอ็นสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) สี พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพืชในระบบทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้นโดย เมื่อไม่ทำการปลูกพืชในระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 52 แต่เมื่อปลูกพืชครึ่งบึง (จำนวน 15 ต้น) มีประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 67 เพิ่มจากเดิมถึงร้อยละ 15 และเมื่อทำการปลูกพืชเพิ่มขึ้นอีกจาก 15 ต้นเป็น 30 ต้น ทำให้ประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มจากเดิมอีกร้อยละ 15 อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มจำนวนพืชขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงขึ้นได้

2) ทีเคเอ็น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญของพืช ดังนั้นเมื่อปลูกพืชในระบบพืชจะจับใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตจึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นสูงกว่าระบบที่ไม่ปลูกพืช

4.3 การศึกษากลไกหลักในการกำจัดสีในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน

หลังจากที่ทำการศึกษาการดูดซับสีในตัวกลางทรายด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ FTIR (ผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ช) และศึกษาการดูดซับสีในรากพืช (ผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ซ) พบว่าผงตะกอนที่ติดบนตัวกลางทรายมีหมู่ฟังก์ชันต่างจากผงสีย้อม และไม่พบการติดสีในรากพืชที่ทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่ากลไกหลักในการกำจัดสีส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียในระบบ

4.4 บึงประดิษฐ์ที่แนะนำสำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

สามารถสรุปค่าที่ใช้สำหรับบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 บึงประดิษฐ์ที่แนะนำสำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

รายการ	หน่วย	ช่วง	ค่าที่แนะนำ
เวลากักเก็บน้ำ	วัน	4-15	5-7
ความลึกน้ำ	เมตร	0.1-0.76	0.25
อัตราภาระบีโอดี	กก./เฮกตาร์-วัน	น้อยกว่า 67	น้อยกว่า 45
อัตรารับน้ำ	เมตร / วัน	0.014-0.047	0.021-0.035

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย