บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การลดปริมาณสาหร่าย

ในการศึกษาครั้งนี้ การวัดปริมาณสาหร่ายจะวัดในรูปของคลอโรฟิลล์ เอ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากในสาหร่ายทุกชนิดจะมีคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ 1-2 % ของน้ำหนักแห้ง (APHA, 1985) และจากรายงานของ Youngman (1971) แสดงให้เห็นว่าการวัดสาหร่ายในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ใช้เป็นตัวแทนหาปริมาณสาหร่ายดีกว่าการนับจำนวนสาหร่ายซึ่งมีข้อผิดพลาดมาก

4.1.1 ปริมาณสาหร่ายและประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย

น้ำดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นน้ำดิบจากบ่อ Polishing pond ของโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีปริมาณสาหร่ายมากโดยวัดในรูปของคลอโรฟิลล์ เอ ได้ค่าเฉลี่ย 495 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร จากการทดลอง 20 สัปดาห์ โดยมีค่าต่ำสุด 258 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าสูงสุด 1,167 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากในแต่ละสัปดาห์ การเกิดฟิล์มของสิ่งมีชีวิตและสาหร่าย (Schmutzdecke) บนพลาสติกมีเดียเกิดขึ้นรวดเร็วมาก จึงต้องทำการถ่ายตะกอนที่ก้นถังทุกวันเพื่อป้องกันการอุดตันและป้องกันการเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน และถ่ายตะกอนก่อนเก็บตัวอย่างประมาณ 6 ชั่วโมง

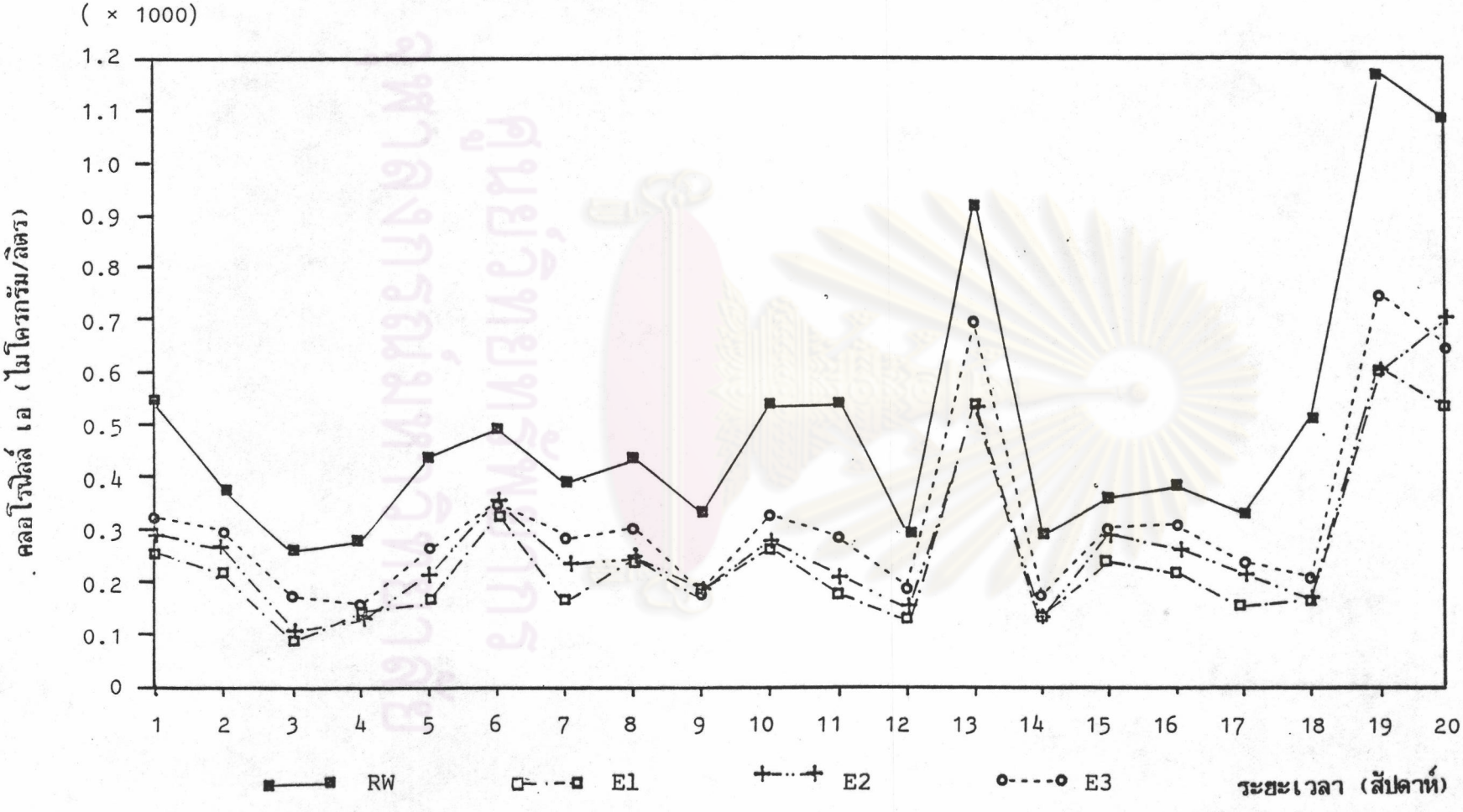
ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองที่ 1, 2, และ 3 มีค่าเฉลี่ย 250, 281 และ 324 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยมีค่าต่ำสุด 93, 114 และ 161 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร สูงสุด 610, 706 และ 748 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ภาคผนวก ก, ตารางที่ 1) จากการทดสอบความแตกต่างของปริมาณสาหร่าย

ในน้ำดิบและปริมาณสาหร่ายจากถังกรองทั้ง 3 ถัง โดยใช้ ANOVA (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 1)พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.001$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) (อภิญญา,2531) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ treatments ทั้งหมดในคราวเดียวกัน โดยการหา Least Significant Range (LSR) พบว่ามีความแตกต่างของปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบและปริมาณสาหร่ายในน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.1) แสดงว่าถังกรองทั้ง3 ถัง สามารถกำจัดสาหร่ายได้ดี ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองแปรตามปริมาณสาหร่ายของน้ำดิบ (รูปที่ 4.1) คือเมื่อน้ำดิบมีสาหร่ายมาก ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองก็มากตามด้วย ในด้านประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองที่ 1,2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 49.9 %, 43.3 % และ 34 % ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่าง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 2) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย DMRT พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองที่ 1 กับถังกรองที่ 3 และถังกรองที่ 2 กับถังกรองที่ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.2) แสดงว่าประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองทั้ง 3 ถังแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลากักเก็บน้ำ โดยที่เวลากักเก็บน้ำมากให้ผลในการกำจัดสาหร่ายมากกว่าเวลากักเก็บน้ำน้อย สรุปได้ว่าถังกรองที่ 1 ซึ่งมีเวลากักเก็บน้ำมากที่สุดมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายสูงสุด รองลงมาคือถังกรองใบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

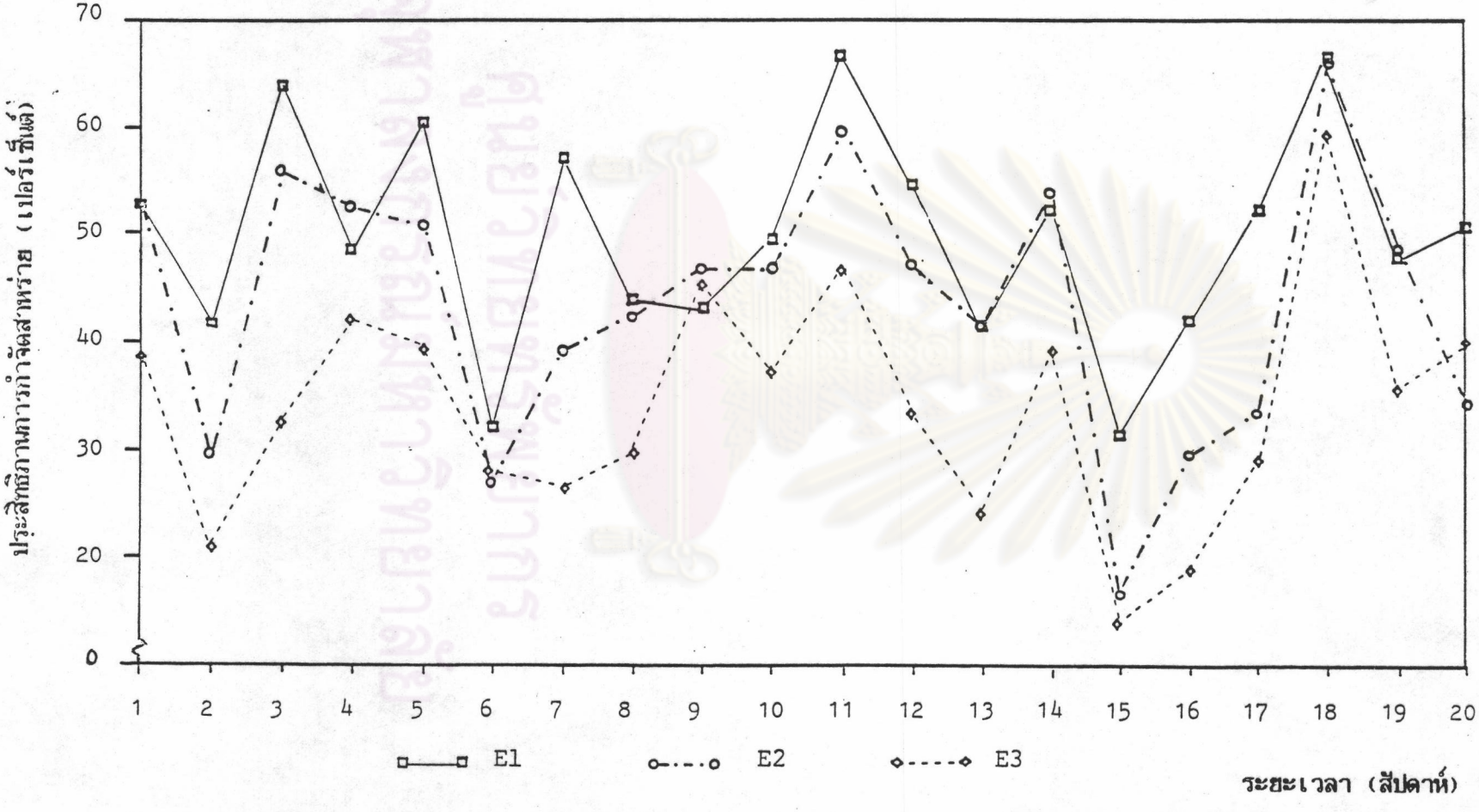
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ย(mg/m^3)	กลุ่มที่	RW	E3	E2	E1
495	RW				
324	E3	*			
281	E2	*			
250	E1	*			

* มีนัยสำคัญที่ 0.01



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณสาหร่ายในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง



รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองทั้ง 3 ถัง

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

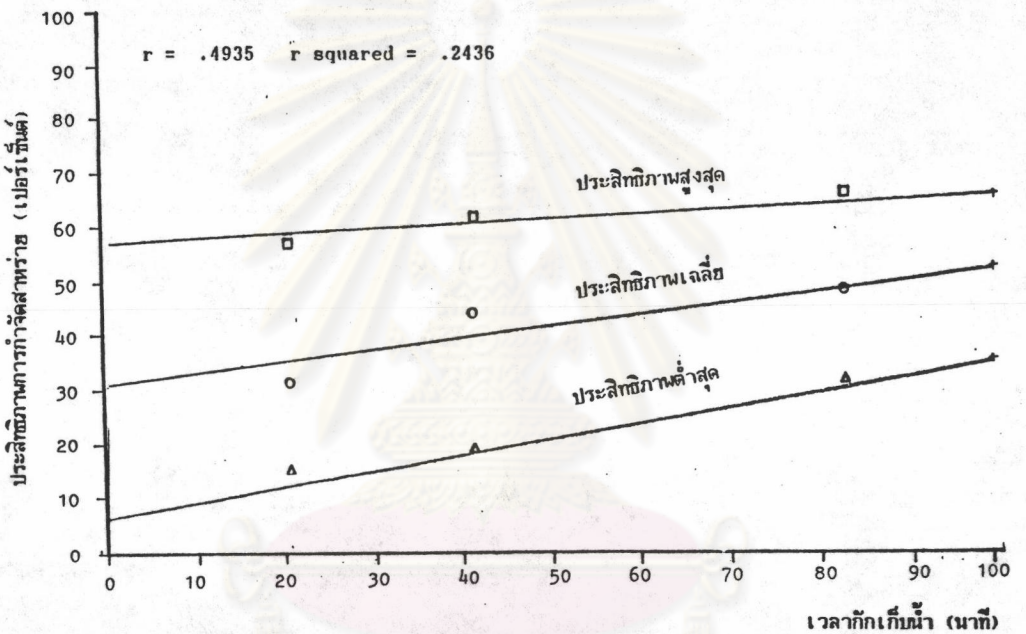
ค่าเฉลี่ย (%)	กลุ่มที่	E1	E2	E3
49.9	E1			
43.3	E2			
34.0	E3	*	*	

* มีนัยสำคัญที่ 0.01

4.1.2 **การหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายกับเวลากักเก็บน้ำ**

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายกับเวลากักเก็บน้ำ(รูปที่ 4.3) พบว่ามีลักษณะแปรตามกัน คือ เมื่อเวลากักเก็บน้ำมากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายก็สูงขึ้นตามด้วย จากการทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ค่าเท่ากับ 0.4935 แสดงว่ามีความสัมพันธ์แปรตามกันที่นัยสำคัญ 0.05 ($N=60$, $r_{.95}=0.214$) โดยมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

ประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดสาหร่าย ,% = 30.9191 + 0.2378 (เวลากักเก็บน้ำ, นาที)



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายกับเวลากักเก็บน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 การหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายกับความสูงของชั้นตัวกรองพลาสติกมีเดีย

จากการทดสอบความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 (ภาคผนวก ข) โดยหาความสัมพันธ์กับระดับความสูงของตัวกรองโดยใช้ Regression Analysis ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

ถังกรองที่ 1

ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, % = 10.409 + .45678 (ความสูงของชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .7614

ถังกรองที่ 2

ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, % = 1.1044 + .46249 (ความสูงของชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .6558

ถังกรองที่ 3

ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, % = -.03213 + .37443 (ความสูงของชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .7103

จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายแปรตามความสูงของชั้นตัวกรอง นั่นคือตัวกรองยิ่งสูงจะให้ผลในการกำจัดสาหร่ายดีขึ้น Young และ Yang (1989) แนะนำว่าในการปฏิบัติงานควรใช้ตัวกรองสูงอย่างน้อย 2 เมตร ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายจากผลการทดลองบางค่ามีค่าติดลบ เนื่องจากมีฟิล์มของสาหร่ายหลุดติดมาด้วยขณะเก็บตัวอย่าง จึงทำให้ค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงขึ้นกว่าน้ำดิบ ส่วนใหญ่จะเกิดที่ระดับความสูงของมีเดียน้อย คือที่ความสูง 15 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร เป็นส่วนใหญ่ และเกิดกับถังที่เวลากักเก็บน้ำน้อยมากกว่าถังที่เวลากักเก็บน้ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากเวลากักเก็บน้ำ

น้อยจะมีอัตราการไหลของน้ำมากทำให้มีแรงเฉือนของน้ำมากกว่า และมีการหลุดของสาหร่ายที่ผิวแผ่นฟิล์ม จะเห็นได้ว่าในถังกรองที่ 3 ซึ่งมีเวลากักเก็บน้ำน้อยที่สุด มีค่าประสิทธิภาพการลดปริมาณสาหร่ายติดลบมากที่สุด (ภาคผนวก ข) แม้ว่าชั้นตัวกรองจะสูงถึง 45 เซนติเมตร ก็มีสาหร่ายหลุดติดมาด้วยขณะเก็บตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 15 นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าแผ่นฟิล์มที่เกาะกับพลาสติกมีเดียที่อยู่ที่ก้นถังกรองจะมีขนาดหนากว่าแผ่นฟิล์มที่เกาะบนพลาสติกมีเดียบนถังกรองแสดงว่าสาหร่ายและจุลชีพจะเกาะที่พลาสติกมีเดียด้านล่างก่อน จากนั้นสาหร่ายและจุลชีพที่เหลือจะเกาะที่พลาสติกมีเดียที่อยู่ด้านบนของถังกรอง

4.1.4 **การหาความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบกับปริมาณสาหร่ายจากถังกรอง**

จากการทดสอบโดยการหาสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) พบว่าปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบกับปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองมีความสัมพันธ์กันมากในลักษณะแปรตามกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสาหร่ายในน้ำดิบกับสาหร่ายจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 เป็น .94841,.93481 และ .95509 ตามลำดับ เมื่อหาสมการโดยใช้ Regression Analysis ได้สมการดังนี้

ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองที่ 1 = -12.4257 + .5301 (ปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ)
ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองที่ 2 = - 1.2668 + .5704 (ปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ)
ปริมาณสาหร่ายที่ออกจากถังกรองที่ 3 = 10.6455 + .6333 (ปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ)

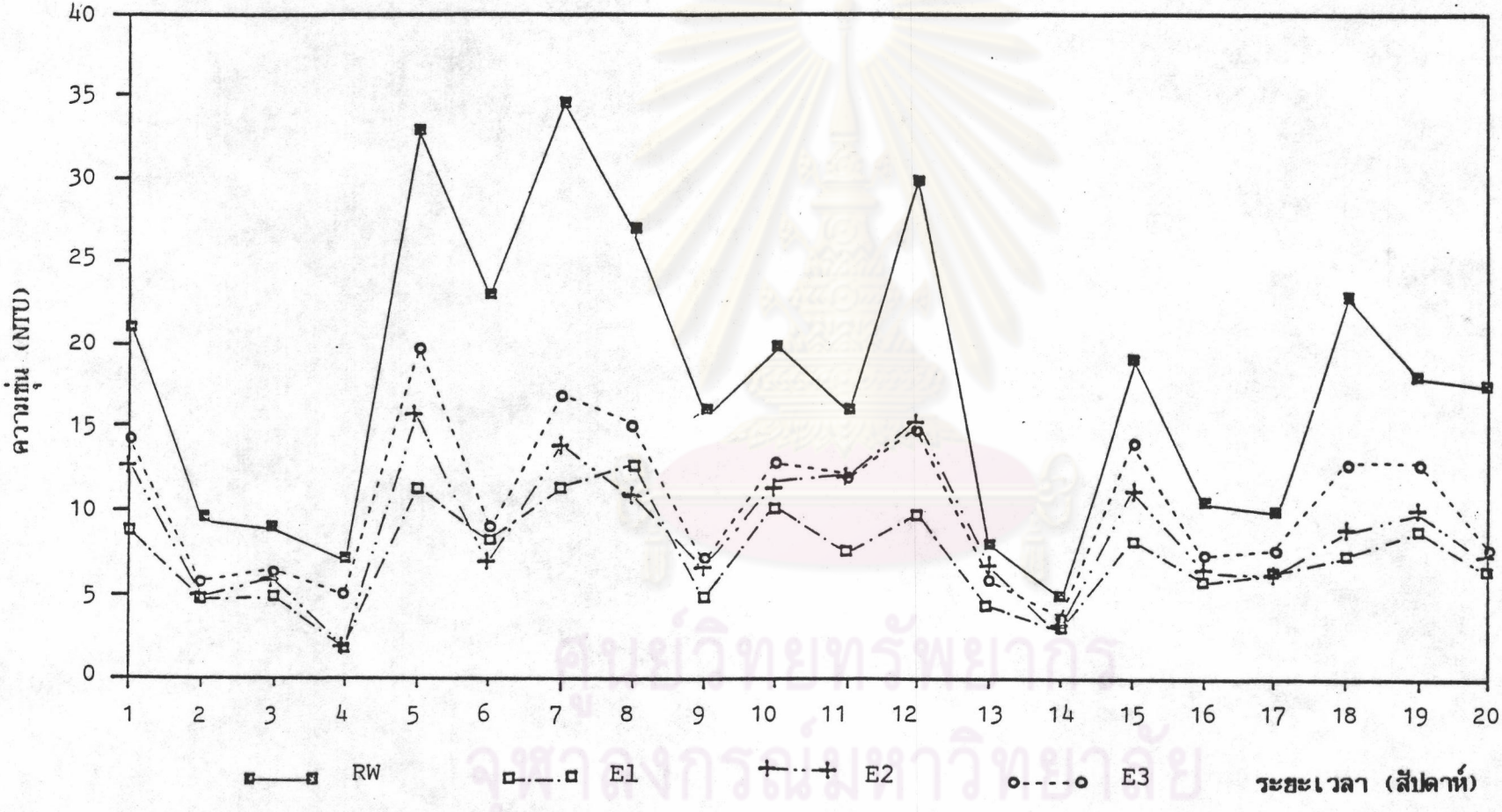
ในด้านการทดสอบหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ และประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย พบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบกับประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ -0.0772, -0.00409 และ 0.09597 ตามลำดับ

4.2 การลดปริมาณความขุ่น

4.2.1 ปริมาณความขุ่นและประสิทธิภาพการลดปริมาณความขุ่น

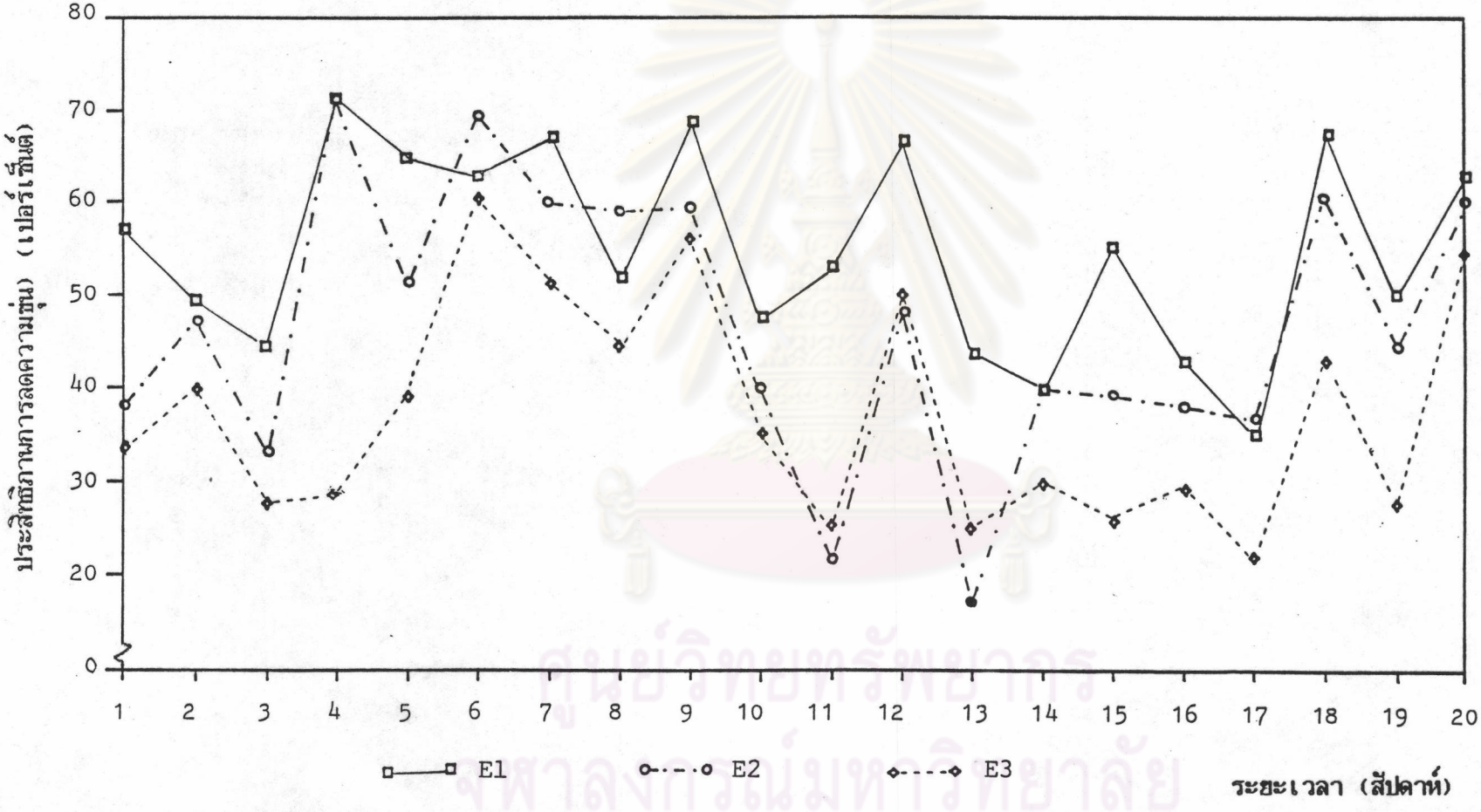
จากภาคผนวก ก (ตารางที่ 2) ปริมาณความขุ่นของน้ำดิบมีค่าเฉลี่ย 17.9 NTU ต่ำสุด 5 NTU สูงสุด 35 NTU น้ำที่ออกจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความขุ่นเฉลี่ย 7.5, 9.0 และ 10.6 NTU ตามลำดับ ต่ำสุด 2, 2 และ 3.5 NTU สูงสุด 13, 16 และ 20 NTU จากการทดสอบความแตกต่างของความขุ่นในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 3) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.0001$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย DMRT พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำดิบและความขุ่นของน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.3) แสดงว่าระบบการกรองนี้สามารถกำจัดความขุ่นได้ ปริมาณความขุ่นของน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง เปลี่ยนแปลงตามปริมาณความขุ่นของน้ำดิบ (รูปที่ 4.4) ในด้านประสิทธิภาพการลดความขุ่นเฉลี่ยของถังกรองทั้ง 3 มีค่าดังนี้คือ 55.1 %, 46.9 % และ 37.5 % เมื่อทดสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพการลดความขุ่นของถังกรองทั้ง 3 ถัง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 4) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ($p < 0.001$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย DMRT พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการลดความขุ่นของถังกรองที่ 1 และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 และประสิทธิภาพการลดความขุ่นของถังกรองที่ 1 และ 2 , ถังกรองที่ 2 และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่าเวลากักเก็บน้ำที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการลดความขุ่น โดยที่เวลากักเก็บน้ำมากมีผลต่อการลดความขุ่นมากกว่าเวลากักเก็บน้ำน้อย (รูปที่ 4.5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงค่าความขุ่นของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการลดความขุ่นของถังกรองทั้ง 3 ถัง

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความขุ่นในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ย(NTU)	กลุ่มที่	RW	E3	E2	E1
17.9	RW				
10.6	E3	*			
9.0	E2	*			
7.5	E1	*			

* มีนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการลดความขุ่นของน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

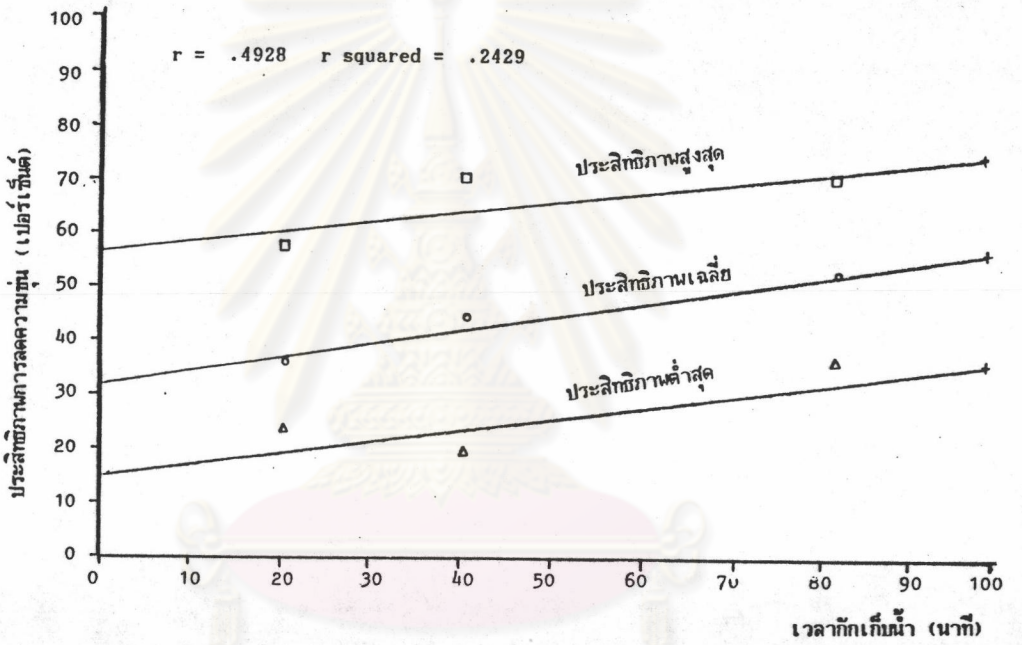
ค่าเฉลี่ย(%)	กลุ่มที่	E1	E2	E3
55.1	E1			
46.9	E2	*		
37.5	E3	**	*	

** มีนัยสำคัญที่ 0.01 , * มีนัยสำคัญที่ 0.05

4.2.2 การหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณของความขุ่นกับเวลากักเก็บน้ำ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดความขุ่น และเวลากักเก็บน้ำ (รูปที่ 4.6) พบว่ามีลักษณะแปรตามกันเช่นเดียวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายและเวลากักเก็บน้ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4928 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันที่นัยสำคัญ 0.05 สมการความสัมพันธ์ มีดังนี้

ประสิทธิภาพการลดความขุ่น, % = 33.4052 + 0.2687 (เวลากักเก็บน้ำ, นาที)



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดความขุ่นกับเวลากักเก็บน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 การหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณของความขุ่นกับความสูงของชั้นตัวกรองพลาสติกมีเดีย

ความขุ่นของน้ำมีค่าลดลงเมื่อชั้นตัวกรองสูงขึ้น (ภาคผนวก ค) จากการทดสอบหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดความขุ่นกับระดับความสูงของชั้นตัวกรองโดยใช้ Regression Analysis ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

ถังกรองที่ 1

ประสิทธิภาพการลดความขุ่น,% = 29.659 + .3037 (ความสูงชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .5133

ถังกรองที่ 2

ประสิทธิภาพการลดความขุ่น,% = 15.179 + .3037 (ความสูงชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .5987

ถังกรองที่ 3

ประสิทธิภาพการลดความขุ่น,% = 7.2693 + .3484 (ความสูงชั้นตัวกรอง, เซนติเมตร)

สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r) = .6176

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการลดความขุ่นของถังกรองทั้ง 3 แปรตามค่าความสูงของชั้นตัวกรองอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

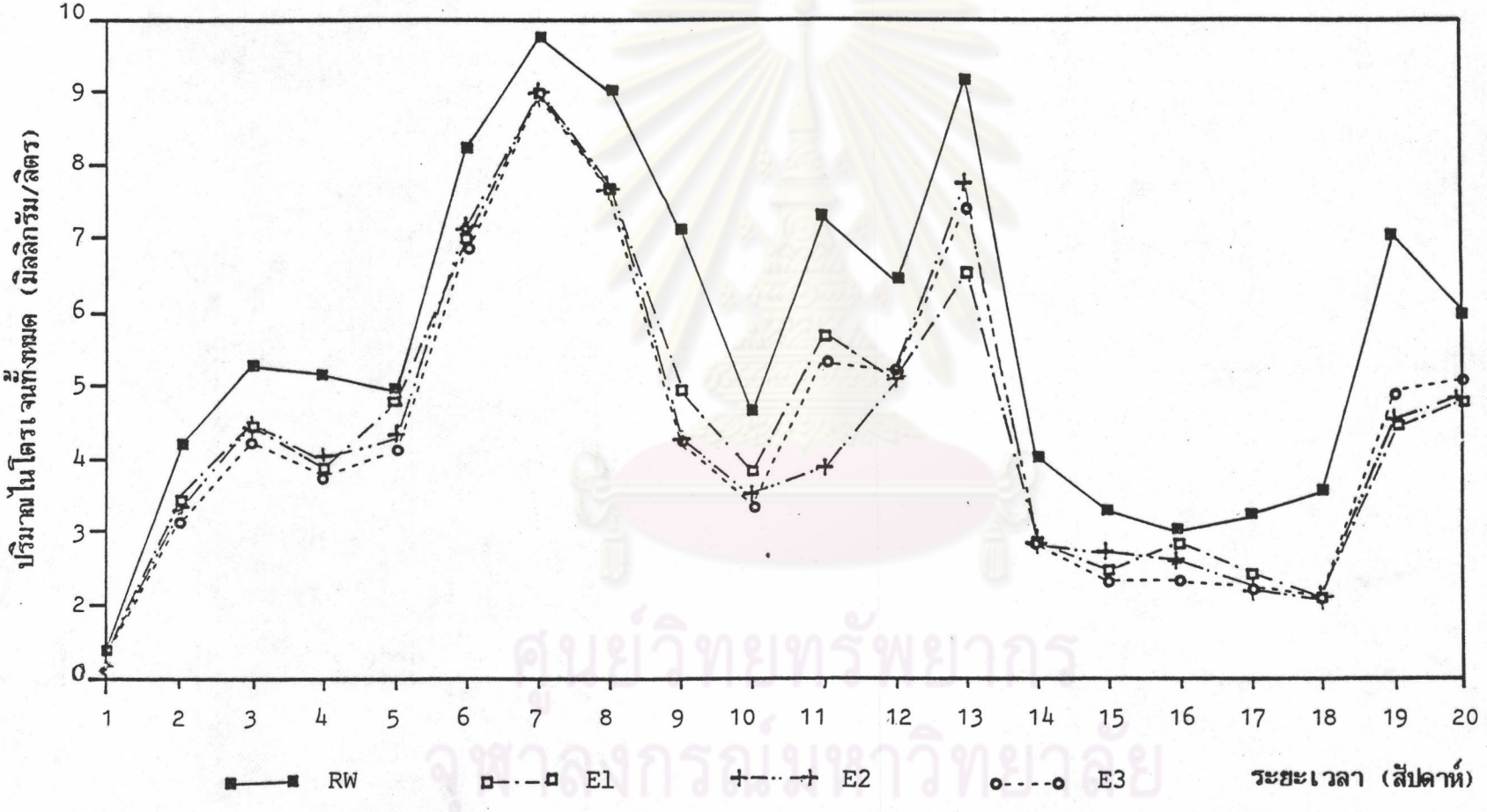
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำดิบมีค่าเฉลี่ย 5.64 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 1.40 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุด 9.77 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาคผนวก ก ,ตารางที่ 3) จากการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ออกจากถังกรองทั้ง 3 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันน้อย (รูปที่ 4.7, 4.8) เมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดโดยเฉลี่ยของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 จะได้เท่ากับ 20.3 %, 22 % และ 22.7 % ตามลำดับ ต่ำที่สุด 3.8 %, 3.6 % และ 2.1 % สูงสุด 40.5 %, 46.2 %, 40.3 % จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ของปริมาณไนโตรเจนในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง(ภาคผนวก ง, ตารางที่ 5) แสดงว่าระบบที่ศึกษาไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในสาหร่ายบางส่วนที่ติดอยู่กับตัวกรองถูกย่อยสลายพร้อมกับสาหร่าย และทำให้มีไนโตรเจนคืนกลับสู่ในน้ำ ทำให้ตรวจพบไนโตรเจนสูง แต่สาหร่ายที่เกาะบนตัวกรองถ้าถูกย่อยสลายแล้วคลอโรฟิลล์ เอ ก็สลายไปด้วย จึงตรวจพบว่าสาหร่ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

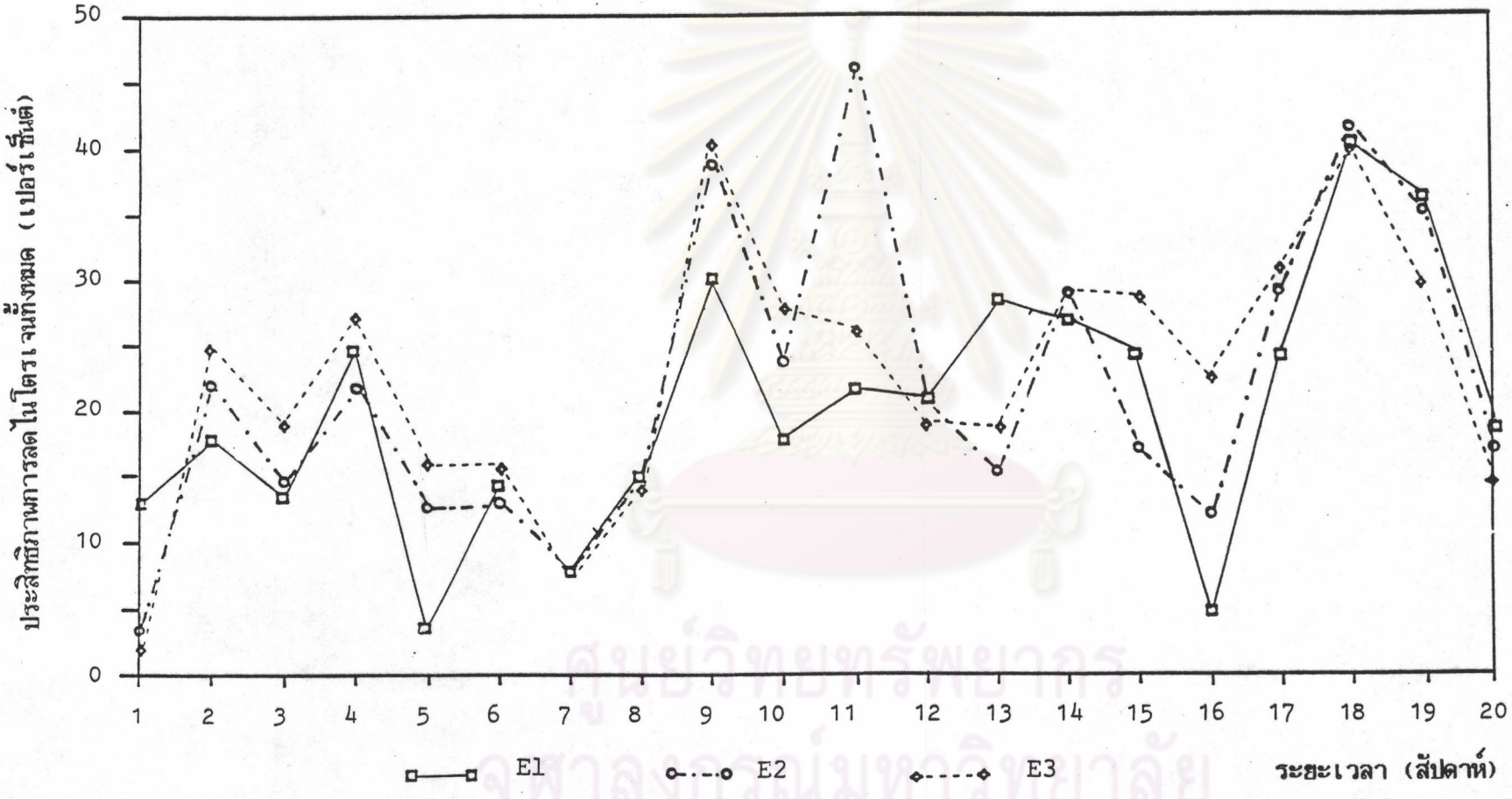
จากกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และเวลากักเก็บน้ำ (รูปที่ 4.9) พบว่ามีความสัมพันธ์ในด้านผกผันกัน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ค่าเท่ากับ -0.1020 แสดงให้เห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่นัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเวลากักเก็บน้ำที่ต่างกันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



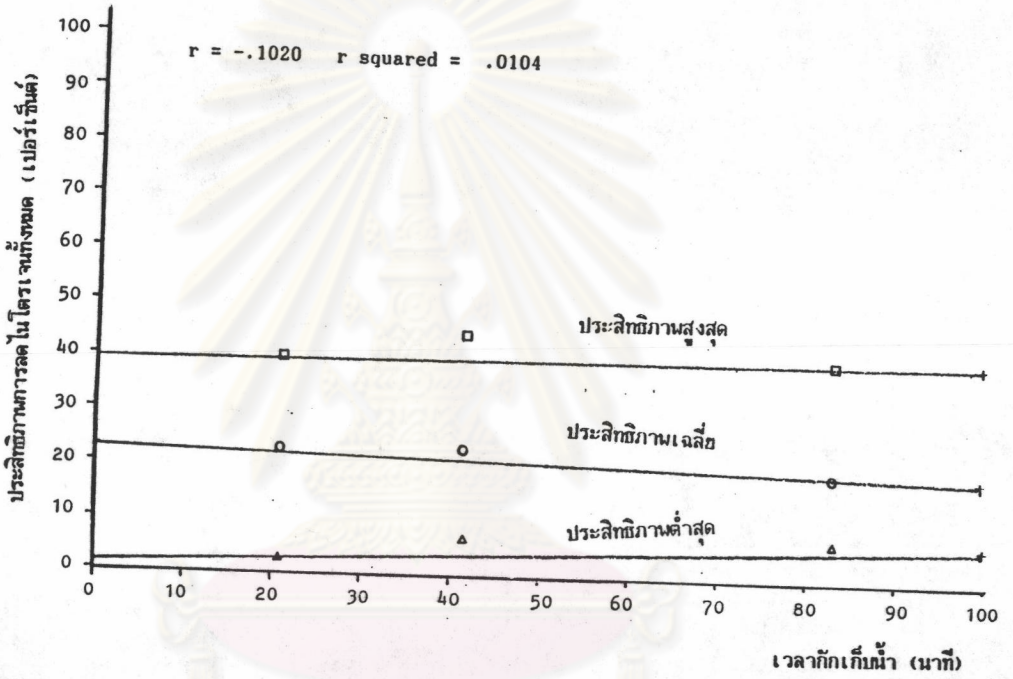
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนทั้งหมดของถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดกับเวลากักเก็บน้ำ

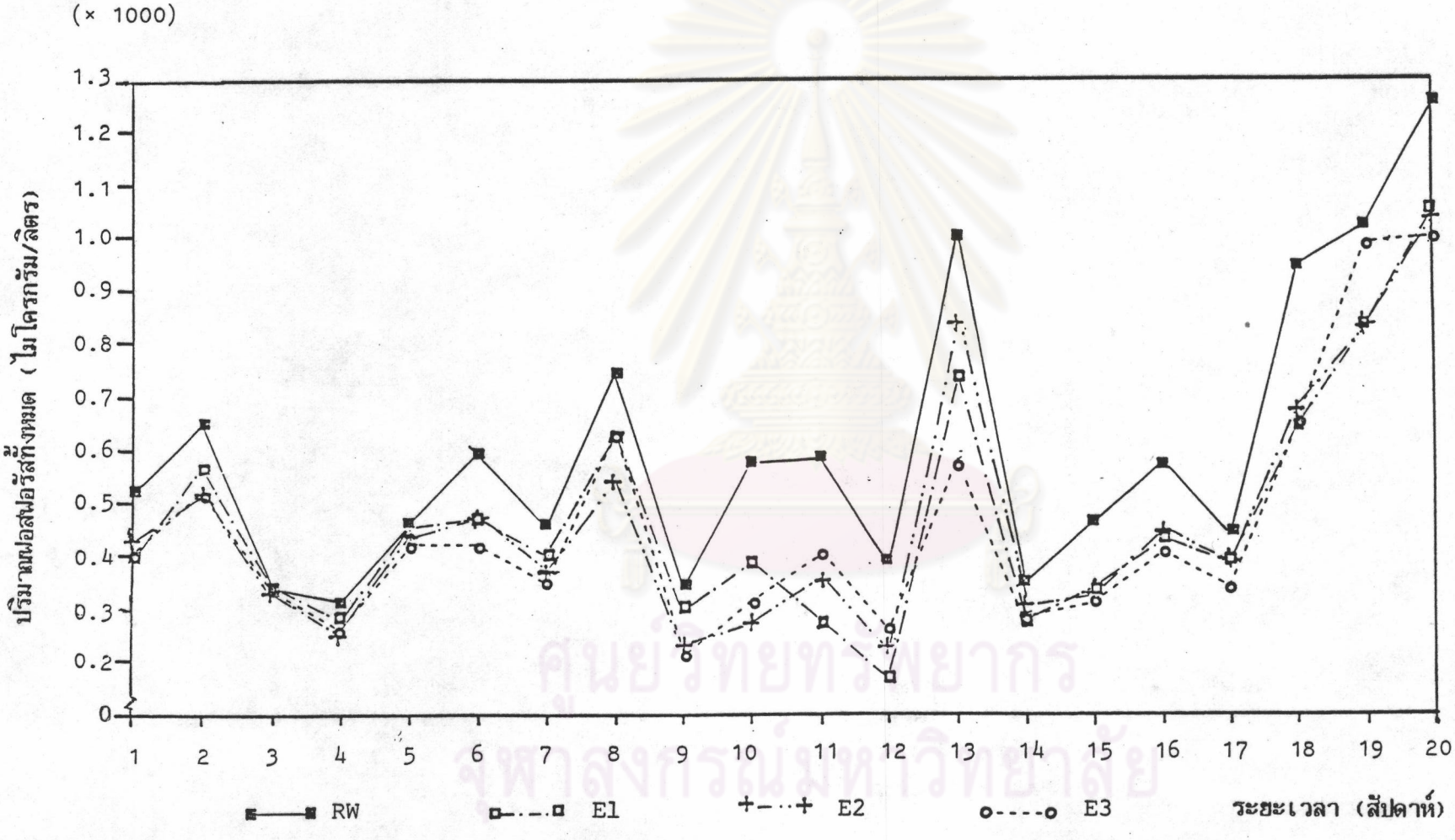
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากภาคผนวก ก (ตารางที่ 4) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำดิบมีค่าเฉลี่ย 602 ไมโครกรัม/ลิตร ต่ำสุด 313 ไมโครกรัม/ลิตร สูงสุด 1260 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจากถังกรองที่ 1 , 2, และ 3 มีค่าเฉลี่ย 21.3 , 21.8 , และ 24.7 ไมโครกรัม /ลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 21.4 %, 22 % และ 24.6 % ตามลำดับ ต่ำสุด 1.4 %, 2.3% และ 3.9 % สูงสุด 55.7 %, 52.2 %, และ 45.7 % ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 มีค่าแตกต่างกันน้อย (รูปที่ 4.9, 4.10) จากการทดสอบความแตกต่างพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P > 0.05$) ของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำดิบและปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 6) อธิบายได้ในทำนองเดียวกับการลดปริมาณไนโตรเจนคือ ฟอสฟอรัส ในสาหร่ายจะถูกย่อยสลายพร้อมกับสาหร่ายที่เกาะบนตัวกรองทำให้มีฟอสฟอรัสกลับสู่ในน้ำ

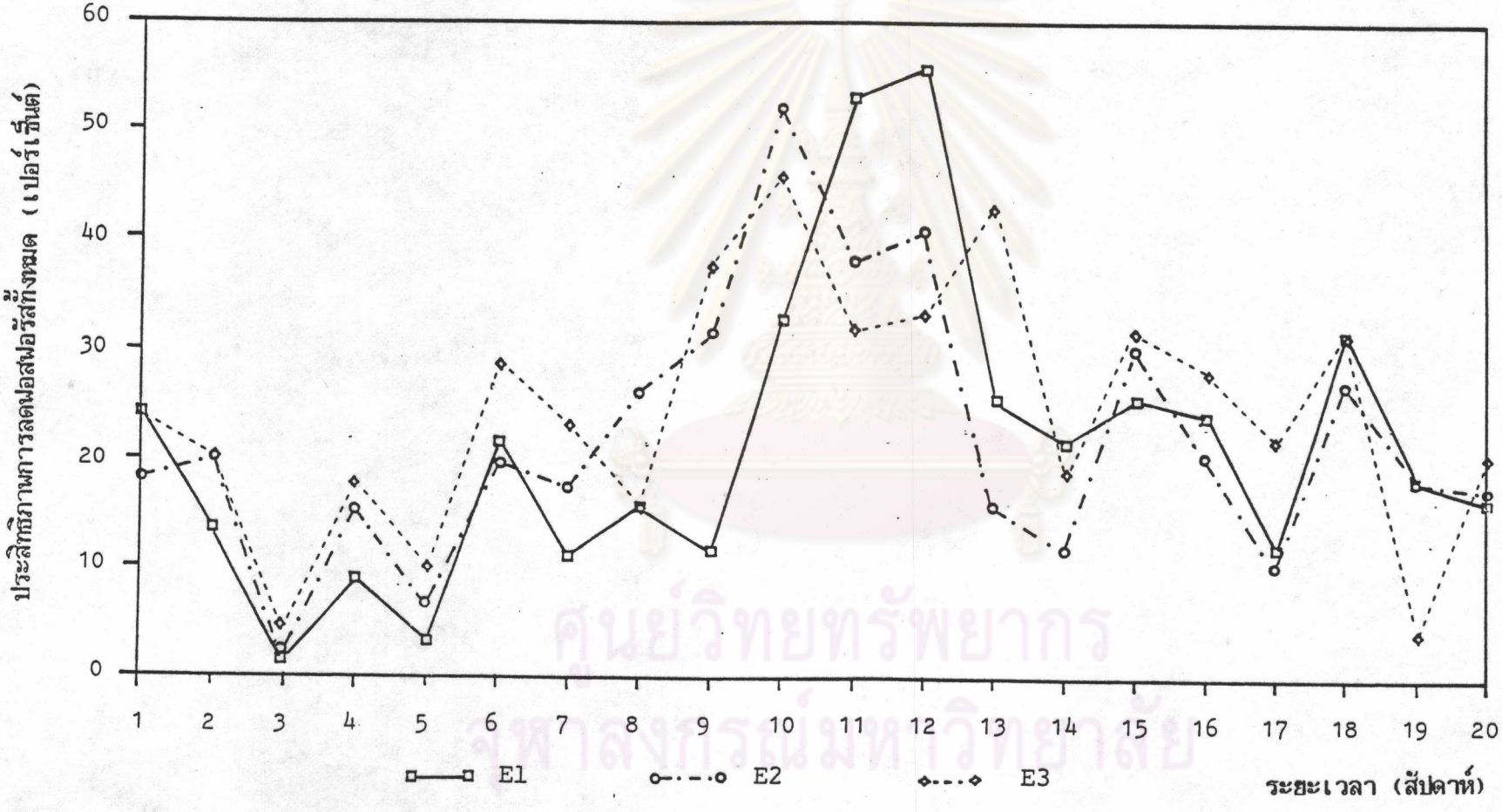
จากกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และเวลากักเก็บน้ำ(รูปที่ 4.12) จะพบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยโดยแปรผกผันกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากัน -0.0949 แสดงให้เห็นว่า เวลากักเก็บน้ำไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



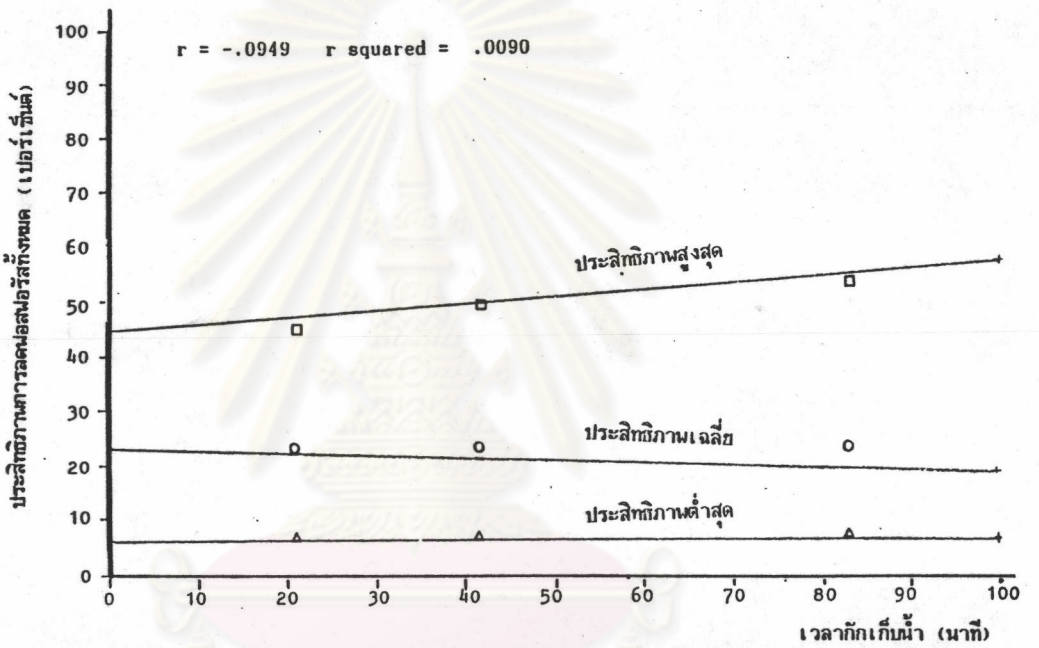
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4. 11 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดกับเวลากักเก็บน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นกรดด่าง (pH)

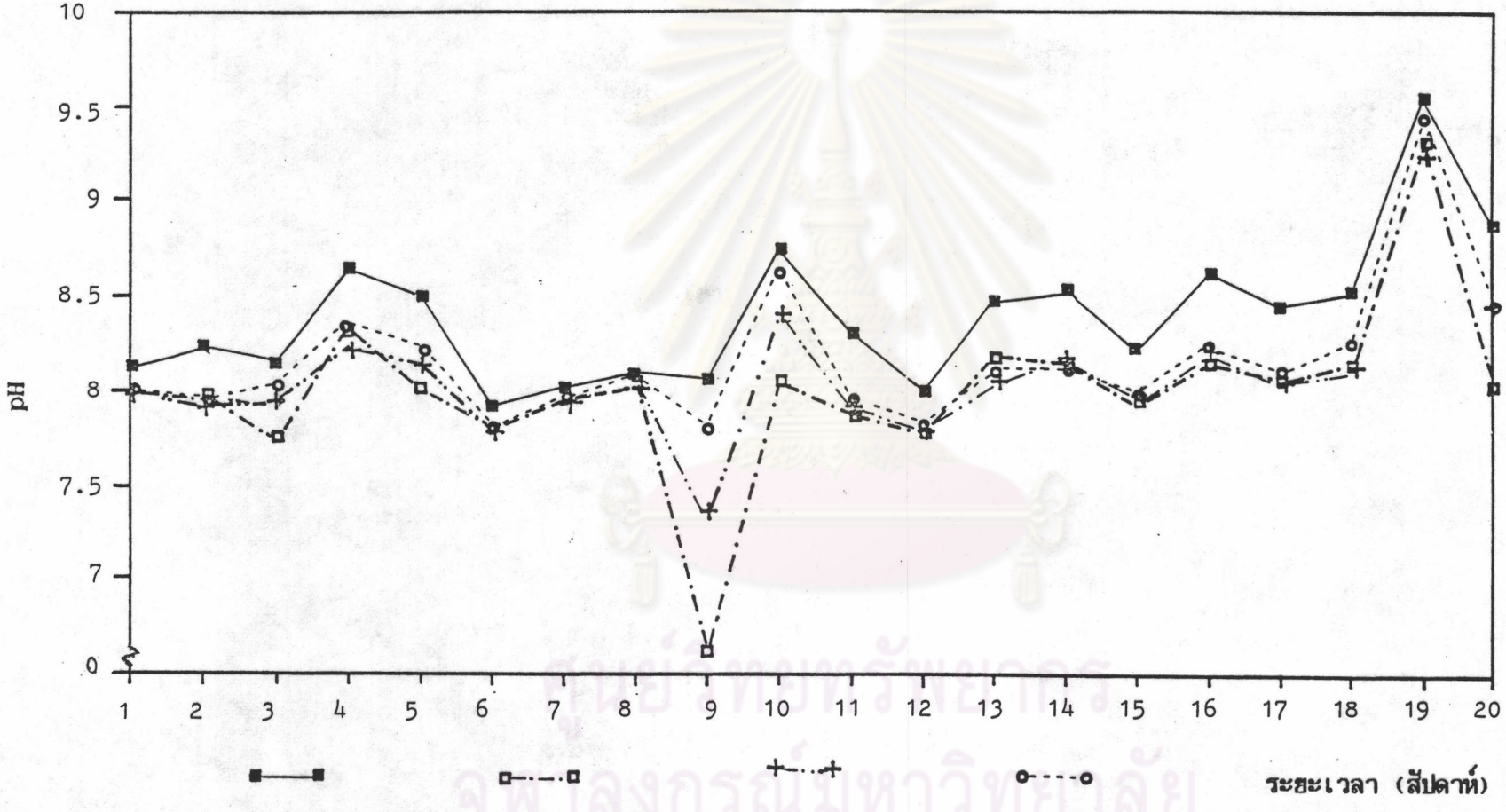
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ pH พบว่าน้ำดิบมี pH ค่อนข้างสูง (pH 7.93 -9.58) โดยมีค่าเฉลี่ย pH 8.41 (ภาคผนวก ก, ตารางที่ 5) สอดคล้องกับรายงานของ Round (1981) ว่าน้ำที่มีสาหร่ายเกิดขึ้นจะทำให้ pH เพิ่มขึ้นเป็น pH 8-10 ขณะที่น้ำทั่วไปจะมี pH 6.8-7.8 น้ำที่ผ่านถังกรองทั้ง 3 ถัง มี pH ลดลงทั้งหมด คือน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 มี pH เฉลี่ย 8.01, 8.09 และ 8.17 ต่ำสุด pH 6.63, 7.35 และ 7.80 สูงสุด pH 9.26, 9.29 และ 9.44 ตามลำดับ (ภาคผนวก ก, ตารางที่ 5 และรูปที่ 4.13) จากการทดสอบความแตกต่างของ pH ในน้ำดิบและน้ำผ่านถังกรอง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 7) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย DMRT พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย pH ของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1 , 2 , และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 แต่ไม่มีความแตกต่างของค่า pH ของน้ำจากถังกรองที่ 1 , 2 และ 3 (ตารางที่ 4.5) แสดงว่าระบบการกรองนี้ทำให้ pH ของน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นทำให้เกิดสภาพเป็นกรด แต่เวลากักเก็บน้ำที่ต่างกันไม่มีผลต่อ pH ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า pH ของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ย	กลุ่มที่	RW	E3	E2	E1
8.41	RW				
8.17	E3	*			
8.09	E2	*			
8.01	E1	*			

* มีนัยสำคัญที่ 0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



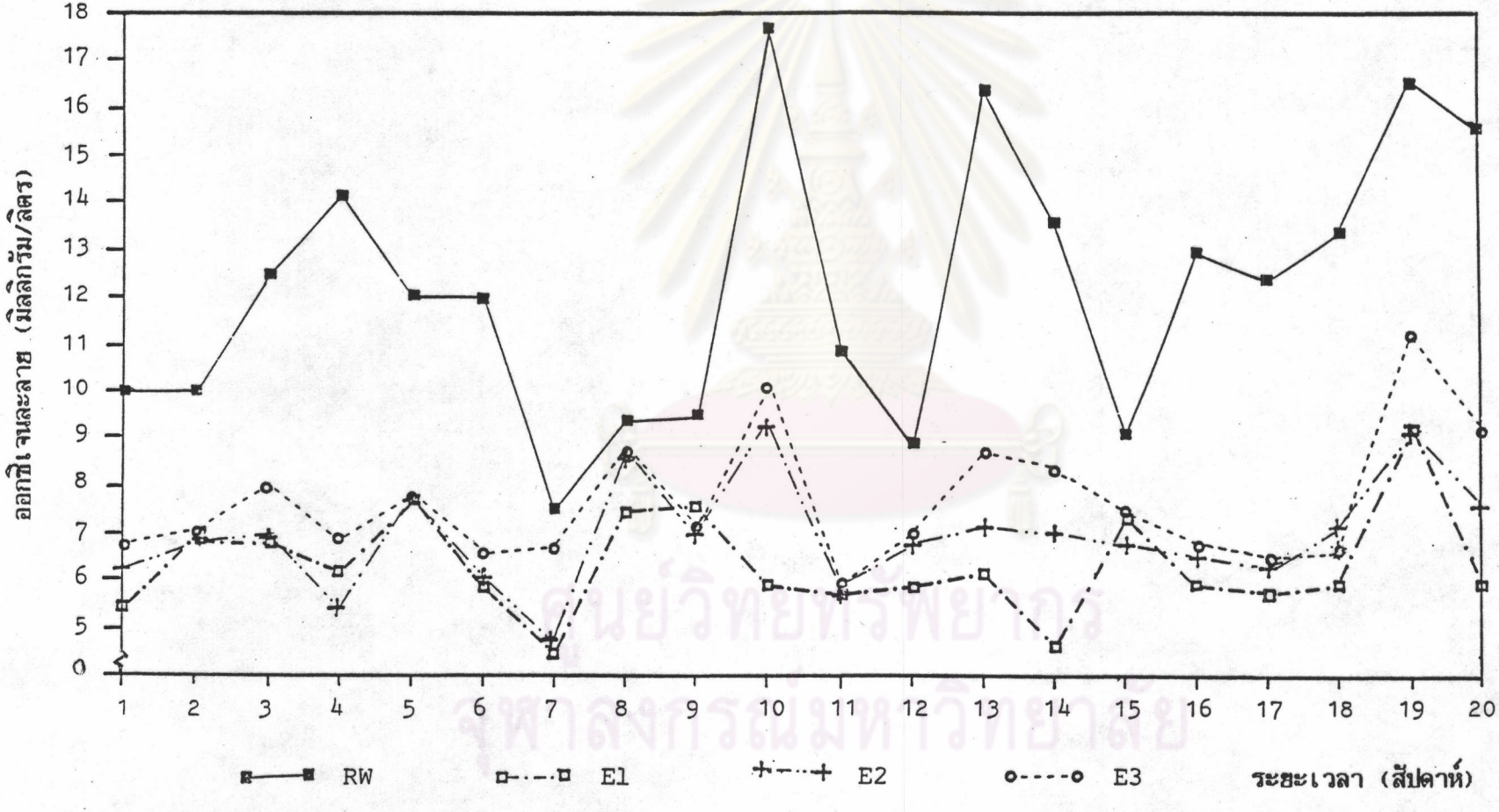
รูปที่ 4.13 แสดงค่า pH ของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลาย

จากภาคผนวก ก (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าสูงโดยมีค่าเฉลี่ย 12.2 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 7.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสูงสุดถึง 17.7 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลากลางวัน จึงมีการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเกิดขึ้นทำให้มีออกซิเจนในน้ำสูง จะสังเกตได้ว่าเวลาที่มีสาหร่ายมากจะมีออกซิเจนละลายมากด้วย เช่น ในช่วงสัปดาห์ที่ 13, 19 และ 20 (ภาคผนวก ก ตารางที่ 1 และ 6) น้ำเมื่อผ่านถังกรองทั้ง 3 ถังจะมีค่าออกซิเจนลดลงอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 4.14) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 6.4, 7.0 และ 7.7 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุด 4.5, 4.8 และ 6.0 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุด 9.2, 9.4 และ 11.3 มิลลิกรัม/ลิตร จากการทดสอบความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 8)พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.0001$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย DMRT พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายของน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1 , 2 , และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.01 นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างของออกซิเจนละลายของน้ำจากถังกรองที่ 1 และ 3 ที่นัยสำคัญ 0.05 (ตารางที่ 4.6) อธิบายได้ว่าขณะที่สาหร่ายผ่านเข้าถังกรองซึ่งปิดด้วยกระดาษอลูมิเนียมเพื่อป้องกันแสงสาหร่ายจะหยุดทำการสังเคราะห์แสงและมีการหายใจเกิดขึ้นอย่างเดียว จึงมีการใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังมีการย่อยสลายเกิดขึ้นทำให้มีการใช้ออกซิเจน (Särner, 1986) การที่เวลากักเก็บน้ำมากทำให้ออกซิเจนละลายลดลงมากกว่าเวลากักเก็บน้ำน้อยเนื่องจากสาหร่ายติดค้างอยู่ในถังกรองนานกว่าและมากกว่าจึงทำให้มีการหายใจและการย่อยสลายเกิดขึ้นมากกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถัง

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยวิธี DMRT

ค่าเฉลี่ย(mg/l)	กลุ่มที่	RW	E3	E2	E1
12.2	RW				
7.7	E3	**			
7.0	E2	**			
6.4	E1	**	*		

** มีนัยสำคัญที่ 0.01 , * มีนัยสำคัญที่ 0.05

4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลคาลินิตี้และอุณหภูมิ

จากภาคผนวก ก (ตารางที่ 7) แสดงให้เห็นว่าปริมาณอัลคาลินิตี้ในน้ำดิบและน้ำผ่านถังกรองทั้ง 3 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอัลคาลินิตี้ในน้ำดิบเท่ากับ 362 มิลลิกรัม/ลิตร และในน้ำจากถังกรองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 359, 359 และ 358 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าต่ำสุดและสูงสุดของอัลคาลินิตี้ในน้ำดิบและน้ำจากถังกรองทั้ง 3 ถังก็ใกล้เคียงเช่นกัน จากการทดสอบความแตกต่างพบว่าไม่มีความแตกต่างที่นัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ภาคผนวก ง, ตารางที่ 9) ในทำนองเดียวกับการวัดอุณหภูมิของน้ำดิบและน้ำผ่านถังกรองทั้ง 3 ถัง ก็พบว่าไม่แตกต่างที่นัยสำคัญ ($P > 0.05$) เช่นกัน (ภาคผนวก ก, ตารางที่ 8 และ ภาคผนวก ง, ตารางที่ 10)

4.8 การหาความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่าย ความขุ่น ออกซิเจน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำดิบ

จากการทดสอบหาความสัมพันธ์โดยใช้ Correlation Matrix ของค่าต่าง ๆ ในน้ำดิบ (ตารางที่ 4.7) พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันที่นัยสำคัญ 0.05 โดยมีความสัมพันธ์แปรตามกันมี 3 คู่ คือ คลอโรฟิลล์ เอ และฟอสฟอรัสทั้งหมด (r =.8850) คลอโรฟิลล์ เอ และ ออกซิเจนละลาย (r = .5916) ฟอสฟอรัสทั้งหมดและออกซิเจนละลาย (r = .5006) พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ผกผันกันที่นัยสำคัญ 0.05 คือ ความขุ่นและออกซิเจนละลาย (r = -.4352) ในด้านความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เอ และฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่ามีความสัมพันธ์กันมาก (r = .8850) สอดคล้องกับ Round (1981) กล่าวว่าสารอาหารในน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำจืด คือ ฟอสฟอรัส ถ้าเป็นสาหร่ายในน้ำเค็มสารอาหารที่มีผลมากคือไนเตรด Dillon (Round, 1981 อ้างตาม Dillon, 1974) พบความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เอ และ ฟอสฟอรัส โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{Log}_{10}\ [\text{Chl a}] = 1.449\ \text{Log}_{10}\ [\text{P}] - 1.136$$

ความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เอ และออกซิเจนละลายในลักษณะแปรตามกันดังได้อธิบายในหัวข้อ 4.7 ในด้านความสัมพันธ์ของออกซิเจนละลายและฟอสฟอรัสทั้งหมดนั้นเป็นผลมาจากทั้งคู่ต่างก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณสาหร่าย

ตารางที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำดิบ โดยใช้correlation matrix

	คลอโรฟิลล์ เอ	ความขุ่น	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	ออกซิเจนละลาย
คลอโรฟิลล์ เอ	1.00000				
ความขุ่น	.00868	1.00000			
ไนโตรเจนทั้งหมด	.27199	.32065	1.00000		
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	.88502	.03377	.22298	1.00000	
ออกซิเจนละลาย	.59161	-.43522	-.07790	.50068	1.00000

4.9 การหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, การลดปริมาณความขุ่น, ไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, การลดความขุ่น, ไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดของถังกรองที่ 1, 2 และ 3 โดยใช้ Correlation matrix (ตารางที่ 8, 9 และ 10) พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายและประสิทธิภารการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของถังกรองที่ 2 เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = .4300 นอกนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 สมการแสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายและการลดไนโตรเจนทั้งหมดดังนี้

ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย,% = 4.4996 + .04004 (ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด,%)

อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์นี้เกิดขึ้นเฉพาะในถังกรองที่ 2 เท่านั้น อาจจะเกิดเนื่องจากเวลากักเก็บน้ำที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, ความขุ่น, ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของถังกรองที่ 1 โดยใช้ correlation matrix

	คลอโรฟิลล์ เอ	ความขุ่น	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
คลอโรฟิลล์ เอ	1.00000			
ความขุ่น	.09860	1.00000		
ไนโตรเจนทั้งหมด	.01832	.01245	1.00000	
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	.12254	.03304	.23456	1.00000

ตารางที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, ความขุ่น, ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของถังกรองที่ 2 โดยใช้ correlation matrix

	คลอโรฟิลล์ เอ	ความขุ่น	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
คลอโรฟิลล์ เอ	1.00000			
ความขุ่น	-.07603	1.00000		
ไนโตรเจนทั้งหมด	.43005	-.08916	1.00000	
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	.01697	-.03255	.35562	1.00000

ตารางที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่าย, ความขุ่น, ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของถังกรองที่ 3 โดยใช้ correlation matrix

	คลอโรฟิลล์ เอ	ความขุ่น	ไนโตรเจนทั้งหมด	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
คลอโรฟิลล์ เอ	1.00000			
ความขุ่น	.17201	1.00000		
ไนโตรเจนทั้งหมด	.32797	-.18918	1.00000	
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	-.00654	.14403	.22152	1.00000