บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลของสาหร่ายสไปรูลินาและปลานิลต่อคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

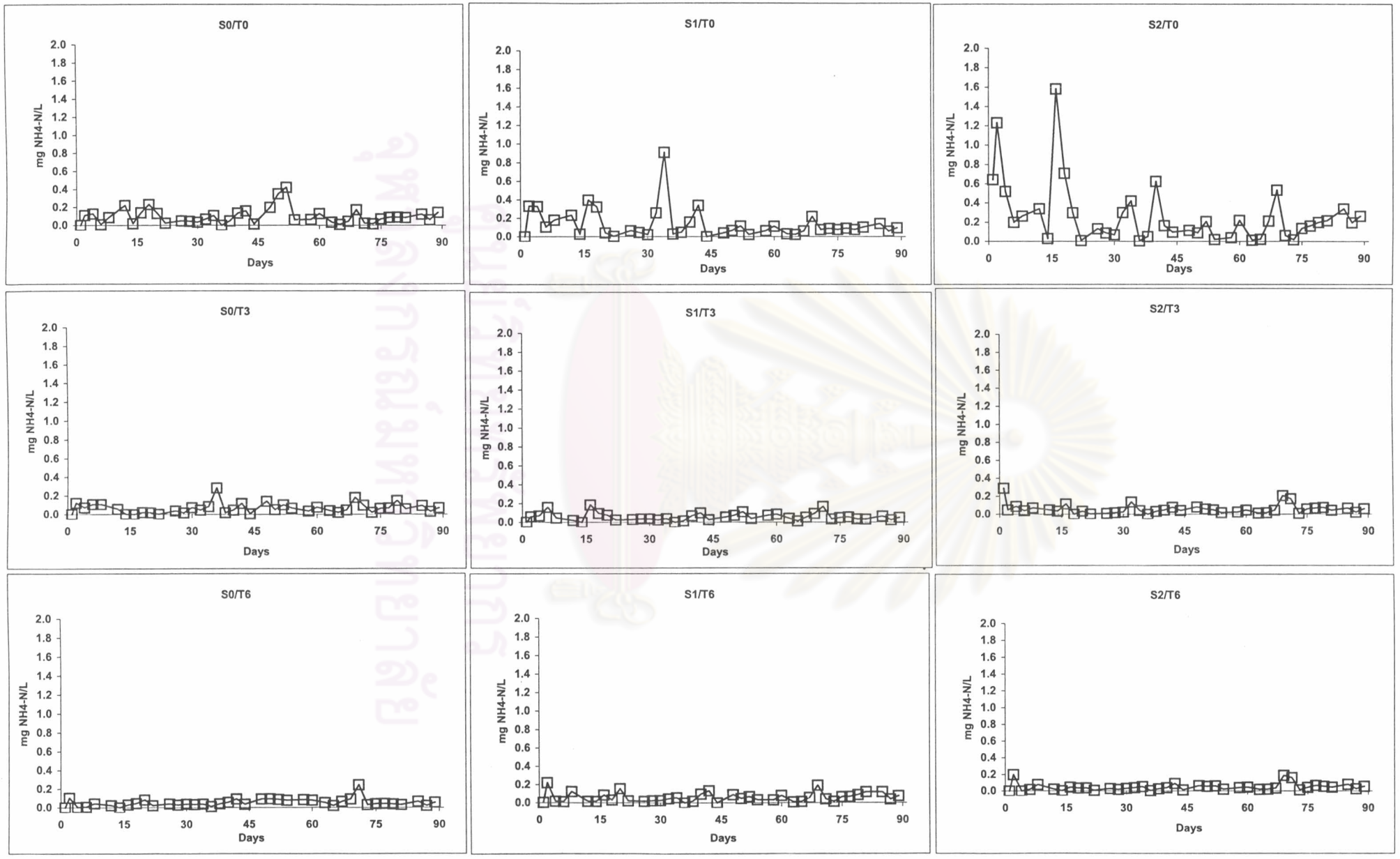
หลังจากเติมสาหร่ายสไปรูลินาและปลานิลลงในบ่อทดลอง ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design involved factorials โดยมีอัตราความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา และปลานิลเป็น factors ที่ factor ละ 3 ระดับ รวม 9 treatments แต่ละ treatment ทำ 2 ซ้ำ จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำหาความเข้มข้นของแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}) โดยวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) ส่วนไนเตรท (NO_3^-) วิเคราะห์ตามวิธีของ Standard Method (1992) ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 3 เดือน (ภาคผนวก ข) ได้ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ดังนี้

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงความความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N)

พบว่า แอมโมเนียม (NH_4^+) ในบ่อทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ค่าเฉลี่ยและช่วงการเปลี่ยนแปลงแต่ละการทดลองแสดงในภาพที่ 4-1และตารางที่ 4-1, 4-2

ตลอดการทดลอง 3 เดือน ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในชุด S2/T0 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง 0.2717 mg NH_4-N/L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.0072-1.5837 mg NH_4-N/L ชุดที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมต่ำที่สุดคือ ชุด S2/T6 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.0477 mg NH_4-N/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0-0.1995 mg NH_4-N/L ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม S0/T0 ที่มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.0987 mg NH_4-N/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0-0.4234 mg NH_4-N/L

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียมตามเวลา ด้วยสถิติโดยวิธี Duncan 's new multiple range test และ Linear regression analysis (ภาคผนวก ค) พบว่า ตลอดการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียมในชุด S2/T0 กับชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ ชุด S2/T0 มีอัตราการ



ภาพที่ 4-1 ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ของแต่ละชุดการทดลองตลอดระยะเวลา 3 เดือน

เปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.0048 mg NH_4-N/L ต่อวัน ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุด S2/T0 ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมแอมโมเนียม-ไนโตรเจน/ลิตร) ตลอดการทดลอง 3 เดือน

Treatment	Min (mg NH_4-N/L)	Max (mg NH_4-N/L)	Average (mg NH_4-N/L)
S0/T0	0	0.4234	$0.0987^{b,c}$
S1/T0	0	0.9088	0.1276^{b}
S2/T0	0.0072	1.5837	0.2717^{a}
S0/T3	0	0.2852	0.0667^{c}
S0/T6	0	0.2448	0.0526^{c}
S1/T3	0	0.1857	0.0574^{c}
S1/T6	0	0.2212	0.0597^{c}
S2/T3	0	0.2905	0.0585^{c}
S2/T6	0	0.1995	0.0477^{c}

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมแอมโมเนียม-ไนโตรเจน/ลิตร) ของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

Ammonium	S0	S1	S2
T0	$0.0987^{b,c}$	0.1276^{b}	0.2717^{a}
T3	0.0667^{c}	0.0574^{c}	0.0585^{c}
T6	0.0526^{c}	0.0574^{c}	0.0477^{c}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ตามเวลาในแต่ละชุดการทดลอง

Treatment	NH_4^+ = a+b(day)	N	R^2
S0/T0	No Effect	80	0.0004
S1/T0	No Effect	80	0.0193
S2/T0	Y =0.4954 – 0.0048day	80	0.1083
S0/T3	No Effect	80	0.0095
S0/T6	Y = 0.0304 + 0.0005day	80	0.0640
S1/T3	No Effect	80	0.0005
S1/T6	No Effect	80	0.0079
S2/T3	No Effect	80	0.0028
S2/T6	No Effect	80	0.0206

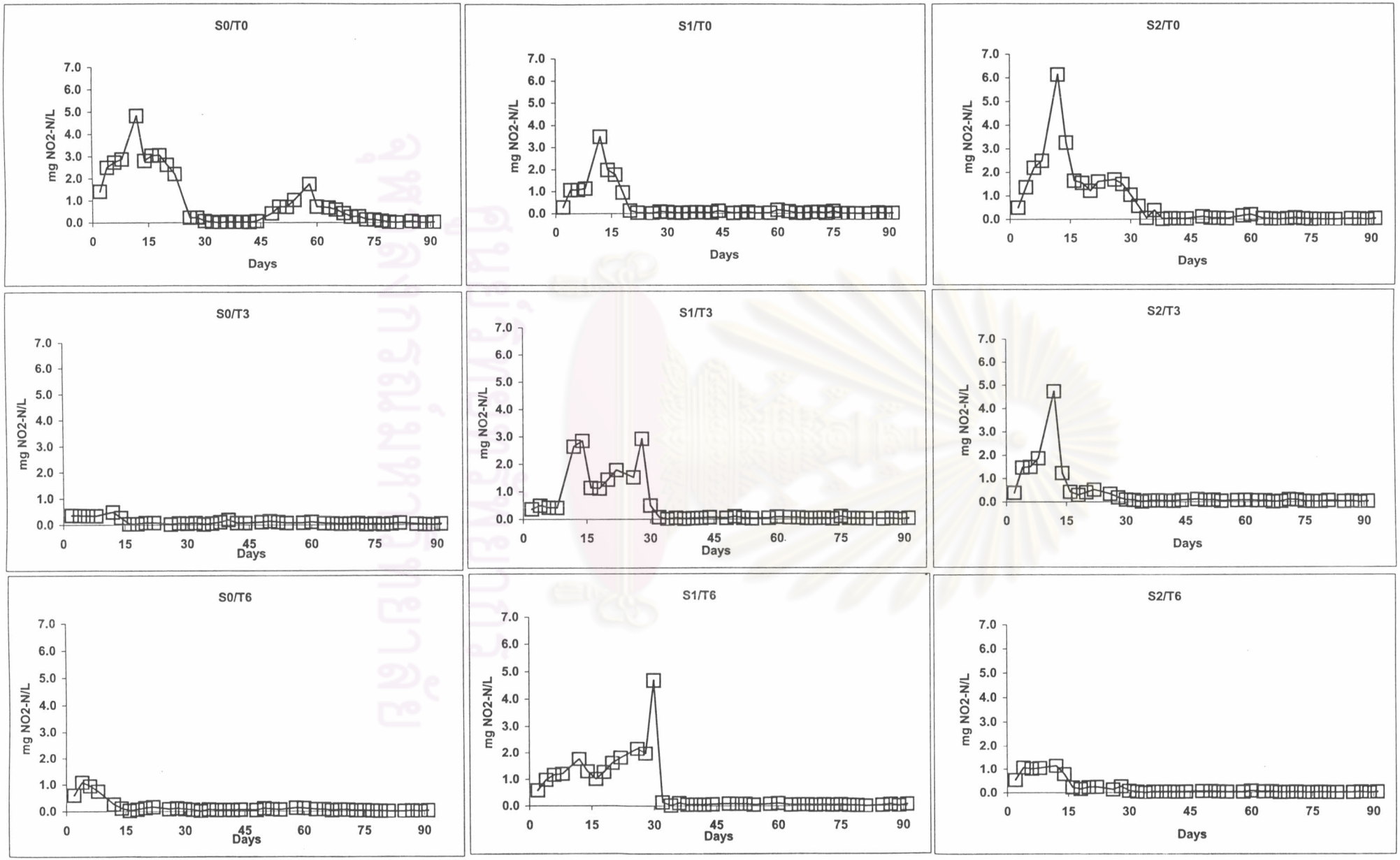
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 **การเปลี่ยนแปลงความความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน** (NO_2-N) พบว่า ไนไตรท์ (NO_2^-) ในบ่อทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ค่าเฉลี่ยและช่วงการเปลี่ยนแปลงแต่ละการทดลองแสดงในภาพที่ 4-2 และ ตารางที่ 4-4 , 4-5

ตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน ความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO_2^-) ในชุด S0/T0 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.9294 mg NO_2-N/L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0-4.8287 mg NO_2-N/L ชุดที่มีความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO_2^-) ต่ำที่สุดคือ ชุด S0/T3 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.1129 mg NO_2-N/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0-0.4926 mg NO_2-N/L ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม S0/T0 และ ชุดการทดลองอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-4

เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ตามเวลาด้วยสถิติ โดยวิธี Duncan 's new multiple range test และ Linear regression analysis (ภาคผนวก ค) พบว่าตลอดการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไนไตรท์ชุด S0/T0 กับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ ชุด S0/T0 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.0309 mg NO_2-N/L ต่อวัน ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุด S0/T0 ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-2 ความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ของแต่ละชุดการทดลองตลอดระยะเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนไตรท์-ไนโตรเจน/ลิตร) ตลอดการทดลอง 3 เดือน

Treatment	Min (mg NO_2-N/L)	Max (mg NO_2-N/L)	Average (mg NO_2-N/L)
S0/T0	0	4.8287	0.9294^{a}
S1/T0	0	3.4945	$0.3163^{c,d,e}$
S2/T0	0	6.1413	$0.7112^{a,b}$
S0/T3	0	0.4926	0.1129^{e}
S0/T6	0	1.0966	$0.1482^{d,e}$
S1/T3	0	2.9292	$0.4748^{b,c,d}$
S1/T6	0	4.6766	$0.5793^{b,c}$
S2/T3	0	4.7454	$0.3803^{b,c,d,e}$
S2/T6	0	1.1530	$0.2001^{d,e}$

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนไตรท์-ไนโตรเจน/ลิตร) ของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

Nitrite	S0	S1	S2
T0	0.9294^{a}	$0.3163^{c,d,e}$	$0.7112^{a,b}$
T3	0.1129^{e}	$0.4748^{b,c,d}$	$0.3803^{b,c,d,e}$
T6	$0.1482^{d,e}$	$0.5793^{b,c}$	$0.2001^{d,e}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์-ไนโตรเจน ตามเวลาในแต่ละชุดการทดลอง

Treatment	NO_2^- = a+b(day)	N	R^2
S0/T0	Y = 2.3715 – 0.0309day	80	0.1948
S1/T0	Y = 0.9455 – 0.0135day	80	0.1267
S2/T0	Y =2.0971 – 0.0297day	80	0.3568
S0/T3	Y = 0.2410 – 0.0027day	80	0.3165
S0/T6	Y = 0.4105 – 0.0056day	80	0.1940
S1/T3	Y = 1.2820 – 0.0173day	80	0.1429
S1/T6	Y = 1.5214 – 0.0202day	80	0.1612
S2/T3	Y = 1.1463 – 0.0164day	80	0.1281
S2/T6	Y = 0.6027 – 0.0086day	80	0.2695

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 **การเปลี่ยนแปลงความความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน** (NO_3-N) ค่าเฉลี่ยและช่วงการเปลี่ยนแปลงแต่ละการทดลองแสดงในภาพที่ 4-3 และตารางที่ 4-7 , 4-8

ตลอดการทดลอง 3 เดือน ความเข้มข้นของไนเตรท (NO_3^-) ในชุด S1/T3 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 13.0451 mg NO_3-N/L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.5587-25.1175 mg NO_3-N/L ชุดที่มีความเข้มข้นของไนเตรท (NO_3^-) ต่ำที่สุดคือ ชุด S2/T3 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 5.9091 mg NO_3-N/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.1806 -10.7372 mg NO_3-N/L ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) กับชุดควบคุม S1/T3 และชุดการทดลองอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-7

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทตามเวลาด้วยสถิติ โดยวิธี Duncan 's new multiple range test และ Linear regression analysis (ภาคผนวก ค) พบว่าตลอดการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไนเตรทชุด S1/T3 กับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ ชุด S1/T3 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.2538 mg NO_3-N/L ต่อวัน ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุด S1/T3 ดังแสดงในตารางที่ 4-9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4-3 ความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน แต่ละชุดการทดลองตลอดเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนเตรท-ไนโตรเจน/ลิตร) ตลอดการทดลอง 3 เดือน

Treatment	Min (mg NO_3-N/L)	Max (mg NO_3-N/L)	Average (mg NO_3-N/L)
S0/T0	4.7721	15.7737	9.1662^{c}
S1/T0	2.0404	19.6814	$12.5387^{a,b}$
S2/T0	2.2822	14.9982	7.5866^{d}
S0/T3	5.6708	17.2568	9.8532^{c}
S0/T6	4.4219	19.1995	11.4801^{b}
S1/T3	2.5587	25.1175	13.0451^{a}
S1/T6	2.2033	13.0657	$8.7046^{c,d}$
S2/T3	2.1806	10.7372	5.9091^{e}
S2/T6	3.9419	20.1345	9.2830^{c}

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนเตรท-ไนโตรเจน/ลิตร) ของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

Nitrate	S0	S1	S2
T0	9.1662^{c}	$12.5387^{a,b}$	7.5866^{d}
T3	9.8532^{c}	13.0451^{a}	5.9091^{e}
T6	11.4801^{b}	$8.7046^{c,d}$	9.283^{c}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงของไนเตรท-ไนโตรเจน ตามเวลาในแต่ละชุดการทดลอง

Treatment	NO_3^- = a+b(day)	N	R^2
S0/T0	Y = 4.5947 + 0.0979day	80	0.3250
S1/T0	Y = 5.7680 + 0.1451day	80	0.4452
S2/T0	Y =2.5708 + 0.1075day	80	0.2993
S0/T3	Y = 7.0736 + 0.0596day	80	0.0868
S0/T6	Y = 4.5435 + 0.1487day	80	0.6623
S1/T3	Y = 1.2063 + 0.2538day	80	0.8368
S1/T6	Y = 1.3144 + 0.1584day	80	0.6158
S2/T3	Y = 4.4046 + 0.0325day	80	0.0567
S2/T6	Y = 5.9511 + 0.0714day	80	0.1569

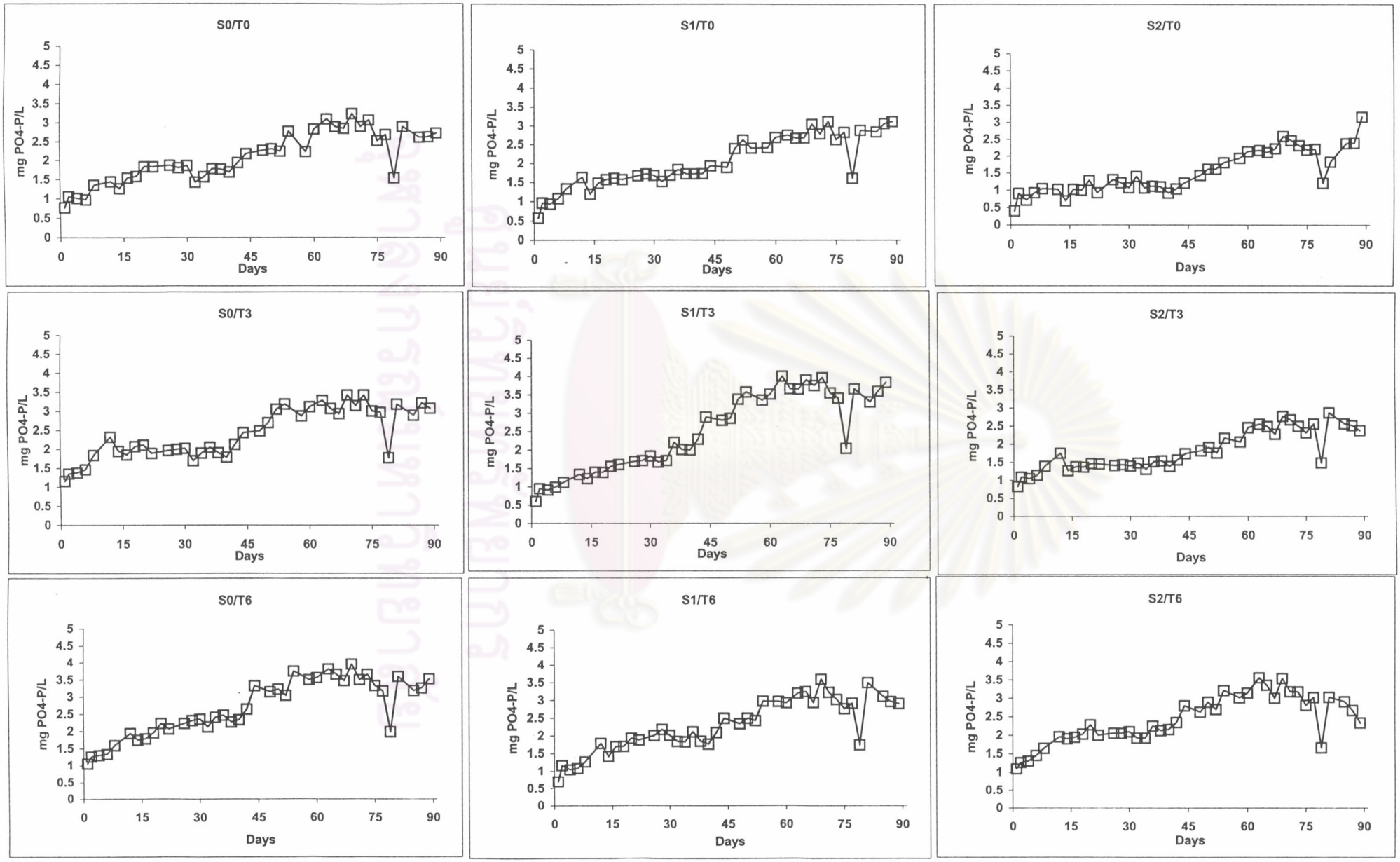
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 **การเปลี่ยนแปลงความความเข้มข้นของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส** (PO_4-P) ค่าเฉลี่ยและช่วงการเปลี่ยนแปลงแต่ละการทดลองแสดงในภาพที่ 4-4 และตารางที่ 4-10 ,4-11

ตลอดการทดลอง 3 เดือน ความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในชุด S0/T6 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 2.7687 mg PO_4-P/L ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1.0506 - 3.9628 mg PO_4-P/L ชุดที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ต่ำที่สุดคือ ชุด S2/T0 มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 1.5791 mg PO_4-P/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.4101 - 3.1615 mg PO_4-P/L ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม S0/T0 และชุดการทดลองอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-10

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ด้วยสถิติ โดยวิธี Duncan 's new multiple range test และ Linear regression analysis (ภาคผนวก ค) พบว่าตลอดการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ชุด S0/T6 กับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ ชุด S0/T6 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.0209 mg PO_4-P/L ต่อวัน ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุด S0/T6 ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-4 ความเข้มข้นของฟอสเฟต แต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต (มิลลิกรัมฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ลิตร) ตลอดการทดลอง 3 เดือน

Treatment	Min (mg PO_4-P/L)	Max (mg PO_4-P/L)	Average (mg PO_4-P/L)
S0/T0	0.7709	3.2417	$2.1910^{c,d}$
S1/T0	0.5763	3.1220	2.0719^{d}
S2/T0	0.4101	3.1615	1.5791^{f}
S0/T3	1.1627	3.4225	2.5167^{b}
S0/T6	1.0506	3.9628	2.7687^{a}
S1/T3	0.6059	4.0137	2.5279^{b}
S1/T6	0.7064	3.5977	2.3248^{c}
S2/T3	0.8351	2.8662	1.8938^{e}
S2/T6	1.0936	3.5573	2.4848^{b}

ตารางที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัมฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ลิตร) ของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

Phosphate	S0	S1	S2
T0	$2.191^{c,d}$	2.0719^{d}	1.5791^{f}
T3	2.528^{b}	2.5279^{b}	1.8938^{e}
T6	2.7687^{a}	2.3248^{c}	2.4848^{b}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-12 การเปลี่ยนแปลงของฟอสเฟต ตามเวลาในแต่ละชุดการทดลอง

Treatment	PO_4^{3-} = a+b(day)	N	R^2
S0/T0	Y = 1.5312 + 0.0141day	80	0.1670
S1/T0	Y = 1.0445 + 0.0220day	80	0.6429
S2/T0	Y =0.7388 + 0.0180day	80	0.4815
S0/T3	Y = 1.8906 + 0.0134day	80	0.1125
S0/T6	Y = 1.7936 + 0.0209day	80	0.3848
S1/T3	Y = 0.9545 + 0.0337day	80	0.7353
S1/T6	Y = 1.3202 + 0.0215day	80	0.6225
S2/T3	Y = 1.2266 + 0.0143day	80	0.3068
S2/T6	Y = 1.8159 + 0.0143day	80	0.2901

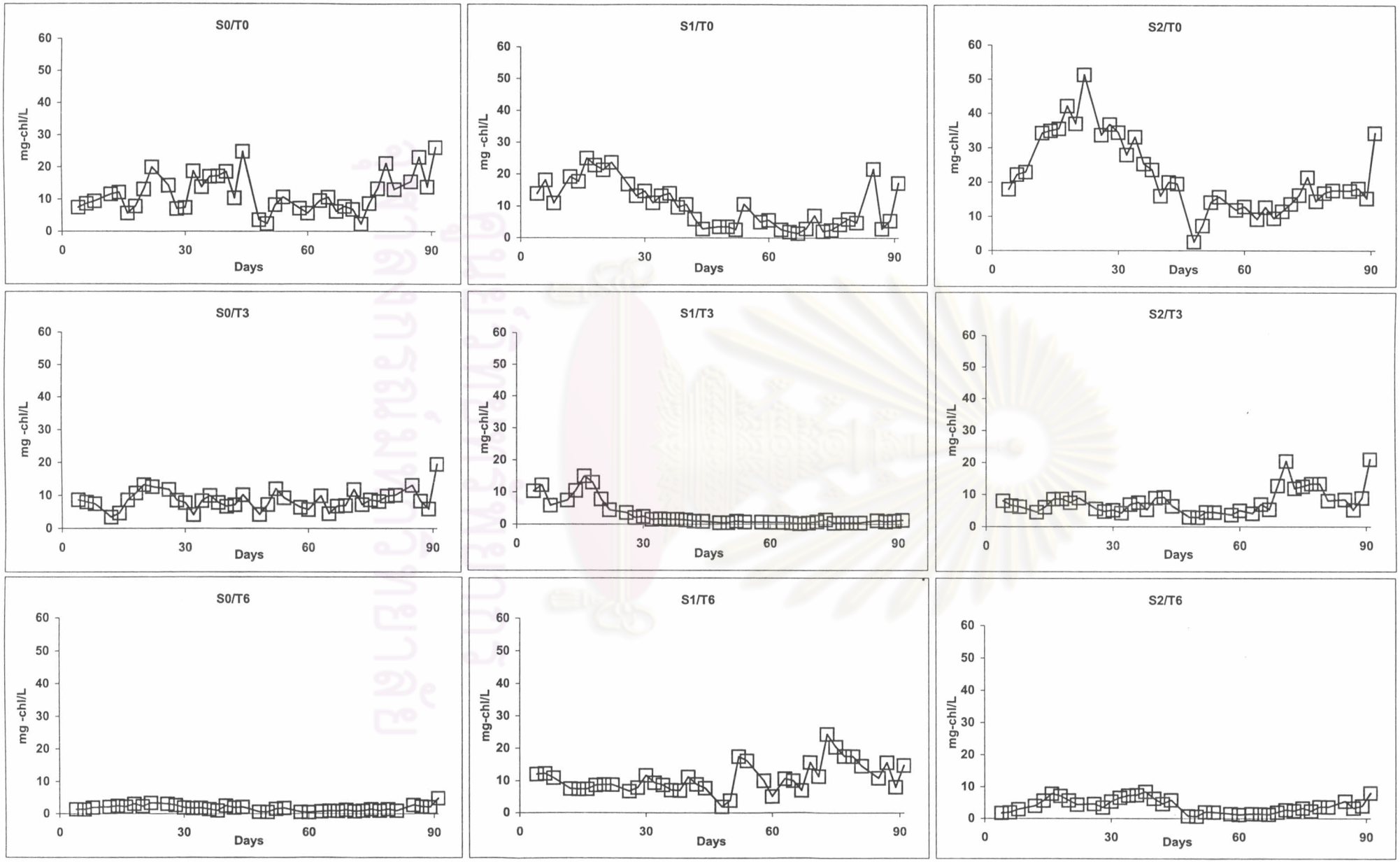
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การสร้างเซลล์ของสาหร่ายสไปรูลินาที่ระดับความหนาแน่น 4.2 x10^6ไตรโคม/ลิตร และ 8.4 x10^8 ไตรโคม/ลิตร

ตรวจวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินาโดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยสุ่มน้ำจากถังทดลองแต่ละถังขึ้นมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ ของสาหร่ายสไปรูลินา ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 3 เดือน

พบว่าชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินาสูงที่สุดคือ ชุด S2/T0 มีค่าเฉลี่ย 21.9790 mg-chl/L และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.5819-51.2925 mg-chl/L (ภาคผนวก ค)ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังแสดงใน ภาพที่ 4-5 และตารางที่ 4-13, 4-14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-5 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมคลอโรฟิลล์ต่อลิตร) ในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมคลอโรฟิลล์/ลิตร) ตลอดการทดลอง 3 เดือน

Treatment	Min (mg-chl/L)	Max (mg-chl/L)	Average (mg-chl/L)
S0/T0	2.3102	26.1286	11.6760^{b}
S1/T0	1.3900	25.0548	$10.3150^{b,c,d}$
S2/T0	2.5819	51.2925	21.9790^{a}
S0/T3	3.3870	19.5070	$8.6030^{c,d}$
S0/T6	0.4243	4.9012	1.7420^{e}
S1/T3	0.2250	15.0107	3.2070^{e}
S1/T6	1.9417	24.3650	$10.9040^{b,c}$
S2/T3	2.8928	21.0455	7.8440^{d}
S2/T6	0.6428	8.4798	3.9050^{e}

ตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมคลอโรฟิลล์/ลิตร) ของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

Total Chl.	S0	S1	S2
T0	11.676^{b}	$10.315^{b,c,d}$	21.979^{a}
T3	$8.603^{c,d}$	3.207^{e}	7.844^{d}
T6	1.742^{e}	$10.904^{b,c}$	3.905^{e}

เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสถิติโดยวิธี Duncan 's new multiple range test และ Linear regression analysis (ภาคผนวก ค) พบว่า ตลอดการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายสไปรูลินาชุด S2/T0 กับชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการวิเคราะห์ Linear regression analysis พบว่า ชุด S2/T0 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.2089 mg-chl/L ต่อวัน ($P<0.05$) ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุด S2/T0 ดังแสดงในตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมคลอโรฟิลล์/ลิตร) ตามเวลาแต่ละชุดการทดลอง

Treatment	Total chl. = a+b(day)	N	R^2
S0/T0	No Effect	80	0.0068
S1/T0	Y = 17.9267 – 0.1632day	80	0.2882
S2/T0	Y =31.7237 – 0.2089day	80	0.1859
S0/T3	No Effect	80	0.0047
S0/T6	No Effect	80	0.0109
S1/T3	Y = 8.6771 – 0.1173day	80	0.2293
S1/T6	Y = 7.5819 + 0.0712day	80	0.0506
S2/T3	Y = 4.9685 + 0.0616day	80	0.0561
S2/T6	Y = 7.6551 – 0.0161day	80	0.0147

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลและกุ้งกุลาดำ

4.3.1 กุ้งกุลาดำ

การเจริญเติบโต

จากการทดลองตลอดระยะเวลา 3 เดือน จะเห็นได้ว่า ในชุดควบคุม S0/T0 มีผลผลิตที่ต่ำที่สุด คือ 47.46 กรัม ส่วนชุดที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S2/T6 ซึ่งผลผลิตที่ได้คือ 164.4 กรัม (ภาพที่ 4-6)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว กับชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย พบว่าชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว ที่ความหนาแน่น 4.2 $x10^8$ และ 8.4 $x10^8$ ไตรโคม/ลิตร ผลผลิตกุ้งกุลาดำที่ได้ คือ 81.07 และ 146.97 กรัม ตามลำดับ มากกว่าผลผลิตของชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย จำนวน 3 และ 6 ตัว (ภาพที่ 4-6)

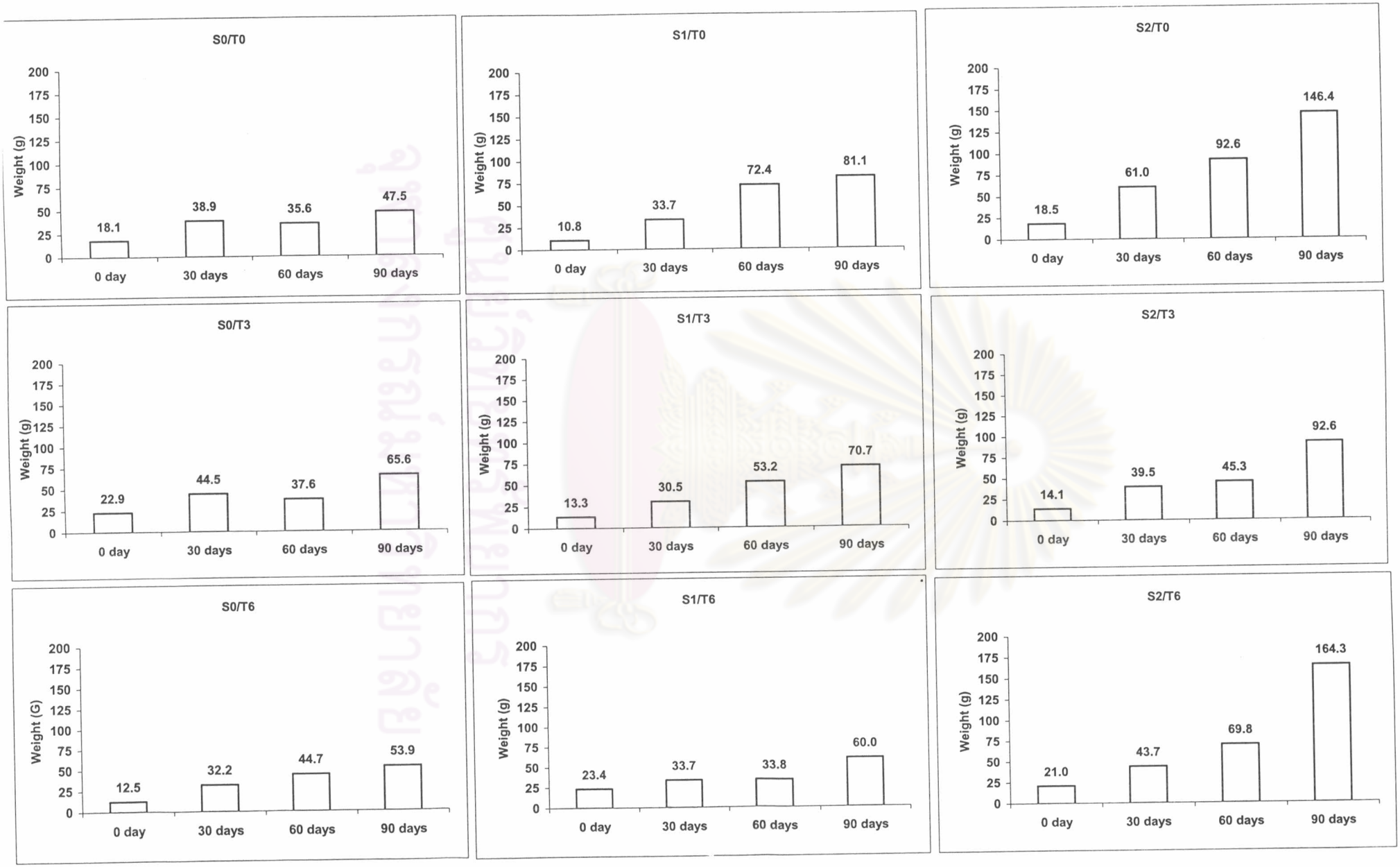
เมื่อพิจารณาเฉพาะความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา พบว่าการเติมสาหร่ายสไปรูลินาที่ความหนาแน่นสูงกว่าให้ผลผลิตได้มากกว่า คือได้ผลผลิตกุ้งกุลาดำ 146.4 กรัม และในชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินาร่วมกับการเลี้ยงปลานิล ผลผลิตที่ได้ของกุ้งกุลาดำเป็นไปในทางเดียวกันคือ ชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินาความหนาแน่นเดียวกัน ชุดที่มีปลานิลจำนวน 3 ตัว จะให้ผลผลิต ที่มากกว่าชุดที่มีปลานิล 6 ตัว

ชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินา 4.2 x 10^8 ไตรโคม/ลิตร และเลี้ยงปลานิล 3 ตัว ผลผลิตกุ้งกุลาดำที่ได้คือ 70.72 กรัม ส่วนชุดที่เลี้ยงปลานิลร่วมด้วย 6 ตัว จะได้ผลผลิต 60.02 กรัม และที่ความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา 8.4 x 10^8 ไตรโคม/ลิตร และปลานิล 3 ตัว ผลผลิตกุ้งกุลาดำที่ได้คือ 92.59 กรัม ส่วนชุดที่เลี้ยงปลานิลร่วมด้วย 6 ตัว จะได้ผลผลิต 164.3 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-16 ผลผลิตของกุ้งกุลาดำทั้ง 2 replicate ที่ได้ในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Total Weight (g)	S0	S1	S2
T0	47.46	81.07	146.4
T3	65.63	70.72	92.59
T6	53.89	60.02	164.3



ภาพที่ 4-6 ผลผลิตของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดการทดลองตลอดระยะเวลา 3 เดือน

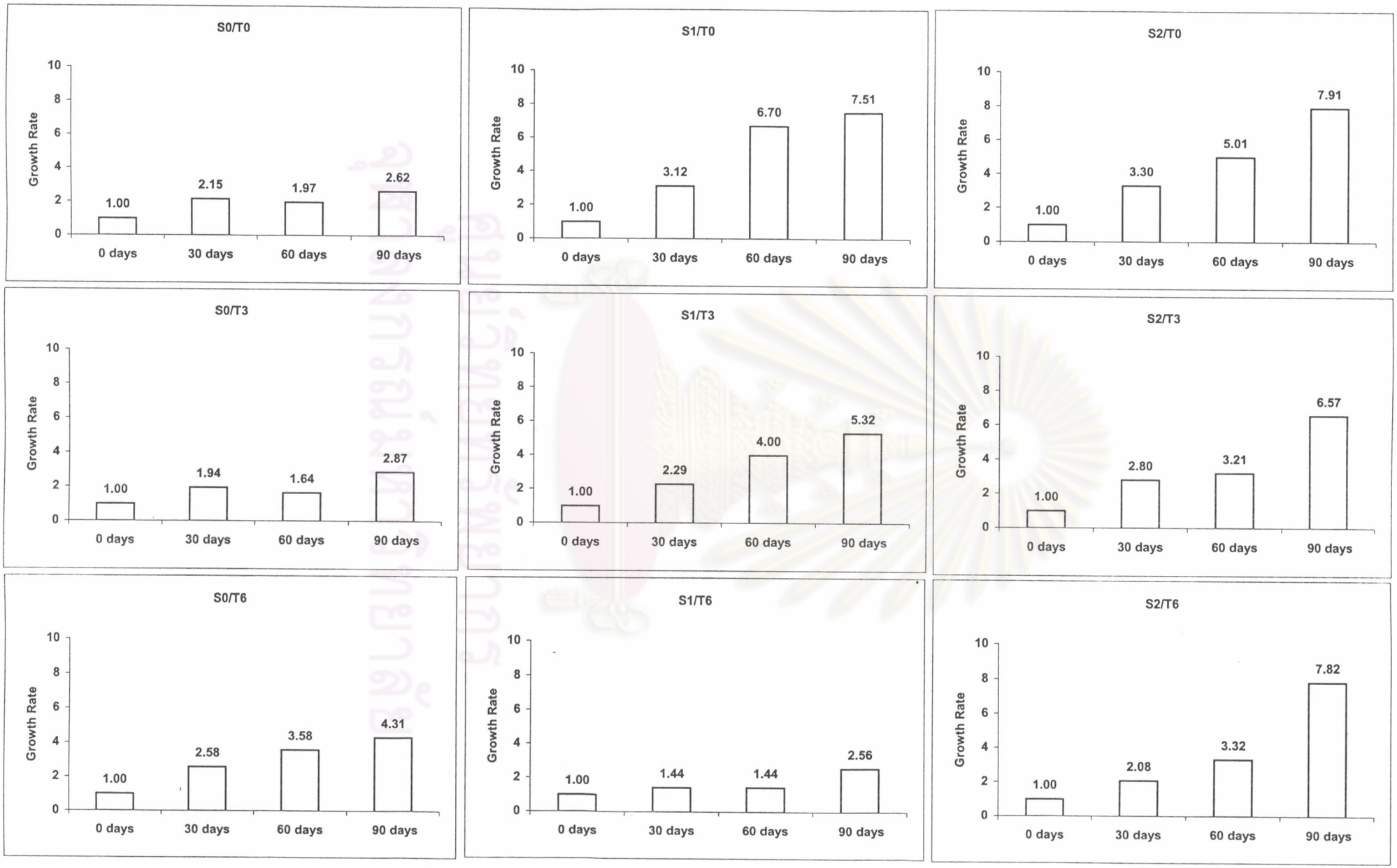
อัตรารอด

จากการทดลอง พบว่า ในชุดควบคุม S0/T0 มีอัตรารอดต่ำที่สุด คือเหลือเพียง 5 ตัว จาก 24 ตัว ส่วนชุดที่มีอัตรารอดสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S2/T6 เหลือกุ้งกุลาดำรอด 13 ตัว จาก 24 ตัว คิดเป็นอัตรารอด 20.8 และ 54.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4-7,8)

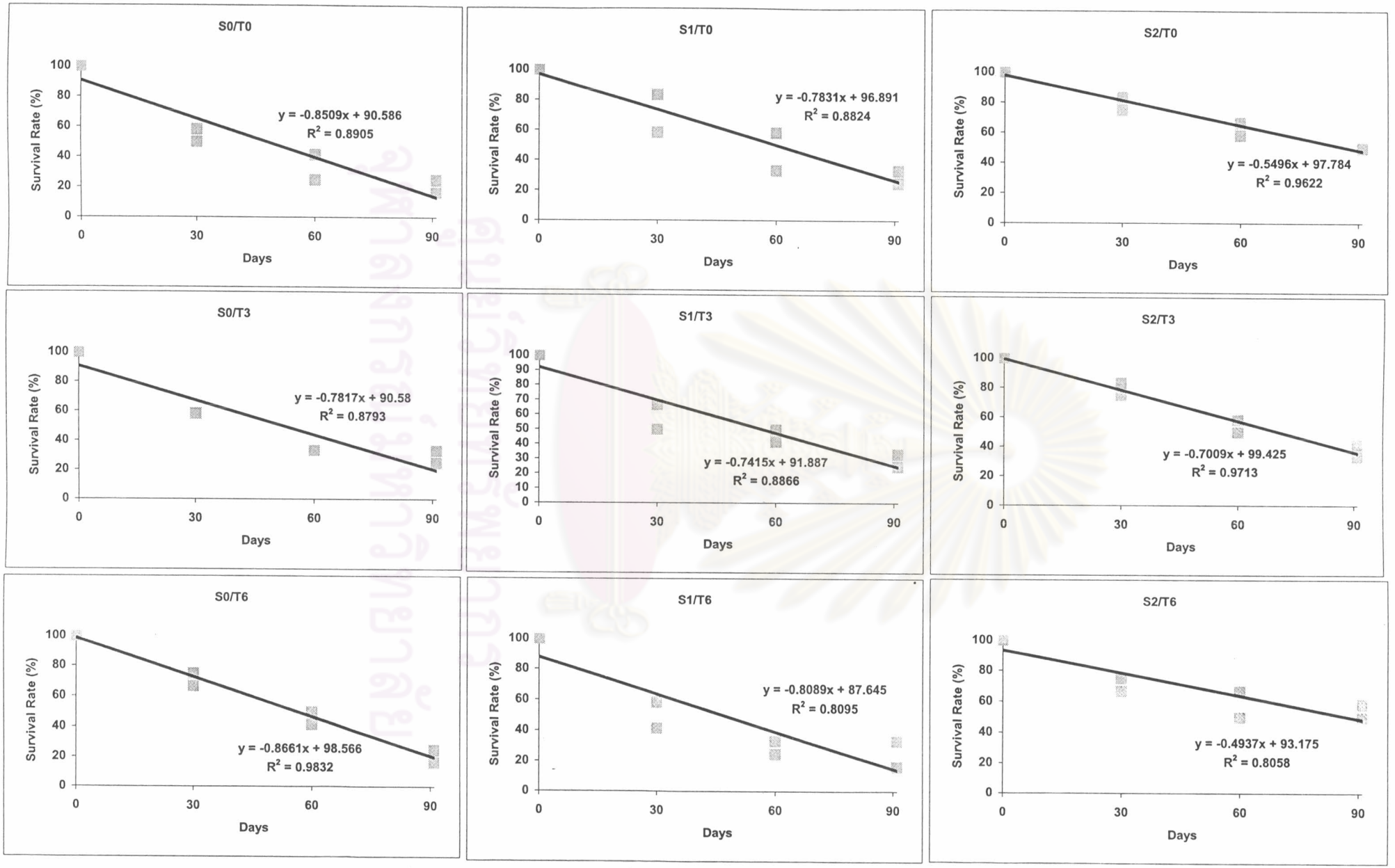
เมื่อเปรียบเทียบอัตรารอดระหว่างชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว กับชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย พบว่าชุดการทดลองที่เติมสาหร่ายสไปรูลินาเพียงอย่างเดียว ที่ความหนาแน่น 4.2 $x10^8$ และ 8.4 $x10^8$ ไตรโคม/ลิตร อัตรารอดของกุ้งกุลาดำ คือ 7 และ 12 ตัว คิดเป็นอัตรารอด 29.2 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลผลิตของชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย จำนวน 3 และ 6 ตัว

เมื่อพิจารณาเฉพาะความหนาแน่นของสาหร่ายสไปรูลินา พบว่าการเติมสาหร่ายสไปรูลินาที่ความหนาแน่นสูงกว่ามีอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำมากกว่า คือมีกุ้งกุลาดำเหลือรอด 12 ตัว ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาความหนาแน่นต่ำกว่า มีกุ้งกุลาดำเหลือรอด 7 ตัว คิดเป็นอัตรารอด 29.2 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-7 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน



ภาพที่ 4-8 อัตรารอดของกุ้งกุลาดำทั้ง 2 replicate ในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

4.3.2 **ปลานิล**

<u>การเจริญเติบโต</u>

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ในชุดการทดลอง S0/T6 และชุด S2/T6 มีผลผลิตของปลานิลที่ต่ำ และใกล้เคียงกัน คือ 56.96 กรัม และ 53.17 กรัม ตามลำดับ ส่วนชุดที่ให้ผลผลิตปลานิลสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S1/T3 ซึ่งผลผลิตที่ได้ คือ 92.45 กรัม

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างชุดการทดลองที่เลี้ยงปลานิลร่วมด้วยเพียงอย่างเดียว พบว่าในชุดการทดลองเลี้ยงปลานิล 3 ตัว (S0/T3) ได้ผลผลิตมากกว่าชุดที่มีปลานิล 6 ตัว (S0/T6) คือ 65.75 กรัม และ 56.96 กรัม ตามลำดับ

เมื่อดูผลผลิตปลานิลในชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาร่วมด้วย พบว่าชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาความหนาแน่น 4.2 $x10^8$ ไตรโคม/ลิตร ผลผลิตปลานิลที่ได้มากกว่าชุดการทดลองที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลินาความหนาแน่น8.4 $x10^8$ ไตรโคม/ลิตร ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 ผลผลิตของปลานิลทั้ง 2 replicate ที่ได้ในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Total Weight (g)	S0	S1	S2
T0	none	none	none
T3	65.75	95.45	79.06
T6	56.96	78.64	53.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตรารอด

จากการทดลองทั้ง 2 replicate พบว่า ในชุดที่มีปริมาณปลานิล 3 ตัวเท่ากัน ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลานิลอย่างเดียว (S0/T3) มีอัตรารอดต่ำที่สุด คือเหลือเพียง 2 ตัว จาก 6 ตัว ส่วนชุดที่มีอัตรารอดสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S1/T3 เหลือปลานิลรอด 5 ตัว จาก 6 ตัว

ในชุดที่มีปริมาณปลานิล 6 ตัวเท่ากัน ชุดที่มีอัตรารอดต่ำที่สุด คือ ชุดการทดลอง S2/T6 คือเหลือเพียง 4 ตัว จาก 12 ตัว ส่วนชุดที่มีอัตรารอดสูงที่สุดคือ ชุดการทดลอง S0/T6 เหลือปลานิลรอด 7 ตัว จาก 12 ตัว

ตารางที่ 4-18 จำนวนรอดของปลานิล ทั้ง 2 replicate ในชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลานิลร่วมด้วย

Days	S0/T3	S0/T6	S1/T3	S1/T6	S2/T3	S2/T6
0	6	12	6	12	6	12
30	5	11	5	10	6	10
60	3	7	5	9	6	8
90	2	7	5	6	4	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ปัจจัยอื่นๆ

การตรวจวัดปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และความเข้มแสง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน (ภาคผนวก ง) ค่าเฉลี่ยที่ทำการวัดได้ สรุปไว้ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และความเข้มแสง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน

พารามิเตอร์	**ช่วงของค่าเฉลี่ย**
อุณหภูมิ	27.5 - 29.0 องศาเซลเซียส
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	7.6 - 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	8.5 - 9.30
ความเข้มแสง	15,000 – 25,000 ลักซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย