ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ไนเตรต และฟอสเฟต ต่อการเติบโต และสัณฐานวิทยาของ *Gymnodinium catenatum*

นางสาวดาริน ผนึกทรัพย์สกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF TEMPERATURE, SALINITY, NITRATE AND PHOSPHATE ON GROWTH AND MORPHOLOGY OF *Gymnodinium catenatum*

Miss Darin Panuksubsakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

500502

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ไนเตรต และฟอสเฟต ต่อการเติบโตและสัณฐานวิทยาของ *Gymnodinium catenatum*
โดย	นางสาวดาริน ผนึกทรัพย์สกุล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมถวิล จริตควร)

ดาริน ผนึกทรัพย์สกุล : ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ไนเตรต และฟอสเฟต ต่อการเติบโตและสัณฐานวิทยาของ *Gymnodinium catenatum*. (EFFECTS OF TEMPERATURE, SALINITY, NITRATE AND PHOSPHATE ON GROWTH AND MORPHOLOGY OF *Gymnodinium catenatum*) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ, 132 หน้า.

Gymnodinium catenatum เป็นแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตที่เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำเปลี่ยนสี และสร้างชีวพิษประเภทพิษอัมพาตในหอย (Paralytic Shellfish Poisoning:PSP) แพลงก์ตอนพืชชนิดนี้แยกเซลล์ได้จากบริเวณแหลมแท่น อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ทำการเลี้ยง และทดลองที่ห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนพืช โดยใช้น้ำทะเลสังเคราะห์ที่เติมจากอาหารสูตร T1 ความเข้มแสงตลอดการทดลองในตู้เลี้ยงแพลงก์ตอนพืชมีค่า 76 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ช่วงเวลาสว่าง : ช่วงเวลามืด เท่ากับ 12 : 12 ชั่วโมง โดยปกติลักษณะทางสัณฐานวิทยาเซลล์ที่เพาะเลี้ยงพบทั้งเซลล์เดี่ยว และเซลล์ที่เรียงต่อกันเป็นสายตั้งแต่ 4, 6, 8 และ 16 เซลล์ ขนาดของเซลล์เดี่ยวมีความกว้าง 37-40 µm และความยาว 40-55 µm เซลล์ที่เรียงตัวกันเป็นสายจะมีขนาดเล็กกว่าเซลล์เดี่ยว โดยมีความกว้าง 35-45 µm และความยาว 31-39 µm แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็ม ต่อการเติบโต และสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum* ทดลองเลี้ยงที่อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 20, 25, 28 และ 31 องศาเซลเซียส ต่อความเค็ม 6 ระดับ คือ 10, 15, 20, 28, 35 และ 40 psu พบว่า เซลล์เติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเค็ม 28 psu โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเติบโตสูงสุดเท่ากับ 0.36 ต่อวัน *G. catenatum* ไม่สามารถเติบโตได้ในอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 psu ลักษณะเซลล์เปลี่ยนแปลงไปคล้ายซีสต์ชั่วคราว ในภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเติบโตเซลล์จะขาดจากกันเป็นเซลล์เดียว และมีความยาวของสายสั้น

ส่วนที่สองศึกษาผลของไนเตรต และฟอสเฟต ต่อการเติบโต และสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum* โดยปรับความเข้มข้นของไนเตรต 7 ระดับ คือ 0.5, 5, 10, 15, 25, 50 และ 75 µg-at N l^{-1} และฟอสเฟต 5 ระดับ คือ 0.33, 1.62, 3.25, 6.50 และ 32.50 µg-at P l^{-1} พบว่า เติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในระดับความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตมีค่า 25 µg-at N l^{-1} และ 3.25 µg-at P l^{-1} ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเติบโตสูงสุดเท่ากับ 0.44 ต่อวัน ผลของปัจจัยไนเตรต และฟอสเฟต มีผลต่อการการเติบโตของ *G. catenatum* ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง และลักษณะเซลล์ ในชุดการทดลองนี้

ภาควิชา.....วิทยาศาสตร์ทางทะเล..... ลายมือชื่อนิสิต.....ดาริน ผนึกทรัพย์สกุล.....

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์ทางทะเล..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2550.....

4772299023: MAJOR MARINE SCIENCE

KEY WORD: *Gymnodinium catenatum* / TEMPERATURE / SALINITY / NITRATE / PHOSPHATE

DARIN PANUKSUBSAKUL : EFFECTS OF TEMPERATURE, SALINITY, NITRATE AND PHOSPHATE ON GROWTH AND MORPHOLOGY OF *Gymnodinium catenatum*. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THAITHAWORN LIRDWITAYAPRASIT, Ph.D., 132 pp.

The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* used in this study was isolated from Leam-Tan, Chonburi Province, Thailand. The clonal culture of this species was maintained in artificial seawater enriched with T1 medium. Light intensity of 76 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ was provided by fluorescence lamp at 12 :12 hours light : dark cycle. Normally both single vegetative cells and chain forming cells of *G. catenatum* could be observed in the culture. The cell numbers in one chain could be found 4, 6, 8 and 16 cells and occasionally 32 cells in rapid growing cultures. The size of single cell varied from 37-40 µm long and 40-55 µm width. In the chain forming cells, cell size was a little bit smaller than a single vegetative cell with 35-45 µm long and 31-49 µm width.

The study was divided into two parts; the first part was the effects of temperature and salinity on growth and cell morphology of *G. catenatum* which were conducted at temperature levels of 20, 25, 28 and 31 °C and at salinity levels of 10, 15, 20, 28, 35 and 40 psu. The results showed that the maximum growth rate of 0.36 divisions/day was obtained from cell cultured at 25 °C and 28 psu. *G. catenatum* could not survive at 31 °C and 10 psu and cells were changed to temporary cyst like. In such conditions, the chains have become shorten or broken down to be into single cells.

The second part was the effect of nitrate and phosphate on growth and cell morphology of *G. catenatum* which were conducted $NaNO_3$ (N source) and NaH_2PO_4 (P source) at concentrations of 0.5, 5, 10, 15, 25, 50 and 75 µg-at N l^{-1} and 0.33, 1.62, 3.25, 6.50 and 32.50 µg-at P l^{-1}, respectively. The results showed that the maximum growth rate of 0.44 divisions/day was obtained at NO_3^- N 25 µg-at N l^{-1} and PO_4- P 3.25 µg-at P l^{-1}. The influence of those nutrients might effect on growth of *G. catenatum* only. There were no any abnormal cells were observed in these experiments.

Department:.....Marine Science ..... Student's Signature:.....ดริน ผนิกทรัพย์สุข.....

Field of Study:.....Marine Science ..... Advisor's Signature:.....

Academic Year:....2007.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ แนะนำเอกสาร และแนวคิดที่เป็นประโยชน์ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ประธานกรรมสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมถวิล จริตควร รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน และ รองศาสตราจารย์ ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบ และให้การแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง รองศาสตราจารย์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ ที่ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณอารมณ์ เพิ่มนาม คุณชลธยา ทรงรูป คุณรุจินาถ ศรีวุ่น คุณชัชฎาภรณ์ สรรคอนุรักษ์ คุณอิงอร ทองคำดี คุณปุณรัชมิ์ ก่อเจริญวัฒน์ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัย

ขอบขอบคุณ คุณอภิชาติ และคุณสุรัตน์ พรหมทอง คุณวรุต ผนึกทรัพย์สกุล คุณสุทธิพร ตันสกุล คุณกตัญชฬี นามปักษา คุณเอกราช ภูฆัง คุณสินสินี แก้วจร คุณศิริพร กลอดแก้ว ที่ให้คำแนะนำ กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบเท้าคุณพ่อวิรัตน์ และคุณแม่สุพิศ ผนึกทรัพย์สกุล คุณยายพริ้ม ต้องเซ่งกี่ ที่เป็นสิ่งยึดเหนี่ยว และเป็นกำลังใจให้ประสบผลสำเร็จในการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1

วัตถุประสงค์..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

อนุกรมวิธาน..... 4

ลักษณะทั่วไป..... 4

การสืบพันธุ์..... 7

การกระจาย..... 9

ลักษณะการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช..... 10

ปัจจัยที่สำคัญต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช..... 11

การปรับตัวของแพลงก์ตอน..... 15

การเกิดพิษเนื่องจาก *G. catenatum*..... 17

ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี..... 19

3. วิธีการศึกษา..... 21

แพลงก์ตอนพืชที่ใช้ในการทดลอง..... 21

การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง..... 21

การเตรียมน้ำทะเลสังเคราะห์..... 21

สารอาหาร..... 22

สภาพแวดล้อมของตู้บ่มเชื้อ..... 23

การเตรียม *G. catenatum* สำหรับใช้ในการทดลอง..... 23

บทที่

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า in vivo fluorescence ที่วัดด้วยเครื่อง Fluorometer กับการนับเซลล์ใต้กล้องจุลทรรศน์ 24
การทดลองเพื่อศึกษาระดับของปัจจัยอุณหภูมิ ความเค็ม ไนเตรต และ ฟอสเฟต ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของ *G. catenatum* 24
4. ผลการศึกษา 28
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า in vivo fluorescence กับจำนวนเซลล์ 28
ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ในชุดควบคุม 29
การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิ และความเค็ม ต่อการเติบโต และสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum* 31
การศึกษาปัจจัยไนเตรต และฟอสเฟต ต่อการเติบโต และสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum* 55
5. อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 60
อภิปรายผลการวิจัย 60
สรุป 65
ข้อเสนอแนะ 67
รายการอ้างอิง 68
ภาคผนวก 74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 132

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	*G. catenatum* ที่พบตามส่วนต่างๆ ของโลก.....	9
2.2	การเติบโตของ *G. catenatum* ในแต่ละพื้นที่.....	13
2.3	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในช่วงอุณหภูมิ และความเค็มที่แตกต่างกันของ *G. catenatum*.....	14
2.4	ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี.....	20
3.1	แผนการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิ ต่อความเค็ม ที่เหมาะสมต่อการเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum*.....	25
3.2	แผนการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของไนเตรต ต่อฟอสเฟต ที่เหมาะสมต่อการเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของ *G. catenatum*.....	25
4.1	ขนาดเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	37
4.2	ขนาดเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	44
4.3	ขนาดเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	48
4.4	ขนาดเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	52
5.1	เปรียบเทียบการเติบโตของ *G. catenatum* ในแต่ละพื้นที่.....	63

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะเซลล์เดี่ยวของ *G. catenatum*.....	5
2.2	ลักษณะเซลล์ที่มีการเรียงตัวต่อกันเป็นสายของ *G. catenatum*.....	6
2.3	ลักษณะซีสต์ของ *G. catenatum*.....	6
2.4	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ *G. catenatum*.....	7
2.5	การแบ่งเซลล์ในแนวเฉียง(oblique division).....	8
2.6	การแบ่งเซลล์ในแนวเฉียง (oblique division) ของเซลล์ *G. catenatum* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง.....	8
2.7	กราฟการเติบโตของสาหร่าย.....	10
2.8	โครงสร้างของพิษอัมพาตในหอย (Paralytic shellfish poison : PSP).....	19
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า in vivo fluorcesence กับจำนวนเซลล์.....	28
4.2	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ในชุดควบคุม.....	30
4.3	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	31
4.4	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	32
4.5	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่มีการเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	32
4.6	ลักษณะของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 psu.....	35
4.7	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 15 psu ในระยะ death phase.....	36
4.8	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 20 psu ในระยะ death phsse.....	36
4.9	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 35 psu	36
4.10	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	38
4.11	การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	39

รูปที่		หน้า
4.12	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่มีการเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	39
4.13	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน.....	42
4.14	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน.....	43
4.15	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน.....	43
4.16	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	45
4.17	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	46
4.18	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของ *G. catenatum* ขณะที่มีการเติบโตสูงสุด (ปลายระยะเอกซ์โพเนนเชียล) ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	46
4.19	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	49
4.20	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	50
4.21	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่การเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	50
4.22	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ ต่อความเค็มที่ระดับต่างกัน.....	53
4.23	การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ความเข้มข้นไนเตรตแต่ละระดับ ต่อฟอสเฟตที่ความเข้นข้นทุกระดับ, ซ. การเติบโตของ *G. Catenatum* ในชุดควบคุม.....	57
4.24	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในปัจจัยของไนเตรต ต่อฟอสเฟต.....	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะเซลล์เดี่ยวของ *G. Catenatum*.....	5
2.2	ลักษณะเซลล์ที่มีการเรียงตัวต่อกันเป็นสายของ *G. Catenatum*.....	6
2.3	ลักษณะซีสต์ของ *G. Catenatum*.....	6
2.4	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ *G. catenatum*.....	7
2.5	การแบ่งเซลล์ในแนวเฉียง(oblique division).....	8
2.6	การแบ่งเซลล์ในแนวเฉียง (oblique division) ของเซลล์ *G. catenatum* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง.....	8
2.7	กราฟการเติบโตของสาหร่าย.....	10
2.8	โครงสร้างของพิษอัมพาตในหอย (Paralytic shellfish poison : PSP).....	19
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า in vivo fluoresence กับจำนวนเซลล์.....	28
4.2	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ในชุดควบคุม.....	30
4.3	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	31
4.4	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	32
4.5	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่มีการเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	32
4.6	ลักษณะของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 psu	35
4.7	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 15 psu ในระยะ death phase.....	36
4.8	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 20 psu ในระยะ death phsse	36
4.9	ลักษณะเซลล์ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ความค็ม 35 psu.....	36
4.10	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	38
4.11	การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	39

ภาพที่		หน้า
4.12	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่มีการเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	39
4.13	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน.....	42
4.14	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน.....	43
4.15	ลักษณะเซลล์ของ *G. catenatum* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20 psu ช่วงที่เซลล์ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอย่างฉับพลัน	43
4.16	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	45
4.17	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	46
4.18	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของ *G. catenatum* ขณะที่มีการเติบโตสูงสุด (ปลายระยะเอกซ์โพเนนเชียล) ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มต่างกัน.....	46
4.19	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	49
4.20	การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	50
4.21	สัดส่วนการเรียงตัวเป็นสาย (chain forming) ของเซลล์ *G. catenatum* ในช่วงที่การเติบโตสูงสุด (ช่วงปลายของ exponential phase) ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน.....	50
4.22	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ ต่อความเค็มที่ระดับต่างกัน.....	53
4.23	การเติบโตของ *G. catenatum* ที่ความเข้มข้นไนเตรตแต่ละระดับ ต่อฟอสเฟตที่ความเข้นข้นทุกระดับ, ช. การเติบโตของ *G. Catenatum* ในชุดควบคุม.....	57
4.24	สัมประสิทธิ์การเติบโตของ *G. catenatum* ในปัจจัยของไนเตรต ต่อฟอสเฟต	58