การผลิตสารกำจัดแมลงศัตรูพืชจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

PRODUCTION OF INSECTICIDAL COMPOUNDS FROM CYANOBACTERIUM *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 IN OUT-DOOR POND

วัชรีพร ลือดำหาญ
WATCHAREEPORN LUAKHUMHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-395-1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตสารกำจัดแมลงศัตรูพืชจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

PRODUCTION OF INSECTICIDAL COMPOUNDS FROM CYANOBACTERIUM *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 IN OUT-DOOR POND

T040617

วัชรีพร ลือคำหาญ

WATCHAREEPORN LUAKHUMHAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40617
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2544

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-395-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF INSECTICIDAL COMPOUNDS FROM CYANOBACTERIUM *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 IN OUT-DOOR POND

WATCHAREEPORN LUAKHUMHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2001
ISBN 974-648-395-1

COPYRIGHT 2001
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตสารกำจัด แมลงศัตรูพืชจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

PRODUCTION OF INSECTICIDAL COMPOUNDS FROM CYANOBACTERIUM *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 IN OUT-DOOR POND

ชื่อนักศึกษา นางสาววัชรีพร ลือคำหาญ

รหัสประจำตัว 40065213

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.นวรัตน์	ปานแย้ม	
รศ.ดร.ดุษณี	ธนะบริพัฒน์	
ดร.อาภารัตน์	มหาขันธ์	
ผศ.ดร.นวลพรรณ	ณ ระนอง	
นายอุทัย	เกตุนุติ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 23 สิงหาคม 2544 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ ชั้น 2 ห้อง 215

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 **เดือน** กันยายน **พ.ศ.** 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตสารกำจัดแมลงศัตรูพืชจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง
นักศึกษา	นางสาววัชรีพร ลือคำหาญ
รหัสประจำตัว	40065213
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ดุษณี ธนะบริพัฒน์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. อาภารัตน์ มหาขันธ์

บทคัดย่อ

ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง โดยทดสอบอาหาร 3 สูตร คือ สูตรอาหาร BGA BGA ดัดแปลงด้วยการเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร (BGA+N) และ BGA+N ลดปริมาณธาตุอาหารหลักลงครึ่งหนึ่ง (half BGA+N) พบว่าสูตรอาหาร BGA+N มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากที่สุด โดยสาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงสุดในวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นกับ gentamicin เท่ากับ 0.39 ถึง 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย โดยช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร และพบว่าสารออกฤทธิ์ที่ผลิตในวันที่ 21 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง สามารถควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* (Hubner)) วัย 2 ได้ดี โดยมีผลต่อการตายของหนอนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 33.33 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนดีที่สุด โดยหนอนมีน้ำหนักน้อยกว่าหนอนในชุดควบคุม 8 ถึง 12 เท่า

จากการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 โดยเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA + N ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 0.06 และ 0.1 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายมากที่สุด โดยวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงที่สุดคิดเทียบเป็นความเข้มข้นกับ gentamicin เท่ากับ 0.27 ถึง 0.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย โดยช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.5 กรัมต่อลิตร และสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตได้ในวันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 ได้ดี โดยมีผลต่อการตายของหนอนคิดเป็น 38.33 เปอร์เซ็นต์ และมีผลทำให้หนอนมีน้ำหนักน้อยกว่าหนอนในชุดควบคุม 5 เท่า

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอม โดยทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง สารไล่แมลง และสารยับยั้งการกินที่ความเข้มข้น 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบเปรียบเทียบกับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบว่าสารสกัดสาหร่ายมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงและสารยับยั้งการกิน โดยฤทธิ์ในการในการฆ่าแมลงของสารสกัดเป็นฤทธิ์ไม่เฉียบพลัน ดังจะเห็นได้จากสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงการตายของหนอนในวันที่ 3 มีค่า 96 - 100 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินในหนอน 89 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในระดับกระถางกลางแจ้งที่ความเข้มข้น 1 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ เปรียบเทียบกับการใช้สารสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบว่าสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 ได้ดี โดยในวันที่ 3 หลังการทดลองพบว่าสามารถฆ่าหนอนได้สูงถึง 74.3 เปอร์เซ็นต์ และมีผลทำให้หนอนมีน้ำหนักน้อยกว่าหนอนในชุดควบคุม 4 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Production of Insecticidal Compounds from Cyanobacterium *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 in Out-door Pond
Student	Miss Watchareeporn Luakhumhan
Student ID.	40065213
Degree	Master of Science
Programme	Biotechnology
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Dusanee Thanaboripat
Thesis Co-advisor	Dr. Aparat Mahakhant

ABSTRACT

An optimization of medium cultivation for the growth and bioactive compound production of the blue-green algae, *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 was studied in an outdoor ponds. BGA medium, modified BGA medium with the addition of $NANO_3$ 1.5 g/l (BGA+N) and modified BGA+N medium with the reduction of all macronutrients to half concentration (half BGA+N) were studied in this experiment. The optimum medium for the growth and bioactive compound production was obtained by BGA+N medium. The highest production of bioactive compounds (as standard gentamicin equivalent) of 0.39 to 0.72 mg/g (algal dry weight) was during the 20^{th} to 22^{nd} day of cultivation with algal growth of 0.4 g (dry weight) / l. The bioactive compounds produced on the 21^{st} and 22^{nd} day of cultivation showed the best inhibition on the growth of beet armyworm (*Spodoptera exigua* (Hubner)) larva-II with the average weight of the worm at 8 to 12 times lower than the control and gave mortality of 33.33 to 50%.

A study on optimal inoculum for the growth and bioactive compound production was applied to 3 inocula : 0.03, 0.06 and 0.1 g (dry weight)/l of initial cells inoculum of cultivation on BGA+N medium.The inoculum of 0.06 g (dry weight)/l was the most suitable condition for the growth and bioactive compound production. Algal extract harvested on the 20^{th} to 22^{nd} day of cultivation was considered optimal to the growth and bioactive compound production. This alga produced cell density of 0.5 g (dry weight)/l and bioactive compound (as standard gentamicin equivalent) between 0.27 to 0.53 mg/g (algal dry weight). Algal extract harvested on the 20^{th} day of cultivation was

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

effective on the worm larva-II in the highest average mortality of 38.33% and average weight of the worm at 5 times lower than the control.

The efficiency of crude extract from *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 to control beet armyworm was conducted in laboratory for insecticidal , repellent and antifeedant activity at concentrations of 1, 3, 5 ,7 and 10 % (w/v) in comparision to 0.25 % (v/v) neem extract. The result showed that algal extract had potential as insecticide and antifeedant . The crude algal extract at the concentrations of 3 to 10% (w/v) showed the chronic insecticidal effectiveness on worm with 96-100 % of mortality on the 3nd day after treating and expressed the inhibition on feeding of beet armyworm larva-II for 89 to 100%.

The effectiveness of crude extract from *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 to control beet armyworm larva-II on field test pot at the concentrations of 1, 3, 5 and 7% (w/v) was studied in comparision to 0.5% neem extract. The 5% algal extract concentration had potential to control worm. After treating for 3 days, the mortality was as high as 74.3% and the average weight of worm was 4 times lesser than the control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ. ดร. ดุษณี ธนะบริพัฒน์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งกรุณาให้ทั้งความรู้ คำปรึกษา ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และตรวจแก้ไข ตลอดจนให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดมา และขอขอบคุณ ผศ. นวรัตน์ ปานแย้ม ผศ. ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง และอาจารย์ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจแก้และชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อุทัย เกตุนุติ กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ในกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพทุกท่าน ที่ได้เอื้อเฟื้อหนอน อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเลี้ยงหนอนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์จุลินทรีย์และธนาคารเชื้อพันธุ์แห่งชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณจิราภรณ์ วัฒนะกุล ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณจิราพัชร์ พลชัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจเป็นอย่างดีตลอดงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ และรำลึกถึงพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

วัชรีพร ลือคำหาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญรูป.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....4

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย.....5

2.2 การตอบสนองของเซลล์สาหร่ายต่อสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง.....8

2.3 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้ง.....14

2.4 การปูพื้นอ่าง.....15

2.5 ระบบการกวนและการทำให้เกิดคลื่นในระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย.....16

2.6 หนอนกระทู้หอม.....16

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย.....18

3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารฆ่าแมลงจากสาหร่าย
สีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252
ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง.....19

3.1.1 การศึกษาสูตรอาหาร BGA ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว
Hapalosiphon sp. TISTR 8252.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 การศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252.....20

3.1.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอม.....20

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารฆ่าแมลง.....22

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารไล่แมลง.....23

3.4 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารยับยั้งการกิน.....23

3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอม ในระดับกระถาง.....24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....61

5.1 สรุปผลการวิจัย.....61

5.2 ข้อเสนอแนะ.....63

บรรณานุกรม.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....71

ภาคผนวก ก.....72

ภาคผนวก ข.....73

ภาคผนวก ค.....75

ประวัติผู้เขียน.....108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ย ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงจากอาหารสูตรต่าง ๆ.....35

4.2 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ย ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA + N ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่าง ๆ.....43

4.3 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ย ในวันที่ 1 2 และ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ.....47

4.4 ผลเปอร์เซ็นต์หนอนกระทู้หอมที่ถูกไล่ ณ เวลาต่าง ๆ และระยะเวลา ในการไล่แมลงของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....53

4.5 ผลเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมวัย 3 เมื่อได้รับ สารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากการทดลอง 24 ชั่วโมง.....55

4.6 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 1 2 และ 3 และน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตและอุณหภูมิ ของ *Microcystis incerta* ที่ความเข้มแสง 20 ไมโครไอน์สไตล์ ต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามสมการของ Arrhenius.....13

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 โดยวิธี paper disc plate บน algal lawn ของ *A. siamensis* TISTR 8012.....21

4.1 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ภายใต้สภาพกลางแจ้งในบ่อกวนปริมาตร 1,000 ลิตร.....26

4.2 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในอาหารสูตรต่าง ๆ.....27

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 โดยวิธี paper disc plate บน algal lawn ของ *A. siamensis* TISTR 8012.....29

4.4 การเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในอาหารสูตรต่าง ๆ.....30

4.5 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 เพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ในอาหารสูตร BGA + N.....37

4.6 การเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ.....38

4.7 สภาพใบคะน้าอ่อนซึ่งทาด้วยสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากปล่อยให้หนอนกระทู้หอมกิน 3 วันหลังการทดลอง.....49

4.8 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารไล่แมลง.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 สภาพต้นคะน้าซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากปล่อยให้หนอนกระทู้หอมกิน 3 วัน ในการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

รูปแบบการผลิตทางการเกษตรได้มีการเปลี่ยนแปลงตามยุคสมัยตลอดเวลา เดิมการผลิตผลผลิตทางการเกษตรเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในครัวเรือน จากการปลูกพืชแบบผสมผสานกลายมาเป็นการผลิตเพื่อการค้า โดยมีรูปแบบการเพาะปลูกเป็นปลูกพืชหลายชนิดหรือชนิดเดียว จากวิทยาการและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จึงมีการเพิ่มปัจจัยการผลิตและการจัดการด้านต่าง ๆ มากขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้เครื่องทุ่นแรงทางการเกษตร การพัฒนาการไถพรวนดินเพื่อการจัดการดิน การใช้ปุ๋ย การใช้พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงทนต่อโรคและแมลง ตลอดจนการใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น

ในปัจจุบันการจัดการด้านการเกษตรได้เปลี่ยนรูปไปจากเดิม คือ การเน้นให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ซื้อในตลาดโลกและมีการลงทุนต่ำ เกษตรกรไทยจึงต้องมีการปรับตัวเพื่อให้ภาคเกษตรสามารถดำรงอยู่ได้ในสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งมีการแข่งขันของสินค้าเกษตรในตลาดโลกและปัญหาการกีดกันทางการค้าด้วยมาตรการที่ไม่ใช้ภาษีอากร ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานด้านกระบวนการผลิต มาตรฐานด้านสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสภาพการณ์เหล่านี้นับว่ามีผลกดดันการพัฒนาภาคเกษตรของไทยอย่างมาก อย่างไรก็ตามแม้ภาคเกษตรของไทยต้องเผชิญกับปัญหาและอุปสรรคหลายอย่าง แต่โอกาสการเพิ่มศักยภาพด้านผลผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้นั้นยังคงมีช่องทางที่ดำเนินการได้ โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เน้นการผลิตสินค้าเกษตรตามแนวทางการพัฒนาแบบยั่งยืนไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี หรือใช้ฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ปลอดสารพิษ จะเป็นแนวทางช่วยลดอุปสรรคของการตลาดระยะยาว

ในอดีตที่ผ่านมาการอารักขาพืชในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ ได้แก่ ปัญหาการสร้างความต้านทานและการระบาดซ้ำของศัตรูพืช ปัญหาการลดความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากไปทำลายสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมาย การได้รับอันตรายโดยตรงจากการใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกต้อง ในปี พ.ศ. 2536 พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับพิษจากสารกำจัดศัตรูพืช 77.8 เปอร์เซ็นต์เป็นผู้ป่วยที่มีอาชีพเกษตรกรรม และสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ทำให้เกษตรกรได้รับพิษภัยสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 50.5 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีการรณรงค์เพื่อลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะสารที่มีพิษร้ายแรงเช่น สารฆ่าแมลง อะซินฟอส-เอทิล (azinphose-ethyl) โมโนโครโตฟอส (monocrotophos) ฟอสฟามิดอน (phosphamidon) และเมวินฟอส (mevinphos) 2 ชนิดแรกมีพิษร้ายแรง (highly hazardous) ส่วน 2 ชนิดหลังมีพิษร้ายแรงยิ่ง (extremely hazardous) โดยกรมวิชาการเกษตรจะอนุญาตให้นำเข้าสารฆ่าแมลงทั้ง 4 ชนิดมาในราชอาณาจักรได้ถึงสิ้นปี 2542 และจำหน่ายได้ถึงปี 2543 เท่านั้น (เกรียงไกร จำเริญมา. 2542) ผลการวิจัยของกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตรพบว่าสารโมโนโครโตฟอสมีพิษตกค้างเกินค่ากำหนดในตัวอย่างผักและผลไม้บางชนิด (โอชา ประจวบเหมาะ. 2538)

ท่ามกลางกระแสการพัฒนาและหาแนวทางในการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช การกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ซึ่งนอกเหนือจากการใช้สิ่งมีชีวิต เช่น แมลงห้ำ แมลงเบียน ไส้เดือนฝอย และจุลินทรีย์ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชแล้ว การใช้สารสกัดจากพืชนับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจและมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อระบบนิเวศ (Sexena *et al.* 1984) พืชหลายชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นสารกำจัดแมลงได้ (Grainge and Ahmad. 1988 ; Jood *et al.* 1993 ; Prakash and Rao. 1997) โดยเฉพาะสารสกัดจากสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica)* ได้รับความสนใจจากนักกีฏวิทยาทั่วโลก (Schmutter. 1990; Stark and Walter. 1995) โดยพบว่าอะซาดิแรคติน (azadirachtin) เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีความสำคัญในการกำจัดแมลงศัตรูพืชที่พบมากในเมล็ดสะเดา สารนี้มีฤทธิ์โดยทั่วไปต่อแมลง คือ ยับยั้งการเจริญเติบโตและพัฒนาของไข่ ตัวหนอนและดักแด้ ขัดขวางการลอกคราบ ขับไล่หนอนและตัวเต็มวัย ยับยั้งการวางไข่ ทำให้แมลงเป็นหมัน ยับยั้งการกินอาหาร ยับยั้งการสร้างไคตินทำให้ลอกคราบไม่ได้ (National Reserch Council. 1992) ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดจากสะเดาได้มีการพัฒนาจนถึงขั้นผลิตเป็นการค้าในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ออสเตรเลีย อินเดีย พม่า และไทย เป็นต้น ถึงแม้สารสกัดสะเดาจะมีข้อดีหลายประการแต่ในการผลิตสารกำจัดแมลงจากสะเดาในทางการค้ายังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น สะเดาเป็นพืชยืนต้นต้องใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโต 3-5 ปี จึงจะออกผลได้ และออกดอกติดผลได้เพียงปีละครั้ง (ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540) ซึ่งทำให้ปริมาณเมล็ดสะเดาไม่เพียงพอต่อการผลิตในเชิงการค้า นอกจากนั้นปริมาณสารออกออกฤทธิ์ในเมล็ดสะเดายังมีความแปรปรวนตามสภาพแวดล้อม แหล่งปลูก ชนิดพันธุ์ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บรักษาเมล็ด (Yakkundi *et al.* 1995 ; Kuma and Parmar. 1996) ในปัจจุบันการเตรียมและการเก็บรักษาเมล็ดสะเดายังคงเป็นปัญหาอยู่เนื่องจากภูมิอากาศประเทศไทยมีลักษณะร้อนชื้น ทำให้สารออกฤทธิ์สลายตัวได้ง่ายและรวดเร็ว (ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี. 2539) และพบว่าการใช้สารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะเดากับพืชบางชนิดทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น คะน้าที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดาทำให้ใบมีลักษณะเหลือง ผิวใบด้าน ส่วนคะน้าที่ฉีดพ่นด้วยน้ำมันสะเดา ลักษณะลำต้นแคระแกรน ใบหนาเล็ก (เสริม สีมา และสมบัติ แผนดี. 2537) และพบอาการเหี่ยวไหม้ที่เกิดกับ คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง และผักกาดเขียวปลี นอกจากนี้ยังพบว่าสารออกฤทธิ์ในสะเดาไม่คงตัวและสลายตัวง่ายเมื่อได้รับแสงแดดและรังสีอัลตราไวโอเลต กรดหรือด่าง และความร้อนไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (งามผ่อง คงคาทิพย์. 2540)

นอกจากพืชชนิดต่างๆจะเป็นแหล่งผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพแล้ว ยังพบว่าสาหร่ายทะเล (seaweed) เป็นแหล่งผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายเช่นกัน จากบันทึกทางประวัติศาสตร์พบว่าในอดีตได้มีการนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น นำมาเป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ฮอร์โมน สารป้องกันกำจัดแมลง และโรคพืช (Bluden. 1991 ; Chapman and Chapman. 1980a) สารสกัดสาหร่ายทะเลสามารถใช้ในการป้องกันการทำลายจากเพลี้ยอ่อน (Booth. 1966 ; Stephenson. 1966) ควบคุมการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยหลายชนิดในดิน และยังช่วยเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ (Paracer *et al.* 1987) ถึงแม้ว่าสาหร่ายทะเลจะเป็นแหล่งผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมแมลงหลายชนิดแต่มีข้อจำกัดในการผลิต คือ การเก็บรวบรวมตัวอย่างในธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการทำได้ยาก นอกเหนือจากสาหร่ายทะเลแล้วแหล่งผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพควบคุมแมลงศัตรูพืชอีกแหล่งที่น่าสนใจ คือ สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae, cyanobacteria) เนื่องจากมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพใหม่ๆ มีโครงสร้างไม่ซ้ำกับที่เคยพบมาก่อน (Carmichale. 1986) และยังเพาะเลี้ยงง่าย ดังนั้นจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตสารกำจัดแมลงศัตรูพืช

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของศูนย์จุลินทรีย์ (ศจล.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) พบว่าสารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ดี โดยสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชของสาหร่ายชนิดนี้ คือ สูตรอาหาร BGA (Antarikanonda. 1980) ดัดแปลงโดยเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร และจากการศึกษาความคงตัวของสารสกัดหยาบพบว่าสารสกัดมีความคงตัวต่อความเป็นกรด เป็นด่างและอุณหภูมิอยู่ในช่วงกว้าง (จิราภรณ์ พลชัย. 2542) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการขยายปริมาณการผลิตจากระดับห้องปฏิบัติการไปสู่การผลิตระดับนำร่องในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป โดยงานวิจัยนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการที่จะลดปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง (out-door pond)

1.2.2 ศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง (out-door pond)

1.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารฆ่าแมลง สารไล่แมลง และสารยับยั้งการกิน ในหนอนกระทู้หอม

1.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในระดับกระถางกลางแจ้ง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยขั้นแรกนำสายพันธุ์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตสารออกฤทธิ์ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้สูงในห้องปฏิบัติการ มาศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้งขนาดบรรจุ 1,000 ลิตร โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ สูตรอาหารและปริมาณเชื้อเริ่มต้นรวมทั้งช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวสาหร่าย แล้วจึงทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายภายใต้ปัจจัยที่เหมาะสมซึ่งได้ทำการศึกษาแล้ว จากนั้นนำเซลล์สาหร่ายที่ได้มาสกัดเป็นสารสกัดหยาบ นำสารสกัดนี้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในห้องปฏิบัติการ คือ ประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง สารไล่แมลง และสารยับยั้งการกิน และนำสารสกัดชุดเดียวกันนี้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมระดับกระถาง ภายใต้สภาพแวดล้อมกลางแจ้ง โดยใช้ผักคะน้าเป็นพืชทดสอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตสารกำจัดแมลง จากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวในระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร

1.4.2 เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารเคมีอันตรายในการกำจัดแมลงลง ลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีควบคุมศัตรูพืช และอาจจะนำไปสู่รูปแบบการเกษตรที่พึ่งพาตนเอง ลดปัญหาการตกค้างของสารพิษในสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ลดความเสี่ยงและอันตรายจากสารฆ่าแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย

มนุษย์เรียนรู้การใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย เพื่อการเยียวยารักษาอาการเจ็บป่วยมาเป็นเวลายาวนาน โดยในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาสารเคมีจากธรรมชาติ (natural chemistry) หมายถึงผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากบนบกเท่านั้น (terrestial natural product) (Okuda *et al.* 1982) ไม่รวมถึงผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากทะเล ในอดีตผลิตภัณฑ์ อัลจิเนต (alginate), วุ้น (agar) และคาร์ราจีแนน (carrageenan) จากสาหร่ายทะเลได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ ในขณะที่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายยังไม่ได้รับความสนใจในการนำมาศึกษา (Bonotto. 1979; Mclachlan. 1985) จนกระทั่งในปี 1950 ได้มีการเริ่มต้นศึกษาถึงสาหร่ายในแง่มุมที่หลากหลายขึ้น พบว่าสารสกัดจากสาหร่ายหลายชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial) เช่น ฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial) ยับยั้งเชื้อรา (antifungal) ยับยั้งสาหร่าย (antialgal) ยับยั้งไวรัส (antiviral) ยับยั้งการแบ่งเซลล์ (antimitotic) ยับยั้งการตกตะกอนของเลือด (anticoagulating) เป็นต้น (Ragan. 1984) ความรู้เกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพใหม่ ๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งบางส่วนถูกนำมารวบรวมโดย Faulkner (Faulkner. 1977 ; Faulkner. 1978 ; Faulkner.1984. ; Faulkner. 1986)

จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหลายชนิดที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ได้ทั้งแบคทีเรีย รา และไวรัส เช่น

สาร fischerindole L ซึ่งเป็น octrahydroindeno (2,1-b) indoleisonitrile ตัวแรกแยกได้จาก *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont (UTEX 1829) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ *Aspergillus oryzae, Penicillium notatum, Saccharomyces cerevisiae* และ *Tricaphyton mentagrophytes* (Park *et al.* 1992)

สาร tolytoxin เป็นสารหลักที่พบในสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Scytonema burmanicum* สายพันธุ์ DO-4 -1 และ *S. ocellatum* สายพันธุ์ DD-8-1, FF-66-31 และ FF– 66-3 ซึ่งมีสูตรโครงสร้างเป็น 6-hydroxy-7-0-methyl-scytophycin B และนอกจากนั้นยังพบสารใหม่อีก 3 ชนิด คือ scytophycin 2, scytophycin 3 และ scytophycin 4 มีสูตรโครงสร้างเป็น 6 – hydroxyscytophycin E, 19 - 0 - demethylscytophycin C และ 6 – hydroxy – 7 – 0 - methylscytophycin E ตามลำดับ ซึ่งสารที่แยกได้เหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อราและยีสต์ *Aspergillus oryzae, Candida albicans, Penicillium notatum, Saccharomyces cerevisiae* และ *Trichophyton mentagrophytes* (Carmeli *et al.* 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบอะโรมาติกฮาโลเจน (halogenated aromatic compound) ได้แก่ ambigol A คือ 3-(2,4-dichlorophenoxy)-3'4, 5'6-tetrachloro-2, 2'-biphenyldiol และ ambogol–B คือ 2,6-bis(2,4-dichlorophenoxy)-3, 5-dichlorophenol แยกได้จาก *Fischerella ambigua* สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ได้ดีและยังมีความเป็นพิษกับหอยทาก *Biomphalaria glabrata* นอกจากนี้ยังพบว่า ambigol A สามารถยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase และ HIV reverse transcriptase ด้วย (Falch *et al.* 1993)

จากรายงานของ Chetsumon *et al.* (1998) พบสารปฏิชีวนะชนิดใหม่ผลิตโดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Scytonema* sp. TISTR 8208 มีโครงสร้างเป็น cyclic dodecapeptide มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกสูง แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบต่ำ นอกจากนี้พบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าวยังสามารถยับยั้งยีสต์ที่ก่อให้เกิดโรคหลายสายพันธุ์รวมทั้งเชื้อราที่เป็นเส้นสาย โดยกลไกการออกฤทธิ์ของสารนี้จะมีผลต่อผนังเซลล์ทำให้การนำสารผ่านเข้าและออกจากเซลล์ผิดปกติไปซึ่งเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ตาย

มีรายงานพบว่าสารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Calotrix* sp. TISTR 8906 สามารถยับยั้งเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* สาเหตุของโรคเน่าดำในถั่วเขียวได้ โดยทดลองเคลือบสารสกัดสาหร่ายบนผิวเมล็ดถั่วเขียวที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อเมล็ด พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราเท่ากับการใช้สารเคมี mancozeb ที่ความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อเมล็ด (Mahakhant *et al.* 1998)

นอกจากนี้ยังพบรายงานที่ได้ทำการศึกษาถึงการนำสารสกัดสาหร่ายมาใช้เพื่อประโยชน์ทางเภสัชวิทยา เช่น

มีการค้นพบสารชนิดใหม่ซึ่งแยกได้จากสาหร่าย *Oscillatoria acutissima* คือ acutiphycin และ 20,21-didehydroacutiphycin ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก murine Lewis lung carcinoma (Barchi *et al.* 1984)

พบว่าสารสกัดซึ่งแยกได้จากสาหร่าย *Lyngbya lagerheimii* และ *Phormidium tenue* มีคุณสมบัติในการปกป้อง lymphoblastoid T cell ของมนุษย์ จากการเข้าทำลายของ human immunodeficiency virus (HIV-1) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเอดส์ และจากการวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบนี้ พบว่าเป็นสารประกอบไกลโคลิปิดที่มีกรดซัลโฟนิกเป็นองค์ประกอบ (Gustafson *et al.* 1989)

Okino *et al.* (1993) สามารถแยกสาร microginin จาก *Microcystis aeruginosa* ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วยเพบไทด์ 5 ตัวต่อกันเป็นเส้นตรง ซึ่งให้ผลบวกกับปฏิกิริยานินไฮดริน และมีคุณสมบัติเป็น angiotensin-converting enzyme inhibitor โดยที่ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

มิลลิลิตรสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคุณสมบัตินี้สามารถพัฒนาเป็นยาลดความดันต่อไปได้

สาร bauerine A (7-chloro-9-methyl-β-carboline), bauerine B (7,8-dichloro-9-methyl-β-carboline) และ bauerine C (7,8-dichloro-1-hydroxy-9-methyl-β-carboline) ซึ่งแยกได้จากสาหร่าย *Dichothrix baueriana* จัดอยู่ในกลุ่มอัลคาลอยด์ มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อไวรัส herpes simplex virus type 2 และสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง LoVo โดยปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งได้เท่ากับ 33 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Larsen *et al.*1994)

สาร curacin A แยกได้จากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Lyngbya majuscula* สามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์แบบไมโตซีสภายใต้การทดสอบในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้สามารถแยกสารชนิดใหม่ได้อีก 2 ชนิด คือ curacin B และ C ซึ่งมีความเป็นพิษต่อเซลล์สูง โดยสามารถยับยั้ง murine L-1210 และ human CA46 Burkitt lymphoma cell line และแสดงผลยับยั้งเซลล์มะเร็งอีกหลายชนิด (Yoo and Gerwick. 1995)

จากรายงานพบว่าสาร tolypodiol ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม diterpenoid แยกได้จากสาหร่าย *Tolypothrix nodusa* มีคุณสมบัติในการยับยั้งการอักเสบในหูหนู โดยมีค่าปริมาณของสารทดสอบซึ่งสัตว์ทดลองแสดงการตอบสนอง 50 เปอร์เซ็นต์ (median effective dose; ED_{50}) คือ 30 ไมโครกรัมต่อหู และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน hydrocortisone พบว่าปริมาณของสารทดสอบซึ่งสัตว์ทดลองแสดงการตอบสนอง 50 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่า hydrocortisone 20 ไมโครกรัมต่อหู และ manoalide 100 ไมโครกรัมต่อหู (Prinsep and Thomson. 1996)

สามารถแยกสาร (2s)-1-O-palmitoyl-3-O-β-D-galactopyransoyglycerol ซึ่งเป็นสารประเภท monogalactosylacylglycerol จากสารสกัดสาหร่าย *Oscillatoria rosea* (NIES-208) และพบว่ามีคุณสมบัติยับยั้งการตกตะกอนของเกล็ดเลือดได้ (Rho *et al.* 1996)

สารสกัดจากสาหร่ายสีแดง *Plocamium cartilagineum* และ *P. violaceum* สามารถกำจัดลูกน้ำยุง หนอนแมลงวัน หนอนยาสูบ และหนอนกัดยอด โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเป็นสารในกลุ่มโมโนเทอร์ปีน (monoterpene) (Crew *et al.* 1978 ; Crew *et al.* 1984a ; Crew *et al.* 1984b) นอกจากนี้ยังพบว่าไกลซีน (glycine) เป็นสารพิษในกลุ่มเปปไทด์ ซึ่งสกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Scytonema* MKU 106 มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (American ball worm) และหนอนม้วนใบ (leaf-roller) (Sathiyamoorthy and Shanmugasudaram. 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การตอบสนองของเซลล์สาหร่ายต่อสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้ง สาหร่ายจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตลอดเวลา ซึ่งปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.2.1 แสง

2.2.1.1 ผลของแสงต่อการสังเคราะห์แสง

แสงมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย คือ มีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงและการลดกิจกรรมการสังเคราะห์แสง (photoinhibition and photoinactivation) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสังเคราะห์แสงโดยอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสง และเมื่อความเข้มแสงสูงกว่าระดับที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์แสง ซึ่งการยับยั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันเนื่องจากแสง (photooxidation) และปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic reaction) การยับยั้งการสังเคราะห์แสงจะขึ้นอยู่กับแสงที่ส่องลงมายังพื้นผิวและคุณภาพของแสง (spectral quality of light) แสงที่ส่องลงมายังพื้นผิวนี้ทำให้เกิดบริเวณที่มีพลังงานแสง (quantum) อยู่อย่างหนาแน่น และสาหร่ายจะมีการปรับตัวต่อพลังงานแสงที่ระดับต่างๆทั้งในทางชีวเคมีและสรีรวิทยาในช่วงที่กว้างมาก คุณภาพของแสงทั้งอัลตราไวโอเลตและแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) จะเป็นอันตรายต่อสาหร่าย ในปี 1956 Ryther ได้ทำการศึกษาถึงความอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสงของไดโนแฟลกเจลเลตน้ำจืดและน้ำเค็ม พบว่าความอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสงของไดโนแฟลกเจลเลตน้ำจืดเกิดขึ้นที่ความเข้มแสงสูง (80 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที; $\mu E/m^2/s$) ขณะที่ความอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสงของไดโนแฟลกเจลเลตน้ำเค็ม *Amphidinium carterae* เกิดขึ้นที่ความเข้มแสงต่ำ (15 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที) ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่มีจุดอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่ำจะถูกจำกัดโดยปฏิกิริยาแสง และอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่มีความอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่ำมากๆจะมีอัตราการหายใจเท่ากับอัตราการสังเคราะห์แสง (gross photosynthesis) ทำให้เซลล์สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และมีอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับศูนย์ (Darley. 1982)

กลไกของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการลดกิจกรรมการสังเคราะห์แสงจะสัมพันธ์กับความไวต่อแสงของเอนไซม์ไรบูโลสไบฟอสเฟตคาร์บอกซีเลส (Ribulose biphosphate (RuBP) carboxylase) โดยจะทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในสภาพกลางแจ้งซึ่งมีความเข้ม-แสงสูง พบว่า RuBP carboxylase มีปฏิกิริยาไวต่อออกซิเจนบางชนิด เช่น ออกซิเจน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และซูเปอร์ออกไซด์ (Codd and Stewart. 1980) ความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสูงนอกจากจะยับยั้งการหายใจของเซลล์ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์แสงแล้วยังทำลายคลอโรฟิลล์อีกด้วย (Soeder and Stengel. 1974)

2.2.1.2 การปรับตัวของเซลล์สาหร่ายต่อการได้รับแสง-บังแสง (Light-Shade Adaptation)

การปรับตัวของเซลล์สาหร่ายต่อการได้รับแสงหรือการบังแสงเป็นการตอบสนองของเซลล์สาหร่ายที่ความเข้มแสงระดับต่างๆ เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุดในการเจริญเติบโต โดยเซลล์สาหร่ายจะเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาแสงหรือปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงหรือทั้ง 2 ปฏิกริยา (Darley. 1982) เช่น เมื่อสาหร่ายเซลล์เดียว (unicellular) ได้รับแสงหรือไม่ได้รับแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงของรงค-วัตถุภายในเซลล์ ทำให้การตอบสนองต่อการสังเคราะห์แสงและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนไป การปรับตัวของสาหร่ายต่อแสงแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ (Soeder and Stengel. 1974)

(1) ความเข้มของแสงมีผลในทางย้อนกลับต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ซึ่งเรียกการปรับตัวในลักษณะนี้ว่า การปรับตัวแบบคลอเรลลา (*Chlorella* type)

(2) ความเข้มแสงมีผลในทางย้อนกลับต่อกิจกรรม หรือความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง และเรียกการปรับตัวในลักษณะนี้ว่าการปรับตัวแบบ ไซโคล-เทลลา (*Cyclotella* type)

สาหร่ายจะใช้ระยะเวลาในการปรับตัวต่อความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปแตกต่างกัน คือ ตั้งแต่ไม่กี่ชั่วโมงไปจนถึงหลายวัน ส่วนใหญ่แล้วสาหร่ายจะใช้ระยะเวลาในการปรับตัวต่อแสงประมาณ 1 ถึง 3 วัน (Darley. 1982) สาหร่ายบางชนิดที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงไป และอาจจะตายได้อย่างรวดเร็วเมื่อได้รับแสงที่มีความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในสาหร่ายคลอเรลลาจะมีเมแทบอลิซึมของคลอโรฟิลล์สูง คือ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของรงควัตถุสามารถเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ และอาจมีการชดเชยบางส่วนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงโดยการปรับปรุงความสามารถของเซลล์ในการรับแสง และการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดประโยชน์เมื่อแสงที่รับมาถ่ายทอดไปถึงศูนย์กลางการสังเคราะห์แสง

2.2.1.3 ผลของแสงต่อการเคลื่อนที่ของสาหร่าย

การเคลื่อนที่ของสาหร่ายจะพบในสาหร่ายเซลล์เดียว สาหร่ายที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเซลล์ (colony) และสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย (filament) โดยสาหร่ายส่วนใหญ่ยกเว้นสาหร่ายสีน้ำตาลจะมีเซลล์ปกติ (vegetative cell) ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของเซลล์สาหร่ายแบ่งออกเป็น การเคลื่อนที่ที่เกิดจากการใช้อวัยวะในการว่ายน้ำได้แก่ แฟลกเจลลาและซีเลีย การเคลื่อนที่แบบอะมีบา (ameboid movement) เป็นการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการหดตัว (contraction) ของส่วนที่ใช้สัมผัสภายในเซลล์ และการเคลื่อนที่แบบไกลดิ้ง (gliding movement) การเคลื่อนที่ของสาหร่ายจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกเซลล์ ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ของสาหร่ายได้แก่ แสง อุณหภูมิ แรงดึงดูดของโลก การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า และการกระตุ้นทางกล ปัจจัยดังกล่าวทำให้เกิดการตอบสนองในการเคลื่อนที่ของสาหร่ายต่อสิ่งเร้า 2 ลักษณะคือ

(1) ไคเนสิส (kinesis) คือพฤติกรรมการเคลื่อนที่แบบไม่มีทิศทางแน่นอน เช่น การเคลื่อนที่หนีจากสิ่งเร้า

(2) แทกซิส (taxis) คือการเคลื่อนที่อย่างมีทิศทางแน่นอน เช่น การเคลื่อนที่เข้าหาแสงเมื่อความเข้มแสงต่ำและการเคลื่อนที่หนีเมื่อความเข้มแสงมากเกินไป ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของสาหร่ายในระบบนิเวศได้แก่ แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และรังสีอินฟาเรด (IR)

2.2.1.4 ผลของแสงและสารอาหารต่อการลอยตัวของสาหร่าย

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหลายชนิดสามารถปรับตัวอาศัยอยู่บริเวณผิวหน้าน้ำหรือบริเวณน้ำลึกได้ เนื่องจากเซลล์มีแก๊สแวคคิวโอล (gas vacuole) ช่วยในการลอยตัว โดยโครงสร้างผนังเซลล์ของแก๊สแวคคิวโอลประกอบด้วยโปรตีน มีรูปร่างทรงกระบอกกลวง บริเวณกระเปาะ (vesicle) นี้แก๊สสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ (gas-permeable) ความเข้มแสงมีผลต่อการลอยตัวของสาหร่าย โดยพบว่าเมื่อเซลล์สาหร่ายได้รับแสงสาหร่ายจะทำการสังเคราะห์แสงทำให้แรงดันภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แก๊สแวคคิวโอลซึ่งมีความไวต่อแรงดันยุบตัวลงทำให้สาหร่ายจมตัวลงสู่ใต้น้ำ การจมของสาหร่ายที่เป็นเส้นสายเกิดขึ้นในช่วงความเข้มของแสง 13 ถึง 22 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที แต่ที่ความเข้มแสงสูงสาหร่ายจะจมตัวมาก ส่วนที่ความเข้มแสงต่ำสาหร่ายจะลอยตัวมากขึ้น (Walsby and Booker. 1980) การศึกษาการลอยตัวของ *Oscillatoria* sp. ในบ่อปลา พบว่าช่วงการส่องสว่างของแสง (light regime) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสารอาหารมีผลต่อการลอยตัวของสาหร่าย (Van and Shilo. 1983) โดยการจำกัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้การลอยตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่การจำกัดแก๊สไนโตรเจนจะทำให้การลอยตัวของสาหร่ายลดลง (Klemer *et al.* 1982) ส่วนในสภาพที่ให้ปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยพร้อมกัน พบว่าแสงเป็นปัจจัยหลักในการเกิดการลอยตัวของสาหร่าย การเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปให้สาหร่ายในสภาพมืดพบว่าสาหร่ายยังคงเกิดการลอยตัว นอกจากนั้นการจำกัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นปัจจัยเด่นชัดมากกว่าการจำกัดแก๊สไนโตรเจน โดยจากการสังเกตการลอยตัวของสาหร่ายในบ่อซึ่งเป็นระบบปิด ที่จำกัดทั้งก๊าซไนโตรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงเท่ากับการจำกัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอิทธิพลของไนโตรเจนจะแสดงผลหลังจากที่เซลล์สูญเสียแรงลอยตัวอันเนื่องจากการเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการเติมแก๊สไนโตรเจนในระยะนี้มีผลให้สาหร่ายกลับมาลอยตัวอีกครั้ง สารอาหารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของแก๊สแวคคิวโอล เมื่อสาหร่ายอยู่ในสภาพขาดสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไฟล์ไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่าจะเป็นการเผยแพร่ฟรีหรือคิดค่าบริการ

อาหารจะทำให้จำนวนแก๊สแวคคิวโอลลดลง (Lehmann and Wiencke. 1980) หลักการการจมและการลอยตัวของสาหร่ายนี้จะเป็นประโยชน์ในการเก็บเกี่ยวมวลสาหร่าย โดยในการผลิตชีวมวลของสาหร่ายเมื่อให้พลังงานเข้าไป เช่น การกวนเซลล์สาหร่าย พลังงานดังกล่าวจะทำให้เซลล์ลอยตัวในอาหารแบบเป็นไปในทางลบและสาหร่ายจะจมลงเมื่อหยุดกวน ทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวมวลสาหร่าย

2.2.2 **อุณหภูมิ**

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของเซลล์สาหร่ายดังนี้

(1) อุณหภูมิมีผลต่อองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์ โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน

(2) อุณหภูมิมีผลต่อองค์ประกอบของเซลล์ในแง่พลังงานกระตุ้นในปฏิกิริยาต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบตามมา เช่น มีผลต่อกลไกกระบวนการเมแทบอลิซึม ปฏิกิริยาเอนไซม์ที่เฉพาะเจาะจง ความสามารถในการเลือกผ่านของเซลล์และองค์ประกอบของเซลล์ สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิค่อนข้างกว้าง คือ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำ (cryophilic) อุณหภูมิปานกลาง (mesophilic) และอุณหภูมิสูง (thermophilic) โดยเฉลี่ยแล้วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นเท่าตัว หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ในช่วง 10 ถึง 25 องศาเซลเซียส ในการผลิตชีวมวลสาหร่ายที่ชอบอุณหภูมิปานกลางในสภาพกลางแจ้ง พบว่าเมื่อสาหร่ายได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงกลางคืนจะทำให้ชีวมวลสูญหายไปเนื่องจากอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการทำลายผลผลิต

2.2.2.1 **ผลของอุณหภูมิต่อองค์ประกอบเคมี**

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อองค์ประกอบเคมี ในปี 1980 Sato และ Murata สรุปว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน (fatty acid) คือ เมื่ออุณหภูมิในการเพาะเลี้ยง *Anabaena variabilis* ลดลงจาก 38 เป็น 22 องศาเซลเซียส จะทำให้การสังเคราะห์ไขมันถูกระงับภายใน 10 ชั่วโมงแรก ในช่วงเวลานี้กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) ของไดเอซิลโมโนกาแลกโตซิลกรีเซอรอล (diacylmonogalactosylglycerol) จะถูกทำให้อิ่มตัวเป็นกรดปาล์มมิติกหลังจากนั้นจึงเริ่มมีการสังเคราะห์ไขมันใหม่ ซึ่งหลายชั่วโมงต่อมาองค์ประกอบระหว่างกรดปาล์มมิติกและกรดปาล์มมิโตเลอิกถูกสะสมใหม่จนอยู่ในระดับเดิม หรืออีกทางหนึ่ง คือ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) จะถูกทำให้อิ่มตัวกลายเป็นกรดแอลฟาลิโนเลอิก (α-linoleic) ในไขมันทุกกลุ่มเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 22 เป็น 38 องศาเซลเซียสจะเริ่มมีการสังเคราะห์ไขมันหลังจาก 5 ชั่วโมงแรก ซึ่งในช่วงนี้องค์ประกอบกรดปาล์มมิติกจะเพิ่มขึ้น ขณะที่องค์ประกอบกรดปาล์มมิโตเลอิกลดลงในไดเอซิลโมโนกาแลกโตซิลกรีเซอรอล และจะกลับสู่ระดับปกติหลังจาก 20 ชั่วโมงผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ในปี ค.ศ. 1980 Payer ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของสาหร่ายต่ออุณหภูมิ โดยให้ความเข้มแสงคงที่และมีสารอาหารสมบูรณ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์มีลักษณะเช่นเดียวกับปฏิกิริยาเคมีทั่วไป สมการที่ใช้อธิบายอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเรียกว่า Arrehenius equation ซึ่งอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวกับอุณหภูมิดังนี้

$$K = Ae - E/RT \qquad (2.1)$$

เมื่อ K คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยา (reaction rate)

R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant)

T คือ อุณหภูมิ (absolute temperature)

A คือ activated complexes of reactant

E คือ พลังงานกระตุ้น หรือ temperature characteristics

เขียนในรูปสมการ logarithmic

$$\log K = \log A - E/2.30\ RT \qquad (2.2)$$

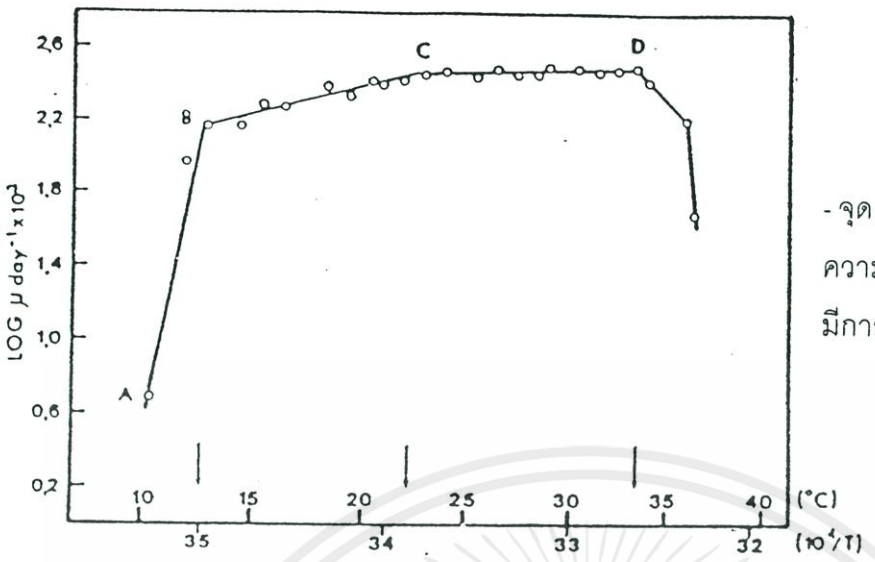
เมื่อ log K คือ ส่วนกลับของอุณหภูมิ (1/T)

$$slop = E/2.30\ RT \qquad (2.3)$$

อัตราการเจริญจำเพาะ (μ) แทนอัตราการเกิดปฏิกิริยา (K) ในสมการที่ 2.2

ค่า yield จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง logμ และ 1/T ดังภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- จุด B, C และD ความชันของเส้นกราฟมีการเปลี่ยนแปลงในทันที

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตและอุณหภูมิของ *Microcystis incerta* ที่ความเข้มแสง 20 ไมโครไอน์สไตล์ต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามสมการของ Arrhenius (Kruger and Eloff. 1978)

พบว่าเมื่อสาหร่ายได้รับอุณหภูมิสูงเกินกว่าระดับที่กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์จะรับได้ จะทำให้อัตราการเจริญลดลงและตายในที่สุด

อัตราการเจริญของชีวมวล (X) เขียนสมการได้ดังนี้

$$dx/dt = (\mu - K)\,X \qquad (2.4)$$

เมื่อ μ คือ อัตราการเจริญจำเพาะ

K คือ อัตราการตายจำเพาะ

อัตราการตายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง เนื่องจากสาหร่ายมีพลังงานกระตุ้นภายในเซลล์สูง และพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้โครงสร้างของโปรตีนรวมถึง สับสเตรทและการควบคุมพลังงานเสียสภาพ

2.2.3 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

สาหร่ายแต่ละชนิดจะเจริญได้ดีที่สภาพความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารมีผลต่อกระบวนการทางชีวภาพของสาหร่าย พบว่าระดับความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเฉพาะความแตกต่างของระดับความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างกลางวันและกลางคืน คือ ในช่วงใกล้รุ่งระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะมีค่าประมาณ 6.5 เนื่องจากมีการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหายใจในเวลากลางคืน จากนั้นระดับความเป็นกรดเป็นด่างจะค่อย ๆ สูงขึ้นเป็น 11 เนื่องจากมีการใช้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไบคาร์บอร์เนต (HCO_3^-) ในการสังเคราะห์แสง

ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหาร มีผลต่อการแตกตัวของเกลือและสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อความเป็นพิษและปฏิกิริยาการยับยั้ง เช่น มีผลต่อการเจริญเติบโตและความเป็นพิษของ *Microcystis aeruginosa* โดยเซลล์สาหร่ายจะมีความเป็นพิษมากขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงขณะที่มีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า (Toerien *et al.* 1976) นอกจากนั้นความเป็นกรดเป็นด่างยังมีผลต่อความสามารถในการละลายของสารประกอบโลหะชนิดต่าง ๆ อีกด้วย

2.2.4 **ความเค็มและการรักษาความเข้มข้นของสารละลาย**

สาหร่ายแต่ละสายพันธุ์มีความทนต่อความเค็มได้ไม่เท่ากัน บางชนิดทนเกลือได้ในระดับไม่กี่มิลลิโมลาร์ในขณะที่สาหร่ายบางชนิดสามารถเจริญได้ดีในเกลืออิ่มตัว เมื่อพิจารณาจากสภาพความเค็มสามารถแบ่งสาหร่ายออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

(1) กลุ่มที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับระดับความเค็มหรือทนต่อความเค็มได้ดีเรียกว่า ฮาโลโทเลอแรนท์ (halotolerant)

(2) กลุ่มที่มีความต้องการเกลือที่เหมาะสมต่อการเจริญเรียกว่า ฮาโลฟิลิก (halophilic)

2.3 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้ง

ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายปริมาณมากต้องเป็นระบบที่เหมาะสมต่อชนิดของสาหร่ายและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต โดยมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษาที่ไม่แพงเกินความจำเป็น สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ (Richmond and Becker. 1986)

2.3.1 **ระบบอ่างตามแนวระนาบ (horizontal ponds) แบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ**

(1) อ่างรูปยาว (raceway pond) สามารถสร้างเป็นอ่างเดี่ยวหรือหลายอ่างติดกันได้ โดยใช้ระบบการกวนแบบใบพัด ซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมากที่สุด

(2) อ่างรูปกลม (circular pond) สามารถสร้างให้มีขนาดใหญ่โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 45 เมตร แต่อ่างลักษณะนี้มีข้อด้อย คือ ต้องใช้คอนกรีตที่มีความทนทานสูงทำให้ราคาแพง และสิ้นเปลืองพลังงานในการกวนสูงเนื่องจากใช้ rotating arm กวนอ่างตลอดเวลา รวมทั้งการก่อสร้างอ่างระบบนี้ทำให้การใช้ที่ดินเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

(3) ระบบปิด (close structure) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบปิดนี้ สาหร่ายจะไม่สัมผัสกับอากาศภายนอก เพราะถูกคลุมด้วยวัสดุโปร่งใส หรือบรรจุในท่อโปร่งใส ซึ่งมีข้อดีคือลดการระเหยของน้ำและช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายระบบนี้เหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับพื้นที่แห้งแล้งซึ่งมีอัตราการระเหยน้ำสูง ทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารในระบบสูงขึ้น และพื้นที่เขตอบอุ่นซึ่งอุณหภูมิต่ำในหน้าหนาว การเพาะเลี้ยงในระบบปิดทำให้เกิดสภาพเรือนกระจก ซึ่งดักคลื่นแสงช่วงคลื่นยาวไว้ในเวลากลางวัน ช่วยให้อุณหภูมิของระบบไม่ลดลงมากในเวลากลางคืน ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบนี้คือ ลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง ส่วนข้อเสียของระบบนี้คือ เกิดการสะสมของฝุ่นบริเวณพื้นผิวภายนอกทำให้ปริมาณแสงที่ส่องผ่านน้อยลง ระบบนี้มีต้นทุนการก่อสร้างต่อหน่วยพื้นที่ค่อนข้างสูง สาหร่ายที่ใช้ระบบนี้ในการผลิตได้แก่ การผลิต *Spirulina* ในท่อโพลีเอททีลีน โดยจัดวางแบบเป็นราง (raceway) และใช้ปั๊มทำให้เกิดการหมุนวนของอาหาร

2.3.2 **ระบบอ่างเอียง** (slope cultivation units)

เป็นระบบที่ออกแบบระบบการไหลให้เป็นไปตามแนวเอียงของอ่าง ตัวอ่างจะมีความลาดเอียง 3 เปอร์เซ็นต์ตามแนวยาว และติดบัฟเฟิลเล็ก ๆ เพื่อให้เกิดคลื่นกวน (turbulent) มวลสาหร่ายจะถูกเก็บเกี่ยวจากบริเวณต่ำสุดของอ่าง บางส่วนจะไหลลงถังแล้วถูกสูบขึ้นสูบริเวณจุดสูงสุดของอ่างเพื่อเป็นการเติมเชื้อสาหร่ายเริ่มต้น โดยเฉลี่ยแล้วการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบนี้จะมีความลึก 3 ถึง 5 เซนติเมตรเท่านั้น ข้อดีของระบบนี้คือมีถังสำหรับกักสาหร่ายในเวลากลางคืนซึ่งมีกวนและให้อากาศตลอดเวลาทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปจากระบบในตอนกลางคืนน้อยมาก เนื่องจากการลดพื้นที่ผิวต่อปริมาตร นอกจากนี้ยังสามารถเก็บกักสาหร่ายไว้ในถังได้เมื่อเกิดฝนตก ซึ่งเป็นการลดปัญหาการเจือจางของอาหารและการปนเปื้อนด้วย

2.4 การปูพื้นอ่าง

ค่าใช้จ่ายในการปูพื้นอ่างเป็นค่าใช้จ่ายส่วนที่แพงที่สุดในการสร้างอ่าง เพราะเป็นส่วนที่ช่วยให้อ่างมีความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตและการสึกกร่อน วัสดุที่นิยมใช้ในการปูพื้นอ่างได้แก่ คอนกรีต และพีวีซีชนิดทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV-resistant polyvinylchloride PVC) จะมีความเหมาะสมที่สุด ปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงการนำเอา พีวีซีชนิดทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลตและฝน (reinforced UV resistant polyethylene) ซึ่งทนต่อสภาพการกัดกร่อนทางเคมีและชีวภาพและมีราคาถูกกว่ามาใช้ในการทดลองปูพื้นอ่าง เพื่อศึกษาความทนทานและเหมาะสม กรณีของการปูพื้นด้วยคอนกรีตจะมีราคาต้นทุนสูงซึ่งไม่เหมาะสมกับอ่างขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบการกวนและการทำให้เกิดคลื่นในระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายจำเป็นต้องมีการกวนเพื่อไม่ให้เซลล์สาหร่ายตกตะกอน และเกิดการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ การกวนทำให้เซลล์สาหร่ายได้รับอาหารอย่างทั่วถึง และเป็นการป้องกันไม่ให้แก๊สที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของสาหร่ายไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ด้วย นอกจากนี้การกวนและการไหลของสาหร่ายทำให้ลดการบังแสง ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของสาหร่ายอีกด้วย

การทำให้เกิดคลื่นไหลในระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสามารถทำได้ 6 วิธีดังนี้

(1) ใบพัดหมุน (paddle wheel) ใช้ในการทดลองและในทางการค้า เป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างแพงต้องการพลังงาน 600 วัตต์ต่อ 100 ตารางเมตร

(2) ใบพัดอิสระ (free propeller) ใช้ในบ่อทดลองเท่านั้น ใช้พลังงานเหมือนใบพัดหมุน ไม่เหมาะกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย

(3) การใช้ปั๊มผสมกับการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก ต้องการพลังงานประมาณ 100 ถึง 200 วัตต์ต่อ100 ตารางเมตร ใช้ในการผลิตขนาดใหญ่

(4) หัวฉีด โดยใช้หัวฉีดพลังแรงและเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้พลังงานสูงถึง 1,000 ถึง 2,000 วัตต์ต่อ100 ตารางเมตร ไม่สามารถใช้ได้กับการผลิตสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย

(5) แอร์ลิฟท์ (air lift) เป็นระบบง่าย ๆ ใช้พลังงานน้อย ทำให้เกิดอากาศในอัตรา 120 ลิตรต่อวินาที ใช้พลังงาน 195 วัตต์ต่อ 85 ตารางเมตร ไม่สามารถใช้ได้กับการผลิตที่ใหญ่มาก

(6) การกวนโดยใช้พลังงานกล เช่น แรงคน ลม

2.6 หนอนกระทู้หอม

หนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidopter : Noctuidae) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง พบการระบาดตั้งแต่ประเทศเขตร้อนจนถึงเขตอบอุ่นซึ่งรวมถึงประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จีน ยุโรป แอฟริกา และทวีปอเมริกาเหนือ ในประเทศไทยพบการระบาดของแมลงชนิดนี้ทั่วประเทศ เนื่องจากมีพืชอาหารหลายชนิด ทั้งพืชผัก พืชไร่ ไม้ผล ไม้ดอกและไม้ประดับ จึงทำให้ผีเสื้อหนอนกระทู้หอมสามารถขยายพันธุ์และแพร่กระจายได้อย่างกว้างขวาง

หนอนกระทู้หอมมีลักษณะทั่วไป คือ มีลำตัวอ้วน ผนังลำตัวเรียบ เมื่อโตเต็มที่จะมีหลายสี ตั้งแต่ สีเขียวอ่อน เทา เทาปนดำหรือสีน้ำตาลดำ ด้านข้างมีแถบสีขาวข้างละแถบ มีวงจรชีวิตประมาณ 30 วัน (กองกีฏและสัตววิทยา. 2532) ผีเสื้อหนอนกระทู้หอมจะวางไข่เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 20 ถึง 80 ฟอง เมื่อฟักออกมาใหม่ ๆ หนอนจะยังอยู่เป็นกลุ่ม ก่อนที่จะกระจายไปทำลายพืชต้นอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งในขณะที่หนอนยังมีขนาดเล็กและอยู่เป็นกลุ่ม จะเป็นระยะที่ทำการป้องกัน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

และกำจัดได้ง่ายกว่าระยะที่หนอนโตขึ้นแล้ว เมื่อหนอนออกจากไข่จะกัดกินผิวใบหรือใต้ใบ และจะกัดใบเข้าไปอาศัยอยู่ภายในใบหอมทำให้การพ่นสารเคมีกำจัดแมลงได้ผลไม่ดีพอ เนื่องจากหนอนชนิดนี้สามารถพัฒนาตัวเองเพื่อต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่ม ไพรีทรอยด์ (pyrethroid) ออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) คาร์บาเมต (carbamate) สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (insect growth regulator) (Kobayashi *et al.* 1990) รวมทั้งสามารถสร้างความต้านทานต่อเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ได้ จึงทำให้เป็นปัญหาในการป้องกันและกำจัดแมลงชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40617

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. สารเคมี analytical grade สำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Hapalosipohn* sp. TISTR 8252 ในถัง carboy ของ Fluka และ Sigma
2. สารเคมี commercial grade สำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Hapalosipohn* sp. TISTR 8252 ในบ่อกวนกลางแจ้ง
3. ยาปฏิชีวนะ gentamicin ของ Sigma
4. ตาข่ายกรองแพลงก์ตอน ขนาด 108 ไมครอน
5. โถระเหยแห้งสุญญากาศ (desicator)
6. เครื่องระเหยแห้งแบบลดความดัน (Rotary evaporator) ของ Buchi รุ่น 461
7. จานเพาะเชื้อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร
8. กระดาษกรองเบอร์ 3 ของ Whatman
9. เครื่องปั่นละเอียดให้เซลล์เป็นเนื้อเดียวกัน (homoginizer) ของ Polytron รุ่น PT 20 S
10. แผ่นทดสอบ (blank paper disc) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตรของ Becton Dickinson
11. เครื่องมือเจาะ cork borer เบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร
12. เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ ของ Kanon
13. เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ กระบอกตวง บีกเกอร์ ขวดเตรียมอาหาร แท่งแก้วคน กรวยแก้ว หลอดแก้วสำหรับบดเซลล์ใช้กับเครื่องปั่นละเอียดให้เซลล์เป็นเนื้อเดียวกัน
14. ถัง carboy สำหรับเลี้ยงสาหร่ายความจุ 10 ลิตร ของ Nalgene
15. บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาด 1,250 ลิตร ทำจากใยแก้วขนาดความสูง 60 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 180 เซนติเมตร มีระบบการกวนโดยใช้ใบพัด
16. เครื่องเขย่า
17. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ของ Metler รุ่น MP 225
18. ตู้อบ (hot air oven) ของ Memmert รุ่น 600
19. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ของ Tomy รุ่น SS- 245
20. กล้องจุลทรรศน์ (light microscope) ของ Olympus รุ่น CH 30
21. ตู้เขี่ยเชื้อ
22. เครื่องกรองความกระด้างของน้ำ ระบบ cation resin S-100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. เมล็ดพันธุ์ผักคะน้าจากภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
24. ผ้าไนลอนแก้ว
25. ขวดโหลพลาสติกสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดสาหร่าย ในรูปสารไล่แมลง ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร

วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารฆ่าแมลงจากสาหร่ายสีน้ำ-เงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

เตรียมเชื้อเริ่มต้นของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 โดยนำสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตร BGA (Antarikanonda. 1980) ดัดแปลงที่เติมโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) 1.5 กรัมต่อลิตร (BGA+N) ในถังคาร์บอย 10 ลิตร มาเพิ่มปริมาณเซลล์ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้งซึ่งบรรจุอาหาร BGA+N ปริมาตร 1,000 ลิตร

หลังจากเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 เป็นเวลา 15 วัน เก็บเกี่ยวเซลล์โดยกรองผ่านตาข่ายกรองแพลงก์ตอนขนาด 108 ไมครอน (μ) ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นบีบน้ำออกให้มากที่สุด เซลล์ที่เก็บเกี่ยวได้นำไปเป็นเชื้อเริ่มต้นสำหรับการศึกษาสูตรอาหารและความเข้มข้นเริ่มต้นของเชื้อสาหร่ายที่เหมาะสมในการผลิตสารฆ่าแมลงในสภาพการเพาะเลี้ยงกลางแจ้งต่อไป

3.1.1 การศึกษาสูตรอาหาร BGA ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252

ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ที่เจริญในอาหารสูตร BGA (ภาคผนวก ก) อาหารสูตร BGA ดัดแปลงโดยการเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร (BGA+N) และอาหารสูตร BGA+N ลดปริมาณธาตุอาหารหลักลงครึ่งหนึ่ง โดยธาตุอาหารหลักที่ลดลง ได้แก่ NaCl, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCl_2$, K_2HPO_4 และ $NaNO_3$ (half BGA + N) ปริมาตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเท่ากับ 750 ลิตร ปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.03 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ก. การเก็บตัวอย่างเซลล์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุ่มเก็บตัวอย่างเซลล์แขวนลอยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงทุกวันเป็นเวลา 25 วัน จำนวน 5 จุด โดยมีปริมาตรรวมเท่ากับ 3 ลิตร นำมากรอง

ผ่านตาข่ายกรองแพลงก์ตอนขนาด 108 ไมครอน ล้างเซลล์สาหร่ายที่กรองได้ด้วยน้ำกลั่น และนำตัวอย่างเซลล์สาหร่ายไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ บันทึกผลน้ำหนักแห้งของเซลล์สาหร่าย

ข. การเก็บตัวอย่างเซลล์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สุ่มเก็บตัวอย่างเซลล์สาหร่าย เช่นเดียวกันกับข้อ ก. โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 4 8 10 12 15 16 17 18 19 20 21 22 23 และ 24 ของการเพาะเลี้ยง นำตัวอย่างเซลล์แขวนลอยสาหร่ายมากรองและล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น บีบน้ำออกจากเซลล์ให้มากที่สุด นำเซลล์ไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส)

ค. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252

นำเซลล์สาหร่ายซึ่งผ่านการแช่แข็งมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล (100 เปอร์เซ็นต์) โดยนำเซลล์ที่ผสมเมทานอลมาบดด้วยเครื่องปั่นละเอียดให้เซลล์เป็นเนื้อเดียวกัน กรองแยกเซลล์ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 3 ส่วนเซลล์ที่กรองได้นำมาสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลายเดิมจนเซลล์มีสีเทาซีด นำสารสกัดทั้งหมดมารวมกันและไปทำให้แห้งในโถระเหยแห้งสุญญากาศ จากนั้นนำสารสกัดไปทดสอบหาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยวิธี paper disc plate (Chmel and Louria. 1980) และทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมและกำจัดกับหนอนกระทู้หอมต่อไป

3.1.2 **การศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252**

เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อกวนกลางแจ้ง โดยใช้สูตรอาหารที่ทดสอบแล้วพบว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สุด โดยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ทำการศึกษาเท่ากับ 0.03 0.06 0.1 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร เก็บตัวอย่างเซลล์และสกัดเช่นเดียวกันกับหัวข้อ ก. ข. และ ค.

3.1.3 **การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอม**

ก. การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ผลิตขึ้นโดยวิธี paper disc plate

เตรียม algal lawn ของ *Anabaena siamensis* TISTR 8012 โดยนำอาหารวุ้น BGA ที่นึ่งฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้วตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเย็นลงประมาณ 42 องศาเซลเซียส เติมสารแขวนลอย

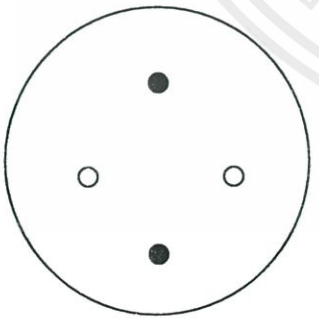
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A. siamensis TISTR 8012 ที่มีค่าความหนาแน่นของเซลล์ที่ความยาวคลื่น 900 นาโนเมตร เป็น 0.5 ลงไปให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารแขวนลอยเซลล์ต่อปริมาตรอาหารเป็น 15% ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็วเทลงบนจานเพาะเชื้อให้มีปริมาตรประมาณ 15 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้อาหารวุ้นแข็งตัว

เตรียมแผ่นทดสอบสารสกัดหยาบ โดยนำสารสกัดหยาบในแต่ละวัน (วันที่ 0 4 8 10 12 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24) ของการเพาะเลี้ยงมาละลายในเมทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อตัวทำละลายเมทานอล 20 ไมโครลิตร หยดสารสกัดลงบนแผ่นทดสอบมาตรฐานปริมาตร 20 ไมโครลิตรต่อแผ่น วางทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายระเหย

เตรียมแผ่นทดสอบมาตรฐาน gentamicin ที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อแผ่นทดสอบ (หรือ 5 ไมโครกรัมต่อปริมาตร 20 ไมโครลิตร) โดยใช้น้ำกลั่นซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้วเป็นตัวทำละลาย

นำแผ่นทดสอบสารสกัดหยาบวางบนผิวหน้าของ agal lawn ที่เตรียมไว้ข้างต้น โดยวางแผ่นทดสอบในแนวเส้นตรงเดียวกันทิศทางตรงกันข้าม สำหรับแผ่นทดสอบที่หยดสารละลายมาตรฐาน gentamicin จะถูกนำมาวางในลักษณะเดียวกันกับแผ่นทดสอบสารสกัดหยาบ โดยแนวเส้นตรงที่ลากผ่านแผ่นทดสอบมาตรฐาน gentamicin และแนวเส้นตรงที่ลากผ่านแผ่นทดสอบสารสกัดหยาบ จะตัดกันทำมุมตั้งฉากกันและระยะห่างจากขอบจานเพาะเชื้อกับแผ่นทดสอบทั้ง 4 แผ่นเท่ากับ 2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1 นำจานเพาะเชื้อทดสอบไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงไฟที่ความเข้มแสง 60 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที เป็นเวลา 7 วัน วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งซึ่งมีลักษณะเป็นบริเวณใสโดยวัดผ่านเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นทดสอบ นำค่าที่วัดไปคำนวณปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตามวิธีในภาคผนวก ข



○ แผ่นทดสอบที่หยดสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อแผ่น

● แผ่นทดสอบที่หยด gentamicin ที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อแผ่น

รูปที่ 3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 โดยวิธี paper disc plate บน algal lawn ของ *A. siamensis* TISTR 8012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัด *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 กับหนอนกระทู้หอม

นำสารสกัดจากสาหร่ายที่ผลิตได้ระหว่างวันที่ 15-24 ของการเพาะเลี้ยง มาละลายด้วยเมทานอลให้ได้ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ ใช้พู่กันเบอร์ 4 จุ่มสารสกัดและทาบนใบผักคะน้าขนาดกว้างและยาวเท่ากับ 3 X 3.5 เซนติเมตรทั้ง 2 ด้านให้ทั่ว สำหรับชุดควบคุมใช้สารละลายเมทานอลทาใบ วางใบผักทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยหมดไป นำใบผักคะน้าที่ผึ่งแห้งแล้ววางลงในถ้วยเลี้ยงหนอนซึ่งภายในมีกระดาษเพาะเมล็ดรองที่ก้นถ้วย ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ซึ่งผ่านการอดอาหารมาแล้วประมาณ 4 ถึง 6 ชั่วโมง จากนั้นใช้พู่กันเบอร์ 4 เขี่ยหนอนลงบนใบผักคะน้า ปิดฝาถ้วยให้แน่นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 29±1 องศาเซลเซียส ให้แสง 12 ถึง 14 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนและจำนวนตายในแต่ละวันเป็นเวลา 4 วันและปรับข้อมูลโดยใช้สูตรของ Abbott (1925) ดังสมการ 3.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริง} = \frac{X-Y}{X} \times 100 \qquad \text{(3.1)}$$

โดย X คือเปอร์เซ็นต์อยู่รอดของแมลง ในชุดควบคุม

Y คือเปอร์เซ็นต์อยู่รอดของแมลงในชุดทดสอบ

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design:CRD) โดยมีจำนวนหน่วยทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารฆ่าแมลง

เตรียมสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารและปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่พบแล้วว่าสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีที่สุด และเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design :CRD) มี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว 7 กรรมวิธี คือ ตัวทำละลายเมทานอล สารสกัดสะเดา และสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ความเข้มข้น 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้พู่กันเบอร์ 4 จุ่มสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่างๆ ทาบนใบคะน้าขนาดกว้างคูณยาวเท่ากับ 3 x 5 เซนติเมตรให้ทั่วทั้งด้านบนและด้านล่าง ชุดควบคุมใช้สารละลายเมทานอล ชุดเปรียบเทียบใช้สารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ตามคำแนะนำการใช้ในฉลาก) ผึ่งใบให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 10 นาทีก่อนนำไปวางในถ้วยเลี้ยงหนอน จากนั้นปล่อยหนอนกระทู้หอมวัย 2 ซึ่งผ่านการอดอาหารนาน 4 ถึง 6 ชั่วโมง (บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นก่อนนำมาทดลอง) ลงในถ้วยหนอนซึ่งมีใบผักคะน้าวางอยู่ หลังจากนั้นบันทึกน้ำหนักหนอนและจำนวนหนอนตายในแต่ละวันตลอดระยะเวลา 4 วัน ปรับข้อมูลโดยใช้สูตรของ Abbott (1925)

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารไล่แมลง

ดัดแปลงจากวิธีของ Simkin and Galun (1983) วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 5 ซ้ำ 7 กรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 3.2 คือ ตัวทำละลายเมทานอล สารสกัดสะเดา และสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ความเข้มข้น 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้พู่กันเบอร์ 4 จุ่มสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทาบนใบคะน้า ขนาดกว้างคูณยาวเท่ากับ 3 x 5 เซนติเมตรให้ทั่วทั้งด้านบนและด้านล่าง ชุดควบคุมใช้สารละลายเมทานอล ชุดเปรียบเทียบใช้สารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งใบให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 10 นาทีก่อนนำไปวางในโหลพลาสติก จากนั้นปล่อยหนอนกระทู้หอมวัย 3 ซึ่งผ่านการอดอาหาร 10 ถึง 12 ชั่วโมงจำนวน 10 ตัวลงบนใบคะน้าแต่ละใบ แล้วปิดปากขวดด้วยผ้าในลอนบาง ตรวจนับปริมาณหนอนที่ยังอยู่บนใบคะน้าหลังจากการทดสอบ 15 นาที หลังจากนั้นเฝ้าบันทึกเวลาที่หนอนซึ่งถูกขับไล่ออกไปจากใบคะน้ากลับเข้ามากินใบคะน้าตามปกติ

3.4 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารยับยั้งการกิน

ดัดแปลงวิธีของ Huang *et. al.* (1995) วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี คือ สารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Haplosiphon* sp. TISTR 8252 ความเข้มข้นคือ 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสารละลายเมทานอลเป็นชุดควบคุม

เจาะใบคะน้าให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ในแต่ละกรรมวิธีเลือกสุ่มแผ่นใบผักคะน้ามากรรมวิธีละ 10 ใบ โดย 5 ใบหยดสารสกัดสาหร่ายปริมาตร 50 ไมโครลิตร อีก 5 ใบหยดตัวทำละลายเมทานอลปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วใช้พู่กันเบอร์ 4 ทาให้ทั่วโดยทาเพียงด้านเดียว จากนั้นนำแผ่นใบคะน้าทั้ง 10 ใบวางสลับกันเป็นวงกลมรอบ ๆ จานเพาะเชื้อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรซึ่งเจาะรูให้อากาศที่ฝาแล้ว และรองพื้นด้วยกระดาษเพาะเมล็ดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้น วางหนอนกระทู้หอมวัย 3 (จำนวน 10 ตัว) ซึ่งอดอาหารเป็นเวลา 10 ถึง 12 ชั่วโมง ลงไปตรงกลางวงกลมที่ล้อมรอบด้วยแผ่นใบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 29 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ถึง 26 ชั่วโมงในที่มืด บันทึกการกินโดยใช้กระดาษกราฟวัดพื้นที่การกินของหนอนตามวิธีของ Dethier (1947) และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินโดยสูตรของ Daido *et al.* (1995) ดังสมการ 3.2

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกิน} = 1 - \frac{\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เสียหายจากการกินของหนอนในแผ่นทดสอบ}}{\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เสียหายจากการกินของหนอนในแผ่นควบคุม}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในระดับกระถาง

นำสารสกัดสาหร่ายมาละลายด้วยเมทานอลให้ได้ความเข้มข้น 1 3 5 และ 7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ จากนั้นผสมกับ tween 20 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ฉีดพ่นบนต้นผักคะน้าอายุ 2 เดือนให้ทั่วทิ้งไว้ให้แห้ง บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ซึ่งผ่านการอดอาหารมาแล้ว 4 ถึง 6 ชั่วโมง จากนั้นใช้พู่กันเบอร์ 4 เขี่ยหนอนลงในถุงผ้าไนลอนถุงละ 10 ตัว แล้วนำไปคลุมต้นคะน้าซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดสาหร่ายแล้ว ปิดปากถุงโดยใช้เชือกพันรอบต้นผักคะน้าเพื่อป้องกันการหนีของหนอน แล้วนำต้นคะน้าซึ่งถูกคลุมถุงนี้วางไว้ในสภาพกลางแจ้ง ส่วนชุดควบคุมพ่นด้วยสารละลายเมทานอลแทนสารสกัดจากสาหร่ายและชุดเปรียบเทียบใช้สารสกัดจากสะเดาเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (ตามคำแนะนำในฉลาก) ฉีดพ่นบนต้นคะน้า ตรวจนับจำนวนหนอนตายหลังจากทดสอบตลอด 3 วัน โดยในวันที่ 3 บันทึกน้ำหนักหนอนหลังจากได้รับสารสกัด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 5 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารฆ่าแมลงจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง

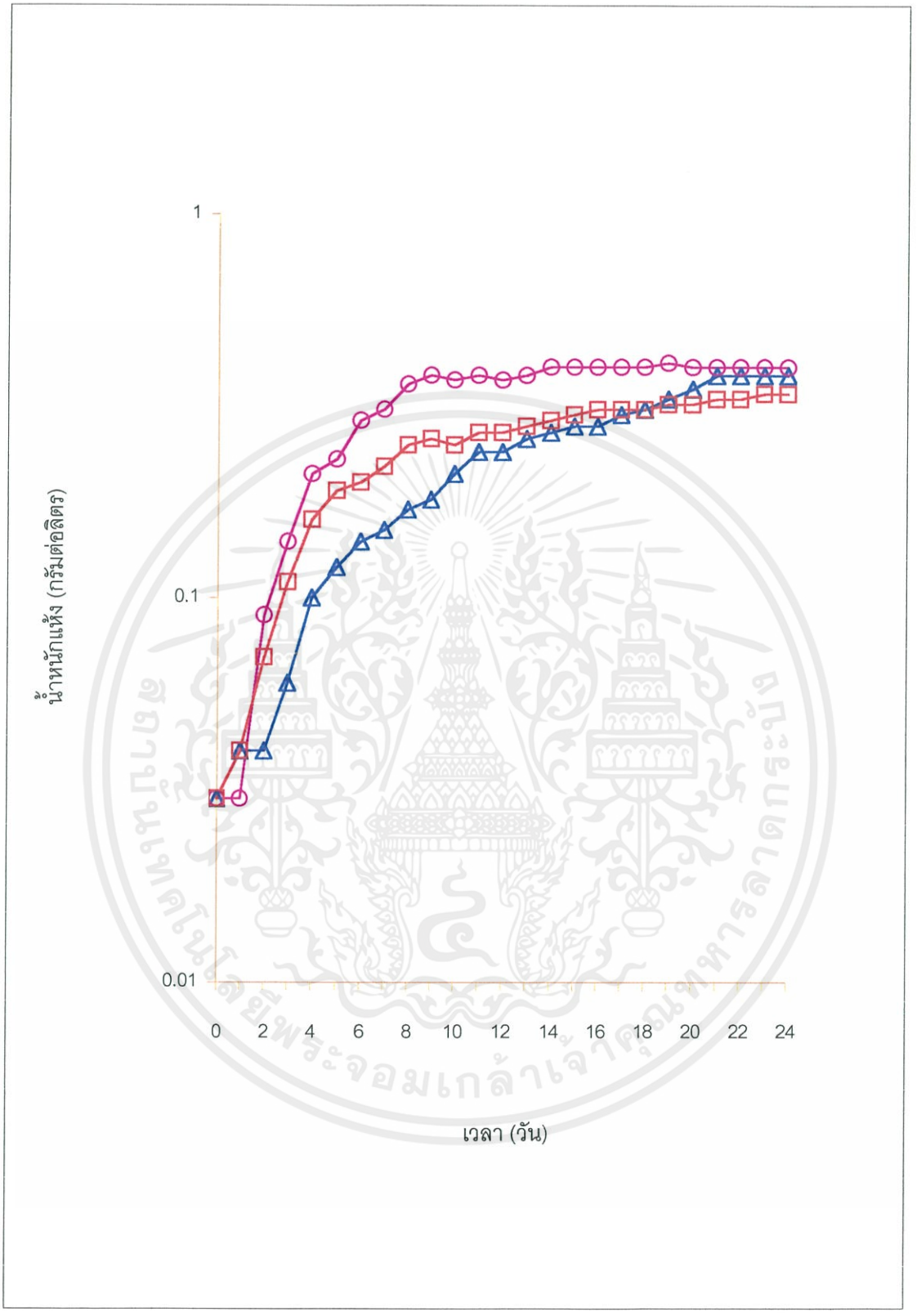
4.1.1 การศึกษาสูตรอาหาร BGA ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในสภาพกลางแจ้งในเดือนสิงหาคม 2542 ด้วยอาหารสูตร BGA สูตร BGA ดัดแปลงด้วยการเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร (BGA+N) และอาหารสูตร BGA+N ลดปริมาณธาตุอาหารหลักลงครึ่งหนึ่ง (half BGA +N) ปริมาตรอาหาร 750 ลิตร โดยความสูงของอาหารวัดจากพื้นบ่อเท่ากับ 30 เซนติเมตร ปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.03 กรัมต่อลิตร ระบบการเพาะเลี้ยงแสดงในรูปที่ 4.1 อุณหภูมิระหว่างการเพาะเลี้ยงสูงสุดเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ต่ำสุดเท่ากับ 26.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29.8 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงสูงสุดมากกว่า 100,000 ลักซ์ (กลางวัน) ต่ำสุด 0 ลักซ์ (กลางคืน) เก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 3 สูตร แล้วนำไปอบแห้งและหาน้ำหนักเซลล์สาหร่ายตลอด 25 วัน ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายแสดงดังรูปที่ 4.2 สาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร BGA มีช่วงระยะเวลาในการปรับตัวระหว่างวันที่ t_0 - t_2 (t_0 หมายถึง วันแรกของการเพาะเลี้ยง) และมีอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.03 ต่อวัน (log phase $t_2 - t_4$) สาหร่ายที่เจริญเติบโนในอาหารสูตร BGA+N มีระยะปรับตัวระหว่างวันที่ t_0 - t_1 มีอัตราการเจริญจำเพาะในระยะขยายสูงสุด (log phase $t_1 - t_4$) เท่ากับ 0.06 ต่อวัน สาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร half BGA+N มีการเจริญเติบโตโดยมีระยะปรับตัวระหว่างวันที่ t_0 - t_1 อัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.04 ต่อวัน (log phase $t_1 - t_4$) จะเห็นได้ว่าสาหร่ายที่เจริญในอาหารทั้ง 3 สูตรมีรูปแบบการเจริญเติบโตคล้ายกัน เนื่องจากในอาหารทั้ง 3 สูตรประกอบด้วยธาตุอาหารหลักเหมือนกัน พบว่าสาหร่ายมีการตอบสนองต่ออาหารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (สูตร BGA+N และ half BGA+N) โดยมีอัตราการเจริญจำเพาะสูงกว่าสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (สูตร BGA) โดยอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่ายที่เจริญในอาหารสูตร BGA + N สูงกว่าอัตราการเจริญจำเพาะของสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร BGA เท่ากับ 2 เท่า และสูงกว่าอัตราการเจริญจำเพาะในอาหารสูตร half BGA + N เท่ากับ 1.5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ภายใต้สภาพกลางแจ้งในบ่อกวนปริมาตร 1,000 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp.TISTR 8252 ในอาหารสูตรต่าง ๆ

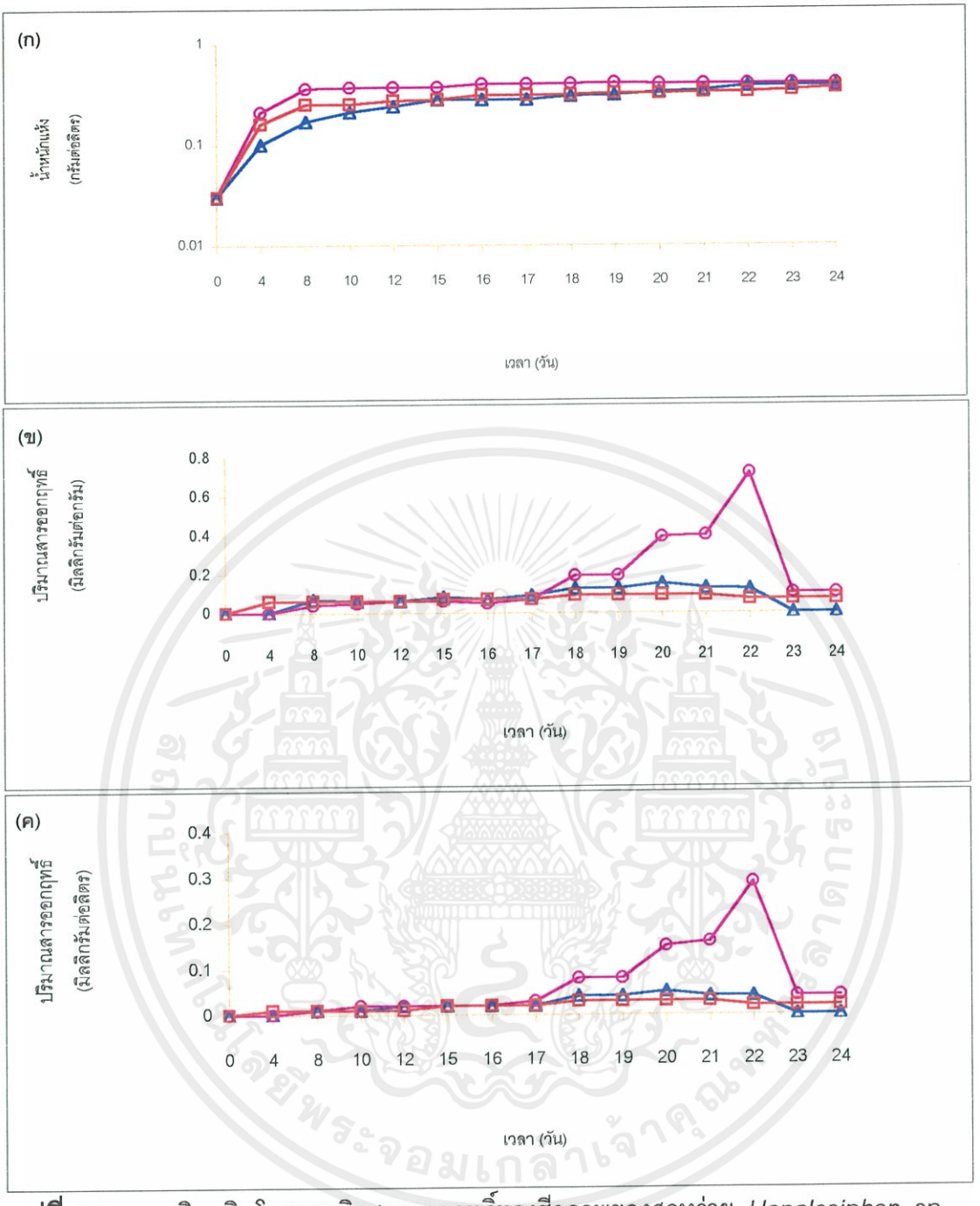
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในแต่ละวันจากอาหารทั้ง 3 สูตร โดยนำเซลล์สาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้มาสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกด้วยเมทานอล แล้วนำสารสกัดหยาบนี้ไปทดสอบประสิทธิภาพกับสาหร่ายสีน้ำ-เงินแกมเขียว *Anabaena siamensis* TISTR 8012 โดยวิธี paper disc plate ดังรูปที่ 4.3 ผลแสดงในรูปที่ 4.4 โดยพบว่าสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร BGA เริ่มผลิตสารออกฤทธิ์ในวันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยง และผลิตสารออกฤทธิ์ได้ในปริมาณสูงในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (stationary phase) คือ ระหว่างวันที่ 18 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.12 ถึง 0.15 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่ายหรือ 0.04 ถึง 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.33 กรัมต่อลิตร ส่วนสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร BGA + N เริ่มผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในวันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยงและผลิตได้สูงสุดในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (วันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง) โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตคิดเทียบเป็นความเข้มข้น gentamicin เท่ากับ 0.39 ถึง 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่ายหรือ 0.15 ถึง 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร และสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร half BGA + N เริ่มตรวจพบสารออกฤทธิ์ในวันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยง ผลิตสารออกฤทธิ์ได้ในปริมาณสูงระหว่างวันที่ 18 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยงซึ่งอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่เช่นกันปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.07 ถึง 0.09 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.02 ถึง 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.32 กรัมต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตได้ในแต่ละวันจากอาหารทั้ง 3 สูตร จะเห็นได้ว่าสาหร่ายที่เจริญเติบโตในอาหารสูตร BGA + N มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 มากที่สุด โดยสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงกว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้จากอาหารสูตร BGA และ half BGA + N เท่ากับ 6 และ 8 เท่าตามลำดับเมื่อคิดต่อน้ำหนักแห้งสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว และเท่ากับ 7 และ 10 เท่า เมื่อคิดต่อปริมาตรอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 โดยวิธี paper disc plate บน algal lawn ของ *A. siamensis* TISTR 8012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในอาหารสูตรต่าง ๆ

(ก) การเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันต่าง ๆ

(ข) การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายในวันต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

(ค) การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายในวันต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

—△— อาหารสูตร BGA

—○— อาหารสูตร BGA + N

—□— อาหารสูตร half BGA + N

จากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่เจริญเติบโตในอาหารทั้ง 3 สูตร พบว่าเป็นไปในทางเดียวกัน คือ ในขณะที่สาหร่ายเจริญเติบโตอยู่ในระยะขยาย (log phase) ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตได้อยู่ในระดับต่ำ และจะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (stationary phase) ซึ่งเป็นไปตามที่ Bu'Lock (1961) กล่าวไว้ว่าในสภาวะการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์แบบแบช (batch) การผลิตสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) จะไม่เกี่ยวข้องหรือจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต (non-growth associate) Rehm and Reed (1986) ได้กล่าวไว้ว่าเมื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกจำกัดด้วยปริมาณสารอาหารที่จำเป็น ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การผลิตสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิจะเกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการทดลองข้างต้น คือ ตรวจพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ผลิตขึ้นในช่วงการเจริญเติบโตระยะขยายโดยปริมาณที่พบมีเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะคงที่การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ลดน้อยลง เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Schwartz *et al.* (1990) ในการเพาะเลี้ยง *Nostoc* sp. ATCC 53789 เพื่อผลิตสารออกฤทธิ์ cryptophytin พบว่าการผลิตสารออกฤทธิ์เกิดขึ้นในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ ซึ่งสัมพันธ์กับการที่ปริมาณฟอสเฟต ไนเตรต และซัลเฟตในอาหารเริ่มลดลง

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ถึงแม้ว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถตรึงไนโตรเจนได้ แต่ในสภาพการเพาะเลี้ยงที่ปราศจากไนโตรเจนหรือสภาพตรึงไนโตรเจน เช่น ในกรณีสูตรอาหาร BGA สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวจำเป็นต้องใช้พลังงานภายในเซลล์ หรือ ATP (adenosine triphosphate) ส่วนหนึ่งมาใช้ในการตรึงไนโตรเจน (Becker, 1994) ซึ่งพลังงานภายในเซลล์นี้อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารตั้งต้น (precursor) หรือเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทำให้ความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพลดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรที่มีการเติมไนโตรเจน หรือ BGA + N

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่เพาะเลี้ยงในถัง carboy ปริมาตร 10 ลิตรในห้องปฏิบัติการกับการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะแวดล้อมกลางแจ้ง พบว่าการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.02 กรัมน้ำหนักแห้งสาหร่ายต่อลิตรในอาหารสูตร BGA+N ควบคุมอุณหภูมิในการบ่มเท่ากับ 28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงไฟ (cool-white fluorescent lamp) ความเข้มแสง 60 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาทีตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าสาหร่ายสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงสุดในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่เช่นกัน คือ วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยง โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตได้ (คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin) เท่ากับ 2.03 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งหรือ 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง และการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.23 กรัมต่อลิตร (จิราภรณ์ พลชัย, 2542) ในขณะที่ในการทดลองนี้เพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยงกลางแจ้งด้วยอาหารสูตร BGA + N ปริมาณเชื้อสาหร่ายเริ่มต้นเท่ากับ 0.03 กรัมน้ำหนักแห้งสาหร่ายต่อลิตร สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์สูงสุดสุดเมื่อเก็บเกี่ยวช่วงวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยงปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตคิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.39 ถึง 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่ายหรือ 0.15 ถึง 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในสภาพการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการสูงกว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายเจริญในสภาพกลางแจ้ง โดยคิดเป็น 2.82 เท่า เมื่อเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์เป็นมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย และเป็น 1.62 เท่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากในห้องปฏิบัติการสามารถควบคุมสภาพทางกายภาพให้เหมาะสมได้ เช่น สามารถควบคุมความเข้มแสงให้คงที่ตลอดเวลา สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ ในขณะที่ในการเพาะเลี้ยงในสภาพกลางแจ้งนั้นไม่สามารถควบคุมความเข้มแสงให้คงที่ได้ และการได้รับแสงยังจำกัดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายในช่วงวันจะมีการเปลี่ยนแปลง คือ ในตอนเช้าของบางวันอุณหภูมิอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงประมาณ 29 องศาเซลเซียส ในขณะที่ช่วงบ่ายซึ่งแดดจัด อุณหภูมิอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นถึง 34 องศาเซลเซียสเนื่องจากการได้รับพลังงานแสงและเกิดการสะสมพลังงานขึ้น ในการทดลองการเพาะเลี้ยงสาหร่ายภายใต้สภาพแวดล้อมกลางแจ้งซึ่งใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงกว่าในห้องปฏิบัติการนั้นเนื่องจากการเพาะเลี้ยงในบ่อเปิดอาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่น แล้วเกิดการแข่งขันการเจริญเติบโตกับสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้ รวมทั้งในการใช้เชื้อเริ่มต้นปริมาณต่ำ ๆ จะมีผลเสียต่อสาหร่าย คือ ทำให้สาหร่ายได้รับความเข้มแสงต่อหน่วยพื้นที่สูงเกินไปซึ่งอาจทำให้สาหร่ายซีดและตายได้

ในการทดลองนี้ใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตได้ด้วยวิธี paper disc plate โดยเปรียบเทียบกับสารปฏิชีวนะมาตรฐาน gentamicin โดยนำสารสกัดสาหร่ายมาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของ*สาหร่าย A. siamensin* TISTR 8012 เนื่องจากมีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าสารที่ออกฤทธิ์กับสาหร่าย *A. siamensin* TISTR 8012 กับสารที่ออกฤทธิ์กับหนอนเป็นกลุ่มเดียวกัน คือ จากการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกจากสิ่งเจือปนเบื้องต้นโดยวิธีทินแลเยอร์โครมาโตกราฟีและตรวจสอบหาตำแหน่งของสารที่แยกออกมาโดยวิธีออโตไบโอกราฟ (autobiograph) พบว่าสารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A. siamensin TISTR 8012 อยู่ตำแหน่งเดียวกันกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ออกฤทธิ์กับหนอนเจาะสมอฝ้าย (จิราภรณ์ พลชัย, 2542)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในวันต่าง ๆ จากอาหารทั้ง 3 สูตร ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 0.79 มิลลิกรัมต่อตัว โดยนำสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างวันที่ 15 ถึงวันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยงจากอาหารทั้ง 3 สูตรมาทาบนใบผักคะน้าแล้วปล่อยให้หนอนกิน พบว่าสารสกัดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาดังกล่าวมีผลต่อการตายและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้-หอมวัย 2 โดยพบการตายของหนอนเกิดขึ้นในวันที่ 4 หลังการทดลอง ซึ่งผลของสารสกัดมีความรุนแรงแตกต่างกันไปในแต่ละวันที่เก็บเกี่ยวและแต่ละสูตรอาหาร สารสกัดมีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนไม่รุนแรงมากนัก ซึ่งผลการตายและน้ำหนักของหนอนแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าสารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 17 18 และ 22 ของการเพาะเลี้ยง มีผลทำให้หนอนตายเท่ากับ 8.33 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่แตกต่างจากหนอนในชุดควบคุม หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 17 18 และ 22 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันอื่น ๆ ของการเพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการตายของหนอน

สารสกัดสาหร่ายจากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA + N เก็บเกี่ยวตั้งแต่วันที่ 15 ถึง 18 ของการเพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการตายของหนอน เริ่มปรากฏมีการตายของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยงแต่เปอร์เซ็นต์ตายสะสมค่อนข้างต่ำ คือ 16.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่าไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุมในขณะที่สารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยวตั้งแต่วันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง มีผลต่อการตายของหนอนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่อนข้างสูง คือ 25 33.33 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดเก็บเกี่ยววันที่ 20 ถึง 22 นี้ แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุม โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดและมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับหนอนในทุกชุดทดลอง แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 20 และ 21 ของการเพาะเลี้ยง และพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนลดลงเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 8.33

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงาน

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุม ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง ไม่มีผลต่อการตายของหนอน

และสารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA + N เก็บเกี่ยววันที่ 15 และ 16 ของการเพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการตายของหนอน ส่วนสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยงเริ่มมีผลต่อการตายของหนอน แต่เปอร์เซ็นต์ตายสะสมค่อนข้างต่ำ (เท่ากับ 8.33 เปอร์เซ็นต์) และไม่แตกต่างจากหนอนในชุดควบคุม เปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนสูงสุดพบเมื่อหนอนได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 38.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยงซึ่งเท่ากับ 23.33 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนหนอนซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันอื่น ๆ แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมไม่แตกต่างจากหนอนในชุดควบคุม

เมื่อนำค่าน้ำหนักหนอนมาพิจารณา พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายจากอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 15 ถึง 24 ของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดที่เก็บเกี่ยววันที่ 24 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.43 มิลลิกรัมต่อตัว ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากอาหารสูตร BGA + N เก็บเกี่ยวตั้งแต่วันที่ 16 ถึง 24 ของการเพาะเลี้ยงต่ำกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หนอนที่ได้รับสารสกัดวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดอื่น ๆ โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 0.6 มิลลิกรัมต่อตัว ในขณะที่หนอนในชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.96 มิลลิกรัมต่อตัว หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 มิลลิกรัมต่อตัว และหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.01 มิลลิกรัมต่อตัว สารสกัดสาหร่ายที่ได้จากอาหารสูตร half BGA + N เก็บเกี่ยวในวันที่ 19 ถึง 20 ของการเพาะเลี้ยงมีผลทำให้หนอนมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหนอนมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 และ 1.93 มิลลิกรัมต่อตัวตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงจากอาหารสูตรต่าง ๆ[1]

เวลาเก็บเกี่ยวเซลล์[2]	เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมวันที่ 4			น้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 4(มิลลิกรัมต่อตัว)		
	BGA	BGA + N	Half BGA+N	BGA	BGA + N	Half BGA+N
ชุดควบคุม	0a	0a	0a	6.96bc[3]	6.96bc[3]	6.96bc[3]
วันที่ 15	0a	0a	0a	3.23ef	6.31bcd	6.93bc
วันที่ 16	0a	0a	0a	3.28ef	3.69def	7.23bc
วันที่ 17	8.33abc	0a	8.33abc	2.52efg	2.19efg	8.77ab
วันที่ 18	8.33abc	0a	16.67abcd	2.99ef	2.21efg	7.67b
วันที่ 19	25cd	16.67abcd	38.33de	2.4efg	3.13efg	2.77efg
วันที่ 20	0a	25cd	23.33de	2.85efg	1.48fg	1.93efg
วันที่ 21	0a	33.33d	15abc	2.3efg	0.6g	10.23a
วันที่ 22	8.33abc	50f	15abc	2.63efg	1.01fg	7.13bc
วันที่ 23	0a	8.33abc	0a	1.68efg	3.22efg	6.23bcd
วันที่ 24	0a	0a	6.67ab	1.43fg	3.34efg	4.6cde

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว

[2] ความเข้มข้นของสารสกัด 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ

[3] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ โดยค่าที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

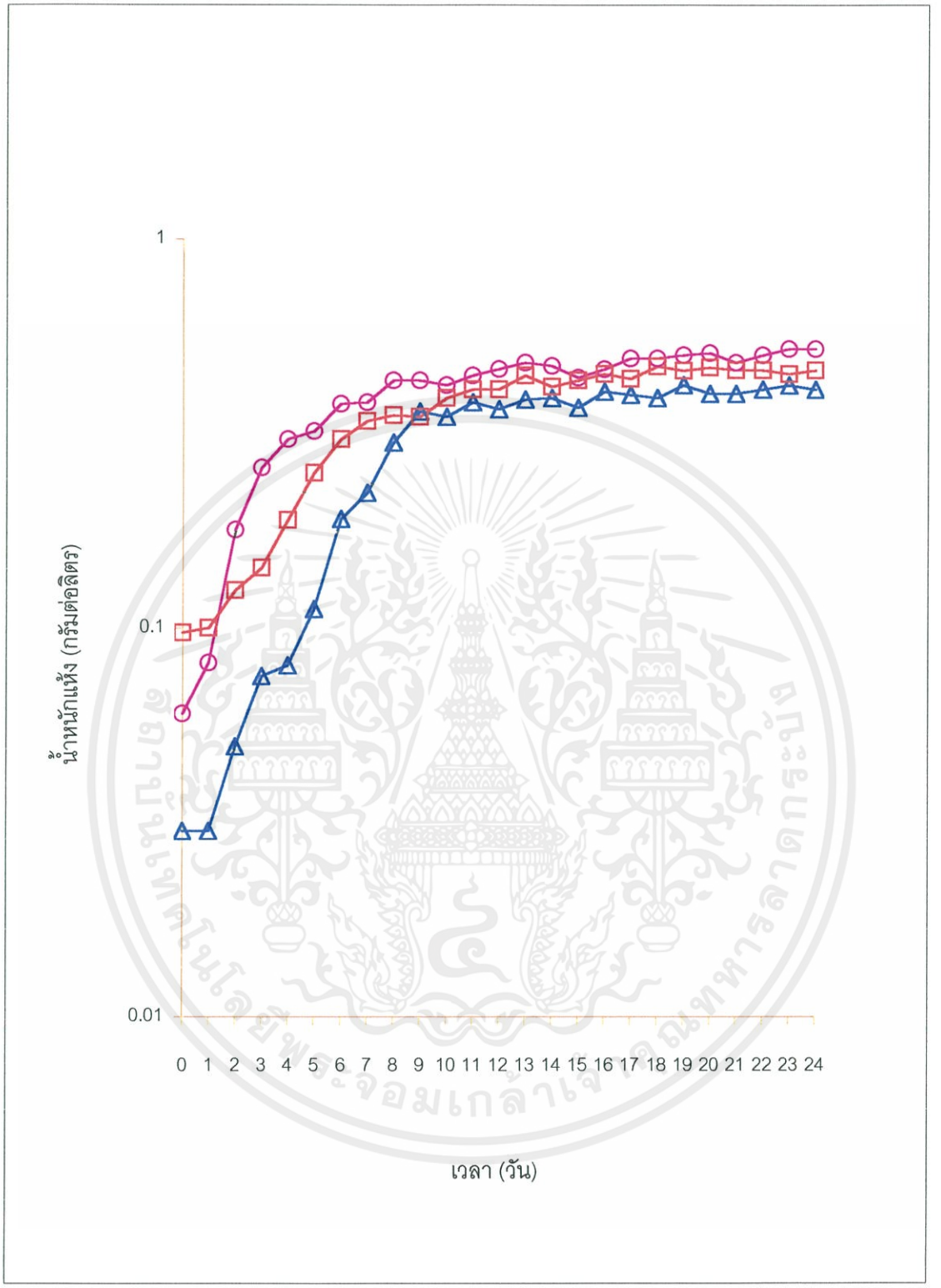
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในสภาพการเพาะเลี้ยงกลางแจ้งด้วยอาหารสูตร BGA + N ระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.2543 ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ศึกษามี 3 ระดับคือ 0.03 0.06 และ 0.1 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิระหว่างการเพาะเลี้ยงสูงสุดเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ต่ำสุดเท่ากับ 18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.57 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงสูงสุดมากกว่า 100,000 ลักซ์ (กลางวัน) ต่ำสุด 0 ลักซ์ (กลางคืน) ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายตลอด 25 วัน โดยวัดน้ำหนักเซลล์สาหร่ายแห้งแสดงดังรูปที่ 4.5 พบว่าสาหร่ายเจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันและมีรูปแบบการเจริญเติบโตคล้ายกัน โดยสาหร่ายที่เจริญด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.03 กรัมต่อลิตร มีระยะปรับตัวตั้งแต่วันที่ t_0 - t_1 มีอัตราการเจริญจำเพาะในระยะขยาย (log phase t_1- t_6) เท่ากับ 0.03 ต่อวัน สาหร่ายที่เจริญด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.06 กรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตโดยมีระยะปรับตัวตั้งแต่วันที่ t_0 - t_1 และมีอัตราการเจริญจำเพาะในระยะขยายสูงสุด (log phase t_1- t_3) เท่ากับ 0.07 ต่อวัน ส่วนสาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร มีระยะปรับตัววันที่ t_0 - t_1 มีอัตราการเจริญจำเพาะในระยะขยาย (log phase t_1- t_5) เท่ากับ 0.04 ต่อวัน

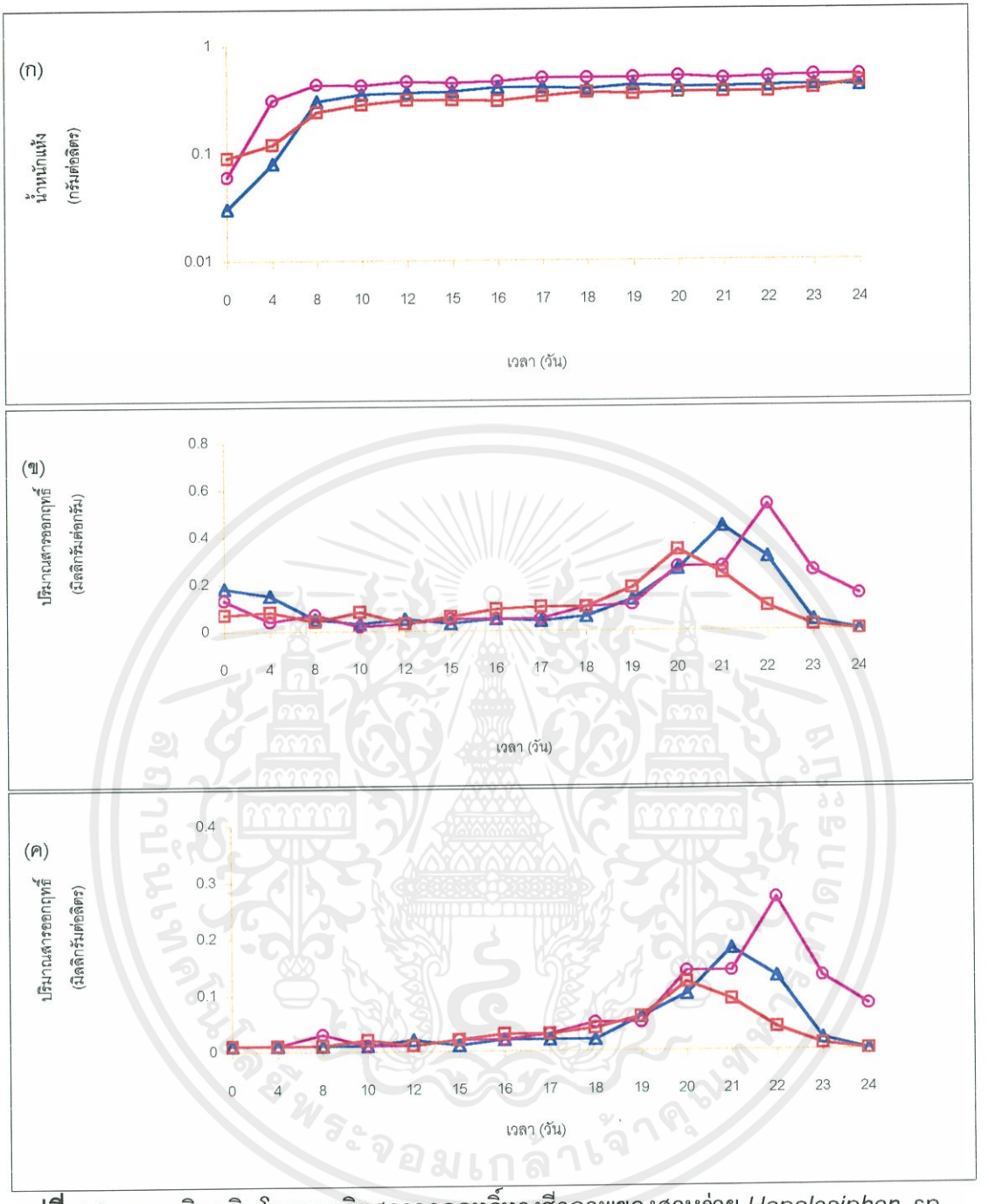
การศึกษาการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในวันต่าง ๆ จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 0.06 และ 0.1 กรัมต่อลิตร โดยนำเซลล์สาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละวันมาสกัดด้วยเมทานอล แล้วนำสารสกัดนี้ไปทดสอบกับสาหร่าย *A. simensis* TISTR 8012 โดยวิธี paper disc plate แสดงผลดังรูปที่ 4.6 ก ข และ ค พบว่าสาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เริ่มผลิตสารออกฤทธิ์วันแรกของการเพาะเลี้ยง ซึ่งสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนถึงวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงมีปริมาณต่ำ ในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (t_{19} - t_{22}) สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้ในช่วงนี้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.13 ถึง 0.44 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.06 ถึง 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากวันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยงการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายลดลง โดยในช่วงที่สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ได้สูงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร สาหร่ายที่เจริญจากเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตรเริ่มผลิตสารออกฤทธิ์วันแรกของการเพาะเลี้ยง และสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนถึงวันที่ 19 มีปริมาณต่ำ ในขณะที่ในช่วงวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 เพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ในอาหารสูตร BGA + N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

(ก) การเจริญเติบโตของสาหร่ายในวันต่าง ๆ

(ข) การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายในวันต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

(ค) การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายในวันต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

—△— ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร

—○— ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร

—□— ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.27 ถึง 0.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.14 ถึง 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากวันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยงการผลิตสารออกฤทธิ์ของสาหร่ายลดลง ในช่วงที่สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ได้สูงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.5 กรัมต่อลิตร ส่วนสาหร่ายที่เจริญจากเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตรเริ่มผลิตสารออกฤทธิ์วันแรกของการเพาะเลี้ยงเช่นกัน และสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนถึงวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงมีปริมาณต่ำ ในขณะที่ในช่วงวันที่ 19 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยง สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.18 ถึง 0.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.06 ถึง 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากวันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงการผลิตสารออกฤทธิ์ของสาหร่ายลดลง ในช่วงที่สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ได้สูงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.5 กรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายซึ่งเริ่มต้นด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับ ณ วันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยง โดยจะเห็นได้ว่าสาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับมีช่วงเวลาที่สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน คือ ระหว่างวันที่ 19 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยงซึ่งเป็นช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (stationary phase) โดยสาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.06 กรัมต่อลิตรสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงที่สุด คือ ในวันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยงโดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้เท่ากับ 0.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย สาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตรผลิตสารออกฤทธิ์ได้สูงสุดในวันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงซึ่งเท่ากับ 0.44 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย ส่วนสาหร่ายที่เจริญจากเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตรผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงสุดในวันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยงโดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้เท่ากับ 0.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย

จะเห็นได้ว่าสาหร่ายที่เจริญจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับ มีรูปแบบการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพไม่แตกต่างกัน คือ ในช่วงการเจริญเติบโตระยะขยาย การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายมีปริมาณต่ำ แต่ในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ (ระหว่างวันที่ 19 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง) การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายกลับสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยสาหร่ายที่เจริญจากเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับนี้มีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสุดใกล้เคียงกัน และการเจริญเติบในช่วงนี้ไม่แตกต่างกันด้วย

จากการทดลองพบว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ความเข้มข้นเซลล์สูงที่สุด (0.1 กรัมต่อลิตร) สาหร่ายมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ต่ำกว่า คือ 0.03 และ 0.06 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากการใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่สูงในขณะที่อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กวน และความลึกของบ่อคงเดิม ทำให้ประสิทธิภาพการได้รับแสงของสาหร่ายจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงด้วย โดยที่ความหนาแน่นเซลล์มีค่าสูงทำให้แสงที่ส่องลงมาไม่สามารถทะลุผ่านไปยังเซลล์ที่อยู่บริเวณด้านล่างได้ จึงทำให้เซลล์ที่อยู่บริเวณด้านล่างไม่ได้รับแสง ซึ่งในสภาพการเพาะเลี้ยงที่มีการกวนจะเกิดวัฏจักรมืดสลับกับสว่าง (light-dark cycle) ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง โดยช่วงระยะเวลาในการเกิดสภาพมืดและสว่างนี้อาจใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีไปจนถึงนาทีขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเซลล์ ความลึกของบ่อและความแรงของกระแส เช่น ในสภาพที่ความหนาแน่นเซลล์สูง บ่อลึก ความแรงของกระแสต่ำ จะทำให้เซลล์อยู่ในสภาพมืดนาน Richmond *et al.* (1980) ได้ทำการศึกษาพบว่าในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยมีระบบกวนแบบใบพัด การส่องผ่านของแสงจะถูกกำหนดโดยความหนาแน่นของเซลล์ โดยที่ความหนาแน่นเซลล์สูง (เท่ากับ 0.4 O.D. 560 นาโนเมตร) ที่ระดับความลึกของสาหร่ายวัดจากด้านบนลงไป 3 เซนติเมตร พบว่ามีเซลล์สาหร่ายเพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่ได้รับแสง ส่วนสาหร่ายอีก 80 เปอร์เซ็นต์ยังอยู่ในที่มืด

การศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 โดยนำสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างวันที่ 15 ถึง 24 ของการเพาะเลี้ยงจากปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 3 ระดับ ทาบนใบผักคะน้าแล้วปล่อยให้หนอนกระทู้หอมวัย 2 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.32 มิลลิกรัมต่อตัวกิน หลังจากการทดลอง 4 วัน พบว่าสารสกัดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาดังกล่าวมีผลต่อการตายและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอน โดยความรุนแรงของสารสกัดจะแตกต่างกันในแต่ละวันที่เก็บเกี่ยวและแต่ละระดับปริมาณเชื้อเริ่มต้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในชุดทดลองซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร พบว่าหนอนเริ่มตายเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวตั้งวันที่ 17 ถึง 19 ของการเพาะเลี้ยงโดยเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติไม่พบความแตกต่างกับหนอนในชุดควบคุม ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดที่เก็บเกี่ยววันที่ 20 21 และ 22 ของการเพาะเลี้ยง แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงที่สุดเท่ากับ 45 38.33 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติภายในกลุ่ม แต่แตกต่างจากหนอนในชุดควบคุมและหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยวในวันอื่น ๆ

เริ่มพบการตายของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เมื่อหนอนได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยงโดยแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์ และหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 13.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 15 และ 16 ของการเพาะเลี้ยงไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุม ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดตั้งแต่วันที่ 17 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยง แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 25 38.33 36.67 38.33 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นตายแตกต่างจากหนอนในชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 15 และ 16 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 18 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับหนอนในชุดควบคุมและวันอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติภายในกลุ่มหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยวในวันที่ 18 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เริ่มพบการตายของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง โดยค่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 8.33 เปอร์เซ็นต์ และหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 19 และ 21 ของการเพาะเลี้ยงไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมหนอนในชุดควบคุม ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่วันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 23.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 22 และ 23 แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในชุดควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายทั้ง 2 วันนี้ และเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยงไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยววันที่ 19 และ 21 ของการเพาะเลี้ยง

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของหนอน พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายทุกตัวอย่างมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหนอนในชุดควบคุมมีน้ำหนัก 5.34 มิลลิกรัมต่อตัว โดยหนอนซึ่งได้รับสารสกัดจากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตรเก็บเกี่ยววันที่ 20 และ 21 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนซึ่งได้รับสารสกัดจากวันอื่น ๆ ของการเพาะเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยหนอนซึ่งได้รับสารสกัดในวันที่ 20 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.19 มิลลิกรัมต่อตัว ส่วนหนอนซึ่งได้รับสารสกัดวันที่ 21 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.69 มิลลิกรัมต่อตัว หนอนที่ได้รับสารสกัดซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตรเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 19 20 21 และ 22 ของการเพาะเลี้ยง มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าชุดควบคุมและชุดที่เก็บเกี่ยวจากวันอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเท่ากับ 1.19 1.18 1.13 และ 1.34 มิลลิกรัมต่อตัวตามลำดับ ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร พบว่าสารสกัดซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 19 20 21 และ 22 ของการเพาะเลี้ยง ทำให้หนอนมีน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุมและสารสกัดวันอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักหนอนเท่ากับ 1.29 1.43 1.52 และ 1.29 มิลลิกรัมต่อตัวตามลำดับ

จากข้อมูลเปอร์เซ็นต์การตายแท้จริงของหนอนจะเห็นว่าสารสกัดสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 และ 0.06 กรัมต่อลิตร มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนอย่างเห็นได้ชัด และมีช่วงเวลาที่สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ในการฆ่าหนอนนานกว่าสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนภายหลังจากที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายจะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 และ 0.1 กรัมต่อลิตร แสดงฤทธิ์ในการควบคุมน้ำหนักหนอนได้เป็นอย่างดีและช่วงเวลาที่ผลิตสารออกฤทธิ์อยู่ในช่วงเดียวกันคือ ระหว่างวันที่ 18 ถึงวันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง โดยน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดจากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้ง 2 ระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกัน ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร พบว่ามีเพียงสารสกัดที่เก็บเกี่ยววันที่ 20 และ 21 ของการเพาะเลี้ยงเท่านั้นที่มีผลทำให้หนอนมีน้ำหนักต่ำ

เมื่อพิจารณาข้อมูลการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ รวมทั้งข้อมูลเปอร์เซ็นต์การตาย (แสดงฤทธิ์ในการฆ่าแมลง) และน้ำหนักหนอน (แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งการกิน) จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์สูงที่สุด และแสดงฤทธิ์เป็นทั้งสารฆ่าแมลงและสารยับยั้งการกินได้ดีกว่าสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 และ 0.1 กรัมต่อลิตร ในขณะที่สารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตรแสดงฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงเด่นชัดกว่าการเป็นสารยับยั้งการกิน ซึ่งฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงไม่แตกต่างจากสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร ส่วนสารสกัดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตรแสดงฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงไม่เด่นชัด แต่จะแสดงฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการกิน และเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้งการกินจากน้ำหนักเฉลี่ยของหนอน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายจากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตรมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างกับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตรเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวันที่ 19 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ดังนั้นปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพคือ 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยวในช่วงวันที่ 19 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยง โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้เท่ากับ 0.11 ถึง 0.27 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย

ตารางที่ 4.2 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA + N ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่าง ๆ[1]

เวลาเก็บเกี่ยวเซลล์[2]	เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมวันที่ 4			น้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 4 (มิลลิกรัมต่อตัว)		
	ปริมาณเชื้อเริ่มต้น			ปริมาณเชื้อเริ่มต้น		
	0.03	0.06	0.1	0.03	0.06	0.1
ชุดควบคุม	0a	0a	0a	5.34 b[3]	5.34 b[3]	5.34 b[3]
วันที่ 15	0a	6.67ab	0a	2.8 de	2.38 efg	2.53 defg
วันที่ 16	0a	13.33abc	0a	2.65 def	2.22 efgh	2.37 efg
วันที่ 17	6.67ab	25bcd	0a	5.9 a	2.28 efgh	2.53 defg
วันที่ 18	6.67ab	38.33d	0a	3.14 cd	2.18 efgh	2.26 efgh
วันที่ 19	6.67ab	36.67d	8.33ab	2.48 efg	1.19 j	1.29 j
วันที่ 20	45d	38.33d	0a	1.19 j	1.18 j	1.43 ij
วันที่ 21	38.33d	30cd	6.67ab	1.69 hij	1.13 j	1.52 ij
วันที่ 22	30cd	0a	23.33bcd	3.39 e	1.34 j	1.29 j
วันที่ 23	15abc	0a	30cd	2.73 de	2.47 efg	1.98 ghi
วันที่ 24	0a	6.67ab	0a	2.57 defg	2.46 efg	2.04 ghi

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว

[2] ความเข้มข้นของสารสกัด 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ

[3] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ โดยค่าที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ผลการทดลองจากรูปที่ 4.6 ก ข และ ค และตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตขึ้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *A. siamensis* TISTR 8012 ขณะเดียวกันยังสามารถแสดงฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการกินและฆ่าหนอนกระทู้หอมวัย 2 ได้แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่สามารถบอกความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจน ดังจะเห็นได้จากสารออกฤทธิ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร สาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *A. siamensis* TISTR 8012 ได้สูงสุดวันที่ 20 ถึงวันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง ในขณะที่สารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยววันที่ 18 และ 20 ของการเพาะเลี้ยงแสดงฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้หอมได้ดีที่สุด และพบว่าฤทธิ์ในการยับยั้งการกินของหนอนแสดงให้เห็นเด่นชัดในช่วงวันที่ 19 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ดังนั้นจึงเลือกเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายในวันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง เพื่อนำไปศึกษาต่อถึงประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมหนอนกระทู้หอม ในรูปสารฆ่าแมลง สารไล่แมลง สารยับยั้งการกิน และการทดสอบประสิทธิภาพในระดับกระถางกลางแจ้ง ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตขึ้นมีหลายตัว แต่การแสดงผลการยับยั้งเป็นผลรวมของสารทั้งหมดที่มี ซึ่งชนิดและปริมาณของสารมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพและระยะเวลาที่เพาะเลี้ยง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้มีผลทำให้การแสดงออกของฤทธิ์ต่าง ๆ ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ด้วยอาหารสูตร BGA + N ปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากันคือ 0.03 กรัมต่อลิตร แต่เพาะเลี้ยงต่างฤดูซึ่งมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังเช่น ในการทดลองการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสม พบว่าในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตได้แตกต่างกัน โดยสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในการทดลองซึ่งศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสม ผลิตสารออกฤทธิ์สูงสุดวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.32 ถึง 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.15 ถึง 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และสาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร ส่วนสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากการทดลองการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสม ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงในวันที่ 19 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.13 ถึง 0.44 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.06 ถึง 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งสาหร่ายเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารสูตร BGA +N ควบคุมอุณหภูมิในการบ่มเท่ากับ 28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงไฟ (cool-white fluorescent lamp) ความเข้มแสง 60 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาทีตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าสาหร่ายสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงสุดในช่วงการเจริญเติบโตระยะคงที่ คือ วันที่ 20 ถึง 21 ของการเพาะเลี้ยงโดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้ (คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin) เท่ากับ 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ 2.03 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.23 กรัมต่อลิตร (จิราภรณ์ พลชัย, 2542)

จะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในสภาพกลางแจ้ง อุณหภูมิในบ่อเพาะเลี้ยงมีความผันแปรเกิดขึ้นในช่วงค่อนข้างกว้าง โดยในการทดลองการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสม อุณหภูมิของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายมีความผันแปรเกิดขึ้นอยู่ในช่วง 8 องศาเซลเซียส จากต่ำสุดเท่ากับ 26 ถึงสูงสุด 34 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สาหร่ายผลิตได้สูงกว่าการทดลองการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิของอาหารที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายมีความผันแปรอยู่ในช่วงที่กว้างกว่า โดยความผันแปรของอุณหภูมิเท่ากับ 13 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 18 ถึงสูงสุดเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส) และเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบการผลิตสารออกฤทธิ์กับการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมและคงที่ได้ตลอดเวลา (ช่วงผันแปรของอุณหภูมิเท่ากับ 28±1 องศาเซลเซียส) พบว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตได้มีปริมาณสูงกว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สาหร่ายผลิตได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพกลางแจ้งซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้

อย่างไรก็ตาม Richmond *et al.* (1980) กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อความผันแปรขององค์ประกอบสาหร่าย โดยไม่สามารถสรุปได้จากการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย และยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่ายด้วย ดังจะเห็นได้จากเมื่ออุณหภูมิในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Uronema elongata* เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตจะถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นในขณะที่การสะสมโปรตีนจะลดลง ส่วนสาหร่าย *Ankistrodesmus gracilis* มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ คือ มีการเจริญเติบโตลดลงแต่องค์ประกอบภายในเซลล์สาหร่ายไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง และสาหร่าย *Scenedesmus* 276-3a มีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบภายในเซลล์เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

4.1.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารฆ่าแมลง

จากการนำสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 (ปริมาณสารสกัดสาหร่าย 100 มิลลิกรัม มีประสิทธิภาพยับยั้ง *A. siamensis* TISTR 8012 เทียบเท่า gentamicin 1.16 มิลลิกรัม) มาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงกับหนอนกระทู้หอมวัย 2 (น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเริ่มต้น 0.8 มิลลิกรัมต่อตัว) ผลการการตายและข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนภายหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายในวันที่ 1 2 และ 3 หลังการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 ในวันที่ 1 หลังการทดลองพบว่าสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการตายของหนอนกระทู้หอม ส่วนหนอนที่ได้

รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลการตายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 16 24 36 และ 44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดแต่ฤทธิ์ในการฆ่าหนอนยังไม่รุนแรงมากนัก และเมื่อพิจารณาข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของหนอน พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายในทุกความเข้มข้นมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุมและหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนภายในกลุ่มซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่าย โดยหนอนในชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.28 มิลลิกรัมต่อตัว หนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดามีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 มิลลิกรัมต่อตัว และหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.72 0.59 0.56 0.55 และ 0.65 มิลลิกรัมต่อตัวตามลำดับ

ในวันที่ 2 ของการทดลอง หนอนที่ได้รับสารสกัดมีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเพิ่มขึ้น โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมค่อนข้างต่ำ คือ เท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุด คือ 72 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 64 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมทั้ง 2 ค่านี้ไม่แตกต่างกัน ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนจะเห็นได้ว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายที่ทุกความเข้มข้นมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหนอนในกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แสดงผลน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันและให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักหนอนต่ำสุด โดยต่ำกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุม 5 ถึง 6 เท่า ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 2 เท่า และมีความแตกต่างกับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 และน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 1 2 และ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ

การทดลอง[1]	เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสม[2]			น้ำหนักเฉลี่ย[2] (มิลลิกรัมต่อตัว)		
	วันที่			วันที่		
	1	2	3	1	2	3
ชุดควบคุม	0 a	0 d	0 h	1.28 a	2.64 d	5.54 g
สารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์	0 a	4 d	36 i	1.07 b	1.35 e	1.50 h
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์	0 a	4 d	28 i	0.72 c	1.24 e	1.75 h
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์	16 b	44 e	96 j	0.59 c	0.6 f	-*
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์	24 b	60 f	100 j	0.56 c	0.45 f	-*
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์	36 c	64 fg	100 j	0.55 c	0.45 f	-*
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์	44 c	72 g	96 j	0.65 c	0.61 f	-*

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว

[2] ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

* ไม่สามารถบันทึกน้ำหนักหนอนได้เนื่องจากหนอนรอดชีวิตมีจำนวนน้อยหรือตายหมด

ในวันที่ 3 ของการทดลองจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสูงขึ้นในทุกการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปมีค่าสูงถึง 96 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มเข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมเทียบเท่ากับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดทั้ง 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสม และน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 28 และ 36 เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนมีค่าเท่ากับ 1.75 และ 1.5 มิลลิกรัม ตามลำดับ

จากการทดลองแสดงเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงไม่รุนแรงมากนัก และอาจจะมีกลไกในการออกฤทธิ์ด้วยการสัมผัส ซึ่งจะเห็นได้จากในวันแรกหลังการทดลองเมื่อตรวจนับจำนวนหนอนที่ตายพบว่าเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนค่อนข้างต่ำ และเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

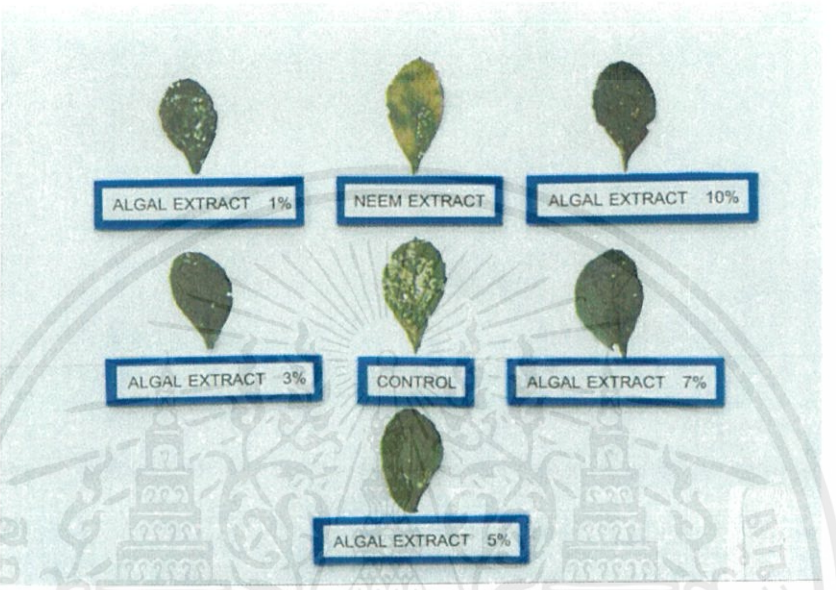
ตายสะสมของหนอนจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด เมื่อพิจารณาจากร่องรอยของใบที่ถูกทำลาย (ดังรูปที่ 4.7) พบว่าใบที่ทาสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นยิ่งสูงยิ่งมีร่องรอยการทำลายน้อยมาก แต่เปอร์เซ็นต์การตายกลับสูง แสดงว่าหนอนแทบจะไม่ได้กินอาหารเลย และจากผลค่าเฉลี่ยน้ำหนักหนอน พบว่าหนอนในชุดที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นสูง (ความเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุมอย่างชัดเจน และแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในวันที่ 2 และ 3 หลังการทดลองแสดงผลเช่นเดียวกัน คือ เปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด และน้ำหนักหนอนไม่ได้เพิ่มขึ้นจากวันแรกของการทดลองเลย ดังนั้นการตายของหนอนจึงน่าจะเกิดจากการอดอาหาร หรืออาจมาจากฤทธิ์การสัมผัสด้วยซึ่งแตกต่างจากสารสกัดสะเดา ส่วนใหญ่สารสกัดสะเดาจะไม่ออกฤทธิ์ทางการสัมผัสแต่จะออกฤทธิ์เมื่อแมลงกินเข้าไปแล้วสารจะออกฤทธิ์ตามกลไกการออกฤทธิ์ทำให้แมลงตายในที่สุด และฤทธิ์ทางการสัมผัสจะเกิดขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นที่สูง (ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี. 2539) และจากการการทดลองนี้ยังพบว่าใบคะน้าที่ทาด้วยสารสกัดสะเดาจะทำให้เกิดอาหารใบเหลือง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของการนำสารสกัดสะเดาไปใช้กับคะน้าในระยะต้นอ่อน ในขณะที่ใบที่ทาด้วยสารสกัดสาหร่ายไม่พบอาการผิดปกติยกเว้นสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สูงมาก

จิราภรณ์ พลชัย (2542) ได้ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสารสกัดต่อปริมาตรเมทานอล พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนบันทึก ณ วันที่ 4 หลังการทดลองจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นสารสกัดซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 62 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อหนอนได้รับสารเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์) และผลน้ำหนักหนอนก็เช่นกัน คือ น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนมีค่าต่ำลงเมื่อหนอนได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้นสูง โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักน้อยสุด คิดเป็น 79.11 เท่าเทียบกับน้ำหนักหนอนในชุดควบคุม (หนอนชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 7.9 มิลลิกรัมต่อตัว และหนอนที่ได้รับสารสกัดมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อตัว)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในบ่อกลางแจ้ง ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 จากการทดลองนี้ กับประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 1 จากการทดลองของ จิราภรณ์ พลชัย (2542) พบว่าสารสกัดสาหร่ายมีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ดีกว่าหนอนเจาะสมอฝ้าย ซึ่งจากการบันทึกผลการตายของหนอนกระทู้หอมในวันที่ 3 หลังการทดลอง พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้หนอนกระทู้หอมตายสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 5 เปอร์เซ็นต์เท่ากับความ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เข้มข้นสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนเจาะสมอฝ้าย พบว่ามีผลทำให้หนอนกระทู้หอมตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สารสกัดสาหร่ายซึ่งได้จากห้องปฏิบัติการแสดงฤทธิ์ในการฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพียง 62 เปอร์เซ็นต์ และยังใช้เวลาในการออกฤทธิ์นานกว่า คือ ภายหลังจากการทดลอง 4 วัน



รูปที่ 4.7 สภาพใบคะน้าอ่อนซึ่งทาด้วยสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากปล่อยให้หนอนกระทู้หอมกิน 3 วันหลังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารไล่แมลง

การทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลงของสารสกัดสาหร่าย (รูปที่ 4.8) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4 จากการนับปริมาณหนอนกระทู้หอมวัย 3 ที่อยู่บนใบผักคะน้าหลังจากปล่อยลงบนใบผักคะน้าซึ่งทาด้วยสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที พบว่าใบคะน้าที่ทาด้วยสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณหนอนที่อยู่บนใบต่ำสุด เท่ากับ 26.09 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณหนอนบนใบคะน้าในชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบในชุดควบคุมเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์) และหนอนที่อยู่บนใบที่ทาสารสกัดสาหร่ายทุกความเข้มข้น ส่วนใบคะน้าที่ทาสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบหนอนที่ยังอยู่บนใบเท่ากับ 69.57 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากปริมาณหนอนที่อยู่บนใบคะน้าในชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกับปริมาณหนอนที่อยู่บนใบคะน้าซึ่งทาสารสกัดสาหร่ายที่ทุกความเข้มข้น และพบว่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบคะน้าซึ่งทาสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าค่อนข้างสูง และไม่แตกต่างกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบในชุดควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 91.30 78.26 78.26 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ที่เวลา 15 นาที ในชุดทดลองซึ่งทาใบด้วยสารสกัดสะเดา พบว่าหนอนถูกไล่ไปจากใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดเท่ากับ 73.9 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุมและหนอนที่ถูกไล่ในชุดที่ทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายทุกความเข้มข้น ส่วนใบคะน้าที่ทาด้วยสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์แสดงค่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 30.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากหนอนในชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดที่ทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 8.7 21.74 21.74 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่โดยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์นี้ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม

เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ที่เวลา 15 นาที ในชุดทดลองซึ่งทาใบด้วยสารสกัดสะเดา พบว่าหนอนถูกไล่ไปจากใบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุดเท่ากับ 73.9 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุมและหนอนที่ถูกไล่ในชุดที่ทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายทุกความเข้มข้น ส่วนใบคะน้าที่ทาด้วยสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์แสดงค่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 30.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากหนอนในชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดที่ทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์หนอน

รูปที่ 4.8 การศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารไล่แมลง

ที่ถูกไล่เท่ากับ 8.7 21.74 21.74 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่โดยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์นี้ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง พบว่าใบคะน้าที่ทาสารสกัดสะเดาแสดงเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่สูงสุดเท่ากับ 65.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในทุกชุดทดลอง โดยในชุดควบคุมเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 0 และเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เมื่อทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์เป็น 29.56 21.74 21.74 17.39 และ 4.34 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เมื่อทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 29.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ภายในกลุ่มซึ่งทาใบด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ทุกความเข้มข้น เมื่อเวลาผ่านไป 5 และ 10 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดที่ทาใบคะน้าด้วยสารสกัดสะเดาลดลงจากเดิมจากเดิม เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในระยะเวลาต้น ๆ ของการทดลอง (เปอร์เซ็นต์การไล่เท่ากับ 45.46 และ 30.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ยังคงมีค่าสูงกว่าในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่หนอนในชุดควบคุมแสดงเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใบคะน้าที่ทาด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ หนีออกจากใบเพิ่มขึ้นโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เท่ากับ 45.46 77.27 77.27 และ 59.04 เปอร์เซ็นต์เมื่อผ่านไป 5 ชั่วโมง และเท่ากับ 60.87 43.48 43.48 และ 69.56 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผ่านไป 10 ชั่วโมงตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ไปจากใบที่ทาสารสกัดสาหร่ายในช่วงระยะเวลา 5 ถึง 10 ชั่วโมงนี้ ไม่น่าจะเป็นผลเนื่องจากการที่สารสกัดออกฤทธิ์ในการเป็นสารไล่ แต่สาเหตุที่หนอนหนีไปจากใบซึ่งเกิดขึ้นหลังจากหนอนกินใบนาน 1 ชั่วโมง อาจเนื่องจากสารที่หนอนกินเข้าไปทำให้เกิดความผิดปกติกับระบบการกินหรือเกิดฤทธิ์จากการสัมผัสจึงทำให้หนอนหนีออกจากใบ

จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การไล่หนอนของสารสกัดสะเดาลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น คือ จาก 73.91 เปอร์เซ็นต์เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ลดลงเหลือ 30.43 เปอร์เซ็นต์เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมงแต่อย่างไรก็ตามที่เวลาผ่านไป 10 ชั่วโมงยังพบว่าฤทธิ์ในการเป็นสารไล่แมลงยังไม่หมดไปเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ จึงมีคุณสมบัติในการเป็นสารไล่แมลงได้ยาวนาน 10 ชั่วโมง ในขณะที่การใช้สารสกัดสาหร่ายที่ทุกความเข้มข้นไม่มีคุณสมบัติในการเป็นสารไล่แมลง

สารไล่แมลงจากพืชเป็นสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ ซึ่งสารไล่แมลงที่ได้จากพืชส่วนใหญ่จัดอยู่กลุ่มอัลคาลอยด์ (alkaloids) และ เทอร์ปีน (terpenes) นอกจากนั้นยังพบว่าสารที่จัดอยู่ในกลุ่มควิโนน (quinones) เช่น 1,4-benzoquinonoes และ 1,4-napthoquinone เป็นสารไล่แมลงที่สำคัญเช่นกันแต่การค้นพบสารในกลุ่มนี้ยังไม่มีมากนัก (David and Phil. 1990)

สารสกัดจากสาหร่ายสีแดง *Plocamium cartilagineum* และ *P. violaceum* สามารถกำจัดลูกน้ำยุง หนอนแมลงวัน หนอนยาสูบ และหนอนกัดยอด โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเป็นสารในกลุ่มโมโนเทอร์ปีน (monoterpene) (Crew *et. al.* 1978) นอกจากนี้ยังพบว่าไกลซีนเป็นสารพิษในกลุ่มเปปไทด์ ซึ่งสกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Scytonema* MKU 106 มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกันและหนอนม้วนใบ (Sathiyamoorthy and Shanmugasudaram. 1996) ในสารสกัดสะเดาพบสารออกฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิดที่สำคัญ คือ azadirachtin ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม tetratriterpenoid (เกรียงไกร จำเริญมา และโอชา ประจวบเหมาะ .2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลเปอร์เซ็นต์หนอนกระทู้หอมที่ถูกไล่ ณ เวลาต่าง ๆ และระยะเวลาในการไล่แมลงของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ ความเข้มข้นต่าง ๆ

การทดลอง[1]	%หนอนที่อยู่บนใบที่15 นาที[2]	% หนอนที่ถูกไล่ ณ เวลาต่าง ๆ [2]				ระยะเวลาในการไล่แมลง (ชั่วโมง)[2]
		15 นาที	1 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	10ชั่วโมง	
ชุดควบคุม	100.00a	0.00d	0.00d	0.00d	0.00d	0
สารสกัดสะเดา เข้มข้น 0.25%	26.09c	73.91h	65.22gh	45.46fg	30.43ef	>10
สารสกัดสาหร่าย เข้มข้น 1%	69.57b	30.43ef	29.56ef	18.1de	17.39de	0
สารสกัดสาหร่าย เข้มข้น 3%	91.30ab	8.70de	21.74def	45.46fg	60.87gh	0
สารสกัดสาหร่าย เข้มข้น 5%	78.26ab	21.74def	21.74def	77.27h	43.48fg	0
สารสกัดสาหร่าย เข้มข้น 7%	78.26ab	21.74def	17.39de	77.27h	43.48fg	0
สารสกัดสาหร่าย เข้มข้น10%	100.00a	0.00d	4.34d	59.04gh	69.56fg	0

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว

[2] ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในรูปสารยับยั้งการกิน

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมวัย 3 (น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 2.13 มิลลิกรัมต่อตัว) แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าสารสกัดที่นำมาทดสอบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอน โดยสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอนเทียบเท่ากับสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอน เท่ากับ 67.09 และ 63.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการกินสูงเท่ากับ 89 .17 92.45 92.94 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของสารสกัดสาหร่ายในกลุ่มดังกล่าว แตกต่างจากชุดควบคุมแต่ไม่พบความแตกทางสถิติภายในกลุ่ม จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของสารสกัดสาหร่ายในหนอนกระทู้หอมมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด โดยที่ความเข้มข้นสารสกัด 3 เปอร์เซ็นต์แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินได้สมบูรณ์ เพราะถึงแม้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มความเข้มข้นสารสกัดมากขึ้นไปอีก แต่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

จิราภรณ์ พลชัย (2542) ได้ศึกษาการเป็นสารยับยั้งการกินของหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 3 ของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยความเข้มข้นที่นำมาทดสอบคือ 150 ถึง 1,500 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าสารสกัดสาหร่ายนี้สามารถยับยั้งการกินของหนอนได้ โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดและแสดงค่าสูงสุดเท่ากับ 95.64 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 1,500 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมวัย 3 จากการทดลองนี้ พบว่าการใช้สารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์หรือเท่ากับ 450 และ 800 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถยับยั้งการกินของหนอนได้สูงถึง 92 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมมากกว่าหนอนเจาะสมอฝ้าย

Schoonhoven (1988) กล่าวไว้ว่า คุณสมบัติการยับยั้งการกินของแมลงต่อสารประกอบต่าง ๆ ในพืช คือ จะมีผลต่อ chemoreceptor ที่บริเวณปากของแมลง ทำให้แมลงไม่กินสารประกอบนั้นซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการไม่ชอบกลิ่นหรือรสชาติ และแมลงแต่ละชนิดมี chemoreceptor แตกต่างกันทำให้สารประกอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเหล่านั้นมีผลต่อพฤติกรรมการกินแมลงแตกต่างกัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ฤทธิ์ในการยับยั้งการกินเกิดขึ้นโดยสารจะมีผลต่อส่วนที่ไวต่อฤทธิ์ยับยั้ง (target site) ซึ่งจะตั้งอยู่บริเวณภายในติดกับ chemosensilla ที่อยู่บริเวณปากของแมลง โดยการยับยั้งการกิน

ลักษณะนี้เป็นการยับยั้งชั่วคราว และการที่แมลงไม่กินอาหารอาจเกี่ยวกับกลิ่นหรือรสชาติแต่ไม่มีผลทำให้แมลงตาย (ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี. 2539)

พบว่าสารสกัดธรรมชาติบางชนิดแสดงฤทธิ์ในการควบคุมหนอนได้แตกต่างกันตามความเข้มข้นที่ใช้ เช่น ไกลซีนซึ่งเป็นสารพิษในกลุ่มเปปไทด์แยกได้จากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Scytonema* MKU 106 โดยที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (*Helicoverpa armigera* Hubner) และที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์แสดงฤทธิ์เป็นสารยับยั้งการกินในหนอนม้วนใบ *Stylepta derogata* (Sathiyamoorthy and Shanmugasudaram. 1996)

Isman (1993) ได้ศึกษาประสิทธิภาพสารอะซาดิแรคตินบริสุทธิ ซึ่งแยกได้จากสารสกัดสะเดา พบว่าสามารถยับยั้งการกินของหนอนในวงศ์ Noctuidae ได้แก่ *Perideroma saucia, Manestra configurata, Actebia fennica, Spodoptera litura, Melanchra picta* และ *Trichoplusia ni* ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ อะซาดิแรคตินที่มีผลต่อการยับยั้งการกินของหนอนเหล่านี้ได้ครึ่งหนึ่ง (effective concentration, EC_{50}) คือ 13.0 17.6 40.7 1.25 21.2 และ 16.2 นาโนกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า EC_{50} ของสารสกัดสะเดามีค่าต่ำกว่าการใช้สารสกัดจากสาหร่ายในการทดลองนี้มาก เนื่องจากสารสกัดสาหร่ายที่นำมาใช้อยู่ในรูปของสารสกัดหยาบ ในขณะที่สารสกัดสะเดาอยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์

ตารางที่ 4.5 ผลเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมวัย 3 เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังจากการทดลอง 24 ชั่วโมง

การทดลอง[1]	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกิน[2]
สารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์	63.13 a
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์	67.09 a
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์	89.17 b
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์	92.45 b
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์	92.94 b
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์	100 b

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว

[2] ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 4 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในระดับกระถาง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 (น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 0.96 มิลลิกรัมต่อตัว) ในระดับกระถางกลางแจ้ง ซึ่งมีสภาพแวดล้อมทางกายภาพระหว่างทดลองเป็นดังนี้ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดลองต่ำสุดเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์สูงสุดเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.33 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส สูงสุดเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงต่ำสุด 0 ลักซ์ สูงสุดมากกว่า 100,000 ลักซ์ ผลการตายและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนแสดงดังตารางที่ 4.6

ในวันที่ 1 หลังการทดลองไม่พบการตายของหนอนเกิดขึ้นในทุก ๆ ความเข้มข้นของสารที่ใช้ทดสอบ โดยเริ่มสังเกตเห็นการตายของหนอนเกิดขึ้นในวันที่ 2 หลังจากการทดลอง โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเท่ากัน คือ 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 36 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับในวันที่ 3 ของการทดลองจะเห็นได้ว่าการตายของหนอนเพิ่มสูงขึ้นมาก โดยพบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 94.6 เปอร์เซ็นต์ หนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมรองลงมาซึ่งเท่ากับ 74.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 47.2 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าค่อนข้างต่ำและไม่แตกต่างทางสถิติระหว่าง 2 ค่านี้ (เปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 27.7 และ 31.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

และเมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัด พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายที่ทุกความเข้มข้นมีหนักเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์แสดงน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ เท่ากับ 1.8 และ 1.38 มิลลิกรัมต่อตัว และจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติไม่พบความแตกต่างของทั้ง 2 ค่านี้ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุม (น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุมเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อตัว) พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 7 เปอร์เซ็นต์แสดงน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 4 ถึง 6 เท่า ส่วนหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 2.63 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อตัวตามลำดับ (ต่ำกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุมเท่ากัน คือ 3 เท่า) และเมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาและสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีน้ำหนักต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุมแต่ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักเฉลี่ยภายในกลุ่มนี้

จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้เท่ากับสารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (ความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายสูงกว่าความเข้มข้นสารสกัดสะเดา 2 เท่า) โดยจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนในแต่ละวัน และน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนซึ่งได้รับสารสกัดทั้ง 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การใช้สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (ความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายสูงกว่าความเข้มข้นสารสกัดสะเดา 6 เท่า) มีผลในการควบคุมหนอนได้ดีกว่าการใช้สารสกัดสะเดา ซึ่งจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนที่ได้รับสารสกัดสะเดาอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างหนอนที่ได้รับสารสกัดทั้ง 2 และผลของสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายสูงกว่าความเข้มข้นของสารสกัดสะเดา 10 เท่า) มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอม โดยมีผลต่อการตายของหนอนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่อนข้างสูงและแสดงน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนต่ำกว่าหนอนในชุดที่ได้รับสารสกัดสะเดาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์แสดงประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ใกล้เคียงกับการใช้สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการทดลองจะพบว่าคะน้าที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ แสดงอาการใบซ้ำหลังจากฉีดพ่นสาร 1 วันและต่อมาเมื่อได้รับแสงแดดจัดจะเริ่มแสดงอาการใบเหี่ยว (แสดงในรูปที่ 4.9) ในขณะที่การฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่ำกว่าไม่ทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นกับต้นคะน้า ซึ่งอาการใบเหี่ยวที่พบนี้น่าจะเกิดจากการใช้สารสกัดที่เข้มข้นสูงเกินซึ่งจะทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ ดังนั้นสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์จึงเป็นความเข้มข้นซึ่งเหมาะและสามารถนำมาใช้ในการควบคุมการทำลายของหนอนกับคะน้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 1 2 และ 3 และน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

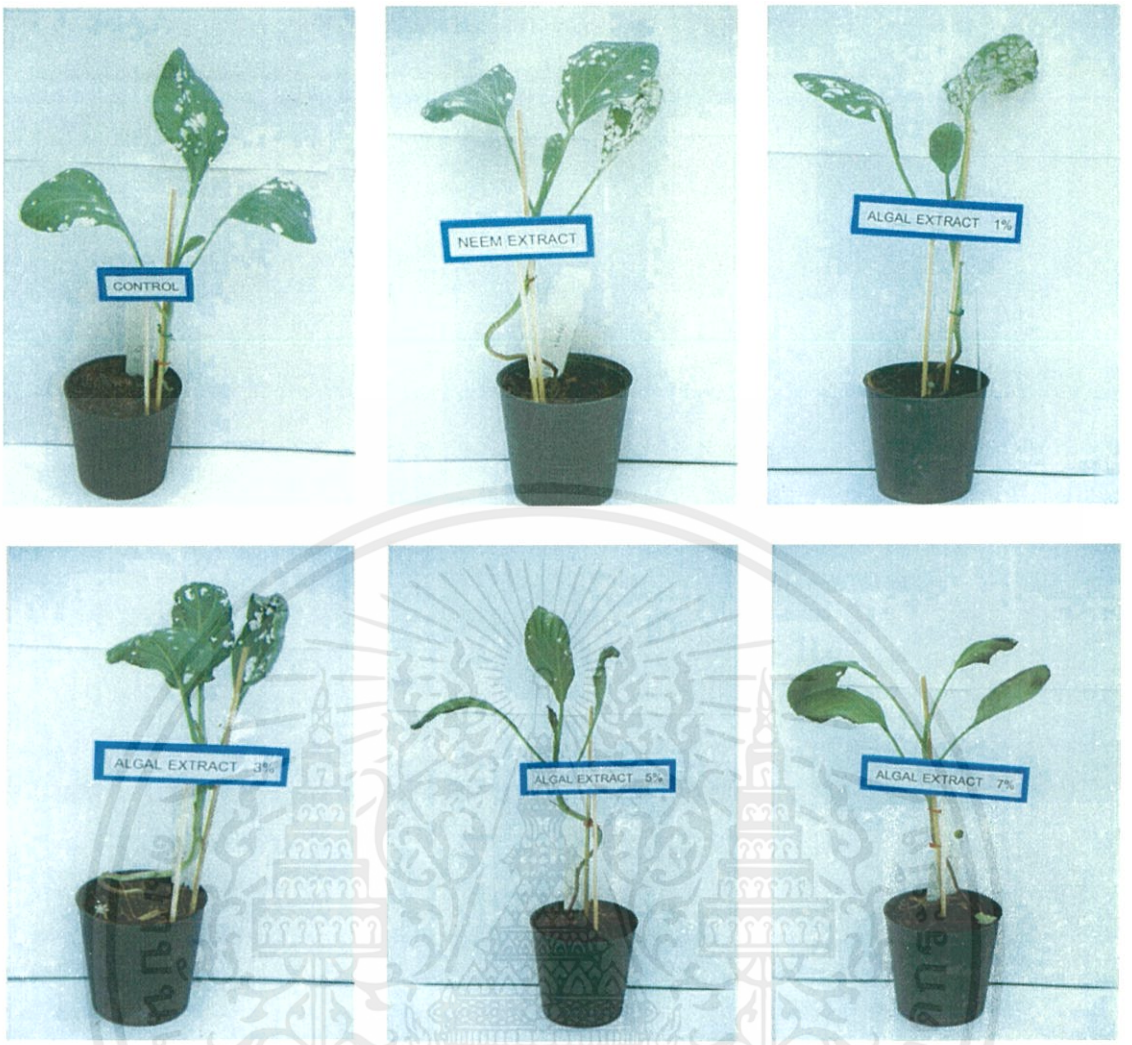
การทดลอง[1]	เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสม[2]			น้ำหนักหนอนเฉลี่ย[2] (มิลลิกรัมต่อตัว)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 3
ชุดควบคุม	0 a	0 b	0 e	8 a
สารสกัดสะเดาเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์	0 a	8 b	27.7 f	3.08 b
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์	0 a	8 b	31.9 f	2.63 bc
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์	0 a	18 c	47.2 g	2.5 bc
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์	0 a	36 d	74.3 h	1.8 cd
สารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์[3]	0 a	30 d	94.6 i	1.38 d

หมายเหตุ : [1] ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว

[2] ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

[3] พบอาการใบช้ำและเหี่ยวเกิดขึ้นกับผักคะน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สภาพต้นคะน้าซึ่งฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากปล่อยให้หนอนกระทู้หอมกิน 3 วัน ในการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมในรูปแบบต่าง ๆ คือ การเป็นสารฆ่าแมลง สารไล่แมลง และสารยับยั้งการกิน รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนในระดับกระถาง จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลงและสารยับยั้งการกิน โดยมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงไม่รุนแรงมากนักแต่จะแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งฤทธิ์ในการฆ่าอาจเกิดจากการสัมผัส ซึ่งจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์ตายของหนอนที่เกิดขึ้นในวันแรกภายหลังจากการทดลอง พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้นสูงเริ่มตาย แต่เปอร์เซ็นต์การตายค่อนข้างต่ำ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นมีผลทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้น แต่พบว่าหนอนแทบจะไม่กินใบซึ่งทาสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นสูง ๆ เลย และเมื่อปล่อยให้หนอนที่รอดชีวิตกินใบคะน้าซึ่งทาสารสกัดต่อ พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนเพิ่มขึ้นและหนอนที่รอดชีวิตมีน้ำหนักลดลงจากวันแรกหรืออาจเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักกับหนอนในชุดควบคุมยิ่งพบว่าน้ำหนักหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าการตายของหนอนเกิดจากการอดอาหาร หรืออาจเกิดจากหนอนได้รับพิษโดยการสัมผัส ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินโดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกิน จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินค่อนข้างสูงในทุกการทดลอง โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แสดงเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการกินตั้งแต่ 89 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบการเป็นสารไล่แมลงพบว่าสารสกัดสาหร่ายไม่มีคุณสมบัติในการเป็นสารไล่แมลง

Frazier and Chyb (1995) ได้กล่าวไว้ว่า ตัวยับยั้งการกิน (feeding inhibitor) มีฤทธิ์ทั้งยับยั้งการกินและเป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืช โดยมีการเชื่อมโยงกันระหว่างฤทธิ์ทั้งสองแบบนี้อยู่ใน 1 โมเลกุลมีข้อดี คือ แมลงศัตรูพืชมีแนวโน้มที่จะพัฒนาความต้านทานได้ยากเพราะว่า สารออกฤทธิ์มีกลไกในการออกฤทธิ์ต่อเป้าหมายในแมลงมากกว่าหนึ่งเป้าหมาย และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกิน และมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลง ซึ่งเป็นข้อดีในการนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชเช่นกัน คือ แมลงสามารถพัฒนาเพื่อต้านทานต่อสารได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในสภาพการเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง พบว่าสูตรอาหาร BGA ดัดแปลงโดยการเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายมากที่สุด โดยสาหร่ายผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสุดในระหว่างวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณสารออกฤทธิ์คิดเทียบเป็นความเข้มข้นของ gentamicin เท่ากับ 0.39 ถึง 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย หรือ 0.15 ถึง 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.4 กรัมต่อลิตร

จากการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดสาหร่ายต่อการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเก็บเกี่ยวระหว่างวันที่ 21 และ 22 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 33.33 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และหนอนที่รอดชีวิตมีน้ำหนักต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 8 ถึง 12 เท่า โดยหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อตัว ในขณะที่หนอนในชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.96 มิลลิกรัมต่อตัว และยังพบว่าสาหร่ายมีระยะเวลาในการผลิตสารออกฤทธิ์ในการควบคุมหนอนยาวนานที่สุด อีกทั้งช่วงระยะเวลาที่ผลิตสารซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าและยับยั้งการกินของหนอนอยู่ในช่วงเดียวกันจึงทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอาหารสูตร BGA + N จึงเป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมที่สุด โดยมีช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อสกัดสารออกฤทธิ์และนำไปควบคุมหนอนกระทู้หอม คือ วันที่ 21 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง

จากการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในสภาพการเพาะเลี้ยงกลางแจ้งด้วยอาหารสูตร BGA + N พบว่าปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมคือ 0.06 กรัมต่อลิตร โดยสาหร่ายสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงที่สุดในช่วงวันที่ 20 ถึง 22 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผลิตได้เท่ากับ 0.27 ถึง 0.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ 0.14 ถึง 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.5 กรัมต่อลิตร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่ายในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 พบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 19 20 และ 21 ของการเพาะเลี้ยงแสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 36.67 38.33 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ตายสะสมสูงสุดในวันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง และหนอนที่รอดชีวิตมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 1.18 มิลลิกรัมต่อตัวซึ่งต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 5 เท่า (หนอนในชุดควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 5.34 มิลลิกรัมต่อตัว) จะเห็นได้ว่าสารสกัดสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร แสดงฤทธิ์เป็นทั้งสารฆ่าแมลงและสารยับยั้งการกิน โดยมีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงไม่รุนแรง แต่จะแสดงฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งการกินอย่างเด่นชัด

ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารสูตร BGA + N โดยมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 0.06 กรัมต่อลิตร จึงเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอม และช่วงเวลาที่เหมาะสมในเก็บเกี่ยวสาหร่ายเพื่อนำไปสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมหนอน คือ วันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการเป็นสารฆ่าแมลง พบว่าสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 มีฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าหนอนกระทู้หอมวัย 2 แต่ไม่รุนแรงมากนัก ซึ่งการตายของหนอนที่เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และ 3 เกิดจากการอดอาหาร หรืออาจจะเกิดจากฤทธิ์จากการสัมผัสด้วย โดยในวันที่ 2 หลังจากการทดลองหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แสดงเปอร์เซ็นต์ตายสะสมเท่ากับ 44 ถึง 72 เปอร์เซ็นต์ และหนอนที่รอดชีวิตมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 4 ถึง 6 เท่า ส่วนในวันที่ 3 หลังการทดลองพบว่าหนอนที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้นตั้งแต่ 3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปมีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนเพิ่มสูงถึง 96 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการเป็นสารไล่แมลง พบว่าสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ทุกความเข้มข้นไม่แสดงฤทธิ์ในการเป็นสารไล่หนอนกระทู้หอม

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการเป็นสารยับยั้งการกินในหนอนกระทู้หอมวัย 3 พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอนจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด และสารสกัดสาหร่ายที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 3 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินของหนอนสูงถึง 89 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้เขียนก่อน

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในระดับกระถางกลางแจ้ง พบว่าการใช้สารสกัดสาหร่ายที่ความ

เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์สามารถควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ดี โดยพบว่าสามารถฆ่าหนอนได้สูงถึง 74.3 หลังจากวันที่ 3 ของการทดลองและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนที่รอดชีวิตมีค่าต่ำกว่าหนอนในชุดควบคุม 4 เท่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากในการทดลองนี้เป็นการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมกลางแจ้ง ดังนั้นควรจะมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งมีความจำเป็นและมีผลต่อการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการเจริญเติบโตนอกเหนือจากการศึกษาอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงและปริมาณเชื้อเริ่มต้น เช่น ปัจจัยแสงและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ รวมทั้งมีการศึกษาถึงระบบการกวนและให้อากาศเพิ่มเติม

5.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ กลไกการออกฤทธิ์ รวมทั้งการพัฒนาวิธีการสกัด รูปแบบของการนำสารสกัดไปใช้ และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมหนอน

5.2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นพิษของสารสกัดที่ก่อให้เกิดผลกระทบในคนและสัตว์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกรียงไกร จำเริญมา. 2542. "สารฆ่าแมลงที่ถูกห้ามใช้ในอนาคต." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 21 (3) : 190-193.

เกรียงไกร จำเริญมา และโอชา ประจวบเหมาะ. 2535. " การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชด้วยสารสกัดสะเดา." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 14 (1) : 47-49.

กองกีฏและสัตววิทยา. 2532. **เอกสารวิชาการการอบรมหลักสูตรแมลงศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด.** กรุงเทพฯ : กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540. "สะเดาและการใช้สารสกัดสะเดาป้องกันและกำจัดแมลง." 68-75. ใน ขวัญชัย สมบัติศิริ. **สะเดาและสารสกัดสะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

งามผ่อง คงคาทิพย์. 2540. "เคมีของสะเดาและวิธีการสกัดสารจากสะเดา." 112-128. ใน ขวัญชัย สมบัติศิริ. **สะเดาและสารสกัดสะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.

จิราภรณ์ พลชัย. 2542. "การใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรียเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยพัฒน์ จิระธรรมจารี. 2539. "ทำอย่างไรจึงจะใช้สารสกัดจากสะเดาให้ได้ผล." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 18 (1) : 55-60.

เสริม สีมา และสมบัติ แผนดี. 2537. "วิจัยประสิทธิภาพการผลิตผลิตภัณฑ์สะเดาและขมิ้นชันในการป้องกัน กำจัดแมลงศัตรูผักคะน้า." หน้า 215-229. **รายงานการค้นคว้าวิจัยปี** 2537. กรุงเทพฯ : กองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อัญชลี สงวนพงษ์. 2539. "การผลิตสารสกัดจากสะเดาเพื่อการค้า (ตอน 2)." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 18 (4) : 254-256.

โอชา ประจวบเหมาะ. 2538. "สรุปปัญหาการใช้สารโมโนโครโตฟอสและแนวทางแก้ไข." **วารสารกีฏและสัตววิทยา.** 17 (3) : 186-187.

Abbott, W.S. 1925. " A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide." J. Econ. Entomol. 18 : 265-267.

Antarikanonda, P. *et. al.* 1980. " Hydrogen ; a New Inhibitor of Photosynthesis in the Blue - Green Alga (Cyanobacterium) *Anabaena* sp. TA. 1. " J. Arch. Microbiol. 145 : 1-10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Barchi, J. J. *et. al.* 1984. "Acutiphycin and 20,21-Didehydroacutiphycin, New Antineoplastic Agent from the Cyanophyte *Oscillatoria acutissima*." **J. Am. Chem. Soc.** 106 : 8193-8197.

Becker, E.W. 1994. **Microalgae : Biotechnology Microbiology.** Great Britain : Cambridge University Press.

Bluden, G. 1991. " Agricultural Uses of Seaweeds and Seaweed Products." 65-81. in Guiry, M.D. and Bluden, G. **European Seaweed Resources Uses and Potential.** Chichester : J. Wiley.

Bonotto, S. 1979. "List of Multicellular Algae of Commercial Use." 121-137. in Hope, H.A. *et. al.* **Marine Algae in Phamaceutical Science.** Berlin : Walter de Grayter.

Booth, E. 1966. Some Properties of Seaweed Manures. Proceedings of the 5th International Seaweed Symposium. Oxford : Pergamon Press.

Bu'Lock, J.D. 1961. "Intermediately Metabolism and Antibiotic Synthesis." **J. Adv. Appl. Microbiol.** 3 : 293 - 342.

Carmeli, S. *et. al.* 1990. "Tolytoxin and New Scytophycins from the Terrestrial Blue-Green Alga *Fischerella muscicola*." **Tetrahedron.Lett.** 33 (23) : 3257-3260.

Carmichale, W.W. 1986. "Algal Toxins." 47-101. in Callow, J.A. **Advances in Botanical Research.** London : Academic Press.

Chapman, V.J. and Chapman, D.J. 1980. **Seaweed and Their Uses.** New York : Chapman and Hall.

Chetsumon, A. *et. al.* 1998. "Broad Spectrum and Mode of Action of an Antibiotic Produced by *Scytonema* sp. TISTR 8208 in a Seaweed -Type Bioreactor." **Appl. Biochem. Biotechnol.** 70-72 : 249-256.

Chmel, H. and Louria, D.B. 1980. "Antifungal Antibiotic : Mechanism of Action, Resistance, Susceptibility Testing and Assay of Activity in Biological Fluids." 147-158 . in Lorian, V. **Antibiotic in Laboratory Medicine .** New York : Academic Press.

Codd, G.A. and Stewart, R. 1980. "Phytoinactivation of Ribulose Biphosphate Carboxylase from Green Algae and Cyanobacteria." **FEMS Microbiol. Lett.** 8 : 237.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Crew, P. *et. al.* 1978. "Halogenated Alicyclic Monoterpene from the Red Alga, *Plocamium*." J. Org. Chem. 43 :116-120.

Crew, P. *et. al.* 1984 a. "Halogen Regiochemistry and Substituent Stereochemistry Determination in Marine Monoterpene by ^{13}C NMR." J. Org. Chem. 49 : 1371-1379.

Crew, P. *et. al.* 1984 b. "Bioactive Monoterpenes from Red Seaweeds." Phytochem. 23 : 1449-1451.

Daido, M. *et. al.* 1995. "Antifeedant and Insecticidal Activity of Quassinoids Against the Diamondback Moth (*Plutella xylostella*) and Structure Activity Relationshitp." Biosc. Biotechnol. Biochem. 59(66) : 974-979.

Dale, M.N. 1990. "Insect Attractants and Repellent." 135-149. in David, E.M. and Phil, D. CRC Handbook of Natural Pesticide. Volumn VI. Florida : CRC Press.

Darley, M.W. 1982. "Phytoplankton : Enviromental Factor Affecting Growth. Algal Biol. 9 : 21-27.

Dethier,V.G. 1947. Chemical Insect Attractants and Repellents. Philadelphia : Blakiston.

Falch, B. S. *et. al.* 1993. "Ambigol A and B : New Biological Active Polychlorinated Aromatic Compounds from the Terrestrial Blue – Green Alga *Fischerella ambigua*." J. Org. Chem. 58 : 6570-6575.

Faulkner, D. J. 1977. "Interesting Aspects of Marine Natural Products Chemistry." Tetrahedron. 33 : 1421-1443.

Faulkner, D.J. 1978. "Antibiotics from Marine Organism." Antibiot. Chem. 2 : 9-58.

Faulkner, D.J. 1984. "Marine Natural Products : Metabolites of Marine Algae and Herbivorous Marine Molluses." Nat. Prod. Rep. 1 : 251-280.

Faulkner, D.J. 1986. "Marine Natural Products." Nat. Prod. Rep. 3 : 1-31.

Frazier, J. L. and Chyb, S. 1995. " Use of Feeding Inhibitors in Insect Control." 364-381. in Chapman, R.F. and Boer, G. Regulatory Mechanisms in Insect Feeding. Newyork : Chapman and Hill.

Grainge, M. and Ahmad, S. 1988. Handbook of Plant with Pest Control Properties. New York : John Wiley & son.

Gustafson, K.R. *et. al.* 1989. "Aids – Antiviral Sulpholipids from Cyanobacteria (Blu-Green Algae)." J. Nat. Canc. Inst . 81(16) : 1254–1258.

Huang, R.C.*et.al.* 1995. "Insect Antifeedant Property of Limonoids from Okinawan and

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chinese *Melia azedarach*.L., from Chinese *Melia toosedan* (Meliaceae)." **Biosc. Biotechnol. Biochem.** 59(9) : 1755-1757.

Isman, M.B. 1993. "Growth Inhibitory and Antifeedant Effect of Azadirachtin on Six Noctuids of Regional Economic Importance." **Pest. Sci.** 38 : 57-63.

Jood, S. *et. al.* 1993. "Evaluation of Some Plant Products Against *Trogoderma grarium* Reverts in Stored Maize and Their Effects on Nutritional Composition and Organoleptic Characteristics of Kernels." **J. Agric. Food. Chem.** 41 : 1644-1648.

Klemer, A.R. *et al.* 1982. "Cyanobacterial Blooms : Carbon and Nitrogen Limitation Have Opposite Effect on the Bouyancy of *Oscillatoria*, Reprint series." **Am. Assoc. Adv. Sci.** 215 : 1629.

Kobayashi, S. S. *et. al.* 1990. " Resistance of Diamondback Moth to Insect Growth Regulators." 383-390. in Talekar, N. S. **Diamondback Moth Other Crucifer Pest.** New York : Plenum Press.

Kruger, G.H. and Eloff, J.N. 1978. "The Effect of Temperature on Specific Growth Rate and Activity Energy of *Microcystis* and *Synchococcus* Isolates Relevant to the Onset of Natural Blooms." **J. Limnol. Soc. S. Afr.** 4(1) : 9.

Kuma, J. and Parmar, B.S. 1996. "Physicochemical and Chemical Variation in Neem Oils and Some Bioactivity Leads Against *Spodoptera litura*." **J. Agric. Food. Chem.** 44 (8) : 2137-2143.

Larsen, L.K. *et. al.* 1994. "β Carbolines from the Blue – Green Alga *Dichothrix baueriana*." **J. Nat. Prod.** 57 (3) : 419 – 421.

Lehmann, H. and Wiencke, G. 1980. "Disappearance of Gas Vacuoles in the Blue Green Alga *Microcystis aeruginosa*." **Plant Cell Environ.** 3 : 319.

Mahakhant *et. al.* 1998. "Control of the Plant Pathogenic Fungus *Macrophomina phaseola* in Mung Bean by Microalgal Extract." **Phycol. Res.** 46 : 3-7.

Mclachlan, J. 1985. "Macroalgae (seaweeds) : Industrial Resources and Their Utilization." **Pl. Soil.** 89 : 137-157.

National Research Council. 1992. **Neem : A Tree For Solving Global Problems.** Washington D.C. : National Academy Press.

Okino, T. *et. al.* 1993. Microginin, Anangiotensis – Converting Enzyme Inhibitor from the Blue-Green Alga *Microcystis aeruginosa*." **Tetrahedron. Lett.** (34) : 501-504.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Okuda, R.K. *et. al.* 1982. "Marine Natural Products : the Past Twenty Years and Beyond." **Pure Appl. Chem.** 54 : 1907-1914.

Paracer, S. *et. al.* 1987. "Effective Use of Marine Algae Product in the Management of Plant Parasitic Nematodes." **J. Nematol.** 19 : 194-200.

Park, A. *et. al.* 1992. "Ficheridole L, a New Isonitrile from the Terrestial Blue – Green Alga *Fischerella muscicola*." **Tetrahedron. Lett.** 33(23) : 3257-3260.

Payer, H.D. *et. al.* 1980. "Temperature as an Important Climatic Factoring During Mass Production of Microscopic Algae." in Shelf, G. and Soeder, C.J. **Algal Biomass.** Amsterdam : Elsevier North Holland.

Prakash, A. and Rao, J. 1997. **Botanical Pesticides in Agriculture.** Boca Raton : CRC Press.

Prinsep, M. and Thomson, R. 1996. "Tolypodiol and Antiinflammatory Diterpenoid from the Cyanobacterium *Tolypotrix nodusa*." **J. Nat. Prod.** 59 : 786-788.

Ragan, M.A. 1984. "Bioactivities in Marine Genera of Atlantic Canada : The Unexplored Potential." **Proc. NS Inst. Sci.** 34 : 83-132.

Rehm, H. J. and Reed, G. 1986. **Biotechnology.** Vol.4. Weinheim : Verlagasqesel-Ischaft.

Rho, M.C. *et. al.* 1996. "A Novel Monogalactosyl Acylglycerol with Inhibitory Effect on Platelet Aggregation from the Cyanophyceae *Oscillatoria rosea*." J.Nat.Prod. 59 : 308-309.

Richmond, A. 1986. "Cell Response to Environmental Factors." 69-115. in Richmond, A. **CRC Handbook of Microalgae Mass Culture.** Florida : CRC Press.

Richmond, A, and Becker, W.E. 1986. "Technological Aspects of Mass Cultivation - A General Outline." 245-283. in Richmond, A. **CRC Handbook of Microalgae Mass Culture.** Florida : CRC Press.

Richmond, A. *et. al.* 1980. "Environmental Limitations in Outdoor Production of Algal Biomass." 65-72 in Shelef, G and Soeder, C. J. **Algal Biomass.** North Holland : Biomedical Press.

Ryther, J.H. 1956. "Photosynthesis in the Ocean as a Function of Light Intensity." **Limmol. Oceanogr.** 1 : 61.

Sathiyamoorthy, P. and Shanmugasudaram, S. 1996. "Preparation of Cyanobacterial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PeptideToxin as a Biopesticide Against Cotton Pest." **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 46 : 511-513.

Sato, N. and Murata, N. 1980. "Temperature Shift – Induced Response in Lipid in the Blue – Green Alga, *Anabaena variabilis*." **Biochem. Biophys. Acta.** 63 : 353.

Schmutter, H. 1990. "Properties and Potential of Natural Pesticides from the Neem Tree *Azadirachta indica*." **Annu. Rev. Entomol.** 35 : 271-297.

Schoonhoven, L.M. 1988. " Stereoselective Preception of Antifeedants in Insect." 289-302. in Areiens, E.J. *et. al.* **Stereoselective Preception of Antifeedants in Insect.** Amsterdam : Elsevier.

Schwartz, R.E. *et. al.* 1990. " Pharmacueticals from cultured algae." **J. Indus.Microbiol.** 5 : 113 – 124.

Sexena, R.C. *et. al.* 1984. "Evaluation and Ultilization of Neem Cake Against the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera : Delphacidae)." **J. Econ. Entomol.** 77 : 502-507.

Shuichi, G. *et. al.* 1993. PF 1018, A Novel Insecticidal Compound Produced by *Humicola* sp. **Antibiot.** 47 (5) : 571-581.

Simkin, J. and Galun,R. 1983. "Microencapsulated Natural Pyrethrum and Improves Insect Repellent." 151-163. in Whitechead, D.L. and Bowers, W.S. **Natural Product for Innovactive Pest Management.** Oxford : Pergamon Press.

Soeder, C. and Stengel, E. 1974. "Physico-Chemical Factor Affecting Metabolism and Growth Rate." 68-81. in Stewart, W.D. **Algal Physiology and Biochemistry.** Barkley : California Press.

Stark, J.D. and Walter, J.F. 1995. "Neem Oil and Neem Oil Components Affect the Efficacy of Commercial Neem Insecticides." **J. Agric. Food. Chem.** 43 : 507-512.

Stark, J.D. *et. al.* 1992. "Survival, Longevity and Reproduction of Tephritid Parasitoid (Hymenoptera : Braconidae) Reared from Fruit Flies Exposed to Azadirachtin." **J. Econ. Entomol.** 85 : 1125-1129.

Stephenson, W.M. 1966. "The Effect of Hydrolied Seaweed on Certain Plant Pests and Diseases." 405-415. **Proceeding of the 5th International Seaweed Symposium.** Pergamon Press : Oxford.

Toerien, D.F. *et. al.* 1976. " Microcystis Toxins:Isolation, Identification and Implications."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water. S. Afr. 2 : 160.

Van, R.J. and Shilo, M. 1983. "Bouyancy Regulation in a Natural Population of *Oscillatoria* sp. in fishponds." **Limnol. Oceanogr.** 25 (5) : 1034.

Walsby, A.E. and Booker, M.J. 1980. "Change in Buoyancy of a Planktonic Blue-Green Alga in Response to Light Intensity." **Br. Phycol. J.** 15 : 311.

Yakkundi, S.R. *et. al.* 1995. "Variation of Azadirachtin Content During Growth and Storage of Neem (*Azadiracta indica*) Seeds." **J. Agric. Food. Chem.** 43 (9) : 2517-2519.

Yoo, H.D. and Gerwick, H.W. 1995. Curacin B and C, New Antimitotic Natural Products from The Marine Cyanobacterium *Lyngbya majuscula*. **J. Nat. Prod.** 58(12) : 1961-1965.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรอาหาร BGA (Antarikanonda. 1980) ต่อน้ำ 1 ลิตร มีส่วนประกอบดังนี้

NaCl	0.070	กรัม
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.380	กรัม
$CaCl_2$	0.080	กรัม
K_2HPO_4	0.600	กรัม
$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$	0.010	กรัม
Tritriplex III	0.027	กรัม
H_3BO_3	0.003	กรัม
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	0.002	กรัม
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.008	กรัม
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.0003	กรัม
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.00008	กรัม
$CoCl_2$	0.00002	กรัม
pH 7.5		

ละลายส่วนประกอบต่าง ๆ ด้วยน้ำประปาที่ผ่านเครื่องกรองความกระด้างของน้ำระบบ cation resin (น้ำที่ผ่านเครื่องกรองมีปริมาณแคลเซียมประมาณ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร)

หมายเหตุ สูตรอาหาร BGA+N เตรียมโดยการเติมโซเดียมไนเตรต 1.5 กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเทียบกับสารมาตรฐาน gentamicin

$$A - B = (\pm) C \qquad \text{3.1}$$

$$(\pm) C + D = X \qquad \text{3.2}$$

A = ค่าเฉลี่ยความกว้างบริเวณยับยั้งที่เกิดจากการใช้ gentamicin มาตรฐาน (5 ไมโครกรัมต่อ 20 ไมโครลิตร) จากการทดลองทั้งหมด

B = ค่าเฉลี่ยความกว้างบริเวณยับยั้งที่เกิดจากการใช้ gentamicin มาตรฐานจากแต่ละจานเพาะเชื้อ

(±) C = ค่าแตกต่างของ A และ B

D = ค่าเฉลี่ยความบริเวณยับยั้งที่เกิดจากสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252

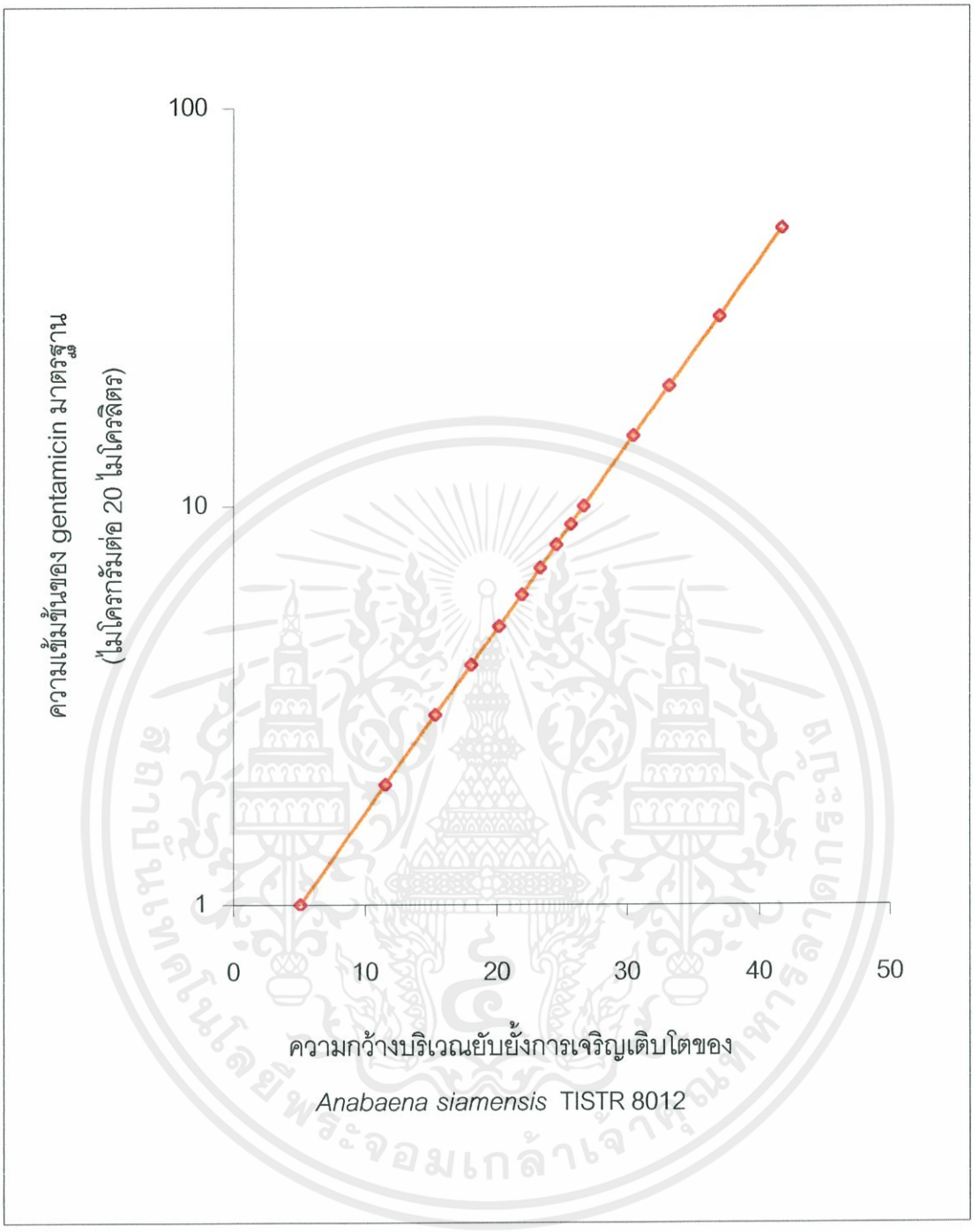
แทนค่า X ในสมการ

$$X = \frac{\log Y + 0.2363}{0.0463} \qquad \text{3.3}$$

X = ค่าเฉลี่ยความกว้างบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของ A. *siamensis* TISTR 8012 (มิลลิเมตร)

Y = ความเข้มข้น gentamicin (ไมโครกรัมต่อ 20 ไมโครลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข - 1 กราฟมาตรฐาน gentamicin (จิราภรณ์ พลชัย. 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงจากอาหารสูตรต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 3 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 4 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 5 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 6 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 7 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 8 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 9 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 10 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 11 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 12 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 13 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 14 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 15 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 16 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 17 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 18 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 19 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 20 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 21 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 22 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 23 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 24 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 25 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 26 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 27 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 28 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... ห้ามมิให้ ... ด้านการค้า ... ไปใช้

Group 29 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 30 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 31 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

ตารางที่ ค–1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาสูตรอาหาร และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	30	15715.591	523.853	7.010*	.000
Experiment error	62	4633.333	74.731		
Total	92	20348.925			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวจากอาหารแต่สูตรเก็บเกี่ยวในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยง

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–2 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในวันที่ 4 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาสูตรอาหาร และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Group	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
1	3	.0000				
2	3	.0000				
3	3	.0000				
7	3	.0000				
8	3	.0000				
10	3	.0000				
11	3	.0000				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค- 2 (ต่อ)

Group	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
12	3	.0000				
13	3	.0000				
14	3	.0000				
15	3	.0000				
21	3	.0000				
22	3	.0000				
23	3	.0000				
30	3	.0000				
31	3	6.6667	6.6667			
4	3	8.3333	8.3333	8.3333		
5	3	8.3333	8.3333	8.3333		
9	3	8.3333	8.3333	8.3333		
20	3	8.3333	8.3333	8.3333		
24	3	8.3333	8.3333	8.3333		
28	3	15.0000	15.0000	15.0000		
29	3	15.0000	15.0000	15.0000		
16	3	16.6667	16.6667	16.6667		
25	3	16.6667	16.6667	16.6667		
27	3		23.3333	23.3333	23.3333	
6	3			25.0000	25.0000	
17	3			25.0000	25.0000	
18	3				33.3333	
26	3				38.3333	38.3333
19	3					50.0000
Sig.		.061	.051	.052	.061	.103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงจากอาหารสูตรต่าง ๆ

Group 1 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 3 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 4 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 5 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 6 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 7 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 8 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 9 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 10 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 11 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 12 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 13 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 14 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 15 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 16 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 17 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 18 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 19 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 20 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 21 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 22 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 23 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 24 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 25 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 26 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 27 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 28 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 29 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 30 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงใน อาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่ต่อ ดัดแปลง หรือนำไปใช้

Group 31 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half BGA +N เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

ตารางที่ ค–3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาสูตรอาหาร และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	30	568.049	18.935	8.639*	.000
Experiment error	62	135.891	2.192		
Total	92	703.940			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวจากอาหารแต่สูตรเก็บเกี่ยวในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยง

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–4 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาสูตรอาหาร และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Group	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
18	3	.6000						
19	3	1.0100	1.0100					
11	3	1.4333	1.4333					
17	3	1.4767	1.4767					
10	3	1.6767	1.6767	1.6767				
27	3	1.9333	1.9333	1.9333				
14	3	2.1867	2.1867	2.1867				
15	3	2.2067	2.2067	2.2067				
8	3	2.3000	2.3000	2.3000				
6	3	2.4000	2.4000	2.4000				

เอกสารนี้มีไว้เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

Group	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
4	3	2.5167	2.5167	2.5167				
9	3	2.6267	2.6267	2.6267				
26	3	2.7667	2.7667	2.7667				
7	3	2.8500	2.8500	2.8500				
5	3	2.9933	2.9933	2.9933				
16	3	3.1300	3.1300	3.1300				
20	3	3.2167	3.2167	3.2167				
2	3	3.2333	3.2333	3.2333				
3	3	3.2767	3.2767	3.2767				
21	3	3.3400	3.3400	3.3400				
13	3		3.6933	3.6933	3.6933			
31	3			4.6000	4.6000	4.6000		
30	3				6.2333	6.2333	6.2333	
12	3				6.3167	6.3167	6.3167	
22	3					6.9333	6.9333	
1	3					6.9567	6.9567	
29	3					7.1333	7.1333	
23	3					7.2333	7.2333	
25	3						7.6667	
24	3						8.7667	8.7667
28	3							10.2333
Sig.		.070	.076	.052	.050	.063	.077	.230

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในแต่ละวัน ของการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 3 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 4 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 5 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 6 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 7 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 8 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 9 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 10 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการเผยแพร่ หรือส่งต่อเอกสารนี้ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือรูปแบบอื่นใดก่อนได้รับอนุญาต

Group 11 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 12 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 13 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 14 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 15 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 16 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 17 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 18 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 19 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 20 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 21 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 22 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 23 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 24 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 25 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 26 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 27 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 28 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 29 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 30 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group 31 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

ตารางที่ ค–5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้น และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	30	20758.065	691.935	5.351*	.000
Experiment error	62	8016.667	129.301		
Total	92	28774.731			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–6 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในวันที่ 4 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้น และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	3	.0000			
2	3	.0000			
3	3	.0000			
11	3	.0000			
19	3	.0000			
20	3	.0000			
22	3	.0000			
23	3	.0000			
24	3	.0000			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6 (ต่อ)

Group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
25	3	.0000			
27	3	.0000			
31	3	.0000			
4	3	6.6667	6.6667		
5	3	6.6667	6.6667		
6	3	6.6667	6.6667		
12	3	6.6667	6.6667		
21	3	6.6667	6.6667		
28	3	6.6667	6.6667		
26	3	8.3333	8.3333		
13	3	13.3333	13.3333	13.3333	
10	3	15.0000	15.0000	15.0000	
29	3		23.3333	23.3333	23.3333
14	3		25.0000	25.0000	25.0000
9	3			30.0000	30.0000
18	3			30.0000	30.0000
30	3			30.0000	30.0000
16	3				36.6667
8	3				38.3333
15	3				38.3333
17	3				38.3333
7	3				45.0000
Sig.		.195	.104	.127	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ผลิตขึ้นในแต่ละวันของการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 3 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 4 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 5 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 6 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 7 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 8 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 9 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 10 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 11 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.03 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 12 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 13 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 14 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 15 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบเครื่องหมายลิขสิทธิ์ออกจากงานนี้ก่อนนำไปใช้

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 16 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 17 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 18 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 19 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

Group 20 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 21 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.06 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

Group 22 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง

Group 23 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 16 ของการเพาะเลี้ยง

Group 24 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 17 ของการเพาะเลี้ยง

Group 25 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยง

Group 26 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 19 ของการเพาะเลี้ยง

Group 27 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 20 ของการเพาะเลี้ยง

Group 28 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 21 ของการเพาะเลี้ยง

Group 29 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 22 ของการเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group 30 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยง

ด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 23 ของการเพาะเลี้ยง

Group 31 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายซึ่งเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร เก็บเกี่ยววันที่ 24 ของการเพาะเลี้ยง

ตารางที่ ค–7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 4 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้น และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	30	104.642	3.488	30.826	.000
Experiment error	62	7.016	.113		
Total	92	111.658			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวในวันต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงด้วยปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–8 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 4 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาปริมาณเชื้อเริ่มต้นและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อควบคุมหนอนกระทู้หอม

Group	N	Subset for alpha = .05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	3	1.133									
17	3	1.183									
16	3	1.193									
7	3	1.193									
26	3	1.290									
29	3	1.293									
19	3	1.340									
27	3	1.433	1.433								
25	3	1.523	1.523								
8	3	1.693	1.693	1.693							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-8 (ต่อ)

Group	N	Subset for alpha = .05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	3		1.980	1.980	1.980						
31	3		2.037	2.037	2.037	2.037					
15	3			2.183	2.183	2.183	2.183				
13	3			2.223	2.223	2.223	2.223				
28	3			2.263	2.263	2.263	2.263				
14	3			2.280	2.280	2.280	2.280				
23	3				2.370	2.370	2.370				
12	3				2.377	2.377	2.377				
21	3				2.457	2.457	2.457				
20	3				2.467	2.4667	2.467				
6	3				2.483	2.483	2.483				
22	3				2.533	2.533	2.533	2.533			
24	3				2.537	2.537	2.537	2.537			
11	3				2.570	2.570	2.570	2.570			
3	3					2.653	2.653	2.653			
10	3						2.733	2.733			
2	3						2.803	2.803			
5	3							3.140	3.140		
9	3								3.393		
1	3									5.343	
4	3										5.900
Sig.		.091	.053	.068	.081	.068	.068	.059	.360	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ตายสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 1 2 และ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

Group 3 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 4 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 5 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

Group 6 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

Group 7 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมวันที่ 1 ของหนอนกระทู้หอมหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	10034.286	1672.381	36.583*	.000
Experiment error	28	1280.000	45.714		
Total	34	11314.286			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–10 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในวันที่ 1 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.00	5	.0000		
2.00	5	.0000		
3.00	5	.0000		
5.00	5		16.0000	
4.00	5		24.0000	
6.00	5			36.0000
7.00	5			44.0000
Sig.		1.000	.072	.072

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางที่ ค–11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมวันที่ 2 ของหนอนกระทู้หอมหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	30308.571	5051.429	80.364	.000
Experiment error	28	1760.000	62.857		
Total	34	32068.571			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 2 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–12 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในวันที่ 2 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	5	.0000			
2	5	4.0000			
3	5	4.0000			
5	5		44.0000		
6	5			60.0000	
4	5			64.0000	64.0000
7	5				72.0000
Sig.		.459	1.000	.432	.122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ตารางที่ ค–13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมวันที่ 3 ของหนอนกระทู้หอมหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	54034.286	9005.714	175.111	.000
Experiment error	28	1440.000	51.429		
Total	34	55474.286			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–14 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนในวันที่ 3 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1	5	.0000		
3	5		28.0000	
2	5		36.0000	
4	5			96.0000
7	5			96.0000
5	5			100.0000
6	5			100.0000
Sig.		1.000	.089	.429

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 1 2 และ3 หลังจากได้รับสารสากัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในชุดควบคุม

Group 2 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

Group 3 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 4 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 5 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

Group 6 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

Group 7 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	2.458	.410	22.233*	.000
Experiment error	28	.516	1.842E-02		
Total	34	2.973			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–16 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 1 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	5	.5540		
5	5	.5620		
4	5	.5860		
7	5	.6580		
3	5	.7160		
2	5		1.0740	
1	5			1.2800
Sig.		.101	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–17 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 2 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	18.833	3.139	46.287*	.000
Experiment error	28	1.899	6.781E-02		
Total	34	20.732			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในวันที่ 2 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–18 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 2 หลัง จากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	5	.4460		
5	5	.4520		
4	5	.6000		
7	5	.6160		
3	5		1.2440	
2	5		1.3460	
1	5			2.6400
Sig.		.355	.541	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–19 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	2	51.038	25.519	71.886	.000
Experiment error	12	4.260	.355		
Total	14	55.298			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม ในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–20 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2	5	1.5040	
3	5	1.7540	
1	5		5.5360
Sig.		.520	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบ ที่เวลา 15 นาทีหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบในชุดควบคุม

Group 2 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบ เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25เปอร์เซ็นต์

Group 3 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 4 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 5 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Group 6 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

Group 7 เปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับเปอร์เซ็นต์หนอนที่อยู่บนใบ หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่เวลา 15 นาทีในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	6	19038.252	3173.042	23.489*	.000
Experiment error	28	3782.412	135.086		
Total	34	22820.665			

Treatment เปอร์เซ็นต์หนอนกระทู้หอมที่อยู่บนใบหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลา 15 นาที

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–22 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นหนอนที่อยู่บนใบหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลา 15 นาที

Group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2	5	26.0880			
3	5		69.5680		
6	5		78.2600	78.2600	
5	5		78.2640	78.2640	
4	5			86.9600	86.9600
1	5				100.0000
7	5				100.0000
Sig.		1.000	.274	.274	.104

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม ณ เวลา 15 นาที

Group 2 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 3 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 4 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 5 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 6 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 7 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 15 นาที

Group 8 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม ณ เวลา 1 ชั่วโมง

Group 9 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่วโมง

Group 10 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่วโมง

Group 11 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่วโมง

Group 12 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่งโมง

Group 13 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่งโมง

Group 14 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 1 ชั่งโมง

Group 15 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม

Group 16 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group 17 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

Group 18 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

Group 19 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

Group 20 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

Group 21 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 5 ชั่วโมง

Group 22 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ในชุดควบคุม ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 23 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 24 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 25 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 26 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 27 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

Group 28 เปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ณ เวลา 10 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ณ เวลาต่าง ๆ ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	27	89242.184	3305.266	15.198	.000
Experiment error	112	24358.484	217.486		
Total	139	113600.668			

Treatment เปอร์เซ็นต์หนอนกระทู้หอมที่ถูกไล่ หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–24 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์หนอนที่ถูกไล่ ณ เวลาต่าง ๆ หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
1	5	.0000					
7	5	.0000					
8	5	.0000					
15	5	.0000					
22	5	.0000					
14	5	4.3440					
4	5	13.0400	13.0400				
13	5	17.3880	17.3880				
24	5	17.3880	17.3880				
17	5	18.1820	18.1820				
12	5	21.7360	21.7360				
5	5	21.7360	21.7360				
6	5	21.7360	21.7360				
11	5	21.7360	21.7360				
10	5		29.5620	29.5620			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-24 (ต่อ)

Group	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
3	5		30.4320	30.4320			
23	5		30.4320	30.4320			
26	5			43.4760	43.4760		
27	5			43.4760	43.4760		
16	5			45.4580	45.4580	45.4580	
18	5			45.4580	45.4580	45.4580	
21	5				59.0360	59.0360	59.0360
25	5				60.8680	60.8680	60.8680
9	5					65.2160	65.2160
28	5						69.5640
2	5						73.9120
19	5						77.2700
20	5						77.2700
Sig.		.057	.126	.147	.106	.060	.095

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมวัย 3 เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group 1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

Group 2 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 3 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 4 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไปเผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Group 5 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

Group 6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค-25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งการกิน

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	5	4621.490	924.298	8.813*	.000
Experiment error	18	1887.864	104.881		
Total	23	6509.354			

Treatment เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนกระทู้หอมหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–26 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการกินของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Group	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	4	63.1325	
2	4	67.0900	
3	4		89.1675
4	4		92.4500
5	4		92.9425
6	4		100.0000
Sig.		.591	.186

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมวัย 2 เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon sp.* TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

Group 1 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมหนอนในชุดควบคุม

Group 2 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

Group 3 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 4 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 5 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

Group 6 เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอน เมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค-27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับเปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสม หลังการทดลองของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F*	Sig.
Treatment	5	4906.667	981.333	42.057	.000
Experiment error	24	560.000	23.333		
Total	29	5466.667			

Treatment เปอร์เซ็นต์ตายแท้จริงสะสมของหนอนกระทู้หอมหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค–28 Duncan's Multiple Range Test สำหรับเปอร์ตายแท้จริงสะสมของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองกระถางกลางแจ้ง

Group	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
1	5	.0000				
2	5		27.6000			
3	5		31.8000			
4	5			47.2000		
5	5				76.4000	
6	5					94.0000
Sig.		1.000	.460	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

11. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมวัย 2 ในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

Group 1 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนในชุดควบคุม

Group 2 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสะเดาที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

Group 3 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

Group 4 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

Group 5 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

Group 6 น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนเมื่อได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 3ของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean square	F	Sig.
Treatment	5	145.654	29.131	67.321*	.000
Experiment error	24	10.385	.433		
Total	29	156.040			

Treatment น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอมในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารสกัดสาหร่ายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค–30 Duncan's Multiple Range Test สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยในวันที่ 3 ของหนอนหลังจากได้รับสารสกัดสาหร่าย *Hapalosiphon* sp. TISTR 8252 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสภาพการทดลองระดับกระถางกลางแจ้ง

Group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6.00	5	1.3800			
5.00	5	1.8000	1.8000		
3.00	5		2.5000	2.5000	
4.00	5		2.6340	2.6340	
2.00	5			3.0800	
1.00	5				8.0000
Sig.		.323	.069	.200	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาววัชรีพร ลือคำหาญ เกิดเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดหนองบัวลำภู สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้