



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์

พฤกษศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont
TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญ
เติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการ
สังเคราะห์แสง

Effects of Crude Extracts of Cyanobacteria, *Fischerella muscicola* (Thuret)
TISTR 8215 and *Fischerella* sp. TISTR 8975, on Seed Germination and Seedling
Growth of Some Weeds and Crops and Photosynthetic Electron Transport

นามผู้วิจัย นางสาววิชชา กรองยุติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์มาลี ณ นคร, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วิไล สันติโสภาสี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์นิรันดร์ จันทวงศ์, Ph.nat.tech.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 21 เดือน เมษายน พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

Effects of Crude Extracts of Cyanobacteria, *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 and *Fischerella* sp. TISTR 8975, on Seed Germination and Seedling Growth of Some Weeds and Crops and Photosynthetic Electron Transport

โดย

นางสาววิชชา กรองยุติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤษศาสตร์)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-9842-83-9

วิทยา ครองยุดิ 2549: ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret)
Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโต
ของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด และการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D. 155 หน้า
ISBN 974-9842-83-9

จากการศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ซึ่งสกัดจากระยะ linear และระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด และการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช พบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้างวงก ไมยราบยักษ์ ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวปลี ได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 แต่สารสกัดจากเซลล์ทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลยับยั้งการงอกของถั่วเหลือง สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าพืชทุกชนิดและยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าหญ้างวงก ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวปลี ได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ส่วนรากของต้นกล้าถั่วเหลืองจะถูกยับยั้งได้ดีเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 สารสกัดจากระยะ late stationary มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง ถั่วฝักยาว และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าสารสกัดจากระยะ linear ยกเว้นรากของไผ่ และผักกาดขาวปลี ส่วนสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นยับยั้งการงอกของหญ้างวงก ไผ่ และผักกาดขาวปลี และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอล ยกเว้นยอดและรากของต้นกล้าหญ้างวงก และรากของถั่วฝักยาว และผักกาดขาวปลี แต่ยอดของถั่วฝักยาวและรากของถั่วเหลืองจะถูกยับยั้งได้ดีเมื่อได้รับสารที่สกัดด้วยเมทานอล และเมื่อใช้สารสกัดจากเซลล์ทั้ง 2 ชนิดความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น ยกเว้นการงอกของถั่วเหลือง แต่สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้นต่ำมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตต้นกล้าผักกาดขาวปลี สำหรับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ส่วนสารสกัดจากระยะ late stationary มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนได้ดีกว่าระยะ linear สำหรับสารที่สกัดด้วยเมทานอล มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนได้ดีกว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น และพบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล มีค่า I_{50} ต่ำสุด คือ 0.08 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นหรือเมทานอลหรือสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและสารสกัดจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนได้ 100 เปอร์เซ็นต์

วิทยา ครองยุดิ
ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

24 / 5.0.1 2549

Witchaya Krongyut 2006: Effects of Crude Extracts of Cyanobacteria, *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 and *Fischerella* sp. TISTR 8975, on Seed Germination and Seedling Growth of Some Weeds and Crops and Photosynthetic Electron Transport. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Srisom Suwanwong, Ph.D. 155 pages.
ISBN 974-9842-83-9

The study on effects of cyanobacteria extracts from *F. muscicola* TISTR 8215 and *Fischerella* sp. TISTR 8975, extracted from linear and late stationary phase by distilled water and methanol, on seed germination and seedling growth of some weeds and crops and photosynthetic electron transport showed that the extract from *F. muscicola* TISTR 8215 inhibited germination of swollen finger grass (*Chloris barbata* Sw.), giant mimosa (*Mimosa pigra* Linn.), wild pea (*Phaseolus lathyroides* Linn. f.), rice (*Oryza sativa* L. CV. KDML 105) and chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *pekinensis*) seeds better than that from *Fischerella* sp. TISTR 8975. The extracts from both cell types had no effect on germination of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill cv. SI. 4). *F. muscicola* TISTR 8215 extract inhibited shoot length of all plants and root length of swollen finger grass, wild pea, rice and chinese cabbage than that from *Fischerella* sp. TISTR 8975, but *Fischerella* sp. TISTR 8975 extracts could inhibit root of soybean. The extract from late stationary phase inhibited seed germination of all plants except soybean and inhibited seedling growth better than that from linear phase except root growth of giant mimosa. In case of solvents, it was found that distilled water extracts inhibited germination of swollen finger grass, giant mimosa, wild pea and chinese cabbage and inhibited seedling growth better than methanol extracts except shoot and root of swollen finger grass and root of wild pea and chinese cabbage, but the methanol extracts inhibited shoot of wild pea and root of soybean. The inhibition of germination and seedling growth were increased when treated with higher concentration of the extracts except germination of soybean. It was also found that *Fischerella* sp. TISTR 8975 extracts induced growth of chinese cabbage at low concentrations. *F. muscicola* TISTR 8215 extracts could inhibit electron transport better than *Fischerella* sp. TISTR 8975 extracts. The extracts from late stationary phase could inhibit electron transport better than linear phase. The methanol extracts could inhibit electron transport better than distilled water. The I_{50} of methanol extract from late stationary phase of *F. muscicola* TISTR 8215 was 0.08 g dry weight of cell/liter. The distilled water and methanol extract from late stationary phase of *F. muscicola* TISTR 8215, the distilled water extract from linear phase of *Fischerella* sp. TISTR 8975 and the methanol extract from late stationary phase of *Fischerella* sp. TISTR 8975 at 1.0 g dry weight of cell/liter inhibited photosynthetic electron transport completely.

Witchaya Krongyut
Student's signature

Srisom Suwanwong 24 / 3 / 2006
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีสม สุวรรณวงศ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. มาลี ณ นคร กรรมการวิชาการและรองศาสตราจารย์ ดร. วิไล สันติโสภาศรี กรรมการวิชาการ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนทำให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา สุริยาภณานนท์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้ข้อคิดในการทำงานรวมทั้งแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและอาจารย์ณัฐา เสนีवास ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และพี่ชาย ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริมและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

วิชชา กรองยุติ

มีนาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
ไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i>	3
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรีย	5
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรียในสกุล <i>Fischerella</i>	
ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ	7
การงอกของเมล็ด (seed germination) และการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า (seedling growth)	11
ผลของสารบางชนิดที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า	13
การสังเคราะห์แสง	16
การถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง	16
การศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง	18
สารที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง	19
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรียในสกุล <i>Fischerella</i>	
ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	25
การเตรียมไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 สำหรับใช้ในการทดลอง	25
การศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 เพื่อหาระยะ linear และระยะ late stationary	25
การเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ให้ได้ระยะ linear และระยะ late stationary	26
การเตรียมสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975	26
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้า วัชพืชและพืชปลูก	29
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็คตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการทดลอง	36
การทดลองที่ 1 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก	36
การทดลองที่ 2 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง	100
วิจารณ์ผลการทดลอง	114
สรุป	125
ข้อเสนอแนะ	126
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	127
ภาคผนวก	138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาที่ใช้ในการนับจำนวนเมล็ดที่งอกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก	30
2	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มีชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก ในการนับครั้งสุดท้าย	41
3	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดหญ้าร้างนก ในการนับครั้งสุดท้าย	42
4	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์ ในการนับครั้งสุดท้าย	43
5	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดถั่วฝัก ในการนับครั้งสุดท้าย	44
6	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดข้าว ในการนับครั้งสุดท้าย	45
7	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดผักกาดขาวปลี ในการนับครั้งสุดท้าย	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง ในการนับครั้งสุดท้าย	47
9	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก	51
10	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าหญ้าร้างนก	52
11	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าไมยราบยักษ์	57
12	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าถั่วฝัก	62
13	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าข้าว	71
14	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดขาวปลี	76
15	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าถั่วเหลือง	81
16	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าหูก้างนก	88
18	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าไมยราบยักษ์	91
19	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าถั่วฝัก	92
20	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าข้าว	97
21	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลี	98
22	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าถั่วเหลือง	99
23	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง	101
24	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	ผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง	112
ตารางผนวกที่		
1	องค์ประกอบของอาหารสังเคราะห์สูตร BGA	139
2	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไฮยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไฮยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก ในการนับครั้งสุดท้าย	140
3	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไฮยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไฮยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก	142
4	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไฮยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไฮยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก	144
5	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไฮยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไฮยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิลีคตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง	146

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 (400x)	4
2	ไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 (400x)	4
3	สูตรโครงสร้างของสาร fischerellin A	8
4	สูตรโครงสร้างของสาร fischerellin B	9
5	สูตรโครงสร้างของสาร ambigine isonitriles ชนิด A ถึง F และ สาร hapalindoles ชนิด G และ H	10
6	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง	17
7	แผนภาพแสดงวิธีการสกัดสารจากไซยาโนแบคทีเรีย	28
8	ต้นกล้าของหญ้ารงนก ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F.</i> <i>muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่ มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	53
9	ต้นกล้าของหญ้ารงนก ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้น ต่างๆ	54
10	ต้นกล้าของหญ้ารงนก ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F.</i> <i>muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่ มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	55
11	ต้นกล้าของหญ้ารงนก ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้น ต่างๆ	56
12	ต้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F.</i> <i>muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่ มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ด้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	59
14	ด้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	60
15	ด้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	61
16	ด้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	63
17	ด้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	64
18	ด้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	65
19	ด้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ด้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	72
21	ด้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	73
22	ด้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	74
23	ด้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	75
24	ด้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	77
25	ด้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	78
26	ด้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ต้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	80
28	ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	82
29	ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	83
30	ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	84
31	ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	85
32	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดควมคุม) เมื่อได้รับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้นแตกต่างกัน	104
33	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	106
35	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	107
36	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	107
37	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	108
38	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	108
39	ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
40	ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	109
41	ความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่ได้จากชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต และชนิดตัวทำละลายแตกต่างกัน ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์	111
42	ผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง	113
ภาพผนวกที่		
1	กราฟการเจริญเติบโตของไชยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella muscicola</i> (Thuret) Gomont TISTR 8215 แสดงด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระยะเวลา 0 - 15 วัน	147
2	กราฟการเจริญเติบโตของไชยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 แสดงด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระยะเวลา 0 - 15 วัน	148
3	ค่า osmolality ของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 ที่ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน	149
4	ค่า osmolality ของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ที่ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน	150

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5	ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้า ไมยราบยักษ์ ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และ ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล	151
6	ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้า ถั่วฝัก ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล	152
7	ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้า ข้าว ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล	153
8	ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้า ผักกาดขาวปลี ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และ ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล	154
9	ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้า ถั่วเหลือง ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย <i>F. muscicola</i> TISTR 8215 และ <i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975 ระยะ linear และ ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล	155

**ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont
TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญ
เติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน
กระบวนการสังเคราะห์แสง**

**Effects of Crude Extracts of Cyanobacteria, *Fischerella muscicola* (Thuret)
Gomont TISTR 8215 and *Fischerella* sp. TISTR 8975, on Seed Germination and
Seedling Growth of Some Weeds and Crops and
Photosynthetic Electron Transport**

คำนำ

วัชพืชถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เนื่องจากวัชพืชจะเป็นตัวแย่งแย่งน้ำ แร่ธาตุอาหาร และแสงสว่างกับพืชปลูก รวมทั้งยังเป็นที่พักซ่อนอาศัยของแมลงตลอดจนศัตรูพืชชนิดอื่นๆ อีกด้วย (พรชัย, 2531) ดังนั้น การป้องกันกำจัดวัชพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่ได้รับความนิยมและใช้กันแพร่หลายที่สุด คือ การใช้สารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์จากสารเคมี เนื่องจากวิธีนี้จะเห็นผลรวดเร็ว ประหยัดเวลา ประหยัดแรงงาน สะดวก มีประสิทธิภาพ และสามารถเลือกทำลายวัชพืชได้ (ดวงพร, 2543) แต่การใช้สารเคมีควบคุมวัชพืชเป็นเวลานานก็ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย เช่น การตกค้างของสารเคมีในดิน น้ำ อาหาร รวมทั้งยังมีผลกระทบต่อมนุษย์ และสัตว์ด้วย (พรชัย, 2531) และจากรายงานของฝ่ายทะเบียนและอนุญาต กองวัตถุมีพิษ (2544) พบว่าในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืชมีส่วนการนำเข้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทอื่นๆ จึงทำให้ประเทศไทยเสียเงินตราให้ต่างประเทศมากมาย จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้นักวิจัยหลายท่านสนใจที่จะนำเอาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) จากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในธรรมชาติ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย สาหร่าย เป็นต้น มาประยุกต์ใช้ในการกำจัดวัชพืช เนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติสามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ทำให้ไม่มีฤทธิ์ตกค้างในดินและน้ำ (ธวัชชัย, 2540) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจในการนำมาสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เนื่องจากมีรายงานว่าไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิดสามารถสร้างสารทุติยภูมิที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของโปรโตซัว ไวรัส เชื้อรา แบคทีเรีย

สาหร่าย ไชยาโนแบคทีเรียและพืชบางชนิด (Gleason and Case, 1986; Moore *et al.*, 1987) เช่น *Scytonema hofmanni* สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ ไชยาโนแบคทีเรียด้วยกันเอง และสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้หลายสกุล เป็นต้น (Mason *et al.*, 1982)

ด้วยเหตุนี้ จึงมีแนวความคิดที่จะนำสารที่สกัดได้จากไชยาโนแบคทีเรียในสกุล *Fischerella* 2 ชนิด คือ *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 มาทดสอบการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด รวมทั้งทดสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวัชพืช เพื่อทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์มาจากสารเคมี เพื่อความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม มนุษย์ และสัตว์เลี้ยง และอาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นไปได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด
2. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

การตรวจเอกสาร

ไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella*

จัดอยู่ใน

Phylum Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Stigonematales

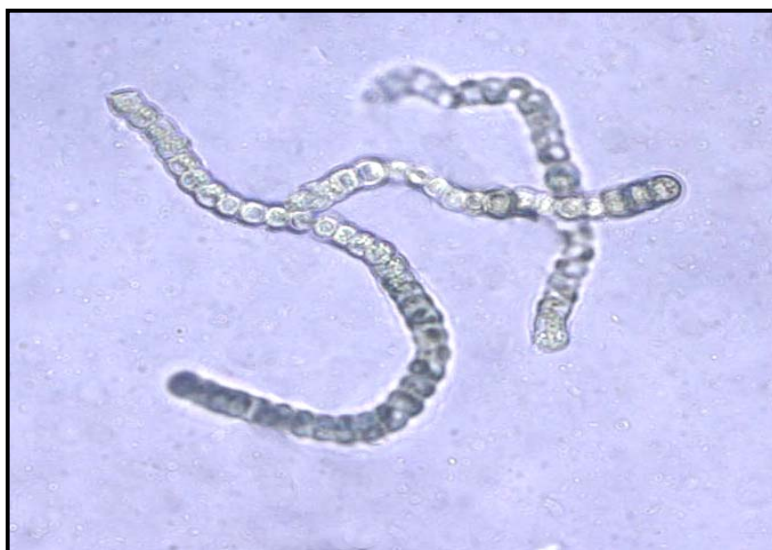
Family Stigonemataceae

Genus *Fischerella*

สายเซลล์หลักส่วนใหญ่ของไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Fischerella* ประกอบด้วยเซลล์รูปรางกลมนขนาดใหญ่ และเส้นสายโดยส่วนมากจะประกอบด้วยเซลล์เรียงกันหลายแถว บางครั้งอาจมีเซลล์เรียงกันแถวเดียวแต่จะไม่ค่อยพบ การแตกแขนงจะแตกแขนงออกทางด้านข้าง (lateral branches) โดยมีแขนงแตกออกมาเพียงด้านเดียวเท่านั้น ซึ่งแขนงที่แตกออกมาจะมีลักษณะยาวแคบ และแขนงที่แตกออกมาทางด้านข้างที่อายุน้อย (young lateral branches) จะมีชีท (sheath) บางๆ หุ้มโดยรอบ ส่วนเส้นสายที่มีอายุมากแล้ว (older filament) จะมีชีทที่หนากว่าหุ้มไว้ การเกิดเฮเทอโรซิสต์จะเป็นแบบอินเทอร์คาลารี เฮเทอโรซิสต์ หรือแลเทอรัล เฮเทอโรซิสต์ ส่วนการสร้างฮอว์โมโกเนียจะเกิดจากส่วนปลายสุดของแขนงที่แตกแขนงออกมาทางด้านข้าง และการสร้างสปอร์จะพบในบางชนิดเท่านั้น (Desikachary, 1959)



ภาพที่ 1 ไชยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 (400x)



ภาพที่ 2 ไชยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 (400x)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรีย

ไซยาโนแบคทีเรียมีศักยภาพในการสร้างสารออกฤทธิ์ ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันออกไป เช่น มีผลเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic) ความเป็นพิษต่อตับ (hepatotoxin) ความเป็นพิษต่อระบบประสาท (neurotoxin) มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา (antifungal) แบคทีเรีย (antibacteria) สาหร่าย (antialgal) โปรโตซัว (antiprotozoa) ไวรัส (antiviral) และนีโอพลาสติค (antineoplastic) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงและสาหร่ายหลายชนิด (Gleason and Case, 1986) สารทุติยภูมิที่ได้จากไซยาโนแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นยาสำหรับมนุษย์และสัตว์ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในทางเกษตร โดยพัฒนาเป็นสารกำจัดแมลง (insecticides) หรือสารกำจัดวัชพืช (herbicides) เป็นต้น (Patterson *et al.*, 1994; Borowitzka, 1999; Kreitlow *et al.*, 1999; Schlegel *et al.*, 1999) ซึ่งมีไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิดที่สามารถผลิตสารทุติยภูมิ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ดังนี้

ไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema hofmanni* สามารถผลิตสาร cyanobacterin ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 430 และสูตรเคมี คือ $C_{23}H_{23}O_6Cl$ สาร cyanobacterin นี้จะประกอบด้วย diaryl substituted γ -lactone และ chlorinated aromatic nucleus (Mason *et al.*, 1982; Pignatello *et al.*, 1983) ซึ่งสารนี้จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง และไซยาโนแบคทีเรีย แต่จะไม่มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสง (non-photosynthetic bacteria) และโปรโตซัว (Mason *et al.*, 1982) และ Gleason and Paulson (1984) ยังได้ศึกษาผลของสาร cyanobacterin ต่อไซยาโนแบคทีเรียเซลล์เดียว *Synechococcus* sp. ATCC 27146 พบว่าความเข้มข้นต่ำสุด (minimal inhibitory concentration; MIC) คือ 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (4.6 ไมโครโมลาร์) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียได้หลายชนิด แต่จะไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Scytonema hofmanni* UTEX 1581 *Hapalosiphon welwitschii* UTEX 1830 และ *Chlorogloea fritschii* A. J. Smith และแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสงได้รวมทั้งแบคทีเรียที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้ยังพบว่า *Scytonema ocellatum* ATCC 55232 และ *S. burmanicum* ATCC 55231 สามารถสร้างสารประกอบ scytopycins ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา นีโอพลาสติคและเซลล์มะเร็งได้ (Patterson *et al.*, 1994) และ *Scytonema* sp. TISTR 8208 ยังสามารถผลิตสารที่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์ที่ทำให้เกิดโรคได้ (Chetsumon *et al.*, 1993)

ณัฐา (2543) ศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema* sp. TISTR 8208 *Scytonema* sp. TISTR 8209 และ *Hapalosiphon* sp. ที่สกัดด้วยน้ำ เมทานอล และทริสไฮโดรคลอไรด์ฟเฟอร์ อัตราความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.2 กรัม/น้ำหนักแห้งของไซยาโนแบคทีเรียต่อเปอร์เซ็นต์การงอก การเจริญเติบโตของยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก พบว่า สารสกัด *Hapalosiphon* sp. ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 กรัม/น้ำหนักแห้งของไซยาโนแบคทีเรีย ทำให้หนักรังนกมีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงมากที่สุด โดยงอกได้เพียง 15.33 และ 1.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ Moore *et al.* (1984) พบว่าไซยาโนแบคทีเรีย *H. fontinalis* (Ag.) Bornet สายพันธุ์ V-3-1 สามารถผลิตสาร hapalindole A (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 338 และสูตรโมเลกุล คือ $C_{21}H_{23}N_2Cl$) ซึ่ง Moore *et al.* (1987) รายงานว่าสารชนิดนี้เป็นสารในกลุ่ม indole alkaloid และ *H. hibernicus* ATCC 55225 สามารถผลิตสาร hapalindole alkaloid A89271 ชนิด B และ F ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Bonjouklian *et al.*, 1995)

Gromov *et al.* (1991) พบว่าสาร cyanobacterin LU - 1 ที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc linckia* CALU 892 ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายอื่นๆ แต่จะไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสง (heterotrophic bacteria) และเชื้อรา

Jaki *et al.* (1999) พบว่าสาร noscomin ที่สกัดได้จากอาหารเลี้ยง (culture medium) ของไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc commune* Vaucher (EAWAG 122b) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Bacillus cereus* *Staphylococcus epidermidis* และ *Escherichia coli*.

Smith and Doan (1999) รายงานว่าไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc* sp. 31 สามารถผลิตสาร nostocyclamide ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียว โดยพบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสาร nostocyclamide คือ 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลาร์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียหลายสกุลและสาหร่ายสีเขียว ตามลำดับ และความเข้มข้นของสาร nostocyclamide ที่ทำให้โรติเฟอร์ (Rotifer) ตายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 13 ไมโครโมลาร์

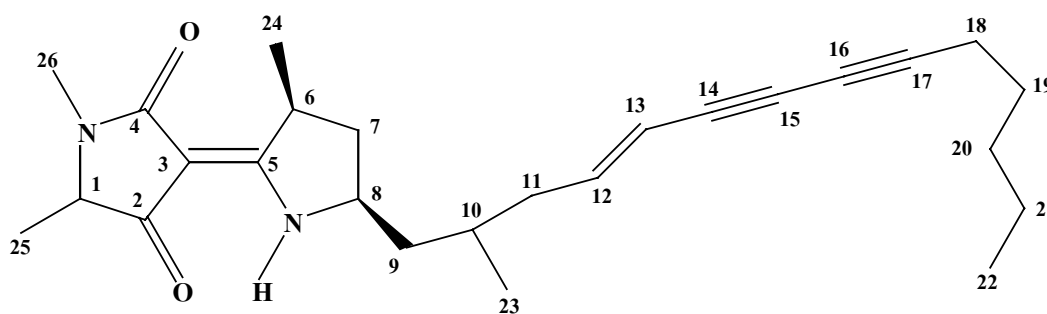
Issa (1999) พบว่าสารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria angustissima* และ *Calothrix parietina* (Naeg.) Turet สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิด และยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิด

Ploutno and Carmeli (2000) พบว่าสาร nostocyclyne A ที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc* sp. (TAU สายพันธุ์ IL-220) ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 10 และ 12.5 ไมโครกรัมต่อจาน (petridish) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* ตามลำดับ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรียในสกุล *Fischerella* ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

Gross *et al.* (1991) ได้สกัดสาร fischerellin จากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thur.) Gomont UTEX 1829 ด้วยเมทานอลและนำมาแยกให้บริสุทธิ์อีกครั้งด้วยเทคนิค HPLC เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารและโครงสร้างทางเคมีของสาร fischerellin (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 408) ซึ่งสาร fischerellin เป็นสารในกลุ่ม lipophilic ที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvents) หลายชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล acetonitrile อะซีโตน ไดเอทิลอีเทอร์ (diethylether) และ tert-butylmethylether แต่จะละลายในน้ำได้น้อยและสาร fischerellin เป็นสารประกอบที่พบใน *F. muscicola* (Thur.) Gomont UTEX 1829 และยังสามารถพบได้ในชนิดอื่นๆ เช่น *F. ambigua* (Nag.) Gom. UTEX 1903 และ *F. tisserantii* นอกจากนี้ Gross *et al.* (1991) ยังรายงานว่าความเป็นไปได้ที่สาร fischerellin จะมีโครงสร้างใกล้เคียงกับสาร hapalindole แต่บางที่ลักษณะสำคัญของสาร fischerellin จะไม่ตรงกับสาร hapalindole A และสารประกอบอื่นๆ จากไซยาโนแบคทีเรีย *Hapalosiphon fontinalis* (Ag.) Bornet สายพันธุ์ V-3-1 ในการทดลองของ Moore *et al.* (1984) และสาร hapalindolinones จาก *Fischerella* ATCC 53588 ในการทดลองของ Schwartz *et al.* (1987) และการที่สาร fischerellin ไม่มีอะตอมของคลอไรด์เป็นองค์ประกอบและโมเลกุลไม่มีความเสถียรเมื่อเกิดการสลายตัวด้วยกรด (acidic hydrolysis) จะไม่ตรง (Gross *et al.*, 1991) กับลักษณะของสาร isonitrile (Bornemann *et al.*, 1988) หรือสาร isothiocyanate ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้จะเป็นลักษณะที่พบในสาร hapalindoles (Moore *et al.*, 1984) รวมทั้งน้ำหนักโมเลกุลของสาร hapalindoles จะต่ำกว่าสาร fischerellin มากด้วย (Gross *et al.*, 1991) และเมื่อ Gross *et al.* (1991) ทำการศึกษาผลของสาร fischerellin ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียสาหร่ายสีเขียว และยูแบคทีเรีย (Eubacteria) โดยวิธี agar diffusion assay พบว่าสารดังกล่าวมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียได้มากกว่าสาหร่ายสีเขียว แต่จะไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของยูแบคทีเรีย และในปี ค.ศ. 1996 Hagmann and Jüttner ได้สกัดสาร fischerellin A (น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 408 มีสูตรเคมี คือ $C_{26}H_{36}N_2O_2$) (ภาพที่ 3) จาก *F. muscicola* (Thur.)

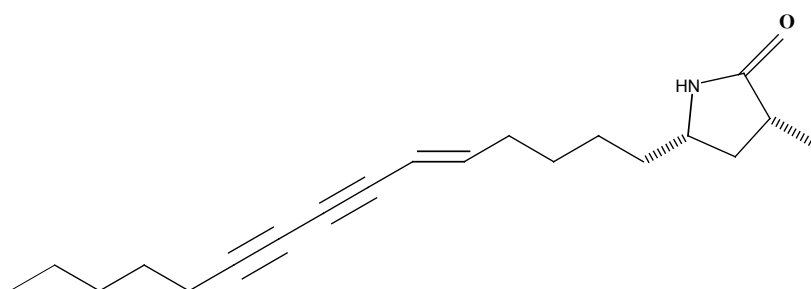
Gomont UTEX 1829 มาทดสอบกับไซยาโนแบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียว และสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ (photosynthetic organism) พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสาร fischerellin A ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย *Synechococcus* PCC 6911 ได้ คือ ความเข้มข้น 14 นาโนโมลาร์ และที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.5 ไมโครโมลาร์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว 2 ชนิด คือ *Scenedesmus obliquus* SAG 276-1 และ *S. subspicutu* SAG 86.81 ส่วนความเข้มข้นของสาร fischerellin A ที่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ เช่น โรติเฟอร์ *Brachionus calyciflorus* และครัสตาเซียน (crustacean) *Thamnocephalus platyurus* ตาย ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ ความเข้มข้น 4 และ 6 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสาร fischerellin A สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Lemna minor* ได้ 44 และ 74 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ และยังสามารถยับยั้งเชื้อราที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรหลายชนิด เช่น ที่ความเข้มข้น 250 ppm ยับยั้งการเจริญเติบโตของราสนิม (*Uromyces appendiculatus*) ในถั่วได้ 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของสาร fischerellin A

ที่มา: Hagmann and Jüttner (1996)

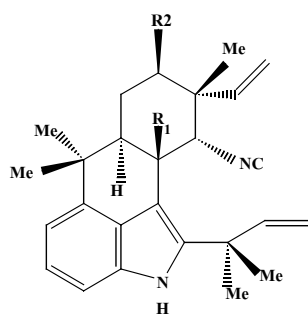
Papke *et al.* (1997) ได้สกัดสารและศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสาร fischerellin B (ภาพที่ 4) จากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont UTEX 1829 พบว่าสารดังกล่าว มีน้ำหนักโมเลกุล 299 ซึ่งมีสูตรเคมี คือ $C_{20}H_{29}NO$ สารนี้ถือได้ว่าเป็นสารประกอบรอง (minor compound) และจะมีปริมาณของสาร fischerellin B ในสารสกัดหยาบน้อยกว่าสาร fischerellin A



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของสาร fischerellin B

ที่มา: Papke *et al.* (1997)

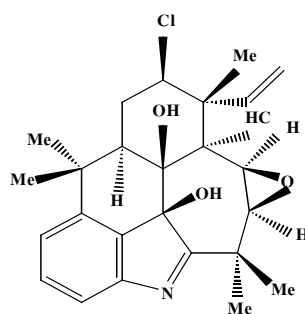
Smitka *et al.* (1992) พบว่าไซยาโนแบคทีเรีย *F. ambigu* UTEX 1903 สามารถสร้างสาร ambiguline isonitriles ชนิด A ถึง F และสาร hapalindoles ชนิด G และ H (ภาพที่ 5) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มอินโดลแอลคาลอยด์ (indole alkaloid)



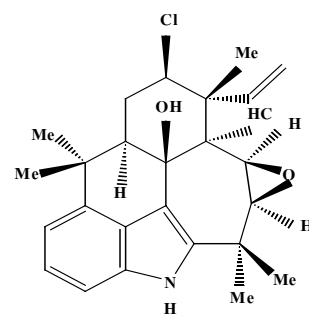
A $R_1 = \text{Me}, R_2 = \text{Cl}$

B $R_1 = \text{OH}, R_2 = \text{Cl}$

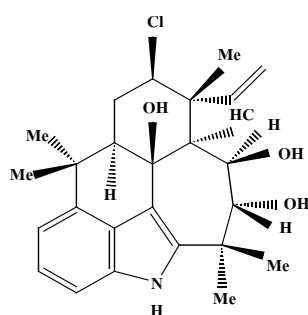
C $R_1 = \text{OH}, R_2 = \text{H}$



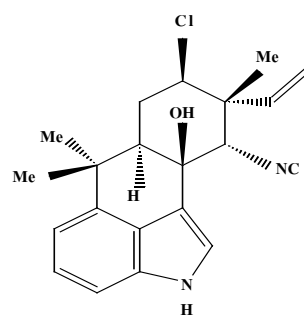
D



E

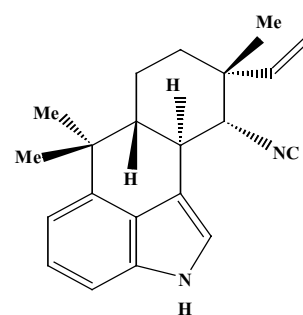


F



hapalindole G $R = \text{H}$

hapalindole V $R = \text{OH}$



hapalindole H

ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างของสาร ambiguine isonitriles ชนิด A ถึง F และสาร hapalindoles
ชนิด G และ H

ที่มา: Smitka *et al.* (1992)

การงอกของเมล็ด (seed germination) และการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า (seedling growth)

การงอกของเมล็ด (seed germination) คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทางสัณฐานวิทยา (สมบุญ, 2544) ที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ซึ่งมีผลทำให้เอมบริโอของเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นต้นกล้า (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995) โดยมี radicle งอกออกมาจนออกเมล็ดก่อน (Mayer and Mayber, 1982; Georgia Agriculture Education Curriculum, 1999) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดมีดังนี้

1. น้ำ น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการงอกของเมล็ด เมื่อเมล็ดดูดน้ำ (imbibition) น้ำจะเข้าไปช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยสลายอาหารที่สะสมภายในเมล็ดให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน ซึ่งสารอาหารเหล่านี้จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ส่วนพลังงานที่ได้จากการออกซิไดส์อาหารหรือการหายใจ จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและกระบวนการเจริญเติบโตของพืช (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995)

2. ก๊าซออกซิเจน ขณะที่เมล็ดกำลังงอกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งเมล็ดต้องการออกซิเจนนำไปใช้ในการกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานออกมา แล้วนำไปใช้ในการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าต่อไป และเมล็ดจะงอกได้ดีในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่มีพืชบางชนิด เช่น พืชน้ำสามารถงอกได้ดีในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995)

3. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การงอกของเมล็ดช้าลง (Copeland and McDonald, 1995)

4. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพืชทั่วไป คือ อุณหภูมิประมาณ 15-30 องศาเซลเซียส แต่สำหรับพืชบางชนิดที่อยู่ในเขตหนาว ต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำหรืออุณหภูมิที่ใกล้จุดเยือกแข็งช่วยในการงอก (สมบุญ, 2544; Copeland and McDonald, 1995) ส่วนพืชที่อยู่ในเขตร้อนต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงในการงอก เช่น เมล็ดหญ้าพง (*Sorghum halepense*) สามารถงอกได้ที่อุณหภูมิ 20 - 40 องศาเซลเซียส และพืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิที่ต่างกันในช่วงกลางวันและช่วง

กลางคืน หรือให้อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เมล็ดงอกได้ เช่น ถั่วเหลือง ถ้าให้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมงสลับกับอุณหภูมิต่ำ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จะทำให้เมล็ดถั่วเหลืองงอกได้ดี (สมบุญ, 2544)

5. แสง แสงจะมีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชต่างๆ ไปน้อยมาก แต่มีเมล็ดพืชบางชนิดที่ต้องการแสงในการงอก หรือต้องการความมืดในการงอก หรือจะงอกได้ดีในที่มืดหรือมืด (Copeland and McDonald, 1995; Georgia Agriculture Education Curriculum, 1999)

6. สารกระตุ้นการงอกของเมล็ด สารที่สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ด ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) โพแทสเซียมไนเตรด (potassium nitrate; KNO_3) ไทโอยูเรีย (thiourea) หรือจะเป็นสารจำพวกฮอร์โมนพืชที่ได้จากธรรมชาติ เช่น จิบเบอเรลลิน (Gibberellin; GA) เอทิลีน (ethylene) ไซโทไคนิน (cytokinin) ออกซิน (auxin) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่ผลิตได้จากธรรมชาติ สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้เช่นกัน เช่น วัชพืชสกุล *Striga* และพืชดอกสกุล *Orobanch*e จะปล่อยสารบางอย่างไปกระตุ้นให้เมล็ดพืชที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันงอกได้ หรือสาร scopoletin ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound) จะกระตุ้นการงอกของเมล็ด *Sinapsis alba* (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995)

7. สารยับยั้งการงอกของเมล็ด สารที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดมีหลายชนิด เช่น ไซยาไนด์ (cyanide) ไดไนโตรฟีนอล (dinitrophenol) เอไซด์ (azide) ฟลูออไรด์ (fluoride) และ hydroxylamine จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่อยู่ในกลุ่มฟีนอลิกจะมีหลายชนิด ที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ เช่น สาร coumarin ที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาดหอม (Mayer and Mayber, 1982) และสารที่เกิดขึ้นในส่วนผลและเมล็ด เช่น สาร abscisic acid (ABA) จะกระตุ้นการพักตัวของเมล็ด *Chenopodium album* เป็นต้น (Karssen, 1968) และสาร paraascorbic acid และ coumarin ที่พบในส้มและมะเขือเทศ มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดส้มและมะเขือเทศ (สุมนทิพย์, 2540)

8. แรงดันออสโมติก (osmotic pressure) หรือค่าออสโมติกโพเทนเชียล (osmotic potential) ของสารละลาย โดยพบว่าถ้าเพิ่มเมล็ดพืชไปเพาะในสารละลายที่มีแรงดันออสโมติกสูง เช่น น้ำตาล หรือเกลืออนินทรีย์ (inorganic salt) ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์หรือสารประกอบอื่นๆ จะมีผลทำให้

การดูดน้ำของเมล็ดพืชลดลง แล้วส่งผลให้เมล็ดพืชงอกได้ช้าลง หรือเมล็ดพืชอาจไม่สามารถงอกได้ (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995; Haugland and Brandsaeter, 1996) ซึ่งการดูดน้ำของเมล็ดจะเกิดขึ้นได้ เมื่อค่า water potential ของเมล็ดต่ำกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก (จวงจันทร, 2529)

ผลของสารบางชนิดที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า

สารที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าพืช จะเป็นสารทุติยภูมิที่จะมีผลชะลอการงอกหรือยับยั้งการงอกของเมล็ด และมีผลกระตุ้นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของยอดและรากของต้นกล้าพืช (Rizvi and Rizvi, 1992) ตัวอย่างการศึกษาผลของสารทุติยภูมิต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าพืชมีดังนี้

อุไร (2539) พบว่าสารสกัดจากส่วนต้นของผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum* L.) และสารสกัดจากส่วนรากของหญ้าแห้วหมู (*Cyperus rotundus* L.) จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวราก และความยาวยอดของต้นกล้าถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill. Cv SJ. 4) ลดลง

เฉลิมชัย (2541) ทดสอบสารสกัดจากชะพลู (*Piper sarmentosum* Roxb.) และสะระแหน่ (*Mentha arvensis* L.) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชบางชนิด พบว่าสารสกัดชะพลูไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว ข้าวโพด ถั่วเขียวและแตงกวา แต่จะมีผลยับยั้งการเจริญของรากต้นกล้าพืชทั้ง 4 ชนิด และยับยั้งการเจริญของยอดต้นกล้าแตงกวาและถั่วเขียวได้ปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากชะพลูและสะระแหน่จะยับยั้งการเจริญของยอดและรากของต้นกล้าหูกวางและผักกาดหอมได้อย่างมาก

Viles and Reese (1996) ทดสอบสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและรากของวัชพืช *Echinacea angustifolia* ซึ่งอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ต่อการงอกของเมล็ด ความยาวรากและความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) switchgrass (*Panicum virgatum*) และ prairie dropseed (*Sporobolus heterolepsis*) พบว่าสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนราก จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด switchgrass ได้มากที่สุด ส่วนความยาวรากพบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและราก จะมีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอมและ prairie dropseed ยกเว้นสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนรากจะไม่มีผล

ยับยั้งความยาวรากของต้นกล้า switchgrass และสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและรากจะมีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าทั้ง 3 ชนิด แต่สารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนยอดและรากจะมีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอมและ switchgrass ยกเว้นต้นกล้า prairie dropseed

Russo *et al.* (1997) พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่สกัดจากปอกระเจา (*Hibiscus cannabinus* L.) ที่เฝ้าเปื้อยผุพังเป็นเวลา 2 และ 4 เดือน มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด pigweed ได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดจากปอกระเจาที่ไม่ได้เฝ้าเปื้อยผุพัง จะยับยั้งการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) และ เมล็ด ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) ได้เพียง 30 เปอร์เซ็นต์

Wu *et al.* (1998) พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำจาก buffalograss (*Buchloe dactyoides*) ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด annual bluegrass (*Poa annua*) แต่จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าอย่างมาก

Quayyum *et al.* (1999) ได้ศึกษาผลของสารอัลลิโลพาธิกจากพืชน้ำที่อยู่ร่วมกับข้าวป่า (*Zizania palustris*) โดยการสกัดสารจากส่วนต่างๆ ของพืชน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบด้วยน้ำกลั่น มาทดสอบการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมและต้นกล้าข้าวป่า ซึ่งผลที่ได้พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนเหง้า (rhizome) ของ *Nymphaea odorata* และ *Potamogeton natans* และจากส่วนยอดของ *Myriophyllum verticillatum* มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอมได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดจากส่วนยอดของ *Equisetum fluviatile* จากทั้งต้นของ *Sparganium fluctuans* และ *Potamogeton robbinsii* ไม่มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอม และสารสกัดจากส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอม สำหรับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าข้าวป่าและสารสกัดจากส่วนเหง้าของ *Scirpus acutus* ส่วนยอดของ *Eleocharis palustris* ส่วนเหง้าของ *Potamogeton natans* จากทั้งต้นของ *Myriophyllum verticillatum* และส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าข้าวป่า และสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากดินตะกอนในทะเลสาบที่อยู่ใต้ต้นข้าวป่า จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวป่าลดลง

Basile *et al.* (2000) ได้สกัดสารจากส่วนใบของ *Castanea sativa* ด้วยกรดซัลฟูริกที่มี pH เท่ากับ 3 จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปแยกด้วยเอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) โดยสารที่ได้มีหลายชนิด คือ rutin apigenin quercetin hesperidin และ kaempferol ซึ่งจากการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารเหล่านี้ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของ radish (*Raphanus sativus*) พบว่าสาร quercetin rutin และ apigenin จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดและทำให้การเจริญเติบโตของ epicotyl และรากของต้นกล้า radish ลดลง

D'Abrosca *et al.* (2001) ได้สกัดสารจากส่วนใบของ *Sambucus nigra* ด้วยปิโตรเลียมเอทิลอะซิเตตและเมทานอล ตามลำดับ จากนั้นนำสารที่สกัดด้วยเมทานอลไปแยกให้ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ละลายน้ำและส่วนที่ละลายในเอทิลอะซิเตต ซึ่งจะพบสารหลายกลุ่มในทั้ง 2 ส่วนนี้ คือ cyanogenins lignans flavonoids และ phenolic glycosides โดยจากการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารดังกล่าวต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของรากพืชใบเลี้ยงคู่ 2 ชนิด คือ ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และ radish (*Raphanus sativus*) และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คือ ต้นหอม (*Allium cepa*) ซึ่งผลการทดลองที่ได้พบว่าสารในกลุ่ม cyanogenins ส่วนใหญ่จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของรากผักกาดหอม radish และต้นหอม ในขณะที่สารในกลุ่ม lignans จะมีผลกระตุ้นการเจริญของรากพืชทั้ง 3 ชนิด ส่วนสารในกลุ่มอื่นๆ จะมีผลต่อพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวแตกต่างกันไป

Batish *et al.* (2002) พบว่าสาร parthenin ที่สกัดจากส่วนใบของ *Parthenium hysterophorus* ด้วยเอทานอล จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด *Avena fatua* และ *Bidens pilosa* และยังทำให้ความยาวยอด ความยาวรากและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพืชทั้ง 2 ชนิดลดลงด้วย

Yongvanich *et al.* (2002) พบว่าสารสกัดจากส่วนใบ เหง้า และดอกของธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) ที่มีฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นองค์ประกอบ เมื่อสกัดด้วยเมทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 9 ต่อ 1 โดยปริมาตร ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัม/น้ำหนักแห้งของสารฟลาโวนอยด์ต่อจาน (petridish) มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

การสังเคราะห์แสง

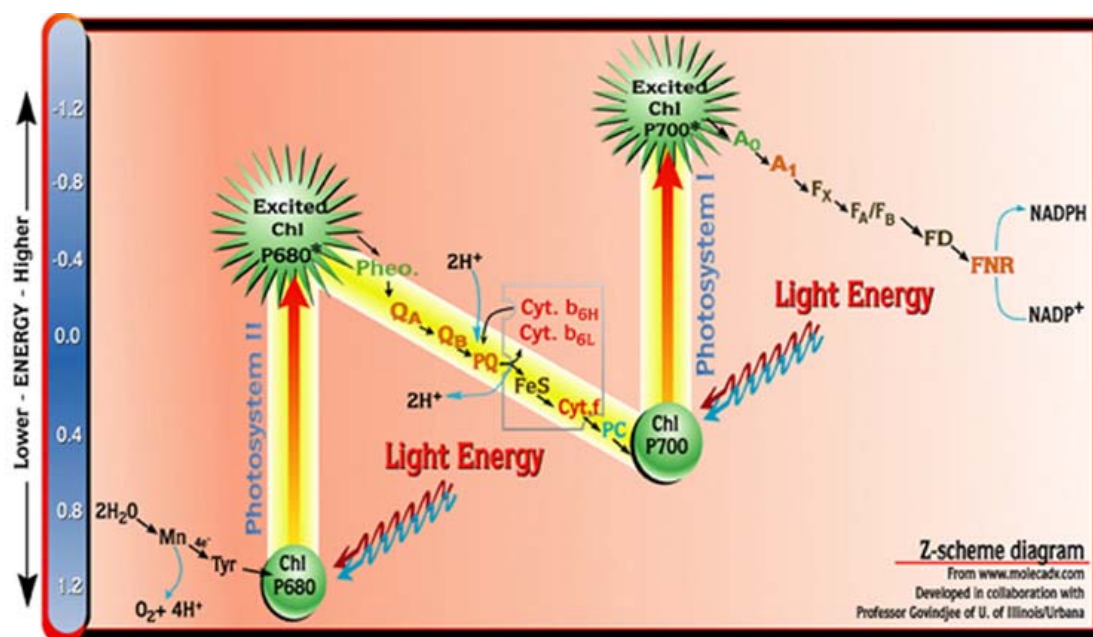
การสังเคราะห์แสง ประกอบด้วยปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาแสง (Light reaction หรือ Photochemical reaction) และปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide fixation หรือ biochemical reaction) ซึ่งปฏิกิริยาทั้งสองนี้จะเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ โดยปฏิกิริยาแสงจะเกิดในไทลาคอยด์เมมเบรน ส่วนปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดใน stroma (Mohr and Schopfer, 1995; Taiz and Zeiger, 1998)

ปฏิกิริยาแสงจะเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี โดยออกซิไดซ์น้ำ ผลที่ได้จากการออกซิไดซ์น้ำคือออกซิเจน มีการสร้าง ATP และมีการรีดิวซ์ NADP^+ ไปเป็น NADPH ซึ่งจะนำไปใช้ในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Mohr and Schopfer, 1995; Taiz and Zeiger, 1998)

การถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง

เมื่อศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสงสอง (P680) ($E_0' \approx 1,200$ มิลลิโวลต์) ในสภาวะพื้น (ground state) ดูดซับพลังงานแสง จะทำให้ P680 เปลี่ยนไปอยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited state; P680*) ($E_0' \leq -200$ มิลลิโวลต์) ซึ่ง P680* จะกลายเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรง จึงสามารถให้อิเล็กตรอนแก่ pheophytin ($E_0' = -610$ มิลลิโวลต์) ได้ ส่วนอิเล็กตรอนที่จะมาแทนที่อิเล็กตรอนที่หลุดออกจาก P680 นี้จะมาจากกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine; Tyr) และอิเล็กตรอนที่จะมาแทนที่ที่กรดอะมิโนไทโรซีนนี้จะมาจากการแตกตัวของน้ำ ($E_0' = 815$ มิลลิโวลต์) โดยมีแมงกานีสเป็นตัวกระตุ้น ดังนั้นเมื่อ P680 ดูดซับพลังงานแสง P680 จะถูกกระตุ้น (P680*) ให้เสียอิเล็กตรอนให้กับตัวรับอิเล็กตรอนตัวแรก (primary acceptor) ของระบบแสงสอง คือ pheophytin (Pheo) แล้ว pheophytin จะส่งอิเล็กตรอนไปให้กับ Q_A และ Q_B หลังจากนั้น plastoquinone (PQ) ($E_0' \approx 0$ มิลลิโวลต์) จะมารับอิเล็กตรอนจาก Q_B และรับโปรตอน ($2H^+$) จากสโตรมา (stroma) เปลี่ยนเป็นโมเลกุล PQH_2 จากนั้นโมเลกุล PQH_2 ที่สร้างขึ้นมานี้จะออกจากตำแหน่ง Q_B แล้วให้อิเล็กตรอนแก่ Cyt. b_{6L} หรือ Cytb_{LP} (low reduction potential form of cytochrome b_6 of the cytochrome b_6f complex) ($E_0' = 20$ มิลลิโวลต์) และโปรตีนที่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ คือ iron - sulphur protein หรือ Rieske Fe-S centre (FeS) ($E_0' \approx 200$ มิลลิโวลต์) รวมทั้งปล่อยโปรตอน ($2H^+$) ออกมาสู่ลูเมนด้วย ซึ่ง Cyt. b_{6L} หลังจากได้รับอิเล็กตรอนจาก PQH_2 จะส่งอิเล็กตรอนให้กับ Cyt. b_{6H} หรือ Cytb_{HP} (high reduction potential form of cytochrome b_6 of the cytochrome b_6f complex) ($E_0' = 400$

มิลลิโวลต์) แล้ว Cytb_{HP} จะไปรีดิวซ์โมเลกุล PQ อีกครั้ง ส่วน iron - sulphur protein หลังจากได้รับอิเล็กตรอนจาก PQH_2 จะส่งอิเล็กตรอนไปยัง cytochrome f (Cyt. f) ($E_0' = 370$ มิลลิโวลต์) แล้ว cytochrome f จะส่งอิเล็กตรอนต่อไปให้กับ plastocyanin (PC) ($E_0' = 400$ มิลลิโวลต์) แล้ว plastocyanin จะส่งอิเล็กตรอนเข้าสู่ศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสงหนึ่ง (P700) เมื่ออิเล็กตรอนที่ศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสงหนึ่ง (P700) ($E_0' = 450$ มิลลิโวลต์) ในสภาวะพื้นถูกกระตุ้น (P700^*) ด้วยพลังงานแสง จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจาก P700^* ($E_0' \leq -550$ มิลลิโวลต์) แล้วเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนไปยังตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งปัจจุบันคิดาคือคลอโรฟิลล์เอ (A_0) ควิโนน (A_1) และโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (F_x และ F_A/F_B) ($E_0' \approx -700$ มิลลิโวลต์) แล้วส่งอิเล็กตรอนไปยังเฟอร์รีดอกซิน (FD) ($E_0' = -430$ มิลลิโวลต์) แล้วอิเล็กตรอนจากเฟอร์รีดอกซินจะไปรีดิวซ์ NADP^+ ให้เป็น NADPH โดยการกระตุ้นของเอนไซม์ ferredoxin- NADP^+ oxidoreductase (FNR) ดังภาพที่ 6 (Lawlor, 1993; Mohr and Schopfer, 1995; Taiz and Zeiger, 1998; Whitmarsh and Govindjee, 2000; Klimov, 2003; Hopkins and Hüner, 2004)



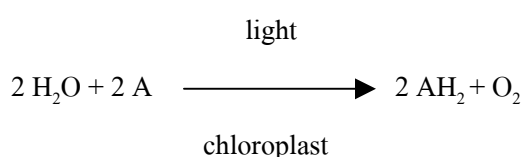
ภาพที่ 6 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง

ที่มา: Whitmarsh and Govindjee (2000)

ในระหว่างที่มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในไทลาคอยด์เมมเบรน จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานสูงออกมา โดยมีการเคลื่อนย้ายโปรตอน (H^+) จากสโตรมาผ่านไทลาคอยด์เมมเบรนเข้ามาในลูเมน (lumen) ซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมโปรตอนจำนวนมาก จึงทำให้เกิดความแตกต่างของจำนวนโปรตอน (proton gradient) และความต่างศักย์ไฟฟ้า (electrical potential) และโปรตอนที่อยู่ในลูเมนจะเคลื่อนย้ายออกมายังสโตรมา โดยผ่านทางช่อง (channel) ของเอนไซม์ ATPsynthase ซึ่งจะทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานจำนวนหนึ่ง พลังงานนี้จะถูกนำไปใช้ในการรวม ADP กับ P_i เป็น ATP เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป (Lawlor, 1993; Taiz and Zeiger, 1998)

การศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

Hill reaction เป็นปฏิกิริยาที่นำมาใช้ในการทดสอบหรือตรวจสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งปฏิกิริยานี้เป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยาแสง ที่ค้นพบโดย Robin Hill ในปี 1937 โดย Hill ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อสกัดคลอโรพลาสต์จากใบพืช (isolated chloroplast) แล้วนำมาศึกษาในหลอดทดลอง (*in vitro*) ในรูปของสารละลายคลอโรพลาสต์ โดยให้สารเคมีที่เหมาะสมที่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ (artificial electron acceptor) เช่น โพแทสเซียมเฟอร์ไรไซยาไนด์ (potassium ferricyanide) และเมื่อให้แสงกับสารละลายคลอโรพลาสต์ พบว่าสามารถจะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์และมีการผลิตออกซิเจนออกมาในสภาวะที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ได้ (Hall *et al.*, 1993; Taiz and Zeiger, 1998; Walker, 2002) ดังสมการ



จากสมการ A (oxidized form) ซึ่งอยู่ในรูปออกซิไดซ์ เป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) จากน้ำ เรียกสารเคมีนี้ว่า Hill reagent หรือ artificial electron acceptor หรือ Hill oxidant ส่วน AH_2 อยู่ในรูปรีดิวส์ (reduced form) ซึ่งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากน้ำไปยัง A และมีการปล่อยออกซิเจนออกมาจะเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Hill reaction (Hall *et al.*, 1993; Walker, 2002)

การค้นพบของ Hill นี้ จึงกลายเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาลำดับของสารต่างๆ ที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน (electron donor) หรือตัวรับอิเล็กตรอนในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง (partial sequence) จนพบว่า การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสงนั้น มีลักษณะที่เรียกว่า Z - scheme ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนโดยพิจารณาจากค่าศักย์รีดอกซ์ของสารนั้นๆ ตัวอย่างเช่น สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ระบบแสงหนึ่งได้จะต้องมีค่าศักย์รีดอกซ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 450 มิลลิโวลต์ เช่น สารเฟอร์ไรโซยาไนด์ หรือสาร dichlorophenol indophenol (DCPIP) เป็นต้น หรือสารที่สามารถรับอิเล็กตรอนจากระบบแสงหนึ่งได้จะต้องมีค่าศักย์รีดอกซ์ระหว่าง - 400 ถึง - 600 มิลลิโวลต์ เช่น methylviologen หรือ phenazine methosulphate (PMS) เป็นต้น และสารเฟอร์ไรโซยาไนด์หรือ DCPIP ยังสามารถรับอิเล็กตรอนจากระบบแสงสองที่มาจากน้ำได้เช่นเดียวกัน (Hall, 1993; Lawlor, 1993; Mohr and Schopfer, 1995) นอกจากนี้ยังมีวิธีการทดสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงอื่นๆ เช่น การวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้น (O_2 evolution) โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า oxygen electrode (Hall *et al.*, 1993; Lawlor, 1993; Hagmann and Jüttner, 1996; Srivastava *et al.*, 1998) หรือการวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ (chl a fluorescence transients) โดยใช้เครื่อง Plant Efficiency Analyser (PEA) (Srivastava *et al.*, 1998)

สารที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

สารที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีหลายชนิด เช่น สารกำจัดวัชพืช ซึ่งมีสารกำจัดวัชพืชหลายชนิดที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เช่น สารกำจัดวัชพืชไดยูรอน (3-(3,4-dichlorophenyl)-1, 1-dimethylurea; DCMU) ซึ่งจะเข้าไปเกาะที่บริเวณ Q_B ที่อยู่บริเวณโปรตีน D1 ในระบบแสงสอง มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจาก Q_A ไปยัง Q_B ถูกขัดขวาง (ทศพล, 2545; Devine *et al.*, 1993; Taiz and Zeiger, 1998; Bock *et al.*, 2001) นอกจากนี้ยังมีสารชนิดอื่นๆ ที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง เช่น สาร $HgCl_2$ หรือ KCN ยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจาก cytochrome f ไปยัง plastocyanin (Ouitrakul and Izawa, 1973; Lowlor *et al.*, 1993) หรือสาร NH_2OH carboxyl cyanide และ phenylhydrazon จะยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากน้ำไปยัง Mn ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบแสงสอง (รังสิต, 2531; ปิยะดา, 2542) หรือสาร dibromothymoquinone (DBMIB) มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนระหว่างระบบแสงสองและระบบแสงหนึ่งในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากปวยเล้ง เป็นต้น (Trebst and Reimer, 1973) นอกจากนี้

ยังมีรายงานว่าไซยาโนแบคทีเรียหลายสกุล สามารถผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Smith and Doan, 1999) เช่น

สาร cyanobacterin ($C_{23}H_{23}O_6Cl$) ที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema hofmanni* มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 430 สารนี้ประกอบด้วย diaryl substituted γ -lactone และ chlorinated aromatic nucleus (Mason *et al.*, 1982; Pignatello *et al.*, 1983) ซึ่งมีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับระบบแสงสองของไทลาคอยด์เมมเบรนของไซยาโนแบคทีเรีย *Synechococcus* sp. ATCC 27146 ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 25 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (58 นาโนโมลาร์) (Gleason and Paulson, 1984) และการทดลองของ Gleason and Case (1986) ยังพบว่าสาร cyanobacterin สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของคลอโรพลาสต์ของถั่ว (*Pisum sativum*) เมื่อใช้โพแทสเซียมเฟอไรไรไซยาไนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน โดยความเข้มข้นของสาร cyanobacterin ที่สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (IC_{50}) จะอยู่ระหว่าง 16 - 33 นาโนโมลาร์ แม้ว่าสารชนิดนี้จะออกฤทธิ์คล้ายกับสารไดยูรอน แต่ค่า IC_{50} ของสารไดยูรอนมีค่าสูงกว่า คือ 41 - 64 นาโนโมลาร์

Gleason (1990) พบว่าสาร cyanobacterin ที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema hofmanni* UTEX 2349 สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงของไทลาคอยด์เมมเบรนของ *Euglena gracilis* สายพันธุ์ Z และในปี ค.ศ. 1994 Lee and Gleason ได้สกัดสาร hydroxy cyanobacterin จากไซยาโนแบคทีเรีย *S. hofmanni* UTEX 2349 ซึ่งสารนี้เป็นแอนาล็อก (analog) กับสาร cyanobacterin และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารที่ยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (I_{50}) ของสาร cyanobacterin หรือ hydroxy cyanobacterin กับสารไดยูรอน เมื่อใช้เฟอไรไรไซยาไนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน พบว่าเมื่อใช้สาร cyanobacterin และ hydroxy cyanobacterin ที่ความเข้มข้น 15 และ 17 นาโนโมลาร์ จะสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของไทลาคอยด์เมมเบรนของ *Synechococcus* sp. Wild type R2 และความเข้มข้น 3,100 และ 3,400 นาโนโมลาร์ จากสารทั้ง 2 ชนิดสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของไทลาคอยด์เมมเบรนของ *Synechococcus* sp. R2-CB1 และสารไดยูรอนมี I_{50} เท่ากับ 84 นาโนโมลาร์

Gromov *et al.* (1991) ได้สกัดสาร cyanobacterin LU - 1 จากไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc linckia* CALU 892 พบว่าสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองตรง

ตำแหน่ง Q_B ของ *Synechococcus* sp. R-2 และ Smith and Doan (1999) ได้รายงานว่าสาร LU - 2 ที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Nostoc linckia* CALU 893 ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนที่ตำแหน่ง Q_B เช่นเดียวกับสาร LU-1 นอกจากนี้ยังพบสาร hapalindole A จากไซยาโนแบคทีเรีย *Hapalosiphon fontinalis* มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในการสังเคราะห์แสงแต่ยังไม่ทราบบริเวณที่เกิดการยับยั้งที่แน่นอน

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรียในสกุล *Fischerella* ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

Gross *et al.* (1991) พบว่าสาร fischerellin ที่สกัดจาก *F. muscicola* (Thur.) Gomont UTEX 1829 ด้วยเมทานอลและผ่านการแยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค HPLC จะมีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของไซยาโนแบคทีเรีย *Anabaena* P9 เมื่อทำการวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง oxygen electrode โดยมี DCPIP ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และ Hagmann and Jüttner (1996) รายงานว่าสาร fischerellin A ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของ *Lemna minor* ได้ 60 และ 98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในปี ค.ศ. 1998 Srivastava *et al.* ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสาร fischerellin A เปรียบเทียบกับสารไดูรอน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในเซลล์แขวนลอยของไซยาโนแบคทีเรีย *Anabaena* P9 ด้วยวิธีการวัด 2 วิธี คือ การวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ และการวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้น โดยเมื่อทำการวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ หลังจากเซลล์แขวนลอยของ *Anabaena* P9 ได้รับสาร fischerellin A และสารไดูรอน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสารไดูรอนมีผลยับยั้งเซลล์แขวนลอย *Anabaena* P9 ได้มากกว่าสาร fischerellin A ประมาณ 10 เท่า ส่วนวิธีการวัดปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้น พบว่าสารไดูรอนที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ มีผลยับยั้งการปลดปล่อยออกซิเจนของเซลล์แขวนลอย *Anabaena* P9 ได้เร็วกว่าการได้รับสาร fischerellin A ดังนั้น จากผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการดูดซึมของสาร fischerellin A จะช้ากว่าสารไดูรอน นอกจากนี้ Srivastava *et al.* (1998) ยังได้ศึกษาผลของสาร fischerellin A ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในใบถั่วลิสงเตา (*Pisum sativum* L.) เซลล์สำหรับสีเขียว *Chlamydomonas reinhardtii* และไทลาคอยด์เมมเบรนของปวยเล้ง ด้วยวิธีการวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าเมื่อทำการวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ ที่บริเวณผิวใบของถั่วลิสงเตา หลังจากที่ได้รับสาร fischerellin A ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์

พบว่าใบถั่วลิสงเตาจะต้องใช้ระยะเวลาเวลานานมากในการที่จะเกิดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ ได้สูงสุด ซึ่งผลที่ได้นี้จะแตกต่างจากสารไดยูรอน ที่จะทำให้ใบถั่วลิสงเตามีค่าการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุด ภายในเวลา 2 มิลลิวินาที (ms) เท่านั้น ส่วนการวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ ของเซลล์ *C. reinhardtii* และไทลาคอยด์เมมเบรนของปวยเล้งหลังจากที่ได้รับสาร fischerellin A ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ จะให้ผลการทดลองเหมือนกับใบถั่วลิสงเตา คือ จะต้องใช้ระยะเวลาเวลานานมากจึงจะทำให้เกิดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ เอ ได้สูงสุด และ Bagchi and Marwah (1994) รายงานว่าสารที่สกัดด้วยอีเทอร์จากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของกระบวนการสังเคราะห์แสงของสเฟียโรพลาสต์ (spheroplasts) ของไซยาโนแบคทีเรีย *Anacytis nidulans* และสารละลายคลอโรพลาสต์ของปวยเล้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไชยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 จากคลังเก็บรักษาสายพันธุ์ ไชยาโนแบคทีเรียของหน่วยบริการเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2. เมล็ดพืชที่ใช้ทดสอบการงอก ได้แก่
 - 2.1 เมล็ดวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ เมล็ดหญ้ารงนก (*Chloris barbata* Sw.) เมล็ดวัชพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* Linn.) เมล็ดถั่วฝัก (Phaseolus lathyroides Linn. f.)
 - 2.2 เมล็ดพืชปลูกใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ เมล็ดข้าว (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) เมล็ดพืชปลูกใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ เมล็ดผักกาดขาวปลี (*Brassica campestris* var. *pekinensis*) และเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill cv. SJ. 4)
3. ใบปวยเล้ง (*Spinacia oleracea* L.) สำหรับสกัดคลอโรพลาสต์
4. สารเคมี ได้แก่
 - 4.1 สารเคมีสำหรับเตรียมอาหารเลี้ยงไชยาโนแบคทีเรียสูตร BGA (Antarikanonda *et al.*, 1980) (ตารางผนวกที่ 1)
 - 4.2 สารเคมีสำหรับเตรียมสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ น้ำกลั่น และเมทานอล (methanol)
 - 4.3 สารละลายสำหรับสกัดคลอโรฟิลล์ ได้แก่ สารละลายอะซีโตน ความเข้มข้น 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์
 - 4.4 สารละลายสำหรับสกัดคลอโรพลาสต์ (isolation solution) ประกอบด้วย Tricine-NaOH buffer pH 7.8 ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ที่เติมซูโครสความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ และ NaCl ความเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์ (Matsumoto, 1997)
 - 4.5 สารละลายสำหรับศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน Hill reaction ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Hill solution) (Matsumoto, 1997) ประกอบด้วย Tricine-NaOH buffer (pH 7.8) ความเข้มข้น 12 มิลลิโมลาร์ ที่มี NaCl ความเข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ $MgCl_2$ ความเข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ และโพแทสเซียมเฟอร์ไรโซยานาइट ($[K_3Fe(CN)_6]$) ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์
 - 4.6 สารกำจัดวัชพืชไดยูรอน (3-(3,4-dichlorophenyl)-1, 1-dimethylurea; DCMU)

5. เครื่องมือต่างๆ ได้แก่

5.1 เครื่องปั่นเหวี่ยง

5.2 เครื่องบดละเอียด (homogenizer) รุ่น ULTRA-TURREX T25

5.3 เครื่อง Vapor Pressure Osmometer รุ่น 5500

5.4 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

5.5 เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator)

5.6 ตู้อบ

5.7 เครื่องชั่งไฟฟ้า

5.8 เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer)

6. อุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่

6.1 หลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร

6.2 หลอดเซนตริฟิวจ์ (centrifuge tube)

6.3 ปิเปตและลูกยาง หรือ Automatic pipette พร้อม tip

6.4 ขวดโหลแก้วปากกว้างขนาด 4 ลิตร

6.5 ขวดรูปชมพู่

6.6 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

6.7 หลอดไฟกำลัง 100 วัตต์

6.8 ผ้าขาวบาง แท่งแก้ว และกระดาษฟอยล์

6.9 กล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมใส ขนาด $10 \times 10 \times 5.5$ เซนติเมตรและกระดาษเพาะเมล็ด

วิธีการ

การเตรียมไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 สำหรับใช้ในการทดลอง

นำไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 มาทำเป็นสต็อกโดยการเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ปิดขวดด้วยจุกสำลี นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 100 - 120 รอบต่อนาที ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง $40 \mu\text{mol (photon)}/\text{m}^2/\text{s}$ นาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส จนอายุครบ 2 สัปดาห์ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 เพื่อหาระยะ linear และระยะ late stationary

ศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด โดยการวัดการเจริญเติบโต จากค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทุกวัน จนถึงระยะที่มีการเจริญเติบโตลดลง โดยวิธีการของ Strickland and Parsons (1968) และ Becker (1994) ดังนี้

นำสต็อกไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ที่มีอายุ 2 สัปดาห์ มาเลี้ยงในขวดโหลแก้วปากกว้าง ความจุ 4 ลิตร บรรจุอาหารเหลวสูตร BGA ปริมาตร 3 ลิตร ปรับความหนาแน่นของเซลล์เริ่มต้น โดยปรับค่า optical density (OD) ให้ได้ประมาณ 0.1 ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (นุชนรี, 2543) แล้วนำไปเลี้ยงภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง $40 \mu\text{mol (photon)}/\text{m}^2/\text{s}$ นาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส และให้อากาศด้วยเครื่องปั๊มอากาศ ซึ่งอากาศจะผ่านการกรองด้วยน้ำกลั่น

ในการวัดการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง ทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลาเดียวกัน แล้วนำเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดที่กรองได้ไปใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ เติมน้ำกลั่นละลายอะซีโตนความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่า แล้วนำไปเก็บในที่มืดและเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไป

ปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสารละลายตอนบน (supernatant) ที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 663, 645 และ 630 นาโนเมตร แล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตามสูตร (Strickland and Parsons, 1968) ดังนี้

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (11.64 \times D_{663}) - (2.16 \times D_{645}) + (0.01 \times D_{630})$$

D_{663} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร

D_{645} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร

D_{630} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

นำค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ไปสร้างกราฟการเจริญเติบโต (growth curve) เพื่อหาระยะ linear และระยะ late stationary

สำหรับการกำหนดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่ระยะ linear และระยะ late stationary สำหรับ *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 เป็น 6 วัน, 11 วัน ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 1) และสำหรับ *Fischerella* sp. TISTR 8975 เป็น 8 วัน, 14 วัน ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 2)

การเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ให้ได้ระยะ linear และระยะ late stationary

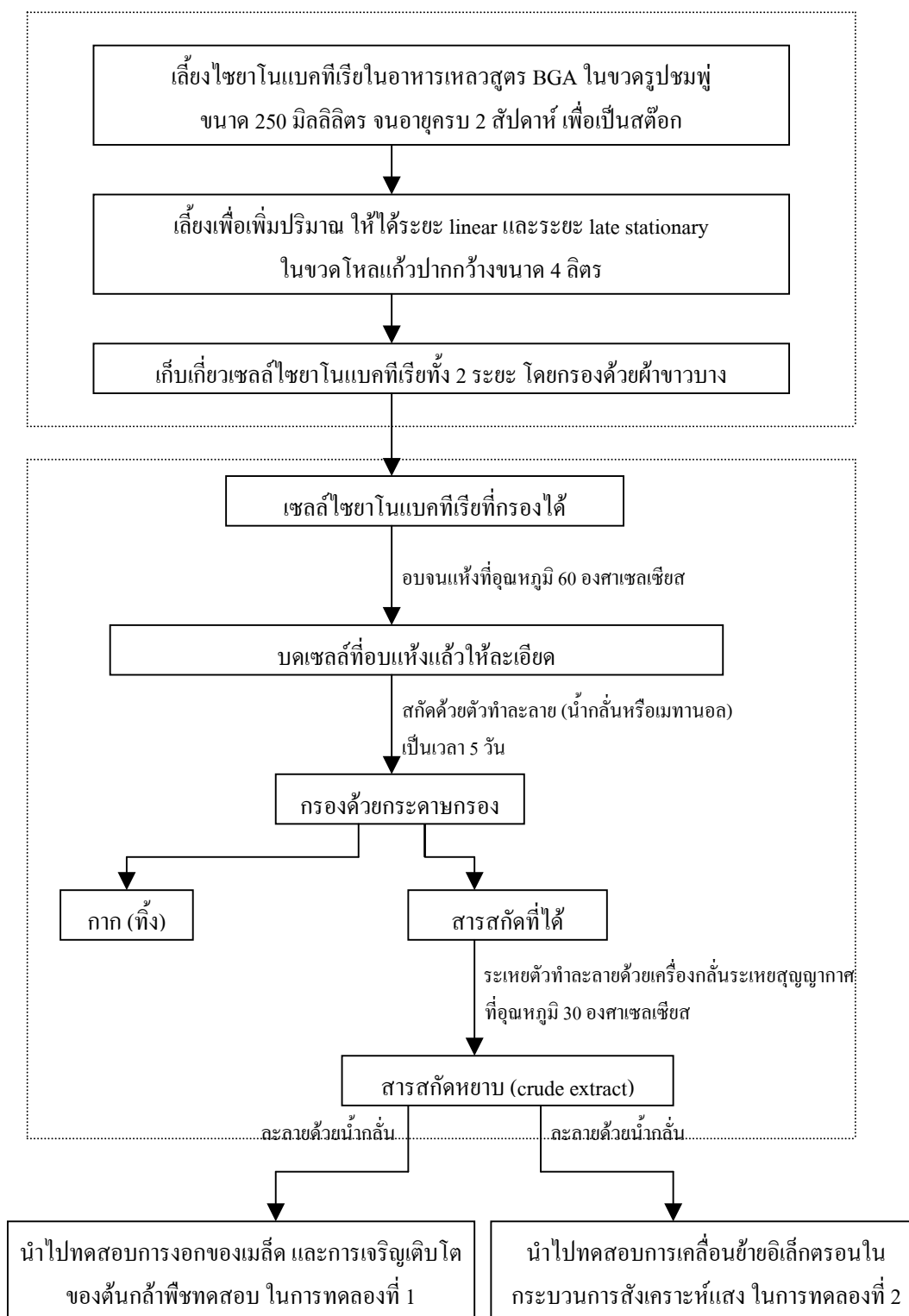
นำสต็อกไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ที่มีอายุ 2 สัปดาห์ ไปเลี้ยงให้ได้ระยะ linear และระยะ late stationary (จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย) โดยเลี้ยงในสภาวะเช่นเดียวกับวิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย

การเตรียมสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975

นำเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดที่ได้จากการเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณที่ระยะ linear และระยะ late stationary มากรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบด

ให้ละเอียด ก่อนที่จะนำสารสกัดไปทดสอบในการทดลองที่ 1 ต้องเตรียมให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร โดยนำเซลล์ที่บดแล้วปริมาณ 5 กรัม ไปสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่นหรือเมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นกรองแยกส่วนของกากออก โดยนำสารที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายออกให้หมดด้วยเครื่องกลั่นระเหยสูญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดที่อยู่ในรูปสารสกัดหยาบ (crude extract) แล้วละลายสารสกัดหยาบด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับให้ได้ความเข้มข้น 25 และ 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับการเตรียมสารสกัดเพื่อใช้ในการทดลองที่ 2 ต้องเตรียมให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 5 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร โดยนำเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียที่อบแห้งและบดละเอียดแล้ว ปริมาตร 0.5 กรัม ไปสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่นหรือเมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นกรองแยกส่วนของกากและสารที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรอง แล้วนำสารที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายให้หมดด้วยเครื่องกลั่นระเหยสูญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดที่อยู่ในรูปสารสกัดหยาบ แล้วละลายสารสกัดหยาบด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร



ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงวิธีการสกัดสารจากไฮยาโนแบคทีเรีย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของ ต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

นำสารสกัดจาก *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มาทดสอบการงอกของเมล็ด ความยาวยอด และความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก 6 ชนิด ได้แก่ หญ้ารงนก ไมยราบยักษ์ ถั่วฝักยาว ผักกาดขาวปลี และถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่น) วางแผนการทดลองแบบ $2 \times 2 \times 4$ factorial in completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ชนิด คือ *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975

ปัจจัย B คือ ระยะการเจริญเติบโตของไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ระยะ คือ ระยะ linear และระยะ late stationary

ปัจจัย C คือ ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารจากไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ชนิด คือน้ำกลั่น และเมทานอล

ปัจจัย D คือ ความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย มี 4 ระดับ คือ 0, 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

วิธีการศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

1.1 นำเมล็ดพืชทดสอบทุกชนิดแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยกเว้นไมยราบยักษ์และถั่วฝักยาวที่แช่ในกรดซัลฟุริก เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำมาทดสอบการงอก

1.2 การทดสอบผลของสารสกัดต่อการงอกของเมล็ด ใช้กล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมใสภาพใน รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด 3 ชั้น เติมสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อกล่อง วางเมล็ดพืชทดสอบลงในกล่องโดยพักกาตขาวป्लीและหญ้าร้างนกใช้จำนวน 50 เมล็ดต่อกล่อง ส่วนไมยราบยักษ์ ถั่วฝั ถั่วเหลือง และข้าว ใช้จำนวน 25 เมล็ดต่อกล่อง ทำ 3 ซ้ำ สำหรับชุดควบคุมเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ปิดฝา แล้วนำไปไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง

1.3 บันทึกผลการทดลอง นับจำนวนเมล็ดที่งอก โดยนับเมล็ดที่มี radicle โผล่พ้นเปลือก หุ้มเมล็ดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร (Schütz *et al.*, 2002) การนับทำ 2 ครั้ง คือ การนับครั้งแรก (first count) และการนับครั้งสุดท้าย (final count) ซึ่งการนับครั้งแรกทำเพื่อตรวจสอบว่าสารมีผลต่อการชะลอการงอกของพืชทดสอบหรือไม่ สำหรับระยะเวลาในการนับที่ใช้ขึ้นอยู่กับพืชทดสอบ แต่ละชนิด ดังตารางที่ 1 จากนั้นสุ่มวัดความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าพืชทดสอบในการนับครั้งสุดท้ายโดยใช้ต้นกล้ากล่องละ 5 ต้น

ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการนับจำนวนเมล็ดที่งอกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก

ชนิดพืช	การนับครั้งแรก (วัน)	การนับครั้งสุดท้าย (วัน)
ข้าว	5	14
ผักกาดขาวป्ली	3	10
ถั่วเหลือง	5	8
หญ้าร้างนก	5	14
ไมยราบยักษ์	5	8
ถั่วฝั	5	8

ที่มา: ข้อมูลดัดแปลงจากจวงจันท์ (2529)

จากนั้นนำต้นกล้าพืชทดสอบแต่ละชนิดในการนับครั้งสุดท้ายมาวัดค่า osmolality ในส่วน ยอดและราก โดยก่อนทำการวัดให้นำส่วนยอดและรากไปเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (-80 ± 2 องศาเซลเซียส) อย่างน้อย 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้สารละลายภายในเซลล์ละลาย แล้วนำไปในหลอดนิตยาขนาด 1.0 มิลลิลิตร กดให้สารละลายภายในเซลล์ออกมา นำสารละลายที่ได้มาวัดค่า osmolality ด้วยเครื่อง Vapor Pressure Osmometer และนำสารสกัดจาก *F. muscicola*

(Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp TISTR 8975 ที่สกัดได้จากระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ที่ความเข้มข้น 0, 10, 25 และ 50 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (จากการทดลองที่ 1) ไปวัดค่า osmolality เช่นเดียวกัน โดยนำไปเก็บในตู้เก็บตัวอย่างอุณหภูมิต่ำ (-80 ± 2 องศาเซลเซียส) อย่างน้อย 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่า osmolality ด้วยเครื่อง Vapor Pressure Osmometer

1.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง นำจำนวนเมล็ดที่งอกในการนับครั้งสุดท้ายในแต่ละซ้ำ มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละซ้ำ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{การงอก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{T \times 100}{C}$$

T = จำนวนเมล็ดที่งอก

C = จำนวนเมล็ดทั้งหมด

สำหรับความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกที่ได้ทำการสุ่มวัดในการนับครั้งสุดท้าย ให้นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมในแต่ละซ้ำ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ความยาวยอดและความยาวราก} = \frac{T \times 100}{C}$$

(เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)

T = ความยาวยอดและความยาวรากที่ได้รับสารสกัด

C = ความยาวยอดและความยาวรากที่ไม่ได้รับสารสกัด (ชุดควบคุม)

จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ความยาวยอดและความยาวรากที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IRRISTAT และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (least significant different test)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

ศึกษาผลของสารสกัดจาก *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary จากการสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ที่ความเข้มข้น 0, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงในสารละลายคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง โดยทดสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน Hill reaction ที่มีโพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนต์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน วางแผนการทดลองแบบ $2 \times 2 \times 2 \times 10$ factorial in completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ชนิด คือ *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975

ปัจจัย B คือ ระยะการเจริญเติบโตของไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ระยะ คือ ระยะ linear และระยะ late stationary

ปัจจัย C คือ ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารจากไชยาโนแบคทีเรีย มี 2 ชนิด คือน้ำกลั่น และเมทานอล

ปัจจัย D คือ ความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย มี 10 ระดับ คือ 0, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

วิธีการศึกษา มีขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเตรียมสารละลายคลอโรพลาสต์จากใบปวยเล้ง

สกัดคลอโรพลาสต์จากใบปวยเล้ง ตามวิธีการของ Matsumoto (1997) โดยเลือกใบปวยเล้งที่สมบูรณ์ นำมาล้างให้สะอาด ตัดส่วนของก้านใบ และเส้นกลางใบที่มีขนาดใหญ่ออก ชั่ง

น้ำหนักใบ 20 กรัม นำมาหั่นให้มีขนาดเล็ก จากนั้นจึงนำไปสกัดคลอโรพลาสต์ด้วยสารละลายสำหรับสกัดคลอโรพลาสต์ (Matsumoto, 1997) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่องบดละเอียด กรองสารละลาย (filtrate) ด้วยผ้าขาวบาง 8 ชั้น ส่วนกากทิ้งไป นำสารละลายที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยง แล้วละลายส่วนที่เป็นตะกอนด้านล่าง (pellet) ด้วยสารละลายสำหรับสกัดคลอโรพลาสต์ หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น จะได้สารละลายคลอโรพลาสต์ (chloroplast suspension) นำไปวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดตามวิธีของ Arnon (Matsumoto, 1997) โดยผสมอะซีโตน ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร และสารละลายคลอโรพลาสต์ 0.5 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 652 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในสารละลายคลอโรพลาสต์ โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)} = A_{652} \times 0.029 \times (25/0.5)$$

ปรับสารละลายคลอโรพลาสต์ให้ได้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดประมาณ 0.3 มิลลิกรัมของคลอโรฟิลล์ต่อมิลลิลิตร (Matsumoto, 1997) เพื่อนำไปใช้ในข้อ 2.2

2.2 การศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

ศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงในสารละลายคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง โดยทดสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน Hill reaction ที่มีโพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน โดยอาศัยคุณสมบัติการเปลี่ยนสีของโพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์ กล่าวคือ โพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์จะมีสีเหลืองเมื่ออยู่ในสภาพออกซิไดซ์ (oxidized form) และไม่มีสีเมื่ออยู่ในสภาพรีดิวซ์ (reduced form) ดังนั้น เมื่อมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงและมีโพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์มารับอิเล็กตรอน ทำให้โพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์เปลี่ยนไปอยู่ในสภาพรีดิวซ์และเปลี่ยนเป็นไม่มีสี แต่ถ้ามีการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเกิดขึ้น มีผลทำให้การเปลี่ยนสีของโพแทสเซียมเฟอร์ไรไชยาไนด์จะน้อยลง ซึ่งวิธีการศึกษา มีดังนี้

เติมสารละลาย Hill solution ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารสกัดหลอดละ 1 มิลลิลิตร สารละลายคลอโรฟลาสต์ 1 มิลลิลิตร นำไปปรับแสงจากหลอดไฟกำลัง 100 วัตต์ ที่มีความเข้มแสง $250 \mu\text{mol (photon)}/\text{m}^2/\text{s}$ เป็นเวลา 30 นาที (Ross, 1974) จากนั้นเติม trichloroacetic acid ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา ทิ้งไว้ 15 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของเฟอร์ไรโซยานินด์ที่เปลี่ยนไปเมื่อได้รับอิเล็กตรอน ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ดังนี้

$$\text{การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)} = \frac{Ab_{DC} - Ab_{DT}}{Ab_{DC} - Ab_{LC}} \times 100$$

Ab_{DC} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่ไม่ได้รับแสง (dark control)

Ab_{LC} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่ได้รับแสง (light control)

Ab_{DT} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดที่ได้รับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย

นำค่าการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IRRISTAT และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (least significant different test)

จากนั้นนำค่าการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ไปเขียนกราฟ และหาความเข้มข้นของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ (I_{50}) และ 100 เปอร์เซ็นต์ (I_{100})

2.3 ศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอนต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่ความเข้มข้นต่างๆ

นำสารไดยูรอน ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000 นาโนโมลาร์ มาศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงเช่นเดียวกับวิธีการศึกษาในข้อ 2.2 และหาผลที่มีต่อความเข้มข้นของสารไดยูรอน ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ (I_{50}) และ 100 เปอร์เซ็นต์ (I_{100})

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน (จากผลการทดลองที่ 2.2) กับสารไดยูรอน (จากผลการทดลองที่ 2.3) ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ (I_{50}) และ 100 เปอร์เซ็นต์ (I_{100})

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
บางเขน

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสาหร่ายและพันธุ์ไม้น้ำ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลองเดือนเมษายน พ.ศ. 2544 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชและพืชปลูก

การศึกษาผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย ที่มีต่อการงอกของเมล็ด ความยาวยอด และความยาวรากของต้นกล้าพืช 6 ชนิด ประกอบด้วย วัชพืช 3 ชนิด ได้แก่ หญ้ารงนก ที่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ไมยราบยักษ์และถั่วฝัก ที่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ และเมล็ดพืชปลูก 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว ที่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ผักกาดขาวปลีและถั่วเหลือง ที่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ โดยการสกัดสารจากไชยาโนแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ระยะ linear และระยะ late stationary ซึ่งใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย และความเข้มข้นของสารสกัด 4 ระดับ คือ 0, 10, 25 และ 50 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ได้ผลดังนี้

1.1 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียต่อการงอกของเมล็ดพืชทดสอบ

จากการนับการงอกของเมล็ดในครั้งแรก พบว่าสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลชะลอการงอกของเมล็ดหญ้ารงนก ไมยราบยักษ์ ถั่วฝัก ข้าว และผักกาดขาวปลี และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้ายของเมล็ดทั้ง 5 ชนิด พบว่าสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน มีอิทธิพลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้ายของเมล็ดทั้ง 5 ชนิด มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2) ซึ่งได้ผลดังนี้

1.1.1 หญ้ารงนก

สารที่สกัดได้จากไชยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้การงอกของเมล็ดหญ้ารงนกแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้เมล็ดมีการงอก 47.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่มีการงอก 49.96 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสารที่สกัดได้จากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary มีผลทำให้เมล็ดมีการงอก 44.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดได้จากระยะ linear ที่มีการงอก

52.29 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกัน คือ น้ำกลั่นและเมทานอลในการสกัด พบว่าการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายมีผลทำให้เมล็ดงอกได้ 45.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่มีการงอก 51.96 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้การงอกของเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้เมล็ดมีการงอกลดลงเป็น 62.84, 50.76 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุมที่งอกได้ 80.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้เมล็ดหยักรังนกมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3 และตารางผนวกที่ 2) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดหยักรังนกทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากทริทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 3)

1.1.2 ไมยราบยักษ์

สารที่สกัดได้ไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีการงอก 81.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้เมล็ดมีการงอก 86.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสารที่สกัดได้จากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน มีผลทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอก 80.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดได้จากระยะ linear ซึ่งทำให้เมล็ดมีการงอก 87.01 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัด พบว่าชนิดตัวทำละลายที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกัน โดยการใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จะทำให้เมล็ดมีการงอก 81.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีการงอก 85.75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม

น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร เมล็ดมีการงอก 87.34, 84.33 และ 74.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีการงอก 88.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น มีผลทำให้เมล็ดไมยราบยักษ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4 และตารางผนวกที่ 2) โดยพบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 4)

1.1.3 ถั่วฝัก

สารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วฝักแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้เมล็ดงอก 70.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้เมล็ดงอก 73.51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากระยะ linear และระยะ late stationary พบว่าสารสกัดจากระยะ late stationary ทำให้เมล็ดมีการงอก 67.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้เมล็ดมีการงอก 76.55 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัด พบว่าตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีผลทำให้การงอกของเมล็ดแตกต่างกัน โดยการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายจะทำให้เมล็ดมีการงอก 70.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีการงอก 72.79 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นสูงขึ้นไป มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วฝักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีการงอก 76.34, 71.59 และ 58.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุมที่งอกได้ 82.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วฝักแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5 และตารางผนวกที่ 2) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215

ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวฟ่างได้ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 5)

1.1.4 ข้าว

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้การงอกของเมล็ดข้าวแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้เมล็ดมีการงอก 84.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีการงอก 96.51 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ทำให้การงอกของเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้เมล็ดมีการงอก 83.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าสารที่สกัดได้จากระยะ linear ที่ทำให้มีการงอก 97.68 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารสกัดที่ต่างชนิดกัน ไม่มีผลทำให้การงอกของเมล็ดข้าวแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล มีผลทำให้เมล็ดมีการงอก 90.59 และ 90.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้น 10 - 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้การงอกของเมล็ดข้าวแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้น โดยความเข้มข้น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้เมล็ดข้าวมีการงอกเป็น 96.67 และ 70.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีการงอก 98.67 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลทำให้เมล็ดมีการงอกไม่แตกต่างกับชุดควบคุม โดยทำให้มีการงอกเป็น 97.34 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่าไม่มีผลทำให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ 2) แต่เมื่อสังเกตค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวในการนับครั้งสุดท้าย พบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ที่ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวทั้งหมด (ตารางที่ 6)

1.1.5 ผักกาดขาวปลี

เมล็ดผักกาดขาวปลีเมื่อได้รับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้การงอกมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้เมล็ดมีการ

งอก 66.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีการงอก 78.34 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากระยะเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้เมล็ดมีการงอก 66.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดได้จากระยะ linear ที่ทำให้เมล็ดมีการงอก 78.92 เปอร์เซ็นต์ การใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีผลทำให้เมล็ดมีการงอก 63.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าและมีความแตกต่างกับสารที่สกัดด้วยเมทานอล ที่ทำให้เมล็ดมีการงอก 81.79 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นสูงขึ้น จะมีผลทำให้การงอกของเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้เมล็ดมีการงอก 88.83, 73.33 และ 29.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุมที่งอกได้ 98.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้เมล็ดผักกาดขาวปลีมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 2) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร หรือสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร หรือสารสกัดจากระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาดขาวปลีได้ทั้งหมด ซึ่งมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 7)

1.1.6 ถั่วเหลือง

เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองได้รับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2 และ 8 และตารางผนวกที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการออกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก ในการนับครั้งสุดท้าย

ปัจจัย	การออก (เปอร์เซ็นต์)					
	หญ้าร้างนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
<i>F. muscicola</i> TISTR 8215	47.04 b ^{1/}	81.17 b ^{1/}	70.26 b ^{1/}	84.93 b ^{1/}	66.79 b ^{1/}	98.43 ^{1/}
<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975	49.96 a	86.00 a	73.51 a	96.51 a	78.34 a	98.34
F - test	*	* *	* *	* *	* *	ns
ระยะ linear	52.29 a	87.01 a	76.55 a	97.68 a	78.92 a	98.51
ระยะ late stationary	44.71 b	80.17 b	67.22 b	83.76 b	66.21 b	98.26
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	ns
น้ำกลั่น	45.04 b	81.42 b	70.96 b	90.59	63.33 b	98.42
เมทานอล	51.96 a	85.75 a	72.79 a	90.84	81.79 a	98.59
F - test	* *	* *	* *	ns	* *	ns
0 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	80.33 a	88.67 a	82.00 a	98.67 a	98.67 a	98.67
10 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	62.84 b	87.34 b	76.34 b	97.34 ab	88.83 b	98.84
25 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	50.76 c	84.33 c	71.59 c	96.67 b	73.33 c	98.34
50 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	0.00 d	74.17 d	58.09 d	70.17 c	29.42 d	98.17
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	ns
CV (%)	12.7	3.9	6.1	3.6	4.7	2.3

^{1/} = ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของแต่ละปัจจัย มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี LSD

ns, *, ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ การงอกของเมล็ดหญ้าร้างนก ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	79.33	81.33	79.33	81.33	79.33	81.33	79.33	81.33
10	68.00	78.00	49.33	59.33	54.00	69.33	60.67	64.00
25	60.00	68.00	0.00	48.67	53.33	64.67	58.00	53.33
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เฉลี่ย	51.83	56.83	32.17	47.33	46.67	53.83	49.50	49.84
	54.33		39.75		50.25		49.67	
	47.04				49.96			

CV = 12.7 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 10.03

ตารางที่ 4 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ การงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์ ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	89.33	88.00	89.33	88.00	89.33	88.00	89.33	88.00
10	89.33	88.00	86.67	86.60	89.33	85.33	85.33	86.67
25	88.00	85.33	84.00	84.00	85.33	85.33	81.33	81.33
50	85.33	85.33	0.00	81.33	85.33	85.33	85.33	85.33
เฉลี่ย	88.00	86.67	65.00	85.00	87.33	86.00	85.33	85.33
	87.34		75.00		86.67		85.33	
	81.17				86.00			

CV = 3.9 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.37

ตารางที่ 5 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการออกของเมล็ดถั่วฝัก ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	82.67	81.33	82.67	81.33	82.67	81.33	82.67	81.33
10	78.67	85.33	74.67	74.67	78.67	70.00	71.33	77.33
25	77.33	80.00	66.67	61.33	74.00	69.33	71.33	68.67
50	70.67	73.33	0.00	53.33	70.67	68.67	70.67	57.33
เฉลี่ย	77.34	80.00	56.00	67.67	76.50	72.33	74.00	71.17
	78.67		61.84		74.42		72.59	
	70.26				73.51			

CV = 2.5 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 2.44

ตารางที่ 6 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการ
งอกของเมล็ดข้าว ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67
10	98.67	97.33	98.67	92.00	100.00	98.67	96.00	97.33
25	94.67	94.67	92.00	100.00	98.67	97.33	98.67	97.33
50	97.33	98.67	0.00	0.00	96.00	96.00	84.00	89.33
เฉลี่ย	97.34	97.34	72.34	72.67	98.34	97.67	94.34	95.67
	97.34		72.51		98.01		95.01	
	84.93				96.51			

CV = 3.6 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.33

ตารางที่ 7 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการออกของเมล็ดผักกาดขาวปลี ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	97.33	100.00	97.33	100.00	97.33	100.00	97.33
10	98.67	94.67	79.33	78.67	93.33	87.33	91.33	87.33
25	81.33	85.33	0.00	79.33	85.33	85.33	84.00	86.00
50	0.00	76.67	0.00	0.00	0.00	80.00	0.00	78.67
เฉลี่ย	70.00	88.50	44.83	63.83	69.67	87.50	68.83	87.33
	79.25		54.33		78.59		78.08	
	66.79				78.34			

CV = 4.7 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.60

ตารางที่ 8 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการ
งอกของเมล็ดถั่วเหลือง ในการนับครั้งสุดท้าย

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การงอก (เปอร์เซ็นต์)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67
10	98.67	100.00	98.67	100.00	98.67	98.67	97.33	98.67
25	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	98.67	97.33	97.33
50	98.67	98.67	97.33	97.33	98.67	98.67	98.67	97.33
เฉลี่ย	98.67	99.00	98.34	98.67	98.67	98.67	98.00	98.00
	98.34		98.51		98.67		98.00	
	98.43				98.34			

CV = 2.3 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 3.65

1.2 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียต่อความยาวยอดของต้นกล้าพืชทดสอบ

จากการทดลองพบว่า สารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน มีอิทธิพลทำให้ความยาวยอดของ ต้นกล้าพืชทดสอบทุกชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) ซึ่งผลที่ได้มีดังนี้

1.2.1 หญ้าธำมรงค์

สารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้า หญ้าธำมรงค์แตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้าหญ้าธำมรงค์มีความยาวยอด 57.41 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ต้นกล้ามีความยาวยอด 61.91 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าต้นกล้าที่ได้รับสารที่สกัดจากระยะ late stationary มีความยาวยอด 56.88 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่มีความยาวยอด 62.44 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้สารสกัดที่ต่างชนิดกัน มีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดไม่แตกต่างกัน โดยต้นกล้าที่ได้รับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล มีความยาวยอด 59.94 และ 59.36 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และเมื่อใช้สารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าหญ้าธำมรงค์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้ต้นกล้าหญ้าธำมรงค์มีความยาวยอดแตกต่างกัน โดยคิดเป็น 84.15 และ 54.45 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และความเข้มข้น 2 ระดับนี้แตกต่างกับชุดควบคุมด้วย (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าหญ้าธำมรงค์มีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 8, 9, 10 และ 11) โดยพบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าหญ้าธำมรงค์มีความยาวยอดต่ำสุด โดยคิดเป็น 47.11 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทริทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 10)

ในส่วนของการขยายของต้นกล้าเหูร้างนที่ไดรับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร หรือสารสกัดจากระยะ late stationary ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 8) และสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 10) พบว่ายอดของต้นกล้าเหูร้างนก็มีสีเหลืองซีดหรือสีดำและเหี่ยว ทำให้เกิดการตายของต้นกล้าเหูร้างน ซึ่งสาเหตุน่าจะเกิดจากผลของสารสกัด เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าไม่เกิดลักษณะเช่นนี้

1.2.2 ไมยราบยักษ์

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน คือ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 78.05 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวยอด 80.22 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้ามีความแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดจากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 75.70 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวยอด 82.57 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดแตกต่างกัน โดยการใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายจะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 73.36 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีความยาวยอด 84.91 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 84.72, 79.03 และ 52.77 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้น และแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 12, 13, 14 และ 15) โดยพบว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนัก

แห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความยาวยอดต่ำสุดเป็น 34.69 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่ไม่ต่างจากต้นกล้าที่ได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ที่ทำให้มีความยาวยอดเป็น 36.16 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 ทริทเมนต์นี้กับทริทเมนต์อื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 11 และภาพที่ 13)

1.2.3 ถั่วฝัก

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าถั่วฝักมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 69.59 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวยอด 86.25 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารสกัดจากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 75.40 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวยอด 80.43 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดแตกต่างกัน โดยการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 77.38 ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีความยาวยอด 78.44 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 80.10, 74.72 และ 56.84 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้น และแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น มีผลทำให้ต้นกล้าถั่วฝักมีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 16, 17, 18 และ 19) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าถั่วฝักมีความยาวยอดต่ำสุด คือ 36.33 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทริทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 16)

ตารางที่ 9 ผลของสารสกัดจากไฮยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไฮยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

ปัจจัย	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
	หญ้ารงนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
<i>F. muscicola</i> TISTR 8215	57.41 b ^U	78.05 b ^U	69.59 b ^U	71.92 b ^U	51.18 b ^U	69.49 b ^U
<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975	61.91 a	80.22 a	86.25 a	89.10 a	100.38 a	78.76 a
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	* *
ระยะ linear	62.44 a	82.57 a	80.43 a	85.10 a	83.10 a	77.02 a
ระยะ late stationary	56.88 b	75.70 b	75.40 b	79.93 b	68.46 b	71.23 b
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	* *
น้ำกลั่น	59.94	73.36 b	78.44 a	78.14 b	67.89 b	71.67 b
เมทานอล	59.36	84.91 a	77.38 b	82.88 a	83.66 a	76.57 a
F - test	ns	* *	*	* *	* *	* *
0 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
10 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	84.15 b	84.72 b	80.10 b	91.21 b	95.94 b	84.87 b
25 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	54.45 c	79.03 c	74.72 c	78.29 c	78.49 c	63.08 c
50 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	0.00 d	52.77 d	56.84 d	52.51 d	28.66 d	48.52 d
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	* *
CV (%)	2.5	3.4	2.6	4.1	4.4	3.9

^U = ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของแต่ละปัจจัย มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี LSD

ns, *, * * = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

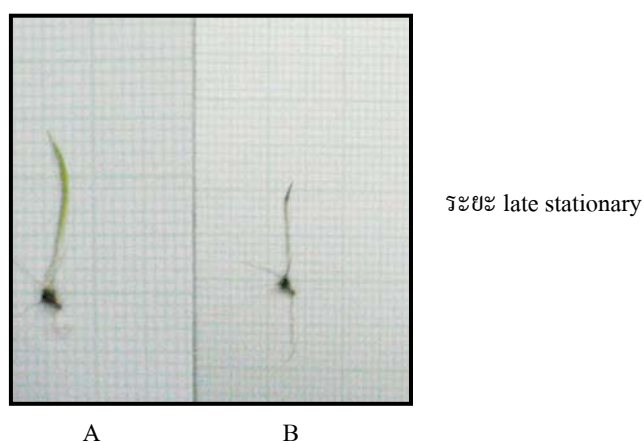
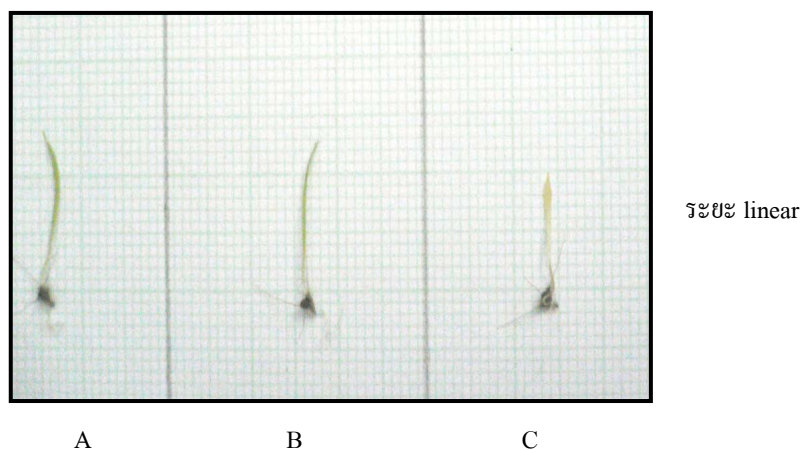
ตารางที่ 10 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าหูก้างนง

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	93.33	80.89	78.57 *	80.00	86.19	87.11	93.81	73.33
25	71.43 *	47.11 *	0.00	67.11 *	78.60	54.22	57.14	60.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เฉลี่ย	66.19	57.00	44.64	61.78	66.20	60.33	62.74	58.33
	61.60		53.21		63.27		60.54	
	57.41				61.91			

CV = 2.5 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 2.44

หมายเหตุ * = ต้นกล้าหูก้างนงเกิดการตาย

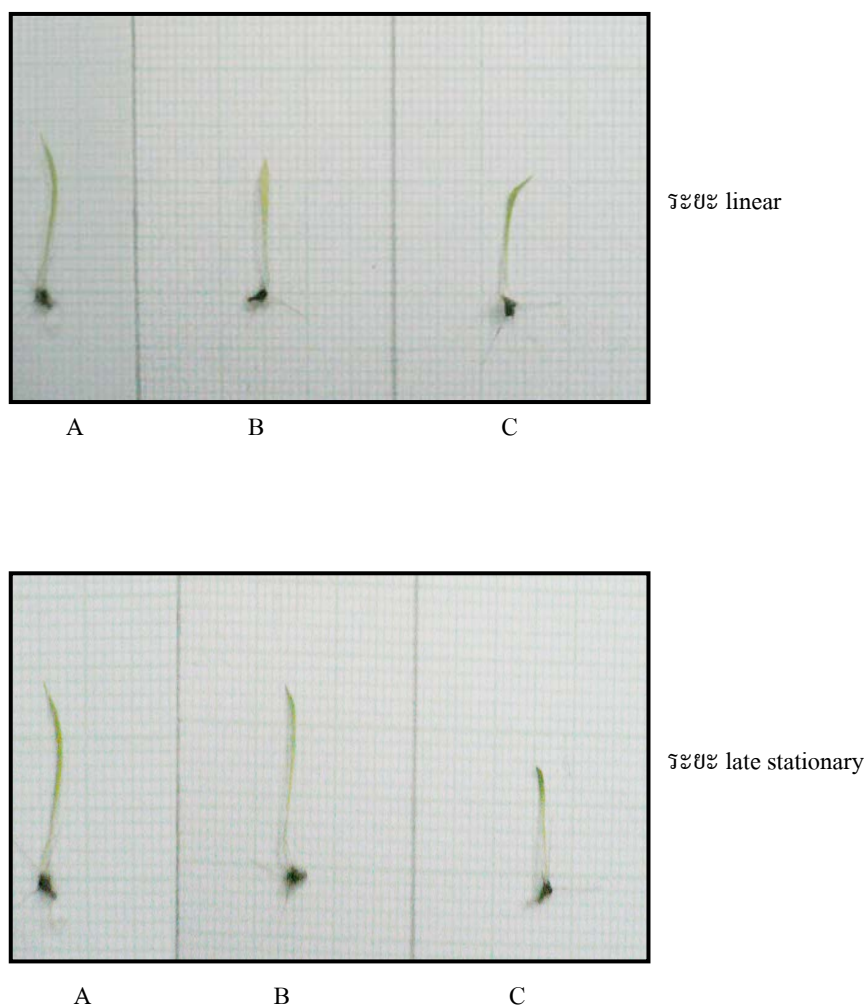


A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 8 ต้นกล้าของหญ้าธัญที่มียอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 9 ต้นกล้าของหญ้าธัญที่มียอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C



ระยะ late stationary

A

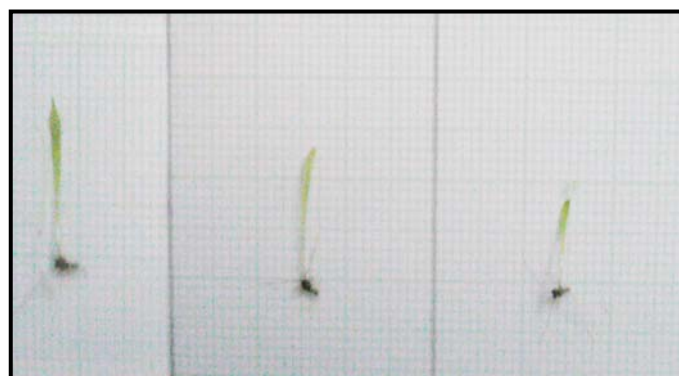
B

C

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 10 ต้นกล้าของหญ้าร้างนก ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C



ระยะ late stationary

A

B

C

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

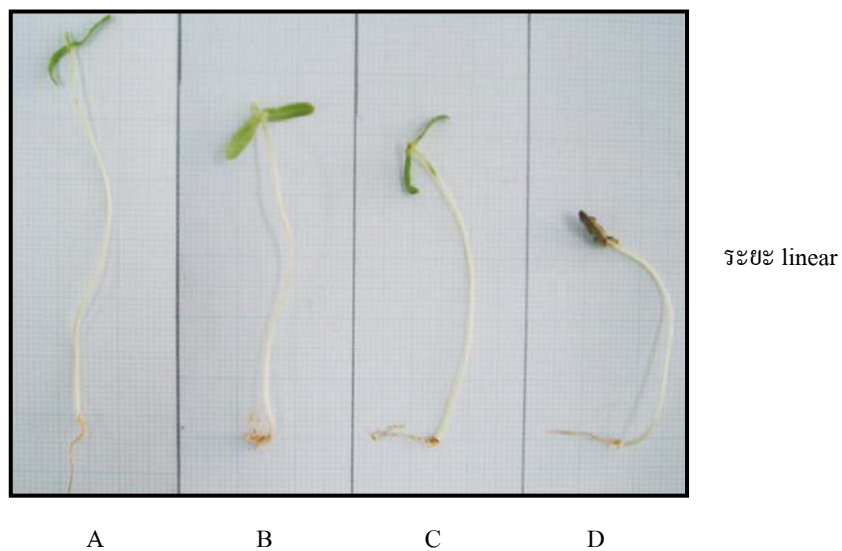
ภาพที่ 11 ต้นกล้าของหญ้าธัญที่มียุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 11 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	83.55	81.79	83.84	89.16	82.11	98.85	86.04	72.44
25	77.79	77.73	67.34	86.77	77.79	92.58	76.07	76.16
50	68.30	67.49	0.00	65.01	34.69	78.38	36.16	72.11
เฉลี่ย	82.41	81.75	62.80	85.24	73.65	92.45	74.57	80.18
	82.08		74.02		83.05		77.38	
	78.05				80.22			

CV = 3.4 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 4.45



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 12 ต้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear



ระยะ late stationary

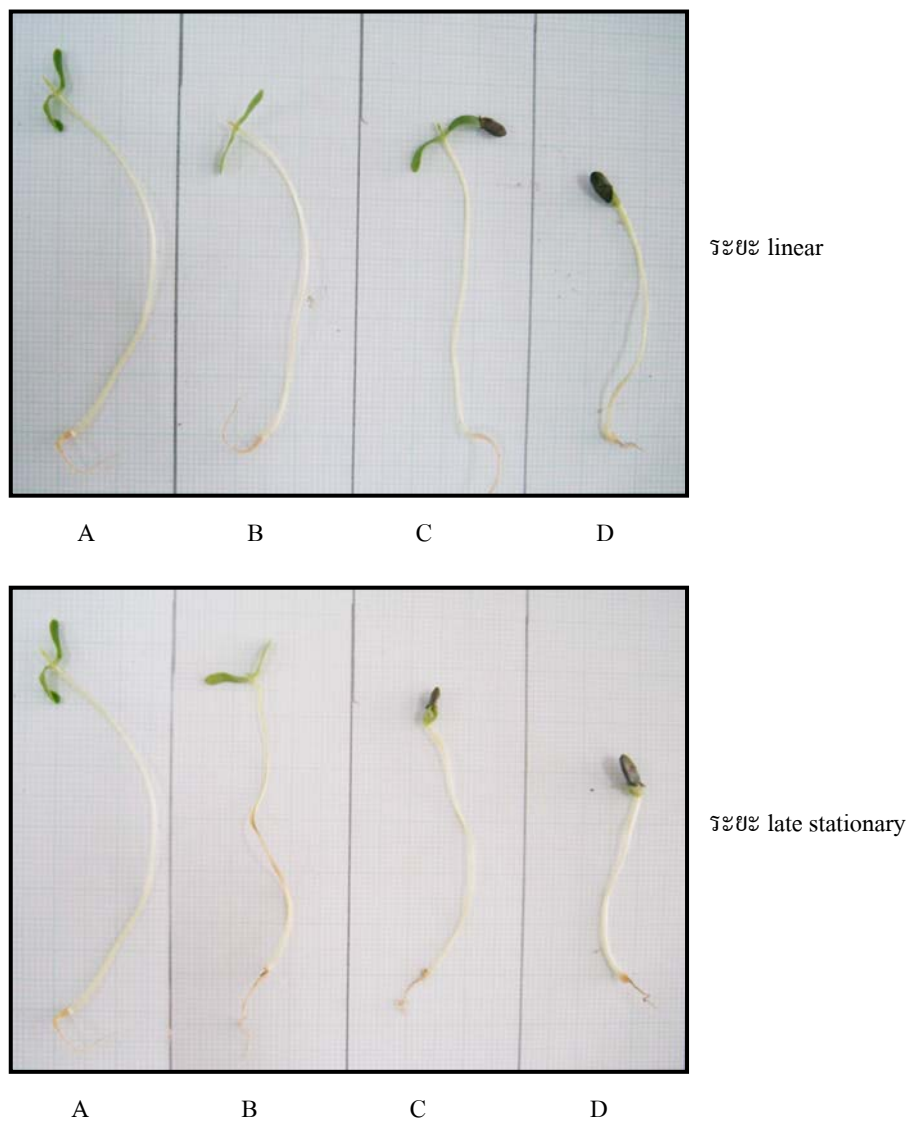
A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 13 ต้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวแทนทำลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



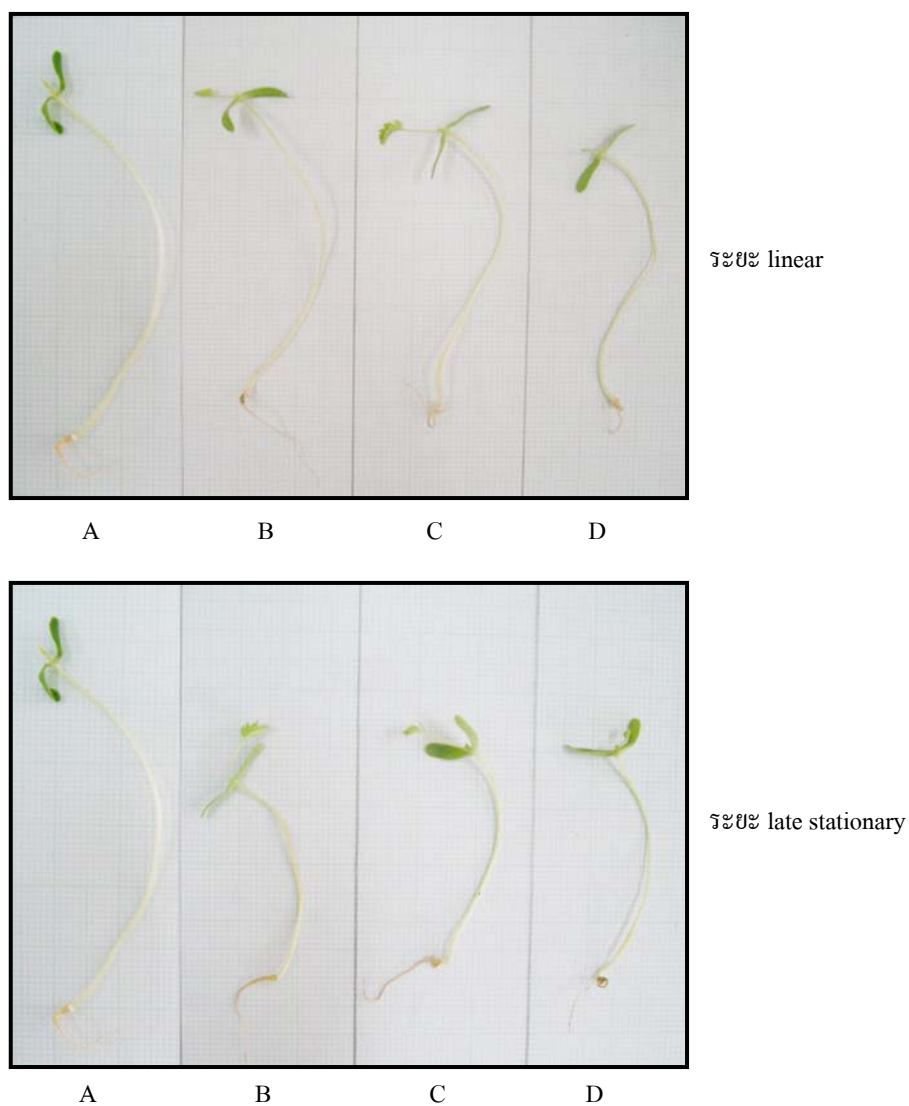
A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 14 ต้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

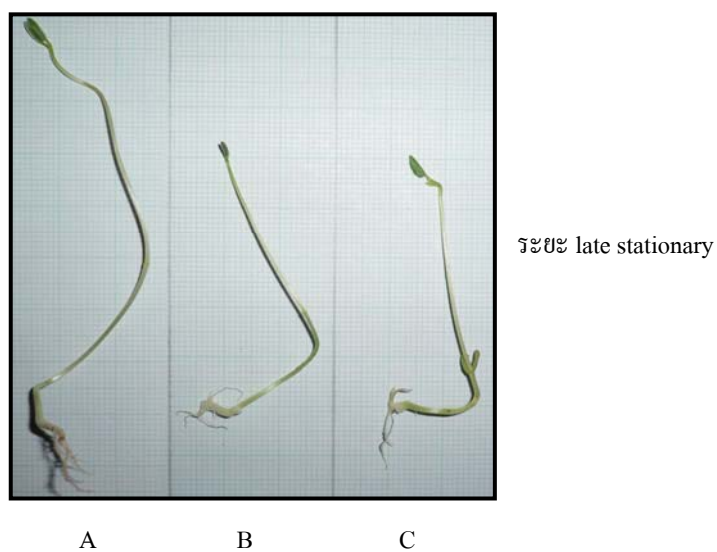
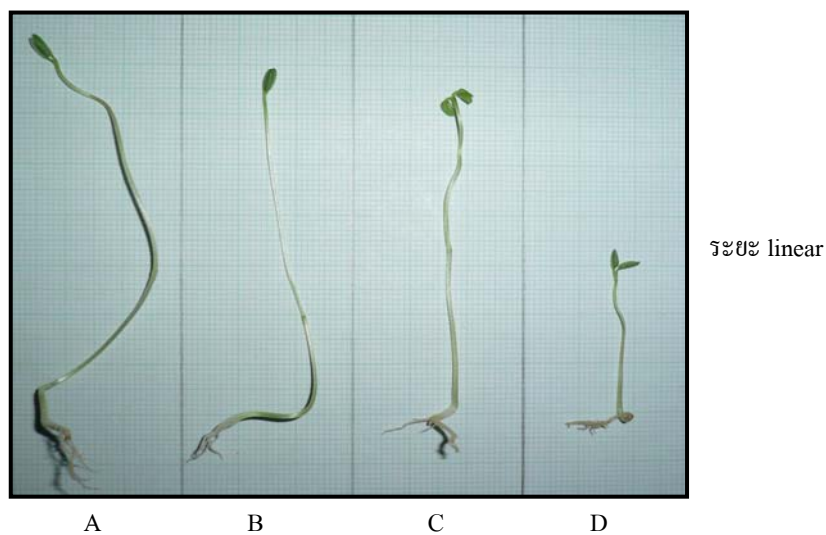
ภาพที่ 15 ต้นกล้าของไมยราบยักษ์ ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 12 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าถั่วฝัก

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	83.67	72.55	69.28	66.20	92.18	88.40	90.82	77.68
25	70.41	70.79	67.28	64.48	86.94	74.32	89.94	73.56
50	36.33	59.25	0.00	53.07	86.60	65.37	81.63	72.44
เฉลี่ย	72.60	75.65	59.14	70.94	91.43	82.02	90.60	80.92
	74.13		65.04		86.73		85.76	
	69.59				86.25			

CV = 2.6 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 3.30



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 16 ต้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A B C D



ระยะ late stationary

A B C D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 17 ต้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มื่อน้ำกลั่นเป็นตัวทำลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear



ระยะ late stationary

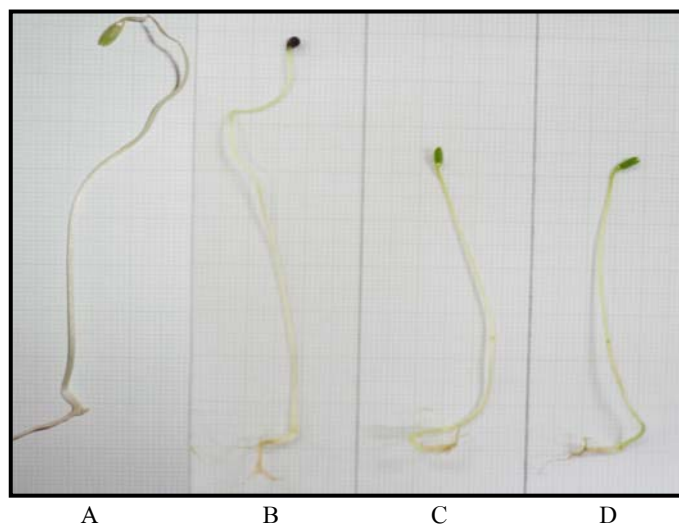
A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

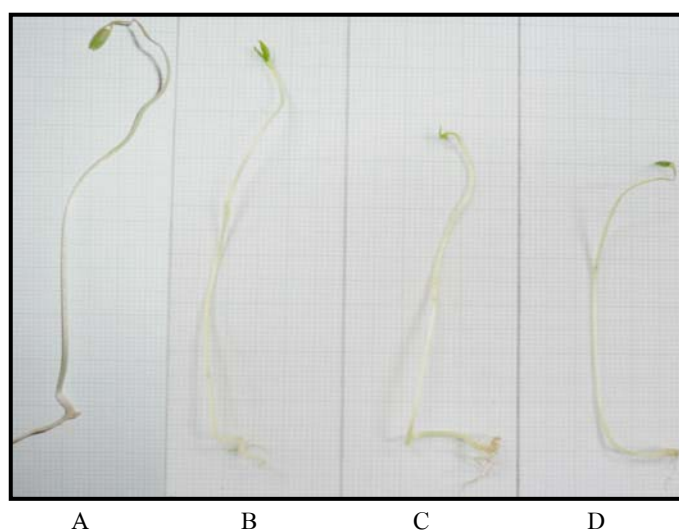
C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 18 ต้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear



ระยะ late stationary

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักรากแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักรากแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักรากแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 19 ต้นกล้าของถั่วฝัก ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

1.2.4 ข้าว

สารสกัดที่ได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าข้าวมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 71.92 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวยอด 89.10 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารสกัดจากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 79.93 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวยอด 85.10 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม การใช้กากมันและเมทานอลในการสกัด ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นทำให้มีความยาวยอด 78.14 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้สารที่สกัดด้วยเมทานอล ที่ทำให้มีความยาวยอด 82.88 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดลดลง โดยมีความยาวยอด 91.21, 78.29 และ 52.51 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้น และแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าข้าวมีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 13, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 20, 21, 22 และ 23) โดยพบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าข้าวมีความยาวยอดต่ำสุดเป็น 47.67 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 20)

1.2.5 ผักกาดขาวปลี

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 51.18 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp.

TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวยอด 100.38 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะ linear และระยะ late stationary พบว่ามีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้ามีความแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดจากระยะ late stationary มีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 68.46 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวยอด 83.10 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สำหรับการใช้น้ำกลั่นและเมทานอลในการสกัด พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 67.89 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าต้นกล้าที่ได้รับสารที่สกัดด้วยเมทานอล ที่ทำให้มีความยาวยอด 83.66 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้นต่างๆ ทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าลดลงตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม โดยต้นกล้ามีความยาวยอด 95.94, 78.49 และ 28.66 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 24, 25, 26 และ 27) โดยผักกาดขาวปลีที่ได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีความยาวยอดต่ำสุด คือ 21.78 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 14 และภาพที่ 24) แต่ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่ได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ที่ทำให้มีความยาวยอด 24.06 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 14 และภาพที่ 26) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับทริทเมนต์ 2 ทริทเมนต์นี้กับต้นกล้าที่ได้รับทริทเมนต์อื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยสารสกัดจากระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้มีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเป็น 115.24 และ 118.87 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และสารสกัดจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้มีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเป็น 132.45 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดลดลงเป็น 125.83 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่ก็ยังมีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดเพิ่มมากกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 14 และภาพที่ 25) และสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยเมทานอล

มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยสารสกัดจากระยะ linear ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้มีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเป็น 147.80 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดลดลงเป็น 124.39 และ 117.05 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ เช่นเดียวกับสารสกัดจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้มีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเป็น 136.59 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอดลดลงเป็น 109.76 และ 78.05 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 27)

ในส่วนของความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดขาวปลีที่ได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 24) หรือสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ที่สกัดด้วยเมทานอลจากเซลล์ระยะ linear ความเข้มข้น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร พบว่ายอดของต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีลักษณะสั้น และใบมีสีดำ (ภาพที่ 26) ซึ่งสาเหตุนี้ น่าจะเกิดจากผลของสารสกัด เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าไม่เกิดลักษณะเช่นนี้

1.2.6 ถั่วเหลือง

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน พบว่าสารสกัดมีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าถั่วเหลืองแตกต่างกัน โดยสารสกัดที่ได้จาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 69.49 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวยอด 78.76 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 71.23 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดได้จากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวยอด 77.02 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม การใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ทำให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 71.67 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อต้นกล้าได้รับสารที่สกัดด้วยเมทานอล ที่ทำให้มีความยาวยอด 76.57 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวยอดของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของ

เซลล์ต่อลิตร จะทำให้ด้นกล้ามีความยาวยอด 84.87, 63.08 และ 48.52 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 9)

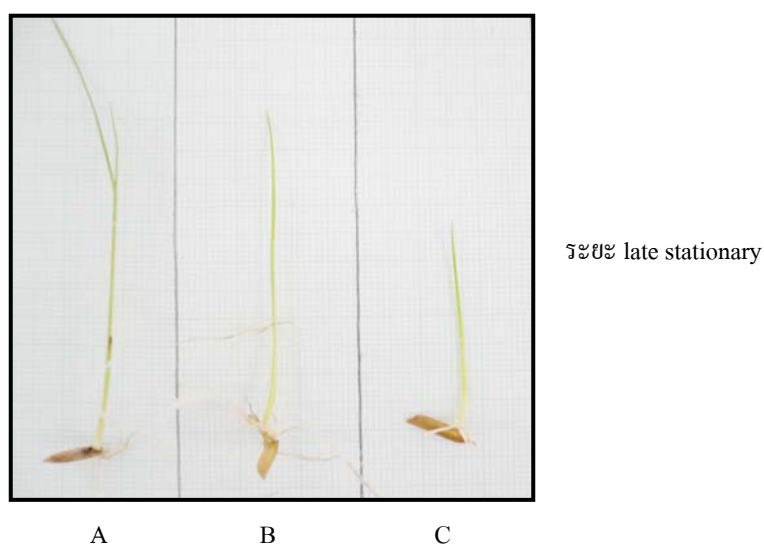
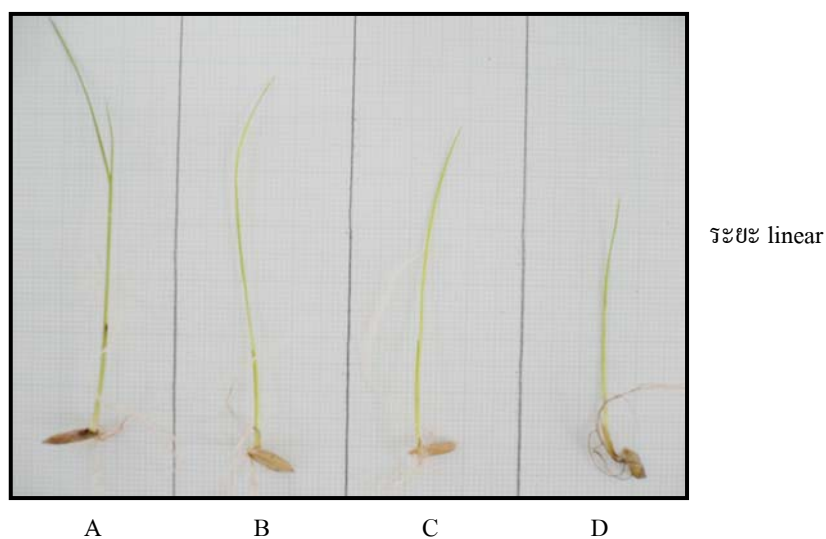
เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ด้นกล้าถั่วเหลืองมีความยาวยอดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15, ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 28, 29, 30 และ 31) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ด้นกล้าถั่วเหลืองมีความยาวยอดต่ำสุด คือ 30.46 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 28)

ตารางที่ 13 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าข้าว

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	89.86	83.90	73.37	94.99	89.57	93.10	105.94	98.96
25	76.00	81.73	47.67	81.91	86.60	87.96	76.51	87.96
50	59.96	61.26	0.00	0.00	74.47	77.04	70.23	77.13
เฉลี่ย	81.46	81.72	55.26	69.23	87.66	89.53	88.17	91.02
	81.59		62.25		88.60		89.60	
	71.92				89.10			

CV = 4.1 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.38



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 20 ต้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear



ระยะ late stationary

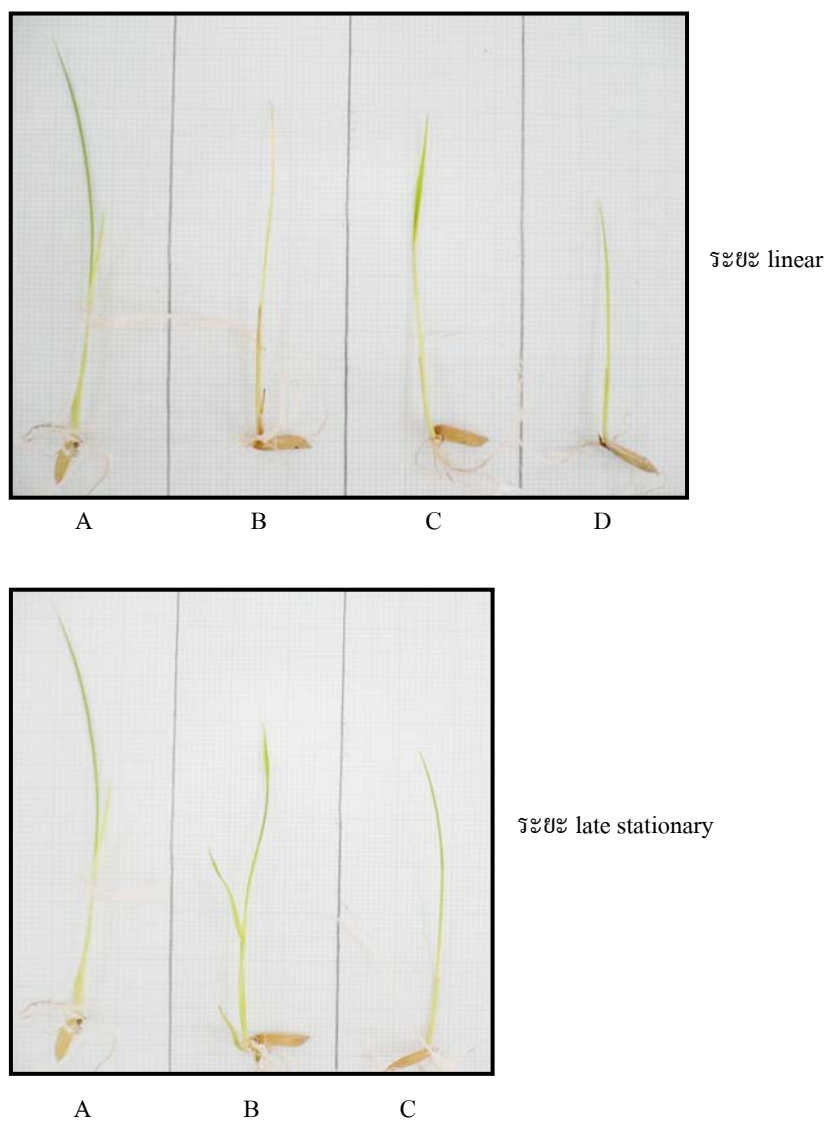
A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 21 ต้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 22 ต้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C

D



ระยะ late stationary

A

B

C

D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

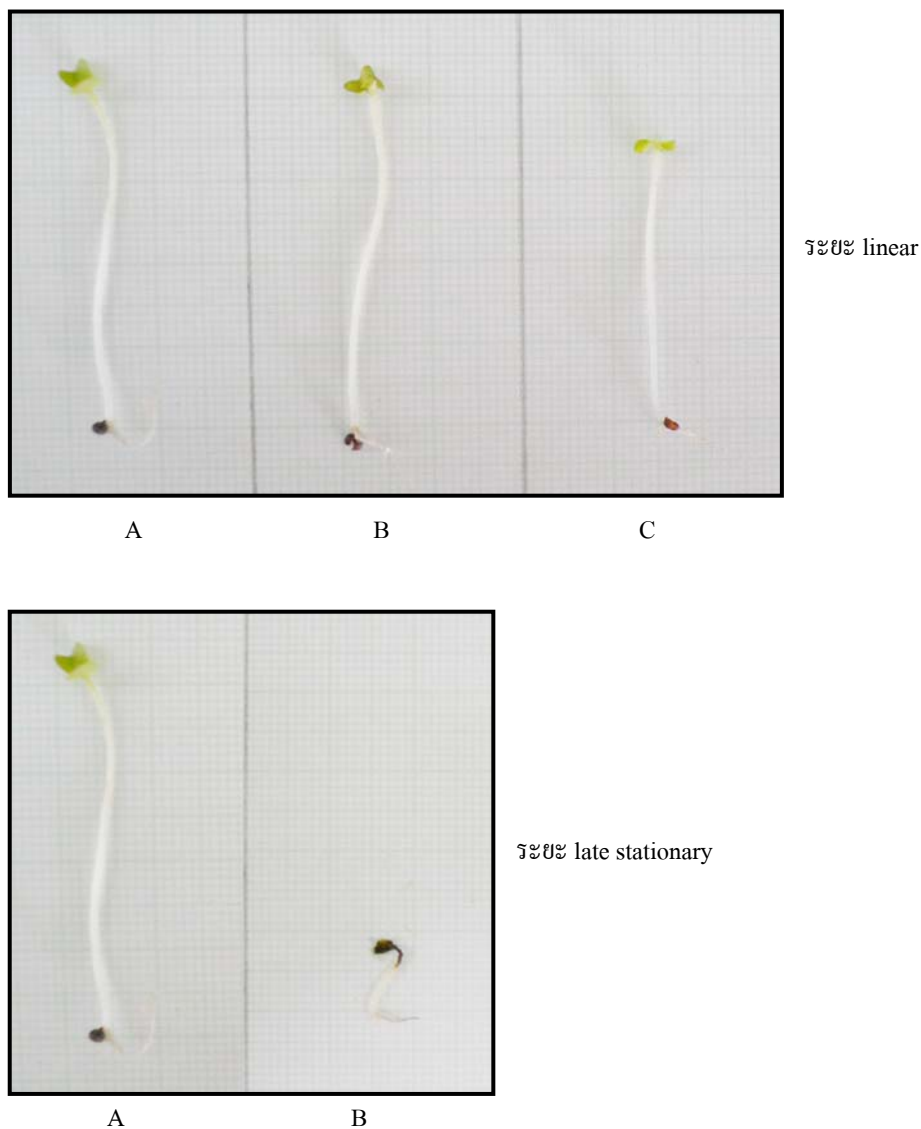
ภาพที่ 23 ต้นกล้าของข้าว ที่มีอายุ 14 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 14 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดขาวปลี

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	95.80	51.22	21.78	66.67	115.24	147.80	132.45	136.59
25	76.23	48.78	0.00	24.06	118.87	124.39	125.83	109.76
50	0.00	34.15	0.00	0.00	0.00	117.05	0.00	78.05
เฉลี่ย	68.01	58.54	30.45	47.68	83.53	122.31	89.57	106.10
	63.28		39.07		102.92		97.84	
	51.18				100.38			

CV = 4.4 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.43



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 24 ดันกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C



ระยะ late stationary

A

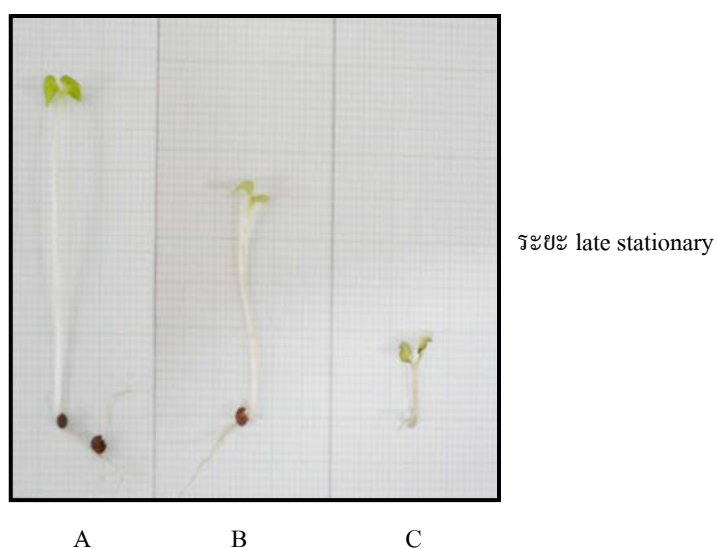
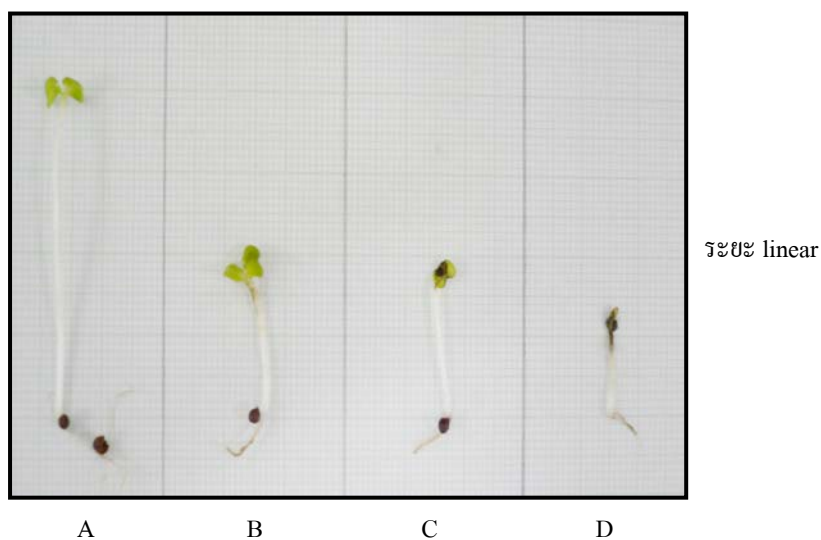
B

C

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 25 ต้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มื่อน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 26 ต้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A B C D



ระยะ late stationary

A B C D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 27 ต้นกล้าของผักกาดขาวปลี ที่มีอายุ 10 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 15 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวยอดของต้นกล้าถั่วเหลือง

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	75.08	76.65	75.53	88.13	108.53	97.41	80.62	77.03
25	63.34	64.26	41.86	58.95	64.45	78.24	63.34	70.16
50	50.50	45.97	30.46	40.99	42.64	65.10	50.27	62.21
เฉลี่ย	72.23	71.72	61.96	72.02	78.91	85.19	73.56	77.35
	71.98		66.99		82.05		75.46	
	69.49				78.76			

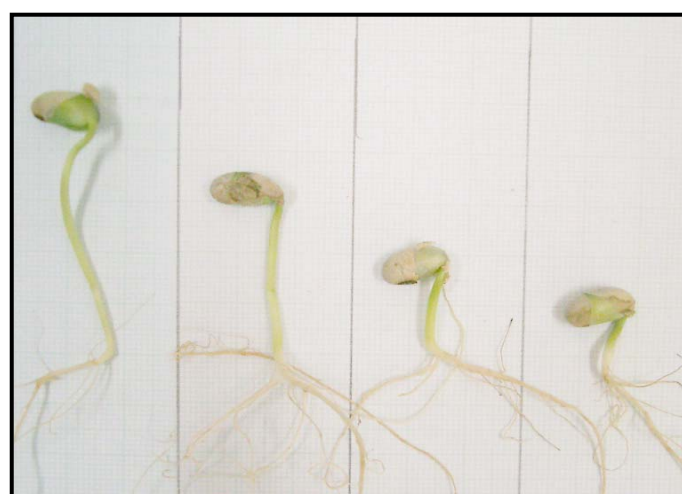
CV = 3.9 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 4.71



ระยะ linear

A B C D



ระยะ late stationary

A B C D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 28 ต้นกล้าของข้าวเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215

ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้น
ต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C

D



ระยะ late stationary

A

B

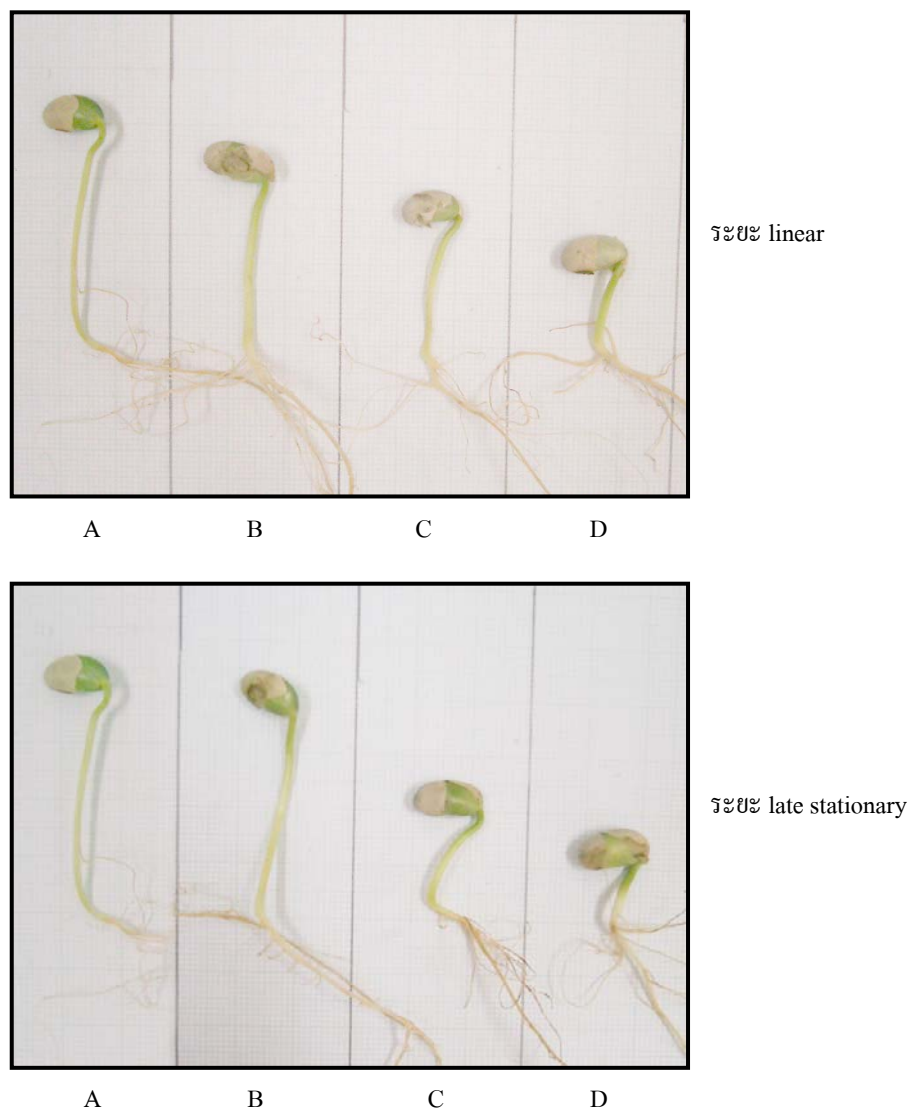
C

D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 29 ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975
ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้น
ต่างๆ



A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 30 ต้นกล้าของข้าวเหนียว ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ



ระยะ linear

A

B

C

D



ระยะ late stationary

A

B

C

D

A = ชุดควบคุม

B = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรC = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตรD = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร

ภาพที่ 31 ต้นกล้าของถั่วเหลือง ที่มีอายุ 8 วัน เมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975

ระยะ linear และระยะ late stationary ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

1.3 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่อความยาวรากของต้นกล้าพืชทดสอบ

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน มีอิทธิพลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าพืชทดสอบทุกชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4) ซึ่งผลที่ได้มีดังนี้

1.3.1 หนุ่ยร้างนก

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน คือ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทำให้ความยาวรากของต้นกล้าหนุ่ยร้างนกมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 55.19 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวราก 62.63 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารที่สกัดจากระยะ linear และระยะ late stationary มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าหนุ่ยร้างนกมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 56.19 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวราก 61.63 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม การใช้สารสกัดที่ต่างชนิดกัน ไม่มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าแตกต่างกัน โดยการใช้น้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 59.35 และ 58.46 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 80.20 และ 55.42 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าหนุ่ยร้างนกมีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 8, 9, 10 และ 11) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าหนุ่ยร้างนกมีความยาวรากต่ำสุดคิดเป็น 49.50 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 17 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 16 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

ปัจจัย	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
	หญ้ารงนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
<i>F. muscicola</i> TISTR 8215	55.19 b ¹	64.39 ¹	66.47 b ¹	72.91 b ¹	44.94 b ¹	85.94 a ¹
<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975	62.63 a	66.68	75.22 a	82.80 a	113.44 a	83.42 b
F - test	* *	ns	* *	* *	* *	* *
ระยะ linear	61.63 a	64.87	77.17 a	85.95 a	87.44 a	85.89 a
ระยะ late stationary	56.19 b	66.21	64.52 b	69.76 b	70.94 b	83.47 b
F - test	* *	ns	* *	* *	* *	* *
น้ำกลั่น	59.35	63.82 b	70.98	72.02 b	79.59	86.52 a
เมทานอล	58.46	67.25 a	70.71	83.69 a	78.78	82.82 b
F - test	ns	*	ns	* *	ns	* *
0 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 b	100.00 a
10 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	80.20 b	75.87 b	71.86 b	90.04 b	107.17 a	89.58 b
25 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	55.42 c	53.41 c	62.90 c	69.62 c	88.41 c	82.27 c
50 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	0.00 d	32.84 d	48.60 d	51.73 d	21.15 d	66.83 d
F - test	* *	* *	* *	* *	* *	* *
CV (%)	5.6	11.2	6.3	6.1	10.9	1.9

¹ = ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของแต่ละปัจจัย มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี LSD
ns, *, ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าหญ้าร้างนก

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	77.78	79.21	89.63	60.07	79.26	90.43	86.67	78.55
25	67.41	59.41	0.00	49.50	71.11	61.39	77.78	56.77
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เฉลี่ย	61.30	59.66	47.41	52.39	62.59	62.96	66.11	58.83
	60.48		49.90		62.78		62.47	
	55.19				62.63			

CV = 5.6 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 5.40

1.3.2 ไมยราบยักษ์

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน ไม่มีผลทำให้ความยาวรากของ ต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทำให้ต้นกล้ามีรากยาว 64.39 และ 66.68 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ สารที่สกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน คือ ระยะ linear และระยะ late stationary ไม่มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดได้จากระยะ linear ทำให้ต้นกล้ามีรากยาว 64.87 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ส่วนสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้มีรากยาว 66.21 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สำหรับการใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่ามีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าแตกต่างกัน โดยการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 63.82 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีความยาวรากเป็น 67.25 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวรากต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 75.87, 53.41 และ 32.84 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น มีผลทำให้ต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 18, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 12, 13, 14 และ 15) โดยสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าไมยราบยักษ์มีความยาวรากต่ำสุดเป็น 17.71 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ที่ทำให้มีความยาวราก 29.69 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 18 และภาพที่ 13) และไม่แตกต่างกับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ตารางที่ 18 และภาพที่ 14) และสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ที่ทำให้มีความยาวราก 23.31 และ 27.37 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 18 และภาพที่ 15)

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลทำให้รากของต้นกล้าไมยราบยักษ์มีลักษณะที่ผิดปกติไปจากชุดควบคุม คือ รากจะมีลักษณะงอคุดสั้นและมีสีน้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 13

1.3.3 ถั่วฝัก

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าถั่วฝักมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 66.47 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวราก 75.22 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่าสารสกัดจากระยะ late stationary มีผลทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 64.52 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวราก 77.17 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกัน คือ น้ำกลั่นและเมทานอลในการสกัด พบว่าไม่มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าแตกต่างกัน โดยสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอลทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 70.98 และ 70.71 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นกล้าจะมีความยาวราก 71.86, 62.90 และ 48.60 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อได้รับสารสกัดความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าถั่วฝักมีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 19, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 16, 17, 18 และ 19) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าถั่วฝักมีความยาวรากต่ำสุดคิดเป็น 29.74 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ที่ทำให้มีความยาวราก 34.31 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 19 และภาพที่ 16)

ตารางที่ 18 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	75.26	64.77	62.24	77.78	83.08	79.67	82.03	82.11
25	67.45	63.96	41.93	52.03	29.69	48.24	56.25	67.75
50	57.29	23.31	0.00	44.17	17.71	27.37	48.18	44.72
เฉลี่ย	75.00	63.01	51.04	68.50	57.62	63.82	71.62	73.65
	69.01		59.77		60.72		72.64	
	64.39				66.68			

CV = 11.2 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 12.02

ตารางที่ 19 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าถั่วฝัก

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	78.43	73.88	34.31	73.59	88.23	65.22	83.33	77.92
25	73.20	71.86	29.74	69.84	83.00	43.87	74.84	56.85
50	63.73	64.65	0.00	30.30	68.30	60.32	58.50	43.00
เฉลี่ย	78.84	77.60	41.01	68.43	84.88	67.35	79.17	69.44
	78.22		54.72		76.12		74.31	
	66.47				75.22			

CV = 6.3 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 7.33

1.3.4 ข้าว

สารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าข้าวมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 72.91 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวราก 82.80 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สำหรับสารสกัดจากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน พบว่ามีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้ามีความแตกต่างกัน ซึ่งสารที่สกัดจากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 69.76 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวราก 85.95 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม การใช้น้ำกลั่นและเมทานอลในการสกัด พบว่าตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าแตกต่างกัน โดยการใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 72.02 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้มีความยาวราก 83.69 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นกล้าจะมีความยาวราก 90.04, 69.62 และ 51.73 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าข้าวมีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 20, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 20, 21, 22 และ 23) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ความยาวรากของต้นกล้าข้าวลดลงมาก โดยมีความยาวรากต่ำสุดคิดเป็น 9.44 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 20 และภาพที่ 20)

1.3.5 ผักกาดขาวปลี

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีความแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 44.94 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ทำให้มีความยาวราก 113.44 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบสารสกัด

จากระยะ linear และระยะ late stationary พบว่าสารสกัดจากระยะ late stationary มีผลทำให้ดักแด้มีความยาวราก 70.94 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวราก 87.44 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม การใช้สารสกัดที่ต่างชนิดกัน ทำให้ความยาวรากของดักแด้ไม่แตกต่างกัน โดยสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ทำให้มีความยาวราก 79.59 และ 78.78 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ และการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ความยาวรากของดักแด้แตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม โดยดักแด้จะมีความยาวราก 88.41 และ 21.15 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อได้รับสารสกัดที่ความเข้มข้น 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ยกเว้นที่ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ดักแด้มีความยาวรากเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยมีความยาวราก 107.17 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

จากการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ดักแด้ผักกาดขาวปลีมีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 21, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 24, 25, 26 และ 27) โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ดักแด้ผักกาดขาวปลีมีความยาวรากต่ำสุดคิดเป็น 13.21 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26) แต่ไม่มีความแตกต่างจากสารสกัด *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ตารางที่ 21 และภาพที่ 24) และสารสกัด *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ตารางที่ 21 และภาพที่ 26) ที่ทำให้มีความยาวราก 14.44 และ 18.24 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ดักแด้ผักกาดขาวปลีมีความยาวรากเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยสารสกัดจากระยะ linear ทำให้ดักแด้มีความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 165.90 และ 178.50 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากระยะ late stationary ทำให้มีความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 198.16 และ 188.94 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 21 และภาพที่ 25) และสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ดักแด้มีความยาวรากเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม คือ 179.87 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 25 และ 50 กรัม

น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้ามีความยาวรากลดลงเป็น 157.21 และ 120.16 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 21 และภาพที่ 27)

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าต้นกล้าผักกาดขาวปลีที่ได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 24) หรือสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ที่สกัดด้วยเมทานอล ระยะ linear ความเข้มข้น 10 - 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และระยะ late stationary ความเข้มข้น 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 26) มีผลทำให้รากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีที่งอกออกมาได้นั้นมีลักษณะที่ผิดปกติไปจากชุดควบคุม คือ รากจะมีลักษณะกุดสั้นและบริเวณโคนของรากจะมีสีน้ำตาลปนดำ ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นนี้จะไม่พบในต้นกล้าผักกาดขาวปลีในชุดควบคุม

1.3.6 ถั่วเหลือง

สารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้ต้นกล้าถั่วเหลืองมีความยาวรากแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 จะทำให้ต้นกล้ามีรากยาว 83.42 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าเมื่อได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ที่ทำให้มีรากยาว 85.94 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารสกัดจากระยะการเติบโตต่างกัน พบว่าสารที่สกัดได้จากระยะ late stationary ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก 83.47 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าสารที่สกัดจากระยะ linear ที่ทำให้มีความยาวราก 85.89 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัด พบว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอล มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้ามีความยาวราก 82.82 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งต่ำกว่าต้นกล้าที่ได้รับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่ทำให้มีความยาวราก 86.52 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม และสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ความยาวรากของต้นกล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นกล้าจะมีความยาวราก 89.58, 82.27 และ 66.83 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ที่ความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับความเข้มข้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 16)

จากการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่ามีผลทำให้ต้นกล้าถั่วเหลืองมีความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 22, ตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 28, 29, 30 และ 31) โดยสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนัก

แห้งของเซลล์ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าถั่วเหลืองมีความยาวรากต่ำสุดคิดเป็น 59.22 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างจากทริทเมนตอื่นๆ (ตารางที่ 22 และภาพที่ 29)

เมื่อทำการทดสอบผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย ที่มีต่อการงอกของเมล็ด ความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูกในการทดลองที่ 1 แล้ว ให้นำสารที่สกัดได้จาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้งระยะ linear และระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ไปวัดค่า osmolality พบว่าค่า osmolality ของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 จะอยู่ในช่วง 210 - 304 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 3 และ 4) ซึ่งมีค่า osmolality ต่ำกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าข้าว ที่มีค่า osmolality อยู่ในช่วง 348 - 399 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 7) แต่สำหรับต้นกล้าไมยราบยักษ์ ถั่วฝัก ถั่วฝักยาวปาลีและถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะมีค่า osmolality ต่ำกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าพืชทั้ง 4 ชนิด ที่มีค่า osmolality อยู่ในช่วง 244 - 290 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 5, 6, 8 และ 9) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร พบว่าค่า osmolality ของสารสกัดความเข้มข้นนี้จะมีค่าสูงกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าพืชทั้ง 4 ชนิด (ภาพผนวกที่ 5, 6, 8 และ 9)

ตารางที่ 20 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าข้าว

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	65.27	98.96	92.28	91.52	94.49	103.56	75.51	98.74
25	72.23	95.46	9.44	82.98	74.52	83.31	71.94	67.10
50	67.66	90.64	0.00	0.00	59.81	69.18	69.05	57.47
เฉลี่ย	76.29	96.27	50.43	68.63	82.21	89.01	79.13	80.83
	86.28		59.53		85.61		79.98	
	72.91				82.80			

CV = 6.1 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 7.72

ตารางที่ 21 ผลของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลี

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	71.58	33.02	14.44	89.00	165.90	179.87	198.16	105.35
25	55.92	23.59	0.00	18.24	178.50	157.21	188.94	84.91
50	0.00	13.21	0.00	0.00	0.00	120.16	0.00	35.85
เฉลี่ย	56.88	42.46	28.61	51.81	111.10	139.31	121.78	81.53
	49.67		40.21		125.21		101.66	
	44.94				113.44			

CV = 10.9 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 14.13

ตารางที่ 22 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ ความยาวรากของต้นกล้าถั่วเหลือง

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	F. muscicola TISTR 8215				Fischerella sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	91.64	75.27	91.86	90.77	91.70	94.69	107.08	73.59
25	86.63	95.70	92.99	81.41	95.26	73.72	62.45	70.02
50	63.28	68.48	67.96	68.90	74.20	63.52	59.22	69.11
เฉลี่ย	85.39	84.86	88.20	85.27	90.29	82.98	82.19	78.18
	85.13		86.74		86.64		80.19	
	85.94				83.42			

CV = 1.9 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น = 2.64

การทดลองที่ 2 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

จากการศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยทดสอบการเกิด Hill reaction ในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง ซึ่งมีเฟอร์ไรไซยาไนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน พบว่ามีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 5) ดังนี้

สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่างชนิดกัน มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน ซึ่งสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 จะมีผลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเพียง 38.89 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ส่วนสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 42.97 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม สารที่สกัดได้จากระยะการเจริญเติบโตต่างกัน มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากระยะ late stationary มีผลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเพียง 37.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าสารสกัดจากระยะ linear ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 44.65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการใช้ตัวทำละลายต่างกัน คือ น้ำกลั่นและเมทานอลในการสกัดสาร พบว่ามีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน โดยการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 37.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 44.39 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 89.97, 69.75, 48.74, 40.89, 27.75, 18.92, 9.76, 4.55 และ 0.29 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง

ปัจจัย	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)
<i>F. muscicola</i> TISTR 8215	38.89 b ^{1/}
<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975	42.97 a
F - test	* *
ระยะ linear	44.65 a
ระยะ late stationary	37.22 b
F - test	* *
น้ำกลั่น	44.39 a
เมทานอล	37.47 b
F - test	* *
0 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	100.00 a
0.04 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	89.97 b
0.08 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	69.75 c
0.12 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	48.74 d
0.16 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	40.89 e
0.2 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	27.75 f
0.4 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	18.92 g
0.6 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	9.76 h
0.8 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	4.55 i
1.0 กรัม น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร	0.29 j
F - test	* *
CV (%)	12.1

^{1/} = ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของแต่ละปัจจัย มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD

* * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

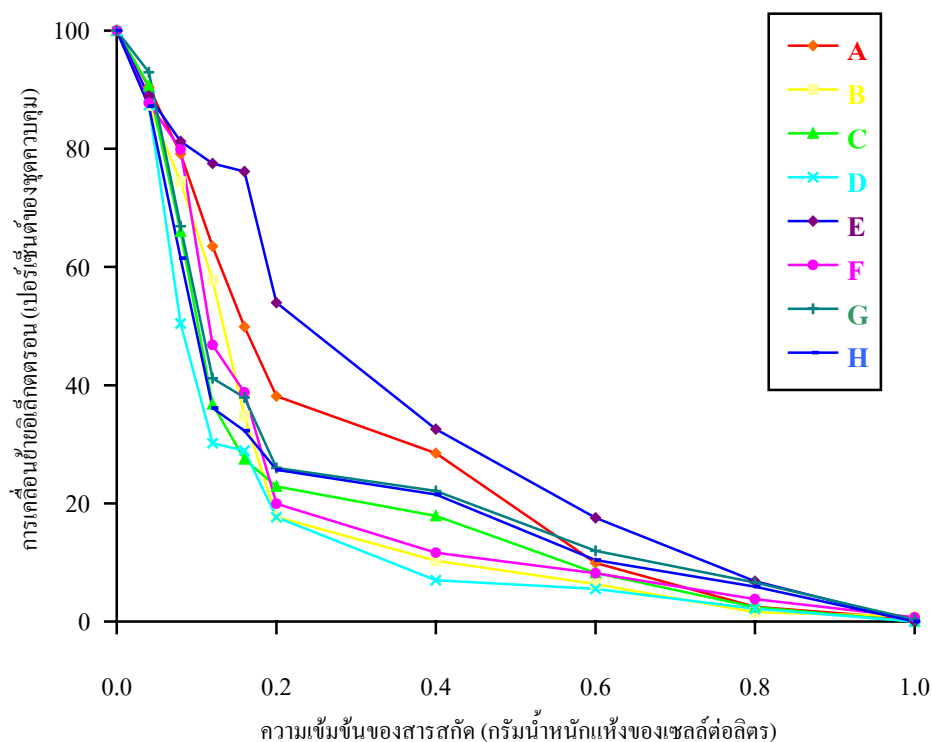
เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น พบว่าไม่มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 24 และตารางผนวกที่ 5) แต่สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ทั้งระยะ linear และระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนลดลงมากขึ้น เมื่อใช้สารสกัดในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ภาพที่ 32) และสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและสารสกัดจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล หรือสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยเมทานอล และสารสกัดจากระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น ที่ความเข้มข้น 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดอีกเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมน้ำหนักแห้งของ เซลล์ต่อลิตร)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)							
	<i>F. muscicola</i> TISTR 8215				<i>Fischerella</i> sp. TISTR 8975			
	ระยะ linear		ระยะ late stationary		ระยะ linear		ระยะ late stationary	
	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล	น้ำกลั่น	เมทานอล
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
0.04	90.45	87.33	90.64	87.40	88.97	87.74	92.98	87.19
0.08	79.12	74.43	65.98	50.43	81.24	79.89	66.91	61.50
0.12	63.51	57.80	36.80	30.17	77.53	46.80	41.16	36.12
0.16	49.87	34.80	27.49	28.94	76.17	38.78	37.94	32.30
0.2	38.11	17.74	22.85	17.64	53.94	19.95	25.99	25.70
0.4	28.47	10.29	17.87	6.99	32.53	11.62	22.11	21.48
0.6	9.89	6.33	8.24	5.53	17.55	8.17	11.95	10.42
0.8	2.47	1.55	2.46	2.19	6.84	3.77	6.62	5.89
1.0	0.43	0.85	0.00	0.00	0.00	0.72	0.32	0.00
เฉลี่ย	46.23	39.12	37.23	32.96	53.48	39.74	40.60	38.06
	42.68		35.10		46.61		39.33	
	38.89				42.97			

CV = 12.1 %

LSD_{0.05} ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำลายและความเข้มข้น = 7.99



- A = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- E = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- F = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- G = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- H = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพที่ 32 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดความคุม) เมื่อได้รับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน

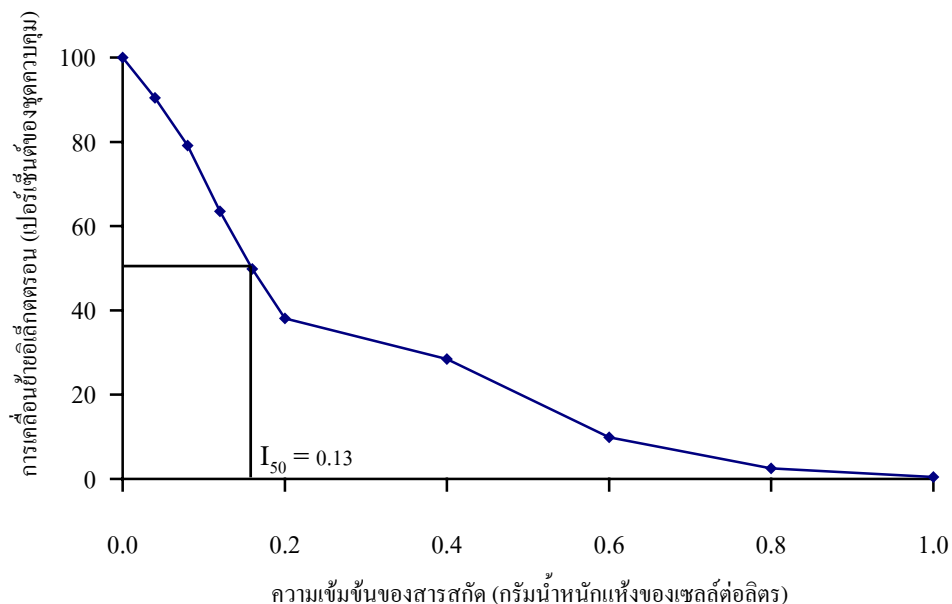
เมื่อนำค่าการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมจากตารางที่ 24 ที่ได้รับ สารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน ไปเขียนกราฟ เพื่อหาความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ (I_{50}) พบว่า

สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อมีน้ำกลั่นและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีค่า I_{50} เท่ากับ 0.13 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 33 และ 34)

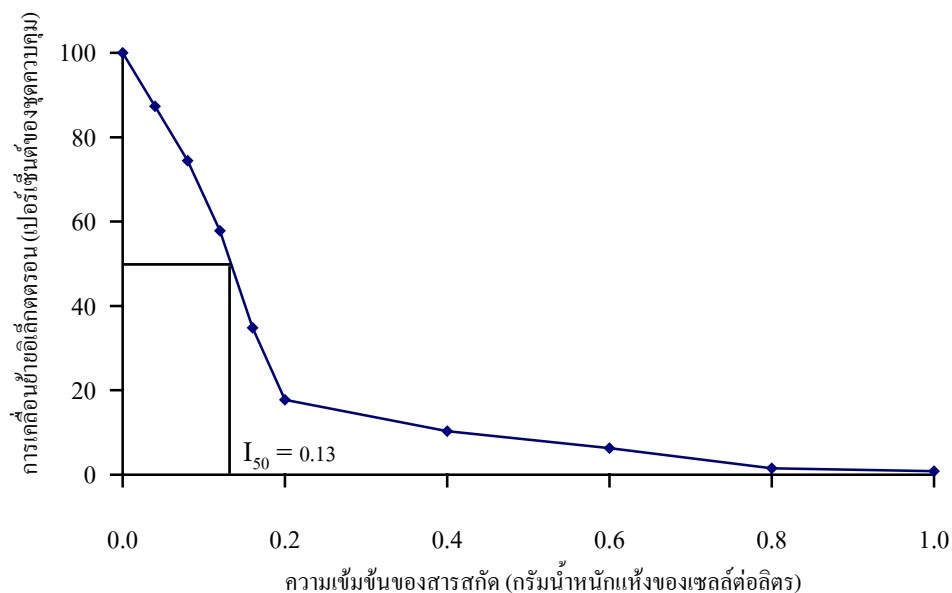
สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย มีค่า I_{50} เท่ากับ 0.10 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 35) ซึ่งใกล้เคียงกับสารสกัดที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีค่า I_{50} เท่ากับ 0.08 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 36)

สำหรับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จะมีค่า I_{50} เท่ากับ 0.24 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 37) ส่วนสารสกัดที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีค่า I_{50} เท่ากับ 0.12 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 38)

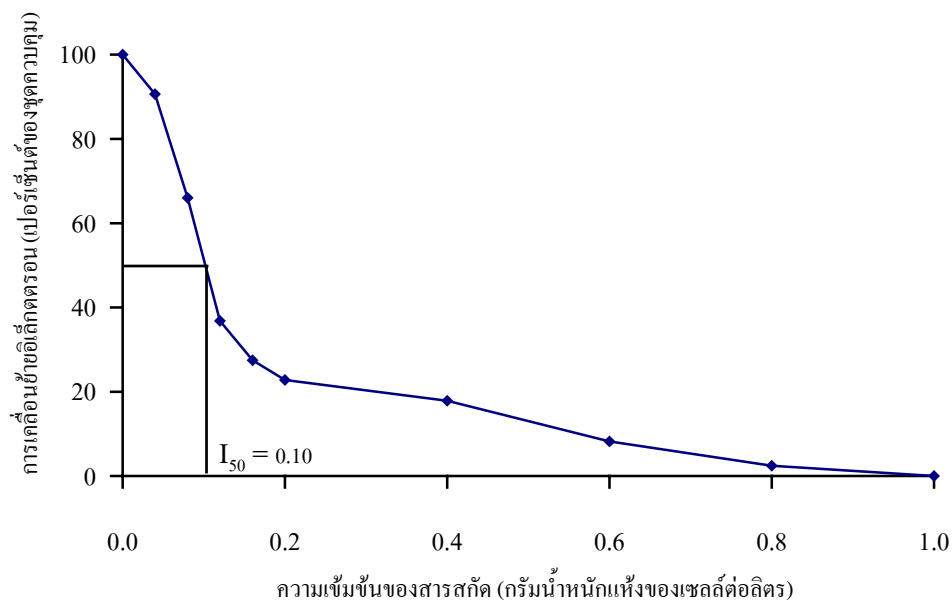
สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary ที่มีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย จะมีค่า I_{50} เท่ากับ 0.11 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 39) ซึ่งใกล้เคียงกับสารสกัดที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีค่า I_{50} เท่ากับ 0.10 กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 40)



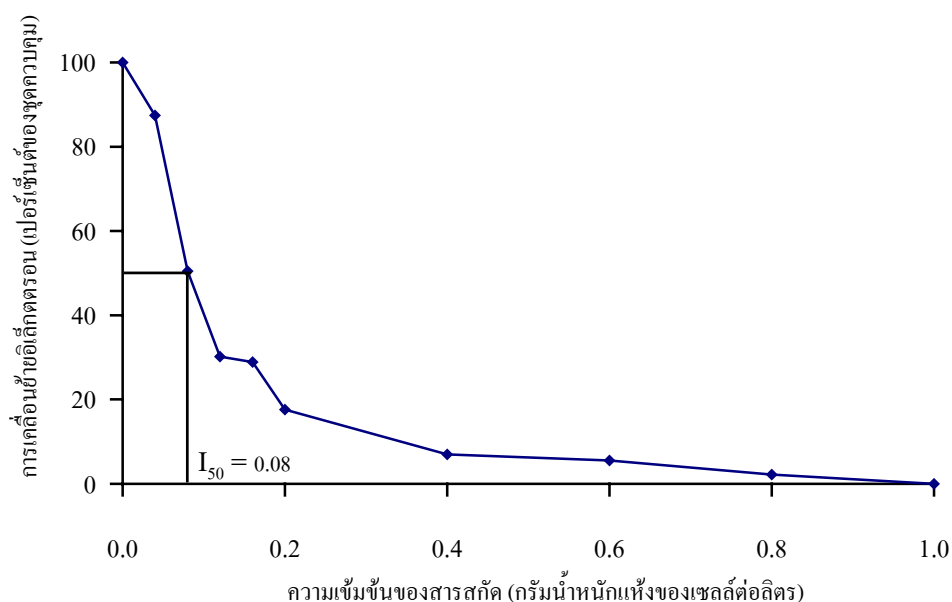
ภาพที่ 33 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อมี น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายไข่เล็กตรอนใน กระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



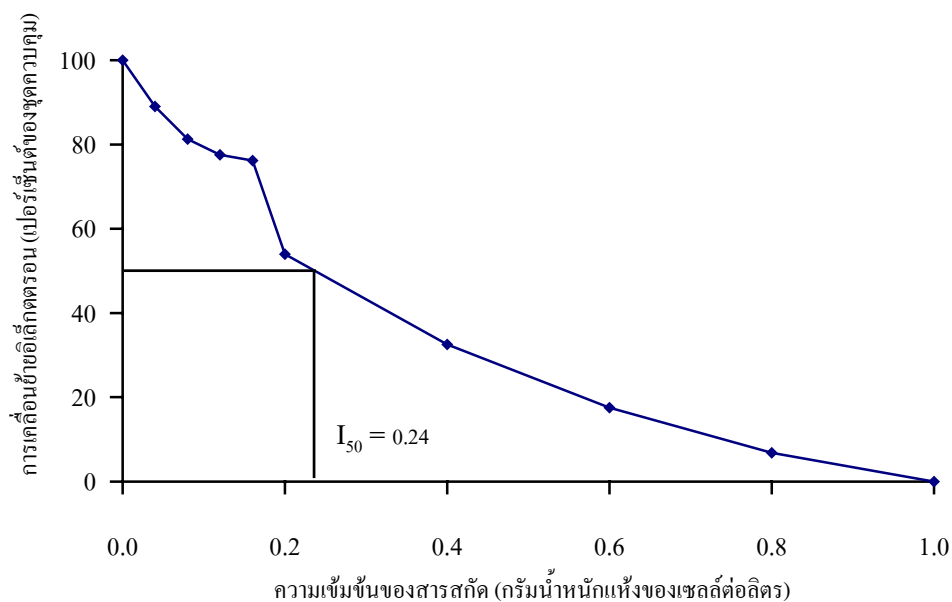
ภาพที่ 34 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อมี เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายไข่เล็กตรอนใน กระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



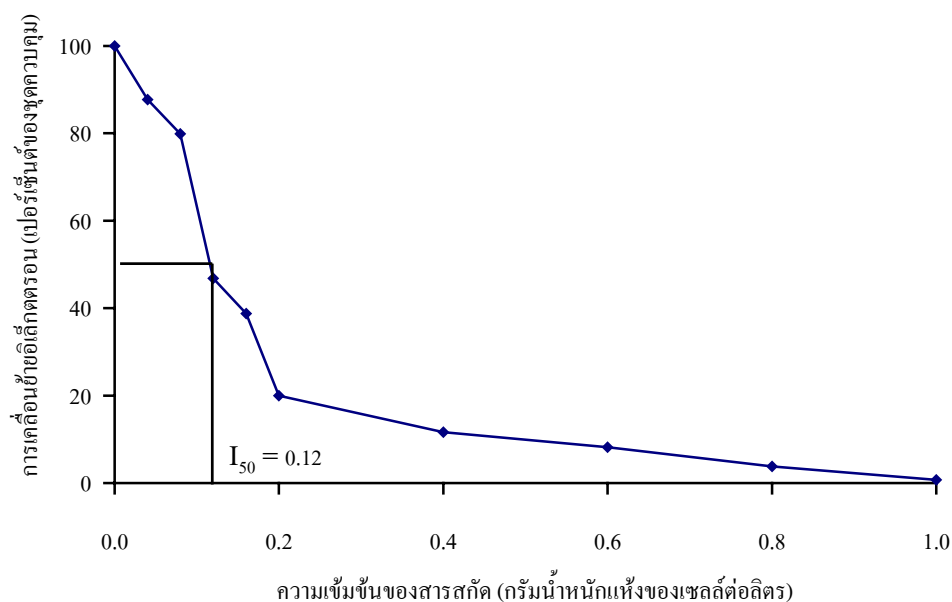
ภาพที่ 35 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิลีกตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



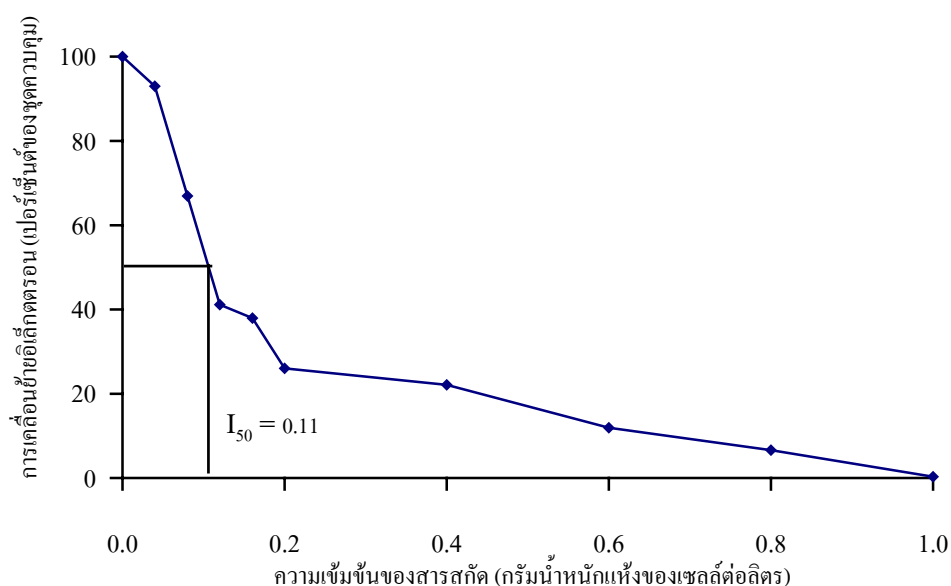
ภาพที่ 36 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิลีกตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



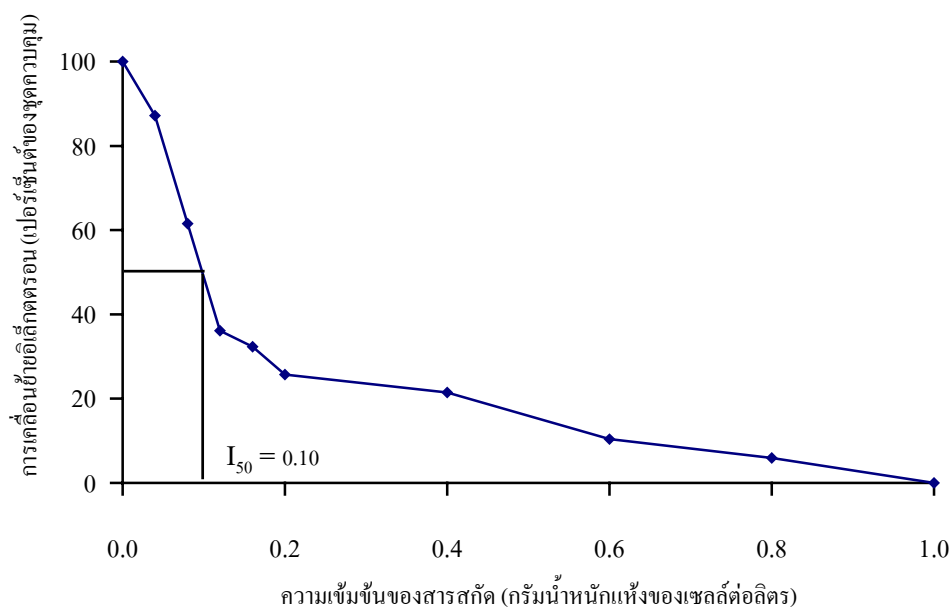
ภาพที่ 37 ผลของสารสีกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อมี น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน กระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



ภาพที่ 38 ผลของสารสีกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อมี เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน กระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง

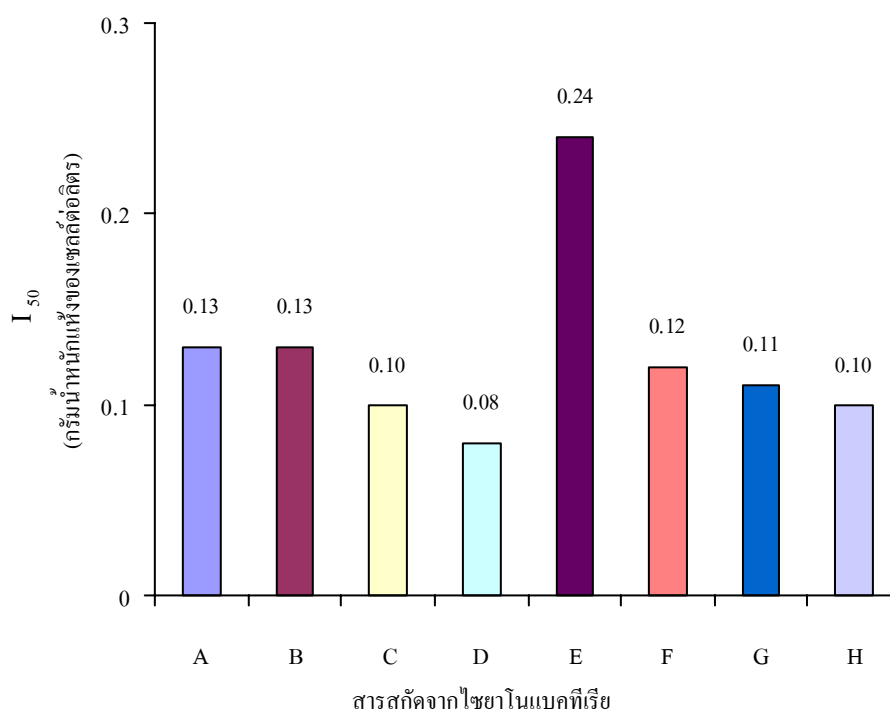


ภาพที่ 39 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อมีน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอีเล็กตรอน ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง



ภาพที่ 40 ผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอีเล็กตรอน ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่ได้จากการสกัดสารจากไชยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด (*F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975) ระยะการเจริญเติบโต (ระยะ linear และระยะ late stationary) และชนิดตัวทำละลาย (น้ำกลั่นและเมทานอล) ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารที่สกัดได้จาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อมีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะทำให้มีค่า I_{50} ต่ำที่สุด โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.08 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 41) และเมื่อทราบค่าความเข้มข้นของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียที่ได้จาก ชนิดของไชยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นต่างกัน ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ ดังกล่าวแล้ว จึงนำมาเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอนที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการศึกษาผลของสารไดยูรอนต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง พบว่าค่าการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจะลดลงมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 25) และเมื่อหาค่า I_{50} พบว่ามีค่าเท่ากับ 160 นาโนโมลาร์ (0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ภาพที่ 42) และสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 1000 นาโนโมลาร์

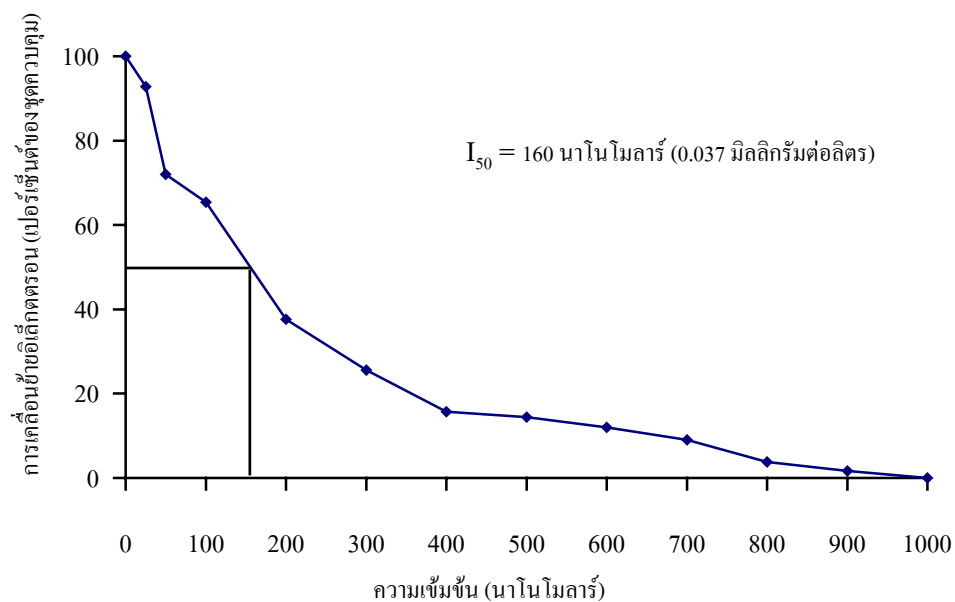


- A = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- B = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- C = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- D = สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- E = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- F = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- G = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- H = สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพที่ 41 ความเข้มข้นของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ได้จาก ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต และชนิดตัวทำละลายแตกต่างกัน ที่ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 25 ผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้าย
อิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง

ความเข้มข้นของสารไดยูรอน (นาโนโมลาร์)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (เปอร์เซ็นต์ของชุดควมคุม)
0	100.00
25	92.79
50	72.03
100	65.43
200	37.64
300	25.60
400	15.74
500	14.42
600	11.96
700	9.06
800	3.78
900	1.67
1000	0.00



ภาพที่ 42 ผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ของใบปวยเล้ง

วิจารณ์ผลการทดลอง

การนำสารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 มาทดสอบการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้วิธีการทดสอบทางชีววิธี (bioassays) ได้แก่ การทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอก การวัดความยาวยอด และความยาวราก เป็นต้น เป็นวิธีการทดสอบที่นิยมใช้ในการศึกษาสัณยภาพของสารที่สกัดได้จากธรรมชาติ (Inderjit and Dakshini, 1995; Haugland and Brandsaeter, 1996) ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบนี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในทางเกษตร โดยใช้ในการควบคุมวัชพืชระยะก่อนงอก (preemergence) เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดของวัชพืชงอก

นอกจากการศึกษาข้างต้นแล้ว ยังได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้งด้วย และได้เปรียบเทียบผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดกับสารกำจัดวัชพืชไดยูรอน เพื่อต้องการทราบว่าสารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถที่จะยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้เช่นเดียวกับสารไดยูรอนหรือไม่ เพราะถ้าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ เราอาจจะนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมหรือกำจัดวัชพืชระยะหลังงอก (postemergence)

การทดลองที่ 1 ผลของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

จากการศึกษาผลของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่มีต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อต้องการทราบว่าสารสกัดดังกล่าวมีผลยับยั้งวัชพืชได้หรือไม่ และถ้ามีผลยับยั้งวัชพืชแล้วสารนี้จะเป็นอันตรายต่อพืชปลูกหรือไม่ เพราะถ้าสารสกัดมีผลยับยั้งเฉพาะวัชพืชเท่านั้น ก็จะทำให้เราสามารถนำสารสกัดนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชได้ โดยนำไปกำจัดวัชพืชที่อยู่ในแปลงพืชปลูกได้ ซึ่งจากผลการทดลองนี้พบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ ไม่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง ดังนั้น เราอาจจะนำสารสกัดนี้ไปกำจัดวัชพืชที่อยู่ในแปลงถั่วเหลืองได้ แต่สารสกัดทั้ง 2 ชนิดสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้างวงอก ไม่ทราบแน่ชัด ถั่วฝัก

ข้าวและผักกาดขาวปลีได้ ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียได้แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชแต่ละชนิดมีความไวต่อสารแตกต่างกัน (Haugland and Brandsaeter, 1996) ซึ่งจะทำให้พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนทานต่อสารสกัดไม่เท่ากัน และอาจจะเกี่ยวข้องกับขนาดของเมล็ดพืชที่แตกต่างกัน เนื่องจาก Williams and Hoagland (1982) ได้กล่าวว่าเมล็ดพืชที่มีขนาดแตกต่างกันจะตอบสนองต่อสารยับยั้งแตกต่างกัน โดยเมล็ดที่มีขนาดเล็ก เช่น redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) จะมีความไวต่อสารยับยั้งมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้น การที่เมล็ดถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่กว่าพืชทดสอบชนิดอื่นๆ อาจทำให้สารสกัดไม่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง

นอกจากสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีผลต่อการงอกของเมล็ดหยักรังนก ไมยราบยักษ์ ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวปลีแล้ว ยังพบว่าสารสกัดมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชเหล่านี้ โดยสารสกัดทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าน้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งรวมทั้งต้นกล้าถั่วเหลืองที่สารสกัดไม่มีผลยับยั้งการงอกด้วย ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับ Rice (1974) ที่รายงานว่าสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของพืชส่วนมากจะมีกลไกในการยับยั้งการแบ่งและการยึดตัวของเซลล์ และในการทดลองนี้ยังพบว่าสารสกัดจะมีผลยับยั้งความยาวรากได้มากกว่าความยาวยอด ดังที่พบในต้นกล้าพืชทดสอบทุกชนิด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะรากพืชเป็นส่วนแรกสัมผัสกับสารสกัดโดยตรง ดังนั้นเมื่อสารสกัดนี้ถูกดูดซึมเข้าสู่ส่วนราก สารสกัดดังกล่าวอาจมีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์และการยึดตัวของเซลล์ราก จึงทำให้รากพืชไม่สามารถยืดยาวได้ตามปกติ ซึ่งผลที่ได้นี้ให้ผลเช่นเดียวกับหลายๆ การทดลองที่ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช ตัวอย่างเช่น การทดลองของ Rafiqul Hoque *et al.* (2003) พบว่าสารสกัดจากใบของ *Eupatorium odoratum* ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้า Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern and Coss) แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) Black gram (*Phaseolus mungo* L.) radish (*Raphanus sativus* L.) fallen (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) และ chickpea (*Cicer arietinum* L.) ได้มากกว่าความยาวยอดและการงอกของเมล็ด

สำหรับต้นกล้าผักกาดขาวปลีที่ได้รับสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 10 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร หรือสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ linear ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 10 - 50 กรัม/น้ำหนักรากแห้งของเซลล์ต่อลิตร และสารสกัดจากระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล ความเข้มข้น 25

กรัมน้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร พบว่าความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งการที่ต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีลักษณะเช่นนี้อาจเนื่องจากสารสกัดดังกล่าวไปมีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืชทั้งในบริเวณปลายยอดและปลายราก โดยจะไปยับยั้งการจัดเรียงตัวของ microtubule ในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์ (Singh *et al.*, 2002) หรืออาจจะไปมีผลยับยั้งการขยายขนาดของเซลล์ (ทศพล, 2545) หรืออาจเนื่องจากเมล็ดผักกาดขาวปลีมีขนาดเล็ก ซึ่งจะมีความไวต่อสารสกัดได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่า ด้วยเหตุนี้จึงมีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีขนาดสั้นลงกว่าปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้าของผักกาดขาวปลีและหลู่วางนกกมีลักษณะแตกต่างจากชุดควบคุม คือ ต้นกล้าผักกาดขาวปลีจะมีลักษณะม้วนงอและมีสีดำเข้ม ส่วนบริเวณโคนรากจะมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนต้นกล้าหลู่วางนกกจะมีใบสีดำหรือสีเหลืองซีดและแห้งตายที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลจากสารสกัด เนื่องจากสารอัลลิโลพาธิกหรือสารที่สกัดได้จากพืชจะมีผลยับยั้งการดูดซึมธาตุอาหารของพืช ยับยั้งการแบ่งและการยึดตัวของเซลล์ราก (El-Khawas and Shehata, 2005) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้พืชเหี่ยวและตายได้

จากผลการทดลองที่พบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียมีผลต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช มีความสอดคล้องกับการศึกษาผลของสารสกัดจากธรรมชาติหลายๆ ชนิดที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช เช่น การทดลองของเฉลิมชัย (2541) ที่ใช้สารสกัดจากชะพลู (*Piper sarmentosum* Roxb.) และสะระแหน่ (*Mentha arvensis* L.) ทดสอบการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชบางชนิด พบว่าสารสกัดจากชะพลูไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว ข้าวโพด ถั่วเขียว และแตงกวา แต่มีผลยับยั้งการยึดตัวของรากต้นกล้าทั้ง 4 ชนิด และยับยั้งการเจริญของยอดต้นกล้าแตงกวาและถั่วเขียวได้ปานกลาง นอกจากนี้สารสกัดจากชะพลูและสะระแหน่จะยับยั้งการเจริญของยอดและรากต้นกล้าหลู่วางนกกและผักกาดหอมได้อย่างมาก สำหรับสารสกัดจากวัชพืชสาบหมา (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) จะยับยั้งการเจริญของรากและต้นของพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวได้ และมีผลยับยั้งการเจริญของรากได้รุนแรงกว่าการยับยั้งการเจริญของต้น (ศิริพร, 2535) จากการทดลองของอุไร (2539) พบว่าสารสกัดจากส่วนต้นของผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum* L.) และสารสกัดจากรากหญ้าแห้วหมู (*Cyperus rotundus* L.) จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวราก และความยาวยอดของต้นกล้าถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill. Cv SJ. 4) ลดลง และการทดลองของ Viles and Reese (1996) ได้ทดสอบสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและรากของวัชพืช *Echinacea angustifolia* ซึ่งอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ต่อ

การงอกของเมล็ด ความยาวรากและความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) switchgrass (*Panicum virgatum*) และ prairie dropseed (*Sporobolus heterolepis*) พบว่าสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนราก จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด switchgrass ได้มากที่สุด ส่วนความยาวรากพบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและราก จะมีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอมและ prairie dropseed ยกเว้นสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนรากจะไม่มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้า switchgrass และสารประกอบที่ระเหยได้จากส่วนยอดและรากจะมีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าทั้ง 3 ชนิด แต่สำหรับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนยอดและรากจะมีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอมและ switchgrass ยกเว้นต้นกล้า prairie dropseed สำหรับ Russo *et al.* (1997) พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่สกัดจากปอกระเจา (*Hibiscus cannabinus* L.) ที่เน่าเปื่อยผุพังเป็นเวลา 2 และ 4 เดือน มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด pigweed ได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดจากปอกระเจาที่ไม่ได้เน่าเปื่อยผุพัง จะยับยั้งการงอกของเมล็ด มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) และเมล็ด ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) ได้เพียง 30 เปอร์เซ็นต์ หรือสารที่สกัดด้วยน้ำจาก buffalograss (*Buchloe dactyoides*) ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด annual bluegrass (*Poa annua*) แต่จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าอย่างมาก (Wu *et al.*, 1998) หรือ Quayyum *et al.* (1999) ได้ศึกษาผลของสารอัลลิโลพาธิกจากพืชน้ำที่อยู่ร่วมกับข้าวป่า (*Zizania palustris*) โดยการสกัดสารจากส่วนต่างๆ ของพืชน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบด้วยน้ำกลั่น มาทดสอบการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมและต้นกล้าข้าวป่า ซึ่งผลที่ได้พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* และ *Potamogeton natans* และจากส่วนยอดของ *Myriophyllum verticillatum* มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอมได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ แต่สารสกัดจากส่วนยอดของ *Equisetum fluviatile* จากทั้งต้นของ *Sparganium fluctuans* และ *Potamogeton robbinsii* ไม่มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอม และสารสกัดจากส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าผักกาดหอม สำหรับสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าข้าวป่าและสารสกัดจากส่วนเหง้าของ *Scirpus acutus* ส่วนยอดของ *Eleocharis palustris* ส่วนเหง้าของ *Potamogeton natans* จากทั้งต้นของ *Myriophyllum verticillatum* และส่วนเหง้าของ *Nymphaea odorata* มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าข้าวป่า และสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากดินตะกอนในทะเลสาบที่อยู่ใต้ต้นข้าวป่า จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวป่าลดลง หรือการทดลองของ D'Abrosca *et al.* (2001) ได้สกัดสารจากส่วนใบของ *Sambucus nigra* ด้วยปิโตรเลียม เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ จากนั้นนำสารที่สกัดด้วยเมทานอลไปแยกให้ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ละลาย

น้ำและส่วนที่ละลายในเอทิลอะซิเตต ซึ่งจะพบสารหลายกลุ่มในทั้ง 2 ส่วนนี้ คือ cyanogenins lignans flavonoids และ phenolic glycosides โดยจากการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารดังกล่าว ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของรากพืชใบเลี้ยงคู่ 2 ชนิด คือ ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และ radish (*Raphanus sativus*) และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คือ ต้นหอม (*Allium cepa*) ซึ่งผลการทดลองที่ได้พบว่าสารในกลุ่ม cyanogenins ส่วนใหญ่จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของรากผักกาดหอม radish และต้นหอม ในขณะที่สารในกลุ่ม lignans จะมีผลกระตุ้นการเจริญของรากพืชทั้ง 3 ชนิด ส่วนสารในกลุ่มอื่นๆ จะมีผลต่อพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวแตกต่างกันไป

ในการทดลองนี้เมื่อสกัดสารจากเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (linear และระยะ late stationary) พบว่าสารที่สกัดได้จากทั้งสองระยะการเจริญเติบโต จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบได้แตกต่างกัน โดยสารที่สกัดจากเซลล์ระยะ late stationary จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบได้ดีกว่าสารที่สกัดได้จากเซลล์ระยะ linear ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้มีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบในระยะ late stationary ได้ดีกว่าสารที่สกัดได้จากเซลล์ระยะ linear ที่เป็นเช่นนี้เพราะการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดในระยะนี้จะอยู่ในสถานะที่ไม่เหมาะสม โดยปริมาณเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรียจะหนาแน่น และมีการแย่งการใช้สารอาหารจากอาหารเลี้ยงมาก จึงทำให้มีสารอาหารไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งผลที่ได้นี้คล้ายกับการทดลองของ Castro *et al.* (2004) ที่พบว่าไซยาโนแบคทีเรีย *Cylindrospermopsis raciborskii* C10 จะผลิตสาร saxitoxin และ gonyautoxin ซึ่งเป็นสารพิษที่อยู่ในกลุ่ม paralytic shellfish poisoning (PSP) ในช่วงที่เซลล์อยู่ในระยะ stationary

สำหรับการสกัดสารจากไซยาโนแบคทีเรียด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้างูรังก ไม่ทราบยักษ์ ถั่วฝักและผักกาดขาวปลี ยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าไม่ทราบยักษ์ ข้าว ผักกาดขาวปลีและถั่วเหลือง และยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าไม่ทราบยักษ์และข้าวได้มากกว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอล แสดงว่าสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช อาจจะเป็นสารที่มีขั้ว (polar compound) จึงทำให้สามารถละลายในน้ำกลั่นได้มากกว่าเมทานอล เนื่องจากน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว (polar solvent) สูงกว่าเมทานอล แต่อย่างไรก็ตามสารที่สกัดด้วยเมทานอลก็มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชเช่นกัน ซึ่งเมทานอลจะมีโครงสร้างทั้งส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วจึง

ทำให้สามารถสกัดสารชนิดนี้ออกมาได้น้อยกว่าน้ำกลั่น และจากผลการทดลองนี้ถือได้ว่าน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่จะใช้ในการสกัดสาร เนื่องจากน้ำกลั่นจะหาได้ง่าย ประหยัด และปลอดภัยต่อผู้ใช่มากกว่าการใช้เมทานอล ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ต้องมีความระมัดระวังในการใช้ จากผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของณัฏฐา (2543) ที่สกัดสารจากไซยาโนแบคทีเรีย *Hapalosiphon* sp. ด้วยน้ำกลั่น เมทานอล และทริสไฮโดรคลอริกบัฟเฟอร์ พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของหนุ่ยร้างนกและผักกาดขาวปลีลดลงมากกว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอลและทริสไฮโดรคลอริกบัฟเฟอร์ ส่วน Chon *et al.* (2002) พบว่าสารที่สกัดได้จากไบอัลฟัฟฟา (*Medicago sativa* L. cv. “vernal”) ด้วยน้ำกลั่นมีผลยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าหนุ่ยปล้องละมาน (*Echinochloa crus-galli*) และอัลฟัฟฟาได้ดี ส่วนผลการทดลองที่พบว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอลให้ผลดีกว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ตัวอย่างเช่นการทดลองของณัฏฐา (2543) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema* sp. TISTR 8208 ที่สกัดด้วยเมทานอลมีผลทำให้ความยาวยอดของผักกาดขาวปลี (*Brassica bcampestris* L. var. *pekinensis*) ลดลง อุไร (2539) พบว่าสารที่สกัดจากส่วนรากของวัชพืชหลายชนิดด้วยเมทานอล มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวรากของถั่วเหลืองลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ สารที่สกัดด้วยน้ำ เบนซีน ปีโตรเลียมอีเทอร์และคาร์บอนเททระคลอไรด์ และศิริพร (2535) พบว่าสารอัลลิโลพาทิกที่สกัดจากส่วนใบและต้นของวัชพืชสาบหมา (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) ด้วยเมทานอลจะมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด การเจริญของต้นและรากของวัชพืชบางชนิด เช่น ผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus*) ผักโขมหิน (*A. viridis* Linn.) และพืชปลูกบางชนิด เช่น ข้าว กข. 23 (*Oryza sativa* Linn. Cv Rd 23)

ผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช พบว่าการใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีระดับความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นจะยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chon *et al.* (2003) ที่พบว่าสารสกัดจากวัชพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ *Lactuca sativa* *Xanthium occidentale* และ *Cirsium japonicum* ที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า 20 กรัมต่อลิตร มีผลยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้า lucerne และเมื่อใช้ความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าได้อย่างสมบูรณ์แต่ความยาวยอดถูกยับยั้งน้อยกว่าราก และเมื่อใช้สารสกัดจากส่วนใบของ *Macaranga tanarius* (L.) ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) จะมีผลยับยั้งความยาวรากของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) และ *Bidens pilosa* ได้มากขึ้น (Tseng *et al.*, 2003)

นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากลดลงแต่ความยาวยอดและความยาวรากก็ยังมากกว่าชุดควบคุม แสดงว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 สามารถกระตุ้นความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าผักกาดขาวปลีได้ แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นก็มีผลในเชิงยับยั้ง ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับ Liu and An (2005) ที่รายงานว่าการอัลลิโลพาธิกที่ระดับความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ส่วนระดับความเข้มข้นต่ำอาจจะเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Tseng *et al.* (2003) ที่ได้สกัดสารด้วยน้ำกลั่นจากใบของ *Macaranga tanarius* (L.) และทดสอบกับ *Bidens pilosa* ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) พบว่าสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์จะมีผลกระตุ้นความยาวรากให้เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม และการทดลองของ Emeterio *et al.* (2004) ที่พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจากส่วนใบและลำต้นของ *Lolium rigidum* Gaud. ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ คือ 3.4 กรัมต่อลิตร มีผลกระตุ้นความยาวของ coleoptile ของ Italian ryegrass (*L. multiflorum* Lam.) แต่ Italian ryegrass จะมีความยาวของ coleoptile น้อยลง เมื่อได้รับสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น คือ 10 กรัมต่อลิตร

จากการวัดค่า osmolality ของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล และส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าไมยราบยักษ์ ถั่วฝักยาว ผักกาดขาวปลีและถั่วเหลือง เพื่อต้องการตรวจสอบว่าการที่เมล็ดพืชทดสอบไม่งอกมีสาเหตุมาจากผลของสารสกัดไชยาโนแบคทีเรียโดยตรง หรือเป็นผลจากค่าศักย์ออสโมซิส ซึ่งจากการวัดค่าศักย์ออสโมซิส โดยการวัดค่า osmolality ของสารสกัดจากไชยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร พบว่าค่า osmolality จะอยู่ในช่วง 210 - 304 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 3 และ 4) ซึ่งมีค่า osmolality ต่ำกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าข้าว ที่มีค่า osmolality อยู่ในช่วง 348 - 399 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 7) ซึ่งผลที่ได้นี้ทำให้รากของต้นกล้าข้าวสามารถดูดน้ำไปใช้ได้ แต่สำหรับต้นกล้าไมยราบยักษ์ ถั่วฝักยาว ผักกาดขาวปลีและถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 25 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร จะมีค่า osmolality ต่ำกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าพืชทั้ง 4 ชนิด ที่มีค่า osmolality อยู่ในช่วง 244 - 290 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม (ภาพผนวกที่ 5, 6, 8 และ 9) ทำให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร พบว่าค่า osmolality

ของสารสกัดความเข้มข้นนี้จะมีค่าสูงกว่าส่วนยอดและส่วนรากของต้นกล้าพืชทั้ง 4 ชนิด (ภาพผนวกที่ 5, 6, 8 และ 9) การเกิดผลเช่นนี้จึงอาจส่งผลกระทบต่อ การดูดน้ำของพืชทั้ง 4 ชนิดได้ ดังนั้น จากผลการทดลองที่พบว่าต้นกล้าพืชทดสอบมีลักษณะที่ผิดปกติจึงเกิดจากผลของสารสกัดไซยาโนแบคทีเรีย และยังเกิดจากผลของค่าศักย์ออสโมซิสด้วยเมื่อใช้สารสกัดในระดับความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่า osmolality ของสารสกัดในการทดลองนี้ (210 - 304 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม) กับค่า osmolality ของสารที่ปล่อยจากรากของข้าวพันธุ์ต่างๆ ในการทดลองของ Kato-Noguchi and Ino (2001) อาจจะกล่าวได้ว่าค่าศักย์ออสโมซิสอาจจะมีผลกระทบบางส่วนต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าทั้ง 5 ชนิด เนื่องจากการทดลองของ Kato-Noguchi and Ino (2001) ได้รายงานว่าค่าศักย์ออสโมซิสของสารที่ปล่อยจากรากของข้าวพันธุ์ Norin8 Kamenoo Nipponbare Sasanishiki Kinuhikari Koshihikari Hinohikari และ Yukihihikari มีค่าน้อยกว่า 10 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่ว (*Medicago sativa* L.) มัสตาร์ด (*Lepidium sativum* L.) และผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เนื่องจาก Kato-Noguchi and Ino (2001) รายงานว่าค่าศักย์ออสโมซิสของสารแมนนิทอล (mannitol) ที่มีค่าสูงถึง 100, 150 และ 100 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของราก ยอดและน้ำหนักสดของต้นกล้าพืชดังกล่าว ตามลำดับ ดังนั้นหากจะทำการทดลองครั้งต่อไป น่าจะมีการทดลองอีกชุดที่มีสารควบคุมค่า osmolality เท่ากับ osmolality ของสารสกัดเป็นชุดควบคุม ซึ่งสารที่นำมาใช้ เช่น โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol; PEG) ซอร์บิทอล (sorbitol) หรือแมนนิทอล เป็นต้น แล้วนำสารเหล่านี้มาปรับค่า osmolality ให้เท่ากับสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย จากนั้นจึงนำสารดังกล่าวไปทดสอบกับเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก ซึ่งการทดลองเช่นนี้จะทำให้แน่ใจว่าการยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูกนั้น เป็นผลมาจากสารที่มีอยู่ในสารสกัดของไซยาโนแบคทีเรียจริง ไม่ใช่เป็นผลจากค่าศักย์ออสโมซิส

การทดลองที่ 2 ผลของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

จากการนำสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้งระยะ linear และระยะ late stationary ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ความเข้มข้น 0, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร มาศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบของปวยเล้ง โดยทดสอบ

ใน Hill reaction ที่มีโพแทสเซียมเฟอร์ไรโซยาโนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน พบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้แตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้งนี้เนื่องจากไซยาโนแบคทีเรียแต่ละชนิดมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างกัน จึงทำให้ไซยาโนแบคทีเรียแต่ละชนิดมีกลไกการสร้างหรือการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของ Gross *et al.* (1991) ที่รายงานว่า *F. muscicola* (Thur.) Gomont UTEX 1829 *F. ambigua* (Nag.) Gom. UTEX 1903 และ *F. tisserantii* สามารถผลิตสาร fischerellin ได้ ซึ่งการผลิตสารชนิดนี้ของทั้ง 3 ชนิดจะมีการผลิตในปริมาณที่แตกต่างกัน

จากการสกัดสารจากเซลล์ระยะ linear และระยะ late stationary พบว่าสารที่สกัดได้จากเซลล์ระยะ late stationary มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่าสารที่สกัดได้จากระยะ linear ซึ่งสอดคล้องกับ Borowitzka (1999) ที่รายงานว่าการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจะพบมากในช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างคงที่ คือ ระยะ stationary และสอดคล้องกับการทดลองของ Chetsumon *et al.* (1993) ซึ่งพบว่าไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema* sp. TISTR 8208 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะได้ดีในช่วงที่ผ่านระยะ exponential phase ไปแล้ว (post exponential phase) และในปี ค.ศ. 1995 Chetsumon *et al.* พบว่า *Scytonema* sp. TISTR 8208 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ cyclic peptide ได้ในปริมาณมากในระยะ stationary เมื่อเลี้ยงใน seaweed-type bioreactor

เมื่อสกัดสารด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่นและเมทานอล พบว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอลมีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของไซยาโนแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนสามารถละลายในเมทานอลได้มากกว่าน้ำกลั่น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของ Gross *et al.* (1991) รายงานว่าสาร fischerellin ที่สกัดจาก *F. muscicola* (Thur.) Gomont UTEX 1829 ที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของไซยาโนแบคทีเรีย *Anabaena* P9 จะสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvents) หลายชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล acetonitrile อะซิโตน ไดเอทิลอีเทอร์ (diethylether) และ tert-butylmethylether แต่จะละลายในน้ำได้น้อย แต่ผลที่ได้จากการทดลองนี้จะแตกต่างจากเรื่องการออกของเมสส์ดักซ์ที่พบว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นยับยั้งการออกของเมสส์ดักซ์และพีชปลูกได้ดีกว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอล ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นที่มีผลยับยั้งการออกของเมสส์ดักซ์และพีชปลูก

เป็นสารคนละชนิดกับสารที่สกัดด้วยเมทานอลที่มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง

สำหรับการใช้สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสารสกัดมากขึ้น ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้มากขึ้น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของ Hagmann and Jüttner (1996) ที่พบว่าสาร fischerellin A ที่สกัดจาก *F. muscicola* UTEX 1829 ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองของ *Lemna minor* ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 100 ไมโครโมลาร์ จะสามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 98 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Scytonema* sp. และ *Hapalosiphon* sp. มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้มากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น (ศรีสมและคณะ, 2547)

จากการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชไดยูรอนต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบปวยเล้ง พบว่า เมื่อได้รับสารไดยูรอนในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนลดลงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารไดยูรอนเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีตำแหน่งของการยับยั้ง (site of action) ที่บริเวณโปรตีน D1 (Q_B protein) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของระบบแสงสอง และฝังตัวอยู่ในไทลาคอยด์เมมเบรน โดยสารไดยูรอนจะเข้าไปสร้างพันธะแทนที่พลาสโตควิโนน ทำให้พลาสโตควิโนนไม่สามารถเข้าไปจับเพื่อรับอิเล็กตรอนบริเวณตำแหน่ง Q_B ได้ ดังนั้น กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของพืชในระบบแสงสองก็จะหยุดชะงักลง (รังสิต, 2531; ทศพล, 2545; Trebst, 1994) ทำให้ไม่มีอิเล็กตรอนจากพลาสโตควิโนนส่งไปยังเฟอร์ไรไซยาไนด์

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ทั้งระยะ linear และระยะ late stationary ทั้งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล ที่สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 ระยะ late stationary ที่สกัดด้วยเมทานอล จะทำให้มีค่า I_{50} ต่ำที่สุด คือ 0.08 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียกับสารไดยูรอน เมื่อใช้เฟอร์ไรไซยาไนด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน พบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล มีค่า I_{50}

ระหว่าง 0.08 – 0.24 กรัม/น้ำหนักแห้งของเซลล์ต่อลิตร ในขณะที่สารไดยูรอนมีค่า I_{50} เท่ากับ 160 นาโนโมลาร์ (0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดกับสารไดยูรอนในการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดทั้ง 2 ชนิด สามารถยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนที่ระบบแสงสองคล้ายสารไดยูรอน ดังนั้น สารสกัดทั้ง 2 ชนิดนี้น่าจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชแทนสารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์มาจากสารเคมีได้ โดยใช้ในการควบคุมหรือกำจัดวัชพืชระยะหลังออก (postemergence)

สรุป

1. สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ให้ผลยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้างูรังก ไม่ยราบยักษ์ ถั่วฝัก ข้าวและผักกาดขาวปลีได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 แต่สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง

2. สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 มีผลยับยั้งความยาวยอดของต้นกล้าพืชทดสอบทุกชนิดและมีผลยับยั้งความยาวรากของต้นกล้าหญ้างูรังก ถั่วฝัก ข้าวและผักกาดขาวปลีได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ส่วนรากของต้นกล้าถั่วเหลืองจะถูกยับยั้งได้ดีเมื่อได้รับสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975

3. สารที่สกัดจากเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียที่ระยะ late stationary มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบได้ดีกว่าสารที่สกัดจากเซลล์ระยะ linear ยกเว้นรากของต้นกล้าไมยราบยักษ์

4. สารที่สกัดด้วยน้ำกลั่นยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้างูรังก ไมยราบยักษ์ ถั่วฝัก และผักกาดขาวปลี และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบดีกว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอล ยกเว้นยอดและรากของต้นกล้าหญ้างูรังกและรากของต้นกล้าถั่วฝักและผักกาดขาวปลี แต่ยอดของต้นกล้าถั่วฝักและรากของต้นกล้าถั่วเหลืองจะถูกยับยั้งได้ดีเมื่อได้รับสารที่สกัดด้วยเมทานอล

5. เมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืชได้มากขึ้น ยกเว้นการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง แต่สารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ความเข้มข้นต่ำ จะมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตต้นกล้าผักกาดขาวปลี

6. สารสกัดจาก *F. muscicola* TISTR 8215 มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนได้ดีกว่าสารสกัดจาก *Fischerella* sp. TISTR 8975 ส่วนสารที่สกัดจากเซลล์ระยะ late stationary มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนได้ดีกว่าระยะ linear สำหรับสารที่สกัดด้วยเมทานอล มีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนได้ดีกว่าสารที่สกัดด้วยน้ำกลั่น และเมื่อใช้สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิล็กตรอนได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการแยกสารที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียออกมาให้บริสุทธิ์เพื่อหาโครงสร้างของสารสกัด หรือศึกษาอายุการสลายตัวและสมบัติอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้เป็นสารควบคุมวัชพืชแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการปลูกพืช และลดปัญหาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชได้

2. การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น ดังนั้นการทดลองครั้งต่อไปอาจทำในระดับแปลงทดลอง เพื่อศึกษาว่าผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียในแปลงทดลอง สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของวัชพืชและพืชปลูกได้หรือไม่ โดยอาจจะเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งผลที่ได้น่าจะเป็นประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

3. สำหรับการศึกษาผลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่อการเคลื่อนย้ายอิลเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชจะใช้ใบปวยเล้งเป็นวัตถุดิบในการศึกษาการเคลื่อนย้ายอิลเล็กตรอนเท่านั้น ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ควรจะนำพืชชนิดอื่นๆ มาศึกษาด้วย เช่น ผักโขม หนุ่คา หนุ่ขาณ ข้าว เป็นต้น เพื่อที่จะได้ทราบว่าสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียมีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิลเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชชนิดอื่นๆ หรือไม่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองวัดตมพิษ. 2544. รายงานการนำเข้าวัดตมพิษประจำปี 2543-2544. ฝ่ายทะเบียนและอนุญาต
กองวัดตมพิษ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. โรงพิมพ์ทั้งฮั่วชิน,
กรุงเทพฯ.
- เฉลิมชัย วงศ์วัฒนะ. 2541. การศึกษาเบื้องต้นถึงผลของสารสกัดจากต้นชะพลู และสระแหน่ที่มี
ต่อความงอกและการเจริญของต้นกล้าของพืชบางชนิด. วิทยาสารวัชพืช 1: 56-64.
- ณัฐฐา เสนีवास. 2543. ผลของสารสกัดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Scytonema* และ
Hapalosiphon ต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดวงพร สุวรรณกุล. 2543. ชีววิทยาวัชพืช พื้นฐานการจัดการวัชพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทศพล พรพรหม. 2545. สารกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลาย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธวัชชัย รัตนเลิศ. 2540. เทคโนโลยีสารกำจัดวัชพืช. สำนักพิมพ์ธีรวิทย์, กรุงเทพฯ.
- นุชนรี จันทร์มณี. 2543. ผลของเบนซัลโคเนียมคลอไรด์ คอปเปอร์คีเลตและฟอร์มาลินต่อ
Oscillatoria ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยะดา ชีระกุลพิศุทธิ์. 2542. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรชัย เหลืองอากาศ. 2531. สารกำจัดวัชพืช. เชียงใหม่คอมพิวกราฟฟิค, เชียงใหม่.

รังสิต สุวรรณเขตนิกม. 2531. สารกำจัดวัชพืชกับผลทางสรีรวิทยากับพืช เล่ม 2 กลไกการทำลายพืช. จงเจริญการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศรีสม สุวรรณวงศ์, ณัฏฐา เสนีवास และ สุภาพร พันจิ. 2547. ศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อเป็นสารกำจัดวัชพืช: II. ผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ ฉบับพิเศษ 1: 257-267.

ศิริพร ช้างสนธิพร. 2535. ผลทางอัลลิโพาธิกของวัชพืชสาบหมา (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) ต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมนทิพย์ บุญนาค. 2540. การเจริญเติบโตและฮอร์โมนพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุไร เฟ่งพิศ. 2539. ผลของสารอัลลิโพาธิกของวัชพืชบางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Antarikanonda, P., H. Berndt and F. Mayer. 1980. Hydrogen: a new inhibitor of photosynthesis in the blue-green alga (cyanobacterium) *Anabaena* sp. TA.1. **Arch. Microbiol.** 145: 1-10.

Bagchi, S. N. and J. B. Marwah. 1994. Production of an algicide from cyanobacterium *Fischerella* species which inhibits photosynthetic electron transport. **Microbios.** 79: 187-193.

- Basile, A., S. Sorbo, S. Giordano, L. Ricciardi, S. Ferrara, D. Montesano, R. C. Cobianchi, M. L. Vuotto and L. Ferrara. 2000. Antibacterial and allelopathic activity of extract from *Castanea sativa* leaves. **Fitoterapia** 71: 110-116.
- Batish, D. R., H. P. Singh, R. K. Kohli, D. B. Saxena and S. Kaur. 2002. Allelopathic effects of parthenin against two weed species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. **Environ. Exp. Bot.** 47: 149-155.
- Becker, E. W. 1994. **Microalgae: Biotechnology and Microbiology**. Cambridge University Press, Great Britain.
- Bock, A., A. Krieger-Liszkay, I. B. Ortiz de Zarate and G. SchÖnknecht. 2001. Cl⁻ channel inhibitors of the arylaminobenzoate type act as photosystem II herbicides: a functional and structural study. **Biochemistry** 40: 3273-3281.
- Bonjouklian, R., R. E. Moore, G. M. L. Patterson and T. A. Smitka. 1995. **A89271 Factor and Processes for Their Production**. U. S. Patent 5,457,119.
- Bornemann, V., G. M. L. Patterson and R. E. Moore. 1988. Isonitrile biosynthesis in the cyanophyte *Hapalosiphon fontinalis*. **J. Am. Chem. Soc.** 110: 2339-2340.
- Borowitzka, M. A. 1999. Pharmaceuticals and agrochemicals from microalgae, pp. 313-338. In Z. Cohen, ed. **Chemical from Microalgae**. Ben Gurion University of the Neger, Israel.
- Castro D., D. Vera, N. Lagos, C. Garcia and M Vásquez. 2004. The effect of temperature on growth and production of paralytic shellfish poisoning toxins by the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* C10. **Toxicon** 44: 483-489.

- Chetsumon, A., K. Fujieda, K. Hirata, K. Yagi and Y. Miura. 1993. Optimization of antibiotic production by the cyanobacterium *Scytonema* sp. TISTR 8208 immobilized on polyurethane foam. **J. Appl. Phycol.** 5: 615-622.
- _____, I. Maeda, F. Umeda, K. Yagi, Y. Miura and T. Mizoguchi. 1995. Continuous antibiotic production by an immobilized cyanobacterium in a seaweed-type bioreactor. **J. Appl. Phycol.** 7: 135-139.
- Chon, S., S. Choi, S. Jung, H. Jung, H. Jang, B. Pyo and S. Kim. 2002. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. **Crop Prot.** 21: 1077-1082.
- _____, Y. Kim and J. Lee. 2003. Herbicidal potential and quantification of causative allelochemicals from several Compositae weeds. **Weed Research** 43: 444-450.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1995. **Principles of Seed Science and Technology.** Chapman & Hall, New York.
- D'Abrosca, B., M. DellaGreca, A. Fiorentino, P. Monaco, L. Previtera, A. M. Simonet and A. Zarrelli. 2001. Potential allelochemicals from *Sambucus nigra*. **Phytochem.** 58: 1073-1081.
- Desikachary, T. V. 1959. **Cyanophyta.** Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Devine, M. D., S. O. Duke and C. Fedtke. 1993. **Physiology of Herbicide Action.** Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- El-Khawas, S. A. and M. M. Shehata. 2005. The allelopathic potentialities of *Acacia nilotica* and *Eucalyptus rostrata* on monocot (*Zea mays* L.) and dicot (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Biotechnology** 4 (1): 23-34

- Emeterio, L. S., A. Arroyo and R. M. Canals. 2004. Allelopathic potential of *Lolium rigidum* Gaud. on the early growth of three associated pasture species. **Grass and Forage Science** 59: 107-112.
- Georgia Agriculture Education Curriculum. 1999. Seed germination. **Plant Science Biotechnology**. Available Source:
<http://aged.ces.uga.edu/2004cds/cd1/Lesson%20Plans/Plant%20Science%20and%20Biototechnology-02441/02441-08.6%20Seed%20Germination.doc>, August 20, 1999.
- Gleason, F. K. 1990. The natural herbicide, cyanobacterin, specifically disrupts thylakoid membrane structure in *Euglena gracilis* strain Z. **FEMS Microbiol. Lett.** 68: 77-82.
- _____ and D. E. Case. 1986. Activity of the natural algicide, cyanobacterin, on angiosperms. **Plant Physiol.** 80: 834-837.
- _____ and J. L. Paulson. 1984. Site of action the natural algicide, cyanobacterin, in the blue-green alga, *Synechococcus* sp. **Arch. Microbiol.** 138: 273-277.
- Gromov, B. V., A. A. Vepritskiy, N. N. Titova, K. A. Mankayeva and O. V. Alexandrova. 1991. Production of the antibiotic cyanobacterin LU-1 by *Nostoc linckia* CALU 892 (cyanobacterium). **J. Appl. Phycol.** 3: 55-59.
- Gross, E. M., C. P. Wolk and F. Jüttner. 1991. Fischerellin, a new allelochemical from the freshwater cyanobacterium *Fischerella muscicola*. **J. Phycol.** 27: 686-692.
- Hagmann, L. and F. Jüttner. 1996. Fischerellin A, a novel photosystem-II-inhibiting allelochemical of the cyanobacterium *Fischerella muscicola* with antifungal and herbicidal activity. **Tetrahedron Lett.** 37: 6539-6542.

- Hall, D. O., J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhar Nordenkamp, R. C. Leegood and S. P. Long. 1993. **Photosynthesis and Production in a Changing Environment**. Chapman & Hall, London.
- Haugland, E. and L. O. Brandsaeter. 1996. Experiments on bioassay sensitivity in the study of allelopathy. **J. Chem. Ecol.** 22: 1845-1859.
- Hopkins, W. G. and N. P. A. Hüner. 2004. **Introduction to Plant Physiology**. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., Ontario.
- Inderjit. and K. M. M. Dakshini. 1995. On laboratory bioassays in allelopathy. **Bot. Rev.** 61: 29-44.
- Issa, A. A. 1999. Antibiotic production by the cyanobacteria *Oscillatoria angustissima* and *Calothrix parietina*. **ETAP**. 8: 33-37.
- Jaki, B., J. Orjala and O. Sticher. 1999. A novel extracellular diterpenoid with antibacterial activity from the cyanobacterium *Nostoc commune*. **J. Nat. Prod.** 62: 502-503.
- Karssen, C. M. 1968. The light promoted germination of the seeds of *Chenopodium album* L. II. effects of (RS)-abscisic acid. **Acta Bot. Neerl.** 17: 293-308. Cited A. M. Mayer. and A. P. Mayber. 1982. **The Germination of Seeds**. Pergamon Press Ltd., Great Britain.
- Kato-Noguchi, H. and T. Ino. 2001. Assessment of allelopathic potential of root exudate of rice seedlings. **Biol. Plant.** 44 (4): 635-638.
- Klimov, V. 2003. Discovery of pheophytin function in the photosynthetic energy conversion as the primary electron acceptor of photosystem II. **Photosynth. Res.** 76:247-253.

- Kreitlow, S., S. Mundt and U. Lindequist. 1999. Cyanobacteria- a potential source of new biologically active substances. **J. Biotechnol.** 70: 61-63.
- Lawlor, D. W. 1993. **Photosynthesis: Molecular, Physiological and Environmental Process.** 2nd ed. Licensing Agency Ltd., London.
- Lee, E. J. and F. K. Gleason. 1994. A second algicidal natural product from the cyanobacterium, *Scytonema hofmanni*. **Plant Sci.** 103: 155-160.
- Liu, D. L. and M. An. 2005. Implementation of card: curve-fitting allelochemical response data. **Nonlinearity in Biology, Toxicology, and Medicine** 3: 235-244.
- Mason, C. P., K. R. Edwards, R. E. Carlson, J. Pignatello, F. K. Gleason and J. M. Wood. 1982. Isolation of chlorine-containing antibiotic from the freshwater cyanobacterium *Scytonema hofmanni*. **Science** 215: 400-402.
- Matsumoto, H. 1997. **Stress Physiology: Laboratory Course Mannual.** Kasetsart University, Bangkok.
- Mayer, A. M. and A. P. Mayber. 1982. **The Germination of Seeds.** 3rd ed. Pergamon Press Ltd., Great Britain.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. **Plant Physiology.** Springer-Verlag, Heidelberg.
- Moore, R.E., C. Cheuk and G. M. L. Patterson. 1984. Hapalindoles: new alkaloids from the blue-green alga *Hapalosiphon fontinalis*. **J. Am. Chem. Soc.** 106: 6456-6457.
- _____, _____, X. G. Yang and G. M. L. Patterson. 1987. Hapalindoles antibacterial and antimycotic alkaloids from the cyanophyte *Hapalosiphon fontinalis*. 52: 1036-1043.

- Ouitrakul, R. and S. Izawa. 1973. Electron transport and photophosphorylation in chloroplasts as a function of the electron acceptor. **Biochim. Biophys. Acta.** 305: 105-118.
- Papke, U., E. M. Gross and W. Francke. 1997. Isolation, identification and determination of the absolute configuration of fischerellin B, a new algicide from the freshwater cyanobacterium *Fischerella muscicola* (Thuret.). **Tetrahedron Lett.** 38: 379-382.
- Patterson, G. M. L., L. K. Larsen and R. E. Moore. 1994. Bioactive natural products from blue-green algae. **J. Appl. Phycol.** 6: 151-157.
- Pignatello, J. J., J. Porwoll, R. E. Carlson, A. Xavier, F. K. Gleason and J. M. Wood. 1983. Structure of the antibiotic cyanobacteria, a chlorine-containing γ -lactone from the freshwater cyanobacterium *Scytonema hofmanni*. **J. Org. Chem.** 48: 4035-4038.
- Ploutno, A. and S. Carmeli. 2000. Nostocyclyne A, a novel antimicrobial cyclophane from the cyanobacterium *Nostoc* sp. **J. Nat. Prod.** 63: 1524-1526.
- Quayyum, H. A., A. U. Mallik and P. F. Lee. 1999. Allelopathic potential of aquatic plants associated with wild rice (*Zizania palustris*): I. bioassay with plant and lake sediment samples. **J. Chem. Ecol.** 25: 209-220.
- Rafiqul Hoque, A. T. M., R. Ahmed, M. B. Uddin and M. K. Hossain. 2003. Allelopathic effects of different concentration of water extracts of *Eupatorium odoratum* leaf on germination and growth behavior of six agricultural crops. **J. Biol. Sci.** 3 (8): 741-750.
- Rice, E. L. 1974. **Allelopathy**. Academic Press, Inc., New York.
- Rizvi, S. J. H. and V. Rizvi. 1992. **Allelopathy: Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London.

- Ross, C. W. 1974. **Plant Physiology Laboratory Manual**. Colorado State University, California.
- Russo, V. M., C. L. Webber, III and D. L. Myers. 1997. Kenaf extract affects germination and post-germination development of weed, grass and vegetable seeds. **Ind. Crops Prod.** 6: 59-69.
- Schlegel, I., N. T. Doan, N. de Chazal and G. D. Smith. 1999. Antibiotic activity of new cyanobacterial isolates from Australia and Asia against green algae and cyanobacteria. **J. Appl. Phycol.** 10: 471-479.
- Schütz, W., P. Milberg and B. B. Lamont. 2002. Germination requirements and seedling responses to water availability and soil type in four eucalypt species. **Acta Oecologica** 23: 23-30.
- Schwartz, R. E., C. F. Hirsch, J. P. Springer, D. J. Pettibone and D. L. Zink. 1987. Unusual cyclopropane-containing Hapalinones from a cultured cyanobacterium. **J. Org. Chem.** 52: 3704-3706.
- Singh, H. P., D. R. Batish and R. K. Kohli. 2002. Allelopathic effect of two volatile monoterpenes against bill goat weed (*Ageratum conyzoides* L.). **Crop Prot.** 21: 347-350.
- Smith, G. D. and N. T. Doan. 1999. Cyanobacterial metabolites with bioactivity against photosynthesis in cyanobacteria, algae and higher plants. **J. Appl. Phycol.** 11: 337-344.
- Smitka, T. A., R. Bonjouklian, L. Doolin, N. D. Jones and J. B. Deeter. 1992. Ambiguine isonitriles, fungicidal hapalindole-type alkaloids from three genera of blue-green algae belonging to the Stigonemataceae. **J. Org. Chem.** 57: 857-861.

- Srivastava, A., F. Jüttner and R. J. Strasser. 1998. Action of the allelochemical, fischerellin A, on photosystem II. **Biochim. Biophys. Acta.** 1364: 326-336.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. **Plant Physiology.** 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Massachusettes.
- Trebst, A. 1994. Dynamics in photosystem II structure and function, pp. 1-15. *In* E. D. Schulze and M. M. Caldwell, eds. **Ecophysiology of Photosynthesis.** Springer-Verlag, New York.
- _____ and S. Reimer. 1973. Properties of photoreductions by photosystem II in isolated chloroplasts. **Biochim. Biophys. Acta.** 305: 129-139.
- Tseng, M., Y. Kuo, Y. Chen and C. Chou. 2003. Allelopathic potential of *Macaranga tanarius* (L.). **J. Chem. Ecol.** 29 (5): 1269-1286.
- Viles, A. L. and R. N. Reese. 1996. Allelopathic potential of *Echinacea angustifolia* D. C.. **Environ. Exp. Bot.** 36: 39-43.
- Walker, D. A. 2002. 'And whose bright presence'- an appreciation of Robert hill and his reaction. **Photosynth. Res.** 73: 51-54.
- Whitmarsh, J. and R. Govindjee. 2000. The z-scheme diagram of photosynthesis. **Photosynthesis Process.** Available Source: <http://www.life.uiuc.edu/govindjee/ZSchemeG.html>, October 13, 2000.

- Williams, R. D. and R. E. Hoagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds on seed germination. **Weed Science** 30: 206-212.
- Wu, L., X. Guo and M. A. Harivandi. 1998. Allelopathic effect of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedling. **Environ. Exp. Bot.** 39: 159-167.
- Yongvanich, T., W. Juntarajumnong, S. Nakapong and W. Chulalaksananukul. 2002. Allelopathic effect of flavonoids from *Typha angustifolia* on seed growth of *Mimosa pigra*. **Thai J. Agric. Sci.** 35 (4): 361-367.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 องค์ประกอบของอาหารสังเคราะห์สูตร BGA (Antarikanonda *et al.*, 1980)

สารเคมี	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
NaCl	0.07
K ₂ HPO ₄	0.60
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.38
CaCl ₂	0.08
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·6H ₂ O	0.01
EDTA (Na ₂ -salt)	0.027
H ₃ BO ₃	0.003
MnSO ₄	0.002
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.0003
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.008
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.00008
CoCl ₂	0.00002

pH 7.5

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และ ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อการงอกของเมล็ดวัชพืชและพืชปลูก ในการนับครั้งสุดท้าย

Source of Variation	DF	Mean Square					
		การงอก (เปอร์เซ็นต์)					
		หญ้าร้างนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
Treatment	31	3137.138 **	714.129 **	721.027 **	1732.296 **	3925.515 **	1.290 ns
Cyanobacteria (B)	1	198.375 *	560.667 **	280.167 **	3220.167 **	3197.042 **	2.667 ns
Phase (P)	1	1395.375 **	1120.667 **	2166.000 **	4648.167 **	3876.042 **	6.000 ns
Solvent (S)	1	1134.375 **	450.667 **	216.000 **	1.500 ns	8177.042 **	0.667 ns
Concentration (C)	3	28608.931 **	1023.333 **	2792.500 **	4517.500 **	22466.597 **	2.222 ns
B × P	1	1162.042 **	726.000 **	1410.667 **	2860.167 **	3577.042 **	0.667 ns
B × S	1	247.042 *	600.000 **	726.000 **	0.167 ns	2.042 ns	0.667 ns
B × C	3	286.153 **	820.667 **	552.500 **	2528.611 **	903.042 **	2.222 ns
P × S	1	15.042 ns	770.667 **	181.500 **	8.167 ns	2.042 ns	0.000 ns
P × C	3	621.375 **	651.778 **	739.667 **	4225.944 **	610.708 **	1.111 ns
S × C	3	318.153 **	683.111 **	171.444 **	16.611 ns	5148.375 **	2.000 ns
B × P × S	1	442.042 **	600.000 **	104.167 **	4.167 ns	0.042 ns	0.000 ns
B × P × C	3	459.597 **	756.667 **	428.778 **	2978.389 **	594.819 **	1.111 ns

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Source of Variation	DF	Mean Square					
		การงอก (เปอร์เซ็นต์)					
		หญ้าร้างนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
$B \times S \times C$	3	230.375 **	628.000 **	408.556 **	24.167 ns	1670.264 **	0.222 ns
$P \times S \times C$	3	89.042 ns	576.444 **	146.278 **	8.167 ns	1510.931 **	0.444 ns
$B \times P \times S \times C$	3	272.042 **	629.778 **	516.056 **	20.167 ns	1381.819 **	0.444 ns
Error	64	37.792	10.833	19.450	10.167	11.792	5.000
CV (%)		12.7	3.9	6.1	3.6	4.7	2.3

ns, *, ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square					
		ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
		หญ้าร้างนก	ไมขรราชักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
Treatment	31	4932.100 **	1462.357 *	1389.190 **	1917.577 **	6922.107 **	1471.411 **
Cyanobacteria (B)	1	485.505 **	112.277 **	6656.004 **	7079.879 **	58113.073 **	2061.185 **
Phase (P)	1	741.315 **	1133.138 **	604.810 **	2019.601 **	5148.889 **	804.173 **
Solvent (S)	1	8.103 ns	3201.198 **	27.349 *	538.370 **	5967.683 **	577.466 **
Concentration (C)	3	46509.740 **	9295.050 **	7577.319 **	10265.765 **	25769.828 **	12503.183 **
B × P	1	191.902 **	34.273 *	394.065 **	2483.718 **	2194.211 **	15.448 ns
B × S	1	497.543 **	10.362 ns	1723.646 **	136.041 **	3391.028 **	0.420 ns
B × C	3	362.553 **	36.473 **	1623.251 **	2177.396 **	8456.869 **	230.585 **
P × S	1	1158.079 **	147.164 **	107.146 **	323.327 **	29.771 ns	97.748 **
P × C	3	375.417 **	411.479 **	142.728 **	1509.535 **	773.000 **	110.412 **
S × C	3	170.641 **	1671.301 **	495.778 **	202.057 **	4775.380 **	197.974 **
B × P × S	1	927.465 **	1975.446 **	121.500 **	242.825 **	3596.112 **	255.813 **
B × P × C	3	107.012 **	681.472 **	143.507 **	1021.668 **	880.300 **	597.308 **

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Source of Variation	DF	Mean Square					
		ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
		หญ้าร้างนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
B × S × C	3	360.241 **	28.849 *	929.997 **	100.947 **	2279.872 **	205.663 **
P × S × C	3	1381.376 **	442.846 **	192.910 **	116.148 **	1236.790 **	23.622 *
B × P × S × C	3	361.416 **	338.935 **	37.970 **	146.859 **	1209.480 **	65.087 **
Error	64	2.239	7.427	4.097	10.871	11.066	8.323
CV (%)		2.5	3.4	2.6	4.1	4.4	3.9

ns, *, ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่มี ชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวรากของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square					
		ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
		หญ้าร้างนก	ไมยราบยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
Treatment	31	4809.116 **	2353.048 **	1870.719 **	2402.402 **	11936.825 **	650.362 **
Cyanobacteria (B)	1	1326.478 **	125.675 ns	1833.652 **	2347.781 **	112582.492 **	152.485 **
Phase (P)	1	710.083 **	42.961 ns	3843.324 **	6292.567 **	6536.970 **	140.578 **
Solvent (S)	1	19.180 ns	281.124 *	1.733 ns	3269.117 **	15.974 ns	327.119 **
Concentration (C)	3	44993.574 **	20082.823 **	11272.436 **	11114.408 **	37352.204 **	4663.301 **
B × P	1	633.197 **	2682.666 **	2820.568 **	2676.221 **	1192.437 **	390.467 **
B × S	1	158.081 **	11.496 ns	4282.682 **	1319.054 **	650.000 **	92.610 **
B × C	3	686.326 **	322.827 **	422.153 **	641.372 **	22101.202 **	370.125 **
P × S	1	1.553 ns	957.859 **	1995.638 **	71.053 ns	1426.658 **	1.181 ns
P × C	3	488.737 *	11.452 ns	1052.353 **	2241.777 **	1140.213 **	214.743 **
S × C	3	86.720 **	108.173 ns	54.042 ns	764.409 **	6233.218 **	215.901 **
B × P × S	1	305.628 **	1694.952 **	652.501 **	16.575 ns	16879.450 **	48.920 **
B × P × C	3	577.182 **	864.950 **	345.939 **	2777.154 **	445.573 **	55.788 **

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

Source of Variation	DF	Mean Square					
		ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)					
		หญ้ารังนก	ไมขรบกยักษ์	ถั่วฝัก	ข้าว	ผักกาดขาวปลี	ถั่วเหลือง
B × S × C	3	721.132 **	75.555 ns	594.115 **	716.315 **	5527.472 **	12.810 **
P × S × C	3	582.332 **	323.587 **	356.158 **	437.229 **	847.598 **	97.947 **
B × P × S × C	3	506.791 **	593.221 **	90.202 **	801.360 **	3271.717 **	705.342 **
Error	64	10.941	54.338	20.217	22.427	75.070	2.612
CV (%)		5.6	11.2	6.3	6.1	10.9	1.9

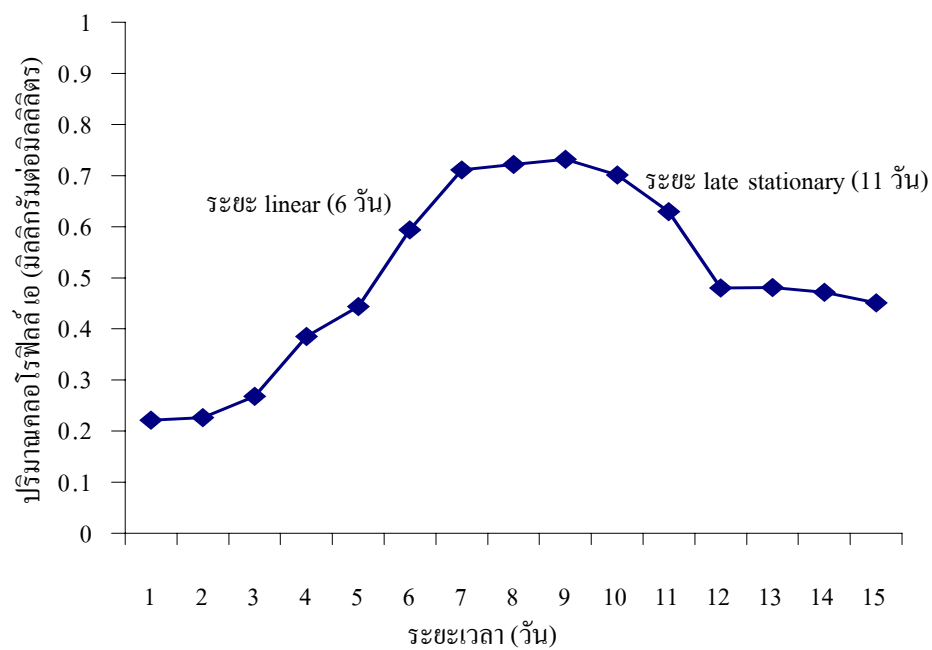
ns, *, ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย ชนิดของ
ไซยาโนแบคทีเรีย ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้น
แตกต่างกันต่อการเคลื่อนย้ายอิมัลชันในคลอโรพลาสต์ที่สกัดจากใบปวยเล้ง

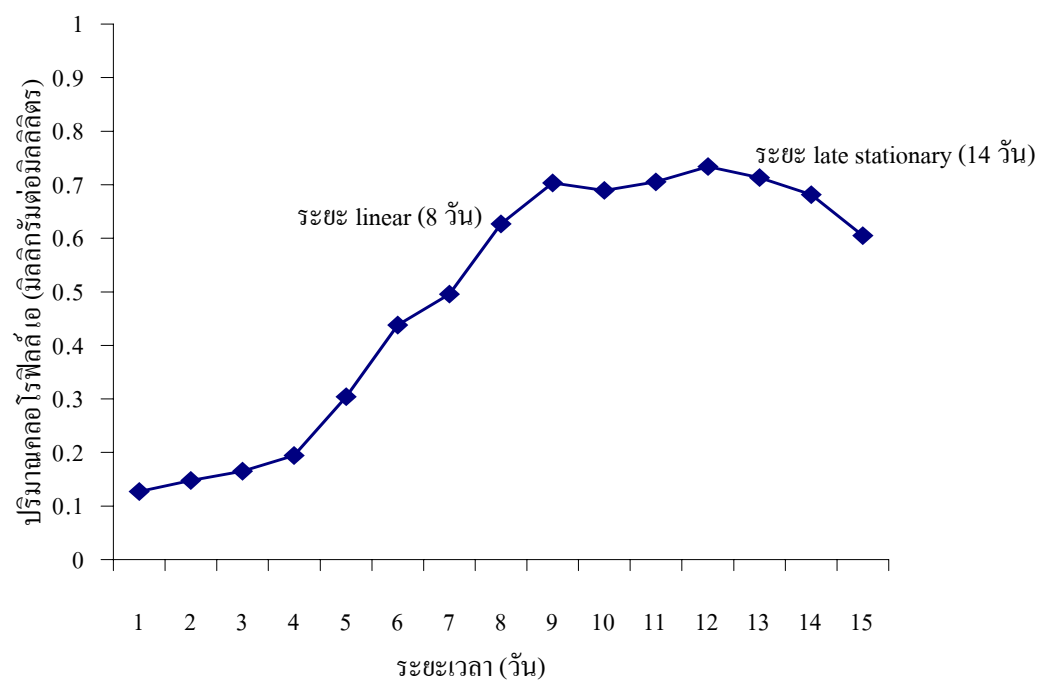
Source of Variation	DF	Mean Square
Treatment	79	3687.477 * *
Cyanobacteria (B)	1	1001.193 * *
Phase (P)	1	3312.666 * *
Solvent (S)	1	2868.826 * *
Concentration (C)	9	30294.038 * *
B × P	1	1.310 ns
B × S	1	89.438 ns
B × C	9	74.746 * *
P × S	1	739.101 * *
P × C	9	553.766 * *
S × C	9	217.742 * *
B × P × S	1	261.564 * *
B × P × C	9	23.973 ns
B × S × C	9	63.027 * *
P × S × C	9	184.979 * *
B × P × S × C	9	36.241 ns
Error	160	24.576
CV (%)	12.1	

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

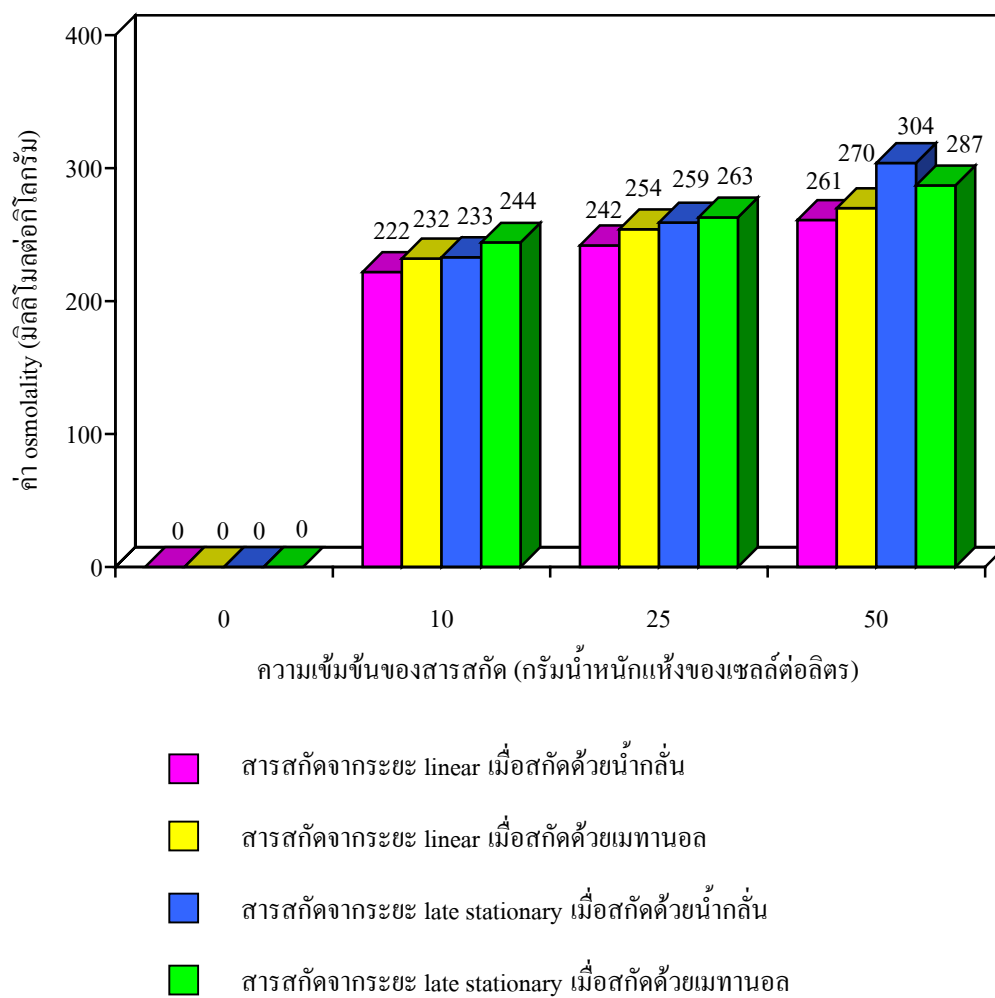
* * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์



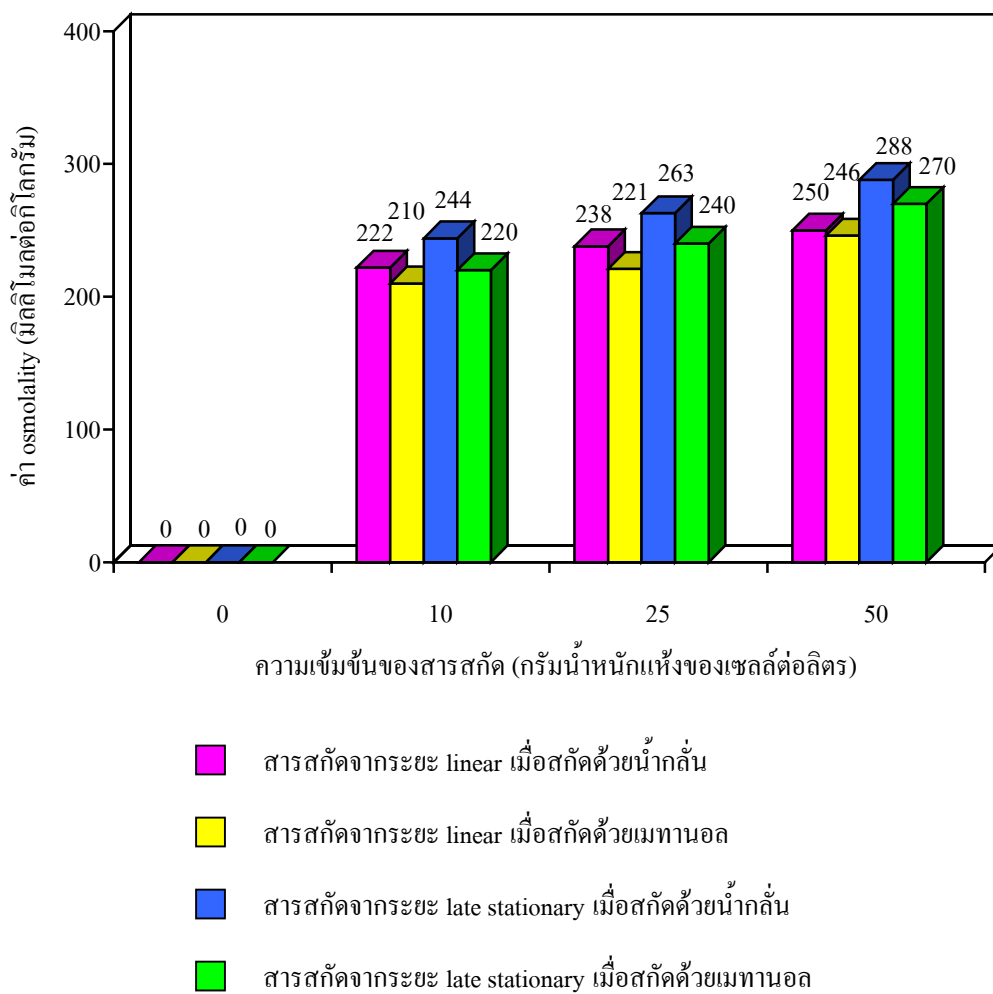
ภาพผนวกที่ 1 กราฟการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* (Thuret) Gomont TISTR 8215 แสดงด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระยะเวลา 0 - 15 วัน



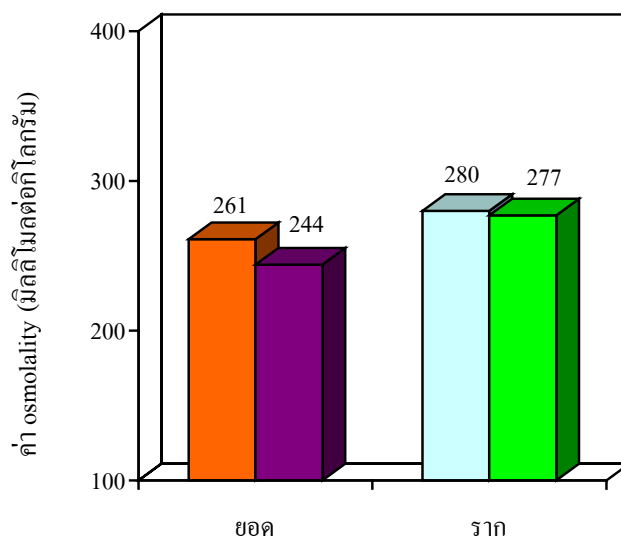
ภาพผนวกที่ 2 กราฟการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 แสดงด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระยะเวลา 0 - 15 วัน



ภาพผนวกที่ 3 ค่า osmolality ของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 ที่ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน

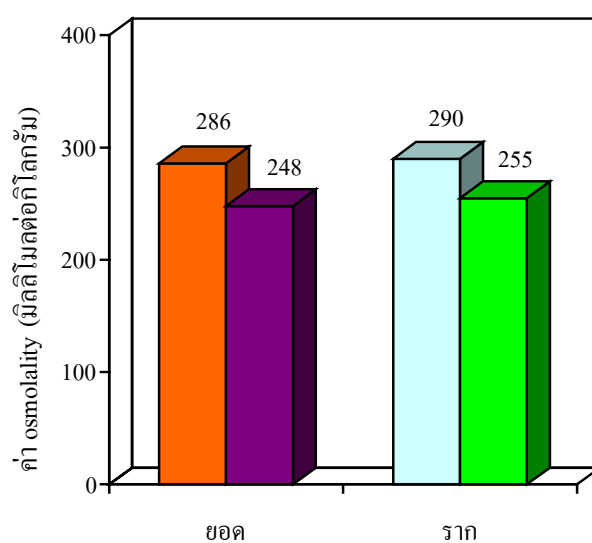


ภาพผนวกที่ 4 ค่า osmolality ของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. TISTR 8975 ที่ระยะการเจริญเติบโต ชนิดตัวทำละลาย และความเข้มข้นแตกต่างกัน



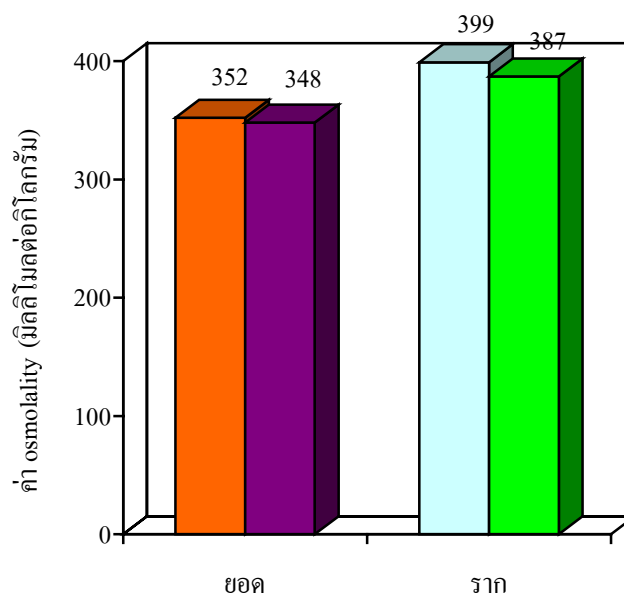
- ยอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- ยอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพผนวกที่ 5 ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้าไมยราบยักษ์ ในทรีทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล



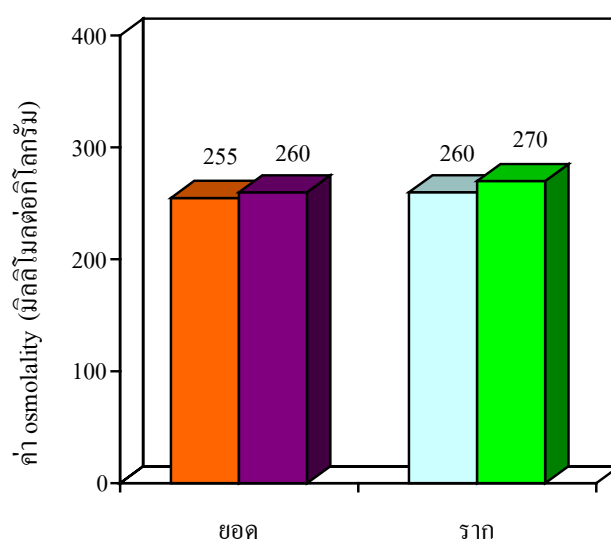
- ยอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- ยอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพผนวกที่ 6 ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้าถั่วฝัก ในทรีทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล



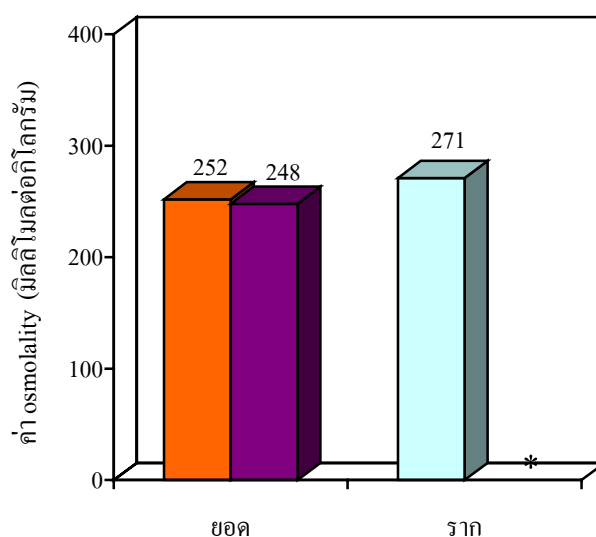
- ขอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- ขอดของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- รากของชุดควบคุมในทรีทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพผนวกที่ 7 ค่า osmolality ของส่วนขอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้าข้าว ในทรีทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล



- ยอดของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- ยอดของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- รากของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- รากของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล

ภาพผนวกที่ 8 ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้าผักกาดขาวปลี ในทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล



- ยอดของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น
- ยอดของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยเมทานอล
- รากของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น

ภาพผนวกที่ 9 ค่า osmolality ของส่วนยอดและรากของชุดควบคุมของต้นกล้าถั่วเหลือง ใน
ทริทเมนต์ของไซยาโนแบคทีเรีย *F. muscicola* TISTR 8215 และ *Fischerella* sp.
TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นและ
เมทานอล

หมายเหตุ * = ไม่สามารถวัดค่าของรากของชุดควบคุมในทริทเมนต์ของ *F. muscicola* TISTR
8215 และ *Fischerella* sp. TISTR 8975 ระยะ linear และระยะ late stationary
เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่น