บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ (Endophyte Actinomycete)

2.1.1 เอนโดไฟท์ (Endophyte)

Endophyte microbe เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช (plant tissue) ทั้งพืชบกและพืชน้ำ โดยมีช่วงหนึ่งของวงจรชีวิตอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช อาจอยู่ในส่วนของราก ลำต้น กิ่ง หรือ ใบ สามารถใช้ชีวิตร่วมกับพืชได้หลายรูปแบบ ความสัมพันธ์ระหว่างเอนโดไฟท์กับพืชมีหลายแบบด้วยกัน เช่น การอยู่ร่วมกันแบบ mutualism neutral symbiotic หรือ antagonistic pathogen โดยเอนโดไฟท์ เป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ (biological control) และเป็นแหล่ง metabolite สำหรับทางการแพทย์ การป้องกันโรคให้กับพืชอาศัย อีกทั้งเป็นต้นแบบในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ต่างๆ ในธรรมชาติ บางชนิดนอกจากการผลิตสาร primary metabolite แล้วยังสามารถผลิตสาร secondary metabolite ในกลุ่มของสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการเจริญของ จุลินทรีย์ก่อโรค เช่น ต้านเชื้อรา (antifungal) และ ต้านแบคทีเรีย (antibacterial) ที่ก่อโรคในคน สัตว์ หรือในพืช (Brunner and Pertrini, 1992)

จุลินทรีย์เอนโดไฟท์เป็นเชื้อที่ไม่ทำอันตรายต่อพืชอาศัย และยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ และในทางตรงกันข้ามยังช่วยต้านทาน หรือป้องกันการเกิดโรคพืชบางชนิดให้กับพืชอาศัย จุลินทรีย์เอนโดไฟท์ประกอบด้วยแบคทีเรีย รา และ แอคติโนมัยซีท สามารถพบได้ในพืชทุกชนิด มีการศึกษาในด้านการคัดแยกเชื้อเอนโดไฟท์กันอย่างแพร่หลายในพืชหลากหลายชนิด ในปี 1997 ได้มีการคัดเลือกแบคทีเรียที่อาศัยในเนื้อเยื่อพืช (endophyte) โดยคัดเลือกมาจากพืชที่สมบูรณ์ปราศจากโรค และแมลง พบแบคทีเรียเอนโดไฟท์ทั้งหมด 129 สปีชี่ส์ และได้นำเสนอไปแล้วมากกว่า 54 จีนัส (Hallmann *et al*., 1997) แอคติโนมัยซีทเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถพบได้โดยทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ทั้งใน อากาศ ดิน แหล่งน้ำ ตะกอน และบริเวณรากพืช แม้กระทั่งในเนื้อเยื่อพืช แอคติโนมัยซีทเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ สามารถสร้างสารที่เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุของโรคพืช สร้างสารส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืช ผลิตเอนไซม์ใช้ย่อยสลายอินทรีย์สาร และมีบางชนิดมีประโยชน์ในแง่ของการตรึงไนโตรเจน (Valois *et al*., 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 แอคติโนมัยซีท (Actinomycete)

แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ คือ เชื้อแอคติโนมัยซีทที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช เช่น ใบ กิ่ง และราก เป็นต้น แอคติโนมัยซีทเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์เซลล์เดียว เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ที่มีค่า GC-content สูง มีลักษณะเป็นเส้นสาย หรือเส้นสายที่แตกแขนง มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับแบคทีเรียทั้งขนาดและรูปร่าง มีเซลล์แบบ prokaryotes (ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส) อัตราการเจริญของแอคติโนมัยซีทจะช้ากว่าแบคทีเรียและเชื้อรา (Waksman *et al*., 1967)

แอคติโนมัยซีทพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ในดิน น้ำ อากาศ อาหาร และในพืช แหล่งที่พบมากได้แก่บริเวณที่มีการสะสมสารอินทรีย์ เช่น ดินที่เพาะปลูก วัตถุเน่าเปื่อย โคลน ตะกอนในแม่น้ำ ใต้ทะเล ดินบริเวณน้ำพุร้อน หรือป่าชายเลน นอกจากนี้ยังพบมากในดินบริเวณรอบๆ รากพืช (rhizosphere) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแอคติโนมัยซีทในกลุ่ม *Streptomyces* และ *Nocardia* และในชิ้นส่วนของต้นพืชยังสามารถพบแอคติโนมัยซีท (endophytic actinomycete) ได้อีกหลายชนิดขึ้นอยู่กับพืชอาศัย จะเห็นได้ว่าสามารถพบแอคติโนมัยซีทได้ทั่วไป โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมปริมาณของแอคติโนมัยซีท คือ สภาพและปริมาณอินทรียวัตถุ ความเป็นกรดด่าง และระดับความชื้น อุณหภูมิ และฤดูกาลของพืชอาศัย (Porter, 1971)

แอคติโนมัยซีทเป็นเชื้อที่มีความสำคัญทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม เนื่องจากสามารถผลิตสาร Metabolite ได้หลายชนิด และยังสามารถผลิตสารที่เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืช และยังผลิตสารที่ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย

2.2 การจัดจำแนกเชื้อแอคติโนมัยซีท

แอคติโนมัยซีท แบ่งออกได้เป็น 8 กลุ่ม ตาม Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Holt *et al*., 1994) ซึ่งได้แก่ group 22 – group 29 (ส่วนในกลุ่มที่ 1 – 21 นั้นเป็นกลุ่มของแบคทีเรีย) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

Group 22 Nocardioform Actinomycetes

เป็นกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างกัน สร้างเส้นใยสายสั้นๆ บางจีนัสสร้าง aerial mycelium และอาจสร้างสปอร์เป็นสายโซ่ แยกความแตกต่างของจีนัสโดยใช้องค์ประกอบของผนังเซลล์ และสาร mycolic acid ที่พบภายในเซลล์และลักษณะทางเคมีอื่นๆ ประกอบ แบ่งได้ 4 subgroup คือ

Subgroup 1 Mycolic – containing bacteria

Subgroup 2 *Psuedonocardia* และ related genera

Subgroup 3 *Nocardioides* และ Terrabacter

Subgroup 4 *Promicromonospora* และ related genera

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Group 23 Genera with multilocular sporangia

แอคติโนมัยซีทในจีนัสนี้สร้างเส้นใยที่มีผนังกั้นตามขวาง สปอร์ที่มีลักษณะทรงกลม อาจเคลื่อนที่ได้ เช่น *Dermatophilus* และ *Geodermmatophilus* หรือเป็นแบบไม่เคลื่อนที่ เช่น *Frankia*

Group 24 Actinoplanetes

สร้างเส้นใยที่คงทน (Stable filament) อาจจะมี aerial mycelium น้อยถึงไม่มีเลย สร้างสปอร์ที่เคลื่อนที่ได้อยู่ในสปอร์แรงเจีย เช่นในจีนัส *Actinoplanes, Ampullariella, Dactylosporangium* และ *Pilimelia* หรืออาจจะสร้างสปอร์เดี่ยวๆ ไม่เคลื่อนที่ เช่น *Micromonospora* หรือในบางกรณีสร้างสปอร์ที่เป็นสายโซ่สั้นๆ เช่น Catrllaspola ผนังเซลล์ของแอคติโนกลุ่มนี้ ประกอบด้วยสาร diaminopimelic acid แบบ *meso* - DAP และ glycine เมื่อวิเคราะห์น้ำตาลพบว่าเป็นน้ำตาล arabinose และ xylose

Group 25 Streptomycetes and related genera

เป็นกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างกัน มีผนังเซลล์ที่ประกอบไปด้วย aminopimelic acid แบบ *LL* – DAP และ glycine บน aerial mycelium สร้างสปอร์ต่อกันเป็นสายโซ่ เช่น ในจีนัส *Streptomyces* และ *Streptoverticillium* ส่วนจีนัสอื่นๆ เช่น *Intrasporangium, Kineosporia* และ *Sporichthya* สร้าง aerial mycelium น้อยหรือไม่สร้างเลย และสปอร์มีหลายรูปแบบ

Group 26 Madolomycetes

มีการสร้างเส้นใยที่คงทนและสร้างสปอร์แบบไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น จีนัส *Microbispora* (สร้าง 2 spores/chain) *Microtetraspora* (สร้าง 4 spores/chain) และ *Actinomadura* (มากกว่า 2 spores/chain) ส่วนจีนัสอื่นๆ สร้างสปอร์ใน sporangia พบใน *Streptosporangium* ผนังเซลล์ของแอคติโนมัยซีทในกลุ่มนี้ ประกอบด้วยสาร *meso* – DAP แอคติโนมัยซีทกลุ่มนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 subgroup คือ

Subgroup 1 Streptosporangium และ related genera

Subgroup 2 Actinomadura

Group 27 Thermomonospora and related genera

มี aerial mycelium เป็นเส้นใยแบบคงทน สร้างสปอร์เป็นคู่ ซึ่งอยู่เดี่ยวๆ ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี เช่น แอคติโนมัยซีทในกลุ่ม *Thermomonospora* กลุ่มที่สร้างสปอร์เป็นสายโซ่ พบใน *Actinosynnema* และ *Nocardiopsis* ในบางกลุ่มสร้างโครงสร้างที่คล้ายสปอร์แรงเจีย พบใน *Streptoalloteichus* ผนังเซลล์แอคติโนมัยซีทในกลุ่มนี้ประกอบด้วย *meso* – DAP ไม่พบ amino acid และน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Group 28 Thermoactinomycetes

มีการสร้างเส้นใยที่คงทน และสร้างสปอร์แบบเดี่ยวๆ บน aerial mycelium และ substrate mycelium แอคติโนมัยซีทในกลุ่มนี้พบเพียงแค่จีนัสเดียวคือ *Thermoactinomyces* ทุกสปีชี่ย์เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (thermophilic) ผนังเซลล์ประกอบด้วยสาร aminopimelic acid แบบ *meso* – DAP แต่ไม่พบสาร amino acid หรือ น้ำตาลชนิดอื่นๆ

Group 29 Other genera

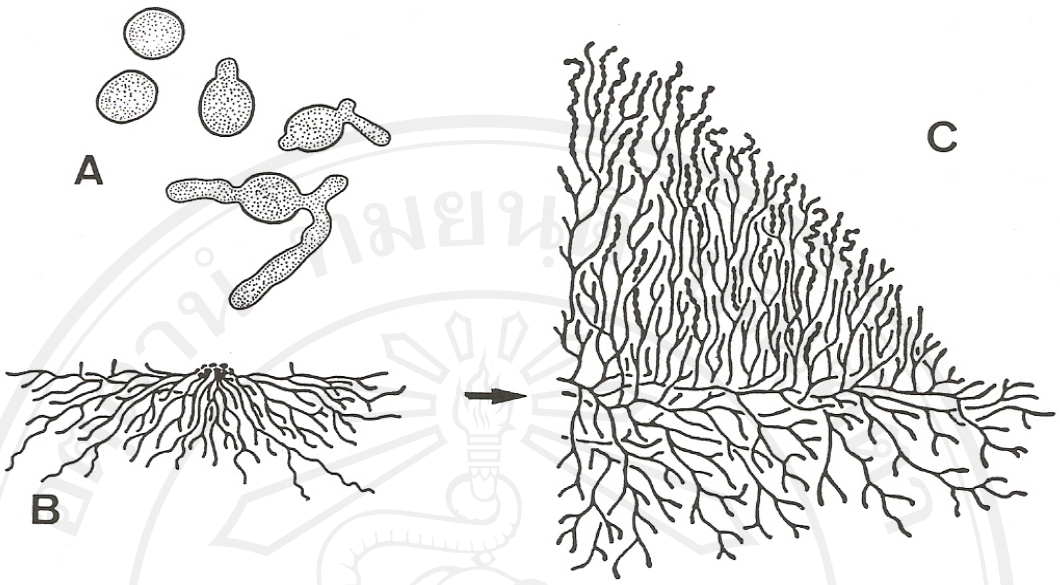
แอคติโนมัยซีทในกลุ่มนี้มี 3 จีนัส ซึ่งมีลักษณะไม่เหมือนกับแอคติโนมัยซีทในกลุ่มอื่นๆ สร้าง aerial mycelium ที่มีสปอร์เป็นสายโซ่ ไม่พบสาร mycolic acid ในเซลล์ ได้แก่ *Glycomyces, Kitasatosporia* และ *Saccharotrix*

2.2.1 ลักษณะทางสัณฐานของแอคติโนมัยซีท (Morphology of actinomycete)

2.2.1.1 การสร้างตัวของโคโลนี (Formation of colonies)

โคโลนีของแอคติโนมัยซีทสร้างมาจากเส้นใย (mycelium) การเจริญของโคโลนีจะเริ่มตั้งแต่การใส่เชื้อ คือ single spore, sporangium และชิ้นส่วนของเส้นใย ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม เชื้อที่ใส่ลงไปจะมีการพัฒนาขั้นแรกโดยมีการสร้าง substrate mycelium หรือที่รู้จักกันในชื่อ primary หรือ vegetative mycelium การเจริญของเส้นใยจะเจริญลงในแนวดิ่งแทงทะลุลงไปบนอาหารเลี้ยงเชื้อและจะสร้าง secondary mycelium หลังจากนั้นจะสร้าง aerial mycelium ชูขึ้นไปเหนือผิวหน้าอาหาร (ภาพที่ 1) (Kalakoutskii and Agre, 1976) ความแตกต่างระหว่าง aerial mycelium เป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และ substrate mycelium เป็นเส้นใยที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถจำแนกได้ง่ายโดยการส่องดูใต้กล้อง light microscope โดยใช้ชิ้นส่วนของเชื้อวางบน cover slip พบว่า substrate mycelium จะมีลักษณะโปร่งแสงภายใต้ phase-dark ส่วน aerial mycelium จะมีการหักเหของแสงภายใต้ phase-bright แต่มีแอคติโนมัยซีทบางสายพันธุ์ที่ไม่สร้าง aerial mycelium เช่น *Micromonospora* หรือ *Actinoplanes* อาจเป็นเพราะระยะการเกิด aerial mycelium ในวงจรชีวิตถูกจำกัดทำให้มีการสร้าง aerial mycelium ที่สั้น เช่นในกรณีของเชื้อ *Sporichthya*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 การพัฒนาของเส้นใยในเชื้อ *Streptomyces*

(A) การงอกของสปอร์ (B) ลักษณะการเกิดของเส้นใยใต้ผิวอาหาร (C) ลักษณะการเจริญของโคโลนีและสปอร์บนเส้นใยเหนืออาหาร

ที่มา : Vobis, 1981; Wildermuth, 1970

ลักษณะของโคโลนีอาจจะมีแบบยกตัวขึ้น (raised) หรือ แบนเรียบ (flat) บางครั้งอาจจะมีลักษณะคล้ายหนัง (leathery layer) ซึ่งมีตั้งแต่อ่อนนุ่ม และ เหนียวไปจนถึงแข็งมาก สีของโคโลนีมีตั้งแต่สีขาว (white), เหลือง (yellow), ส้ม (orange), แดงกุหลาบ (rose), แดง (red), ม่วง (purple), น้ำเงิน (blue), เขียว (green), น้ำตาล (brown) และดำ (black) ผิวหน้าของโคโลนีอาจมีลักษณะ smooth, ridged, wrinkled, granular หรือ squanmous ขนาดของโคโลนีขึ้นอยู่กับสปีชี่ส์ อายุ และสภาวะการเจริญเติบโต ซึ่งจะมีขนาดต่างๆ ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลางระดับมิลลิเมตรไปจนถึงเซนติเมตร

2.2.1.2 ชนิดของการเกิดสปอร์ (sporulation type)

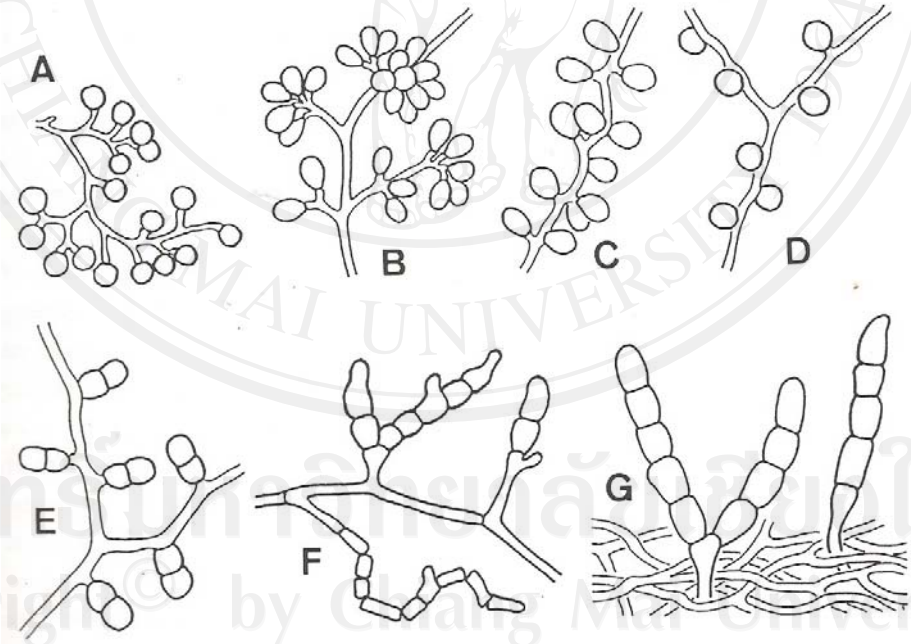
แอคติโนมัยซีทสร้างสปอร์จากโครงสร้างพื้นฐาน 3 แบบ คือ แบบสปอร์เดี่ยว (single spore) แบบเป็นสายโซ่ (chains) หรือ sporangia

1. การสร้างสปอร์เดี่ยว (single spore)

รูปแบบการสร้างสปอร์เดียวนี้เรียกว่า monosporus รูปแบบนี้จะพบเป็นจำนวนมากในกลุ่มเชื้อทั่วไป (ภาพที่ 2) เช่นจีนัส *Micromonospora* พบว่า sporophores จะเกิดขึ้นบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

substrate mycelium สปอร์จะมีลักษณะอยู่บนกิ่งสั้นๆ และจะเกิดการรวมตัวกันเป็นช่อ โดยการเกิดของ sporulation เริ่มจากเกิดการบวมบริเวณส่วนปลายของ hypha หลังจากนั้นจะมีการสร้าง septum และตามไปด้วยการสร้างผนังของสปอร์ ส่วนจีนัส *Thermomonospora* จะสร้างสปอร์เดี่ยวบน aerial mycelium ตรงบริเวณปลายของ sporophores มีทั้งที่แบบแตกกิ่ง และไม่แตกกิ่ง การแตกกิ่งซ้ำอีกครั้งจะนำไปสู่การสร้างตัวของกลุ่มสปอร์ การเกิด sporulation อาจเกิดได้ใน substrate hyphae เชื้อที่มีการสร้างสปอร์แบบเดี่ยวอีกชนิดคือจีนัส *Saccharomonospora* ซึ่งจะพัฒนาและสร้างสปอร์เดี่ยวบน aerial mycelium ส่วน sporophores ไม่มีการแตกกิ่ง และจะสร้าง ovoid spores บริเวณปลายสั้นๆ ของมัน (Cross, 1970 ; McCarthy, 1989a ,b) และจีนัส *Thermoactinomyces* มีการพิจารณาว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับจีนัส *Bacillus* มากกว่าแอคติโนมัยซีทชนิดอื่นๆ การเกิดของ hyphae เหมือนกับการเกิดใน sporoactinomycete และจีนัส *Thermoactinomyces* มีลักษณะเหมือนจีนัส *Bacillus* คือ จะสร้าง true endospore ที่ทนต่อความร้อนสูง และมีแคลเซี่ยมสูง มีการสร้างสปอร์บน substrate mycelium และ aerial mycelium (Lacey, 1989)



ภาพที่ 2 ลักษณะของสปอร์แบบเดี่ยว (single spore) และสปอร์สายสั้น (short chains)
Monospora : (A) *Micromonospora*, (B)*Thermomonospora*,
(C) *Saccharomonospora*,(D) *Thermoactinomyces*
Dispora : (E) *Microbispora*
Oligosporous : (F) *Nocardia brevicatena*, (G) *Catellatospora*
ที่มา : Vobis, 1981; Wildermuth, 1970

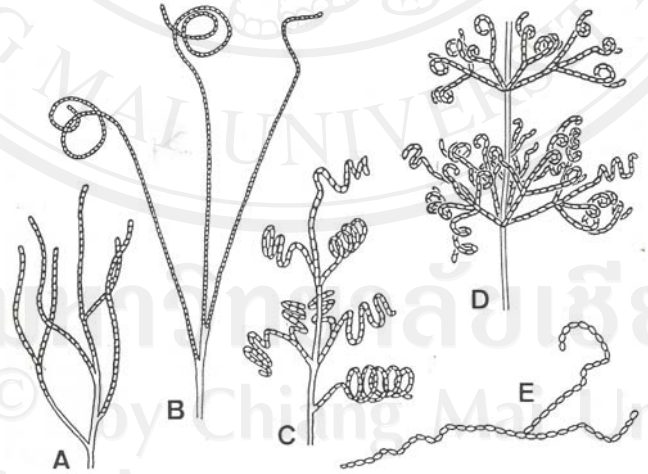
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การสร้างสปอร์แบบสายโซ่ (chain)

รูปแบบการสร้างสปอร์แบบสายโซ่ เกิดจากเส้นใยของ hyphae โดยจะมีการแบ่งผนังเซลล์ออกเป็นช่องๆ และแต่ละช่องสามารถเปลี่ยนเป็นรูปไปเป็นสปอร์ได้ การสร้างสปอร์แบบนี้เกิดขึ้นในกลุ่มแอคติโนมัยซีทส่วนใหญ่ สปอร์แบบสายโซ่สามารถแบ่งตามสัณฐานวิทยา คือ ความยาวหรือจำนวนสปอร์

สายโซ่แบบ dispora จะมีสปอร์เป็นคู่ คือ จีนัส *Microbispora* เป็นตัวแทนของสปอร์กลุ่มนี้ ลักษณะของสปอร์คือ สปอร์มีลักษณะทรงกลมรูปไข่ 2 สปอร์ต่อกัน จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 ไมโครเมตร และจะมีความหนามากกว่า hyphae ของโคโลนี 3–4 เท่า ซึ่งจะอยู่บน aerial mycelium หรืออยู่บน sporophores ที่สั้นๆ (ภาพที่ 2) การสร้างสปอร์จะเริ่มจากการแตกหน่อด้านข้างความยาวของ hypha ทำให้เกิดกิ่งสั้นๆ ด้านข้าง หลังจากนั้นจะเกิดการพองบวมขึ้นและแบ่งตัวออกจากศูนย์กลาง

แอคติโนมัยซีทที่สร้างสปอร์แบบ Oligosporous จะสร้างสปอร์แบบสายโซ่สั้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีประมาณ 7 ถึง 20 สปอร์ต่อโซ่ อย่างน้อยที่สุดต้องมี 3 สปอร์ แม้ว่าบางสปีชี่ส์อาจสร้างสปอร์ได้มากถึง 30 สปอร์ เช่นในสปีชี่ย์ *Nocardia brevicatena* จะสร้างสปอร์สายโซ่สั้นตั้งแต่ 2-7 สปอร์ ทั้งใน substrate และ aerial mycelium sporophores และสายโซ่สปอร์จะมีการแตกกิ่งเกิดขึ้นด้วย (ภาพที่ 2) ในสปีชี่ย์ *Sacoharopolyspora rectirtrgula* (Korn-Wendisch *et al*., 1989)



ภาพที่ 3 ลักษณะของสปอร์สายยาว (long chain)
Streptomyces: (A) *Rectiflexibiles* type, (B) *Retinaculiaperti* type,
(B) *Spira* type (D) *Verticillati* type *Nocardiopsis*: (E) fragmenting branched aerial hypha

ที่มา : Hutter, 1967

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แอคติโนมัยซีทที่มีการสร้างสปอร์แบบสายโซ่ยาว (polysporous) จีนัส *Streptomyces* เป็นตัวอย่างที่ดีในการศึกษาสปอร์ในกลุ่มนี้ เนื่องจากจะสร้างสปอร์สายโซ่ยาวโดยมีสปอร์มากกว่า 50 สปอร์ (Cross, 1970) โดยจะสร้างสปอร์บน aerial mycelium และสามารถจำแนกลักษณะของสายสปอร์ดังนี้ (ภาพที่ 3)

A. *Rectiflexibiles*: สายโซ่ของสปอร์เป็นแบบเส้นตรง (straight) หรือเป็นแบบโค้งงอ (flexuous) อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

B. *Retinaculiaperti*: สายโซ่จะเป็นห่วง (hooks) แบบห่วงเปิดแบบสั้น หรือม้วนเป็นวงกลมประมาณ 1-3 วง

C. *Spira*: สายโซ่สปอร์แบบเกลียว (spirals) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ a) แบบปิด และเกลียวอัดกันแน่น b) แบบเปิด เกลียวยาวและขยายออก

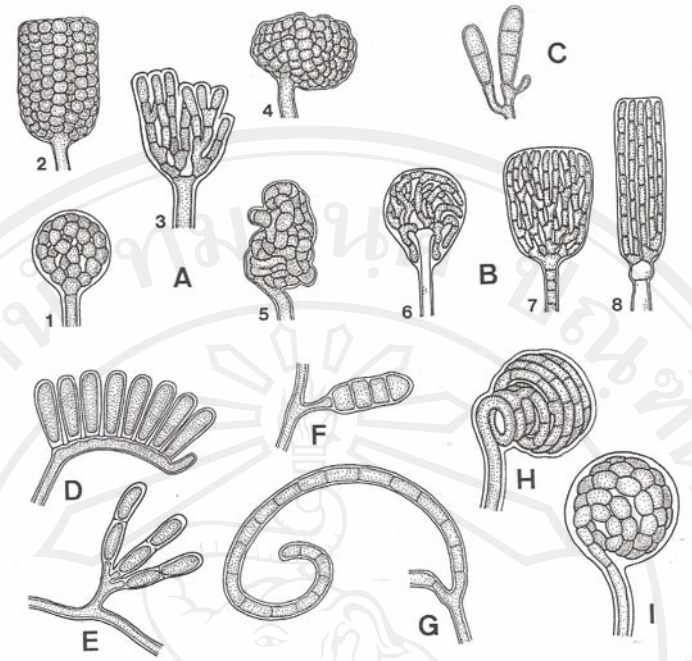
D. *Verticillati*: สายโซ่สปอร์ปืนแบบเกลียวก้นหอย และมีการแตกกิ่งออกมาเหมือนร่ม

จีนัส *Nocardiopsis* ก็มีการสร้างสปอร์แบบสายโซ่ยาว ซึ่งจะมีการสร้าง aerial hyphae เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปเส้นตรง (straight), โค้งงอ (flexuous) หรือ ซิกแซก (zigzag) ชิ้นส่วนของสปอร์ที่สมบูรณ์จะมีความยาวหลายขนาด (Meyer, 1989b)

3. การสร้างสปอร์ภายใน sporangia

มีหลายจีนัสที่มีความแตกต่างกันในการสร้างเยื่อหุ้มสปอร์ใน Sporangia ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายถุง และสปอร์จะมีการพัฒนาอยู่รวมกันภายในถุงนี้จนกว่าจะถูกปล่อยออกไป sporangia มีความแปรผันทั้งในเรื่องของขนาดและรูปร่าง ขนาดของ sporangia จะอยู่ระหว่าง 2–50 ไมโครเมตร ซึ่งโดยปกติแล้วมักจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 ไมโครเมตร และรูปร่างจะมีทั้งแบบ cylindrical, clavate, tubular, bottle-shaped, campanulate, digitate, irregular, lobare, umbelliform, pyriform หรือ globose (ภาพที่ 4) การสร้าง sporangia จะสร้างบน aerial mycelium และ substrate mycelium

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 ลักษณะการสร้างสปอร์ภายใน sporangia

การสร้าง sporangia จะสร้างบน aerial mycelium

(A) *Actinoplanes* (including *Ampullariella*) : polysporous, 1) globose, 2) cylindrical, 3) lobate, 4) subglobose, 5) irregular; (B) *Pilimelia* : 6) ovoid, 7) campanulate, 8) cylindrical; (C) *Dactylosporangium* : oligosporous, claviform.

การสร้าง sporangia จะสร้างบน substrate mycelium

(D) *Planomonospora* : monospora, clavate; (E) *Planobispora* : disporous, cylindrical; (F) *Planotetraspora* : tetrasporous, cylindrical; (G) *Planopolyspora* : polysporous, tubular; (H) *Spirillospota* : polysporous, globose; (I) *Streptosporangium* : polysporous, spherical

ที่มา : Vobis, 1981; Wildermuth, 1970

4. โครงสร้างในการสืบพันธุ์แบบอื่นๆ

การเกิดของสปอร์บางชนิดยากที่จะจัดจำแนก เนื่องจากมีความแตกต่างในสัณฐานวิทยา ซึ่งกรณีนี้รวมไปถึง hyphae ของจีนัส *Intersporangium* ซึ่งจะมีถุง vesicle อยู่ระหว่างกลางและในบริเวณส่วนปลาย ซึ่งแต่ละอันก็จะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่พิเศษเฉพาะในแต่ละอัน (Kalakoutskii, 1989) Thick-walled chlamydospores สามารถพบได้ในเส้นใยของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Actinosporangium violaceum (Krasil'nikov, 1981) โครงสร้างสปอร์แบบ globose bodies และ spherical พบแค่เพียง 2 จีนัส คือ *Dactylosporangium* และ *Catellatospora* (Thiemann *et al*., 1967a ; Asano *et al*., 1989) ในจีนัส ที่มีการสร้าง sporangia เช่น *Actinoplanes*, *Ampullariella* และ *Pilimelia* เหล่านี้จะสร้าง sporangia ที่ไม่สมบูรณ์ โดย sporogenous hyphae ยังคงจะมีการสร้างตัวอยู่บนบริเวณส่วนปลายของ hyphae แต่พบว่าไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ ถ้าหาก sporogenous hyphae เป็นแบบ fragment จะทำให้สปอร์จัดเรียงเป็นแถว และสปอร์ที่มีการพัฒนาแบบอิสระนี้จะไม่มีการสร้าง flagella ดังนั้นจึงเรียกว่า conidia ในขณะที่ supporting hyphae จะถูกเรียกว่า conidiophores (Couch, 1963 ; Vobis, 1992) ซึ่งลักษณะที่คล้ายกันนี้จะเกิดในจีนัส *Kibdelosporangium* ซึ่งจะมีโครงสร้างเหมือน Sporangium (Shearer *et al*., 1989)

2.2.2 ลักษณะทางเคมีที่ใช้ในการจัดจำแนกแอคติโนมัยซีท (Chemical grouping of actinomycete)

การตรวจวิเคราะห์ทางเคมีมีความจำเป็นเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างเชื้อแอคติโนมัยซีทที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกันหรือในกรณีที่ไม่มีการสร้างสปอร์ (Lechevalier อ้างโดย Hasegawa *et al*., 1983) ได้เสนอการแบ่งกลุ่มของเชื้อแอคติโนมัยซีท โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และ ลักษณะส่วนประกอบของผนังเซลล์ คือ cell wall diaminopimeric acid isomer (A_2pm) และ whole-cell sugar ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางและใช้เป็น taxonomic markers โดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC) เพื่อใช้แยกความแตกต่างขององค์ประกอบผนังเซลล์ (cell wall type) คือ LL และ *meso* isomer ของ diaminopimelic acid (DAP) และความแตกต่างขององค์ประกอบของน้ำตาลที่ผนังเซลล์ (whole cell sugar pattern) เช่น galactose, arabinose, xylose, mannose, glucose, และ ribose เป็นต้น

ตารางที่ 1 รูปแบบขององค์ประกอบของน้ำตาลที่ผนังเซลล์ (whole cell sugar pattern)

Type	Diagnostic
A	galactose, arabinose
B	madurose, no arabinose or xylose
C	none
D	xylose, arabinose

ที่มา : อ้างอิงจาก Lechevalier and Lechevalier (1970)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 การจัดจำแนกและแบ่งกลุ่ม โดยใช้ลักษณะทางเคมี

Genera	A_2pm isomer	Whole-cell sugar pattern	Cell Wall Type
Streptomyces *Sporichthya* *Streptoverticillium* *Microellobospora* *Nocardioides*	LL	No characteristic sugar pattern	I
Actinoplanes *Micromonospora* *Ampullariella* *Dactylosporangium,* *Amorphosporangium*	*meso*	D	II
Thermoactinomyces *Geodermatophilus* *Actinobifida* *Nocardiopsis*	*meso*	C	III
Dermatophilus, *Planomonospora,* *Streptosporangium,* *Microbispora,* *Spirillospora,* *Nocardiamadurae type - Actinomadura*	*meso*	B	III
Mycobacterium *Thermomonospora* *Nocardia* *Pseudocardia* *Micropolyspora*	*meso*	A	IV

ที่มา : อ้างอิงจาก Microbiologyprocedure (2009)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3 การผลิตเมลานินของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์

เมลานิน (melanin) หรือ เมลานอยด์ (melanoid) สามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางอนุกรมวิธาน (taxonomical) (Zonova, 1965; Aria and Mikami, 1972 อ้างโดย Dastager *et al*., 2006) สารประกอบเมลานิน มีรูปร่างของโครงสร้างไม่แน่นอน มีสีน้ำตาลดำ และสามารถผลิตได้ด้วยจุลินทรีย์หลากหลายชนิด โดยการ fermentative oxidation และมี radioprotection และ antioxidant properties และสามารถป้องกันเซลล์จาก ultraviolet radiation (Vinarov *et al*., 2002 อ้างโดย Dastager *et al*., 2006) เราสามารถใช้ประโยชน์ของเมลานิน ทางด้านยาในเภสัชกรรม และการผลิตเครื่องสำอาง

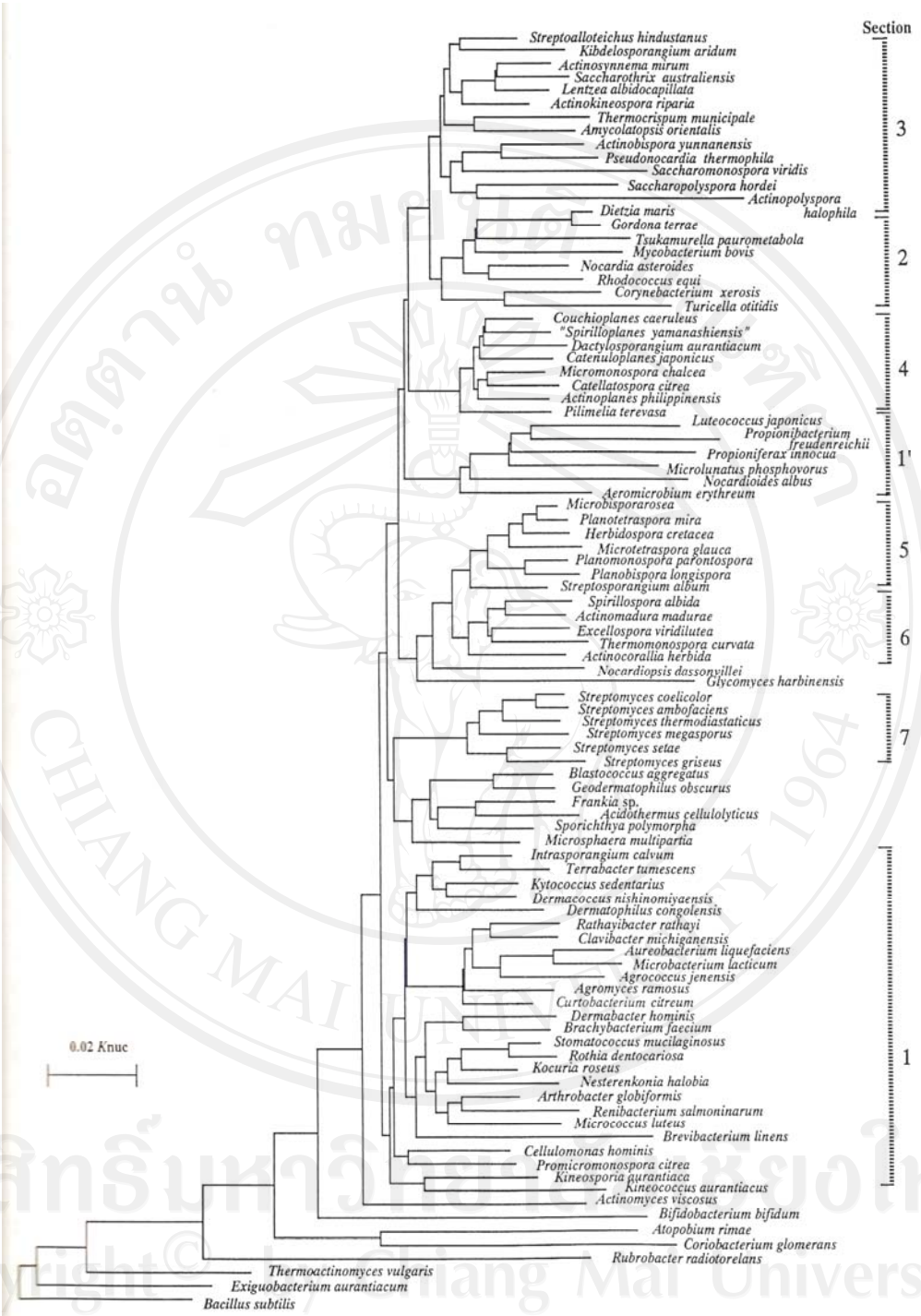
2.2.4 การจำแนกชนิดของแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ด้วยเทคนิคทางโมเลกุล โดยใช้เทคนิค 16S rDNA sequencing

DNA sequencing analysis คือ การตรวจหาการเรียงตัวของลำดับเบส เป็นการพิสูจน์ความแตกต่างของดีเอ็นเอโดยตรง โดยการเปรียบเทียบการเรียงตัวของเบสทั้งสี่ชนิด (A G C T) ที่เป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอ ผลที่ได้จากการทำ DNA sequence สามารถบอกได้ถึงการเปลี่ยนแปลงของลำดับเบสซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการเกิด transversion transition silent หรือ selected ของยีน และยังใช้เป็นเครื่องวัดระดับ nucleotide base (Takamatsu, 1998) การใช้เทคนิค DNA sequencing analysis ได้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ รวมทั้งการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (phylogenetic relationship) (นันพนา, 2549)

2.2.5 ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแอคติโนมัยซีท (Phylogenetic relationship of actinomycete)

ปัจจุบันได้มีความก้าวหน้าทางเทคนิคชีวโมเลกุล มาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตต่างๆ และพบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทมีความสัมพันธ์กับเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Micrococus* และ *Arthrobacter* และในแผนภูมิต้นไม้ (phylogenetic tree) ยังไม่สามารถแยกแอคติโนมัยซีทออกจากกิ่งของแบคทีเรียได้ ด้วยเหตุนี้ การศึกษาหาความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิค 16S rRNA sequence จึงมีความสำคัญมากที่นำมาใช้ในการจัดหมวดหมู่ของแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีท Yokota และ คณะ (1997) สามารถจำแนกแอคติโนมัยซีทและแอคติโนแบคทีเรียได้ทั้งหมด 102 จีนัส และนำมาสร้างแผนภูมิต้นไม้ได้ทั้งหมด 90 จีนัส (ภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อแอคติโนมัยซีท 90 จีนัส โดยใช้เทคนิค 16S rRNA sequence ที่มา : Yokota *et al*., 1997

2.3 การแยกเชื้อบริสุทธิ์และการจัดจำแนกชนิดของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์

การแยกแอคติโนมัยซีทบนอาหารที่จำเพาะผสมร่วมกับสารปฏิชีวนะเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียบางกลุ่มที่ไม่ต้องการ เพื่อให้เชื้อแอคติโนมัยซีทซึ่งเจริญเติบโตช้ากว่าที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อพืชสามารถเจริญออกมา การจำแนกชนิดของแอคติโนมัยซีทโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้แก่ ลักษณะโคโลนี โดยสามารถสังเกตด้วยตาเปล่า และตรวจดูลักษณะของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การสร้างสปอร์สามารถจำแนกเชื้อแอคติโนมัยซีทได้ในระดับจีนัส ส่วนในการจำแนกในระดับสปีชี่ส์ ต้องอาศัยการตรวจสอบหลายๆ ด้านประกอบกัน ได้แก่ ชนิดของกรดอะมิโนภายในผนังเซลล์ (DAP) ลักษณะของน้ำตาลใน whole cell hydrolysate และการตรวจสอบในระดับโมเลกุลเป็นต้น (Lechevalier, 1968 อ้างโดย Holt *et al*., 1994)

เริ่มมีการศึกษาแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ในศตวรรษที่ 19 และพิสูจน์ให้เห็นว่าแอคติโนมัยซีทที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชสามารถให้ประโยชน์แก่พืชได้ จากการศึกษาด้านการจำแนกแอคติโนมัยซีทพบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทที่อาศัยอยู่ในพืชและอยู่ร่วมกับปรสิต (parasites) หรือ saprophytes ส่วนมากจะอยู่ในกลุ่มของ *Streptomyces* และ *Microbispora* (Matsukma *et al*., 1994; Okazaki *et al*., 1995; Matsumoto *et al*., 1998)

Sardi และคณะ (1992) แยกเชื้อแอคติโนมัยซีทจากรากพืชจำนวน 28 ชนิด บนอาหาร starch casein medium ที่ผสมสารปฏิชีวนะ nystatin และ cycloheximide พบว่าเป็นเชื้อ *Streptomyces* มากที่สุด 482 ไอโซเลท รองมาคือ *Nocardia, Strepverticillum, Micromonospora* และ *Streptosporangium* จำนวน 4, 2, 1 และ 1 ไอโซเลท ตามลำดับ Takao *et al*., (1995) ได้แยกเชื้อแอคติโนมัยซีทจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว 8 ชนิด บนอาหาร salt agar medium ที่ผสม yeast และผสมสารปฏิชีวนะเช่นเดียวกับ Sardi และคณะ (1992) พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทที่ได้คือ *Streptomyces, Nocardia, Micromonospora, Actinomadura, Streptosporangium, Actinoplanes* และ *Thermonospora*

Shimizu และคณะ (2000) แยกแอคติโนมัยซีทจากราก ลำต้น และใบ ของต้น rhododendron บนอาหาร IMA-2 ที่ผสมสารปฏิชีวนะ amphotericin B, riphampin-viccillin solution และ heritage (Active in gradient : Azoxystrobin) หลังจากนั้นบ่มเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ พบเชื้อแอคติโนมัยซีทจำนวน 10 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคของ rhododendron จากการทดลองพบว่า ไอโซเลท R-5 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของโรค *Phytophthora cinnamoni* และ *Pestalotiopsis sydowiana* ดีที่สุดโดยสามารถสร้าง clear zone ซึ่งชี้ให้เห็นว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ และทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางเคมีพบว่า ไอโซเลท R-5 จัดอยู่ในจีนัส *Streptomyces*

Coombs และ Franco (2003) คัดเลือกแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ จากรากของข้าวสาลี ได้ทั้งหมด 38 สายพันธุ์ร พบว่าเป็นกลุ่มของ *Streptomyces*, *Microbispora*, *Micromonospora* และ *Nocardia* นอกจากนั้น Okazaki (2003) แยกเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์จากพืชทั่วไปได้ทั้งหมด 246 สายพันธุ์ร พบว่าเป็น *Streptomyces*, *Microbispora*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Actinomadura* จำนวน 97, 57, 23, 18 และ 4 สายพันธุ์ร ตามลำดับ Takahashi และ Omura (2003) ทำการแยกเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์จากใบไม้ร่วง 9 ชนิด ในพืชชั้นสูง พบว่า 32 สายพันธุ์ร เป็นกลุ่ม *Streptomyces* 33 สายพันธุ์ เป็นกลุ่มของ *Microbispora* และอื่นๆ อีก 10 สายพันธุ์ร ซึ่งเป็นกลุ่ม rare actinomycete

Hideyuki และคณะ (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางอนุกรมวิธาน (taxonomy) ของเชื้อแอคติโนมัยซีทที่แยกได้จากประเทศอินโดนีเซียและประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิคพื้นฐานทางโมเลกุลมาใช้ในการจัดจำแนกคือ 16S rDNA partial sequence homology ใช้เชื้อแอคติโนมัยซีททั้งหมด 1,128 ไอโซเลท ในแต่ละประเทศ จากการจัดจำแนกเบื้องต้นพบว่าประเทศอินโดนีเซียสามารถจำแนกได้ 790 ไอโซเลท และสามารถจำแนกได้ 9 families 23 genera 185 species และตัวอย่างแอคติโนมัยซีทจากประเทศญี่ปุ่นจำแนกเบื้องต้นได้ 981 ไอโซเลท จัดจำแนกได้ 9 families 22 genera 207 species

Chitti *et al*. (2004) แยกเชื้อแอคติโนมัยซีท สายพันธุ์ TT 1-11^{T} จากพืชในประเทศไทย ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological) ลักษณะทางเคมี (chemotaxonomic) สามารถจัดจำแนกอยู่ในจีนัส *Micromonospora* และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (phylogenetic) โดยใช้ 16S rDNA sequences เพื่อเป็นการยืนยัน จากการทดสอบพบว่ามีความคล้ายคลึงกับ *M. coerulea* และ Ying *et al*. (2006) แยกแอคติโนมัยซีท สายพันธุ์ GY1 ที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยละลาย poly (vinyl alcohol) จากดินบริเวณบริษัทสิ่งทอและโรงงานผลิต PVA ประเทศจีน และจัดจำแนกแอคติโนมัยซีท สายพันธุ์ GY1 ว่ามีความคล้ายกับ *Streptomyces venezuelae* โดยใช้เทคนิคทางโมเลกุล 16S rDNA sequence และผลตรวจสอบลักษณะทางทางสัณฐานวิทยา (morphological) และลักษณะทางกายภาพ (physiological) เช่นเดียวกับ Meguro *et al*. (2006) ได้จำแนก *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ MBR-52 ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล จากการเปรียบเทียบลำดับเบสของ 16S-rDNA พบว่ามีความคล้ายคลึงกับ *S. ciscaucasicus.* 99.6 เปอร์เซ็นต์ และ *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ S-76 มีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *Streptomyces griseorubiginosus.* มากที่สุดถึง 99 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดอะมิโนที่ผนังเซลล์แบบ LL-DAP

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบสารประกอบน้ำตาล arabinose, galactose, madurose (Cao *et al*.,2004) และ นันพนา (2549) ได้รายงานว่า จากการแยกเชื้อแอคติโนมัยซีท (AM 4/6) มีความคล้ายคลึงกับ *Streptomyces* sp. CHR28 99 เปอร์เซ็นต์

มีการศึกษาแยกเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากส้ม พบเชื้อ *Burkholderia cepacia, Citrobacter freundii, Achromobacter, Acinetobacter, Alaacligenes-Moraxella, Arthobacter, Bacillus, Corynebacterium, Enterobacter* และ *Pseudomonas* ที่แยกจาก xylem ของรากมะนาว (*Citrus jambhiri*) (Gardner *et al*.,1982-1985) เช่นเดียวกับ Araujo และ คณะ (2001) แยกแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากรากของส้มพบเชื้อ *Pantoea agglomerans, Bacillus pumilus* ในปี 2004 Lacava และคณะ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียเอนโด-ไฟท์ที่แยกได้จากส้มและแบคทีเรีย *Xylella fastidiosa* ที่เป็นสาเหตุของโรค citrus-variegated chlorosis สามารถแยกเชื้อเอนโดไฟท์ได้ดังนี้ *Bacillus pumilus, Curtobacterium flaaumfaciens, Enterobacter cloacae, Methylobacterium, M. mesophilicum, Nocardia* sp., *Pantoea agglomerans, Streptomyces* sp., และ *Xanthomonas campestris* เชื้อดังกล่าวนี้พบแอคติโนมัยซีทสองจีนัส นั้นแสดงให้เห็นว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทสามารถเข้าไปอยู่อาศัยภายในในต้นส้มได้

2.4 ความสำคัญของเชื้อแอคติโนมัยซีท

แอคติโนมัยซีท เป็นเชื้อที่มีความสำคัญทางการแพทย์และเภสัชกรรม เนื่องจากสามารถผลิตสาร metabolite และมีความสำคัญทางการเกษตร อุตสาหกรรม อีกทั้งยังมีความสำคัญทางนิเวศวิทยา นอกจากนี้แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ ยังสามารถผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น phytohormone, antibiotics, siderophores และกิจกรรมของแอคติโนมัยซีท ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช คือ nitrogen fixation, nutrient competition และ systemic disease resistance (Benhamou *et al*., 1998; Ramamoorthy *et al*., 2001; Bailey *et al*., 2006) แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์จึงมีความสัมพันธ์กับพืชในระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติ เราสามารถคัดเลือกแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ที่ผลิต bioactive compounds และนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมในด้านส่งเสริมการเจริญเติบโต และได้มีการจัดจำแนกกลุ่มของการผลิตสาร hormone-like จากแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ เช่น สาร toyocamycin หรือ เรียกอีกอย่างว่า cytokinin-like สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และสาร pteridic acid ซึ่งเป็นสาร auxin-like ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากเป็นต้น (Igarashi *et al*., 2002)

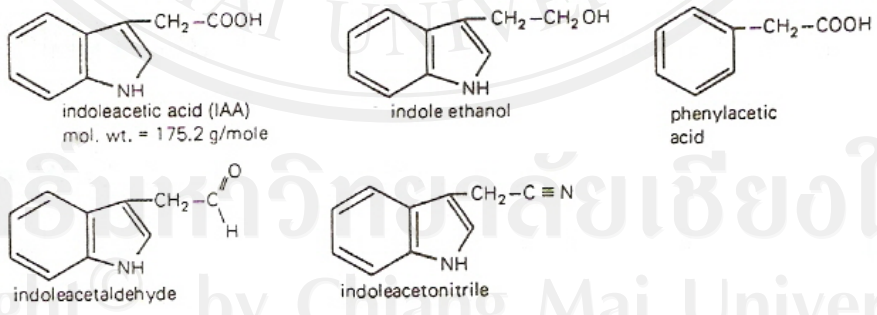
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 ฮอร์โมนพืช (ชวนพิศ, 2544)

หมายถึง อินทรีย์สาร ที่พืชสร้างขึ้นในบริเวณใด แล้วส่งไปออกฤทธิ์อีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรืออาจยับยั้งการเจริญเติบโตแล้วแต่ชนิดของฮอร์โมนนั้น ซึ่งฮอร์โมนแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน และมีกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกันด้วย ฮอร์โมนในปัจจุบันมีการใช้หลากหลาย ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นการสังเคราะห์ และอีกส่วนหนึ่งพืชจะสร้างขึ้นมาเอง

2.4.1.1 ออกซิน (auxin)

เป็นฮอร์โมนตัวแรกที่ค้นพบโดย Charles Darwin ในปี ค.ศ. 1880 ได้พบว่า ในพืชที่ทำให้เกิดการโค้งงอของส่วนยอดต้นพืช เป็นกลุ่มสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ และมีการแบ่งเซลล์ ทำให้ส่วนของพืชมีการเจริญเติบโตและยืดยาวขึ้น ส่วนใหญ่พืชสร้างออกซินอยู่ในรูปของสารเคมี ได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ปลายราก และตาที่กำลังเจริญในใบอ่อน และเอ็มบริโอ เมื่อสร้างขึ้นแล้วจะลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช อย่างมีทิศทาง สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารออกซินจะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน 2 ประการ คือ มี Unsaturated ring และ Acidic side chain ผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตของพืชจะกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ซึ่งมีการกระตุ้นให้สังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และโปรตีน นอกจากนี้มีการเร่งการขยายขนาดของเซลล์โดยเฉพาะขนาดของผนังเซลล์และกระตุ้นการสังเคราะห์สารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์เพื่อนำไปสร้างผนังเซลล์ใหม่ เท่าที่ยอมรับกันในปัจจุบันออกซินที่เกิดขึ้นในธรรมชาติมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ IAA (indole-3-acetic acid) ซึ่งเป็นกลุ่มพบมากที่สุด, 4-chloro IAA (4-chloro-indoleacetic acid), PAA (phenylacetic acid) (ภาพที่ 6)



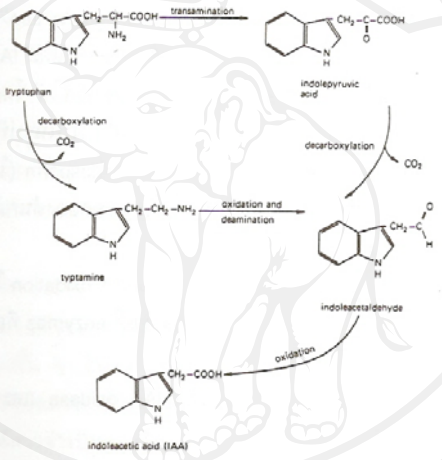
ภาพที่ 6 รูปร่างโมเลกุลของออกซินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสารตั้งต้นของออกซิน

ที่มา : นภดล (2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยปกติออกซินสามารถเร่งการเจริญเติบโตทุกส่วนของพืช ซึ่งแต่ละส่วนพืชจะมีการตอบสนองต่อออกซินในปริมาณที่เท่ากันแตกต่างกันออกไป เมแทบอลิซึมของออกซิน ออกซินที่พบภายในพืช ส่วนใหญ่จะเป็นสารที่เรียกว่า Indole-3-acetic acid ซึ่งสารดังกล่าวสามารถสกัดได้จากเซลล์ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ อีเธอร์ เอทิลแอลกอฮอล์ และโคโรฟอร์ม เป็นต้น ในการสังเคราะห์ออกซินจะเกิดจากกรดอะมิโนที่ชื่อว่า tryptophan โดยครั้งแรก tryptophan จะเปลี่ยนเป็น indolepyruvate จะเกิดการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก indolepyruvate ทำให้กลายเป็น indoleacetadehyde จากนั้นจะถูกออกซิไดซ์ให้เป็น IAA (ภาพที่ 7)



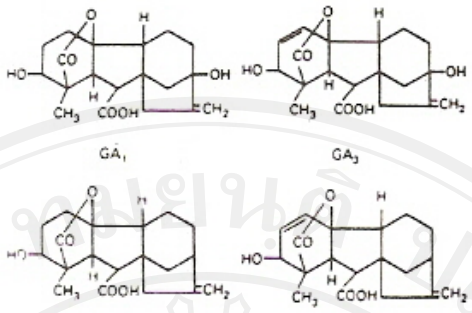
ภาพที่ 7 การสังเคราะห์ออกซิน

ที่มา : นภดล (2536)

2.4.1.2 จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

ค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1980 โดยชาวนาญี่ปุ่น เริ่มโดยการสังเกตพบว่าต้นกล้าของข้าวมีลักษณะสูงชะลูดผิดปกติ อ่อนแอ และไม่ออกดอก และตายก่อนเจริญเติบโต ต่อมาในปี ค.ศ. 1926 Kurosawa พบว่าข้าวชนิดนี้เกิดจากเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* เชื้อรานี้จะสร้างสารปลดปล่อยสู่พืชหรืออาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งสารนี้มีผลกระตุ้นต่อความยาวของลำต้นพืช และในปี ค.ศ. 1935 Yabuta สามารถสกัดสารที่มีฤทธิ์ดังกล่าว และให้ชื่อว่า จิบเบอเรลลิน โครงสร้างของจิบเบอเรลลินประกอบด้วยคาร์บอน 19 หรือ 20 อะตอม และมี carboxyl group อย่างน้อยหนึ่งกลุ่มเป็นส่วนประกอบ (ภาพที่ 8) จิบเบอเรลลินใช้ตัวย่อ GA และตามด้วยเลขกำกับ เช่น GA_1, GA_2, GA_3 เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 รูปร่างโมเลกุลของจิบเบอเรลลิน 4 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในพืช

ที่มา : นภดล (2536)

ผลของจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตของพืช

จิบเบอเรลลินกระตุ้นการยืดตัวและการแบ่งเซลล์ของลำต้น ปล้อง ทำให้ลำต้นยืดยาวสูงขึ้น เช่นเดียวกับออกซิน แต่ไปยับยั้งการยืดตัวและการเกิดรากใหม่ ซึ่งตรงข้ามกับออกซิน เมแทบอลิซึมของจิบเบอเรลลิน GA เป็นสาร isoprenoid ในใบพืช GA สามารถเปลี่ยนแปลงเป็น GA ชนิดต่างๆ ใน chloroplasts เมื่อ GA ได้รับการสังเคราะห์ขึ้นมาแล้ว จะสลายตัวอย่างช้าๆ แต่ก็ยังสามารถเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูป conjugates ซึ่งจะไม่สามารถออกฤทธิ์ (active) โดย conjugates เหล่านี้จะถูกสะสมไว้หรือลำเลียงไปที่อื่น เมื่อถึงเวลาและสถานที่ ที่เหมาะสมแล้ว จะมีการปลดปล่อยออกมาให้ทำงานได้ conjugates ที่ทราบได้แก่ อยู่ในรูป glucosides การลำเลียง GA เกิดขึ้นโดย การแพร่ทาง xylem และ phloem เป็นแบบไม่มีขั้ว

มีการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อแอคติโนมัยซีทที่มีความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชชนิดต่างๆ เช่น ศึกษาการผลิตสาร auxins และ gibberellin-like จากเชื้อราไมคอร์ไรซ่า แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซีท ที่แยกมาจากบริเวณ mycorrhizosphere จาก Scots-pine โดยใช้เทคนิค Chromatography และ biossays (Strzelczyk *et al*., 1984) Manulis (1994) ได้ศึกษาเชื้อ *Streptomyces* spp. หลายชนิดที่แยกได้จากมันฝรั่งทั้งที่ไม่เป็นโรคและเป็นโรคสแค็บ (scab) ทั้งหมด 6 สายพันธุ์ คือ *S. violaceus S. scabies, S. griseus, S. exfoliatus, S. coelicolor* และ *S. lividans* พบว่ามีความสามารถในการผลิต indole-3-acetic acid (IAA) เมื่อมี L-tryptophane เป็นสารตั้งต้น และยังศึกษาการสังเคราะห์สาร indole-3- acetamide (IAM), indole-3-latic acid (ILA), indole-3-ethanol (IEt) และ indole-3-acetic acid (IAA) จากเชื้อ *S. violaceus* และ *S. exfoliates* โดยใช้เทคนิค HPLC และ GC-MS และ Igarashi (2002) อ้างโดย Hasegawa (2006) แยกสาร pteridic acid A และ B จากอาหารเหลว fermentation broth ที่ใช้เลี้ยงแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์สายพันธุ์ *Streptomyces*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

hygroscopicus TP-A045 แยกจากเฟิร์น (*Pteridium aquilinum*) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีฤทธิ์คล้ายสารในกลุ่มออกซิน คือมีผลทำให้เกิดราก adventitious root บริเวณ hypocotyls ของถั่ว kidney beans มีปริมาณรากที่มาก แม้ได้รับเพียง 1 nM ของ IAA เท่านั้น

Cao (2004) แยก *Streptomyces* ซึ่งเป็นเชื้อในกลุ่ม endophyte โดยแยกมาจากมะเขือเทศ พบว่า *Streptomyces* sp. สายพันธุ์ S30 มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและสร้างความต้านทานโรคที่เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Rhizoctonia solani* ให้กับต้นกล้ามะเขือเทศ นอกจากนี้ Khaled (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) แยกเชื้อแอคติโนมัยซีทจากดินบริเวณรากของต้นถั่วในประเทศ United Arab Emirates ได้ทั้งหมด 75 ไอโซเลท จากเชื้อแอคติโนมัยซีททั้งหมดพบว่า *Streptomyces griseoluteus* มีความสามารถในการผลิต putrescine ค่อนข้างสูงในอาหาร decarboxylase agar และพบว่ามีความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตในกลุ่ม auxin [indole-3-acetic acid (IAA), indole-3-pyruvic acid (IPYA)], gibberellic acid (GA_3) และ cytokynins [isopentenyl adenine (iPa), zeatin (Z)] จากนั้นนำเชื้อ *Streptomyces griseoluteus* ไปเพิ่มปริมาณโดยผสมหัวเชื้อ *Streptomyces griseoluteus* ที่เพาะเลี้ยงในรำข้าวสาลี (wheat bran) ผสมกับดินที่ตากแห้งแล้ว (0.1 กรัม ของ หัวเชื้อ ต่อน้ำหนักดิน 1 กรัม) ใส่ร่วมกับการปลูกถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ทำในสภาพโรงเรือน) พบว่าเชื้อ *Streptomyces griseoluteus* สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับต้นถั่วโดยมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ปริมาณปมในราก และจำนวนยอดของต้นถั่วเหลือง สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ถึงแม้ว่าการผลิตสาร metabolite ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเกิดภายในเนื้อเยื่อพืช เมื่อไม่นานมานี้ Meguro *et al.* (2006) รายงานว่าชนิดของเชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 เป็นตัวเร่งในการงอกและการยืดยาวของเซลล์พืช ทำการทดลองโดยนำชิ้นส่วนของราก rhododendron มาเพาะด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วใส่ *Streptomyces* sp. MBR-52 เพาะเลี้ยงไว้เป็นระยะเวลา 10 วัน ซึ่งเชื้อนี้จะอาศัยอยู่บริเวณรอบๆ ต้นอ่อนหลังจากนั้นย้ายต้นอ่อนของ rhododendron ลงไปปลูกในดินที่ทำการฆ่าเชื้อและไม่ได้ฆ่าเชื้อ จากการทดลองพบว่าการงอกของรากเมื่อใส่เชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 จะเจริญดีกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน แสดงว่าเชื้อ *Streptomyces* สายพันธุ์นี้มีสามารถสร้างฮอร์โมนที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของราก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอิทธิพลของ phytohormone indole-3-acetic acid (IAA) ในเชื้อแอคติโนมัยซีทชนิดต่างๆ จากเชื้อแอคติโนมัยซีททั้งหมด 21 สายพันธุ์ พบว่ามีความสามารถในการผลิตสาร antibiotic 13 สายพันธุ์ และมีความสามารถในการผลิต IAA 12 สายพันธุ์ และยืนยันการกระตุ้นการผลิต IAA ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อ *S. purpurascens* NBRC 13077 ดูการผลิตสาร antibiotic และ rhodomycin โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของ mRNA ด้วยเทคนิค RT-PCR เพื่อดูการแสดงออกของยีน *rdmA, rdmB, rdmC, rdmD* และ *rdmE* ซึ่งยีนเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการสร้าง rhoromycin และเป็นตัวกำหนดการผลิต IAA (Matsukawa *et al*., 2007)

2.4.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสมีอยู่ในพืช จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช โดยมีบทบาทในการควบคุมการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของ Adenosine triphosphate (ATP), Adenosine diphosphate (ADP), Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP), Nuclic acid, Coenzyme และสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์โปรตีนและการถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการเมตาบอลึซึมต่างๆ ตลอดจนการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของพืช (นครินทร์, 2546) เชื้อจุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์เปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ โดยสามารถสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเตสย่อยละลายฟอสฟอรัสซึ่งพบได้หลายชนิดเช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีท เป็นต้น ภาวิณี และคณะ (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ได้ศึกษาเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ที่เกี่ยวข้องการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และพบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์สามารถเปลี่ยนฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ 16 สายพันธุ์ (28.1%)

2.4.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการสังเคราะห์เอนไซม์เซลลูเลส

เซลลูโลส เป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นเส้นยาวประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลกลูโคส ต่อกันเป็นโพลีเมอร์ โดยส่วนใหญ่สารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จะอยู่ในรูปของเซลลูโลส ซึ่งมีมากที่สุดในพืช เช่นในเนื้อไม้ประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณ 50% เอนไซม์เซลลูเลสเป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการสลายเซลลูโลส ไปเป็นน้ำตาลกลูโคส โดยเอนไซม์นี้สามารถผลิตได้ในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด จุลินทรีย์หลายชนิดก็สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และ แอคติโนมัยซีทเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์หลากหลายชนิด เช่น celluloses, hemicellulases, chitinases, amylases และ glucanases (Yuan *et al*., 1995) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยย่อยสลายผนังเซลล์ของพืช ซึ่งมีองค์ประกอบของพวก lignin, cellulose และ hemicellulose (Antai *et* al., 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 ข้อมูลพื้นฐานการเพาะปลูกส้มของประเทศไทย

ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata*) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งภายในประเทศ และส่งออกไปขายยังต่างประเทศ และตลาดยังมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านเพื่อการบริโภคสดและในด้านการแปรรูป (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ประเทศไทยมีการเพาะปลูกส้มในเกือบทุกจังหวัด มีแหล่งผลิตส้มเขียวหวานที่สำคัญ 5 อันดับแรกคือ เชียงใหม่ เชียงราย กำแพงเพชร สุโขทัย และแพร่ ที่มีพื้นที่เพาะปลูกของจังหวัดเกิน 50,000 ไร่ โดยในปีการเพาะปลูก 2549/2550 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตส้มรวมทั้งประเทศ 311,851 ไร่ มีผลผลิตส้มเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 2,428 กิโลกรัม ได้ผลผลิตรวม 757,328 ตัน โดยมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดปี แต่จะมีผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ ผลผลิตส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98.50) ใช้ในการบริโภคภายในประเทศ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ (ร้อยละ 1.50) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) การปลูกส้มในเขตอำเภอฝาง อำเภอแม่อาย อำเภอไชยปราการ เริ่มแรกปลูกมาตั้งแต่ปี 2486 พันธุ์ส้มที่ปลูกคือ ส้มเขียวหวาน ต่อมาได้ค้นพบส้มพันธุ์ใหม่ คือ ส้มสายน้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน ที่ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะผลส้มนี้มีคุณภาพและรสชาติที่ดีกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่นๆ ในหลายๆ ด้าน เนื้อแน่น สีสันสวยงาม ชานมีลักษณะนิ่ม มีน้ำส้มในปริมาณมาก รสชาติหวานแหลม อมเปรี้ยวเล็กน้อย

2.5.1 ลักษณะโดยทั่วไปของส้ม (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ส้มเป็นไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่มขนาดกลางมีความสูงประมาณ 4 – 8 เมตร ทรงต้นโปร่ง มีการแตกกิ่งก้านแผ่เป็นพุ่ม รัศมีของทรงพุ่มประมาณ 2 - 5 เมตร การจัดเรียงตัวของใบส้มเป็นแบบ phyllotaxy บนแผ่นใบมีต่อมน้ำมัน (oil gland) ดอกส้มเกิดที่ปลายยอดอ่อนหรือที่มุมใบ เป็นดอกเดี่ยว (solitary) หรือช่อดอก (inflorescence) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ผลส้ม คือ ส่วนที่เจริญและพัฒนามาจากส่วนของรังไข่ ส่วนเปลือกชั้นนอกสุด ที่มีสีเขียวหรืออาจเปลี่ยนเป็นสีอื่นเมื่อสุก เปลือกส่วนกลางที่มีลักษณะนุ่ม มีสีขาว อาจเป็นชั้นที่บางมากเช่นที่พบในส้มเขียวหวาน และส่วนในสุดที่เป็นเยื่อหุ้มกลีบ ผนังด้านในของส่วนในสุดนี้จะแบ่งเซลล์และขยายตัวออกกลายเป็นถุง (juice sac) ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ น้ำตาล และสารอาหารต่างๆ เมล็ดส้มมีการเจริญและพัฒนามาจากไข่ (oval) รูปร่างคล้ายหยดน้ำ ด้านแหลมเป็นด้านที่รากงอกออกมา และด้านตรงข้ามซึ่งมีลักษณะป้าน เมล็ดประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆคือ เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ซึ่งมี 2 ชั้น ชั้นนอกมีสีเหลืองฟางข้าว ส่วนชั้นในมีลักษณะเป็นเยื่อบางสีน้ำตาล ต้นอ่อนหรือที่เรียกว่า เอ็มบริโอ (embryo) คือ ส่วนที่จะเจริญพัฒนากลายเป็นต้น และส่วนที่สะสมอาหารซึ่งเรียกว่า ใบเลี้ยง (cotyledon) เมื่อเมล็ดเริ่มงอก ส่วนของรากปฐมภูมิ (primary root) จะเจริญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกมาก่อน และมีการพัฒนากลายเป็นรากแก้ว (tap root) โดยปกติจะมีเพียงรากเดียว และมีการแตกแขนงออกไปเรียกว่า รากทุติยภูมิ (secondary root) โดยทั่วไปรากส้มจะอยู่ในดินระดับค่อนข้างตื้นประมาณ 50 เซนติเมตร

2.5.2 โรคและแมลงศัตรูส้ม

โรคสำคัญของส้มที่เข้าทำลายและพบระบาดในแหล่งปลูกส้มต่างๆ ได้แก่ โรคแคงเกอร์ (citrus canker) โรครากเน่าและโคนเน่า (root rot) โรคใบเปื้อนน้ำหมากหรือโรคเมลาโนส โรคแผลสะเก็ดหรือโรคสแค็บ (scab) โรคผลร่วงหรือโรคขั้วผลเน่า โรคเทริสเตซา (tristeza disease) โรคกรีนนิง (greening disease) และอาการผิดปกติที่เกิดจากการขาดธาตุอาหาร ส่วนแมลงและไรศัตรูส้มที่สำคัญซึ่งทำลายทำให้เกิดความเสียหายแก่การปลูกส้ม ได้แก่ หนอนชอนใบส้ม หนอนแก้วส้ม เพลี้ยไฟ ไรแดง และไรสนิม

2.5.3 ปัญหา

ส้มจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ จึงได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายมีการปลูกส้มเป็นจำนวนมาก ปัญหาที่พบได้แก่การบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำสวนส้มจนถึงเขตชุมชน การขาดแคลนน้ำเพราะใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและอุปโภคบริโภคของชุมชน มลพิษทางอากาศ และทางน้ำจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชแก่ชุมชน

ในปัจจุบันมีการใช้สารเคมีและปุ๋ยเป็นจำนวนมาก ปริมาณการใช้สารเคมีในสวนส้มบนพื้นที่ 40,000 ไร่ ประมาณเกือบกว่า 600 ตัน/ปี การใช้สารเคมีปริมาณมากยังทำให้สารเคมีที่ตกค้างในผลส้มส่งผลกระทบถึงผู้บริโภคในเมืองใหญ่ด้วย ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตส้มแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 2. กลุ่มอาหารเสริม หรือ ฮอร์โมน 3. กลุ่มสารกำจัดเชื้อรา 4. กลุ่มสารเคมีฆ่าหญ้า 5. กลุ่มปุ๋ยเกร็ด ข้อมูลจากสถาบันเกษตรกรรมยั่งยืน ระบุว่าสารเคมีในกลุ่มที่อันตรายมากและยังมีการใช้ในกระบวนการผลิตสวนส้มคือกลุ่มสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เช่น ท๊อปแลน (ชื่อการค้า) ถือเป็นสารเคมีประเภท 1a (Extremely hazardous) องค์การอนามัยโลก (WHO) จัดให้เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีพิษร้ายแรงสูงมาก และอะบาเม็กติน (ชื่อการค้า) เป็นประเภทที่พิษร้ายแรงสูง เป็นต้น บางชนิดมีการตกค้างยาวนาน เช่น ดีดีที มีผลไปถึงผู้บริโภคด้วยเช่นกัน (เบญจา, 2546) ปัจจุบัน ได้มีการนำเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดมามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและสร้างสารที่เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืชและลดปริมาณการใช้สารเคมีเกษตร

ดังนั้นรายงานวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแอคติโนมัยซีทสามารถอาศัยอยู่ร่วมกับพืชได้อย่างสมบูรณ์ตามธรรมชาติแล้ว และยังมีประโยชน์ไม่เป็นอันตราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อพืชอาศัย เพราะฉะนั้นแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ จึงเป็นจุดที่น่าสนใจและมีความสำคัญสำหรับงานวิจัย ในด้านการศึกษาจุลินทรีย์ในเนื้อเยื่อพืช (endophyte) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและสร้างสารที่เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืชและลดปริมาณการใช้สารเคมีเกษตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved