

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 สตอว์เบอร์รี

สตอว์เบอร์รี เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Rosaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Fragaria* spp. จัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการปลูกกระจายกันมากที่สุดในโลก และเป็นผลไม้เมืองหนาวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคเหนือ ในประเทศไทย ลักษณะการเจริญเติบโตจัดอยู่ในกลุ่มไม้ล้มลุกที่มีอายุหลายปี (ประสาทร และคณัย, ไม้ระบุปีพิมพ์) ลำต้นมีลักษณะแตกออกเป็นพุ่มเตี้ยสูง 6 - 7 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8 - 12 นิ้ว สูง 6 - 8 นิ้ว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และฤดูปลูกส่วนยอดที่ติดอยู่ระหว่างรากกับใบเรียกว่าเหง้า (crown) ซึ่งเป็นลำต้นสั้น ส่วนบนของลำต้นประกอบด้วยหูใบ (Leaf axil) ส่วนโคนของหูใบจะมีไหล (runner) เจริญออกมา สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อน (daughter plant) ใบเป็นแบบกลุ่มประกอบด้วย ใบย่อย 3 ใบ ขอบใบ มีก้านใบยาว แต่ละต้นจะมีใบมากกว่า 10 ใบ เจริญสลับกันใบแต่ละใบจะมีชีวิตอยู่ 1 - 3 เดือน ปกติจะมีใบใหม่ทดแทนอยู่ตลอดฤดูกาล สตอว์เบอร์รีเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น เมื่อย้ายปลูกพืชจะสร้างรากที่แข็งแรง (peg root) ซึ่งจะมีอายุประมาณ 3 - 4 อาทิตย์ หลังจากนั้นรากที่เจริญขึ้นมาใหม่อาจเป็นแบบกิ่งถาวร มีอายุนานกว่าหนึ่งฤดูปลูก หรืออาจเป็นรากชั่วคราว (อายุ 1 - 7 วัน) ซึ่งจะเจริญในระดับความลึก 3 - 6 นิ้ว หรืออาจเจริญลึก 12 นิ้ว ในดินที่ร่วนซุย เนื่องจากเหง้าจะเจริญสูงขึ้น ดังนั้นรากจะเจริญสูงขึ้นเหนือระดับดินตามอายุพืช ในส่วนของผลมีลักษณะเป็นแบบผลกลุ่ม (aggregate fruit) มีเมล็ดอยู่ด้านนอกหรือเปลือกของผล ขนาดของผลขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (คงกฤษ อินทแสน, 2556) ในปัจจุบันสตอว์เบอร์รีกลายเป็นพืชที่ปลูกเพื่อการค้ามีตลาดรับซื้อขนาดใหญ่ทั้งภายในและภายนอกประเทศ และสายพันธุ์ของสตอว์เบอร์รีที่นิยมปลูกมากได้แก่ พันธุ์พระราชทาน 20, 70, 50, 80 และ พันธุ์ 329 เป็นต้น (ณรงค์ชัย และ เวช, 2553) โดยเฉพาะสตอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 หรือ Yael เป็นพันธุ์ที่กรมส่งเสริมการเกษตรได้นำมาจากประเทศอิสราเอล และเป็นพันธุ์ที่พัฒนาปรับปรุงพันธุ์ขึ้นเพื่อให้มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 70 - 75 วัน ผลผลิตเฉลี่ย ประเทศอิสราเอล ประมาณ 50 - 70 ตัน ต่อเฮกแตร์ ก่อนข้างทนทานต่อโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp และ *Fusarium oxysporum* ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อผลกรอบ รสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีอายุการวางจำหน่าย (Shelf Life) ประมาณ 6 - 7 วัน สามารถเก็บไว้ได้นานทนต่อการขนส่ง

เหมาะสำหรับการบริโภคสด และนำไปแปรรูปทางอุตสาหกรรม(ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดลำพูน, 2010)

2.2 ประโยชน์ของสตรอเบอร์รี่

ผลของสตรอว์เบอร์รี่ นอกจากจะรับประทานสดแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นแยม น้ำผลไม้ ไวน์ และไอศกรีม นอกจากนี้มีรายงานว่าสตรอว์เบอร์รี่ สามารถใช้เป็นสมุนไพรได้ เช่น ผลสดอุดมไปด้วยธาตุเหล็กมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด และหัวใจ ลูกสีแดงสดอุดมไปด้วยไฟเบอร์เพคติน ซึ่งช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล และยังช่วยระบบทางเดินอาหารทำงานได้สะดวก มีสรรพคุณเป็นยาระบายอ่อน ๆ นอกจากนี้ยังมีสารโพลีฟีนอลสูง ซึ่งสามารถยับยั้งการก่อมะเร็งกลุ่มไนโตรซามีนได้ (สารกลุ่มนี้กระตุ้นการเกิดมะเร็งในลำไส้) นอกจากนี้ ราก และผล ทำยารักษาโรคหลอดลมอักเสบ โรคหัวใจ ไต แก้วปวดศีรษะ ลดลมหายใจมีกลิ่นเหม็นได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

2.3 การผลิตต้นสตรอเบอร์รี่โดยใช้วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

สตรอว์เบอร์รี่เป็นพืชหนึ่งที่มีโรค แมลง และศัตรูรบกวนมาก การป้องกันตั้งแต่ระยะแรกจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะโรคของสตรอเบอร์รี่บางโรคการป้องกันไม่ให้เกิดโรคจะสามารถทำได้ง่ายกว่าการกำจัดหลังจากที่โรคระบาดทำความเสียหายแล้ว เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสซึ่งการป้องกันไม่ให้โรค และแมลงเข้าทำลายส่วนต่าง ๆ ของสตรอว์เบอร์รี่ โดยใช้ต้นไหลที่แข็งแรงจากต้นแม่พันธุ์ที่ปลอดโรค ซึ่งมาจากวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant tissue culture หรือ Micropropagation) คือ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการขยายพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อให้ได้ปริมาณมาก ๆ ในระยะเวลาสั้น โดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ ราก ยอด ตายอด และตาข้าง บนอาหารสังเคราะห์ที่ได้ศึกษาและคำนวณถึงความจำเป็นของสารอาหารที่เหมาะสม เพื่อให้พืชนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (ประสาทร สมิตะมาน, 2541) ในปัจจุบันการขยายต้นไหลที่ปลอดโรคของสตรอว์เบอร์รี่ โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีที่ยอมรับกันโดยทั่วไปและสามารถใช้เป็นการค้าได้ได้ต้นแม่พันธุ์ที่มีคุณภาพดี มีความแข็งแรง และมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร และอาจมีการชักนำให้เกิดสตรอเบอร์รี่สายพันธุ์ใหม่ที่มีคุณภาพ และมีความต้านทานต่อโรคขึ้นได้ (ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวังค์, 2543)

2.4 ประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554; รณชัย และสาลักษณ์, 2549; รัชตฤกษ์ กาวีตะ, 2540)

- 2.4.1 การขยายพันธุ์พืชเพื่อปลูกเป็นการค้า หรือเพื่อการส่งออก ซึ่งจำเป็นต้องได้พันธุ์จำนวนมากที่มีความสม่ำเสมอสูง เพื่อความสะดวกในการจัดการทั้งการให้น้ำ ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว และการใช้เครื่องจักรในการทำงาน เช่น การผลิตต้นพันธุ์กล้วยไม้เพื่อการตัดดอก การผลิตพันธุ์สับปะรดในอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง การผลิตต้นพันธุ์สักเพื่ออุตสาหกรรมป่าไม้ หรือต้นพันธุ์ปอสาเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ
- 2.4.2 การปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ในเวลาอันรวดเร็วโดยชักนำด้วยสารเคมีให้เกิดการกลายพันธุ์ (chemical mutagen) หรือการฉายรังสีร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ในเวลาที่รวดเร็วกว่าวิธีปรับปรุงพันธุ์แบบเก่าซึ่งต้องใช้เวลาในการผสมพันธุ์ จนติดผล หรือเมล็ด นอกจากนี้การใช้สาร colchicines หรือการใช้รังสี ทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการกลายพันธุ์ในไมโครสปอไรต์ จากนั้นชักนำให้เนื้อเยื่อเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ ย้ายออกปลูก คัดเลือกต้นพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะรูปร่างของดอกหรือลักษณะดีตามต้องการ
- 2.4.3 คัดเลือกต้นพันธุ์ใหม่ จากการแปรปรวนของเนื้อเยื่อพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (somaclonal variation) เช่น พืชต่างจะมีความแตกต่างของเนื้อเยื่อที่อยู่ติดกัน ซึ่งเรียกว่า chimera เมื่อนำเนื้อเยื่อดังกล่าวมาเลี้ยงจะสามารถคัดแยก และได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างออกไปได้
- 2.2.4 การคัดเลือกพืชต้านทานโรค แมลง หรือทดสอบความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลง วัชพืช สามารถใช้ประโยชน์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อคัดเลือกพืชตามสภาพแวดล้อมที่กำหนดได้ เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังสามารถช่วยในการผสมข้ามพืชสายพันธุ์หรือต่างชนิดกัน ซึ่งไม่สามารถผสมกันได้โดยวิธีธรรมชาติ ด้วยการผสมโดยใช้โปรโตพลาสของพืช เช่นการผสมข้ามระหว่างมะเขือเทศกับมันฝรั่ง หรือการถ่ายยีนที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการเข้าสู่ต้นพืช ซึ่งต้องใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นพื้นฐานในการเตรียมเนื้อเยื่อ เมื่อได้ต้นพืชพันธุ์ใหม่ หรือพืชดัดแปลงพันธุ์แล้ว ยังต้องอาศัยเทคนิคนี้เลี้ยงเนื้อเยื่อดังกล่าว เพื่อให้ได้เป็นต้นพืชพันธุ์ใหม่ที่เหมาะสม และเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์ให้มากขึ้นตามความต้องการ

2.4.5 การผลิตพืชปลอดโรค เช่น สตรอว์เบอร์รีต้นพันธุ์จากการขยายด้วยไหลที่ปลูกในแปลง เป็นเวลานานหลายรุ่น มักสะสมโรคอยู่ในต้น โดยเฉพาะโรคไวรัส สามารถถ่ายทอดไปยังต้นอ่อนที่ผลิตจากไหล ทำให้ต้นอ่อนแอ และผลผลิตลดลง เช่นเดียวกับกล้วยไม้ตัดดอกที่ปลูกเลี้ยงเป็นเวลานานจะสะสมโรค การให้ดอกลดลง คุณภาพดอกต่ำ ต้นใหม่ที่ได้จากการแบ่งหน่อจะมีเชื้อไวรัสจากต้นแม่ติดไปด้วย ดังนั้นการนำต้นแม่ไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยการตัดจุดเจริญ (growing point) ขนาดเล็ก สามารถผลิตต้นพันธุ์ใหม่ที่ไม่ปราศจากโรคได้ หรือในการส่งออกหัวพันธุ์พุ่มมา ข้อจำกัดในเรื่องโรคแบคทีเรียที่ติดไปกับหัว การผลิตต้นพันธุ์ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงสามารถช่วยลดปัญหานี้ได้

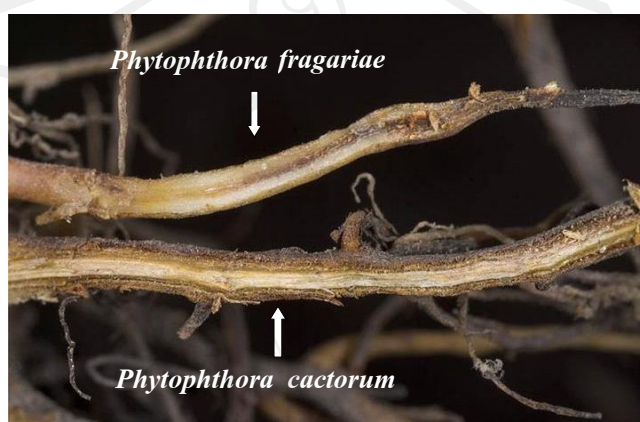
2.5 โรครากเน่าสตรอว์เบอร์รี

สตรอว์เบอร์รี เป็นพืชหนึ่งที่มีโรค แมลง และศัตรูรบกวนมาก นับตั้งแต่ระยะกล้าไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ในการปลูกขยายพันธุ์สตรอว์เบอร์รี มักใช้ต้นแม่พันธุ์เก่าขยายต้นไหลเป็นเวลาหลายปี จึงทำให้ต้นไหลที่ได้อ่อนแอ และอาจมีเชื้อสาเหตุโรคติดไปด้วย ทำให้เกิดการระบาดของโรคอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะโรครากเน่าโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อรา สามารถเกิดได้ทุกระยะในการปลูก เมื่อเชื้อราสาเหตุเข้าทำลายพืช ทำให้เกิดการตายของราก และลำต้น สร้างความสูญเสียแก่ผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุ *Phytophthora* sp. สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดตามลักษณะอาการที่เกิดขึ้น ได้แก่ โรคเหี่ยว และรากเน่า (red stele) ซึ่งมีเชื้อสาเหตุคือเชื้อรา *Phytophthora fragariae* โรคราก และลำต้นเน่า (crown rot) ซึ่งมีเชื้อสาเหตุคือเชื้อรา *Phytophthora cactorum* (ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวรงค์, 2543)

2.5.1 โรคเหี่ยว และรากเน่า (red stele) เชื้อสาเหตุคือเชื้อรา *Phytophthora fragariae* ลักษณะอาการของโรค ส่วนของต้นที่เหนือดินตำแหน่งแสดงอาการของโรคจะแคระแกร็น และส่วนที่ต่ำกว่ามักจะตายโดยเฉพาะพื้นที่มีการระบายน้ำไม่ดี ต้นมีขนาดเล็กต่ำกว่าปกติ ใบแก่กว่าจะเกิดอาการเหี่ยวแห้ง และถูกเปลี่ยนโดยใบใหม่ที่เล็กกว่า รวมทั้งมีก้านใบสั้น ต้นที่ได้รับเชื้อราสาเหตุเข้าทำลายมากจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีขนาดเล็ก หรือไม่เกิดการติดผล (ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวรงค์, 2543) และเชื้อราสาเหตุสามารถเข้าทำลายรากโดยทำให้รากเกิดการเน่าเป็นสีดำ เมื่อตัดรากตามแนวยาวจะพบว่า ส่วนของไส้ในราก (stele) จะมีสีแดง ที่อยู่เหนือรอยเน่า รากแขนงถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ทำให้รากลักษณะคล้ายหางหนู (Michael, 2008) (ภาพที่ 1) ช่วงที่มีการแพร่ระบาด และเกิดการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. fragariae* มากที่สุด มักอยู่ในช่วงฤดูที่มีฝนตกหนัก ซึ่งส่งผลต่อ

การเพิ่มขึ้นของ zoospores รวมไปถึงการให้น้ำที่บ่อยเกินไปเชื้อราสาเหตุสามารถ
สร้างเส้นใย และอาศัยอยู่ในดินได้เป็นเวลานาน

- 2.5.2 โรคราก และลำต้นเน่า (crown rot) เชื้อราสาเหตุคือเชื้อรา *Phytophthora cactorum* โดย
เชื้อจะเข้าทำลายบริเวณราก ลำต้น และ โคนก้านใบ ซึ่งพืชเกิดอาการเหี่ยว วนของลำต้น
แสดงอาการเน่า กลายเป็นมีสีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลเข้ม และลุกลามไปยังส่วนบนของลำ
ต้น (crown) และพบการตายของราก (ภาพที่ 1) โดยเริ่มจากโคนรากลุกลามต่อไปยังราก
แขนง และระบบรากทั้งหมด หากอาการไม่รุนแรงพืชจะเกิดเพียงอาการแคระแกรน หาก
อาการรุนแรงพืชจะตายภายใน 2 - 3 วัน (ณรงค์ชัย พิพัฒน์ชนวงศ์, 2543)



ภาพที่ 1 ลักษณะของรากสตรอว์เบอร์รี ที่ถูกเข้าทำลายโดยเชื้อรา *Phytophthora fragariae* และ
Phytophthora cactorum
แหล่งที่มา [http:// www.padil.gov.au/pests-and-diseasesPest/Main/136629/4740](http://www.padil.gov.au/pests-and-diseasesPest/Main/136629/4740)

2.6 การจัดลำดับชั้นของเชื้อรา *Phytophthora* sp. (Agrios, 2005)

Kingdom Chromista

Phylum Oomycota

Class Oomycetes

Order Peronosporales

Family Pythiaceae

Genus *Phytophthora*

เชื้อรา *Phytophthora* sp. เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน สร้างเส้นใยไม่มีผนังกัน แต่อาจสร้างผนังกันเมื่อมีอายุมากขึ้น การขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ โดยจะสร้างสปอร์ที่ว่ายน้ำได้เรียกว่า zoospore เกิดภายใน sporangium ซึ่งส่วนใหญ่มีรูปร่างลักษณะคล้ายผลมะนาว การขยายพันธุ์โดยใช้เพศ มีการสร้าง oospore ซึ่งเกิดจากการผสมระหว่าง oogonium และ antheridium นอกจากนี้ เชื้อจะสร้าง chlamydospore ซึ่งเป็นสปอร์ผนังหนา สามารถพักตัว อยู่ในดินได้เป็นอย่างดี วงจรชีวิตของเชื้อรา *Phytophthora* sp. (ภาพที่ 2) มีความซับซ้อนมักสร้างสปอร์ 4 ชนิด ได้แก่ sporangia, zoospore, oospore และ chlamydospore

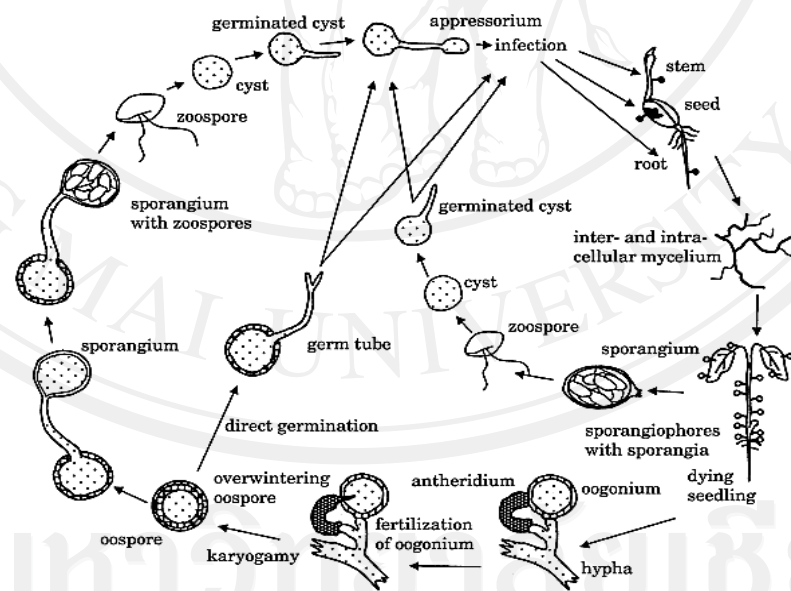
Sporangia (Greek: spora, seed+angeion, vessel) เป็น vegetative structures บางครั้งมีลักษณะคล้าย sexual spore ซึ่งจะงอก germ tube เพื่อสร้างเส้นใยใหม่ โดยที่ sporangia งอกโดยตรงเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมมีอาหารอุดมสมบูรณ์ มีน้ำน้อย และอุณหภูมิสูง ความชื้น และออกซิเจน ในอากาศจะมีผลต่อการสร้าง sporangia แสง near-UV ที่ช่วงคลื่น 320 - 475 นาโนเมตร สามารถกระตุ้นการสร้าง sporangia ได้ ส่วนแอมโมเนีย ธาตุ Cu^+ และ pH ที่สูง จะมีผลต่อเชื้อโดยจะยับยั้งความสามารถในการสร้าง sporangia ได้

Zoospore เป็นสปอร์ที่สร้างภายใน sporangium ต้องมีน้ำ และอุณหภูมิที่ต่ำประมาณ 15 - 18 องศาเซลเซียส ไม่มีผนังเซลล์ ไม่ต้องอาศัยเพศ มีรูปร่างคล้ายไต สามารถว่ายน้ำได้โดยมี flagella 2 เส้น สามารถว่ายน้ำได้ไกล 563 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง การว่ายน้ำต้องอาศัยช่องว่างภายในดินขนาด 50 ถึง 140 ไมโครเมตร การปะทะกับผิวหน้าของน้ำทำให้ zoospore ไม่สามารถกลับตัวได้ และลดความสามารถในการเคลื่อนที่ลง ทิศทางการว่ายน้ำ และการงอกจะขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อ amino acids ซึ่งได้แก่ serine, glutamate และ asparagines ซึ่งเป็นสารที่รากพืชปล่อยออกมา การเคลื่อนที่ของ zoospore จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น pH ต่ำ สัมผัสกับผิวหน้า และมีปริมาณ zoospore น้อย oospore ถูกปล่อยออกจากช่องที่อยู่ตรงปลายของ sporangium การปล่อย zoospore นี้ ทำให้ปริมาณเชื้อ

ที่สามารถเข้าทำลายพืชมีมากกว่าการที่ sporangium งอกโดยตรง เมื่อ zoospore พบกับพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการงอรูปร่างจะเปลี่ยนเป็นทรงกลม สลัดหางทิ้ง และสร้าง germ tube อย่างรวดเร็วเพื่อทำลายพืชและสร้างเส้นใยในการเจริญเติบโต zoospore มักจะเข้าสู่พืชทางราก หรือปากใบโดยตรง

Oospore เป็นสปอร์ที่สร้างแบบอาศัยเพศ เกิดจากการรวมตัวกันของ gametangia ที่เรียกว่า oogonia และ antheridia การสร้าง oospore จะถูกยับยั้งด้วยแสง และอุณหภูมิซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละ species แต่ส่วนมากแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การสร้าง oospore มักจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างเส้นใย อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ 9:1 จะส่งเสริมการสร้าง oospore รวมไปถึงการปรากฏของแคลเซียมด้วย oospore เป็นสปอร์ที่มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการพักตัว มักสร้างเมื่อมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมแก่การเจริญแล้วจะงอก germ tube เพื่อสร้างเส้นใยเหมือน sporangia และ zoospore

Chlamydospore เป็นสปอร์ที่สร้างแบบไม่อาศัยเพศ เป็นเซลล์ที่สร้างภายในเส้นใยหรือปลายเส้นใยโดยเส้นใยสร้างผนังเซลล์ที่หนาขึ้น เพื่อให้สามารถคงอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส มี sterol ในอาหารที่เจริญ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง (30 : 1) การงอกสามารถเกิดขึ้นเมื่ออาหารมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น โดยเฉพาะ glucose และ asparagines



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของเชื้อ *Phytophthora* sp.

แหล่งที่มา <http://www.sharfiles.com/fetch/Oomycete-Life-Cycle>

2.6.1 ลักษณะของเชื้อรา *Phytophthora fragariae*

เชื้อรา *P. fragariae* สร้างเส้นใยไม่มีผนังกัน ขนาดประมาณ 5.3 - 7.4 ไมโครเมตร การขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ โดยจะสร้าง zoospore เกิดภายใน sporangium ซึ่ง sporangium มีรูปร่างแบบ obpyriform และมีขนาดประมาณ 40 x 50 ไมโครเมตรไม่พบส่วนของ papilla การขยายพันธุ์โดยใช้เพศ มีการสร้าง oospore ซึ่งเกิดจากการผสมระหว่าง oogonium และ antheridium ส่วนใหญ่เป็นแบบ amphigynous หรือแบบ paragynous ในบางชนิด นอกจากนี้ เชื้อจะสร้าง chlamydospore ซึ่งเป็นสปอร์ผนังหนาสามารถพักตัวอยู่ในดินได้เป็นอย่างดี อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงประมาณ 25 - 28 องศาเซลเซียส (Erwin and Ribeiro, 1996)

2.6.2 ลักษณะของเชื้อรา *Phytophthora cactorum*

เชื้อรา *P. cactorum* สร้างเส้นใยไม่มีผนังกัน การขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ โดยจะสร้าง zoospore เกิดภายใน sporangium ซึ่ง sporangium มีรูปร่างได้หลายแบบ เช่น แบบทรงรี หรือแบบทรงกลม และแบบ obpyriform และมีขนาดประมาณ 31 x 40 ไมโครเมตร พบส่วนของ papilla อย่างชัดเจน การขยายพันธุ์โดยใช้เพศมีการสร้าง oospore ซึ่งเกิดจากการผสมระหว่าง oogonium และ antheridium ส่วนใหญ่เป็นแบบ paragynous นอกจากนี้ เชื้อจะสร้าง chlamydospore ซึ่งเป็นสปอร์ผนังหนาสามารถพักตัวอยู่ในดินได้เป็นอย่างดี อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงประมาณ 25 - 28 องศาเซลเซียส (Erwin and Ribeiro, 1996)

2.7 การป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)

- 2.7.1 การเลือกพื้นที่ปลูกให้มีการระบายน้ำได้ดี ไม่ชื้นแฉะ หรือเป็นแอ่งน้ำซึ่งสามารถตรวจพบได้ชัดเจนภายหลังฝนตกใหม่ ๆ หากพบสภาพดังกล่าวควรปรับพื้นที่ไม่ให้มีสภาพน้ำขังทำร่องระบายน้ำในสวนที่เป็นพื้นที่ต่ำ เพื่อป้องกันน้ำขังสวน
- 2.7.2 การปรับสภาพดินหากพบว่าดินเป็นกรด ควรปรับสภาพโดยใช้ปูนขาว หรือโดโลไมท์ลดความเป็นกรดลง ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ ในการบำรุงดิน
- 2.7.3 ใช้ดินพันธุ์แข็งแรงปลอดโรคที่ได้จากแหล่งปลูกที่ไม่มีการระบาดของโรค

2.7.4 หมั่นดูแลตรวจตราสวนอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูกาลที่เชื้อรา *Phytophthora* sp. สามารถระบาดทำลายพืชได้ดี

2.7.5 เมื่อพบอาการผิดปกติ เช่น อาการใบสลด ใบเหลือง หรือใบร่วง ควรตรวจสอบการเกิดแผลตามบริเวณต่าง ๆ ของโคนต้น ราก และปลายราก เมื่อพบอาการน่าเสียในกรณีของไม้ยืนต้นให้ขุดส่วนที่เน่าเสียออกแล้วทาแผลด้วยปูนแดง หรือ สารป้องกันกำจัดโรค เช่น เมทาแลกซิล หรือฟอส-เอทิลอะลูมิเนียม

2.7.6 เก็บเศษชิ้นส่วนที่เป็นโรคเผาทำลาย หากเป็นโรครุนแรงจนต้นพืชตาย ทำการตัดต้นทิ้งเมื่อตัดต้นแล้วให้ขุดราก ถอนโคนออกให้หมด นำไปเผาทำลาย ไม่ปล่อยทิ้งไว้ในสวนเพราะจะเป็นแหล่งแพร่ระบาดของเชื้อสาเหตุ และเนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคสามารถสร้างสารพิษที่มีคุณสมบัติเป็นกรด จึงควรปรับสภาพดินให้ลดความเป็นกรด โดยใช้ปูนขาวโรยให้ทั่วบริเวณนั้น ใช้ปุ๋ยคอกปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มจุลินทรีย์ชนิดอื่นลงดิน เมื่อปรับสภาพดินแล้ว หากจะปลูกพืชในที่เดิม ให้หลีกเลี่ยงไม่ปลูกพืชที่เชื้อนี้สามารถเข้าทำลายได้

อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีนั้น ย่อมมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และมนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อม เนื่องจากสตรอว์เบอร์รี มีศัตรูรบกวนเป็นจำนวนมาก จึงมีการใช้สารเคมีเป็นปริมาณมากและต่อเนื่องตลอดฤดูกาลปลูก ถึงแม้ว่าสารเคมีจะสามารถควบคุมโรคได้เป็นอย่างดี แต่การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของเกษตรกร และผลทางอ้อมคือ อาจทำให้เชื้อโรคและแมลงเกิดการต้านทานต่อสารเคมี เนื่องจากสตรอว์เบอร์รี เป็นผลไม้ที่รับประทานสด อาจทำให้เกิดสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นเนื่องจากสารเคมีที่ใช้มีราคาสูง รวมไปถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบัน ได้มีการวิจัยหาวิธีการอื่น ๆ ที่สามารถนำมาทดแทนการใช้สารเคมีมากขึ้น วิธีการหนึ่งที่นิยม และเป็นที่น่าสนใจของนักวิจัยในปัจจุบันคือการควบคุมโรคโดยชีววิธี หรือการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชทางชีวภาพ

2.8 การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี หมายถึง การลดปริมาณประชากร และลดกิจกรรมของเชื้อสาเหตุโรคพืช จนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจกับพืชโดยอาศัยสิ่งมีชีวิต (organism) ซึ่งรวมทั้งพืชชั้นสูง และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) ตลอดจนสารพันธุกรรม หรือผลิตผลจากสารพันธุกรรม (genes or gene products) ของสิ่งมีชีวิต แต่ยกเว้นผลจากการกระทำต่อเชื้อโรคโดยตรงจากมนุษย์ (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2550) การควบคุมโรคพืชโดยวิธีนี้เป็นวิธีการค่อนข้างใหม่แต่ในปัจจุบันเกษตรกรจำนวนมาก และนักวิชาการเกษตรสมัยใหม่เริ่มเห็นความสำคัญและนิยมใช้แทนสารเคมีกันมากขึ้น มีการนำมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิต และเพื่อแก้ปัญหาผลพิษจากสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดโรคพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้เกิดความสมดุลทางธรรมชาติ ซึ่งในธรรมชาตินั้นมีสิ่งมีชีวิต หรือจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืช และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปในการเป็นปฏิปักษ์ โดยสรุปแล้ว จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีกลไกหรือวิธีการเป็นศัตรูต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชอยู่ 4 รูปแบบ ประกอบด้วย

2.8.1 การสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) หมายถึงการสร้างผลิตผลจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งมักมีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ที่สามารถยับยั้ง หรือทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ เช่น เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Phaenibacillus lentimorbus* สายพันธุ์ CBCA-2 สามารถสร้างปฏิชีวนะที่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Botryosphaeria dothidea* แล้วทำให้เส้นใย และสปอร์เกิดการเหี่ยวหรือสลาย (lysis) หรือมีรูปร่างผิดปกติไปจากเดิม (Chen, 2003) แบคทีเรียปฏิปักษ์บางชนิดสามารถผลิตเอนไซม์ เพื่อยับยั้งหรือทำลายเชื้อโรคได้ เช่น *Bacillus subtilis* และ *B. lentimorbus* ที่สามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ได้ (Montealegre *et al.*, 2003) สำหรับจุลินทรีย์กลุ่ม Actinomycetes โดยปกติสามารถผลิตปฏิชีวนะหลายชนิด และมีความสำคัญในกระบวนการย่อยสลายซากพืช ซึ่งมีรายงานว่าสามารถสร้างสารปฏิชีวนะ ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด เช่น *Alternaria solani*, *A. alternata*, *Pusarium solarii*, *Phytophthora megasperma*, *Verticillium dahliae* และ *Saccharomyces cerevisiae* (Aghighi *et al.*, 2004) เป็นต้น

2.8.2 การแข่งขัน (competition) หมายถึง การแข่งขันระหว่างสิ่งมีชีวิตสองหรือมากกว่าสองชนิดที่มาอยู่ร่วมกันในด้านต่าง ๆ เช่น ที่อาศัย แหล่งอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และสารที่จำเป็นต่อการเจริญ ตลอดจนก๊าซออกซิเจน ตัวอย่างเช่น การควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* race 1 ของยูคาลิปตัสในประเทศจีน

ด้วยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* และ *P. aeruginosa* ซึ่งสามารถผลิต siderophore ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถตรึงธาตุเหล็กไปใช้ จนเชื้อ *R. solanacearum* ขาดธาตุเหล็ก ส่งผลให้เชื้อโรคลดลง และไม่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ เป็นต้น (Ran *et al.*, 2005)

2.8.3 การเป็นเชื้อปรสิต และตัวห้ำ (parasitism and predation) หมายถึงกรณีที่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิบัติ ซึ่งเจริญอยู่ใกล้เคียงหรือบนส่วนของเชื้อโรคพืชเข้าทำลายเชื้อโรคพืชเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหาร หรือสารประกอบต่าง ๆ จากเชื้อโรคพืช โดยการสร้างเส้นใยแทงทะลุเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช หรือการสร้างเส้นใยที่สามารถพันรัดเส้นใยของเชื้อราสาเหตุก่อนแทงเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค เช่น เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เป็นปรสิตกับเชื้อรา *Fusarium oxysporum* โดยการสร้างเส้นใยพันรัดแล้วจึงแทงเข้าไปในเส้นใยเพื่อดูดกินสารอาหารภายในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค (Sivan and Chet, 1989)

2.8.4 การชักนำให้พืชต้านทานต่อเชื้อโรค (induction of resistance in plant) เป็นกลไกของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิบัติไปกระตุ้นให้ต้นพืชสร้างกลไกหรือสร้างสารต่าง ๆ ที่มีผลในการต่อต้านหรือยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืช กลไกดังกล่าวอาจเกิดจากสปอร์ หรือเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิบัติโดยตรง หรืออาจเกิดจากผลิตภัณฑ์ของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* สายพันธุ์ CHAO สามารถกระตุ้นให้มะเขือเทศผลิต Salicylic Acid (SA) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นให้เกิดความต้านทานในพืช จนพืชสามารถต้านทานการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne javanica* ทำให้ตัวอ่อนตาย และปริมาณไส้เดือนฝอยลดลง จนไม่ทำให้เกิดโรค (Siddique and Shaukat, 2004) เชื้อจุลินทรีย์ปฏิบัติที่มีรายงานเกี่ยวกับความสามารถในการชักนำให้พืชต้านทานโรคมกที่สุดคือ เชื้อรา *Trichoderma* sp. โดยพบว่าสามารถกระตุ้นการผลิตสาร phytoalexin ในพืช หรือผลิตสารเพื่อต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืชหลายชนิด เช่น เชื้อรา *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Colletotrichum graminicola* และ *Magnaporthe grisea* เชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli* และเชื้อไวรัส *Green-mottle mosaic virus* เป็นต้น (Harman *et al.*, 2004)

2.9 เชื้อแอกติโนไมซีสต์ (Actinomycetes)

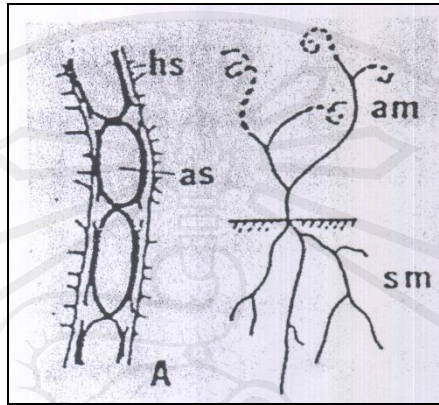
เชื้อแอกติโนไมซีสต์ เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์เซลล์เดียว จัดเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีลักษณะเป็นเส้นสายคล้ายเส้นใย สามารถเจริญบนอาหารสังเคราะห์ชนิดแข็ง โดยสร้างเส้นใยที่เรียกว่า เส้นใยใต้ผิวอาหาร (substrate mycelium) และ เส้นใยเหนือผิวอาหาร (aerial mycelium) โดย substrate mycelium จะเจริญบนผิวหน้าอาหารก่อน และแทงเส้นใยเข้าไปในอาหารเพื่อนำสารอาหารไปใช้อย่างเต็มที่ เมื่อโคโลนีเจริญขึ้น aerial mycelium จะเกิดขึ้นมาภายหลัง และยื่นไปในอากาศ เพื่อทำหน้าที่หลัก คือ สืบพันธุ์ระหว่างที่โคโลนีเจริญ aerial mycelium จะมีขึ้นในสภาวะพิเศษ เช่น ขาดน้ำ ขาดอาหาร หรือมีการสะสมของ inhibition compound ดังนั้น aerial mycelium จึงต้องมี hydrophobic sheath เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ เส้นใยใต้ผิวอาหารจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 - 0.8 ไมโครเมตร สีของเส้นใยมีตั้งแต่สีขาว ใสไม่มีสี สีเหลืองอ่อน สีนํ้าตาลอ่อน แดง ชมพู ส้ม เขียว หรือสีดำ สามารถสร้างรงควัตถุได้ทั้งชนิดที่ละลาย และไม่ละลายน้ำ ส่วนเส้นใยเหนือผิวอาหาร (aerial mycelium) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1.0 - 1.4 ไมโครเมตร สามารถสร้างรงควัตถุได้หลายสี เช่น สีขาว เทา เหลือง ส้ม แดง ม่วง ฟ้า และสีเขียว โดยที่สีของรงควัตถุอาจเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเจริญเติบโต และชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ (Waksman, 1967; Mendez *et al.*, 1985)

2.9.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแอกติโนไมซีสต์

เชื้อแอกติโนไมซีสต์จัดเป็นแบคทีเรียกลุ่มจุลินทรีย์เซลล์เดียว มีขนาดประมาณ 0.5 – 1.5 ไมโครเมตร และเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า apical region และ intercalary region สร้างผนังกันเส้นใยแบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อการแตกแขนงเส้นใยเป็นแบบ monopodial เป็นแบบที่พบได้บ่อยที่สุดพบใน *Streptomyces* แบบ dichotomous branch พบใน *Actinobifida* และแบบ verticillate พบใน *Streptoverticillium* และมีการสร้างเส้นใย 2 ชนิด คือ primary (substrate) mycelium และ secondary (aerial) mycelium ซึ่งในสกุล *Streptomyces* aerial mycelium มีลักษณะต่างจาก substrate mycelium อย่างชัดเจน (ภาพ 3) (Williams *et al.*, 1989) คือ

- 1) aerial mycelium จะมีลักษณะของเส้นใยที่บางกว่า substrate mycelium
- 2) aerial mycelium มักจะมีสีเข้ม สร้าง insoluble pigment รวมกันที่ผนังหุ้มชั้นนอกปรากฏเป็นสีเทาเมื่อมีการสะท้อนแสง
- 3) aerial mycelium มีการแตกสาขา (branching) น้อยกว่า substrate mycelium

- 4) ลักษณะของ aerial mycelium ส่วนใหญ่จะไม่มี การเจริญแบบแทงลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อ
- 5) มีการสร้างสปอร์ และ fragmentation ของเส้นใย
- 6) aerial layer มีคุณสมบัติเป็น hydrophobic



ภาพที่ 3 ลักษณะการสร้างเส้นใยของ *Streptomyces* sp. มีการสร้าง arthospore (as) ที่มี hydrophobic (hs) หุ้ม ลักษณะสปอร์ต่อกันเป็นสายโซ่ aerial mycelium (am) ซึ่งไม่พบใน substrate mycelium (sm)

2.9.2 ลักษณะการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

ลักษณะการเจริญของเชื้อบนอาหารแข็ง (surface culture) และในอาหารเหลว (submerge culture) มีลักษณะต่างกันคือ การเจริญในอาหารเหลวเซลล์จะเจริญจับกันเป็น กลุ่มของเส้นใยที่เรียกว่า pellets แต่สำหรับเชื้อบางชนิด เช่น *Norcadia corallina* เมื่อ เจริญในอาหารเหลวที่มีการเขย่าให้อากาศเชื้อจะมีลักษณะเป็นรูปแท่ง (rod) มีการ แบ่งเซลล์แบบ binary fission และแบบ fragmentation เมื่อหยุดการเจริญ ในขณะที่การ เจริญบนอาหารแข็งที่มีส่วนประกอบของอาหารเช่นเดียวกับในอาหารเหลวเชื้อเจริญแบบ สร้างเส้นใย (filamentous form) ในลักษณะที่ยึดติดแน่นกับผิวหน้าอาหารวุ้น และมี fragmentation ของเส้นใยเมื่อมีอายุมากขึ้นโดยทั่วไปลักษณะการเจริญของเชื้อบนอาหาร แข็งจะมีลักษณะของโคโลนีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ สามารถพบได้ 3 แบบ (Stanley *et al.* 1989) คือ

- 1) โคโลนีแบบหยาบหรือเรียบยึดเกาะกับผิวหน้าอาหารอย่างหลวม ๆ เป็นการสร้าง aerial mycelium ปกคลุมผิวหน้าอาหาร มักพบในแอกติโนไมซีสต์ที่มีการเจริญ ในระยะ transient mycelial มีการเจริญของ mycelia ที่ไม่แน่นอน

- 2) โคโลนีไม่มี substrate mycelium มี aerial mycelium ที่ยึดเกาะกับอาหารด้วยส่วนที่ยึดเกาะพิเศษที่เรียกว่า holdfast
- 3) โคโลนีมีลักษณะเกาะกันแน่นคล้ายแผ่นหนัง aerial mycelium ค่อนข้างโป่งและยึดกับ substrate ด้วยเส้นใยที่แทงลงไปในอาหาร โดยเส้นใยที่อยู่เหนืออาหารเรียกว่า aerial mycelium และเส้นใยที่อยู่ภายใต้อาหารเรียกว่า substrate mycelium สำหรับในอาหารเหลวเรียกเส้นใยที่อยู่บนผิวอาหารว่า generative mycelium และเส้นใยที่อยู่ในอาหารว่า vegetative mycelium

2.9.3 การสร้างสาร secondary metabolite

การสร้างสาร secondary metabolite ที่สำคัญของแอกติโนไมซีตคือสารปฏิชีวนะพบว่าเชื้อมีการสร้างขึ้นในช่วง idiophase ของการเจริญ โดยสารที่สร้างขึ้นนี้ไม่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญของเซลล์ สารปฏิชีวนะที่เชื้อสร้างขึ้นพบว่าการสะสมอยู่ที่บริเวณ mycelium หรือสะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อหรืออาจพบได้ทั้งบริเวณ mycelium และในอาหารเลี้ยงเชื้อ สารปฏิชีวนะที่เชื้อสร้างขึ้นมีคุณสมบัติเป็น water soluble antibiotic และ water insoluble antibiotic เช่น สารปฏิชีวนะในกลุ่ม polyene จัดเป็น water insoluble antibiotic โดยมักพบในรูปของผลึกสะสมที่บริเวณผิวของเซลล์หรือในอาหารเลี้ยงเชื้อ คุณสมบัติที่ปรากฏมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ และสภาพแวดล้อมที่เชื้อเจริญ สำหรับบทบาท และหน้าที่ที่แท้จริงของสารปฏิชีวนะยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างแน่ชัด มี ข้อเสนอแนะมากมายเกี่ยวกับบทบาท และหน้าที่ของสารปฏิชีวนะที่เชื้อ (ชนิกานต์ คุ่มนง, 2544) ซึ่งได้แก่

- 1) สารปฏิชีวนะที่เชื้อสร้างขึ้นเป็นวิวัฒนาการอันหนึ่งของเชื้อในการดำรงชีพ
- 2) เป็นของเสียที่เชื้อปล่อยออกมาในขบวนการ metabolism
- 3) เป็นแหล่งที่เชื้อใช้สำหรับเก็บอาหาร หรือใช้เป็นสารที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มสปอร์ของเชื้อ
- 4) เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากการแตกย่อยของสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ภายในเซลล์
- 5) สารปฏิชีวนะมีบทบาทในการฆ่าหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นในธรรมชาติ อันเป็นการแย่งแย่งเพื่อความอยู่รอดของเชื้อ
- 6) การที่เชื้อผลิตสารปฏิชีวนะ ถือเป็นกลวิธีหนึ่งที่จะรักษาการทำงานของเซลล์ เป็นไปอย่างเดิมในระหว่างที่เชื้อไม่สามารถจะเจริญต่อไปได้เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

- 7) การผลิตสารปฏิชีวนะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะหลีกเลี่ยงมิให้เซลล์ของเชื้อตายเนื่องจากความไม่สมดุลของการเจริญเติบโต
- 8) เป็นกลไกในการกำจัดสารพิษของเชื้อ
- 9) ช่วยในการขนส่งพวกโลหะเข้าสู่เซลล์
- 10) ระวังการรบกวนของสปอร์ของตัวเอง

2.10 การใช้ประโยชน์จากเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ในการควบคุมโรคพืช

การศึกษาเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ คือกลุ่มของจุลินทรีย์ที่อาศัยในส่วนภายในของต้นพืชโดยไม่ทำให้พืชอาศัยเกิดความเสียหาย จากผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียในกลุ่มแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ ที่แยกได้จากเนื้อเยื่อพืชที่แข็งแรงและปราศจากโรค มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นสารชีวภาพเพื่อควบคุมโรคพืช และช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของต้นพืช

Kim *et al.* (1999) พบสารปฏิชีวนะ As 1A จากน้ำเลี้ยงเชื้อของ *Streptomyces libati* ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora capsici* ได้ เมื่อนำสารปฏิชีวนะที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วย NMR และทางเคมีแล้ว พบว่าสารปฏิชีวนะนี้มีโครงสร้างคล้ายกับ oligomycin A ซึ่งมีความสามารถในการต่อต้านโรคพืชได้ เช่น โรคแอนแทรคโนส และโรคใบไหม้

Shimizu *et al.* (2001) ได้ศึกษา และแยกเชื้อ *Streptomyces* sp. R-5 ได้จากราก ต้น ใบ ของ *Rhododendron* และเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้ suspension ของเชื้อ *Streptomyces* sp. R-5 ที่เลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวปลูกเชื้อลงบนต้น *Rhododendron* ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อก่อนปลูกตามด้วยเชื้อราสาเหตุ *Pestalotiopsis sydowniana* บน ใบของต้นกล้า *Rhododendron* พบว่าต้นกล้าที่ได้รับการปลูกเชื้อด้วย *Streptomyces* sp. R-5 สามารถป้องกันการตายของต้นกล้าได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

วันวิสาข์ พักแพง (2546) ได้ทำการแยกแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟท์ จากใบ ลำต้น และราก ของข้าว จากนั้นนำมาทดสอบการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช พบว่าแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่แยกได้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Pyricularia oryzae* และ *Fusarium oxysporum* ได้

Cao *et al.* (2004) รายงานว่าจากการแยกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จากมะเขือเทศ พบว่า ร้อยละ 21 ของเชื้อที่แยกได้ทั้งหมด สามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่ต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย และร้อยละ 41 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่ต้านทานต่อเชื้อราได้ แต่มีเพียงร้อยละ 32 เท่านั้น ที่สามารถผลิตสารปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* สาเหตุโรคเน่าของมะเขือเทศ เมื่อปลูกเชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลต S30 ในสภาพโรงเรือน พบว่า เชื้อสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และเพิ่มความต้านทานโรคในระยะกล้าของมะเขือเทศ และนอกจากนี้เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์สามารถสร้างเอนไซม์ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อสาเหตุของโรคหลายชนิด

Valois *et al.* (1996) พบว่าเชื้อแอกติโนไมซีสต์ที่แยกได้จากรากของมันฝรั่ง และราสเบอร์รี่ จำนวน 13 ไอโซเลต และสามารถผลิตเอนไซม์ glucanase ได้แก่ β -1,3 β -1,4 และ β -1,6-glucanases ที่ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อ *Phytophthora fragariae* var. *rubi* สาเหตุโรคเน่าของราสเบอร์รี่ ส่งผลให้สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุ และลดเกิดโรครากเน่าในราสเบอร์รี่ได้

EL-Tarabily *et al.* (2010) พบว่าเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จำนวน 3 ไอโซเลตที่แยกได้จาก แดงกวาสามารถสร้างเอนไซม์ β -1,3 β -1,4 และ β -1,6-glucanases ที่ทำลายผนังของเส้นใย และ oospore ของเชื้อ *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรค damping-off ของต้นกล้าแดงกวา และพบว่า เชื้อทั้ง 3 ไอโซเลตนี้ สร้างสารที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ผลิตฮอร์โมน auxins, gibberellins และ cytokinins เป็นต้น เมื่อนำมาทดสอบในโรงเรือน พบว่า เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ ที่ใช้ร่วมกันทั้ง 3 ไอโซเลต สามารถลดการเกิดโรค damping-off เทียบเท่ากับ การใช้สารกำจัดเชื้อรา metalaxyl ตามอัตราแนะนำทั่วไป อีกทั้งยังสามารถช่วยส่งเสริมการพืชเจริญเติบโตของต้นกล้าแดงกวา ได้อีกด้วย

EL-Tarabily *et al.* (2000) พบเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จีส *Streptomyces* 38 ไอโซเลต และ non-*Streptomyces* 15 ไอโซเลต ที่แยกจากได้ผักกาดหอมสามารถผลิตเอนไซม์ chitinases ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Sclerotinia minor* สาเหตุโรค basal rot ของผักกาดหอมได้ และพบเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จำนวน 3 ไอโซเลต ได้แก่ *Serratia marcescens*, *Streptomyces viridodlasticus* และ *Micromonospora carbonacea* ที่สามารถผลิตเอนไซม์ chitinases และ β -1,3 glucanase ได้สูงสุด จากการศึกษาการเข้าอาศัยของเชื้อในรากของต้นกล้าผักกาดหอมอายุ 14 วันพบว่า เชื้อ *Serratia marcescens* และ *Streptomyces viridodlasticus* สามารถเข้าอาศัยรากได้ดีกว่า *Micromonospora carbonacea* โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่พืช และช่วยลดการเกิดโรครากเน่าในรากของพืชได้

Cao *et al.* (2005) ได้ทำการแยกเชื้อแอคติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จากรากของกล้วยไม้ทั้งหมด 131 ไอโซเลท เป็นเชื้อ *Streptomyces* sp. มากที่สุดจำนวน 99 ไอโซเลท จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุ พบว่า 18.3 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อทั้งหมดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* สาเหตุโรคเหี่ยวของกล้วยไม้ และจัดเป็นเชื้อ *Streptomyces* sp. มากที่สุดถึง 37.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะไอโซเลท S96 ซึ่งนอกจากสามารถลดความรุนแรงของโรคได้แล้วยังสามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของกล้วยไม้อีกด้วย นอกจากนี้เชื้อแอคติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์มีความสามารถในการเข้าอาศัยในพืชเพื่อดำรงในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดผลเสีย และยังส่งผลให้พืชสามารถเกิดการต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคได้

EL-Tarabily *et al.* (2009) พบว่าจากการปลูกเชื้อแอคติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จีส *Actinoplanes campanulatus* ในต้นกล้าแตงกวา เมื่อนำมาตรวจสอบภายใต้กล้อง Transmission Electron Microscopy (TEM) พบว่าเชื้อสามารถเข้าอาศัย (colonization) อยู่ในรากของต้นแตงกวาได้ โดยพบส่วนของสปอร์ของเชื้อ *A. campanulatus* อยู่ภายในเนื้อเยื่อของราก และต้นกล้าที่ถูกเชื้อเข้าอาศัยสามารถต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium aphanidermatum*

Suzuki *et al.* (2005) ศึกษาการเข้าครอบครองพืช ของเชื้อ *Streptomyces galbus* strain R-5 บนใบของต้นกล้า *Rhododendron* ที่ได้รับการปลูกเชื้อโดยทำศึกษาจากกล้อง TEM พบว่าเชื้อ strain R-5 สามารถเจริญเข้าไปในต้นพืชได้โดยผ่านทางบริเวณปากใบของพืช และสามารถเจริญอยู่ในเซลล์ของพืชนั้น ซึ่งพบส่วนของเส้นใย และสปอร์ของเชื้อได้ภายในเซลล์ และเนื้อเยื่อของพืช

Meguro *et al.* (2004) ได้ทำการปลูกเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 ที่แยกได้จากต้น *Kalmia latifolia* L. ลงในต้นกล้า *mountain laurel* ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าต้นกล้าที่ปลูกด้วยเชื้อสามารถ *Streptomyces padanus* AOK-30 สามารถเจริญเติบโตได้ปกติ และเมื่อทำการปลูกเชื้อ *Pestalotiopsis sydowiana* สาเหตุโรคใบไหม้หลังจากปลูกเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 พบว่าต้นกล้าแสดงลักษณะต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *Pestalotiopsis sydowiana* ได้ เมื่อนำต้นกล้าจากในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกลงในดินที่ผสมเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 เพื่อทดสอบความต้านทานต่อเชื้อ *Rhizoctonia* sp. ในสภาพโรงเรือน พบว่าต้นที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 มีระดับความรุนแรงของโรครากเน่าในน้อยกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 ในชุดควบคุม

Meguro *et al.* (2006) ทำการทดสอบการอาศัยพืชของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอ็นโคไฟต์ MBR-52 ที่แยกได้จาก *Rhododendron* โดยการแยกเชื้อกลับจากพืชของต้นกล้า *Rhododendron* ที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า เชื้อสามารถเข้าอาศัยในเนื้อเยื่อพืชได้ โดยจากการแยกเชื้อกลับพบเชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 เดิมที่ได้ปลูกลงไป และ ยังพบว่าเชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 ช่วยส่งเสริมการเจริญของรากในต้นกล้า *Rhododendron* ได้อีกด้วย