บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

พริกหวาน (*Capsicum annuum*) จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับมะเขือ มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง คำที่ใช้เรียกชื่อนั้นมีอยู่หลายคำเช่น chile, chillies, aji, piment, pimento, paprika และ capsicum (นิพนธ์, 2546) พริกหวานมีถิ่นกำเนิดจากอเมริกาใต้และแพร่กระจายพันธุ์ปลูกไปทั่วโลกตั้งแต่ปี ค.ศ.1493 มีด้วยกันหลายสี คือ สีเขียว สีแดง สีเหลือง สีส้ม สีม่วง สีดำ และสีขาว แต่ที่นิยมปลูก รับประทานและมีผลขายทั่วไปได้แก่ชนิด สีเขียว สีแดง และ สีเหลืองโดยที่สีเขียวจะมีความหวานน้อยที่สุด ส่วนสีแดงกับสีเหลืองหวานที่สุด (ข่าวเกษตรการปลูกพริกหวาน ศูนย์รวมข่าวสารการเกษตร, 2552) พริกหวานเป็นพืชข้ามปีแต่นิยมปลูกฤดูเดียวในระยะแรกพืชจะเจริญเป็นลำต้นเดียวหลังจากติดดอกแรกตรงยอดของลำต้นเดียวจะแตกกิ่งแขนงในแนวตั้งอีกสองกิ่ง เมื่อกิ่งแขนงมีดอกเจริญที่ปลายกิ่งจะเกิดกิ่งแขนงเจริญเป็นสองกิ่งทำให้จำนวนกิ่งเพิ่มขึ้น ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งและจำนวนผลต่อต้น โดยทั่วไปต้นจะสูง 0.5-1.5 เมตรสามารถเจริญได้ทั้งในสภาพช่วงแสงสั้นหรือช่วงแสงยาวเป็นพืชผสมตัวเอง แต่อาจมีโอกาสผสมข้ามโดยธรรมชาติสูง (นิพนธ์, 2546) พริกหวานเป็นพริกที่มีสีสันสวยงามและมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายทำให้สุขภาพผิว เอ็น และกระดูกแข็งแรงช่วยในเรื่องการขับถ่าย สารสีเหลือง สีส้ม และสีแดงของผลจัดเป็นสารจำพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งมีอยู่มากมายถึง 20 ชนิด ที่สำคัญได้แก่ เบตาแคโรทีน (betacarotene) เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอช่วยบำรุงสายตา นอกจากนี้พริกหวานยังอุดมไปด้วยวิตามินซีซึ่งพริกหวานสีเหลืองมีมากกว่าสีส้มถึง 4 เท่า พริกหวานสีเขียว 100 กรัมมีวิตามินซีถึง 100 มิลลิกรัมแต่วิตามินซีสามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อนสูงดังนั้นควรรับประทานในรูปของพริกสดร่วมกับผักสลัด (อมรรัตน์และคณะ, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคของพริกหวาน

ปัญหาของการปลูกพริกหวานในโรงเรือนที่สำคัญคือ ปัญหาเรื่องโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา ไวรัสรวมทั้งแมลงซึ่งนำความเสียหายและส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิต โรคของพริกหวานที่มีสาเหตุมาจากเชื้อราแบ่ง ได้เป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 คือโรคที่เกิดจากเชื้อสาเหตุทางดินได้แก่ โรค damping-off ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อราหลายชนิดเช่น *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp. และ *Alternaria* spp. โรค white mould ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Sclerotium sclerotiorum* (Lib.) de Bary และ *Sclerotinia minor* Jagger โรค Fusarium wilt ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. และ *Fusarium oxysporum* Schlechtend. : Fr. โรค Verticillium wilt ที่เกิดจากเชื้อรา *Verticillium dahlia* Kleb. และ *Verticillium albo-atrum* Reinke&Berthier โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Phytophthora capsici* Leonian ประเภทที่ 2 คือโรคที่เกิดกับส่วนใบได้แก่ โรคราแป้งที่เกิดจากเชื้อ *Leveillula taurica* (LéV.) G. Arnaud โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อ *Phaeoramularia capsicicola* (Vassiljevsky) และโรคราสีเทาที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* Pers.:Fr.) (Aleid *et al*., 1999)

โรคไฟทอปธอร่าไบลท์

โรคไฟทอปธอร่าไบลท์เป็นโรคที่สำคัญในการผลิตพริกหวานซึ่งเกิดจากเชื้อ *Phytophthora capsici* Leonian ซึ่งเป็นเชื้อที่สำคัญและก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก (Babadoost, 2000; Erwin and Ribeiro, 1996; Hwang and Kim, 1995; Lee *et al*., 2001; Leonian, 1922; Ristaino and Johnston, 1999; Tamietli and Valentino, 2001) เชื้อ *P. capsici* ถูกพบครั้งแรกโดย Leonian ซึ่งเข้าทำลายและก่อให้เกิดความเสียหายกับพริกในรัฐนิวเม็กซิโกสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1922 (Leonian, 1922) เชื้อชนิดนี้สามารถก่อให้เกิดโรคกับพืชหลายชนิดได้แก่ มะเขือเทศ มะเขือยาว แตงกวา แตงโม ฟักทอง น้ำเต้า โกโก้ แมคคาเดเมีย และพริก (Kreutzer *et al*., 1940; Kunimoto *et al*., 1976; Leonian, 1922; Polach and Webster, 1972; Ristaino,1990) เชื้อสาเหตุของโรคสามารถอยู่รอดได้ในดินและวัสดุปลูกในรูปของ oospore และอยู่ในเศษซากพืชในรูปของ mycelium (Lamour and Hausbeck, 2001) เชื้อสามารถอยู่ในดินได้นาน 4-6 ปี หรืออาศัยบนเมล็ดของพริกที่เป็นโรคได้นานมากกว่า 1 ปี (อมรรัตน์และคณะ, 2545) เชื้อสามารถเพิ่มปริมาณในพื้นที่เพาะปลูกที่เกิดการระบาดของโรคได้ และมีวงจรของโรคสั้นเพียง 3-5 วัน (Zheng, 1997) หากมีความชื้นสูงเชื้อจะสร้างและปล่อยสปอร์มีหางว่ายน้ำได้ (zoospore) โดยน้ำฝน น้ำชลประทาน แพร่กระจายไปตามน้ำสู่แหล่งปลูกพริกใกล้เคียงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคไฟทอปธอร่าไบลท์สามารถเกิดกับพริกหวานได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และทุกส่วนของพืช นอกจากนี้จะมีลักษณะการเข้าทำลายพืชได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญและส่วนของพืชที่ถูกทำลาย การเข้าทำลายในระยะต้นอ่อน อาการจะคล้ายกับการทำลายของโรครากเน่าโดยเชื้อจะทำลายบริเวณโคนต้นแผลจะมีลักษณะคล้ายโดนน้ำร้อนลวก ทำให้ต้นกล้าหักพับลงและแห้งตาย (นิพนธ์, 2546) ส่วนการทำลายในระยะต้นโต จะเข้าทำลายทั้งส่วนราก ลำต้น ใบและผล มักทำให้เกิดอาการเหี่ยวของพริกในระยะกำลังออกผลแล้วตายทั้งต้น อาการที่ใบจะเริ่มจากเป็นแผลจุดช้ำเล็กๆ และขยายขนาดอย่างรวดเร็ว หากเกิดแผลหลายแผลในใบ จะทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหดย่น ใบที่เกิดโรคจะเหี่ยวในสภาพอากาศร้อนอบอ้าว การเข้าทำลายลำต้นเกิดขึ้นตรงระดับดิน แผลสีน้ำตาลดำขยายลุกลามไปรอบๆต้นทั้งด้านบนและด้านล่างของลำต้น ทำให้ระบบรากถูกทำลาย ลำต้นเน่า ต้นพืชเหี่ยว ผลมีลักษณะฉ่ำน้ำ เนื้อผลเป็นสีเข้มดำ หากเกิดรุนแรงเชื้อจะเข้าทำลายเมล็ด (อมรรัตน์และคณะ, 2545)

วงจรการเกิดโรค (Babadoost, 2001)

P. capsici เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เชื้อสามารถผลิต spores ได้หลายชนิด ทั้งชนิดที่สามารถแพร่กระจายโรคไปทั่วทั้งแปลงและชนิดที่มีความคงทนสามารถอยู่ข้ามฤดูได้ *P. capsici* สามารถอยู่รอดข้ามฤดูปลูกได้ในรูปของ oospores หรือ mycelium ภายในเศษซากพืชที่เป็นโรคซึ่ง oospores เป็น sexual spore ที่มีผนังหนาซึ่งเกิดขึ้นจากการรวมกันของเส้นใย 2 เส้นใยที่มี mating types ต่างกันมาผสมกัน oospores มีความคงทนต่อสภาพแห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำ สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ และสามารถมีชีวิตอยู่ภายในดินโดยปราศจากพืชอาศัยได้หลายปี เมื่อทำการเพาะปลูกพริกหวานและสภาพแวดล้อมเหมาะสม oospore จะงอกผลิต sporangia และ zoospores (asexual spores) สภาพฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์สูง อุณหภูมิระหว่าง 24-29 องศาเซลเซียส เหล่านี้เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของโรคไฟทอปธอร่าไบลท์ ซึ่งการปลดปล่อย zoospores เพื่อไปสัมผัสกับเนื้อเยื่อพืช เป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการเข้าทำลายพืช (infection) ของเชื้อ หลังการเข้าทำลายของเชื้อจะเกิดแผลรอบลำต้นในส่วนที่ติดกับดินเป็นลักษณะที่พบโดยทั่วไปของโรคนี้ sporangia จะถูกสร้างบนแผลและแพร่กระจายไปตามน้ำฝน เมื่อสัมผัสกับพืช sporangia จะปลดปล่อย zoospores เพื่อเข้าทำลายพืช การผลิตและแพร่กระจายของ sporangia จะเกิดซ้ำๆ หลายครั้ง ตลอดฤดูปลูก เมื่อพืชตายเชื้อจะสร้าง oospores อยู่ภายในแผลและแพร่กระจายลงสู่ดินไปกับเศษซากพืช มีชีวิตอยู่ภายในดินในรูปของ oospores เพื่อเข้าทำลายพืชในฤดูปลูกอื่นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชีววิทยาของ *Phytophthora* (ทวี, 2548)

จีนัส *Phytophthora* เป็น 1 ใน 9 genera ที่เป็นสาเหตุโรคพืช ในกลุ่ม Oomycetes ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีรูปร่าง และการเจริญคล้ายรา (fungus-like) และถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่ม Stramenopiles ซึ่งเป็นกลุ่มที่สร้าง zoospores มี 2 หาง ที่มีความยาวไม่เท่ากัน การสร้าง zoospores ของ *Phytophthora* เกิดจากการแบ่งตัวของ cytoplasm ภายใน sporangia ซึ่ง zoospores ดังกล่าวไม่มี cell wall แต่มี plasma-membrane เมื่อ zoospores ว่ายน้ำหรือเคลื่อนที่ไปเจอพืชอาศัย จะปลดหางทิ้งและเข้าสปอร์ (encyst) พร้อมกับมีการสร้าง cell wall ที่มีส่วนประกอบของ cellulose ทันที (ภายใน 5-10 นาที) สปอร์ดังกล่าวพร้อมที่จะงอกเส้นใยเข้าทำลายพืชโดยตรง

Phytophthora ส่วนมากมีการปรับตัวในการเป็นปรสิตของโรคพืชได้อย่างดี ในวงจรชีวิตมีระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ประมาณ 50 % ของ *Phytophthora* species ที่พบทั้งหมดเป็นกลุ่มที่ผสมตัวเอง (homothallic) เมื่อเข้าทำลายพืชได้แล้วจะมีการผสมตัวเองเกิด oospores ผนังหนาอยู่ภายในเนื้อเยื่อพืช ส่วนที่เหลือเป็นกลุ่มที่มีคู่ผสมต่างกัน (heterothallic) ระหว่าง 2 mating types (A1 และ A2) ที่ผสมเข้ากันได้ จึงจะเกิด oospores และ oospores เหล่านี้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีเยี่ยม สามารถมีชีวิตอยู่ได้นานหลายปีในเศษซากพืชหรืออินทรียวัตถุในดิน เป็นส่วนขยายพันธุ์ที่มีอายุยืนยาวกว่าสปอร์ชนิดอื่นๆ

นอกจาก oospores แล้ว asexual spores ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นจำนวนมากบนเนื้อเยื่อของพืชอาศัย เช่น sporangia ของบางชนิด (species) เมื่อแก่หรือมีอายุสปอร์นี้จะหลุดจากก้านได้ง่าย ทำให้สามารถแพร่กระจายไปตามกระแสลมได้ไกลๆ ส่วน sporangia พวกที่ไม่หลุดจากก้านจะอาศัยน้ำเป็นตัวกลางพาไปในลักษณะของสปอร์เคลื่อนที่ด้วยหางหรือ zoospores ที่มี 2 หางว่ายน้ำไปตามแรงดึงดูดของสารเคมีที่ผลิตหรือปล่อยออกมาจากรากพืชอาศัยที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ทำให้ *Phytophthora* เปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างได้ดีตามสภาพแวดล้อมในหลายรูปแบบ ในวงจรชีวิตมีสปอร์ 4 ชนิด คือ sporangia, zoospores, chlamydospores และ oospores เชื้อ *Phytophthora* ส่วนมากเป็นพวกที่อาศัยอยู่ในดินบนเศษซากพืช บางระยะเวลาเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกับรากและโคนต้นพืช โดยมี oospores และ chlamydospores เป็นส่วนที่อยู่ข้ามฤดู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Phytophthora มีลักษณะพิเศษเฉพาะที่แตกต่างจากราทั่วไปหลายประการดังนี้

1. สารปฏิชีวนะ polyene (Pimaracin) มีประสิทธิภาพในการควบคุมหรือยับยั้งการเจริญของราชนิดอื่นๆ ยกเว้น *Phytophthora* ฉะนั้นจึงได้ใช้สารปฏิชีวนะตัวนี้ผสมในอาหารสังเคราะห์ใช้แยก *Phytophthora* โดยเฉพาะ

2. โดยธรรมชาติตลอดระยะการเจริญของเส้นใย *Phytophthora* อยู่ในลักษณะเป็น diploid (2N) มีเพียงระยะสั้นๆ ที่เป็น haploid (N) คือการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ของ antheridium (เพศผู้) และ oogonium (เพศเมีย) ก่อนผสมกันเกิด oospore ซึ่งแตกต่างจากราอื่น ๆ ที่เป็น haploid

3. การศึกษาส่วนประกอบของผนังเซลล์ (cell wall) ของ *Phytophthora* มีส่วนประกอบของ cellulose และ β - glucan ซึ่งแตกต่างไปจากราอื่นๆซึ่งมี chitin เป็นส่วนประกอบสำคัญ

4. *Phytophthora* ไม่สามารถสังเคราะห์ sterols ด้วยตัวมันเองเหมือนราชนิดอื่นๆ จึงต้องการ sterols จากภายนอกมาใช้ในการเจริญและสร้างเซลล์สืบพันธุ์

5. การเกิดวิวัฒนาการของกลุ่ม oomycetes รวมทั้ง *Phytophthora* มีความใกล้ชิดกับพวกสาหร่าย (heterokont algae) มากกว่าราจึงทำให้พวกนี้จัดอยู่ในสิ่งมีชีวิตคล้ายรา เพราะลักษณะของ zoospores มี 2 หาง ขนาดความยาวไม่เท่ากันและมีลักษณะรูปร่างภายนอกแตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะประจำ ที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษที่มีวิวัฒนาการมาด้วยกันและจากผลการศึกษาวิจัยในระดับโมเลกุลเรื่องความเหมือนของการเรียงลำดับของ small sub unit ribosomal RNA ซึ่งยืนยันจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบในระดับโมเลกุลของกลุ่ม oomycetes มีความแตกต่างไปจากราแต่มีความใกล้ชิดกับ heterokont algae มากกว่า

การจัดลำดับชั้นของเชื้อ *Phytophthora* sp. (Agrios, 2005)

Kingdom Chromista

Phylum Oomycota

Class Oomycetes

Order Peronosporales

Family Pythiaceae

Genus *Phytophthora*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อ *Phytophthora* sp. เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน สร้างเส้นใยไม่มีผนังกั้น แต่อาจสร้างผนังกั้นเมื่อมีอายุมากขึ้น การขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ โดยจะสร้างสปอร์ที่ว่ายน้ำได้เรียกว่า zoospore เกิดภายใน sporangium ซึ่งส่วนใหญ่มีรูปร่างลักษณะคล้ายผลมะนาว การขยายพันธุ์โดยใช้เพศ มีการสร้าง oospore ซึ่งเกิดจากการผสมระหว่าง oogonium และ antheridium นอกจากนี้ เชื้อจะสร้าง chlamydospore ซึ่งเป็นสปอร์ผนังหนา สามารถพักตัวอยู่ในดินได้เป็นอย่างดี วงจรชีวิตของเชื้อ *Phytophthora* sp. มีความซับซ้อนมากมักสร้างสปอร์ 4 ชนิด คือ

1. Sporangia (Greek: spora, seed + angeion, vessel) เป็น vegetative structures บางครั้งมีลักษณะคล้าย sexual spore ซึ่งจะงอก germ tube เพื่อสร้างเส้นใยใหม่ โดยที่ sporangia งอกโดยตรงเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมมีอาหารอุดมสมบูรณ์ มีน้ำน้อย และอุณหภูมิสูง ความชื้น steral และออกซิเจนในอากาศจะมีผลต่อการสร้าง sporangia แสง near-UV ที่ช่วงคลื่น 320 - 475 nm สามารถกระตุ้นการสร้าง sporangia ได้ ส่วนแอมโมเนีย ธาตุ Cu^{+} และ pH ที่สูงจะมีผลต่อเชื้อโดยจะยับยั้งความสามารถในการสร้าง sporangia ได้

2. Zoospore เป็นสปอร์ที่สร้างภายใน sporangium ต้องมีน้ำและอุณหภูมิที่ต่ำประมาณ 15-18 องศาเซลเซียส ไม่มีผนังเซลล์ ไม่ต้องอาศัยเพศ มีรูปร่างคล้ายไต สามารถว่ายน้ำได้โดยมี flagella 2 เส้น สามารถว่ายน้ำได้ไกล 563 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง การว่ายน้ำต้องอาศัยช่องว่างภายในดินขนาด 50 ถึง 140 ไมโครเมตร การปะทะกับผิวหน้าของน้ำทำให้ zoospore ไม่สามารถกลับตัวได้และลดความสามารถในการเคลื่อนที่ลง ทิศทางการว่ายน้ำและการงอกจะขึ้นอยู่กับ amino acids ซึ่งได้แก่ serine, glutamate และ asparagines ซึ่งเป็นสารที่รากพืชปล่อยออกมา การเคลื่อนที่ของ zoospore จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น pH ต่ำ สัมผัสกับผิวหน้า และมีปริมาณ zoospore น้อย zoospore ถูกปล่อยออกจากช่องที่อยู่ตรงปลายของ sporangium การปล่อย zoospore นี้ทำให้ปริมาณเชื้อที่สามารถเข้าทำลายพืชมีมากกว่าการที่ sporangium งอกโดยตรง เมื่อ zoospore พบกับพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการงอกรูปร่างจะเปลี่ยนเป็นทรงกลม สลัดหางทิ้ง และสร้าง germ tube อย่างรวดเร็วเพื่อทำลายพืชและสร้างเส้นใยในการเจริญเติบโต zoospore มักจะเข้าสู่พืชทางรากหรือปากใบโดยตรง

3. Oospore เป็นสปอร์ที่สร้างแบบอาศัยเพศ เกิดจากการรวมตัวกันของ gametangia ที่เรียกว่า oogonia และ antheridia การสร้าง oospore จะถูกยับยั้งด้วยแสงและอุณหภูมิซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละ species แต่ส่วนมากแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การสร้าง oospore มักจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างเส้นใย อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ 94:1 จะส่งเสริมการสร้าง oospore รวมไปถึงการปรากฏของแคลเซียมด้วย oospore เป็นสปอร์ที่มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการพักตัว มัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สร้างเมื่อมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมแก่การเจริญแล้วจะงอก germ tube เพื่อสร้างเส้นใยเหมือน sporangia และ zoospore

4. Chlamydospore (Chlamys, cloak + spora, seed) เป็นสปอร์ที่สร้างแบบไม่อาศัยเพศ เป็นเซลล์ที่สร้างภายในเส้นใย หรือปลายเส้นใย โดยเส้นใยสร้างผนังเซลล์ที่หนาขึ้น เพื่อให้สามารถคงอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส มี sterol ในอาหารที่เจริญ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง (30:1) การงอกสามารถเกิดขึ้นเมื่ออาหารมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นโดยเฉพาะ glucose และ asparagines

การป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora* sp. (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ใช้วิธีการผสมผสานในการป้องกันกำจัดโรคดังนี้

1. การเลือกพื้นที่ปลูกให้มีการระบายน้ำได้ดี ไม่ชื้นแฉะ หรือเป็นแอ่งน้ำ ซึ่งสามารถตรวจพบได้ชัดเจนภายหลังฝนตกใหม่ ๆ หากพบสภาพดังกล่าวควรปรับพื้นที่ไม่ให้มีสภาพน้ำขัง ทำร่องระบายน้ำในสวนที่เป็นพื้นที่ต่ำ เพื่อป้องกันน้ำขังสวน

2. การปรับสภาพดิน หากพบว่าดินเป็นกรดควรปรับสภาพโดยใช้ปูนขาวหรือปูนโดโลไมท์ลดความเป็นกรดลง ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ ในการบำรุงดิน

3. ใช้ต้นพันธุ์แข็งแรงปลอดโรคที่ได้จากแหล่งปลูกที่ไม่มีการระบาดของโรค

4. หมั่นดูแลตรวจตราสวนอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูกาลที่เชื้อ *Phytophthora* sp. สามารถระบาดทำลายพืชได้ดี

5. เมื่อพบอาการผิดปกติ เช่น อาการใบสลด ใบเหลือง หรือใบร่วง ควรตรวจสอบการเกิดแผลตามบริเวณต่าง ๆ ของโคนต้น รากและปลายราก เมื่อพบอาการเน่าเสีย ในกรณีของไม้ยืนต้นให้ขูดส่วนที่เน่าเสียออกแล้วทาแผลด้วยปูนแดง หรือสารป้องกันกำจัดโรค เช่น เมทาแลกซิล หรือ ฟอส- เอทธิลอะลูมินั่ม

6. เก็บเศษชิ้นส่วนที่เป็นโรคเผาทำลาย หากเป็นโรครุนแรงจนต้นพืชตาย ทำการตัดต้นทิ้ง เมื่อตัดต้นแล้วให้ขุดราก ถอนโคนออกให้หมด นำไปเผาทำลาย ไม่ปล่อยทิ้งไว้ในสวนเพราะจะเป็นแหล่งแพร่ระบาดของเชื้อสาเหตุและเนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคสามารถสร้างสารพิษที่มีคุณสมบัติเป็นกรด จึงควรปรับสภาพดินให้ลดความเป็นกรดลง โดยใช้ปูนขาวโรยให้ทั่วบริเวณนั้น ใช้ปุ๋ยคอกปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มจุลินทรีย์ชนิดอื่นลงดิน เมื่อปรับสภาพดินแล้ว หากจะปลูกพืชในที่เดิม ให้หลีกเลี่ยงไม่ปลูกพืชที่เชื้อนี้สามารถเข้าทำลายได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การจำแนกชนิด (species) *Phytophthora* sp.

วิธีการจำแนกชนิดของเชื้อ *Phytophthora* สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การศึกษาลักษณะของ sporangium ลักษณะการเกิด antheridium ขนาดของ oogonium การเกิด oospore ในอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไปและความหนาของผนัง ลักษณะการเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของการเจริญเติบโตและความจำเพาะเจาะจงกับ host (ขจรศักดิ์ และศรีสุรางค์, 2545) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษานาน และต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในการจัดจำแนกเชื้อราเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังได้มีการนำเทคนิคทางด้านเซรุ่มวิทยา (serological techniques) มาใช้ในการแยกความแตกต่างของเชื้อรา *Phytophthora* แต่ละ species อีกด้วย (Jones and Shew, 1988; McDonald *et al*., 1990; Grote and Gabler, 1999) แต่เทคนิคนี้ก็มิได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลที่ขาด antibodies ที่จำเพาะและมีขั้นตอนการผลิต monoclonal antibodies ที่ยุ่งยาก (Bonants *et al*., 1997) เทคนิคพีซีอาร์ (Polymerase Chain Reaction ; PCR) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้ผลดีในการจัดจำแนกและตรวจสอบความแตกต่างของเชื้อราโรคพืช (Lacourt and Duncan, 1997; Schena *et al*., 2002 a,b; Ippolito *et al*., 2002) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความจำเพาะเจาะจงสูง แม่นยำ และรวดเร็วกว่าวิธีการอื่น

Polymerase chain reaction (PCR)

Polymerase Chain Reaction (PCR) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า *In vitro* enzymatic gene amplification ค้นพบครั้งแรกโดย Kary Mullis และคณะในปี 1985 เป็นเทคนิคการเพิ่มปริมาณยีนหรือชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเฉพาะบริเวณที่ต้องการศึกษาให้มีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมหลายล้านเท่าในหลอดทดลองโดยใช้ระยะเวลาอันสั้น ซึ่งกระบวนการต่างๆ เลียนแบบจากการจำลองตัวเองของสายดีเอ็นเอในสภาพธรรมชาติ (In vitro DNA replication) ซึ่งการทำปฏิกิริยา PCR ที่ต่อเนื่องซ้ำๆ กันในขั้นตอนที่ 1-3 หลายๆ รอบ จะพบว่ามีสายดีเอ็นเอเพิ่มขึ้น โดยเริ่มจากสายดีเอ็นเอต้นแบบ 1 คู่ เมื่อสิ้นสุดรอบที่ 1 จะได้สายดีเอ็นเอเป็น 2 คู่ ดังนั้นเมื่อทำหลายๆ รอบของ PCR ดีเอ็นเอก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของทุกๆ รอบ ถ้าทำ PCR 20 รอบ ก็จะได้สายดีเอ็นเอเพิ่มเป็น 2^{21} สาย ถ้าทำปฏิกิริยา n รอบ ก็จะได้สายดีเอ็นเอเท่ากับ 2^{n+1} เมื่อประสิทธิภาพการผลิต 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งโดยทั่วไปมักจะทำ PCR ประมาณ 30-40 รอบ ก็จะได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเป็นจำนวนมากถึงพันล้านเท่าของจำนวนดีเอ็นเอต้นแบบ (อังสนา, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการของเทคนิค PCR โดยใช้หลักเลียนแบบธรรมชาติของดีเอ็นเอที่ว่า โดยทั่วไปสายดีเอ็นเอสามารถจับคู่กันได้เพราะมีเบสคู่สมกัน (complementary) ดังนั้นการสังเคราะห์สายดีเอ็นเอชิ้นใหม่ในหลอดทดลองจึงใช้หลักการเดียวกัน โดยอาศัยดีเอ็นเอเดิมเป็นต้นแบบ (template) และอาศัยดีเอ็นเอสายสั้นๆ (primer) ที่สามารถจับกับดีเอ็นเอต้นแบบเป็นจุดเริ่มต้น และมีเอนไซม์พวก DNA polymerase ช่วยทำให้สายดีเอ็นเอยาวออกไป โดยเลือกจับนิวคลีโอไทด์ตัวใดตัวหนึ่งใน 4 ชนิด (dNTPs) คือ dATP, dCTP, dTTP และ dGTP เข้ามาต่อให้เป็นเบสคู่สมกับดีเอ็นเอสายต้นแบบเดิม ดังนั้นก็จะได้ดีเอ็นเอสายใหม่เกิดขึ้น (อังสนา, 2546) โดย PCR สามารถสังเคราะห์สายดีเอ็นเอได้คราวละ 2 สายพร้อมกัน โดยใช้ primer 1 คู่ ปฏิกิริยา PCR มี 3 ขั้นตอนและหมุนเวียนต่อเนื่องกันไป ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของแต่ละขั้นตอน ขั้นแรกเรียกว่า denaturation เป็นการแยกสายดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบจากสภาพที่เป็นสายคู่ให้เป็นสายเดี่ยวโดยใช้อุณหภูมิ 92 - 95 องศาเซลเซียส ขั้นที่สองเรียกว่า annealing เป็นขั้นตอนที่ลดอุณหภูมิลงและจัดให้ primer สายสั้นๆ (14 - 30 mers) ที่มีลำดับเบสเป็นคู่สมกับดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบจับคู่กัน ซึ่งนิยมใช้ช่วงอุณหภูมิ 37 - 60 องศาเซลเซียส ขั้นที่สามเรียกว่า extension เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่โดยสังเคราะห์ต่อจากส่วนปลาย 5’ ของ primer ตามข้อมูลของต้นแบบดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบแต่ละสาย โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ DNA Polymerase ที่อุณหภูมิ 72 - 75 องศาเซลเซียส เอนไซม์ DNA Polymerase ที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติอยู่ได้ภายใต้สภาวะของปฏิกิริยาตลอดสามขั้นตอน จากขั้นตอนที่ 1 - 3 รวมกันเป็นหนึ่งรอบ (one cycle) ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นดีเอ็นเอสายคู่จำนวนที่มีลำดับเบสเป็นคู่สมกับดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบ เมื่อจัดให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่จากขั้นที่หนึ่งถึงขั้นที่สามหมุนเวียนไปอีกหลายๆ รอบ จะเพิ่มปริมาณ (amplify) ดีเอ็นเอได้มากมาย (พิสสวรรณ, 2540)

ในการทำ PCR ต้องใช้สารเคมีต่างๆ ดังนี้ บัฟเฟอร์สำหรับทำปฏิกิริยา ดีออกซีนิวคลีโอไทด์ไตรฟอสเฟต (Deoxynucleotide triphosphase : dNTPs) ประกอบด้วย dATP, dCTP, dTTP และdGTP ส่วน primer ที่นิยมใช้คือ โอลิโกนิวคลีโอไทด์ขนาด 20 - 24 นิวคลีโอไทด์ ดีเอ็นเอเป้าหมายใช้ได้ทั้งดีเอ็นเอที่มีคุณภาพและที่มีคุณภาพไม่ดีนัก แต่ถ้าใช้คุณภาพดีจะได้ผลผลิตมากกว่า แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) เป็นส่วนสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาและมีรายงานว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีผลต่อปฏิกิริยา และเอนไซม์ เลือกใช้เอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ (thermostable DNA polymerase) ชนิดที่ใช้กันมากคือ *Tag* polymerase (สุรินทร์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกขนาดของดีเอ็นเอโดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซีส (electrophoresis) เป็นเทคนิคที่ใช้แยกโมเลกุลของสารที่มีประจุออกจากกันโดยใช้กระแสไฟฟ้า โดยให้สารที่มีประจุนั้นเคลื่อนผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งในสารละลาย สารที่มีประจุต่างกันจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้าม นอกจากประจุแล้วอัตราการเคลื่อนที่ยังขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่างโมเลกุล แรงเคลื่อนไฟฟ้า และตัวกลางที่ใช้ด้วย

อะกาโรสเจล (agarose gel) เป็นโพลีเมอร์ของ D-galactose สลับ 3,6-anhydrogalactose แยกได้จากวุ้น (agar) เนื่องจากอากาโรสจับจับตัวกับสารลายต่างๆได้น้อยมาก จึงนิยมใช้เป็นตัวกลางในการทำอิเล็กโทรดฟรีซิส การแยกโมเลกุลของดีเอ็นเอโดยทั่วไปจะใช้อิเล็กโทรโฟรีซีสเป็นส่วนใหญ่เพราะมีช่วงที่ใช้ได้มากกว่า การเตรียมทำได้ง่ายและไม่มีอันตรายเมื่อเทียบกับโพลีอะครีลาไมด์ การทำอิเล็กโทรโฟรีซิสมักทำในแนวราบ (horizontal gel) (สุรินทร์, 2545)

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีหรือชีวภาพ (biological control)

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี หมายถึง การลดปริมาณประชากรของเชื้อโรคพืชหรือลดกิจกรรมของเชื้อโรค อันก่อให้เกิดโรคจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตซึ่งรวมถึงพืชชั้นสูงและเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) พันธุกรรมหรือผลผลิตจากพันธุกรรม (genes or genes products) ยกเว้นผลจากการกระทำต่อเชื้อโดยตรงจากมนุษย์ (เกษม, 2532) ปัจจุบันมีจุลินทรีย์หลายชนิดทั้งเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส และจุลินทรีย์อื่นๆ สำหรับเชื้อราต่างๆ ได้แก่ *Trichoderma* spp. *Penicilium* spp. และ *Chaetomium* spp. และแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ฯลฯ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และบางชนิดได้ถูกนำมาใช้ผลิตออกจำหน่ายเป็นสารชีวภัณฑ์แล้ว จึงควรนำมาใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้ไม่เป็นอันตรายต่อพืช สัตว์ และผู้บริโภค

กลไกการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช โดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

ในธรรมชาติทั่วไปจะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี มักนิยมเรียกจุลินทรีย์เหล่านี้ว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) หรือเชื้อปฏิปักษ์ ซึ่งเชื้อเหล่านี้มีกลไกในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคได้ 4 ลักษณะ ดังนี้ (สมคิด, 2549)

1. การทำลายชีวิต (antibiosis) เชื้อปฏิปักษ์ที่ได้รับความสนใจคัดเลือกมาใช้ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีนั้น จะเน้นคุณสมบัติการทำลายชีวิตของเชื้อโรคส่วนใหญ่และนับว่าเป็นกลไกชนิดแรกที่นำมาใช้ โดยเชื้อปฏิปักษ์จะมีความสามารถในการผลิตสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งหรือทำลายชีวิตของเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ เช่น สารพิษ (toxin) หรือสารปฏิชีวนะ (antibiotic)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ซึ่งมีผลในการกำจัดเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียก่อโรค

2. การแก่งแย่งอาหารและพื้นที่อาศัย (competition) การที่สิ่งมีชีวิต 2 ชนิดหรือมากกว่าเจริญอยู่ด้วยกันและมีความต้องการอาหารและที่อยู่อาศัย เมื่ออาหารที่มีอยู่ไม่เพียงพอ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะเกิดการแข่งขันกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ธาตุอาหารและปัจจัยอื่นๆ สำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งการแก่งแย่งอาหารและพื้นที่อาศัยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถแย่งอาหารจากเชื้อสาเหตุโรค ทำให้ปริมาณของสารอาหารซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคลดลง เนื่องจาก จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการแก่งแย่งอาหารหรือพื้นที่อาศัยได้ดีกว่าเชื้อสาเหตุของโรคและมีความสามารถในการใช้สารอาหารได้ มากชนิด และใช้ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้พืชแข็งแรง มีผลผลิตที่สูงขึ้น (เกษม, 2532)

3. การเป็นปรสิต และตัวห้ำ (parasitism and predation) จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถสร้างเอนไซม์ไปย่อยผนังเซลล์ของเชื้อโรคพืชได้และใช้ส่วนประกอบภายในเซลล์มาเป็นอาหารโดยตรง บางกรณีอาจมีกลไก antibiosis ร่วมด้วย หรือการที่เชื้อราปฏิปักษ์สร้างเส้นใยแทงทะลุเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุแล้วดูดของเหลวที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้เส้นใยเหี่ยวแฟบลงหรือเส้นใยเชื้อราปฏิปักษ์พันรัดเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชแล้วปล่อยเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ ส่งผลให้เส้นใยเหี่ยวแฟบและตายไปในที่สุด

4. การชักนำให้เกิดความต้านทานโรค (induced disease resistance) เป็นกลไกที่ปัจจุบันกำลังให้ความสนใจศึกษาอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจาก เชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เคยเป็นเชื้อก่อโรค เมื่อนำมาให้เสียความสามารถในการทำให้เกิดโรคไปแล้ว สามารถจะชักนำหรือกระตุ้นให้พืชสร้างความต้านทานต่อการทำลายของเชื้อโรคได้

วิธีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (นิพนธ์, 2538)

มีการศึกษาเพื่อนำเอาจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมโรคพืช ซึ่งนิยมนำไปใช้กับโรคพืชที่เกิดบริเวณผิวราก (rhizoplane) หรือบริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดิน (phylloplane) ซึ่งการใช้เชื้อปฏิปักษ์ควบคุมโรคที่บริเวณทั้งสองนี้จะมีกรรมวิธีการใช้แตกต่างกัน

1. บริเวณผิวราก จะมีกรรมวิธีการใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคได้หลายแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสะดวกในการปฏิบัติของผู้ใช้และแต่ละวิธีอาจให้ประสิทธิภาพการควบคุมโรคได้ไม่เท่ากันซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยหลายอย่าง ตั้งแต่คุณสมบัติของพืชเอง ตลอดจนลักษณะของผลิตภัณฑ์เชื้อปฏิปักษ์ที่มีหลายรูปแบบดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1 การคลุกเมล็ด (seed treatment) นิยมใช้กับพืชที่ใช้เมล็ดเพาะปลูกโดยเมล็ดจะต้องมีขนาดใหญ่โตมากนัก ช่วยให้ปฏิบัติได้ง่ายและไม่สิ้นเปลืองผงเชื้อ หรือสารแขวนลอยของเชื้อมักนิยมใช้คลุกเมล็ดก่อนปลูก

1.2 การราดดิน (soil drench) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ปฏิบัติกันมาก แต่จะไม่ค่อยสะดวกหากนำไปใช้ในสภาพไร่นาของเกษตรกรที่อาจมีน้ำสะอาดไม่เพียงพอหรือขาดแคลนน้ำ และถ้าหากปลูกพืชเป็นปริมาณมากจะทำให้เกิดปัญหาความไม่สะดวกในการปฏิบัติยิ่งขึ้น

1.3 การคลุกดิน (soil amendment) เป็นวิธีการนำเอาผงของเชื้อหรือสารละลายเชื้อปฏิปักษ์ใส่ไปในดินและคลุกเคล้าผสมกันให้ทั่วก่อนปลูกพืช การใส่ในรูปของผงเชื้อ ค่อนข้างจะสะดวกกว่าในรูปของสารละลาย

1.4 การจุ่มราก (root dipping) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กับพืชที่ต้องการเพาะเมล็ดแล้วย้ายกล้าไปปลูก เช่น มะเขือเทศ พริก หรือ พืชที่มีเมล็ดพันธุ์ราคาแพง โดยจะต้องทำดินบริเวณรากหลุดออกให้หมดก่อนนำไปจุ่มในสารละลายเชื้อที่ความเข้มข้น 10^8 cfu/ml แล้วจึงนำไปปลูกในแปลงต่อไป วิธีนี้จะทำให้เชื้อปฏิปักษ์ควบคุมโรคได้ดีเพราะรากจะสัมผัสกับเชื้อได้หมดทุกส่วน ไม่ก่อให้เกิดช่องว่างให้เชื้อโรคเข้าทำลาย

2. บริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดิน การใช้มีรูปแบบที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก และมีวิธีใช้ที่นิยมเพียง 2 วิธี คือ

2.1 การทา (paste painting) เป็นวิธีที่นิยมใช้กับพืชยืนต้นที่ถูกทำลาย มีแผลปรากฏให้เห็นชัดเจนบนส่วนของต้นหรือกิ่ง บริเวณที่สามารถนำเอาเชื้อปฏิปักษ์ที่เตรียมให้มีความเข้มข้นและเหนียวไปทา เพื่อให้ยึดติดกับผิวพืชได้คงทน สามารถป้องกันและรักษาพืชให้คืนเป็นปกติ ถ้าหากเป็นพืชยืนต้นสูงๆ หรือพืชล้มลุกจะไม่สะดวกในการปฏิบัติ

2.2 การพ่น (spraying) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากกับพืชที่ปลูกเป็นปริมาณมากหรือมีลำต้นสูง ซึ่งมีหลักการปฏิบัติเช่นเดียวกับการพ่นสารเคมีกำจัดโรคพืช โดยมากแล้วนิยมใช้เชื้อที่เลี้ยงบนอาหารมาทำเป็นสารละลายแล้วจึงนำไปพ่นลงบนพืช เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคที่แพร่ระบาดโดยปลิวไปกับลม ฝน เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุลินทรีย์เอนโดไฟท์

จุลินทรีย์เอนโดไฟท์ (endophyte microbe) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชทั้งพืชบกและพืชน้ำ โดยอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชโดยที่ไม่ก่อให้เกิดโรคต่อพืชเจ้าบ้าน ซึ่งจุลินทรีย์เอนโดไฟท์และต้นพืชจะอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (mutualistic symbiosis) โดยต้นพืชให้อาหารและที่อาศัยแก่จุลินทรีย์เอนโดไฟท์ ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์เอนโดไฟท์ก็สามารถให้

ประโยชน์ต่อพืชมากมายเช่น ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Barka *et al*., 2002; Kang *et al*., 2007) ลดความรุนแรงของโรค (Coombs *et al*., 2004; Kloepper *et al*., 2004; Senthikumar *et al*., 2007) ชักนำให้พืชสร้างกลไกในการป้องกันตนเอง (defense mechanism) (Bargabus *et al*., 2002; Mishra *et al*., 2006; Bakker *et al*., 2007) และสร้างสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหรือฮอร์โมนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bacon and White, 2000)

จุลินทรีย์เอนโดไฟท์ มีทั้งเชื้อราเอนโดไฟท์และแบคทีเรียเอนโดไฟท์ โดยส่วนใหญ่เชื้อราเอนโดไฟท์จะได้รับความสนใจในการศึกษาที่กว้างขวางกว่าทำให้มีข้อมูลของเชื้อราเอนโดไฟท์กับพืชอาศัยมากมาย มีรายงานว่าเชื้อราบางชนิดสามารถผลิตสารที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรมและเภสัชกรรม เช่น การสร้างสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ในกลุ่มของสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุโรคในคน สัตว์ หรือพืช เป็นต้น ส่วนแบคทีเรียเอนโดไฟท์ เป็นแบคทีเรียที่มีช่วงใดช่วงหนึ่งของวงชีวิตอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งอาจอยู่ในส่วนของราก ลำต้น กิ่ง หรือใบ แบคทีเรียชนิดนี้เป็นกลุ่มที่ได้รับการศึกษาน้อย มีรายงานถึงการผลิตสารในกลุ่มของสารปฏิชีวนะในแบคทีเรียเอนโดไฟท์น้อยมาก แต่จากคุณสมบัติที่เด่นของแบคทีเรียคือมีการแบ่งตัวที่รวดเร็วกว่าเชื้อราจึงน่าที่จะนำคุณสมบัตินี้มาทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์อื่นๆ ต่อไปได้ (นิตยา และสายสมร, 2543)

แบคทีเรียปฏิปักษ์

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่พบทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ หรือเจริญภายในต้นพืช ซึ่งกระบวนการทางสรีรวิทยาเพื่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่นบนโลก บางชนิดทำให้เกิดโรคในคน สัตว์และพืช บางชนิดทำประโยชน์ให้คน สัตว์และพืชมีชีวิตที่สมบูรณ์ขึ้น บางกลุ่มทำให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แต่บางกลุ่มช่วยปรับปรุงและรักษาสภาพแวดล้อมได้ดี ในดิน น้ำและอากาศให้มีสภาพดีขึ้นได้ ช่วยกำจัดสารพิษ ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการทางสรีรวิทยาหรือ metabolism เพื่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ซึ่งมนุษย์ได้หาประโยชน์จากกระบวนการดังกล่าว นำมาปรับปรุงใช้เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของสิ่งมีชีวิตอื่นบนโลก (เสาวนีย์, 2547)

ในปัจจุบันมีการยอมรับและให้ความสนใจในการใช้แบคทีเรียในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช ซึ่งเรียกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติดังกล่าวว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ ซึ่งแบคทีเรียปฏิปักษ์สามารถพบได้โดยทั่วไป เช่น จากดินบริเวณไรโซสเฟียร์ (rhizosphere) ในเนื้อเยื่อพืช (endophyte) บนส่วนต่างๆ ของพืช (epiphyte) บนกิ่ง ดอก ใบ ผล และพบว่าแบคทีเรียหลายชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ ซึ่งมีกลไกในการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุ 4 ประการด้วยกันคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การสร้างสารทำลายชีวิต (antibiosis) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการใช้สารที่สร้างขึ้นจากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง สารดังกล่าวมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตและอาจมีผลในการทำลายชีวิตของเชื้อโรคได้ โดยสารที่สร้างจากแบคทีเรียปฏิปักษ์มี 4 ชนิดคือ

- สารปฏิชีวนะ (antibiotic) เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีผลยับยั้งการเจริญหรือระงับกิจกรรมของเชื้อสาเหตุอย่างไม่จำเพาะเจาะจง โดยสารปฏิชีวนะแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแบคทีเรีย องค์ประกอบ คุณสมบัติทางเคมีและสภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยง Notz *et al.* (2001) รายงานว่าเชื้อ *P. fluorescence* สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ 2,4-diacetyl phloroglucinol มีผลในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ ส่วน Swan *et al*. (1994) พบว่า *Streptomyces antibioticus* ผลิตสารปฏิชีวนะ oleandomycin ที่สามารถไปจับกับไรโซเบียมและไปยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุของโรคได้หรืออย่างกรณีของ *Pseudomonas fluorescens* 2-79 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ phenazine-1-carboxylic acid (PCA) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* เชื้อสาเหตุโรครากเน่าของข้าวสาลีได้ถึง 50-90 เปอร์เซ็นต์ (Ownley *et al*.,1991; Thomashow *et al*.,1990) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Silo-suh *et al*. (1994) ซึ่งพบว่าเชื้อ *Bacillus cereus* UW85 สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ switтermicin A และ antibiotic B ยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อ *Phoma medicaginis* โดยทำให้เส้นใยโป่งพองและไม่ยืดยาวออกไป Szczech and Shoda (2006) รายงานว่า *Bacillus subtilis* RB14-C มีความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะ Iturin A ซึ่งเป็นสารชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรค damping-off ของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mahadtanapuk *et al.* (2007) ซึ่งใช้ *Bacillus* spp. ได้แก่ *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis* และ *B. subtilis* ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum musae* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในปทุมมา (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) โดยวิธี Dual culture พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. musae* ได้และพบว่าสารแขวนลอยของแบคทีเรียความเข้มข้น 2×10^{8} cfu/ml ขึ้นไปสามารถ ยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. musae* ได้และจากการศึกษาสารที่ *Bacillus* spp. สร้างขึ้นโดยวิธี paper chromatography พบว่าคือสาร Iturin A ซึ่งตรวจพบใน *B. amyloliquefaciens* และ *B. subtilis* แต่ไม่พบใน *B. licheniformis*

- Bacteriocin เป็นโมเลกุลของโปรตีนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแบคทีเรียชนิดหนึ่งและมีผลจำเพาะเจาะจงในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียในจีนัสเดียวกัน ตัวอย่างที่เห็นชัดสำหรับการควบคุมเชื้อโรคด้วยกลไกนี้ คือ การควบคุมโรค crown gall ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Agrobacterium tumefaciens* โดยใช้แบคทีเรีย *A. radiobacter* strain K – 84 ผลิตสาร bacteriocin ที่มีชื่อว่า Agrocin 84 มีการควบคุมโรค crown gall โดยใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

A. radiobacter strain K – 84 ในรูปแบบของการค้าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1973 ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ทางการค้า 3 ชนิดที่มี *A. radiobacter* strain K – 84 เป็นองค์ประกอบหลักและขายในตลาดทั่วโลก คือ Galltrol A, Norbac 84-C และ Diegall ในปีค.ศ. 1991 ประเทศออสเตรเลียได้ทำพันธุวิศวกรรมกับ *A. radiobacter* strain K – 84 เพื่อป้องกันการถ่ายทอดพลาสมิดที่มียีน Agrocin 84 ไปยังเชื้อโรคอื่น และได้ตั้งชื่อแบคทีเรียนี้ว่า *A. radiobacter* strain K – 84 ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Norgall (กัญชลี, 2542) นอกจากนี้ Sigee (1993) อธิบายกลไกของสาร bacteriocin ในการเข้าทำลายแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชว่า สารนี้มีลักษณะคล้ายไวรัส สามารถเกาะจับกับโปรตีนในตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงภายใน periplasmic ของแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช ส่งผลให้เซลล์ของแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชเกิดความผิดปกติในการสังเคราะห์โปรตีนและยังพบว่าแบคทีเรียหลายชนิดสามารถผลิตสาร bacteriocin ได้ เช่น *Pseudomonas syringae* ผลิตสาร syringcin และ *Corynebacterium* sp. ผลิตสาร corynecin

- ไซเดอโรฟอร์ (siderophore) เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดหนึ่งแบบเมตาบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่จุลินทรีย์ผลิตออกมาเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีธาตุเหล็กหรือมีในปริมาณต่ำมาก ไซเดอโรฟอร์จะไปจับกับธาตุเหล็กที่อยู่บริเวณรอบๆ รากพืชดังนั้นผลจากการขาดธาตุเหล็กจะสามารถป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ โดยทำให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ ไซเดอโรฟอร์มีโครงสร้างหลายลักษณะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ปัจจุบันทราบลักษณะโครงสร้างทางเคมีแล้วไม่น้อยกว่า 200 โครงสร้าง จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ ไฮดรอกซาเมต (hydroxamate) หรือ ไธโอไฮดรอกซาเมต (thiohydroxamate), คาเทโคเลท (cathecholate) หรือฟีโนเลท (phenolate) และ คาร์บอกซิเลท (carboxylate) Villegas *et al.* (2002) พบว่า *Pseudomonas aeruginosa* PSS สามารถผลิตสารไซเดอโรฟอร์ มีผลไปยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ทั้งในสภาพที่ไม่มี Fe^{3+} และมี Fe^{3+} สูง (284 μM) แต่ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ไม่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราดังกล่าว เช่นเดียวกับการศึกษาของ Piyush *et al.* (2005) รายงานว่าเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* GRC_1 ที่แยกจากดินรอบรากมันฝรั่ง สามารถผลิตสารไซเดอโรฟอร์ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาด (*Brassica campestris* var. Pusa Gold (Indian mustard) มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความยาว น้ำหนักทั้งในส่วนของรากและส่วนยอดของต้นพืช นอกจากนี้ Cao *et al.* (2005) ได้ทำการแยกเชื้อแอคติโนมัยซิสเอนโดไฟท์จากรากกล้วยเพื่อควบคุมโรคเหี่ยวในกล้วยที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* พบว่า *Streptomyces* sp. strain S 96 มีการสร้างสารไซเดอโรฟอร์ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ โดยทำให้ต้นกล้วยเป็นโรคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกันชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เอนไซม์ (enzyme) แบคทีเรียปฏิปักษ์หลายชนิดสามารถสร้างเอนไซม์ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อเชื้อสาเหตุ เช่น chitinolytic enzyme ที่ *B. cereus* และ *Pentoea (Enterobacter) agglomerans* สร้างขึ้น มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* (Pleban *et al.,* 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gil (2005) ได้สกัดสารจาก *Streptomyces halstedii* AJ-7 เพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อ *Phytophthora capsici* สาเหตุโรค Phytophthora blight ของพริกแดงโดยทำการเลี้ยงเชื้อราบนอาหารเหลวผสมสารสกัดของจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์สร้างสาร chitinases มีผลทำให้เส้นใยของเชื้อสาเหตุ มีลักษณะที่ผิดปกติ เส้นใยโป่งพอง และแตก ในปี ค.ศ. 1991 Lim *et al*. รายงานว่า Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) บางสายพันธุ์เช่น *Pseudomonas stutzeri* สามารถผลิตเอนไซม์ chitinase และ laminarinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา *Fusarium solani* สาเหตุโรครากเน่าได้เช่นเดียวกับการศึกษาของ Moataza (2006) พบว่าเชื้อ *Ps. fluorescens* สามารถสร้างเอนไซม์ได้หลายชนิดเช่น ß - 1,3 และ ß - 1,4 glucanases, chitinase, protease และ lipase ซึ่งไปมีผลต่อผนังเซลล์ของเชื้อ *P. capsici* และ *R. solani* สาเหตุโรครากและลำต้นเน่าของมะเขือเทศ

2. การแก่งแย่งอาหารและพื้นที่อาศัย (competition) การแข่งขันที่พบมากคือ การนำเอาธาตุอาหารหรือสารต่างๆ ที่มีอยู่ในดินมาใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้เชื้อโรคขาดสารอาหารและไม่สามารถเข้าทำลายพืชได้ เช่นแบคทีเรียในกลุ่มของ fluorescent pseudomonas *Bacillus* spp. และ *Streptomyces* spp. เป็นต้น มีความสามารถในการใช้สารอาหารได้หลายชนิดและเจริญรวดเร็วเข้าครอบครองพื้นที่บริเวณรากพืชได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการแก่งแย่งที่อยู่อาศัยบริเวณรากพืช ทำให้เชื้อโรคไม่มีโอกาสเข้าทำลายรากได้และยังช่วยส่งเสริมการเจริญของพืชและเพิ่มปริมาณของผลผลิตอีกด้วย จึงมีผู้ตั้งชื่อแบคทีเรียเหล่านี้และที่มีลักษณะใกล้เคียงกันนี้ว่า Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) (อนุภาพ, 2536) ตัวอย่างการศึกษาของ Lemessa and Zeller (2007) ทำการคัดเลือกแบคทีเรียบริเวณรอบๆ รากของมันฝรั่ง มะเขือเทศ พริกหวาน กาแฟ และข้าวโพด เพื่อควบคุมโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรีย strain APF1 และ B2G มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวโดยทำให้การเกิดโรคลดลง 60 และ 56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 96 และ 70 เปอร์เซ็นต์ จากการจำแนกของแบคทีเรียปฏิปักษ์พบว่า แบคทีเรีย strain APF1 คือ *Pseudomonas fluorescens* ส่วน B2G คือ *Bacillus subtilis* เช่นเดียวกับการศึกษาของ Guo *et al.* (1996) พบว่าเชื้อ *Pseudomonas* spp. และ *Bacillus* spp. หลายชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Ralstonia solanacearum* Smith โดยการเจริญครอบครองพื้นที่บริเวณราก ในปีค.ศ. 2006 Jiang และคณะได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเมินความสามารถและการประยุกต์ใช้ *Bacillus* sp. เพื่อควบคุมโรคไฟทอปธอร่าไบลท์ ของพริกหวานในสภาพแปลง โดยใช้เชื้อ *Bacillus* sp. BB11,FH17 และ BF (BB11 ผสมกับ FH17 อัตราส่วน 1:1) จากการทดลองพบว่าการใช้ BF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรค 60.3 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 200 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้ BB11 เพียงอย่างเดียวให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเป็น 55.8 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ 80.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ FH17 ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเป็น 37.1 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการทดลองใช้ BF ภายในสภาพแปลงปลูกโดยประกอบด้วย 4 กรรมวิธีคือ 1. ผสม BFในกาก rapeseed 2. ผสม BFในกาก rapeseed แล้วหมักก่อนใช้ 3. พ่น BF และ 4. ราด BF จากผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของ *Bacillus* sp. ที่เหมาะสมที่สุดคือ 10^6 cfu/ml และใช้ในอัตรา 7.5 l/ha ซึ่งกรรมวิธีที่ 2 ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดีที่สุด คือ 88 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตมากที่สุด 88 %

3. การเป็นปรสิต และตัวห้ำ (parasitism and predation) เชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นปรสิตเข้าไปเจริญอาศัยทำลายสิ่งมีชีวิตอื่นนั้นพบไม่มากและการใช้ควบคุมโรคพืชยังไม่ประสบความสำเร็จเหมือนการทำลายชีวิต ตัวอย่างเช่น *Erwinia urediniolytica* เข้าทำลาย pedicel ของสปอร์เชื้อราสนิม *Bdellovibrio bacteriovorus* เป็นปรสิตของแบคทีเรีย *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* สาเหตุโรคใบไหม้ของถั่วเหลือง หรือเชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* (Syn. *Bacillus penetrans*) ที่เป็นปรสิตของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne inconita* สาเหตุโรครากปม (สมคิด, 2549)

4. การชักนำให้เกิดการต้านทานโรค (induced disease resistance) เป็นกลไกที่ปัจจุบันกำลังให้ความสนใจศึกษาอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจาก เชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เคยเป็นเชื้อก่อโรค เมื่อนำมาให้เสียความสามารถในการทำให้เกิดโรคไปแล้วสามารถจะชักนำหรือกระตุ้นให้พืชสร้างความต้านทานต่อการทำลายของเชื้อโรคได้ เช่น เกิดการกลายพันธุ์ในยีนเดียวของเชื้อรา *Colletrichum magna* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพืชตระกูลแตง (cucurbit) จะไม่ทำให้เกิดโรคแต่จะเจริญอยู่ในพืช ช่วยให้พืชทนทานต่อการเข้าทำลายไม่รุนแรง (avirulent) ที่มีชีวิตอยู่ สามารถชักนำให้พืชสร้างสาร tomatine ปลดปล่อยออกมาที่บริเวณราก ทำให้มะเขือเทศต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *P. solanacearum* (*R. solanacearum*) สายพันธุ์ดั้งเดิมได้ (Arwiyanto *et al*., 1994 อ้างโดย สมคิด, 2549) นอกจากนี้ Zehnder *et al*. (2000) รายงานว่า PGPR ได้แก่ *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* และ *B. pumilus* เกี่ยวข้องกับการชักนำให้มะเขือเทศเกิดการต้านทานต่อไวรัส cucumber mosaic cucumo virus (CCMV) ซึ่งตรงกับรายงานของ Murphy

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and Zehnder (2000) พบว่าการใช้ *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* และ *B. pumilus* สามารถลดความรุนแรงของโรคที่เกิดจาก tomato mottle virus ในมะเขือเทศ หรือในกรณีของ *Bacillus amyloliquefaciens* ช่วยชักนำให้ต้นยาสูบเกิดการต้านทานต่อไวรัส pepper mild mottle virus (PPMoV) โดยเกี่ยวข้องกับการสร้างกรด salicylic และ jasmonic ในกลไกการชักนำให้เกิดการต้านทานโรค (Ahn *et al.,* 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved