บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

พืชวงศ์มะเขือ (Family *Solanaceae*) มีความสำคัญต่อประชากรโลกเป็นอย่างมาก เพราะพืชในวงศ์นี้หลายชนิดเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ ได้แก่ มันฝรั่ง (*Solanum tubersum* L.) พริก (*Capsicum annuum* L.) มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) และมะเขือพวง (*Solanum melongena* L.) พืชทั้งหมดในตระกูลนี้มีประมาณ 2,000 ชนิด จัดอยู่ในกลุ่ม (Order) Polemoniales ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ลักษณะใบ	alternate มีทั้งใบธรรมดา และใบหยัก ใบกว้าง เส้นใบไม่ขนาน
ดอก	ออกดอกเป็นข้อ แต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ
ผล	เป็น capsule และ berry
การผสมเกสร	ผสมตัวเองเป็นส่วนใหญ่ แมลงอาจช่วยผสม ให้เกิดการผสมข้ามได้
สารมีพิษ	มักจะมี alkaloid พวก solanine เช่น ในหัวมันฝรั่งที่ผิวเปลือกมีสีเขียว

มะเขือเทศเป็นพืชที่มีประโยชน์ และนิยมบริโภคกัน หลายประเทศ กลุ่มประเทศที่นิยมกันมาก ได้แก่ อเมริกาและยุโรป ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการผลิตมากในรูปการค้าและสวนครัว สำหรับประเทศไทยนั้นมีการผลิตมะเขือเทศสดและแปรรูปน้อยมาก ไม่เกินแสนตันต่อปี การบริโภคมะเขือเทศสดและแปรรูปต่อคนมีน้อย โดยใช้มะเขือเทศในการปรุงอาหารหรือแต่งเติมรสชาติเท่านั้น (มณีฉัตร, 2538) ประเทศในเขตร้อนได้จัดให้มะเขือเทศเป็นพืชผัก แต่ประเทศในแถบทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา และประเทศในเขตหนาว จัดให้มะเขือเทศเป็นผลไม้ (สถิตย์, 2531)

ถิ่นกำเนิด

เชื่อกันว่ามะเขือเทศที่ปลูกในปัจจุบันนี้มีต้นตอมาจากพันธุ์มะเขือเทศป่าลูกเล็ก(cherry tomato) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* ซึ่งขึ้นอยู่ทั่วไปในแถบอบอุ่นและแถบร้อนของโลก ต้นกำเนิดเริ่มแรกของมะเขือเทศนั้น อยู่ในตอนกลางของทวีปอเมริกาและแถบภูเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ จากการศึกษาโดยใช้ electrophoresis พบว่า พันธ์มะเขือเทศที่ปลูกกันในปัจจุบันจากยุโรป และพันธุ์ป่าของยุโรป มีกลุ่มเอนไซม์ ที่คล้ายกับพันธุ์ป่าที่มาจากประเทศเม็กซิโกและอเมริกากลาง แต่ไม่คล้ายกับพันธุ์ป่าที่มาจากแถบภูเขาแอนดีส นอกจากนี้ชื่อพื้นเมืองที่เรียกมะเขือเทศ ในเม็กซิโกมีชื่อว่า Tamath ซึ่งอาจเป็นต้นตอของชื่อ tomato ที่ใช้กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ในแถบภูเขาแอนดีสไม่มีชื่อเรียกมะเขือเทศเลยจึงเชื่อว่าประเทศเม็กซิโกเป็นถิ่นกำเนิดของมะเขือเทศ ที่ปลูกเพื่อบริโภค

มะเขือเทศมีการกระจายจากประเทศเม็กซิโกไปปลูกยังทวีปยุโรปและเอเชีย ในศตวรรษที่ 16 โดยพ่อค้าชาวยุโรป หลังจากนั้นจึงแพร่ไปยังทวีปแอฟริกาและทวีปอเมริกา นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า นำมะเขือเทศมาใช้เป็นยาสมุนไพร หรือใช้เป็นไม้ประดับตกแต่ง ก่อนที่จะนำมาใช้เป็นอาหาร สำหรับในทวีปเอเชีย เชื่อว่าพ่อค้าชาวสเปนนำมาปลูกที่ประเทศฟิลิปปินส์ และการค้าขายระหว่างฟิลิปปินส์กับประเทศเพื่อนบ้าน เช่น จีน ญี่ปุ่น และอินเดีย อาจเป็นสาเหตุให้มีการแพร่กระจายพันธุ์มะเขือเทศ หรืออาจจะเป็นไปได้ที่ชาวอังกฤษ ฮอลแลนด์ หรือฝรั่งเศส เป็นผู้นำมะเขือเทศไปปลูกที่เมืองขึ้นของตนในทวีปเอเชียก็เป็นได้ (ไฉน, 2535) ส่วนในประเทศไทยนั้น มะเขือเทศแพร่กระจายเข้ามาเมื่อไหร่นั้นไม่ทราบแน่ชัดแต่เชื่อว่ามะเขือเทศพันธุ์ *Lycopersicon pimpinelliforlium* ซึ่งมีผลขนาดเล็ก เข้ามาก่อนชนิดอื่นประชาชนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมใช้ทำส้มตำ และทางภาคเหนือนิยมใช้ทำน้ำพริก (สถิตย์, 2531) โดยพันธุ์มะเขือเทศที่เป็นพันธุ์ปลูกในปัจจุบันนี้ เป็นพันธุ์ที่พัฒนามาจากมะเขือเทศพันธุ์ป่า

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (ไฉน, 2535)

มะเขือเทศเป็นพืชผักอยู่ในวงศ์ Solanaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า tomato ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ คือ

1.1 ลำต้น มะเขือเทศเมื่ออยู่ในระยะเป็นต้นกล้าหรือเมื่อเริ่มเจริญเติบโตลำต้นจะกลมอ่อนเปราะ แต่เมื่อเจริญเติบโตมากขึ้น ลำต้นจะแข็งเป็นเหลี่ยม มีกิ่งก้านสาขาแผ่กว้าง

1.2 ใบ ใบมีลักษณะเป็นประเภทใบรวม ประกอบด้วยใบอ่อน 7–9 ใบ มีสีเขียวปนเทา ย่นและเรียวยาว ประมาณ 12–25 เซนติเมตร

1.3 ดอก ดอกเกิดเป็นช่อบนลำต้นและข้อ ดอกมีกลีบเลี้ยงสีเขียว 5–10 กลีบ มีกลีบดอก 5 กลีบ สีเหลือง รูปร่างคล้ายหอกเชื่อมติดกันที่โคน เมื่อดอกบานกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะโค้งออก กลีบเลี้ยงตอนแรกจะสั้นกว่ากลีบดอก แต่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อผลแก่ มีเกสรตัวผู้ 5 อัน ประกอบด้วยอับเรณูใหญ่ และก้านอับเรณูสั้น อยู่รอบเกสรตัวเมีย

1.4 ผล มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว รูปทรงของผลมีตั้งแต่กลมจนถึงกลมรี ขนาดของผลไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพันธุ์ สีของผลจะขึ้นอยู่กับเม็ดสี 2 ชนิด คือ ไลโคปีน (lycopene) ซึ่งทำให้เกิดสีแดง และคาโรทีน (carotene) ทำให้เกิดสีเหลือง แดง ส้ม และน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าดูผลจะพบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายในผลแบ่งเป็นช่องว่าง (locule) ซึ่งมีตั้งแต่ 2–15 ช่อง ภายในจะมีเมล็ดขนาดเล็กมากล้อมรอบด้วยวุ้น เมื่อเอาวุ้นออกปล่อยให้เมล็ดแห้ง เมล็ดจะมีสีเนื้อเข้มถึงน้ำตาลอ่อน รูปร่างกลมแบน ปกคลุมด้วยขนสั้น ๆ ทั้งเมล็ด

1.5 ราก มะเขือเทศมีระบบรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนงเจริญไปตามแนวนอนได้ไกลถึง 60 เซนติเมตร และสามารถเจริญในแนวดิ่งได้ลึก ประมาณ 100–120 เซนติเมตร อีกทั้งยังสามารถเกิดรากได้ทั่ว ๆ ไปตามลำต้นที่สัมผัสกับผิวดิน ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของมะเขือเทศ

ความสำคัญ

มะเขือเทศเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่รัฐบาลกำหนดไว้เป็นพืชที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นธุรกิจการเกษตรครบวงจร และขยายการผลิตทั้งปริมาณ และคุณภาพ เพื่อทดแทนการนำเข้า ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากมะเขือเทศ เริ่มขยายความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมปลากระป๋อง นอกจากนี้ไทยยังมีศักยภาพที่จะขยายการผลิตมะเขือเทศ ทั้งในรูปผลผลิตสด และผลิตภัณฑ์ได้อีกมาก เช่น มะเขือเทศเข้มข้น น้ำมะเขือเทศ ซอสมะเขือเทศ มะเขือเทศปอกเปลือกกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ไทยพร้อมที่จะก้าวขึ้นเป็นประเทศส่งออกมะเขือเทศรายสำคัญประเทศหนึ่ง (สถิตย์, 2531)

แหล่งผลิตที่สำคัญ (ไฉน, 2535)

1. แหล่งผลิตที่สำคัญในต่างประเทศ ประเทศที่ผลิตได้มากเป็นลำดับ 1 ของโลก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ ประเทศรัสเซีย อิตาลี ตุรกี จีน และอียิปต์

2. แหล่งผลิตที่สำคัญในประเทศไทย อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกมากที่จังหวัดหนองคาย บุรีรัมย์ นครพนม และสกลนคร ส่วนแหล่งปลูกรองลงมาเป็นอันดับสองของประเทศ คือ ภาคเหนือ ปลูกมากที่จังหวัด เชียงใหม่ ลำปาง และเชียงราย เป็นต้น

พันธุ์มะเขือเทศ (ไฉน, 2535)

พันธุ์มะเขือเทศสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ แบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และการเกิดช่อดอก และอีกประเภทหนึ่ง คือ แบ่งตามการใช้ประโยชน์ ซึ่งการแบ่งแต่ละประเภทมีหลักเกณฑ์ ดังต่อไปนี้ คือ

1. การแบ่งพันธุ์มะเขือเทศตามลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และการเกิดช่อดอก การแบ่งโดยวิธีนี้สามารถแบ่งมะเขือเทศออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1.1 พันธุ์พุ่ม หรือพันธุ์ที่ไม่ทอดยอด (determinate type) เป็นพันธุ์ซึ่งลำต้นมีลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นพุ่ม ช่อดอกเกิดได้ทุก 2 ข้อของลำต้น และส่วนยอดจะกลายเป็นช่อดอกแทน และมะเขือเทศพันธุ์นี้ส่วนมากจะออกดอกในเวลาใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงทำได้สะดวก คือ สามารถเก็บได้พร้อมกัน ตัวอย่างมะเขือเทศพันธุ์พุ่ม ได้แก่ พันธุ์ไฟร์บอลล์ (Fireball) มาโกลบ โรมา (Maglobe Roma) แอล – 15 (L – 15) และ แอล – 22 (L – 22)

1.2 พันธุ์เลื้อย หรือพันธุ์ทอดยอด (indeterminate type) เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นเลื้อย ไม่มีดอกที่ปลายยอด ตามปกติต้นจะทอดยอดออกไปเรื่อยๆ นอกจากในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเท่านั้น ยอดจะชะงักการเจริญเติบโต ช่อดอกเกิดทุกๆ 3 ข้อ การปลูกมะเขือเทศพันธุ์นี้ต้องทำค้าง โดยใช้ไม้ปักหรือเชือกพลาสติกขึงเป็นค้าง เพื่อช่วยให้ผลมีคุณภาพดีขึ้น ไม่เปื้อนดิน ไม่ถูกทำลายจากความชื้น โรคและแมลงในดิน แต่ในบางแห่งที่มีค่าจ้างแรงงานสูง และต้องลงทุนสูงในการทำค้างก็ปล่อยให้เลื้อยไปตามดิน โดยไม่ทำค้าง แต่ใช้วัสดุคลุมดินแทน เช่น ฟางข้าว เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลของมะเขือเทศ ปรากฏว่าใช้ได้ผลดีเช่นกัน ตัวอย่างมะเขือเทศพันธุ์เลื้อย ได้แก่ พันธุ์สีดา ฟลอราเดล และอื่น ๆ เป็นต้น มะเขือเทศพันธุ์เลื้อยมีผลหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดปานกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ มะเขือเทศพวกนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคโดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นที่ต้องการมากในร้านอาหาร หรือภัตตาคาร ตลอดจนอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม มะเขือเทศพันธุ์เลื้อยนี้ การดูแลรักษาค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่ค่อยทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมักมีโรคและแมลงรบกวนอยู่เสมอ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงถึงแม้ว่ามะเขือเทศจะมีถิ่นกำเนิดในแถบเขตร้อน แต่พันธุ์ส่วนมากในปัจจุบันถูกสร้าง และปรับปรุงขึ้นมาในเขตหนาวและเขตอบอุ่น เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น พันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเหล่านี้จึงมีความเหมาะสมที่จะปลูกได้ผลดี ในเขตอบอุ่น มากกว่าเขตอื่นๆ แต่ถ้าการพัฒนาพันธุ์ทนร้อน และพันธุ์ทนฝนเป็นผลสำเร็จแล้ว จะสามารถใช้ปลูกในประเทศไทยได้ผลดียิ่งขึ้น

2. การแบ่งพันธุมะเขือเทศ ตามประเภทการใช้ประโยชน์

แบ่งออกได้ เป็น 2 ประเภทดังนี้ คือ

2.1 พันธุ์บริโภคสด มะเขือเทศชนิดนี้มีทั้งแบบมีผลขนาดเล็ก และมีผลขนาดใหญ่ ผลเล็กนิยมสีชมพูมากกว่าสีแดง สำหรับผลขนาดใหญ่ลักษณะผลกลมคล้ายแอปเปิ้ลผลสีเขียวเมื่อสุกจะมีสีแดงจัด เนื้อหนาแข็ง เปลือกไม่เหนียวและผลไม่กลวง พันธุ์ที่ใช้ปลูกเพื่อบริโภคสดมีหลายพันธุ์ด้วยกัน เช่น พันธุ์สีดา พันธุ์ฟลอราเดล พันธุ์แอล – 22 และพันธุ์คาลิปโซ เป็นต้น

2.2 พันธุ์อุตสาหกรรม เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นแข็งแรง สมบูรณ์ และมีระบบรากลึก ใบใหญ่ ทรงพุ่มดี จำนวนใบระหว่างช่อมีน้อย แตกกิ่งเร็ว จะทำให้มีดอกไล่เลี่ยกัน วันออกดอกชุดแรกและชุดสุดท้ายห่างกันประมาณ 3 อาทิตย์ อายุการเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน ผลเป็นสีแดงตลอดทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผล หลุดจากขั้วได้ง่าย เนื้อแน่น มี solid content สูง (ไม่ต่ำกว่า 4.5◦) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในผลต่ำประมาณ 3.50-4 ถ้าในผลมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง เมื่อบรรจุกระป๋องจะทำให้กระป๋องบวม มี total acidity สูง มี citric acid titration ไม่ต่ำกว่า 0.50 ถ้ามีน้ำตาลและกรดซิตริกมาก มะเขือเทศจะมีรสจัด มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในผลไม่สูง มีเพคตินและวิตามินซีสูง ในประเทศไทยพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการปลูกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ วีเอฟ 143 พันธุ์ฟอร์จูน 360 เป็นต้น

โรคพืชกลายเป็นปัจจัยที่ทำให้การผลิตมะเขือเทศในส่วนต่างๆ ของโลกนั้นถูกจำกัดลง โรคของมะเขือเทศนั้นมีประมาณ 200 ชนิด ที่เป็นสาเหตุ ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งจากสิ่งที่ไม่มีชีวิต และสิ่งที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย มายโคพลาสมา เชื้อรา ไวรัส และไวรอยด์ ไส้เดือนฝอย แมลง (ตารางที่ 1) ในการที่โรคจะเข้าทำลายพืชได้นั้น จะต้องมีพืชอาศัยที่อ่อนแอ เชื้อโรคมีความรุนแรง และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงจะทำให้พืชเกิดความเสียหายได้

โรค early blight

โรค early blight เกิดขึ้นได้ทุกแห่งที่มีการปลูกมะเขือเทศ มันฝรั่งและ มะเขือ เช่นในอังกฤษ อินเดีย ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และในเขตแปซิฟิก (Jones *et al.*,1993) และโรคนี้ยังเข้าทำลายพืชในตระกูลมะเขือบางชนิดได้ โดยที่เชื้อราสามารถเข้าทำลายมะเขือเทศได้ทุกระยะของการเจริญ และยังเป็นสาเหตุหลักของ อาการ damping off ของต้นกล้า และเกิด collar rot ได้ (Chupp and Sherf, 1960)

ลักษณะอาการ

โรค early blight สามารถเกิดโรคได้ทั้ง บนใบ, ลำต้น และผล ของมะเขือเทศ และทำให้เกิดความรุนแรงในทุกระยะของการเจริญ โดยที่อาการเริ่มแรกนั้น จะเกิดแผลเล็ก ๆ สีน้ำตาลดำบนใบแก่ก่อน โดยที่เนื้อเยื่อที่อยู่รอบ ๆ จุดนั้นจะเป็นสีเหลือง เมื่อแผลเริ่มมากขึ้นใบจะเริ่มเหลือง แผลจะใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจจะประมาณ 6 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า และเห็นเป็นวงซ้อนกัน (concentric ring) ชัดเจนขึ้น เมื่อสภาพที่เหมาะสมกับการเกิดโรคจะทำให้เกิดใบร่วงได้ ส่วนอาการที่เกิดบนลำต้นของต้นกล้า แผลเล็ก สีดำ ต่อมาแผลจะยาวขึ้น และเป็นวงกลม เกิด concentric ring ถ้านำต้นกล้าที่เป็นโรคไปปลูก แผลจะใหญ่ขึ้นที่ระดับคอดิน ทำให้มะเขือเทศตายได้ แต่ถ้ารอดจะทำให้การเจริญ และผลผลิตลดลง ซึ่งระยะนี้ของโรค ปกติจะเรียกว่า collar rot และในผลที่ถูกทำลายปกติแล้ว เชื้อจะเข้าทำลายโดยผ่านทางใบเลี้ยง (calyx) หรือลำต้น โดยที่เข้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำลายได้ทั้งในช่วงที่ผลยังไม่สุก และผลสุกได้ โดยอาการที่เกิดจะเป็นแผลแบบ concentric ring และมีสปอร์ของเชื้อคลุมอยู่ และทำให้ผลร่วงได้ (Jones *et al.*,1993)

Holliday (1980) ได้กล่าวว่า อาการที่เกิดบนผลนั้นไม่สำคัญเท่ากับเกิดบนใบ และ อาการบนใบที่เกิดขึ้นนั้นอาจสับสนกับโรคที่เกิดจาก *Stemphylium solani* เช่นเดียวกับ Anonymous (1983) ที่กล่าวว่า แผลที่พบบนใบนั้นจะคล้ายกับแผลที่เกิดจาก *Septoria lycopersici* แต่สามารถแยกได้โดยที่แผลที่มีสีอ่อนตรงกลางแผลนั้น จะเกิดจาก *Septoria*

เชื้อราสาเหตุ

เชื้อรา *Alternaria solani* (Ell. & Mart.) เป็นสาเหตุของโรค early blight เป็นเชื้อราใน Division Eumycota, Subdivision Deuteromycotina, Class Hyphomycetes, Order Hyphales (Agrios,1988) ส่วน synonyms ของ *A. solani* ที่ใช้กันในแถบยุโรป คือ *Macrosporium solani* ส่วนในแคนาดา และสหรัฐอเมริกานั้น คือ *A. porri* f.sp. *solani* (Dixon, 1984)

ลักษณะของเชื้อรามีเส้นใยสีน้ำตาลเทาจนถึงดำ conidiophore เกิดเดี่ยว ๆ หรือเกิดขึ้นเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ตรงหรือโค้งเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลเขียวมะกอก ยาว 110 µm หนา 6–10 µm มีผนังกั้น ส่วน conidia เกิดขึ้นเดี่ยวๆ หรือต่อกันเป็นโซ่สั้นๆ ตรงหรือโค้งเล็กน้อย รูปกระบอง หัวกลับ ส่วน beak มีความยาวมากกว่าหรือเท่ากับตัว conidia ยาว 150–300 µm หนา 15–19 µm มีผนังกั้นตามขวาง 9–11 อัน มีผนังกั้นตามยาวเล็กน้อยหรือไม่มีเลย มีสีทองอ่อน หรือน้ำตาลมะกอก ส่วนหางโค้งมีสีอ่อน บางครั้งอาจแตกกิ่งก้าน หนา 2.5–5 µm (Holliday,1980)

การแพร่ระบาดและวงจรการเกิดโรค

Jones *et al.* (1993) ได้กล่าวว่าเชื้อรา *A. solani* สามารถอาศัยอยู่ในเศษซากพืช, ในดิน หรือในเมล็ดและ พบว่ามีการสร้าง chlamydospores ซึ่งมีรูปร่างกลม หรือค่อนข้างกลม เกิดเดี่ยว หรือเกิดเป็นกลุ่ม ซึ่งอาจจะเกิดมาจาก conidia และมีชีวิตอยู่ได้เป็นเวลา 7 เดือน เชื้อราสามารถอยู่ข้ามฤดูโดยอาศัยในมะเขือเทศที่เป็นโรค หรือพืชวงศ์ Solanaceae ชนิดอื่น เช่น มันฝรั่ง มะเขือเป็นต้น โดยการเข้าทำลายครั้งแรกนั้นจะเกิดจากเชื้อราที่อยู่ในดิน และเกิดในช่วงที่ไม่หนาวมาก (24-29 ^{o}C) มีฝนตก conidia จะ germinate 2 ชั่วโมง ในน้ำที่อุณหภูมิ 8-34 ^{o}C และ 35-45 นาที ที่อุณหภูมิ 28-30 ^{o}C โดยที่เชื้อเข้าทำลายโดยตรง โดยผ่าน cuticle หรือผ่านแผล แผลจะเกิดขึ้น 2–3 วัน เมื่อมีสภาพที่เหมาะสม และการที่เนื้อเยื่อของพืชถูกทำลายนั้นเป็นผลมาจากการสร้างเอนไซม์ polygalacturonase และ pectin methyl esterase ของเชื้อรา *A. solani* (Basu,1971; Dixon,1984; Jones *et al.*, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 **โรคของมะเขือเทศ** (พัฒนาและคณะ, 2537; Blancard, 1992; Jones, 1993)

ชื่อโรค	เชื้อสาเหตุ
Fungi	
Alternaria stem canker (Black mold)	*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. f.sp. *lycopersici*
Anthracnose *	*Colletotrichum coccodes* (Wallr) S.J.Hughes, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc, *C. dematium* (Pers.) Grove.
Black root rot	*Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris.
Buckeye rot, Phytophthora Root rot	*Phytophthora parasitica* Dastur, *P. capsici* Leonian
Cercospora leaf mold *	*Pseudocercospora fuligena* (Roldan) Deighton
Charcoal rot	*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich
Corky root rot	*Pyrenochaeta lycopersici* Schneider & Gerlach.
Didymella stem rot	*Didymella lycopersici* Kleb.
Early blight *	*Alternaria solani* (Ell. & Mart.) L.R. Jones & Grout
Fusarium crown and root rot	*Fusarium oxysporum* Schlechtend.Fr. f.sp. *Radicis–lycopersici* W.R. Jarvis & Shoemaker
Fusarium wilt *	*Fusarium oxysporum* Schlechtend.Fr. f.sp. *lycopersici* (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hans.
Gray leaf spot *	*Stemphylium solani* G.F.Weber, *S. floridanum* Hannon & G.F. Weber, *S. botryosum* Wallr. f.sp. *lycopersici* Rotem, Cohem & Wahl.
Gray mold	*Botrytis cinerea* Pers. Fr.
Late blight *	*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary
Leaf mold *	*Fulvia fulva* (Cooke) Cif., *Cladosporium fulvum**
Phoma rot	*Phoma destructiva* Plowr.
Powdery mildew *	*Leveillula taurica* (lev.) G. Arnaud. *Oidiopsis sicula* Scalia (conidial stage)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Pythium diseases *	*Pythium aphanidermatum, P. myriotylum, P. ultimum* Trow., *P. debaryanum* R. Hesse.
Rhizoctonia diseases	*Rhizoctonia solani* Kuhn.
Septoria leaf spot	*Septoria lycopersici* Speg.
Southern blight *	*Sclerotium rolfsii* Sacc.
Target spot *	*Corynespora cassiicola* (Berk. & M.A. Curtis) C.T.Wei
Verticillium wilt	*Verticillium albo – atrum* Reinke & Berthod , *V. dahliae* Kleb.
White mold	*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary
Bacteria	
Bacterial canker	*Corynebacterium michiganense*
Bacterial speck	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Okabe) Young, Dye. & Wilkie
Bacterial spot *	*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye.
Bacterial stem rot	*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey *et al.*
Bacterial wilt *	*Pseudomonas solanacearum* Smith.
Syringae leaf spot	*Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Vanhall.
Tomato pith necrosis	*Pseudomonas corrugata* Roberts & Scarlett.
Viruses	
Alfalfa mosaic	Alfalfa mosaic virus (AMV)
Cucumber mosaic *	Cucumber mosaic virus (CMV)
Curly top	Curly top virus (CTV)
Potato virus Y	Potato virus Y (PVY)
Tobacco etch	Tobacco etch virus (TEV)
Tomato bushy stunt	Tomato bushy stunt virus (TBSV)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Tomato mosaic/tobacco mosaic *	Tomato mosaic virus (ToMV) /tobacco mosaic virus (TMV)
Tomato yellow leaf curl *	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)
Tomato yellow top *	Tomato yellow top virus (TYTV)
Viroids	
Tomato bunchy top	Tomato bunchy top viroid (TBTV)
Tomato planta macho	Tomato planta macho viroid (TPNV)
Tomato apical stunt	Tomato apical stunt viroid (TASV)
Mycoplasmalike Organisms	
Aster yellow	MLO (Mycoplasmalike Organisms)
Tomato big bud phyllody *	MLO
Nematode	
Root parasite *	*Tylenchorhynchus* spp., *Trichodorus* spp., *Criconemoides* spp., *Ditylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Hirschmanniella* spp., *Hoplolaimus* spp., *Longidorus* spp., *Paratylenchus projectus, Paratylenchus* spp., *Rotylenchulus reniformis., Scutellonema* spp.
Root knot *	*Meloidogyne incognita, M. javanica,*

หมายเหตุ * **โรคที่มีรายงานในประเทศไทย**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Dixon (1984) กล่าวว่า conidia แพร่กระจายโดยลมและ penetrate โดยตรงผ่าน cuticle ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ที่ 10 °C และ 8 ชั่วโมง ที่ 15-20 °C และ RH 96% conidia ใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง ในการ germinate และสร้าง germtube แผลจะเกิดขึ้น 2-3 วัน หลังจาก penetrate และมีสปอร์เกิดขึ้นเมื่อแผลมีขนาด 3 มม. โดยที่อาการของโรคจะสัมพันธ์กับการผลิต alternaric acid ซึ่งจะไปยับยั้งการเจริญของพืช และการสร้างผล และเมล็ดที่ได้จากผลที่เป็นโรคก็จะนำเชื้อโรคไปด้วย ทำให้เกิดการระบาดขึ้นได้

การเกิดอาการ early blight บนมะเขือเทศ เกิดจากเชื้อรา *A. solani* สร้างกรด 2 ชนิด คือ dibasic acid และ alternaric acid ซึ่งเป็นสารโมเลกุลต่ำจะทำให้เกิดแผล เนื้อเยื่อด่าง และแผลเนื้อเยื่อตาย (necrosis) โดยเชื้อราจะเข้าไปยับยั้งการสร้างคลอโรฟิลล์ (Ingold and Hudson, 1993) และ Maiero *et al.* (1991) รายงานไว้ว่า พบสาร zinniol ในสารที่กรองได้จากเชื้อรา *A. solani* ซึ่งไม่เจาะจงกับพืชอาศัยโดยสารนี้ทำให้เกิดอาการเหี่ยวและ necrosis ใน บานชื่น ดาวเรือง และแครอท ในขณะที่สาร alternaric acid เจาะจงกับพืชอาศัย โดยที่สารทั้งสองนั้นเป็นสารทุติยภูมิ ซึ่งมีผลต่อการเกิดโรค

การป้องกันกำจัด

Dixon (1984) กล่าวว่าการควบคุมโรคทำได้โดยการฉีดพ่นใบด้วยสาร metallic dithiocarbarmates (maneb, mancozeb, zineb), captafol, chorothalonil และสารดูดซึม เช่น benomyl และ carbendarzim ส่วนในดินฆ่าเชื้อโดย methyl bromide และยังมีผลทำให้พืชมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น สำหรับเชื้อที่ติดมากับเมล็ดนั้นควบคุมโดยคลุกด้วย 5% ethyl mercury phosphate ในอัตรา 0.5% ของน้ำหนักเมล็ด (Walker, 1957) นอกจากนี้ยังแนะนำให้มีการปลูกพืชหมุนเวียน แต่เนื่องจาก conidia ของเชื้อราแพร่ระบาดทางลม การควบคุมจึงเป็นการชะลอการเกิดโรคเท่านั้น การใช้พืชต้านทาน และพันธุ์ทนโรคมีผลเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการป้องกันกำจัดที่ได้ผลดี คือการกำจัดเชื้อที่ติดมากับเมล็ด และการทำให้แปลงปลูกสะอาดปราศจากโรค โดยนำเศษซากพืชที่เป็นโรคออกจากแปลง นอกจากนี้ในระยะที่พืชสร้างผลนั้น โรคก็จะระบาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะนี้ควรทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงที่สุด ซึ่งจะช่วยลดความรุนแรงของโรคได้ และการใส่ปุ๋ยหมักลงดิน การให้น้ำทางดิน การกำจัดวัชพืชยังช่วยให้การเกิดโรคลดลง (Chupp and Sherf, 1960)

Vokalounakis (1991) รายงานว่าการใช้พลาสติกที่ดูดซับรังสีอุลตร้าไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 385 นาโนเมตร คลุมโรงเรือนสามารถลดใบที่เป็นโรคได้มากกว่า 50 % และยังทำให้ความสูง จำนวนช่อดอก และผลผลิตสูงกว่าการใช้พลาสติกธรรมดา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในประเทศสหรัฐอเมริกา และรัสเซีย มีความพยายามที่จะสร้างมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานต่อ *A. solani* โดยต้องการยีนที่แตกต่างในการที่จะป้องกันโรคได้หลายระยะ ซึ่งความต้านทานต่อระยะที่เกิด collar rot นั้น จะควบคุมโดย single incompletely dominant gene ขณะที่มียีนด้อย 2 ชุด หรือมากกว่านั้น ที่ควบคุมความต้านทานต่อระยะใบจุด และใบร่วง โดยคัดเลือกเอาต้นมะเขือเทศ จากประชากรรุ่น F_2 ที่แสดงความต้านทานต่ออาการ ใบจุด และ stem canker

จากการศึกษากลไกการต้านทานพบว่าพืชที่ต้านทานจะมีปริมาณ tannin และ phenol สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอ ในขณะที่สาร flavonal compound จะมีปริมาณมากในผลอ่อนของพันธุ์อ่อนแอนอกจากนี้ความต้านทานยังสัมพันธ์กับการสร้าง rishitin ซึ่งเป็น phytoalexin ชนิดหนึ่ง (Dixon, 1984)

การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control)

Baker and Cook (1974) กล่าวว่า การควบคุมโดยชีววิธี หมายถึง การลดปริมาณของเชื้อ (inoculum) หรือการลดกิจกรรมการเกิดโรคของเชื้อโรคในระยะที่มีการเจริญ หรือในระยะพักตัว โดยการใช้สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวหรือมากกว่า เข้ามาป้องกันกำจัดโดยวิธีธรรมชาติ หรือโดยการจัดการ สิ่งแวดล้อม พืชอาศัย หรือจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ส่วนนักโรคพืช เน้นว่า การควบคุมโดยชีววิธี หมายถึง ไม่เพียงเป็นการลดความหนาแน่นของเชื้อก่อโรค (inoculum) เท่านั้น แต่ยังเป็นการป้องกันโดยชีววิธีบนผิวหน้าของพืชอาศัย และเป็นการควบคุมโดยชีววิธีในพืชอาศัยด้วย ซึ่งเป็นการรวมพืชอาศัยเข้าเป็นระบบของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ที่แสดงบทบาทต่อการสร้างความต้านทาน (resistance) หรือเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตที่ต่อต้านเชื้อโรคภายหลังการติดเชื้อ หรือการชักนำให้เกิดความต้านทานของพืชอาศัย (host plant resistance) ที่มีต่อเชื้อโรค (เกษม, 2532)

การควบคุมโดยชีววิธีในทางโรคพืชนั้นปัจจุบันนักโรคพืชกลุ่มหนึ่งมีแนวความคิดว่าหมายความครอบคลุมไปถึง ความสามารถในการควบคุมเชื้อสาเหตุของโรคพืชต่างๆ โดยการนำสิ่งมีชีวิต หรือสารธรรมชาติที่ได้จากสิ่งมีชีวิต รวมถึงการใช้พันธุ์ต้านทานโรคนำมาใช้ในการควบคุมการเกิดโรค และมีผลต่อการลดอัตราการเกิดโรค และลดปริมาณเชื้อก่อโรค อย่างไรก็ตามการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี จะประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพสูง ควรจะนำไปใช้ร่วมกับการป้องกันโรคโดยวิธีการอื่นๆ แบบผสมผสาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโดยชีววิธี (Baker and Cook, 1974)

1. พืชอาศัย (host plant)

ในธรรมชาติพืชอาศัยเกี่ยวข้องอย่างมากต่อการควบคุมโรคโดยชีววิธี เนื่องจากมีส่วนช่วยควบคุมปริมาณเชื้อโรค โดยสารที่ปลดปล่อยออกมาจากรากพืช (plant exudate) มีคุณสมบัติเป็นสิ่งกระตุ้นและเป็นอาหารสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรค รวมทั้งเชื้อโรคด้วย เช่นกัน ดังนั้นพืชอาศัยที่อ่อนแอต่อโรค เมื่อมีเชื้อโรคเข้าทำลายจะเกิดอาการของโรคอย่างรุนแรง เว้นแต่ว่าในสภาพแวดล้อมนั้นมีเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรคที่เหมาะสม ต่อการกำจัดโรคอยู่ แต่ถ้าพืชอาศัยมีความต้านทานโรค ถึงแม้ว่าจะมีเชื้อโรคเข้าทำลาย ก็อาจจะเกิดโรคเพียงเล็กน้อยหรือไม่เกิดเลย ไม่ว่าสภาพแวดล้อมจะเหมาะสมหรือไม่

2. เชื้อโรค หรือปรสิต (pathogen or parasite)

ปรสิต หมายถึง สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ใน หรือบนสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง และได้รับอาหารพวกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ทั้งนี้อาจเป็นหรืออาจจะไม่เป็นเชื้อโรคก็ได้ เชื้อโรค หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่เข้าทำลายพืชอาศัยแล้วมีผลต่อการแสดงอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดกับพืชได้ ซึ่งเชื้อโรคมีทั้งสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรครุนแรง (virulent strains) และสายพันธุ์ที่ไม่รุนแรง (avirulent strains) ดังนั้นการเกิดโรคขึ้นอยู่กับว่าสายพันธุ์ใดที่เข้าทำลาย เชื้อโรคส่วนมากเข้าสู่พืชอาศัยและเจริญอยู่ในพืชก่อนที่พืชจะแสดงอาการ ดังนั้นการที่จะป้องกันเชื้อโรคดังกล่าวได้โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรคนั้น จะต้องใช้ก่อนที่พืชจะได้รับเชื้อสาเหตุ ซึ่งในการควบคุมโรคโดยชีววิธีสามารถใช้สายพันธุ์ที่ไม่รุนแรงต่อการเกิดโรคมาควบคุม ก่อนที่จะมีเชื้อสาเหตุของโรคที่รุนแรงเข้าทำลาย จึงเป็นการป้องกันกำจัดที่ได้ผลอีกวิธีหนึ่ง

3. สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment)

เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น ระดับน้ำในดิน ระดับการระบายอากาศในดิน ศักยภาพของน้ำ (water potential) และระดับความเข้มข้นของก๊าซที่แตกต่างกัน รวมทั้งสิ่งต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในดิน มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้น ดินจึงจัดเป็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างหนึ่ง โดนเฉพาะเมื่อมีเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ อาศัยอยู่ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เชื้อสาเหตุของโรคในดิน สามารถควบคุมได้ด้วยการนำจุลินทรีย์ต่อต้านโรคใส่ลงในดินโดนตรง หรือผสมกับวัสดุปลูกต่าง ๆ จุลินทรีย์ต่อต้านโรคดังกล่าว เข้าไปมีบทบาทและช่วยในการจัดการเกี่ยวกับกิจกรรมและปฏิกิริยาต่าง ๆ ในดิน และอาศัยในบริเวณรากพืช ทำให้ดินนั้นมีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อโรค (suppressive soil)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. จุลินทรีย์ต่อต้านโรค (antagonist)

เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการต่อต้านโรคนั้น จะต้องมีความสามารถในการเข้าทำลาย หรือเจริญครอบคลุมเชื้อสาเหตุโรคพืช และมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ในบริเวณรากพืช (Baker and Cook, 1974) ปัจจุบันพบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรคจำนวนมาก ที่มีคุณสมบัติในการเป็น biocontrol agent เช่น *Actinoplanes, Agrobacterium, Alcaligecus, Amorphosporangium, Arthrobacter, Azotobacter, Bacillus, Cellulomonas, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Hafnia, Micromonospora, Pseudomonas, Pasteuria, Rhizobium Streptomyces* และ *Xanthomonas* (Weller, 1988)

Baker and Cook (1974) กล่าวว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการเป็นเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้าน (antagonist) มีกลไกในการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุ 3 ขบวนการ คือ

1. ขบวนการสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) หมายถึง การยับยั้งหรือการทำลายจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง ด้วยสารที่สร้างขึ้นมาต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ หรือสิ่งมีชีวิต

2. การแข่งขันซึ่งกันและกัน (competition) หมายถึง การพยายามของสิ่งมีชีวิตสองชนิดหรือมากกว่า ในการที่จะได้รับอาหารที่ต้องการจากวัสดุรองรับ (substrate) ที่เฉพาะเจาะจง ภายใต้สภาพหรือเงื่อนไขที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งมีอยู่ในวัสดุรองรับนั้น โดยเฉพาะเมื่ออาหารนั้นไม่เพียงพอหรือขาดแคลนต่อจุลินทรีย์ทั้งสองดังกล่าว การแข่งขันกันเจริญระหว่างจุลินทรีย์ดังกล่าว ส่วนมากมักจะเป็นในแง่ของอาหาร คาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และปัจจัยการเจริญเติบโตอื่น ๆ และพื้นที่ว่างบนวัสดุรองรับที่เป็นอาหารนั้นๆ

3. ขบวนการของปรสิต (parasitism) หมายถึง จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นปรสิตในจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง

Andrews (1992) รายงานว่า ปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นในการควบคุมโรคทางใบโดยชีววิธี คือ ความสามารถในการเข้าครอบครองพื้นที่ (colonization) ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์การเลือกใช้จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนใบจะมีส่วนช่วยให้การควบคุมโรคประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การคัดเลือกจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ให้เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน เชื้อที่ต้องการแหล่งพลังงานจากเซลล์ที่มีชีวิต (biotroph) เช่น เชื้อสาเหตุโรคราสนิม และราน้ำค้าง สามารถเข้าทำลายพืชได้โดยอาศัยสารอาหารจากภายนอกเพียงเล็กน้อยหรือไม่อาศัยเลย ในกรณีนี้การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ผลิตสารปฏิชีวนะได้จะให้ผลในการควบคุมที่ดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ถ้าเชื้อสาเหตุสามารถทนต่อสารปฏิชีวนะ และสามารถเข้าทำลายพืชได้ควรใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็น hyperparasite เพื่อไปลดการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ ในทางตรงกันข้าม ถ้าเชื้อสาเหตุเป็นเชื้อที่ต้องการแหล่งพลังงานจากสิ่งไม่มีชีวิต (necrotroph) เช่นเชื้อ *Septoria*, *Phoma*, *Botrytis* และ *Alternaria* เชื้อเหล่านี้มักมีการเจริญเป็น saprophyte บนผิวพืชระยะหนึ่งก่อน โดยอาศัยธาตุอาหารที่อยู่บนผิวใบ หลังจากนั้นจึงเข้าทำลายพืชในภายหลัง กรณีนี้การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่สามารถแก่งแย่งอาหารได้ดีจะได้ผลที่ดีกว่า

เกษม (2532) กล่าวว่า การป้องกันการสร้างเชื้อก่อโรค อาจเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมโดยชีววิธีของเชื้อก่อโรคที่แพร่อยู่ในอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อโรคที่เชื้อก่อโรคมีลักษณะเป็นแบบ compound interest type จุลินทรีย์ต่อต้านในกรณีเหล่านี้อาจจะรวมจุลินทรีย์ซึ่งแพร่ระบาดไปบนแผลของโรคบนพืชอาศัย และดังนั้นจึงกำจัดการงอกของสปอร์ โดยผ่านขบวนการสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) เกิดขบวนการของปรสิตโดยตรง การอดอาหารตาย หรือเกิดการรบกวนจากเส้นใย จุลินทรีย์ต่อต้านอาจจะเป็น hyperparasite ของเชื้อโรคในเป้าหมาย หรือ saprophyte ที่มีความสามารถในการรุกราน (aggressive saprophyte) ซึ่งปรับตัวเข้าไปเจริญในเนื้อเยื่อที่เป็นโรค และเข้าไปแทนที่เชื้อโรค และยับยั้งการงอกของสปอร์ ของเชื้อโรค

ขั้นตอนการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรค (Baker and Cook , 1974)

ในการสุ่มคัดเลือกพื้นที่ที่คาดว่าจะมีเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรคพืชนั้น มีหลักการอยู่ว่าควรเลือกพื้นที่ที่มีเชื้อสาเหตุของโรคแต่ไม่ปรากฏอาการของโรค หรือพบแต่พบน้อย หรือไม่มีการพัฒนาการเกิดโรคทั้งๆ ที่พืชอาศัยอ่อนแอต่อการเกิดโรคมากกว่าบริเวณที่มีโรคปรากฏ ถึงแม้ว่าจะเป็นการยากที่จะค้นพบเชื้อจุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค แต่ก็อาจจะค้นพบเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่คาดไม่ถึงก็ได้

การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ต่อต้านโรค มีขั้นตอน ดังนี้

1. แยกเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งต่างๆ ที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน
2. ทดสอบความสามารถขั้นต้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้ ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ
3. ทดสอบความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ที่คาดว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อสาเหตุจากข้อ 2 ในสภาพเรือนทดลอง
4. ทดสอบความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ที่คาดว่ามีประสิทธิภาพ ในการควบคุมเชื้อสาเหตุจากข้อ 3 ในสภาพแปลงปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Andrews (1992) ได้รายงานขั้นตอนในการคัดเลือกจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ว่า โดยทั่วไปมักเริ่มจากการทดสอบในสภาพที่ควบคุมสิ่งแวดล้อมได้ก่อน ทั้งการทดสอบบนอาหารวุ้นในห้องปฏิบัติการ และบนพืชที่ปลูกในโรงเรือน หรือในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต เมื่อได้จุลินทรีย์ที่ให้ผลในการควบคุมดีทั้งบนอาหารวุ้นและบนพืช และจุลินทรีย์ที่ให้ผลดีบนพืชอย่างเดียวแล้ว จึงนำมาคัดเลือกต่อในสภาพแปลงปลูก และหลังจากทำการทดสอบในหลายๆ พื้นที่หรือหลายฤดูปลูก จุลินทรีย์ที่ให้ผลในการควบคุมดีในขั้นตอนนี้จะถูกนำไปพัฒนาเพื่อเป็นการค้าต่อไป ส่วนจุลินทรีย์ที่ให้ผลในการควบคุมไม่ดีในขั้นตอนนี้จะนำมาศึกษาหาสาเหตุ และทำการแก้ไขโดยปรับปรุงรูปแบบ หรือช่วงเวลาการใช้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

Tuzan and Kuc (1985) รายงานว่า การสร้างให้เกิดความต้านทานขึ้นในพืชนั้น ถูกสร้างขึ้นโดยการปลูกเชื้อโรค (pathogen) เชื้อที่ไม่ก่อโรค (nonpathogen) และ metabolites ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (microbial metabolites) เช่น ในแตงกวา การปลูกเชื้อที่ทำให้เกิดอาการ necrosis บนใบจริงใบแรก ทำให้พืชนั้นต้านทานต่อสิ่งมีชีวิต อย่างน้อย 13 ชนิด รวมทั้ง เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส รวมทั้งแมลงบางชนิด การที่จะให้เกิดความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุนั้น ควรทำการปลูกเชื้อด้วยสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดอาการ necrosis ก่อน หรือ treat ด้วย oxalates หรือ dipotassium / sodium หรือ tripotassium / sodium phosphates ตัวอย่าง เช่น การสร้างภูมิคุ้มกันให้ต้านทานต่อ blue mold ในยาสูบ ทำได้โดยฉีด sporangiospores ของ *Peronospora tabacina* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค blue mold ลงบนลำต้น และทำให้ต้านทานต่อ TMV ด้วย จากการศึกษาพบว่ามีพืชมากกว่า 25 ชนิด รวมทั้งพวก ธัญพืช ตระกูลแตง ตระกูลหญ้า ตระกูลมะเขือ ต้นไม้ และผลไม้ ที่มีภูมิคุ้มกันที่จะต้านทานต่อโรค ทางใบและทางราก ซึ่งการป้องกันที่เกิดขึ้นนั้นจะผันแปรตาม species และพืชที่มีภูมิคุ้มกันจะแสดงออกต่อความต้านทาน โดยการที่มีจำนวนและขนาดของแผลลดลง รวมทั้งลดการสร้างของสปอร์ด้วย

เชื้อราเอนโดไฟต์ (Endophytic Fungi)

เอนโดไฟต์ (Endophyte) เป็นคำในภาษากรีก มาจากคำว่า Endon หมายถึง ข้างใน และ Phyton แปลว่า พืน ดังนั้น คำว่า เอนโดไฟต์ คือ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในต้นพืช (Chanway, 1996) ซึ่งหมายถึง จุลินทรีย์ ที่เฉพาะเจาะจง คือ เชื้อราที่แพร่กระจายในลำต้น และใบ ของพืชปกติ โดยที่ไม่ทำให้เกิดอาการของโรค ซึ่งเชื้อราเอนโดไฟต์ มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับเชื้อโรคที่รุนแรงที่ถูกจำกัด (Carroll, 1998) หรือ เอนโดไฟต์อาจเป็นพวก weak pathogen (Kehr, 1992) เชื้อราอาจจะอาศัยกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (mutualism) หรือได้ประโยชน์ซึ่งกันและกัน (neutral symbionts)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งเชื้อราเอนโดไฟต์เป็นเชื้อราขนาดเล็กและส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มAscomycetes หรือAnamorph ของมัน (Petrini, 1991) แต่ในปัจจุบันนี้เอนโดไฟต์ไม่ได้ หมายถึง เชื้อราอย่างเดียวที่อาศัยอยู่ในพืช ยังรวมถึงแบคทีเรีย ที่มีบางส่วน หรือทั้งวงจรชีวิต อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช (Wilson, 1995)

เชื้อราเอนโดไฟต์ ทำให้พืชแข็งแรงโดยมีผลกับขบวนการทาง ecology และ physiology (Redlin and Carris, 1996) และการเจริญของเอนโดไฟต์จะจำเพาะเจาะจงกับพืชอาศัยโดยมีกลไกการจดจำ เช่น การงอกของ ascospore ของ *Xylaria* ที่เป็นเอนโดไฟต์จะตอบสนองกับสารสกัดของ monolignol gulcosides ของพืชอาศัยของมันเอง (Chapela *et al.*,1991) ซึ่งเชื้อราที่เป็น latent-infection อาจจะเป็นพวกเอนโดไฟต์ที่สามารถกระตุ้นให้เกิดโรคได้เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมหรือสารอาหารที่เปลี่ยนไป (Petrini, 1986) มีเอนโดไฟต์หลายชนิดที่ปกป้องพืชอาศัยจากศัตรูธรรมชาติ สัตว์กินพืช จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Carroll, 1988) นอกจากนี้ยังทำให้พืชมีความต้นทานเพิ่มขึ้นต่อสภาพเครียด เช่นภาวะที่แห้งแล้ง ความร้อน การบุกรุกของวัชพืช ต้านทานต่อแมลง ไส้เดือนฝอย (Clay, 1989) และในการทดลองในโรงเรือนเอนโดไฟต์ยังช่วยให้เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ความแข็งแรงของต้นกล้า และการสร้างเมล็ด (Clay, 1987) ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาหรือกำลังศึกษาอยู่ แสดงให้เห็นศักยภาพการใช้เอนโดไฟต์เป็น biological agent และยังเป็นแหล่งของการทำยาฆ่าไส้เดือนฝอย ยาฆ่าแมลง และทางด้านเภสัชกรรมอีกด้วย (Clay, 1989)

ประโยชน์ของเอนโดไฟต์ (สายสมรและคณะ, 2541)

1. ทนการทำลายจากแมลงและสังเคราะห์แสงได้มาก สถาบันวิจัย USDA สรุปว่า หญ้าเลี้ยงสัตว์ fescue ที่ไม่มีเอนโดไฟต์นั้นจะเสี่ยงต่อการทำลายของแมลง ไม่คงทนต่อความแห้งแล้งและการแทะเล็มของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีผู้ได้ทำการวิจัยและรายงานว่า fescue ที่มีเอนโดไฟต์จะยังคงมีการสังเคราะห์แสงได้มากที่อุณหภูมิสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ไม่มี เอนโดไฟต์
2. ไม่ทำให้เกิดโรค มีรายงานถึงการสำรวจเชื้อราเอนโดไฟต์ในใบยาสูบที่สมบูรณ์พบ เอนโดไฟต์หลายชนิดซึ่งจำนวนจะเพิ่มขึ้นเมื่อใบเจริญเติบโตบางชนิดจำเพาะต่อโฮสท์เช่น *Alternaria* sp. พบในยาสูบทุกชนิด *Alternaria* sp. ไม่สามารถทำให้เกิดอาการโรคจุดสีน้ำตาล
3. ลดการเกิดเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยว
4. สร้างสารที่เป็นพิษในพืชเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลง มีรายงานถึงการสร้างสารที่เป็นพิษต่อ spruce budworm จากเชื้อรา เอนโดไฟต์ 3 สายพันธุ์ของต้น balsom ซึ่งสารนี้จะลดอัตราการเจริญและการรอดชีวิตของหนอนลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ช่วยยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย มีการทดลองที่พบว่าเอนโดไฟต์สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย และทำให้พืชสามารถเจริญได้ในระยะเวลาที่นานกว่า และไม่ต้องใช้ปุ๋ยมาก
6. การสร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต เช่น indo-3-acetic acid (IAA) และ indole-3-acetonitrile พบใน *Aureobasidium pullulan*, *Epicoccum purpurascens* cytokinin ผลิตโดย *Hypoxylon serpens* ที่แยกจากยาสูบ
7. การสร้างสารปฏิชีวนะ เชื้อราเอนโดไฟต์หลายชนิดสร้างสารปฏิชีวนะในขณะเพาะเลี้ยง ซึ่งมีผลต่อต้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุโรคคนและพืช

วิธีการแยกเชื้อราเอนโดไฟต์ (สายสมรและคณะ, 2541)

การแยกจากเนื้อเยื่อพืช โดยเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะการเจริญปกติ สมบูรณ์ไม่มีอาการของโรคเมื่อเก็บตัวอย่างที่เป็นไม้เนื้อแข็งโดยการตัด ต้องทำการแยกภายใน 24 ชม. วิธีการแยกหลักการสำคัญที่จะบ่งชี้ว่าเป็นการแยก เอนโดไฟต์ที่แท้จริง ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการที่ทำได้โดยตรง วิธีการที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งมีรายงานต่างๆ ที่ใช้ศึกษาเอนโดไฟต์ก็คือการทำให้ปราศจากเชื้อที่ผิวของโฮสท์ที่นำมาใช้แยก โดยเลือกชิ้นส่วนของพืชจากต้นที่สมบูรณ์ นำมาล้างผ่าน น้ำไหล และฆ่าเชื้อที่ผิวโดยการแช่ในเอทธานอล และโซเดียมไฮโปคลอไรท์เจือจาง จนมีการสร้างโครงสร้างในการสืบพันธุ์ นำไปบ่งบอกชนิดซึ่งมักจะแยกได้แค่ระดับ genera ราที่ไม่สร้างสปอร์ นำไปเพาะเลี้ยงใน 20 ml 1% malt extract บ่มที่ 20^{0}C

การบ่งบอกชนิดหรือกลุ่ม (สายสมรและคณะ, 2541)

การบ่งบอกชนิดของเชื้อราเอนโดไฟต์นั้นถ้ามีการสร้างสปอร์ก็ใช้ลักษณะของสัณฐานวิทยา และลักษณะของการเจริญตรวจสอบกับ key แต่ถ้าเป็นกลุ่มที่ไม่สร้างสปอร์อาจใช้ PCR หรือ restriction fragment analysis เพื่อบ่งบอกว่าเป็น intra- หรือ inter-group genetic variability โดยเทียบกับ known endophytes ที่บ่งบอกชนิดแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การควบคุมโรคโดยเชื้อราเอนโดไฟต์

Spurr and Welty (1975) ได้รายงานถึงความสัมพันธ์ของเชื้อราเอนโดไฟต์กับการเกิดโรค ว่า เชื้อ *Alternaria solani* ทั้งหมดที่แยกได้จากใบยาสูบไม่สามารถทำให้เกิดโรคกับยาสูบได้ แม้ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรค จึงสรุปได้ว่า เชื้อ *A. solani* เหล่านี้เป็นคนละสายพันธุ์กับเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค แต่มีผลทำให้การเกิดโรคลดลง

McGee *et al.* (1991) ได้แยกเชื้อรา *Acremonium strictum* จาก ryegrass, kikuya และพืชอื่นๆ ในวงศ์ Penisetum พบว่า *A. strictum* 2 ไอโซเลท สามารถยับยั้งอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อรา 5 ชนิด ซึ่งทำให้เกิดโรคกับพืชวงศ์หญ้าได้ในสภาพห้องทดลอง และสกัดสารจาก culture ของ *A. strictum* พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและมีผลต่อ hyphal elongation ของเชื้อราทั้ง 5 ชนิด

Danielsen and Jensen (1999) ได้สำรวจและแยกเชื้อราเอนโดไฟต์จากพืชตระกูลหญ้าและข้าวโพดได้ 34 ไอโซเลท เพื่อทำการคัดเลือกหาเชื้อราปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *Fusarium verticillioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคในข้าวโพด พบว่าต้นข้าวโพดที่ปลูกด้วยเชื้อราเอนโดไฟต์ มี 6 ไอโซเลท ที่ทำให้ต้นข้าวโพดเกิดอาการ necrosis น้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งปลูกเชื้อราสาเหตุเพียงอย่างเดียว แต่พบว่ามี 1 ไอโซเลท คือ *Trichoderma koningii* S8 สามารถลดอาการ stalk necrosis ได้เมื่อทำการทดสอบซ้ำ แต่ไม่มีไอโซเลทใดที่สามารถยับยั้งอาการ necrosis ได้ เนื่องจาก เชื้อ *F. verticillioides* เป็นเชื้อที่มีความรุนแรง และสามารถปรับตัวให้อยู่กับพืชอาศัยได้เป็นอย่างดี

Narisawa *et.al.* (2000) ได้ทำการปลูกเชื้อรา *Heteroconium chaetospira* ซึ่งแยกได้จากราก ลงบนต้นกล้าของ chinese cabbage พบว่าหลังจาก 3 เดือนที่ย้ายกล้าไปปลูก พบว่าสามารถลดอาการ club root ได้ 52-97% และลดอาการ Verticillium yellow ได้ 49-67% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเชื้อรา *H. chaetospira* ไม่ทำให้พืชเกิดโรคและเชื้อสามารถเจริญได้ในต้นพืช 18 ชนิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามี host range กว้าง ซึ่งสามารถใช้เป็น biocontrol agent ในการควบคุมโรค club root และ Verticillium yellow ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Dingle and McGee (2003) รายงานว่าการใช้เอนโดไฟต์ 3 ชนิด ได้แก่ *Chaetomium* sp. A, *Chaetomium* sp. B และ *Phoma* sp. ที่แยกได้จากใบของต้นข้าวสาลี พบว่า สามารถยับยั้งโรค leaf rust ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Puccinia triticina* ได้ ซึ่งสามารถลดจำนวนและขนาดของ pustules ในพันธุ์ที่อ่อนแอได้ ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างเอนโดไฟต์และ *Puccinia* อาจเกิดโดยกลไกการป้องกันโดยถูกชักนำในพืชอาศัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Greulich *et al.* (1999) ได้ทำการศึกษาในต้น timothy *(Phleum pretense)* ที่มีเชื้อรา *Epichole typhina* เข้าinfect พบว่าสามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *Cladosporium phlei* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคของต้น timothy และสามารถพัฒนาจนทำให้สามารถนำไปปลูกในสภาพแปลงได้ โดยไม่ทำให้เกิดอาการของโรค ซึ่งให้ผลดีเท่ากับการทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

Manandhar *et al.* (1998) ได้ใช้เชื้อรา *Pyricularia oryzae* ไอโซเลทที่ไม่รุนแรงและเชื้อ *Bipolaris sorokiniana* ซึ่งไม่ใช่สาเหตุโรคข้าว ใช้ในการยับยั้งโรค blast ของข้าว สาเหตุจาก *P. oryzae* ในการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงพบว่า เชื้อทั้ง 2 สามารถลดการเกิดโรคได้ แสดงให้เห็นว่า การชักนำให้เกิดความต้านทานเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเกิดโรค

Stovall and Clay (1991) พบว่า หญ้าพวกแห้วหมู ที่ถูก infect ด้วยเชื้อ *Balansia cyperi* จะมีความต้านทานเพิ่มมากขึ้นต่อเชื้อรา สาเหตุโรคที่จะเข้ามาทำลายพืช

Clarke *et al,* (2000) ได้พบว่า ในหญ้า fine fescue ที่มี *Epichloe festucae* เข้า infect จะมีความต้านทานต่อโรค dollar spot สาเหตุจากเชื้อ *Sclerotinia homeocarpa* ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved