# บทที่ 2
# ตรวจเอกสาร

ถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดแถบภาคตะวันออกของทวีปเอเชีย บริเวณประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน (รังสฤษฎ์, 2541) สำหรับประเทศไทยเกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลายทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เธียรชัย, 2541) ถั่วเหลืองเป็นพืชสำคัญที่เป็นอาหารทั้งของมนุษย์และสัตว์ โดยเมล็ดใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีน สกัดน้ำมันและวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายชนิด ส่วนของลำต้นใช้เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยพืชสด (รังสฤษดิ์, 2541) ถั่วเหลืองสามารถเจริญเติบโตได้ดีทุกภาคของประเทศไทย ในภาคเหนือมีการผลิตมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ เชียงใหม่ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ เป็นต้น นอกจากนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่จังหวัดเลย ขอนแก่น และ อุดรธานี ก็เป็นแหล่งผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญเช่นกัน (นุชนารถ, 2545ก)

## โรคที่สำคัญของถั่วเหลืองและเชื้อราที่ติดมากับเมล็ด

ปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของการปลูกถั่วเหลือง คือ ปัญหาทางด้านโรคพืชซึ่งการผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยในปัจจุบันยังผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ ถั่วเหลืองจึงได้รับการขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้น ปัจจัยในด้านโรคพืชจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดผลผลิตของถั่วเหลือง (วีรศักดิ์และคณะ, 2538) สำหรับโรคถั่วเหลืองที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองต่ำและคุณภาพของเมล็ดไม่ดี เช่น โรคราสนิม โรคราน้ำค้าง โรคแอนแทรคโนส โรคเมล็ดสีม่วง โรคใบจุด โรคแบคทีเรียลพัสตูล โรคแบคทีเรียลไบล์ท และโรคใบด่าง (Sinclair and Backman, 1989) เชื้อสาเหตุของโรคบางชนิดติดมากับเมล็ดและสามารถถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดพันธุ์ได้ ซึ่งมีส่วนทำให้คุณภาพของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดลดลง รวมทั้งทำให้เกิดโรคกับต้นอ่อนที่งอกจากเมล็ดนั้น ๆ

เชื้อราที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลืองมีทั้งที่เป็น parasite และ saprophyte หลายชนิดได้แก่ *Phomopsis* spp., *Cercospora kikuchii, Peronospora manshurica, Colletotrichum truncatum, Macrophomina phaseolina, Myrothecium roridium, Aspergillus flavus, A. melleu, Fusarium equiseti, F. moniliforme, F. oxysporum, F. semitectum, F. solani,*

*Rhizoctonia solani, Alternaria longissima, A. tenuis, Cercospora sojina, Chaetomium brassiliense, C. erectum, Chaetophoma* sp., *Cladosporium* sp., *Corynespora* sp., *Curvularia lunata, Drechslera tetramera, Epicoccum purpurescens, Helminthosporium* sp., *Monilia* sp., *Nigrospora oryzae, Penicillium* sp., *Pestalotia* sp., *Phialophora gregata, Phoma* sp., *Phyllosticta* sp., *Rhizopus nigricans, Sclerotium rolfsii, Stemphylium* sp., *Thielaviopsis basicola, Verticillium cinnabarium* และ *Verticillium* sp. (Sinclair, 1982)

ในประเทศไทย ได้มีผู้ศึกษาหาเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ จากหลายแหล่ง พบเชื้อราชนิดต่าง ๆ ดังนี้ *Alternaria porri, Cephalosporium* sp., *Cercospora kikuchii, Colletotrichum dematium, Corynespora cassiicola, Curvularia lunata, C. clavata, C. eragrostidis, C. geniculata, C. pallesces, Drechslera halodes, D. hawaiiensis, D. rustrata, D. tetramera, Fusarium dimerum F. equiseti, F. moniliforme, F. oxysporum, F. poae, F. semitectum, F. solani, Macrophomina phaseolina, Myrothecium roridu, M. verrucarid Nigrospora oryzae, Pestalotia* sp., *Phoma* sp., *Phomopsis* sp. and *Trichoconis padwickii* (นิรนาม, 2521 อ้างโดย สมบัติ, 2544)

**โรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลือง สาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum truncatum***

โรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลือง ทำความเสียหายอย่างรุนแรงให้กับการผลิตถั่วเหลืองในเขตร้อน (tropical region) โดยเฉพาะบริเวณที่มีอากาศร้อนชื้น นอกจากนั้นยังพบโรคนี้ในบริเวณที่มีอากาศหนาว (temperate region) และอบอุ่น (subtropical region) ด้วยเช่นกัน โรคแอนแทรคโนสมีรายงานเป็นครั้งแรกที่ประเทศเกาหลีในปี ค.ศ. 1917 ซึ่งต่อมาพบระบาดทุกแห่งที่มีการปลูกถั่วเหลือง โรคแอนแทรคโนสอาจทำให้พืชตาย หรือถ้าไม่ตายก็ทำให้คุณภาพของเมล็ดและผลผลิตลดลง ที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีรายงานความเสียหายของผลผลิตไว้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านี้ บางพื้นที่เพาะปลูกของประเทศอินเดียและบราซิลเสียหายมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประเทศไทยเสียหายระหว่าง 30-50 เปอร์เซ็นต์ (Sinclair, 1982 อ้างโดย ชาตรี, 2539) และโรคแอนแทรคโนสอาจจะมีผลต่อเมล็ดโดยตรง ทำให้คุณภาพเมล็ดลดลงและผลผลิตลดลง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศเขตร้อนและเขตร้อนชื้น ซึ่งรวมทั้งในประเทศไทยด้วย (Neergaard *et al.*, 1999)

**ลักษณะเชื้อสาเหตุของโรค (*Colletotrichum truncatum*)**

เชื้อสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลือง คือ *Colletotrichum truncatum* (Schwein.) Andrus & W.D. Morre = *C. dematium* (Pers.) Grove f. *truncatum* (Schwein) Andrus & W.D. Moore and *Glomerella glycines* F. Lehm. & F.A. Wolf (anamorph : *Colletotrichum destructivum* O'Gara) (Anthracnose of soybean: http://plantpath.unl.edu/peartree/homer/disease.skp/agron/soybean/soanthr.html) เชื้อรา *Colletotrichum* และ *Glomerella* ชนิดอื่น ๆ ที่มีรายงานบนเมล็ดถั่วเหลือง คือ *C. gloeosporioides* Penz. Sace. (teleomorph *G. cingulata*(ston.) Spauld&Schrenk) (Hepperly *et al.*, 1980; Roy, 1982) *C. graminicola* (Ces.) Wilson (Mordue, 1967; Roy, 1982), *C. destructivum* O'Gara (teleomorph *Glomerella glycines* (Hori) Lehman & wolf) (Tiffany, 1954) และ *G. cingulata* (Ston.) Spanld & Schrenk (Sinclair, 1982)

โรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อ *C. truncatum* มีลักษณะเฉพาะคือ มี fruiting body ที่เรียกว่า acervulus สร้างขึ้นเป็นจำนวนมาก acervulus นี้พัฒนามาจาก stroma ลักษณะของ acervulus มีรูปร่างยาวคล้ายรูปไข่ผ่าครึ่ง (disc-shaped หรือ cushion-shaped) เมื่อ fruiting body เจริญเต็มที่ ผิวของพืชจะแตกหรือปริออก ภายใน fruiting body มี setae สีดำ ลักษณะคล้ายเข็ม (needlelike) มีทั้งขนาดยาวและสั้นปนกัน ซึ่งความยาวและความกว้างของ setae เฉลี่ย 60-300 x 3-8 µm (Sinclair, 1982 อ้างโดย ชาตรี, 2539) ส่วน conidium รูปทรงกระบอกหรือโค้งคล้ายเคียวเซลล์เดียวใส ไม่มีสี ขนาด 3 – 4.5 x 17 – 31 ไมครอน เมื่อ conidium งอกจะสร้าง germ tube 1 – 2 อัน เมื่อสัมผัสผิวพืชจะสร้าง appressorium แทงผ่านผิวพืชเข้าไป (Sinclair and Shurtleft, 1975) สภาวะสภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเกิดโรคคืออุณหภูมิอบอุ่น (สูงกว่า 25 °C) ประกอบกับความชื้น น้ำค้าง หมอก ความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือฝน (Anthracnose of soybean : http://plantpath.unl.edu/peartree/homer/disease.skp/agron/soybean/soanthr.html)

**การเข้าทำลายเมล็ด ผลต่อเมล็ดและความงอกของต้นกล้า**

เชื้อรา *C. truncatum* เป็น seedborne สามารถถ่ายทอดโรคโดยติดไปกับเมล็ดถั่วเหลือง และสามารถอาศัยอยู่ในซากพืชอีกด้วย นอกจากนั้นเมล็ดที่เป็นโรคยังเป็นแหล่ง inoculum ที่สำคัญโดยเป็น primary inoculum (Neergaard *et al.*, 1999) ทำให้เมล็ดอาจไม่งอกหรือถ้างอก ใบเลี้ยงของต้นกล้าจะแสดงอาการใบไหม้ (sunken canker) แล้วโรคจะลุกลามต่อไปยัง hypocotyls และ redicle บางครั้งทำให้ใบเลี้ยงไม่สามารถคลี่ออกได้ โรคนี้

สามารถแพร่ระบาดได้ถ้ามีฝนตกติดต่อกันนาน ๆ โรคที่เกิดในระยะต้นกล้านับว่ามีความสำคัญมาก เพราะจะทำให้เมล็ดเน่าก่อนที่จะงอก (pre-emergence) หรือต้นกล้าตายหลังงอก (post-emergence) ซึ่งจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก (Sinclair, 1982) พันธุ์ของถั่วเหลือง มีความแปรผันต่อเชื้อ *C. truncatum* ซึ่งเชื้อรานี้จะเข้าทำลายพืชโดยแฝงอยู่ในเมล็ดต้นกล้าหรือต้นถั่วเหลือง และพบว่าเชื้อรา *C. truncatum* ทำให้เมล็ดเกิดอาการตายก่อนงอกและต้นกล้าตายหลังงอกได้ดีกว่า *Colletotrichum* spp. ชนิดอื่น ๆ (Zulu, 1994)

โรคแอนแทรคโนสเข้าทำลายถั่วเหลืองได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เชื้อสาเหตุสามารถติดไปกับเมล็ด ทำให้เกิดแผลสีดำบนใบเลี้ยงคู่ ถ้าเป็นโรครุนแรงพบอาการยอดไหม้ (tip blight) และต้นกล้าตายในที่สุด เนื่องจากเชื้อโรคมีระยะการติดเชื้อแฝง (latent infection) พบอาการส่วนใหญ่ที่เห็นได้ชัดเจนในระยะการเจริญเติบโตหลัง ๆ เช่น ในระยะเริ่มสร้างเมล็ด โดยพบอาการบนฝักมีแผลสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ในบางครั้งจะพบโครงสร้าง acervulus เห็นเป็นจุด สีดำเล็ก ๆ เรียงตัวเป็นรูปวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ทำให้ฝักลีบ ในระยะใกล้เก็บเกี่ยวจะปรากฏอาการดังกล่าวชัดเจนมาก ส่วนอาการบนลำต้น กิ่ง และก้านใบ จะพบจุดสีดำเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ผลเสียคือ ทำให้คุณภาพเมล็ดต่ำ เมล็ดลีบ ความงอกลดลง และผลผลิตลดประมาณ 16-26 เปอร์เซ็นต์ (สมศักดิ์และมณฑา, 2544)

เมื่อนำเมล็ดที่เป็นโรคไปปลูก อาการ pre - emergence และ post - emergence damping - off อาจจะเกิดขึ้น หรือถ้าไม่เกิดอาการ damping - off อาจพบอาการ canker (canker lesion) สีน้ำตาลเข้มบนใบเลี้ยง เกิดกับต้นกล้าถั่วเหลืองที่งอกขึ้นมาจากผิวดิน จากแผล canker นี้โรคจะค่อย ๆ แพร่ลุกลามขึ้นไปข้างบนสู่ epicotyl และลงข้างล่างสู่รากของถั่วเหลือง ในช่วงมีอากาศร้อนชื้นใบเลี้ยงใบหนึ่ง หรือทั้งสองใบจะแสดงอาการฉ่ำน้ำเหี่ยวอย่างรวดเร็ว และล่วงลงจากต้น เชื้อสาเหตุจากใบเลี้ยงที่เป็นโรค อาจเจริญไปสู่ลำต้นอ่อนของกล้าถั่วเหลือง ซึ่งต่อมาจะเกิดอาการ canker หลายแผลบนต้นกล้า ทำให้ต้นกล้าตายอย่างรวดเร็ว (ชาตรี, 2539) เชื้อราสามารถอยู่ข้ามฤดูได้ในสภาพเส้นใย (mycelium) ในเศษพืชและเมล็ดที่ถูกเชื้อเข้าทำลายตั้งแต่ก่อนงอกและหลังงอก เมล็ดที่ถูกทำลายจะไม่งอก พืชอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อทุกระยะการเจริญ นับแต่ออกดอกจนเมล็ดเติบโตเต็มที่ conidia งอกและสร้าง appressorium ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ conidium จะไวต่อความแห้งแล้ง ซึ่งจะทำให้ความงอกลดลงถึง 98 เปอร์เซ็นต์

ระยะการเข้าทำลายถั่วเหลืองเกิดขึ้นได้ทุกระยะของการเจริญเติบโตเช่นกัน และพบว่า

ถ้าโรคเข้าทำลายในระยะแรกของการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง จะทำให้ถั่วเหลืองถึงตาย ได้ถ้าเชื้อเข้าทำลายในระยะที่ถั่วเหลืองออกดอก ติดฝัก จนถึงสร้างเมล็ด ($R_1$-$R_5$) จะทำให้ผลผลิตลดลง ฝักลีบ เมล็ดลีบ คุณภาพเมล็ดเสีย เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำหรือไม่งอกถ้าเข้าทำลายในระยะหลังที่ฝักถั่วเหลืองเจริญเต็มที่ ($R_6$) จะมีผลกระทบต่อผลผลิตน้อยมาก แต่การเข้าทำลายถั่วเหลืองทุกระยะการเจริญเติบโต เชื้อโรคสามารถติดไปกับเมล็ดได้ (Sinclair, 1982)

**พืชอาศัยของเชื้อรา *Colletotrichum truncatum***

พืชอาศัยของเชื้อ *C. truncatum* สุรพล (2532) พบว่า การศึกษาเชื้อรา *C. truncatum* สามารถใช้ถั่วเขียวผิวดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ถั่วแดง พริกขี้หนู และละหุ่ง เป็นพืชอาศัยได้ และในสภาพเรือนทดลอง พบว่าเชื้อ *C. truncatum* สามารถทำให้ถั่วเขียว ถั่วเขียวผิวดำ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว พริกขี้หนู และละหุ่ง เป็นโรคได้ Hartman *et al.* (1986) รายงานพบว่าเชื้อ *Collectotrichum* spp. เข้าทำลายวัชพืช 17 ชนิดในไร่ถั่วเหลืองและได้ทดสอบพืชอาศัยของเชื้อ *C. truncatum* ที่แยกได้จากถั่วเหลือง พบว่าสามารถทำให้พืชอาศัย 4 ชนิด คือ velvetleaf, milkweed, lambsquater และ Jimsonweed เป็นโรคได้นอกจากนี้ มณฑา (2535) กล่าวว่า วัชพืชบางชนิด เช่น หญ้าปากควาย สาบแร้งสาบกา โทงเทง หญ้ายาง และหญ้าขนนก อาจจะเป็นพืชอาศัยทดแทน (alternate host) ของเชื้อได้

**การป้องกันและกำจัดเชื้อรา *Colletotrichum truncatum***

การป้องกันและกำจัดโรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลืองมีด้วยกันหลายวิธีทั้งการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปราศจากโรค การฉีดพ่นสารเคมี รวมทั้งการใช้สารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อฆ่าหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ด ซึ่งเป็นการช่วยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น โดย มณฑาและคณะ (2537) รายงานว่า การใช้สารเคมีคลุกเมล็ดและไม่ใช้สารให้เปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การคลุกเมล็ดด้วย benomyl+thiram อัตรา 5 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถป้องกันเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดได้ เช่น เชื้อรา *Colletotrichum truncatum, Fusarium semitectum, Phomopsis longicola, Macrophomina phaseolina, Cercospora kikuchii* และ *Aspergillus flavus* นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่ใช้สารเคมีคลุกเมล็ดมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการคลุกเมล็ดด้วย metalaxyl, mancozeb, carboxin, captan+difolatan

และ Schlub and Schmitthener (1977) รายงานว่าการใช้สารเคมี captan และ tersan คลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกจะสามารถช่วยป้องกันโรคแอนแทรคโนสได้ รวมทั้ง Talipyal and Sinclair (1970) พบว่าเมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองมาคลุกด้วยสารเคมี benomyl, chloroneb และ carboxin สามารถทำให้ปริมาณเชื้อราลดลงได้ และนอกจากนี้ carboxin ยังช่วยทำให้ต้นอ่อนแข็งแรงและช่วยเร่งการเจริญของต้นอ่อนด้วย

ในการควบคุมโรคที่เกิดกับถั่วเหลือง ส่วนใหญ่มักใช้สารเคมีซึ่งอาจมีพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ และอาจทำให้เชื้อสาเหตุของโรคปรับตัวให้ต้านทานสารเคมีได้ ถึงแม้ว่าการป้องกันกำจัดโรคโดยการใช้สารเคมี จะเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว สามารถลดการระบาดของโรคที่เกิดอย่างรุนแรงขึ้นมาเป็นครั้งคราวได้ แต่การใช้สารเคมีในการควบคุมโรคพืชอย่างต่อเนื่องได้สร้างปัญหา และก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ ปัญหาทางเศรษฐกิจ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง โรคและแมลงศัตรูพืชต้านทานต่อสารเคมี ปัญหาสุขภาพอนามัยของเกษตรกรผู้ใช้ รวมถึงปัญหาสารพิษตกค้างที่ปนเปื้อนไปกับผลผลิตทางการเกษตรที่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค และปัญหาสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม ซึ่งหลายประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และกลุ่มประเทศในยุโรปได้เริ่มกำหนดนโยบายการลดปริมาณการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชลง ขณะเดียวกันได้พยายามแสวงหาวิธีการควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมีหรือหาสิ่งทดแทน เพื่อให้มีการใช้สารเคมีลดลง (จิระเดช, 2534)

**การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (Biological control)**

การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) หมายถึงการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) ตลอดจนพันธุกรรม (gene) และผลผลิตจากพันธุกรรม (gene products) ในการลดปริมาณ และกิจกรรมของเชื้อสาเหตุโรคพืชลงจนการเกิดโรคพืชน้อยลง และความเสียหายอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (จิระเดช และวรรณวิไล, 2542) Cook and Baker(1983) และ Cook (1985) อ้างโดย ชนินทร (2545) ได้ให้คำจำกัดความของการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (Biological control) สรุปว่า คือ การลดปริมาณเชื้อสาเหตุของโรค หรือ ลดกิจกรรมการก่อให้เกิดโรคของเชื้อสาเหตุของโรคหรือปรสิตที่อยู่ในระยะที่มีปฏิกิริยา โดยการใช้สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งหรือมากกว่ามาใช้ในการควบคุม และอาจรวมถึงการใช้สารพันธุกรรม (gene หรือ gene product) จากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นด้วย ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ไม่รวมถึงมนุษย์ นุชนารถ (2545ข) กล่าวว่า การควบคุมโรคทางชีวภาพหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการควบคุมโรคโดยชีววิธีเป็นการนำเอาจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์

ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีปะปนกันในธรรมชาติ นำมาคัดเลือกชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง ในการกำจัดเชื้อโรคหนึ่ง ๆ โดยนำจุลินทรีย์ดังกล่าว ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) มาเพิ่มปริมาณหรือนำมาเพาะเลี้ยงแล้วนำกลับไปใส่ลงดินหรือนำไปสู่ต้นพืชเพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านี้ไปต่อสู้แย่งชิงพื้นที่อาศัย แย่งอาหาร และทำลายเชื้อสาเหตุของโรค จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีทั้งเชื้อรา ยีสต์ แบคทีเรีย แอคติโนมายซีทส์ จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีกลไกในการทำลายเชื้อโรค กล่าวคือ นอกจากจะเจริญเติบโตเร็วและขยายพันธุ์ได้เร็วแล้วยังมีความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะทำลายศัตรูพืชอีกด้วย การนำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเพียงชนิดเดียวมาใช้ควบคุมโรคอาจจะไม่ได้ผลเต็มที่ ในบางกรณี อาจจะลองใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 2-3 ชนิดร่วมกัน นอกจากนี้การนำเอาวิธีการอื่น ๆ มาใช้ร่วมอย่างเหมาะสม เช่น การฆ่าเชื้อในดิน การบำรุงดิน การคลุมดินด้วยฟางข้าวหรือวัสดุอื่น เพื่อรักษาความชื้นในดิน ในช่วงที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ใส่ลงดิน การปลูกพืชพันธุ์ต้านทาน การปลูกพืชหมุนเวียน เหล่านี้ล้วนจะช่วยให้การควบคุมโรคด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้ผลดียิ่งขึ้นในปัจจุบัน การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีนิยมกระทำกันอยู่ 2 วิธี ซึ่งสืบศักดิ์ (2534) ได้กล่าว ไว้ คือ

การใช้เชื้อที่มีอยู่หรือที่ผลิตขึ้นมาใหม่ทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยตรง ในกรณีเชื้อที่มีอยู่แล้วอาจเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติทั่วไป หรืออาจเป็นจุลินทรีย์ที่มนุษย์เลี้ยงขึ้นมาจากธรรมชาติ แล้วปล่อยให้ทำลายกันเอง โดยการช่วยปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม หรือเร่งการเจริญเติบโตเชื้อปฏิปักษ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ก็ได้ การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธี ส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทนี้ เนื่องจากมีงานวิจัยอย่างกว้างขวางและบริษัทส่วนใหญ่ก็ให้ความสนใจผลิตเชื้อประเภทนี้เพื่อจำหน่ายมาก ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อรา Trichoderma ทำลายเชื้อสาเหตุของโรคโคนเน่า รากเน่าของพืชหลายชนิดโดยเฉพาะในไม้ผล การใช้เชื้อราหลายชนิด เช่น *Paecilomyces lilacinus* หรือ แบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* กำจัดไส้เดือนฝอยรากปม หรือใช้รา *Verticillium chlamydosporum* กำจัด cyst nematode เป็นต้น

การใช้เชื้อพันธุ์ที่อ่อนแอกว่าทำลาย หรือต่อต้านเชื้อสาเหตุโรคพืชพันธุ์ปกติ การใช้วิธีนี้คล้ายกับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคที่เกิดกับมนุษย์ หรือสัตว์ทั่วไปเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันหรือ cross protection ซึ่งขณะนี้หลายบริษัทให้ความสนใจผลิตสารที่คล้ายวัคซีนออกจำหน่ายทั่วไป สำหรับป้องกันโรคที่มีเชื้อสาเหตุที่รุนแรงกว่า ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อไวรัสสาเหตุโรคใบจุดวงแหวนของมะละกอสายพันธุ์ที่อ่อนแอปลูกเชื้อลงพืชเพื่อป้องกันต้นมะละกอมิให้เป็นโรค ด้วยเชื้อสายพันธุ์ที่รุนแรงกว่า เป็นต้น

กลไกในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ประกอบด้วย

การแข่งขันซึ่งกันและกัน (competition) การที่สิ่งมีชีวิตสองชนิดหรือมากกว่าเจริญอยู่ด้วยกัน และมีความต้องการอาหาร และที่อยู่อาศัยซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต้องการ และเมื่ออาหารที่มีอยู่ไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดการแข่งขันกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ธาตุอาหารและปัจจัย อื่น ๆ สำหรับการเจริญเติบโต (เกษม, 2532ข) ซึ่งการแก่งแย่งอาหารและพื้นที่อาศัยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถแย่งอาหารจากเชื้อโรค ทำให้ปริมาณของสารอาหารซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการใช้อาหารได้หลายชนิด ทำให้เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม fluorescent, pseudomonads มีความสามารถในการใช้สารอาหารได้หลายชนิดและเจริญอย่างรวดเร็วเข้าครอบครองพื้นที่บริเวณรากพืชได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการแก่งแย่งที่อยู่อาศัยบริเวณรากพืช ทำให้เชื้อสาเหตุของโรคไม่มีโอกาสเข้าทำลายรากได้ (อนุภาพ, 2536 อ้างโดย ชนินทร, 2545)

การเป็นปรสิตของเชื้อราปฏิปักษ์ (parasitism) การที่เชื้อราปฏิปักษ์สร้างเส้นใยแทงทะลุเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุ แล้วดูดของเหลวจากราทำให้เส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชเหี่ยวแฟบลงหรือการที่เชื้อราปฏิปักษ์สร้างเส้นใยพันรัดเส้นใยของเชื้อราสาเหตุก่อนการเข้าทำลายเส้นใย ดังเช่น เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เป็นปรสิตกับเชื้อรา *Rhizoctonia solani* โดยการสร้างเส้นใยพันรัดแล้วจึงแทงเข้าไปในเส้นใย (Elad and Chet, 1987) และเชื้อราปฏิปักษ์ *T. hamatum* เป็นปรสิตกับเชื้อรา *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., และ *Sclerotium* sp. โดยการสร้างแอนไซม์ ß-1, 3- glucanase, chitinase และ cellulase ทำลายเส้นใยเชื้อราดังกล่าวเหี่ยวและแฟบลง (Bruckner and Przybylski, 1984)

ขบวนการสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) หมายถึงการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากสารที่สร้างขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง สารดังกล่าวนี้จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต หรืออาจจะทำให้ตายได้ (เกษม, 2532) ซึ่งสารปฏิชีวนะจะสร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งมีผลในการกำจัด เช่น เชื้อรา *Peltaster fructicola* สร้างสารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botryosphaeria dothida*, *B. obtuse*, *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. acutatum* โดยสารที่เชื้อราสร้างขึ้นมี 4 ชนิด คือ trichothecolone, trichothecolone acetate, ß-methyl salicylic acid 2, 5 – dihydroxybenzoic acid (Venkatasubbaiah *et al.*, 1995)

**ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืช**

การนำจุลินทรีย์มาใช้เพื่อการป้องกันกำจัดโรคพืชนั้น ได้มีนักวิจัยสนใจทำการศึกษาทดลองเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นผลมาจากการพบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีความสมดุลของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยมีการควบคุมกันเองอยู่ด้วย การค้นคว้าวิจัยมีเพิ่มขึ้นเมื่อผลของสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชมีผลตกค้างในดินและเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชสามารถปรับตัวให้สามารถต้านทานหรือดื้อต่อสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช (ศิริพงษ์ และรัศมี, 2539) ซึ่งวัตถุประสงค์ในการใช้จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช ก็คือ การลดปริมาณเชื้อก่อโรคและการลดเปอร์เซ็นต์หรืออัตราการเกิดโรคลงไปให้ต่ำกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (เกษม, 2538)

นุชนารถ (2545ข) กล่าวว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถนำไปใช้ทารอยแผลที่เกิดจากการตัดแต่งกิ่ง นำไปใช้แช่รากของต้นพริก รวมไปถึงแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกอีกด้วย การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ด สามารถทำได้โดยการคลุกเมล็ดด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคนั้น ๆ การคลุกเมล็ดด้วยจุลินทรีย์กระทำโดยวิธีเดียวกับการคลุกด้วยสารเคมี คือ พยายามให้จุลินทรีย์เกาะติดกับเมล็ดพันธุ์พืชโดยการใช้สารจับใบ (sticker) และ อาจจะช่วยให้ดียิ่งขึ้นหากมีการเติมสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น กรดอินทรีย์ และโพลีแซคคาไรด์ เป็นต้น

มีรายงานการใช้เชื้อราปฏิปักษ์มาควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราต่าง ๆ อย่างได้ผลโดยใช้ในการคลุกเมล็ดหรือผสมในดินก่อนปลูกพืช Yeh and Sinclair (1980) รายงานว่าได้แยกเชื้อ *Chaetomium cupreum* จากเมล็ดถั่วเหลือง นำมาทดสอบกับเชื้อรา *Fusarium* sp., *Macrophomina phaseolina, Phomopsis* sp. และ *Rhizoctonia solani* โดยวิธี Dual culture พบว่าเชื้อรา *C. cupreum* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดังกล่าวได้ และเกษม (2533 ก) รายงานว่าเมื่อนำจุลินทรีย์ต่อต้าน (antagonists)ได้แก่ *Chaetomium globosum, C. cochliodea* และ *C. cupreum* ทั้งโดยการใช้สปอร์คลุกเมล็ดข้าวและใช้สารสกัดจากจุลินทรีย์ต่อต้านพบว่าสามารถควบคุมราสาเหตุของโรคติดต่อทางเมล็ดพันธุ์ของข้าวได้หลายชนิด อาทิเช่น *Pyricularia oryzae, Fusarium moniliforme, Drechslera oryzae, Curvularia lunata, Rhizoctonia oryzae* และ*R. solani* ได้เป็นผลสำเร็จ Mew and Kommedahl (1972) รายงานว่าการคลุกเมล็ดข้าวโพดด้วยสปอร์ของ *C. globosum* ทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจากเชื้อ *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., ลดลงจาก 60 เปอร์เซ็นต์เหลือ 9 เปอร์เซ็นต์ Harman *et al.* (1981) and Marshall (1982) อ้างโดย ชนินทร (2544) รายงานว่า เมื่อคลุกเมล็ดถั่วและเมล็ดหัวผักกาดด้วยเชื้อรา *Trichoderma hamatum*

สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Rhizoctonia solani* ได้ดี และได้มีการทำการทดลองที่คล้ายกันโดยทดลองใช้ เชื้อรา *T. hamatum* ในเรือนกระจกและพบว่าสามารถลดการเกิดโรคของเมล็ดถั่วแขกที่เกิดจากเชื้อรา *R. solani* ได้ ร้อยละ 36-65 และเมื่อนำสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *T. viride* มาเคลือบเมล็ด สามารถป้องกันอาการเน่าคอดิน (damping - off) ของระยะก่อนงอกของต้นกล้าได้ และเมื่อคลุกเมล็ด mustard ด้วย *T. viride* และ *Penicillium fregnentans* สามารถป้องกันการเข้าทำลายต้นกล้าจากเชื้อ *Pythium* spp. ได้ (Chang and Thor, 1968) และHowell (1991) ได้นำเชื้อ *Gliochadium virens* เคลือบเมล็ดฝ้ายก่อนนำไปปลูก พบว่าสามารถลดการเกิดอาการเน่าคอดินของต้นฝ้ายได้ เกษม (2533ข) ได้ทดสอบคุณสมบัติของรา *Chaetomium cochliodes* และ *C. cuniculorum* ที่ใช้ในการควบคุมโรคไหม้ของข้าว ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* พบว่าการคลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วยเชื้อรา *C. cochliodes* มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคไหม้ที่เกิดในระยะต้นกล้าของข้าวสายพันธุ์ IR 442-2-58 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคไหม้ มีการเจริญเติบโตของข้าวดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ไม่ได้คลุกเมล็ดด้วย *C. cochliodes* ในขณะเดียวกันการใช้เชื้อรา *C. cuniculorum* คลุกเมล็ดข้าวก่อนปลูกนั้น พบว่าไม่มีประสิทธิภาพต่อการควบคุมโรคไหม้ จากการทดลองเปรียบเทียบนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ *Chaetomium* spp. เป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (microantagonist) เพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อโรคพืชโดยชีววิธีนั้นขึ้นอยู่กับ species ของราที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละสายพันธุ์ (strain) และเกษม (2536) ได้ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อรา *Chaetomium globosum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ต่อต้านเชื้อรา *Curvularia lunata* บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อร่วมกัน พบว่า *C. globosum* สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. lunata* ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทดสอบในเรือนทดลองในดินอบฆ่าเชื้อและไม่อบฆ่าเชื้อปรากฏว่าการใช้สปอร์แขวนลอยของ *C. globosum* คลุกเมล็ดข้าวโพดก่อนปลูก การใช้สารสกัดของเชื้อรา *C. globosum* ฉีดพ่น และการใช้ Benlate ฉีดพ่นทุกสัปดาห์จนกระทั่งข้าวโพดมีอายุ 45 วัน พบการเกิดโรคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ control การใช้สปอร์แขวนลอยของจุลินทรีย์ต่อต้านลดการเกิดโรคได้ 15.4 เปอร์เซ็นต์ ในดินไม่อบฆ่าเชื้อโรค และ 36.5 เปอร์เซ็นต์ ในดินอบฆ่าเชื้อ ส่วนการใช้ Benlate ลดการเกิดโรคได้ 21.25 เปอร์เซ็นต์ และ 33 เปอร์เซ็นต์ ในดินไม่อบฆ่าเชื้อและอบฆ่าเชื้อตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งในดินอบฆ่าเชื้อและไม่อบฆ่าเชื้อปรากฏว่า *C. globosum* มีน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักราก ความยาวราก และความสูงของต้นดีกว่า control และมีผลใกล้เคียงกับการใช้ Benlate ซึ่งเกษม (2535) กล่าวว่าในประเทศไทยมีรายงานการใช้เชื้อรา *C. cupreum* สายพันธุ์ที่เฉพาะเจาะจง

สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* โดยการฉีดพ่นสปอร์และสารสกัดจากเชื้อรา *C. cupreum* ทุกระยะ 20 วัน ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวในสภาพไร่ ในประเทศญี่ปุ่นมีการทดลองใช้เชื้อราสาเหตุโรคที่อ่อนแอต่อการทำให้เกิดโรคโคนเน่าของกระเทียม ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *F. oxysporum f.* sp. *garlic* โดยการใช้เชื้อรา *F. oxysporum* สายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค ในประเทศมาเลเซียได้มีการใช้แบคทีเรีย *Flavabacterium* sp. ควบคุมเชื้อแบคทีเรียสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคของข้าว (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) ในประเทศศรีลังการายงานว่าการใช้เชื้อมายโคไรซาพวก *Glomus intravadicus* (VAM) สามารถควบคุมโรคลำต้นเน่าของถั่วที่เกิดจาก *Phytophthora vignae* ส่วนประเทศอิหร่านได้ทดลองใช้ *Trichoderma hamatum, T. hazianum* และ *T. viride* ควบคุม sclerotium ของรา *Rhizoctoma solani* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคกาบใบแห้งของข้าว

เกษม (2539) ได้รายงานการประชุมวิชาการนานาชาติด้านการอารักขาพืช ครั้งที่ 13 ที่กรุงเฮก ประเทศเนเธอร์แลนด์ ระหว่าง 2-7 กรกฎาคม 2538 โดยสรุปถึงการใช้จุลินทรีย์ต่อต้านโรคพืชดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** รายงานการใช้จุลินทรีย์ต่อต้านโรคพืช จากงานประชุมการอารักขาพืชประเทศเนเธอร์แลนด์ (ที่มา : เกษม, 2539)

| จุลินทรีย์ต่อต้าน | เชื้อโรคพืช | ประเทศ |
|---|---|---|
| *Verticillium biguttatum* | *Rhizoctonia solani* | เนเธอร์แลนด์ |
| Yeasts | *Botrytis cinerea* | สหรัฐอเมริกา |
| *Candida pulcherrina* | *Penicillium expansum* | อิตาลี |
| *Streptomyces* spp. | เชื้อสาเหตุในดิน | ฟินแลนด์ |
| *Erwinia herbicola* Eh252 | โรคไหม้แบคทีเรีย | นิวซีแลนด์ |
| *Sporidesmium sclerotivorum* | *Sclerotia sclerotiorum* | อูเครน |
| *Debaromyces hansenii* | *Botrytis cinerea* | นิวซีแลนด์ |
| *Gliocladium virens* | *Phytophthora* อะโวกาโด | สหรัฐอเมริกา |
| *Trichoderma harzianum* | *Phytophthora* อะโวกาโด | สหรัฐอเมริกา |
| *Enterobacter cloaceae* | *Erysiphe cichoracearum* | บัลกาเรีย |
| | *Sphaerotheca fuliginea* | |
| | *Pseudoperonospora cubensis* | |
| *Coniotyrium minitans* | *Sclerotinia sclerotiorun* | เนเธอร์แลนด์ |

**ตารางที่1 (ต่อ)**

| จุลินทรีย์ต่อต้าน | เชื้อโรคพืช | ประเทศ |
|---|---|---|
| *Bacillus subtilis* | *Pythium* spp. | แคนาดา |
| *Bacillus polymyxa* | *Pythium* spp. | แคนาดา |
| *Trichoderma harzianum* | *Macrophomina phaseolina* | อียิปต์ |
| *Psedomonas aureofacien* | โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม | - |
| *Talaromyces foavus* | *Verticillium dahliae* | เนเธอร์แลนด์ |
| *GliocIadium virens* | *Pythium ultimum* | สหรัฐอเมริกา |
| | *Rhizoctonia solani* | |
| *Ampelomyces quisqualis* | ราแป้ง | อิสราเอล |
| *Candida oleophila* | โรคหลังการเก็บเกี่ยว | อิสราเอล |
| *Bacillus subtilis* (GB03) | *R. solani* AG-4 | สหรัฐอเมริกา |
| | *Fusarium oxysporum* | |
| *Fusarium oxysporum* | โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม | ฝรั่งเศส |
| (nonpathogenic) | | |
| *Pseudomonas putida* | *Phytophthora infestans* | รัสเซีย |
| *Chaetomium cupreum* | โรคเหี่ยวมะเขือเทศ | ไทย |
| *Trichoderma harzianum* | แอนแทรคโนส | มาเลเซีย |
| *Trichoderma longibrachiatum* | โรคใบไหม้ | อินเดีย |
| *Trichoderma* spp. | *Phyuophthora hicotiana* | คิวบา |
| | *P. capsici* | |
| | *Rhizoctonia solani* | |
| *Trichoderma* spp. | *Botrytis cinerea* | อังกฤษ |
| *Mortierella* spp. | *Plasmopara bassicae* | ญี่ปุ่น |
| | *Trichoderma harzianum* | |
| *Trichoderma pseudokoningii* | *Macrophomina phaseolina* | อียิปต์ |
| *Trichoderma hamatum* | *Sclerotium rolfsii* | - |
| *Serratia marcescens* | *Fusarium* | รัสเซีย |
| *Pseudomonas* spp. | *Penicillium expansum* | อาร์เจนตินา |
| *Trichoderma harzianum* | *Phytophthora drechsleri* | อิหร่าน |
| *Pseudominas fluorescens* | *Rhizoctonia solani* | ญี่ปุ่น |
| | *Pythium ultimum* | |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

**ตารางที่1 (ต่อ)**

| จุลินทรีย์ต่อต้าน | เชื้อโรคพืช | ประเทศ |
|---|---|---|
| *Trichoderma harzianum* THo1 | | ไทย |
| *Chaetomium cupreum* KMIT3003 | *Rhizoctonia solaui* | ไทย |
| *Chaetomium cupreum* 4320 | *Fusarium wilt* | ไทย |
| *Chaetomium globosum* 0802 | *Sclerotium rolfsii* | ไทย |
| *Chaetomium* Cc1-Cc10 | *Phytophthora* | ไทย |
| *Chaetomium* Cg1-Cg12 | | |
| *Candida* spp. | โรคหลังเก็บเกี่ยวแอปเปิ้ล | มอนโดวา |
| *Verticillium lecanai* | ราแป้ง | เนเธอร์แลนด์ |
| *Trichoderma harziznum* | | |
| *Trichoderma longibrachiatum* | *Fusarium* | โปแลนด์ |
| *Trichoderma hamatum* | | |
| *Bacillus subtilis* | *Sclerotia sclerotiorum* | จีน |
| *Trichoderma harzianum* | *Botrytis cinerea* | เนเธอร์แลนด์ |
| *Burkholderia cepacia* | *Macrophomina phaseolina* | สหรัฐอเมริกา |
| *Talaromyces foavus* | โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม | อียิปต์ |
| *Trichoderma harzianum* | | |
| *Klebsiella planticola* | *Rhizoctonia* | รัสเซีย |
| *Glomus mosseae* | *Rhizoctonia solani* | อินเดีย |
| *Trichoderma harzianum* | | |
| *Trichoderma koningii* | *Bortyodiplodia theobromae* | บังคลเทศ |
| *Trichoderma hamatum* | | |
| *Bacillus subtilis* NB22 | โรคเน่ามะเขือเทศ | ญี่ปุ่น |
| *Gliocladium catenulatum* | | |
| *Gliocladium virens* | *Sclerotinia bulborum* | รัสเซีย |
| *Trichoderma lignorum* | | |
| *Taeniolella phialosperma* | *Pythium aphanidermatum* | ญี่ปุ่น |