บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

สตรอเบอรี่เป็นพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือ เป็นพืชที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงในระยะเวลาอันสั้น ผลสตรอเบอรี่นอกจากใช้รับประทานสดแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนไว้จำหน่ายได้อีกด้วย เช่น ทำแยม ไวน์ สตรอเบอรี่แห้ง เป็นต้น นอกจากนี้ผลสตรอเบอรี่ยังมีคุณสมบัติเป็นสมุนไพร เพราะอุดมด้วยวิตามินซีและธาตุเหล็กที่มีคุณประโยชน์ต่อระบบเลือดและหัวใจ ผลสีแดงอุดมด้วยซูเปอร์ไฟเบอร์ เพคติน ซึ่งช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้สะดวก มีสรรพคุณเป็นยาระบายอย่างอ่อน ยาขับปัสสาวะและสามารถยับยั้งสารก่อมะเร็งกลุ่มไนโตรซามีนได้เนื่องจากมีโพลีฟีนอลปริมาณสูง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

การปลูกสตรอเบอรี่มักประสบปัญหาเรื่องโรค และแมลงศัตรูพืช ทำความเสียหายแก่ผลผลิตโรคที่สำคัญได้แก่ โรคใบจุด (leaf spot) โรคขอบใบไหม้ (leaf scorch) โรคแอนแทรกโนส (anthracnose) โรคราแป้ง (powdery mildew) โรคราสีเทา (gray mold) และ โรครากเน่าและโรคโคนเน่า (root rot and crown rot) (ชูพงษ์, 2530) นับเป็นปัญหาที่สำคัญ ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เกษตรกรในพื้นที่ปลูกสตรอเบอรี่หลายแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ปลูกพืชนี้ต่อเนื่องกันหลายปี มักจะมีปัญหาโรคทางราก ทำให้เกิดอาการต้นเหี่ยว เหลือง และแคระแกรน ได้แก่ โรครากเน่าซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. และ *Colletotrichum* spp. เป็นต้น (Maas, 1998)

โรครากเน่า (red stele) สาเหตุจากเชื้อรา *Phytophthora fragariae* (Mass, 1998)

โรค red stele เป็นโรคที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโรคหนึ่ง โดยเชื้อที่เป็นสาเหตุ คือ *Phytophthora fragariae* Hickman โรคนี้มีรายงานการพบครั้งแรกในสกอตแลนด์ เมื่อปี ค.ศ. 1920 ลักษณะอาการของโรค red stele จะพบการตายของราก โดยเริ่มจากปลายรากแล้วลุกลามต่อไป รากแขนงจะเน่าบริเวณท่อลำเลียงเป็นสีแดง ทำให้ได้ชื่อว่า “red stele” อาการจะเน่าและลามขึ้นไปจนถึงโคนต้น (crown) ต้นจะมีขนาดเล็กกว่าปกติ ใบที่แก่จะเหี่ยวแห้งและเกิดใบใหม่ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเดิม รวมทั้งมีก้านใบสั้น ในสภาวะอากาศที่ค่อนข้างร้อนพืชอาจจะเหี่ยวทั้งต้นหรือเหี่ยวเฉพาะที่ใบเพียงอย่างเดียว ต้นสตรอเบอรี่ที่ถูกโรคนี้เข้าทำลายอย่างหนักจะทำให้ผลเล็กหรือไม่มีผล แต่ถ้ามีผล ผลที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ

โรครากเน่าและโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* spp.

อาการเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* spp. โรคนี้จะทำให้ต้นสตรอเบอรี่แสดงอาการเหี่ยวจากใบล่าง ๆ ก่อน พืชแสดงอาการใบเหลืองแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งเหี่ยวฟุบไปทั้งต้น เมื่อถอนต้นจากดินและตรวจดูที่รากจะพบว่ารากส่วนใหญ่กลายเป็นสีน้ำตาลปนดำ ที่โคนก้านใบบริเวณโคนต้นจะมีสีดำ รากแขนงและรากฝอยจะเปื่อยและหลุดง่าย เมื่อผ่าส่วนโคนต้นจะพบว่าเนื้อเยื่อภายในเป็นสีน้ำตาลปนดำ (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2543)

ลักษณะทั่วไปของเชื้อรา *Rhizoctonia* spp.

เชื้อรา *Rhizoctonia* spp. จัดอยู่ใน Sub-division Deuteromycotina Order Agonomycetales Class Agonomyctes มีลักษณะสำคัญคือ ไม่สร้าง asexual spore คงมีแต่เส้นใย และ resistant structure ที่เรียกว่า microsclerotium หรือ sclerotium ซึ่งเกิดจาก การพันกันของเส้นใยอย่างหลวม ๆ (Ainsworth, 1973)

การเข้าทำลายสตรอเบอรี่ของเชื้อรา *Rhizoctonia* spp.

Maas (1998) รายงานว่าเชื้อรา *Rhizoctonia* spp. ที่เข้าทำลายต้นสตรอเบอรี่มีอยู่ 2 species ได้แก่ *Rhizoctonia fragariae* ซึ่งสำคัญที่สุดเป็นเชื้อสาเหตุของโรครากเน่า โดยเชื้อราจะเข้าทำลายในส่วนของท่อน้ำท่ออาหาร ทำให้ต้นเหี่ยวและตายในที่สุด ส่วนที่สำคัญรองลงมาคือ *Rhizoctonia solani* ซึ่งทำให้เกิดโรคผลเน่าทั้งในระยะเก็บเกี่ยวและบรรจุหีบห่อ

การจำแนกเชื้อรา *Rhizoctonia* spp.

ราสกุล *Rhizoctonia* เป็นราที่ยากต่อการจำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ เนื่องจากไม่มีการสร้างสปอร์หรือโครงสร้างใด ๆ ที่จะนำมาใช้จำแนกได้ อย่างไรก็ดีมีผู้พยายามศึกษาและจำแนกรานี้โดย Sneh และคณะ (1991) กล่าวว่าในสมัยก่อนเชื้อราสกุล *Rhizoctonia* ที่เป็นสาเหตุของโรคที่สำคัญต่อพืชได้ถูกจำแนกว่าเป็น *Rhizoctonia solani* แต่ต่อมาได้มีการศึกษาโดยใช้วิธี anastomosis grouping จึงสามารถแยกออกได้เป็น *R. solani*, *R. fraticola* และ binucleate *Rhizoctonia* spp. และยังศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ genotype ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น *R. zeae*, *R. oryzae*, *R. repens* และ binucleate *Rhizoctonia* spp. จนถึงปัจจุบัน การจำแนกเชื้อรา *Rhizoctonia* spp. จะอาศัยจำนวนนิวเคลียสซึ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ binucleate *Rhizoctonia* spp. และ multinucleate *Rhizoctonia* spp. จากนั้นจึงใช้วิธี anastomosis grouping ในการแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ เช่น *R .zeae*, *R .oryzae* และ *R. solani* ต่อไป

โรคเหี่ยวของสตรอเบอรี่ที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* (Maas, 1998)

โรคเหี่ยวในสตรอเบอรี่ที่เกิดจากเชื้อราฟูซาเรียมมีชื่อเรียกว่า *Fusarium* Wilt หรือบางครั้งเรียกว่า *Fusarium* Yellows มีเชื้อสาเหตุ คือ *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* Wink &

Williams มีผู้พบโรคนี้ครั้งแรกในแถบตะวันออกของรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลียซึ่งทำให้เกิดความเสียหายแก่พื้นที่ที่ปลูกสตรอเบอรี่อย่างหนักถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โรคนี้เจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศร้อน ทำให้ใบเหี่ยวและตายอย่างรวดเร็ว และจะพบอาการเหลืองของใบร่วมด้วย ส่วนลำต้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง และเมื่อลุกลามมากขึ้นส่วนโคนของลำต้นจะเน่าอย่างรวดเร็ว

การจัดจำแนกเชื้อรา *Fusarium* และลักษณะทั่วไปของเชื้อรา *Fusarium oxysporum*

เชื้อราสกุล *Fusarium* อยู่ใน Class Hyphomycetes Order Moniliales ซึ่ง Booth (1977) รายงานว่าโคโลนีของเชื้อรา *F. oxysporum* มีหลายสีตั้งแต่สีขาว ชมพู จนถึงสีม่วง และเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH ระหว่าง 6.5-7.0 โดยปกติเชื้อรานี้จะสร้าง microconidia จำนวนมาก microconidia มี 1 หรือ 2 เซลล์ รูปร่างต่างกันไป ตั้งแต่กลมมน รูปไข่หรือโค้ง และมีขนาด 5-12 x 2.2-3.5 ไมโครเมตร microconidia จะสร้างจาก phialide ซึ่งเจริญจากด้านข้างของเส้นใย หรือ phialide ที่เจริญมาจาก conidiophore สั้น ๆ ที่แตกแขนงมาจากเส้นใย ส่วน macroconidia เมื่อเจริญเต็มที่พบว่ามี 3-5 septa รูปร่างส่วนใหญ่จะโค้งปลายเรียว มีขนาด 2.7-4.6 x 3-5 ไมโครเมตร

โรครากเน่าและโคนเน่าที่มีเชื้อสาเหตุจาก *Scleratium rolfsii*

พืชแสดงอาการเหี่ยวที่บริเวณโคนต้นติดกับดินพบอาการเน่า และปรากฏเส้นใยสีขาวหยาบรวมทั้งเม็ด sclerotium ซึ่งมีลักษณะคล้ายเมล็ดผักกาด ซึ่งเกิดจากการสานพันกันของเส้นใย มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลตรงบริเวณโคนต้นและที่ผิวดิน โรคนี้พบน้อยมากกับแปลงปลูกสตรอเบอรี่ทั่ว ๆ ไป แต่อาจพบได้ในพื้นที่ที่มีการเตรียมดินไม่ดี หรือใช้วัสดุที่มีเชื้อนี้ติดอยู่มาผสมดิน (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2543)

โรคแอนแทรกโนส (antracnose crown rot)

เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคนี้ คือ *Colletotrichum fragariae* เชื้อรานี้มีผู้พบในเขตทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศอาร์เจนตินา บราซิล อินเดีย เมกซิโก และแอฟริกาใต้ นับเป็นโรคที่ทำความเสียหายให้ไหลเป็นอย่างมากทั้งในขณะที่ยังติดกับต้นแม่ และหลังนำไปปลูกซึ่งมีผลกระทบต่อการผลิตไหลมาก (Maas, 1998)

ลักษณะอาการของโรคแอนแทรกโนส โรคนี้พบทำลายพืชในระยะกล้า อาการจะเริ่มจากแผลเล็ก ๆ สีม่วงแดงบนไหล แล้วสามารถลุกลามออกไปตลอดความยาวของเส้นไหลแผล ที่ขยายยาวมากขึ้นต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รอบนอกของแผลเป็นสีเหลือง แผลที่แห้งเป็นสีน้ำตาลทำให้เกิดรอยคอดของไหลบริเวณที่เป็นแผล ไหลอาจไม่ตายแต่เชื้อจะติดไปกับไหล ทำให้เกิดอาการที่ลำต้นของกล้าซึ่งจะส่งผลทำให้ต้นกล้าตายในที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541)

ลักษณะทั่วไปของเชื้อรา *Colletotrichum fragariae*

เชื้อรา *Colletotrichum* เป็นเชื้อราไม่สมบูรณ์ (Imperfect fungi) จัดอยู่ใน Sub-Division Deuteromycotina Class Coelomyecetes Order Melanconiales Family Melanconiaceae *Colletotrichum* มี conidia รูปยาวรี เซลล์เดียวส่วนปลายโค้งมนทั้งสองด้าน ไม่มีสี และมี setae สีดำภายในโครงสร้างที่มีชื่อว่า acervulus

Wright และคณะ (1960) ได้รายงานถึงลักษณะของเชื้อรา *C. fragariae* ไว้ว่า conidia เกิดบน conidiophore ใน acervulus และมี setae สีดำ conidia มีสีใส รูปไข่ยาว มีขนาด 14 x 4.8 แต่ขนาดของ conidia ที่ Howard (1972) รายงานไว้มีขนาดใหญ่กว่าคือ 16.7-17.5 x 5.1-5.3 ไมโครเมตร

การควบคุมโรคที่เกิดกับรากของสตรอเบอรี่

กองพัฒนาเกษตรที่สูง (2543) ได้แนะนำหลักการใช้วิธีการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของสตรอเบอรี่โดยใช้วิธีผสมผสาน ซึ่งงานอารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวงได้แนะนำให้เกษตรกรถือปฏิบัติคือ ไม่ปลูกสตรอเบอรี่ซ้ำในพื้นที่เดิมหลายปี ขุดดินตากแดดเพื่อฆ่าเชื้อโรคในดินก่อนปลูก ปลูกพืชในดินที่ปรับโครงสร้างให้ดีด้วยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก กำจัดแหล่งของเชื้อโรคโดยขุดต้นที่เป็นโรคออกทำลาย และแนะนำให้ใช้เชื้อราปฏิปักษ์ เช่น *Trichoderma* spp. และ *Chaetomium* spp. ในการป้องกันกำจัดโรค นอกจากนี้ยังแนะนำสารกำจัดเชื้อราที่ได้ผลในการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราแต่ละชนิดไว้ดังนี้ โรคเหี่ยวจากอาการรากเน่าที่เกิดจากเชื้อราชั้นต่ำ *Phytophthora* spp. ใช้สารเคมีที่มีชื่อการค้าว่า อาลีเอท เอพรอน-35 ริโดมิล เอ็มแซด เคอร์เซ็ท-เอ็ม และไดเทนเอ็ม-45 ส่วนโรคที่เกิดจากเชื้อราชั้นสูง เช่น *Rhizoctonia* spp., *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii* ใช้สารเคมีชื่อ พรีวิเคอร์-เอ็น พรอนโต-40 เทอร์ราคลอร์ซุปเปอร์เอ็กซ์ ท็อปซิน เบนเลท ไวตาแวกซ์ และออร์โธไซด์ 80 และแนะนำให้ใช้ เบนเลท-โอดี บาวิสติน ซาพรอน ดาโคนิล และไดแทนเอ็ม-45 ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสที่เกิดกับไหลซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp.

การควบคุมโรคโดยชีววิธี

ผลกระทบจากการใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีควบคุมโรคแม้จะให้ผลดี แต่อาจมีพิษตกค้างจนก่อให้เกิดมลพิษต่อระบบสิ่งแวดล้อม (pollution) ซึ่งเกิดจากการใช้สารเคมีในปริมาณมากเกินไป สารเคมีอาจจะไปทำลายจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์แก่พืชในดิน (Cook และ Baker, 1983) ปัจจุบันพบว่าการใช้จุลินทรีย์ควบคุมโรคสามารถใช้แทนการใช้สารเคมีในกรณีที่ไม่สามารถใช้สารเคมี หรือมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะกับการใช้สารเคมี เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป หรือไม่สามารถจัดหาซื้อสารเคมีได้ ข้อดี

อีกประการคือ จุลินทรีย์ดินสามารถเพิ่มปริมาณและคงทนอยู่ในดินในระยะเวลานานกว่าสารเคมี (Suslow, 1982) ด้วยเหตุดังกล่าว การควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราโดยชีววิธีจึงมีบทบาทมากขึ้น

ความหมายของการควบคุมโรคโดยชีววิธี

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (biological control) ได้มีผู้ให้คำจำกัดความของคำนี้แตกต่างกัน แต่อาจสรุปโดยรวมได้ว่าหมายถึง การลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือการลดกิจกรรมการก่อให้เกิดโรคของเชื้อโรค หรือปรสิตที่อยู่ในระยะที่มีปฏิกิริยาโดยการใช้สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งหรือมากกว่ามาใช้ในการควบคุม และอาจรวมถึงการใช้สารพันธุกรรม (gene หรือ gene product) จากสิ่งมีชีวิตนั้นด้วย ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่ใช้นี้ไม่รวมถึงมนุษย์ (Cook และ Baker, 1983; Cook, 1985)

กลไกในการควบคุมโรคโดยชีววิธี

กลไกในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชซึ่งอยู่ในดินโดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั่ว ๆ ไป มี 3 ประการคือ

1. **การสร้างสารปฏิชีวนะ** สารปฏิชีวนะเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ซึ่งมีผลในการกำจัด เช่น แบคทีเรียปฏิปักษ์ชื่อ *Agrobacterium radiobacter* K 84 สร้างสาร Agrocin 84 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. tumefaciens* ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกับมันฝรั่ง (Cooksey และ Moore, 1982) และ *Pseudomonas fluorescens* รหัส 2-79 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะชื่อ phenazine-1-carboxylate ไปยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* เชื้อสาเหตุโรครากเน่าของข้าวสาลี (Brisbane และ Rovira, 1988) ส่วน *P. fluorescens* สร้าง siderophore ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* f.sp. *lini* เชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวในป่าน (Scher และ Baker, 1982)
2. **การแก่งแย่งอาหารและพื้นที่อาศัย** จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถแย่งอาหารจากเชื้อโรค ทำให้ปริมาณสารอาหารซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของเชื้อโรคลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการใช้สารอาหารได้มากชนิด และใช้ได้อย่างรวดเร็วมาก ทำให้เจริญเติบโตได้รวดเร็ว เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม fluorescent pseudomonads มีความสามารถในการใช้สารอาหารได้หลายชนิด และเจริญอย่างรวดเร็วเข้าครอบครองพื้นที่บริเวณรากพืชได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการแก่งแย่งที่อยู่อาศัยบริเวณรากพืช ทำให้เชื้อโรคไม่มีโอกาสเข้าทำลายรากได้ (อนุภาพ, 2536)
3. **กระบวนการเป็นปรสิต** จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถสร้างเอนไซม์ไปย่อยผนังเซลล์ของเชื้อโรคพืชได้ และใช้ส่วนประกอบภายในเซลล์มาเป็นอาหารโดยตรง บางกรณีอาจมี

กลไก antibiosis ร่วมด้วย เช่น *Talaromyces flavus* TF1 (anamorph คือ *Penicillium dangeardii*) สามารถควบคุมโรค Verticillium wilt ของมะเขือยาวและมันฝรั่ง โดยการสร้าง glucose oxidase ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อย glucose ได้ดี และจะได้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ออกมาด้วย ซึ่ง H_2O_2 นี้ สามารถทำลาย microsclerotia ของ *V. dahliae* ได้ดี (Fravel, 1988)

การควบคุมโรคพืชโดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์

การนำจุลินทรีย์มาใช้เพื่อการป้องกันกำจัดโรคพืชนั้น ได้มีนักวิจัยสนใจทำการศึกษาทดลองเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นผลมาจากการพบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีความสมดุลย์ของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยมีการควบคุมกันเองอยู่แล้ว การค้นคว้าวิจัยมีเพิ่มขึ้นเมื่อผลของสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช มีผลตกค้างในดินและเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เชื้อโรคพืชสามารถปรับตัวให้สามารถต้านหรือดื้อต่อสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช กลุ่มของเชื้อราที่นำมาศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อโรค ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราในดิน (Soil-borne fungi) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มเชื้อราที่เป็นแซพโพรไฟท์ คือเชื้อราที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยอาศัยเศษซากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วเป็นอาหาร ตัวอย่างเช่น ราในสกุล *Trichoderma, Penicillium,* และ *Chaetomium* เป็นต้น (ศิริพงษ์ และรัศมี, 2539)

มีรายงานการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ ที่ควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราต่างๆ ในดินอย่างได้ผล โดยใช้ในการคลุกเมล็ด และผสมดินก่อนปลูกพืช Harman และคณะ (1981) รายงานว่าเมื่อคลุกเมล็ดถั่วและเมล็ดหัวผักกาดด้วยเชื้อรา *Trichoderma hamatum* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Rhizoctonia solani* ได้ดีและ Marshall (1982) ได้ทำการทดลองคล้ายกันโดยใช้เชื้อ *T. hamatum* ทำการทดลองในเรือนกระจก และพบว่าสามารถลดการเกิดโรคของเมล็ดถั่วแขกที่เกิดจากเชื้อ *R. solani* ได้ร้อยละ 36–65 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Elad และคณะ (1980) ซึ่งได้ทำไว้ก่อนโดยพบว่า *T. harzianum* สามารถคุมโรคกล้าเน่า (damping–off) ที่เกิดจากเชื้อ *Sclerotium rolfsii* และ *R. solani* ในถั่ว มะเขือเทศ และฝ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในปี ค.ศ. 1981 ได้มีการทดลองใช้ราปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคลำต้นเน่า (stem rot) ของคาร์เนชั่นที่เกิดจากเชื้อรา *R. solani* พบว่า *T. harzianum* สามารถลดเปอร์เซ็นต์เกิดจากโรคได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้เชื้อรา *T. harzianum* 150 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรผสมวัสดุรองก้นหลุมก่อนการย้ายปลูก (Elad และคณะ, 1981) ดินที่มีราปฏิปักษ์อยู่แล้วสามารถป้องกันการเกิดโรคได้ดีดังที่ Hader และคณะ (1984) พบว่าในดินที่มีเชื้อรา *T. koningii* และ *T. harzianum* เจริญอยู่สามารถป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุของโรคเมล็ดเน่าได้ (seed rot) โดยเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว และครอบคลุมเมล็ดพันธุ์ที่

อุณหภูมิ 10–20 องศาเซลเซียส และดินมี pH 4 นอกจากนี้ Papavizas และคณะ (1982) ยังพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* มีความสามารถทนต่อสารเคมี benomyl และยังมีความสามารถในการควบคุมโรคที่เกิดจาก *P. ultimum, R. solani* และ *Sclerotium cepivorum* อีกด้วย

Suslow (1982) พบว่าการแก่งแย่งเพื่อเข้าครอบครองบริเวณที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ และการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เป็นกลไกสำคัญในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำลายราก โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่บริเวณราก ในขณะเดียวกันถ้าจุลินทรีย์ชนิดใดเพิ่มจำนวนในแหล่งอาหารนั้น ๆ ได้มากกว่าจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง จะทำให้สามารถครอบครองบริเวณแหล่งอาหารได้ดีกว่า ความเชื่อในเรื่องดังกล่าวได้รับการสนับสนุนในเวลาต่อมา โดยที่ Lipps และ Deep (1991) รายงานว่า *Trichoderma* sp. เจริญมากกว่าเชื้อ *Fusarium moniliforme* สาเหตุของโรคลำต้นเน่าของข้าวโพด พบว่าจะไม่แสดงอาการหรืออาการของโรคจะไม่รุนแรง นอกจากนี้เชื้อราปฏิปักษ์ยังปลดปล่อยสารออกจากเซลล์และเข้าทำลายเซลล์ของเชื้อโรคโดยตรง เหล่านี้เป็นวิธีการที่เชื้อราปฏิปักษ์ใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคต่าง ๆ เช่น เชื้อรา *Penicillium oxalicum* จะสร้างสารปฏิชีวนะออกมายับยั้งการเจริญของ *Aphanomyces* sp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp. และ *Rhizoctonia* spp. ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุโรคพืช โดยพบว่าต้นพืชรอดตายจากการทำลายของเชื้อราเหล่านี้ถึง ร้อยละ 77 เมื่อเทียบกับแปลงปลูกที่ไม่ได้ใส่เชื้อปฏิปักษ์ (Windels และ Kommedahl, 1978) มีรายงานการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Gliocladium virens* ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pythium ultimum* และ *Rhizoctonia solani* เชื้อสาเหตุโรคเน่าคอดินของฝ้ายและกล่ำปลี ว่า *G. virens* สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *P. ultimum* และ *R. solani* ได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ (Lumsden และ Lewis , 1989, Howell , 1991)

กลไกการทำลายเชื้อโรคพืชของ *Trichoderma*

Lui และ Baker (1980) ได้อธิบายไว้ว่า *T. harzianum* ทำลายเชื้อ *Rhizoctonia solani* โดยทำให้ผนังเซลล์ของ *Rhizoctonia* หลุดออกจากกัน และหลังจาก 5–6 สัปดาห์ จะถูกย่อยจนหมด เช่นเดียวกับที่ Elad และคณะ (1980) ได้รายงานไว้ในปีเดียวกันว่า *T. harzianum* ที่เลี้ยงบนอาหารควบคู่กับ *R. solani* ทำให้เส้นใยของ *R. solani* แฟบลงและแตกหัก Elad และคณะ (1983) กล่าวว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. มีคุณสมบัติในการเป็นปรสิตของเชื้อราโรคพืชหลายชนิด สามารถเข้าทำลายเส้นใยโดยการพันรอบเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค ย่อยผนังเซลล์และเจริญเข้าไปภายในเส้นใยโดยตรง โดยเชื้อสร้างเอนไซม์ β–(1,3)–glucanase และ chitinase ซึ่งสามารถย่อยผนังเซลล์ของเส้นใยของเชื้อราโรคพืชได้ นอกจากเอนไซม์แล้ว Scarselletii และ Faull (1994) ยังพบว่าสารประกอบ 6-pentyl–α–pyrone (6–p–p) ที่ *T. harzianum* ผลิตขึ้น สามารถยับยั้ง *R. solani* และ *Fusarium* oxysporum f. sp. *lycopersici* ได้โดยเติม 6–p–p 0.3 มิลลิกรัม/

มิลลิลิตร ลงในอาหารวุ้นผลปรากฏว่าสามารถลดการเจริญเติบ-โตของเชื้อสาเหตุได้ และเมื่อนำสารดังกล่าว ไปทดสอบผลที่มีต่อการงอกของสปอร์โดยใช้ 6-p-p 0.45 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Fusarium* ได้อย่างสมบูรณ์

ผลการศึกษาวิจัยการใช้ *Trichoderma* ในการควบคุมโรคพืชในประเทศไทย บรรเจิด (2530) ได้รายงานผลการทดลองประสิทธิภาพของ *T. harzianum* ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *R. solani* เชื้อสาเหตุโรคเน่าคอดินของมะเขือเทศ โดยการเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีที่นำ *T. harzianum* ไปคลุกดินที่จะใช้ปลูกมะเขือเทศกับวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อ *T. harzianum* พบว่าวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ได้ผลดีกว่าวิธีที่นำไปคลุกดิน โดยวิธีที่นำไปคลุกเมล็ดสามารถลดการเกิดโรคลงถึงร้อยละ 30–47 เมื่อเทียบกับการปลูกมะเขือเทศ โดยไม่มีเชื้อ *T. harzianum* (บรรเจิด , 2530) ต่อมาวรรณวิไล (2532) ได้ทดลองใช้เชื้อ *T. harzianum* ควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุของโรคใบไหม้ของข้าวบาร์เลย์โดยใช้วิธีการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อ *T. harzianum* แล้วปลูกในสภาพแปลงทดลอง ผลปรากฏว่าจำนวนเมล็ดข้าวบาร์เลย์รอดตายถึงร้อยละ 76 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *T. harzianum* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการสร้างเม็ดสเคลอโรเตียมได้ดีในสภาพแปลงทดลอง การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคจะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นกับปริมาณของเชื้อราปฏิปักษ์ที่ใช้ โดยรัชดา (2536) พบว่าในการควบคุมโรครากเน่าของคาร์เนชั่นและจิ๊บโซฟิลล่า ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Rhizoctonia* sp. นั้นถ้าจะให้ได้ผลดีในการลดความรุนแรงของโรคจะต้องใช้ *Trichoderma* ปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่าปริมาณเชื้อสาเหตุที่ทำการปลูกเชื้อลงไปในดิน เชื้อรา *T. harzianum* สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของสตรอเบอรี่ได้เช่นกัน ตามที่กาญจนา (2539) ได้รายงานทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. 12 ไอโซเลท ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. และ *Fusarium* sp. สาเหตุโรคเหี่ยวของสตรอเบอรี่ว่า *T. viride* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ได้สูงสุด โดยทำให้เส้นใยของเชื้อราเหี่ยวแฟบลง และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. โดยการเข้าไปเจริญภายในเส้นใยของเชื้อรา *Fusarium* ในปีต่อมามีรายงานของพัชรินทร์ (2540) ว่าได้ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมโรคเหี่ยวของสตรอเบอรี่ที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ในสตรอเบอรี่ 4 พันธุ์ มีความแตกต่างในประสิทธิภาพของ *Trichoderma* แต่ละชนิด รวมทั้งความอ่อนแอต่อโรคของแต่ละพันธุ์ของสตรอเบอรี่ด้วย โดยพบว่า *T. polysporum* มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมโรคเหี่ยวของสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho และ *T. viride* มีประสิทธิภาพสูงในพันธุ์พระราชทาน 20 ส่วนพันธุ์พระราชทาน 70 ไม่มีไตรโคเดอร์มาไอโซเลทใดที่สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้

Trichoderma สามารถควบคุมโรครากเน่าของพืชที่เกิดจากเชื้อราชั้นต่ำใน genus *Phythopthora* ดังรายงานการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดย แสงมณี และคณะ (2540) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* และ *P. palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของพริกไทย และโรคเน่าดำของวนิลา พบว่าการทดลองในจานอาหารเลี้ยง PDA เชื้อรา *T. harzianum* สามารถเจริญปกคลุมเชื้อรา *Phytophthora* ทั้ง 2 ชนิด และผลการศึกษากลไกในการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* สร้างเส้นใยพันเป็นวงรัดรอบเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* และเจาะเข้าไปแย่งอาหารที่อยู่ภายใน ทำให้เกิดช่องว่างภายในเส้นใยที่ถูกทำลาย และผนังเส้นใยถูกย่อยสลาย เป็นผลให้เส้นใยดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ มณฑาและคณะ (2544) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ในการควบคุมโรคโคนเน่า ของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ TVB 7 ผลการทดลองปรากฏว่าเชื้อรา *T. harzianum* สามารถลดความเสียหายของโรคโคนเน่าของถั่วเหลืองฝักสดได้ โดยทำให้จำนวนต้นเป็นโรคหลังปลูก 30 วัน หลังปลูกลดลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 62 และทำให้ความสูงตลอดจนน้ำหนักฝักสดของถั่วเหลืองฝักสดเพิ่มขึ้นด้วย

รูปร่างลักษณะของรา *Trichoderma* และการจัดจำแนก

Trichoderma ซึ่งจัดเป็นเชื้อราที่อยู่ใน From-Class Deuteromycetes Order Moniliales เชื้อรานี้สร้าง conidia หรือ phialospore สีเขียวรูปไข่ ไม่มีผนังกั้น เกิดเป็นกลุ่มตรงปลายก้าน หรือเกิดบน phialide ส่วน conidiophore มีลักษณะตั้งตรงแตกกิ่งออกเป็นวง (verticilate) ไม่มีสี สร้างสปอร์ทนทาน (clamydospore) ระหว่างเส้นใย และปลายเส้นใย ลักษณะค่อนข้างกลม ไม่มีสี ผิวเรียบ ราสกุลนี้มีหลายชนิด ได้แก่ *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. viride*, *T. koningii* และ *T. pseudokoningii* เป็นต้น (Bilai, 1963) การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Trichoderma* ออกเป็นชนิด (species) ต่าง ๆ โดยใช้ความแตกต่างของโคโลนี ก้านสปอร์ (conidiphose) เซลล์ที่ให้กำเนิดสปอร์ (phialide) และสปอร์ (phialospose) (Rifai, 1969) ดังต่อไปนี้

***Trichoderma harzianum* Rifai**

โคโลนี เจริญได้อย่างรวดเร็ว ผนังเรียบ สีขาว ในระยะแรกเส้นใยเจริญแผ่นบาง ๆ บนอาหารแต่ในไม่ช้าอาจสร้างเส้นใยชูขึ้นเหนืออาหารเลี้ยงเชื้อ บริเวณที่สร้างสปอร์มีสีเขียวปนขาวแล้วเปลี่ยนเป็นสีเขียวสด ในที่สุดเป็นสีเขียวคล้ำ ใต้โคโลนีไม่เปลี่ยนสี

conidiophores เจริญจากเส้นใยที่มีการแตกกิ่งก้านสาขามากมาย ลักษณะเป็นปุยฟูไม่หนาแน่นการสร้าง conidiophore เกิดเป็นบริเวณที่มองเป็นชัดเจน ลักษณะเป็นโดยรอบติดต่อกัน conidiophore แตกกิ่งก้านเล็กน้อยบนผิวหน้าอาหาร บริเวณรอบนอกมีการสร้างสปอร์ แกนกลางของ

conidiophore มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 ไมโครเมตร เส้นแกนกลางมีการแตกกิ่งก้านออกไปซึ่งอาจจะเกิดเป็นกิ่งเดี่ยว แต่ส่วนใหญ่แตกเป็น 2 หรือ 3 กิ่ง ซึ่งกิ่งก้านแต่ละกิ่งโดยเฉพาะกิ่งก้านที่อยู่จะแตกกิ่งก้านเล็ก ๆ ออกไปอีก ทำมุมเป็นมุมฉากกับฐาน และกิ่งก้านที่แตกออกมามีความยาวเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากปลายของเส้นแกนกลาง ทำให้ลักษณะการแตกกิ่งก้านเป็นรูปกรวยหรือปิรามิด

phialide มักเกิดเป็นกลุ่มและจะมีกลุ่มหนึ่งซึ่งอยู่ปลายสุดของที่ปลายแขนงของ conidiophore กลุ่มหนึ่ง ๆ อาจมีจำนวนถึง 5 อัน conidiophore แต่อย่างไรก็ตาม phialide นี้อาจเกิดเดี่ยว ๆ หรือเกิดไม่เป็นระเบียบ ตามด้านข้างของกิ่งก้านที่แตกออกมาก็ได้ มีขนาดสั้น รูปร่างเป็นรูปกรวย มีขนาด 5-7 x 3-3.5 ไมโครเมตร phialide ที่อยู่ปลายกิ่งของ conidiophore มักจะยาวกว่าปกติ ซึ่งอาจจะมีขนาดถึง 18 x 2.5 ไมโครเมตร

phialospore เกิดเดี่ยว ๆ และอยู่รวมกันที่ปลายของแต่ละ phialide ทำให้ดู เป็นกลุ่มลักษณะเป็นก้อนกลม สปอร์มีรูปร่างค่อนข้างกลม หรือรูปไข่หัวคว่ำและขนาดสั้น มีฐานมนและตัดตรง ผนังเรียบสีของสปอร์เมื่ออยู่เดี่ยว ๆ เป็นสีเขียวอ่อน แต่เมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่มมีสีเข้มขึ้น ขนาดของสปอร์ 2.8-3.2 x 2.5-2.8 ไมโครเมตร

***Trichoderma hamatum* (Bon.) Bain**

โคโลนี เจริญค่อนข้างช้า สามารถเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาด 9 ซม. ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 8 วันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เริ่มแรกผิวหน้าจะเรียบแผ่แบนราบบนอาหาร ส่วนใหญ่ไม่มีสี หรือสีขาวใส โดยมีเส้นใยที่เจริญอยู่เหนือผิวของอาหารน้อย เมื่อเจริญเต็มที่บริเวณที่สร้างสปอร์มีสีขาว หรือสีเขียวปนเทาและสีใต้โคโลนีไม่มีการเปลี่ยนแปลง เส้นใยไม่มีสี ผนังเรียบ แตกกิ่งก้าน เส้นใยมีผนังกั้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-9 ไมโครเมตร

conidiophore มีการแตกกิ่งก้านมากมาย เป็นกระจุกหนาแน่นมาก บางครั้งเกิดติดต่อกันทำให้มองเห็นบริเวณที่สร้างโคโลนี เป็นวงแหวนต่อเนื่องกันเป็นชั้น ๆ ส่วนล่างของแกนกลางของ conidiophore ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ไมโคเมตร ให้กำเนิดกิ่งก้านที่แตกแขนงออกมาด้านข้างมีขนาดสั้นและมีหลายอัน โดยกิ่งก้านอันที่อยู่ไกลจากปลายยอด จะมีขนาดยาวกว่าเล็กน้อย ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างแบบถังเบียร์หรือกลอง จำนวน 2,3 หรือ 4 เซลล์ แล้วให้กำเนิดเซลล์ที่เล็กลงอีก 1 หรือ2 เซลล์ ซึ่งให้กำเนิด phialide ต่อมากิ่งก้านที่สร้างขึ้นเหล่านี้สร้างตั้งฉากกับฐาน โดยอาจจะเกิดเดี่ยว ๆ หรือเกิดเป็นกลุ่ม มีลักษณะเป็นวงซึ่งมีมากถึง 3 อัน และเซลล์ที่ให้กำเนิดกิ่งก้านเหล่านี้มีลักษณะบวมขึ้นเล็กน้อย

phialide เกิดรวมกันเป็นกลุ่มจำนวน 2-5 อัน รอบ ๆ ฐานของ phialide นี้บางครั้งเซลล์ที่ปลายสุดจะสร้างกิ่งก้านออกไปอีก และให้กำเนิด phialide เป็นกลุ่มเพิ่มขึ้น หรืออาจจะเกิดเดี่ยว ๆ แต่

อยู่ชิดกันโดยการเกิดที่ไม่สม่ำเสมอผนังของ phialide เรียบ ไม่มีสี ส่วนที่มีสีเขียวอ่อน พบน้อย รูปร่างอ้วนสั้นแบบลูกแพร์ หรือที่พบเป็นส่วนใหญ่มีรูปไข่ ซึ่งมีฐานแคบกว่าตรงส่วนกลางเล็กน้อย และด้านปลายมีลักษณะเหมือนคอขวด บางครั้งเมื่อโคโลนีอายุมากขึ้นจะเห็นบริเวณรูเปิดของ phialide มีส่วนที่หนาขึ้นมา และส่วนปลายโค้งเข้าหาปลายยอด ขนาดของ phialide 4-6.5 x 3-4 ไมโครเมตร

phialospore เกิดเดี่ยว ๆ จำนวนมากแล้วรวมกลุ่มจับกันเป็นก้อนกลมอยู่ที่ปลาย phialide รวมทั้งที่เกิดจาก phialide ข้างเคียงทำให้สปอร์มีกลุ่มใหญ่มากขึ้น โดยทั่วไปสปอร์มีรูปร่างสี่เหลี่ยมหรือทรงกระบอกแต่ส่วนใหญ่เป็นรูปเหลี่ยม บางครั้งพบรูปกระสรวย ส่วนด้านปลายมีลักษณะกลมมนและฐานเป็นลักษณะตัดตรง เมื่อสปอร์เกิดเดี่ยว ๆ มีสีเขียวอ่อน แต่เมื่อรวมกันจะมีสีเข้มขึ้น กลุ่มของสปอร์มีขนาด 3.8-6 x 2.2-2.8 ไมโครเมตร

Trichoderma viride **Pers. Ex S.F. Gray**

โคโลนี เจริญเติบโตเร็ว สามารถเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร ในเวลา 4 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 3 วันครึ่งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เริ่มแรกผิวหน้าเรียบ สีขาวใส แผ่แบนราบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อมาสร้างเส้นใยอยู่เหนืออาหารเลี้ยงเชื้อทำให้โคโลนีมีลักษณะฟูสีขาว เมื่ออายุมากขึ้นมีการสร้างสปอร์จำนวนมากทำให้โคโลนีมีสีเขียวปนดำเข้ม หรือเขียวปนน้ำเงินเข้ม และใต้โคโลนีสีไม่เปลี่ยนแปลง มีลักษณะเฉพาะคือเมื่ออายุมากจะสร้างกลิ่นเป็นกลิ่นมะพร้าว เส้นใยมีการแตกกิ่งก้านมาก ไม่มีสี ผนังเรียบ มีผนังกั้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 –12 ไมโครเมตร

conidiophore เส้นใยเจริญสานกันแบบหลวม ๆ จนถึงหนาแน่นเป็นปุย และกระจัดกระจายทั่วไปเป็นวงโดยรอบหรือเป็นวงบางส่วน และมีการสร้าง conidiophore โดยพบทั้งเส้นใยที่เจริญฟูอยู่เหนืออาหารและเส้นใยที่เจริญแผ่อยู่บนอาหาร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นแกนกลาง 4.5 ไมโครเมตร และแตกกิ่งก้านด้านข้างเป็นมุมกว้างซึ่งอาจจะเกิดเดี่ยว ๆ หรือเป็นกลุ่ม 2-3 อัน ไม่สม่ำเสมอ และแตกกิ่งก้านออกไปเรื่อย ๆ แต่มีขนาดเล็กลงทำให้มีลักษณะคล้ายต้นสน

phialide เกิดเดี่ยว ๆ หรือ เป็นกลุ่มละไม่เกิน 2-3 อัน แต่ไม่ได้เรียงกันเป็นวงรอบ หรือเกิดเป็นคู่ตรงกันข้ามกันตลอดกิ่งก้านที่แตกออกมา ขนาดไม่แน่นอน ส่วนใหญ่มีขนาด 8-14 x 2.4-3 ไมโครเมตร ทั้งนี้อาจพบสปอร์ที่มีความยาวเพียง 6 ไมโครเมตร ส่วน phialide บนสุดอาจมีความยาวถึง 20 ไมโครเมตร และทำมุมเป็นมุมกว้างกับฐานเช่นเดียวกับการแตกกิ่งก้านของ conidiophore ลักษณะตรง หรือโค้งงอบ้างเล็กน้อย ปลายฐานแคบ ส่วนคอยาว ลักษณะแบบลูกพินโบว์ลิ่ง

phialospore ส่วนใหญ่รูปร่างกลม หรือรูปไข่หัวกลับและสั้น หรือกระสวยป่องตรงกลาง การที่ผนังมีลักษณะขรุขระเล็ก ๆ ทำให้มองดูสปอร์เป็นรูปเหลี่ยม มีสีเขียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6-4.5 ไมโครเมตร หรือ 4-4.8 x 3.5-4 ไมโครเมตร รวมกลุ่มอยู่ที่ปลายของแต่ละ phialide เพื่อสร้างเป็นกลุ่มสปอร์

***Trichoderma koningii* Oud.**

โคโลนี เจริญเติบโตรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง ผิวหน้าเรียบ ต่อมามีการสร้างเส้นใยอยู่เหนืออาหารในปริมาณมาก เมื่อเส้นใยเจริญเต็มที่จะมองดูโคโลนีคล้ายเส้นเป็นขนฟูขึ้น โคโลนีเริ่มแรกมีสีขาว และมีการสร้างสปอร์ทำให้โคโลนีค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีขาวปนเขียว ในที่สุดเป็นสีเขียวหม่นจนถึงเขียวเข้ม ใต้โคโลนีไม่เปลี่ยน เส้นใยมีการแตกกิ่งก้านมากมาย มีผนังกั้นระหว่างเซลล์ ผนังเรียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-10 ไมโครเมตร ไม่มีสี

conidiophore มีการแตกกิ่งก้านมากมายมีลักษณะเป็นกระจุกหนาแน่น ค่อนข้างบางในบริเวณที่เกิดเป็นวง ต่อมาลักษณะการเกิดเป็นวงจะเห็นไม่ชัดเนื่องจากการสร้าง conidiophore ของเส้นใยที่อยู่บนผิวอาหารซึ่งขยายออกไปอย่างกว้างขวางและสม่ำเสมอ ทำให้ไม่เห็นเป็นชั้นหรือวงอย่างชัดเจน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นแกนกลางของ conidiophore 4 ไมโครเมตร แตกกิ่งแขนงออกไปเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2-3 แขนง ซึ่งจะแตกออกเป็นมุมกว้างมากน้อยต่างกัน โดยเกิดรวมกันเป็นกลุ่มฐานกว้างมีรูปร่างคล้ายกรวยหรือปิรามิด

phialide รูปร่างแบบลูกพินโบว์ลิ่งที่ปลายฐานแคบกว่าส่วนกลาง แล้วแคบลงจนถึงปลายคอรูปกรวยมีขนาด 7.5-12 x 2.5-3.5 ไมโครเมตร แต่ phialide ที่อยู่ปลายสุดอาจยาวถึง 30 ไมโครเมตร ส่วนอันที่อยู่ต่ำลงมาจะแตกกิ่งก้านในแนวมุมกว้างมากกับฐาน มีจำนวนหลายกิ่งอาจจะถึง 5 กิ่ง บางครั้งเกิดเดี่ยว ๆ ในลักษณะการเกิดที่ไม่สม่ำเสมอ

phialospore ส่วนใหญ่รูปไข่ สี่เหลี่ยมหรือเป็นเหลี่ยม ที่ฐานของสปอร์ตัดตรง และอีกด้านกลม ผนังเรียบ สีเขียวอ่อน phialospore มีขนาด 3-4.5 x 1.9-2.8 ไมโครเมตร

***Trichoderma pseudokoningii* Rifai**

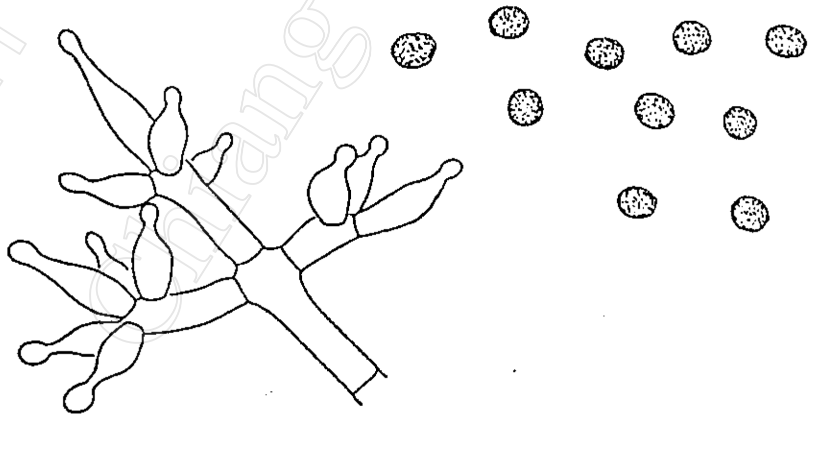
โคโลนี เจริญค่อนข้างเร็วที่อุณหภูมิห้อง ผิวหนังเรียบ ไม่มีสี เส้นใยที่เจริญอยู่เหนืออาหารมีน้อย เมื่อสร้างสปอร์โคโลนีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีขาวปนเขียว จนถึงสีเขียวสดใส เม็ดสีที่เชื้อ-ราสร้างขึ้นจะถูกปล่อยไปในอาหารเลี้ยงเชื้อทำให้ใต้โคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เส้นใยแตกกิ่งก้านประสานกันบาง ๆ บนอาหาร มีผนังกั้นระหว่างเซลล์ และผนังเรียบ ไม่มีสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-10 ไมโครเมตร

conidiophore ลักษณะเป็นปุยแบบหลวม ๆ ไม่หนาแน่น เมื่ออายุยังน้อยมีลักษณะเหมือนขนฟูขึ้นมาจากส่วนปลายของ conidiophore ซึ่งเมื่อแก่จะเห็นไม่ชัด นื่องจากมีลักษณะเป็นฝุ่นผง เริ่มแรก

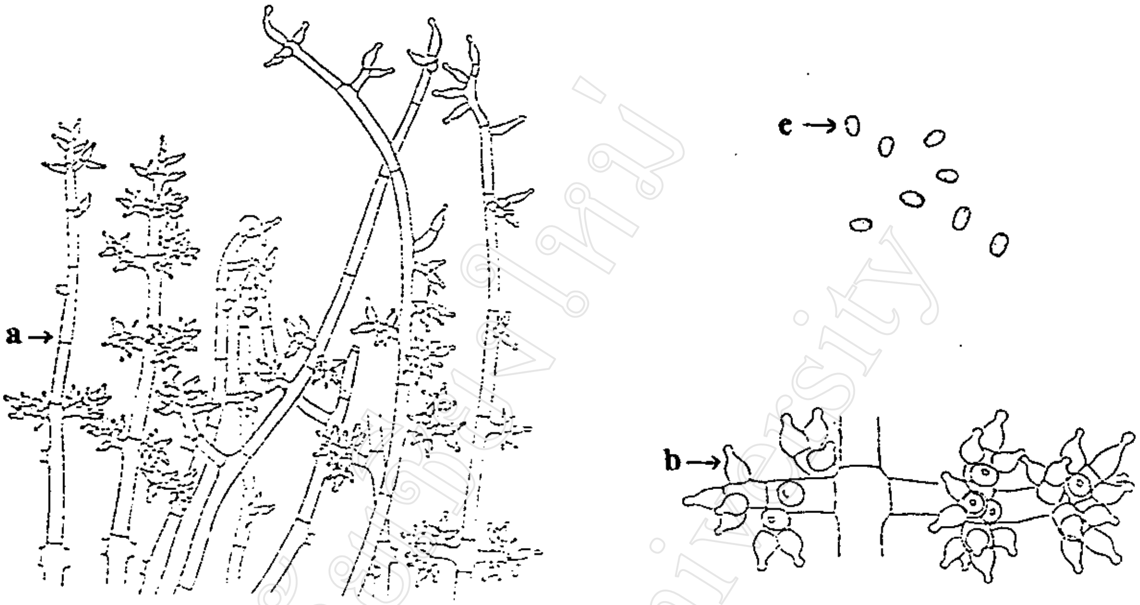
เป็นลักษณะเป็นวงรอบ ต่อมาเมื่ออายุมากขึ้นจะสร้าง conidiophore ใหม่เฉพาะบริเวณรอบนอกของโคโลนี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นแกนกลางของ conidiophore 4-5 ไมโครเมตร และค่อนข้างยาว การแตกกิ่งก้านค่อนข้างน้อย ไม่สม่ำเสมอ เกิดเดี่ยว ๆ หรือเป็นคู่ตรงกันข้าม หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 อัน แต่พบน้อย ซึ่งจะแตกกิ่งตั้งฉากกับเส้นแกนกลาง

phialide มักจะเกิดเป็นคู่ ไม่เกิดเป็นวงรอบและไม่เป็นกลุ่ม จึงมักพบ phialide ที่เกิดเดี่ยว ๆ เสมอบนกิ่งก้านของ conidiophore ที่แตกออกมา โดยจะเกิดทั่วไปแบบไม่สม่ำเสมอ และส่วนใหญ่พบมากที่บริเวณปลายก้านของเส้นแกนกลาง รูปร่างแบบลูกพินโบว์ลิ่ง หรือรูปไข่ หรือเรียว ขนาด 5.8-8 x 2.7-7.5 ไมโครเมตร ส่วนอันยอดสุดอาจยาวถึง 13 ไมโครเมตร

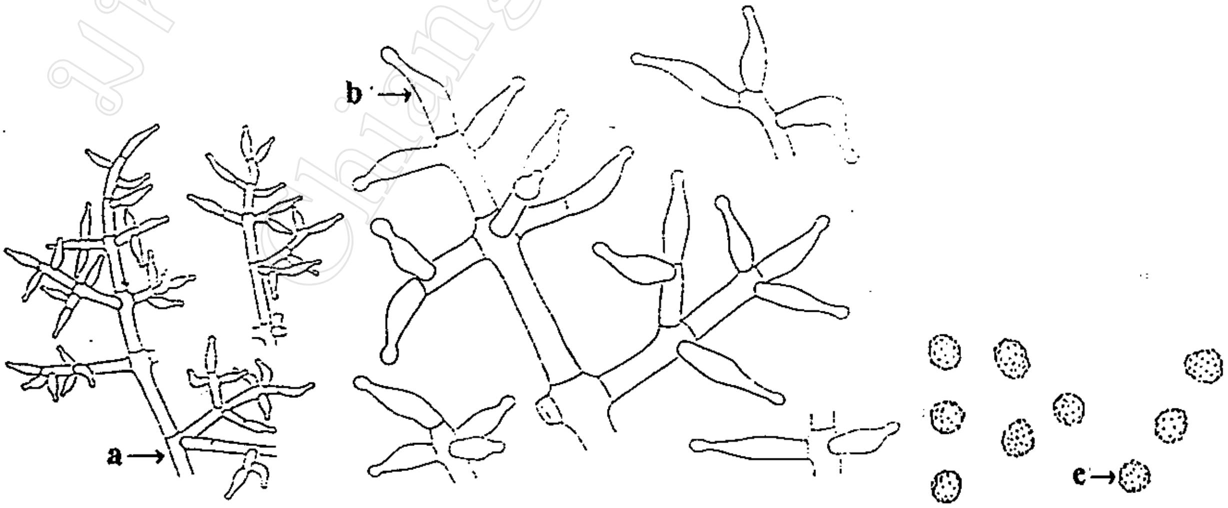
phialospore เกิดเดี่ยว ๆ และรวมกันเป็นก้อนที่ปลาย phialide ของแต่ละอัน phialospore มีขนาดสั้นรูปร่างเกือบ ๆ เป็นทรงกระบอก ส่วนใหญ่รูปร่างสี่เหลี่ยม และบางครั้งเป็นเหลี่ยมหรือรูปกระสวย ตรงปลายแคบลงส่วนฐานตัดตรง สปอร์มีสีเขียวอ่อนแต่เมื่อรวมกลุ่มกันมีสีเขียวผนังเรียบขนาด 3.4-4.6 x 2-2.5 ไมโครเมตร



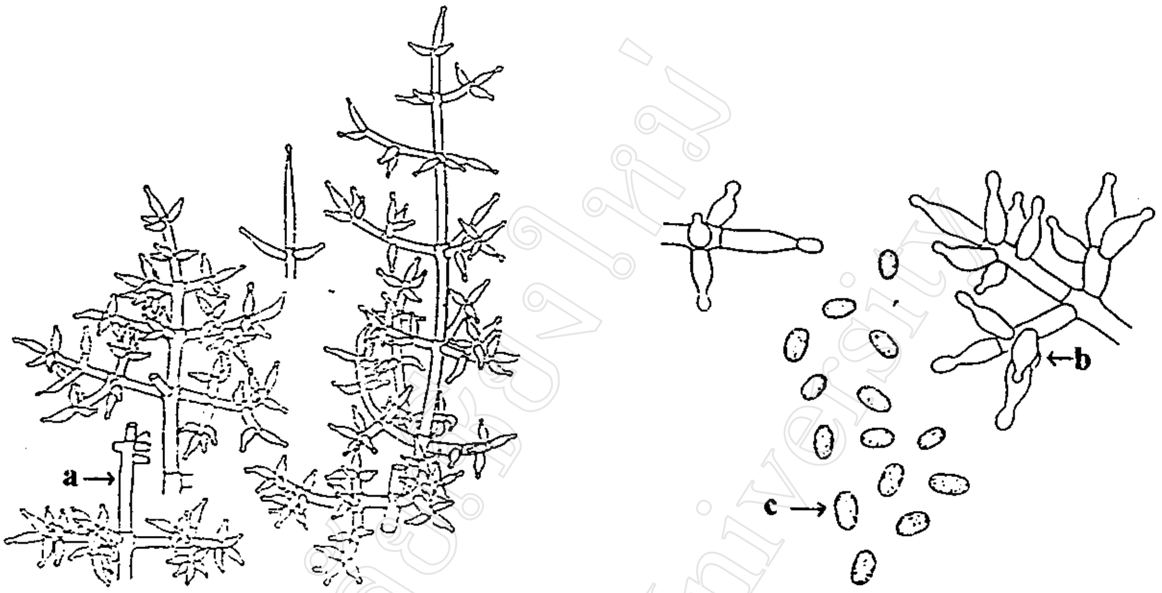
ภาพที่ 1 ลักษณะ phialide (a) และ phialospore (b) ของ *Trichoderma harzianum* (Rifai, 1969)



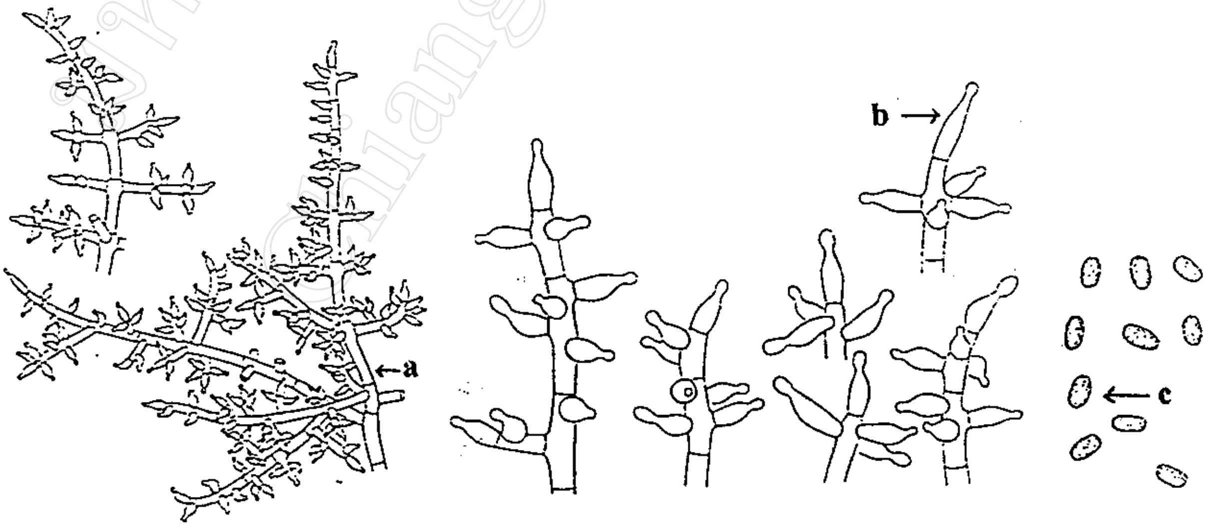
ภาพที่ 2 ลักษณะ conidiophore (a); phialides (b); phialospores (c) ของ *Trichoderma hamatum* (Rifai, 1969)



ภาพที่ 3 ลักษณะ conidiophore (a); phialides (b); phialospores (c) ของ *Trichoderma viride* (Rifai, 1969)



ภาพที่ 4 ลักษณะ conidiophore (a); phialides (b); phialospores (c) ของ *Trichoderma koningii* (Rifai, 1969)



ภาพที่ 5 ลักษณะ conidiophore (a); phialides (b); phialospores (c) ของ *Trichoderma pseudokoningii* (Rifai, 1969)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University