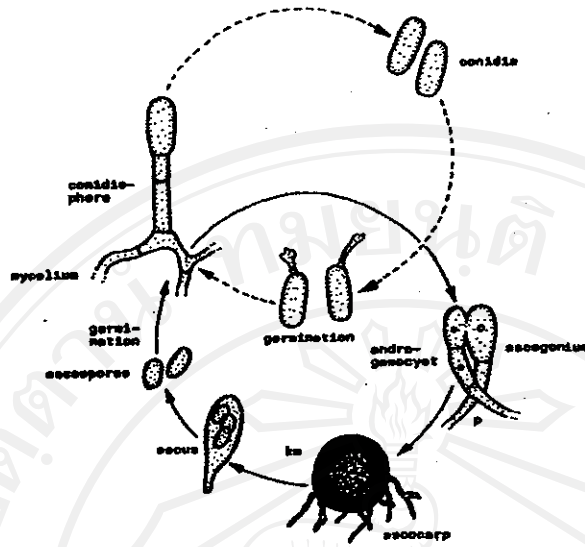


บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

เชื้อราแป้ง (Powdery mildews) จัดอยู่ใน Class Leotiomycetes, Order Erysiphales, Family Erysiphaceae เป็นสาเหตุของโรคพืชที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากสามารถเข้าทำลายพืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้หลายชนิด เชื้อราแป้งสามารถแพร่กระจายโดยลม ละอองน้ำหรือฝน เพื่อเข้าทำลายพืชในฤดูปลูก โดยเฉพาะการปลูกพืชในโรงเรือนอาจทำให้เกิดการติดเชื้อเข้าเป็นวัฏจักร สปอร์จะถูกปลดปล่อยออกมาในช่วงเวลากลางวัน และมีปริมาณมากสุดในเวลาเที่ยงวัน เนื่องจากความชื้นในอากาศลดลง (Daughtrey *et al.*, 2004) โดยที่เชื้อราแป้งแตกต่างจากเชื้อราส่วนใหญ่ที่ชอบความชื้น ดังนั้น conidia จึงงอก germ tube เข้าทำลายพืชในช่วงที่มีอากาศแห้ง (Robert *et al.*, 2004) ซึ่งลักษณะอาการของพืชที่ถูกเชื้อราแป้ง เข้าทำลายจะแสดงอาการ โดยทั่วไป คือ เริ่มแรกปรากฏอาการเป็นรอยแผล หรือจุดเล็กๆ สีขาว หรือสีเทาอ่อน จากนั้นจะสังเกตเห็นอาการได้ชัดเจนขึ้น โดยพบลักษณะโคโลนีเป็นสีขาวคล้ายแป้งปกคลุมอยู่บนส่วนต่างๆ ของพืชอาศัย เช่น ใบ กิ่ง ก้าน ฟัก และดอก เป็นต้น

เชื้อราแป้ง (Powdery mildews) จัดเป็น obligate parasite ไม่สามารถเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ รับอาหารจากพืชโดยเส้นใย (mycelium) ซึ่งเจริญอยู่เหนือผิวพืชจะสร้าง specialized hypha ที่เรียกว่า haustoria (feeding organ) แทะเข้าสู่ภายในเซลล์ของ epidermal cell ของพืชเพื่อดูดซับอาหาร เชื้อราแป้งมีการสืบพันธุ์ได้ 2 แบบคือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยสร้าง conidia เกิดอยู่บนก้านชูสปอร์ที่เรียกว่า conidiophore ซึ่งอาจเกิดขึ้นเดี่ยวๆ เรียกว่า solitary หรือ single type (สร้างสปอร์ 1 conidium ต่อวัน) หรือเกิดต่อกันเป็นสายโซ่ที่เรียกว่า chain type (สร้าง conidia มากกว่า 1 conidia ต่อวัน) ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเชื้อราแป้ง จะสร้าง sexual spore (ascospore) เกิดอยู่ภายในถุง ascus ที่อยู่ภายใน fruiting body ที่เรียกว่า ascoma (cleistothecium) ที่มีลักษณะกลม มีสีเข้ม หรือสีดำ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รอบๆ cleistothecium มี appendage ยื่นออกมา เป็นรูปร่างลักษณะต่างๆ กันออกไป ซึ่งลักษณะของ appendages ในอดีตสามารถใช้แยกเชื้อราออกเป็น genus ต่างๆ ได้ สำหรับวงชีวิตของเชื้อราแป้ง ดังแสดงใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงชีวิตของเชื้อราแป้ง (*Erysiphe polygoni*): p-plasmogamy, k-karyogamy and m-meiosis (ที่มา Braun, 1995)

ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราแป้ง ในระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

Sawada (1914) เป็นคนแรกที่จัดจำแนกชนิดเชื้อราแป้งตามลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ต่อมา Yarwood (1957) ตำราและศึกษาเชื้อราแป้งซึ่งรวมถึงลักษณะของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วย และให้ความสำคัญกับระยะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของเชื้อราแป้งจำนวนมาก โดยเฉพาะช่วงต้นศตวรรษที่ 20 Braun *et al.* (2002) ได้รวบรวมผลงานของ Cook และ Takamatsu ที่ใช้ลักษณะทางสัณฐานของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนี้ สามารถจำแนกรายแป้งออกได้เป็น 4 genera 8 subgenus ต่อมา To-amun *et al.* (2002) ได้พบ subgenus ใหม่คือ *Microidium* ใน genus *Oidium* ทำให้ปัจจุบันมีเชื้อราแป้งทั้งหมด 4 genera 9 subgenus นับว่าก่อให้เกิดความก้าวหน้าในการศึกษาเชื้อราแป้งเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งลักษณะทางสัณฐานที่สำคัญสำหรับนำมาใช้ในการจัดจำแนก ได้แก่

Mycelium

เส้นใยของเชื้อราแป้ง มีหลายแบบ ได้แก่ เส้นใยที่เป็น epiphytic กล่าวคือ จะเจริญอยู่ที่ผิวพืชอาศัย และส่งส่วนของ haustorium เข้าไปใน epidermal cells ของพืชอาศัยเพื่อดูดกินอาหาร เส้นใยลักษณะแบบ hemiendophytic ซึ่งเชื้อราจะสร้างเส้นใยเจริญผ่านทางปากใบเข้าสู่ภายในพืช เกิดเป็น internal mycelium ซึ่ง internal mycelium เหล่านี้จะสร้าง haustorium เข้าทำลายเซลล์ที่อยู่ภายใน เช่น

เซลล์ในชั้นของ mesophyll หรือ palisade layer และเส้นใยมีลักษณะเป็น endophytic อย่างไรก็ตาม เราสามารถพบเส้นใยที่เป็น external mycelium ขึ้นปกคลุมผิวพืชได้เช่นเดียวกัน

เส้นใยที่เป็น primary mycelium ของเชื้อราแป้งปกติไม่มีสี (hyaline) มีผนังกันตามขวาง ผนังบาง เซลล์เส้นใยเป็นแบบ uninucleate (แต่ละเซลล์มีนิวเคลียส 1 อัน) และมี vacuole อยู่ภายในเซลล์ เส้นใยมีการแตกแขนงได้หลายลักษณะ โดยอาจจะแตกแขนงออกจากเส้นใยเดิมเป็นมุมต่างๆ กัน ตามชนิดของเชื้อราแป้ง เส้นใยอาจตรง หรือ โค้งงอ ฯลฯ เส้นใยอาจสลายไปเมื่อมีการสร้าง cleistothecium ที่เรียกว่า evanescent หรือยังคงมีเส้นใยอยู่หนาแน่นภายหลังการสร้าง cleistothecium ที่เรียกว่า persitent เป็นต้น ในขณะที่เชื้อราแป้งบางชนิดนอกจากจะสร้าง primary mycelium แล้วอาจสร้าง secondary mycelium ที่มีผนังหนาและมีสีเข้มขึ้น เช่น *Sphaerotheca pannosa*, *Sphaerotheca morsuvae*, *Sphaerotheca euphobiae* หรือ *Sphaerotheca fugax* เป็นต้น

Appressorium

appressorium เป็นโครงสร้างที่เจริญแผ่ออกมาทางด้านข้างของเส้นใยเพื่อเพิ่มผิวสัมผัสกับผิวพืช จัดเป็นโครงสร้างซึ่งใช้ยึดติดกับผิวของพืชอาศัย และ appressorium นี้ อาจเกิดขึ้นที่ปลายสุดของ conidial germ tube ก็ได้ สามารถจำแนกลักษณะรูปร่างของ appressorium แบบต่างๆ 5 แบบ (Braun, 1978) ได้ดังนี้ คือ

1. indistinct : กลุ่มนี้สังเกตได้จากการแผ่กว้างของเส้นใยเพียงเล็กน้อย
2. distinct, nipple-shaped : ซึ่ง appressorium ในกลุ่มนี้จะไม่เป็น lobe แต่จะมีผิวที่ขรุขระ ทำให้มีลักษณะคล้าย lobe ได้
3. distinct, lobe : appressorium ในกลุ่มนี้มีลักษณะ เป็นแบบ irregular lobed ซึ่งรูปทรงผันแปรไปไม่แน่นอน ตั้งแต่ singly lobed จนถึง multi-lobed ซึ่งการจำแนกลักษณะใดเป็น singly หรือ moderately lobed และ multi-lobed นั้นในทางปฏิบัติทำได้ยาก
4. distinct, branch, coral-liked พบได้ในเชื้อรา *Leveillula* species โดย Gorter (1988) เป็นผู้เสนอตั้งชื่อแบบของ appressorium นี้
5. distinct, hook หรือ elongate, nipple-shaped ซึ่ง appressorium แบบนี้จัดเป็นกลุ่มเฉพาะ พบได้ใน genus *Phyllactinia* เป็นต้น

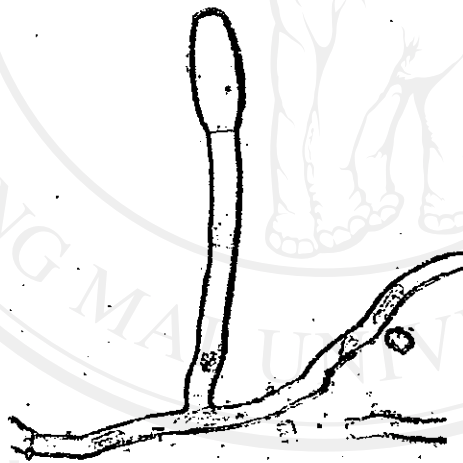
สำหรับตำแหน่งของ appressorium นี้พบได้แตกต่างกันไป ส่วนใหญ่พวกที่เป็น unilobe ปกติจะเกิดเดี่ยวๆ แต่บางครั้งอาจพบ 2-3 อันต่อเซลล์เส้นใยหนึ่งเซลล์ ส่วนพวกที่เป็น lobed นั้นปกติอาจพบได้ตั้งแต่ 1 จนถึง 4 อันต่อหนึ่งเซลล์โดยอาจเกิดอยู่ตรงข้ามกัน หรือเกิดเรียงลำดับกัน ก็ได้ ซึ่งลักษณะของ appressorium แบบต่างๆ

onidiophore, conidia และ germination

conidiophore

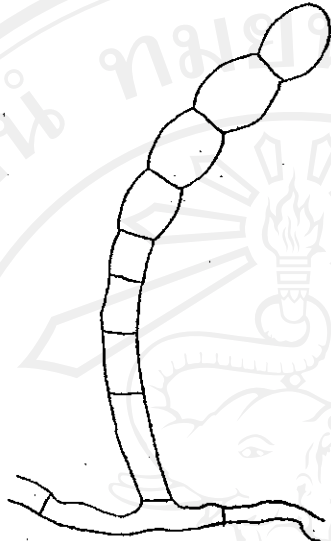
conidiophore อาจแบ่งออกตามลักษณะการสร้าง conidia ได้ เช่น ก้าน conidiophore ที่ให้กำเนิด conidia เพียง 1 เซลล์ต่อวัน เรียกว่า singly หรือ solitary conidia หรือ pseudoidium type ในขณะที่เชื้อราแบ่งบางชนิดจะผลิต conidia ได้หลายอันต่อวันซึ่งในกรณีนี้ conidia จะต่อกันเป็นสายโซ่ (chain type) ซึ่ง Shin และ La (1993) ได้แบ่งชนิดของก้าน conidiophore ของเชื้อราที่เป็น chain type นี้ออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของเส้นขอบ conidia ของ immature conidia ทำให้สามารถแบ่งชนิดของก้าน conidiophore ของเชื้อราแบ่งออกได้ 2 กลุ่มดังนี้

1. **Conidia singly** หมายถึง ก้าน conidiophore ที่ผลิต conidia เกิดเดี่ยวๆ เพียง 1 conidium ต่อวัน พบได้ทั่วไปในเชื้อรา *Erysiphe*, *Microspora*, *Phyllactinia* และ *Uncinula* เป็นต้น (Shin and Zheng, 1998; Shin, 2000) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 : ลักษณะของก้าน conidiophore แบบ single type (solitary conidia หรือเรียกอีกอย่างว่า Pseudoidium type) ในภาพเป็น conidiophore ของเชื้อรา *Oidium* sp. บนใบแค (*Sesbania grandiflora* Desv.) (To-anun et al., 2003)

2. **Conidia in chain** ได้แก่ เชื้อราแป้งที่ผลิต conidia หลายอันต่อวัน ต่อกันเป็นสายโซ่ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 : ลักษณะของก้าน conidiophore แบบ chain type เชื้อราแป้งสร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ของเชื้อรา *Oidium* sp. บนหน่วยาตะของ *Vernonia cinerea* (ดวงดาว, 2549)

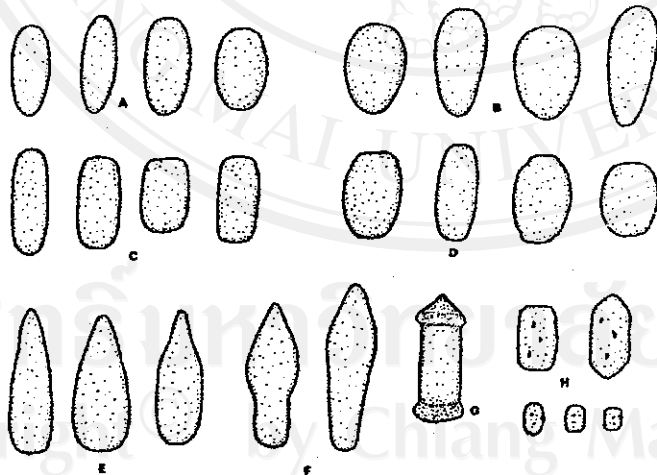
conidia

conidia ของเชื้อราแป้ง จัดเป็น meristem arthophore ซึ่งปกติไม่มีสี (colourless) มีเซลล์เดี่ยวหนึ่งนิวเคลียส (uncinucleate) มีแวคคิวโอ (vacuolate) ผนังบาง (thin-walled) ภายในมี oil-drops และมีอนุภาคอื่นๆ (various granule) เป็นองค์ประกอบ โดย conidia ของเชื้อราแป้งบางชนิด เช่น *Podosphaera*, *Cystotheca* หรือ *Sawadaea* อาจมีอนุภาคที่สะท้อนแสง ที่เรียกว่า fibrosin body อนุภาคดังกล่าวมีขนาด 2-8 μm ประกอบด้วย B IV carbohydrate ที่มี nitrogen เป็นส่วนประกอบ fibrosin body ปกติจะพบขณะที่ conidia ยังสดอยู่เท่านั้น fibrosin body นี้เป็นลักษณะสำคัญในการใช้จำแนกชนิดของเชื้อราแป้ง เช่น พบว่าในเชื้อรา *Sphaerotheca fuliginia* conidia จะมีอนุภาค fibrosin body ในขณะที่ conidia ของเชื้อรา *Erysiphe cichoracearum* จะไม่พบ fibrosin body เป็นต้น ซึ่งเชื้อราทั้งสองปกติมีลักษณะ conidiophore ที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น fibrosin body จึงสามารถจำแนกเชื้อราทั้งสองออกจากกันได้

อย่างไรก็ตามอาจพบว่าอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง และลักษณะรูปร่างของ conidia ของเชื้อราแป้งมักจะคงที่ และมีประโยชน์ต่อการจัดจำแนกชนิดเชื้อราแป้ง โดยรูปร่างของ conidia

แสดงถึงความหลากหลายของสายพันธุ์ของเชื้อรา และมีประโยชน์ต่อการจัดจำแนกชนิด Hammett (1977) ได้ใช้ electron microscope ตรวจสอบผิวของ *Oidium* จะมีลักษณะที่แตกต่างไปอย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าเชื้อราทั่วไปจะพบว่ามีผนังเรียบแต่ conidia ของ *Blumeria graminis* จะมีลักษณะเป็นหนาม (spiny) conidia ในบาง genus มีลักษณะเป็นขน (hairy) ซึ่งลักษณะของผนังดังกล่าวมีความสำคัญต่อการจำแนกชนิดของเชื้อราเป็นอย่างมาก เช่น conidia จากพืช genus *Brassica*, *Pavaver* และ *Cleome* (\equiv *Erysiphe cruciferarum*) มีลักษณะเป็นขน (hairy) ขณะที่ conidia ของเชื้อราบน *Pastinaca* (\equiv *Erysiphe heraclei*) และจากพืช genus *Ranunculus* และ *Delphinium* (\equiv *Erysiphe aquilegiae* var. *ranunculi*) มีลักษณะเรียบ (smooth) แต่ทุกเชื้อที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ Salmon ได้จำแนกรวมอยู่ใน *Erysiphe polygoni* ทั้งสิ้น

นอกจากนี้ขนาดของ conidia ขณะที่ยังสดอยู่กลับมีขนาดแตกต่างกันกับตัวอย่างแห้งจาก herbarium โดยขนาดของ conidia แห้งจะมีลักษณะหด (shrink) เล็กกว่าตัวอย่างสด อย่างไรก็ตามเราสามารถเปรียบเทียบตัวอย่างทั้งสองได้ โดย Blumer (1967) พบว่าค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณขนาดของ conidia แห้งให้เปลี่ยนเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างสดได้ กล่าวคือในกรณีของความกว้างให้คูณด้วย 1.2 ขณะที่ความยาวของ conidia ให้คูณด้วย 1.15 เพื่อให้ขนาดมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างสด สำหรับรูปร่างของ conidia แบบต่างๆ ของเชื้อราแป้ง ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ลักษณะรูปร่างของ conidia แบบต่างๆ ของราแป้ง A: ellipsoid, B: ovoid

C: cylindric, D: doliform, E-F: lanceolate, G: cylindric with cingulum-linked ring at ends,

H: macro conidia and micro conidia ของ *Sawadaea* (ที่มา Braun, 1995)

การงอกของ conidia ของเชื้อราแป้ง

ปกติเราจะพบ germ tube เจริญงอกออกมาจากด้านปลายของ conidia (\pm apically) หรือเจริญออกมาทางด้านข้าง (laterally) ก็ได้ ซึ่งลักษณะเฉพาะของการงอกของ conidia นี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราแป้ง จึงนับว่าการงอกของ conidia นี้สามารถนำมาใช้จำแนกเชื้อราได้ ซึ่ง Braun (1987) มีความเห็นสอดคล้องกับ Hirata (1955) โดยได้กำหนดลักษณะของแบบแผนการงอกของ conidia ของเชื้อราแป้งออกเป็นแบบต่างๆ 4 แบบ ซึ่งต่อมาภายหลัง To-anum *et. al.* (2002) ได้รายงานพบลักษณะการงอกของ germ tube ของเชื้อราแป้งแบบที่ 5 (microidium type) จึงนับรวมถึงปัจจุบันเชื้อราแป้งมีลักษณะของ germ tubes แบบต่างๆ รวม 5 แบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

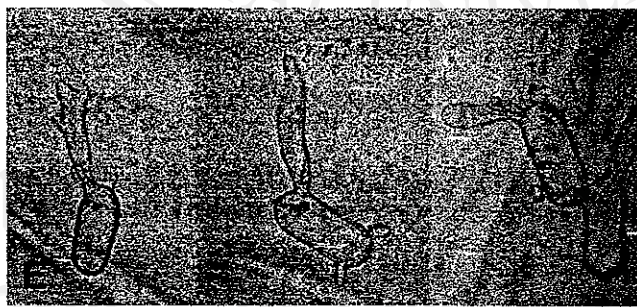
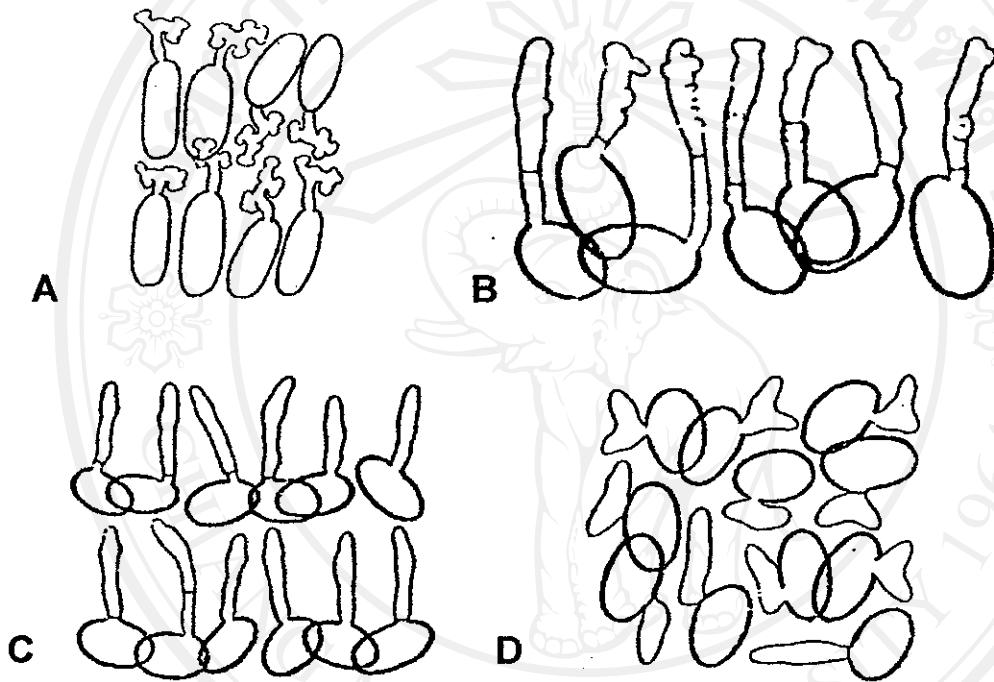
1. **Polygoni type:** ลักษณะของ germination ชนิดนี้จะสร้าง germ tube ออกจากปลายสุด (apically) หรือทางไหล่ (shoulder) ของ conidia หรือบางครั้งจะงอกออกทางด้านข้าง (laterally) ก็ได้ โดยที่ปลายของ germ tube จะพบ appressorium เป็นแบบ lobe ขนาดของ germ tube มีตั้งแต่สั้นถึงยาวปานกลาง โดยมีอัตราการเจริญของ germ tube เป็นไปอย่างรวดเร็ว คือใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมงก็จะสร้างเสร็จสมบูรณ์ (ภาพที่ 5A)

2. **Cichoracearum type:** สร้าง germ tube เกิดที่ปลาย หรือที่ไหล่ของ conidia บางครั้งอาจสร้างที่ด้านข้างของ conidia ก็ได้ germ tube มีรูปร่างของ (club-shaped) ขนาดตั้งแต่สั้นถึงยาวปานกลาง อัตราความเร็วของการสร้างไม่เร็วเท่าแบบ polygoni type คือใช้เวลาในการพัฒนาสมบูรณ์ประมาณ 8-10 ชั่วโมง conidia ของเชื้อราในกลุ่มนี้ไม่มี fibrosin body (ภาพที่ 5B)

3. **Pannosa type:** สร้าง germ tube ขนาดยาวปานกลางถึงยาวมาก ปกติ germ tube งอกจากทางด้านข้าง มีส่วนน้อยมากที่งอกจากทางปลาย หรือทางไหล่ของ conidia ที่ปลายของ germ tube ไม่มี appressorium ที่เด่นชัด การพัฒนาของ germ tube จนเสร็จสมบูรณ์ค่อนข้างช้า คือใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง conidia ของเชื้อราในกลุ่มนี้จะมี fibrosin body เป็นองค์ประกอบอยู่ภายใน (ภาพที่ 5C)

4. **Fuliginea type:** สร้าง germ tube มีขนาดสั้นมาก germ tube ไม่มี appressorium ที่เด่นชัด งอกทางด้านข้างของ conidia มีลักษณะเป็นง่าม (forked) ลักษณะกว้าง การพัฒนาจนเสร็จสมบูรณ์ค่อนข้างช้า conidia ของเชื้อราในกลุ่มนี้มี fibrosin body อยู่ภายใน (ภาพที่ 5D)

5. **Microidium type:** สร้าง germ tube รูปกระบอกกว้าง (broad club-shaped) ขนาดใหญ่ ยาวปานกลาง เจริญออกมาจากปลายหรือไหล่ของ conidia โดยที่ส่วนปลายของ germ tube จะสร้าง appressoria รูป nipple หรือ lobe นอกจากนี้มักพบ germ tube ขนาดเล็กๆ อีก 2-3 อัน เจริญออกมาทางปลาย หรือไหล่ของ conidia ทั้งสองด้าน เชื้อราในกลุ่มนี้สร้าง conidia รูปทรงกระบอก หรือ barrel-cylindric มี oil-drop อยู่ภายใน (ภาพที่ 5E)



ภาพที่ 5 ลักษณะ germ tube แบบต่างๆ A : polygona type, B : cichoracearum type, C : pannosa type, D : fuliginea type, E : microidium type (A-D ที่มา Hirata, 1955 และ E ที่มา To-anun *et al.*, 2002)

การจำแนกชนิดเชื้อราเป็งตามการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศร่วมกับอนุชีววิทยา

การจัดจำแนกชนิดของเชื้อราเป็งใน genus *Erysiphe* ออกเป็น genus ย่อย ๆ ตามจำนวนของ ascus และชนิดของ appendage ซึ่งการจำแนกของเขานี้ นับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาในด้านการจัดจำแนกเชื้อราเป็งต่อเนื่องเรื่อยมาตลอดจนถึงศตวรรษที่ 20 (Salmon 1900; Blumer 1967; Braun 1987, 1995) ซึ่งโครงสร้างของ ascoma นี้ได้กลายเป็นหลักสำคัญในการจัดจำแนกชนิด และ phylogeny ของเชื้อราเป็งมาจนกระทั่งเทคโนโลยีด้านการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM เพื่อตรวจสอบลักษณะผิวของ conidia ของเชื้อราเป็ง (Cook *et al.*, 1997) และเทคนิคด้านอนุชีววิทยาในการศึกษาลำดับเบสของยีนในตำแหน่ง rDNA (Takamatsu *et al.*, 1999, 2000; Braun and Takamatsu, 2000; Mori *et al.*, 2000) ได้รับการพัฒนา และได้กลายมาเป็นมูลเหตุสำคัญของการจัดจำแนกเชื้อราเป็งใหม่ด้วยเหตุผลดังนี้

1. ลักษณะต่าง ๆ ของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนับเป็นลักษณะที่มีความสำคัญในการจัดจำแนกชนิดในระดับ genus และการศึกษาด้าน phylogeny ของเชื้อราเป็งมากกว่าลักษณะของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่เคยใช้กันมาในอดีต โดยลักษณะของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ถูกลดระดับลงมาใช้ในการจำแนกในระดับ species แทน

2. การเปลี่ยนแปลงการจัดจำแนกชนิดของเชื้อราเป็งในระดับ genus ตามผลของการศึกษาด้าน SEM และอนุชีววิทยานี้ ได้รวมเอา *Erysiphe* section *Erysiphe*, *Microsphaera* (รวม *Bulbomicrosphaera* และ *Medusosphaera*) และ *Uncinula* (รวม *Bulbouncinula*, *Furcuncinula* และ *Uncinuliella*) ไว้เป็นกลุ่มเดียวกันเนื่องจากมีลักษณะร่วมกันคือเป็น pseudoidium anamorph กล่าวคือมีลักษณะ appressorium เป็นแบบ lobe สร้าง conidia แบบ singly type และจำแนกกลุ่มนี้ใหม่เป็น *Erysiphe emend* โดยแบ่งออกเป็น 3 section (โดยเชื้อราที่รวมอยู่ใน section เดียวกันนี้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกันทางด้าน phylogeny) คือ section *Erysiphe*, section *Microsphaera* และ section *Uncinula* โดยที่ *Erysiphe*, section *Golovinomyces* และ section *Galeopsidis* ปัจจุบันได้ถูกจำแนกไว้ในอีก genus หนึ่งแยกกันออกไปคือ genus *Golovinomyces* และ *Neoerysiphe* ตามลำดับ นอกจากนี้ genus *Sphaerotheca* ถูกลดระดับลงมารวมกับ genus *Podosphaera* คือกลายเป็น *Podosphaera emend* โดยมี 2 section ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกันด้าน phylogeny คือ section *Podosphaera* และ *Sphaerotheca* ตามลำดับ โดยที่ section *Sphaerotheca* ยังแบ่งได้เป็น 2 subsection คือ *Sphaerotheca* และ *Magnicellulatae*

การจัดจำแนก genus ของเชื้อราเป็งแบบใหม่นี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากการจำแนกแบบเดิมอย่างมาก และยังไม่เป็นที่เข้าใจกันนักในกลุ่มคนที่ไม่ได้เป็นนักอนุกรมวิธาน (non-taxonomist) อย่างไรก็ตาม Braun (2002) ได้ให้เหตุผลว่า การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ นับเป็นผลมาจาก

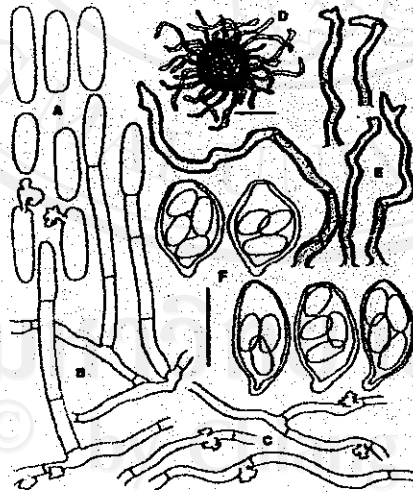
ความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ซึ่งการจัดจำแนกที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะเป็นการใช้ลักษณะ
 ลักษณะวิทยาของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ร่วมกับผลการศึกษาด้านอนุชีววิทยาในการจัดจำแนก
 เชื้อราแบ่งออกเป็น 13 genera และเพื่อไม่ให้เกิดการสับสนสำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยต่อชื่อใหม่ ในที่นี้
 จะยังใช้ชื่อเดิมตามการจัดจำแนกของ Braun (1987, 1995) ไว้ในวงเล็บด้านท้ายของชื่อใหม่นั้น ๆ ด้วย
 เช่น *Neoerysiphe galeopsidis* (\equiv *Erysiphe galeopsidis*) และในกรณีของ section จะใส่ไว้ในวงเล็บ
 ตามหลังชื่อ genus เช่น *Podosphaera* (*Sphaerotheca*) *fusca* เป็นต้น

สำหรับรายละเอียดของเชื้อราในแต่ละ subgenus มีดังนี้

1. พวกที่เป็น Ectoparasitic; มีเพียง genus เดียวคือ

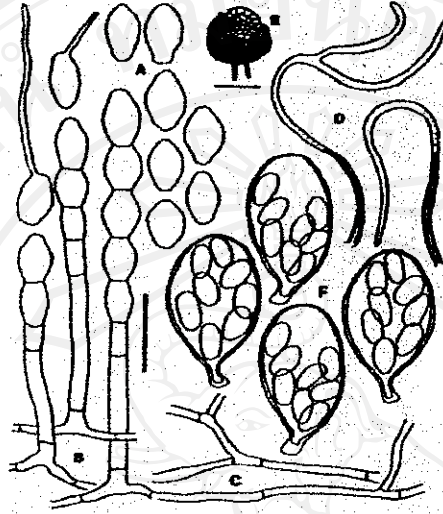
1.1 Genus *Oidium*; ประกอบด้วยเชื้อราใน subgenus ต่าง ๆ รวม 9 subgenera ดังนี้

1.1.1 Subgenus *Pseudoidium* สร้าง conidia แบบ single type (สร้าง 1 conidia ต่อวัน) ภายใน
 conidia ไม่มี fibrosin body เมื่อ conidia งามจะสร้าง germ tube แบบ polygoni type ที่เส้นใยพบ
 appressorium แบบ lobe เชื้อราแบ่งในกลุ่มนี้มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Erysiphe*
 (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 *Erysiphe polygoni* A: conidia, B: conidiophore, C: hypha และ appressorium,
 D: ascoma, E: appendage, F: asci และ ascospore, scale bar = 100 μ m สำหรับทุกโครงสร้าง
 ในภาพนี้ (ที่มา Braun, 1995)

1.1.2 Subgenus *Setoidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในมี fibrosin body สร้าง aerial hypha ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ indistinct หรือ nipple-shaped เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ pannosa type การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Cystotheca* (ภาพที่ 7)

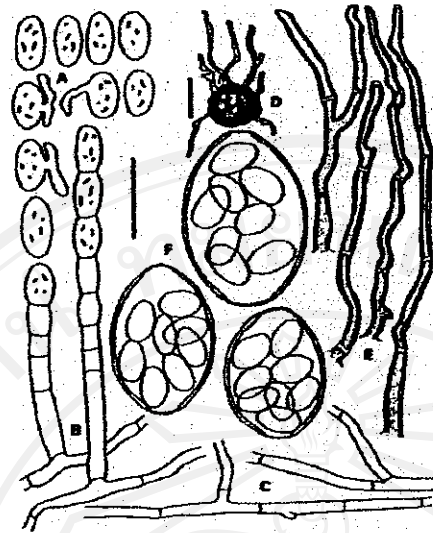


ภาพที่ 7 *Cystotheca lanestrus* A: conidia, B: conidiophore, C: hypha, D: secondary hypha, E: ascoma, F: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm สำหรับ โครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)

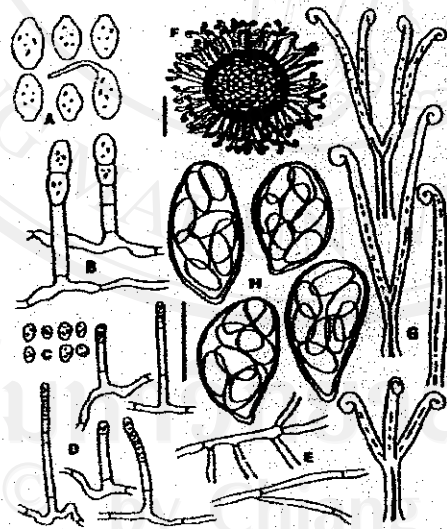
1.1.3 Subgenus *Fibrodidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในมี fibrosin body สร้าง conidia ชนิดเดียว ที่เส้นใยพบ appressoria แบบ indistinct หรือ nipple-shaped เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ fuliginea type หรือ pannosa type การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Podosphaera* (ภาพที่ 8)

1.1.4 Subgenus *Octagoidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในมี fibrosin body สร้าง conidia สองชนิด (micro conidia และ macro conidia) ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ indistinct เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ pannosa type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Sawadaea* (ภาพที่ 9)

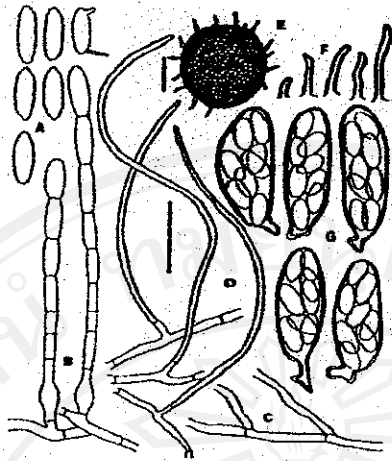
1.1.5 Subgenus *Oidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในไม่มี fibrosin body ก้านชูสปอร์ มีลักษณะ โป่งพอง ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ indistinct เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ cichoracearum type ราวในกลุ่มนี้พบเป็นสาเหตุของโรคราแป้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Blumeria* (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 8 *Podosphaera (Sphaerotheca) fusca* A: conidia, B: conidiophore, C: hypha และ appressorium, D: ascoma, E: appendage, F: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



ภาพที่ 9 *Sawadaea bicornis* (\equiv *Sawadaea negundinis*) A: macro conidia, B: macro conidiophore, C: micro conidia, D: micro conidiophore, E: hyphae, F: ascoma, G: appendage, H: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



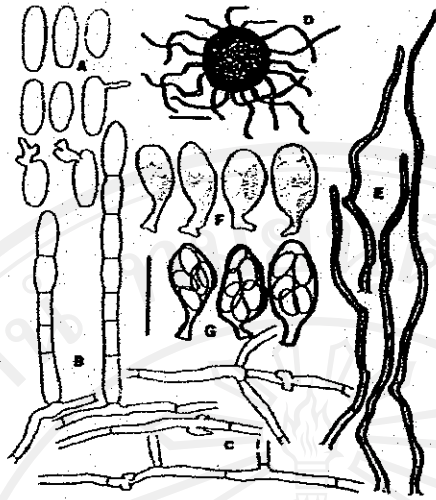
ภาพที่ 10 *Blumeria graminis* A: conidia, B: conidiophore, C: primary hypha, D: thick-walled secondary hypha, E: ascoma, F: appendage, G: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm . สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)

1.1.6 Subgenus *Striatoidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในไม่มี fibrosin body ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ lobe หรือ multilobed เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ polygoni type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Neoerysiphe* (ภาพที่ 11)

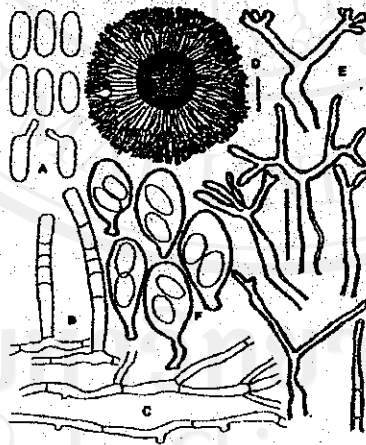
1.1.7 Subgenus *Graciloidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในไม่มี fibrosin body ลักษณะก้านชูสปอร์ มีลักษณะที่แยกกันไม่ออกระหว่าง conidia กับเซลล์ที่สร้าง conidia (conidium initials) คือมีขนาดใกล้เคียงกัน หรือเท่า ๆ กัน (ไม่พบลักษณะหยักที่รอยต่อระหว่าง conidia) ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ nipple-shaped เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ cichoracearum type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Arthrocladiella* (ภาพที่ 12)

1.1.8 Subgenus *Reticuloidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ลักษณะของสายโซ่มีขอบด้านข้างเป็นแบบ sinuate-edge (ไม่หยักเป็นคลื่นขดแหลม) ภายใน conidia ไม่มี fibrosin body ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ indistinct เมื่อ conidia งอกสร้าง germ-tube แบบ cichoracearum type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Golovinomyces* (ภาพที่ 13)

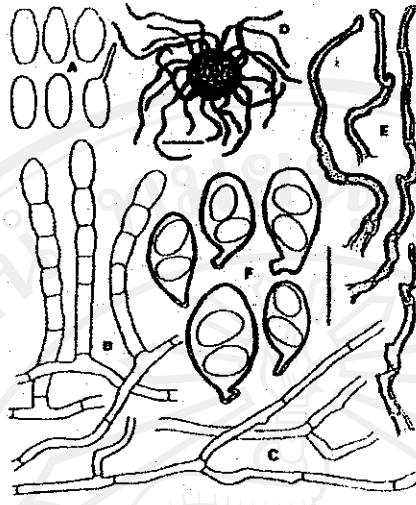
1.1.9 Subgenus *Microidium* สร้าง conidia ต่อกันเป็นสายโซ่ ภายในไม่มี fibrosin body แต่พบลักษณะเป็นหยดน้ำมัน (oil-drop liked inclusion body) ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ indistinct หรือ nipple-shaped หรือ lobed-shaped เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ microidium type ยังไม่พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (ภาพที่ 14)



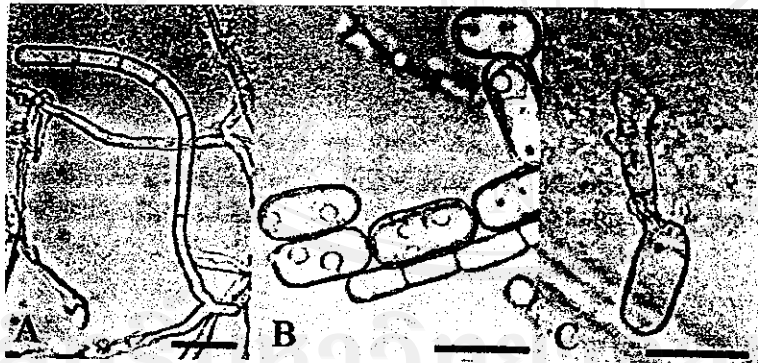
ภาพที่ 11 *Neoerysiphe galeopsidis* (\equiv *Erysiphe galeopsidis*) A: conidia, B: conidiophore, C: hypha และ appressorium, D: ascoma, E: appendage, F: immature asci, G: mature asci และ ascospore, scale bar = 100 μ m สำหรับ ascoma และ 50 μ m สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



ภาพที่ 12 *Arthrocladiella mougeotii* A: conidia, B: conidiophore, C: hypha และ appressorium, D: ascoma, E: appendage, F: asci และ ascospore, scale bar = 100 μ m สำหรับ ascoma และ 50 μ m สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



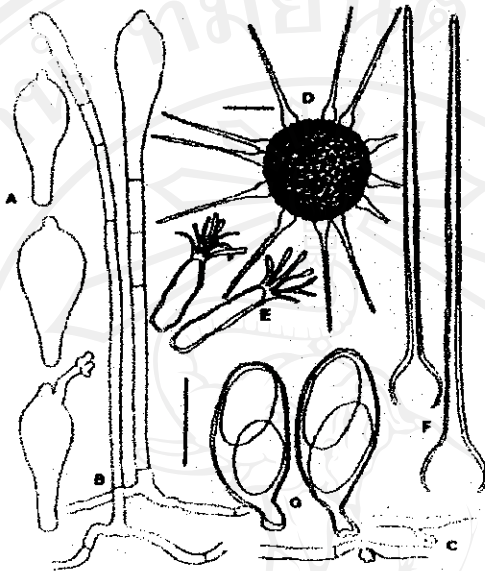
ภาพที่ 13 *Golovinomyces cichoracearum* (\equiv *Erysiphe cichoracearum*) A: conidia, B: conidiophore, C: hypha และ appressoria, D: ascoma, E: appendage, F: asci และ ascospores, scale bar = 100 μ m สำหรับ ascoma และ 50 μ m สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



ภาพที่ 14 *Oidium* (Subgenus *Microoidium*) *phyllanthi* A: ลักษณะก้าน conidiophore ที่ส่วนฐานบวมเป็นเกลียว B: conidia ที่มี oil-drop like inclusion body อยู่ภายใน C: ลักษณะของ germ tube ที่เป็นแบบ microoidium type, scale bar = 20 μ m (ที่มา Braun, 1995)

2. พวกที่เป็น Endophytic; ประกอบด้วยเชื้อรา 3 genera ดังนี้

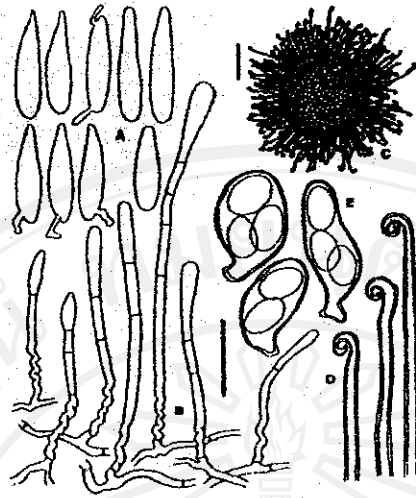
2.1 *Ovalariopsis* สร้าง conidia ชนิดเดี่ยวแบบ single type ก้านชูสปอร์มีกำเนิดมาจากเส้นใยที่อยู่ภายนอก มีลักษณะพอมยาว ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ lobe เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ polygoni type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Phyllactinia* (ภาพที่ 15)



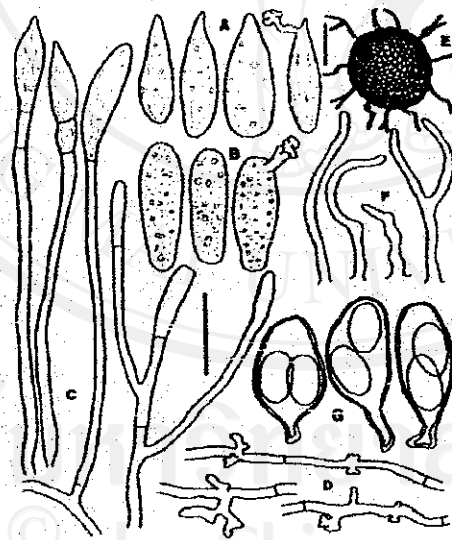
ภาพที่ 15 *Phyllactinia kakicola* A: conidia, B: conidiophore, C: hyphae และ appressorium, D: ascoma, E: penicillate cells, F: appendage, G: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)

2.2 *Streptopodium* สร้าง conidia สองชนิดแบบ single-type ก้านชูสปอร์มีกำเนิดมาจากเส้นใยที่อยู่ภายนอก มีลักษณะพอมยาว ที่ฐานมีลักษณะบิดเป็นเกลียว ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ lobed เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ polygoni type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Pleochaeta* (ภาพที่ 16)

2.3 *Oidiopsis* สร้าง conidia สองชนิดแบบ single type ก้านชูสปอร์มีกำเนิดมาจากเส้นใยที่อยู่ภายใน โดยสร้างยื่นออกมาทางปากใบ ส่วนน้อยสร้างจากเส้นใยที่อยู่ภายนอก ก้านชูสปอร์มีลักษณะพอมยาว ที่ฐานไม่มีลักษณะบิดเป็นเกลียว ที่เส้นใยพบ appressorium แบบ lobe เมื่อ conidia งอกสร้าง germ tube แบบ polygoni type พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจัดอยู่ใน genus *Leveillula* (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 16 *Pleochaeta shiraiana* A: conidia, B: conidiophore, C: ascoma, D: appendage, E: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm สำหรับ ascoma และ 50 μm สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)



ภาพที่ 17 *Leveillula taurica* A: primary conidia, B: secondary conidia, C: conidiophore, D: hypha และ appressorium, E: ascoma, F: appendage, G: asci และ ascospore, scale bar = 100 μm และ 50 μm สำหรับโครงสร้างอื่นๆ (ที่มา Braun, 1995)

การศึกษาลักษณะของ conidia โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM

รูปแบบ (pattern) ของผิวของ conidia ของเชื้อราแ่งที่สำรวจ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM เริ่มมีรายงานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1970 และ 1980 แต่เป็นเพียงการศึกษาเพียงไม่กี่ genus เช่นใน genus *Blumeria* (Plumb and Turner, 1972) และ *Leveillula* Hammett (1977) ได้ศึกษาเชื้อราแ่งในนิวซีแลนด์และแบ่งรูปแบบของเชื้อราแ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเรียบ (smooth) แบบหนาม (spiny) และแบบขน (hairy) Gorter and Eicker (1985) รายงานลักษณะผิวที่มีลักษณะเป็นเส้นนูนฐานเป็นร่างแหของ conidia ของเชื้อรา *Oidium bauhiniae* เป็นต้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในเวลาต่อมาว่ารูปแบบของผนังเชื้อราแ่งที่ศึกษาโดยกล้อง SEM นี้จะแตกต่างกันไปในเชื้อราแต่ละชนิดอย่างไรก็ตามรูปแบบต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ ต่อการจัดจำแนกได้เลยหากไม่ศึกษาเชื้อราแ่งพร้อมกันทุก genus ด้วยเหตุนี้ Cook *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาเชื้อราแ่งในทุก genus

Cook *et al.* (1997) ได้ศึกษาลักษณะของ conidia ภายใต้อุปกรณ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM จำแนกรูปแบบพื้นผิวของ septa (end walls ที่แยก conidia จาก conidiophore หรือ conidia อื่นๆ) พบว่ามี 4 ลักษณะซึ่งต้องใช้กำลังขยายสูง 7-12000 เท่า และพบลักษณะ outer wall บน septa ซึ่งสามารถสังเกตได้จากกำลังขยายที่ต่ำกว่า แบ่งออกเป็น (1) fully turgid conidia 7 ลักษณะ (2) wrinkle conidia 9 ลักษณะ

รูปแบบของ septa

1. **Annular:** ลักษณะเป็นวงเรียบมีปุ่มเล็กน้อย นูนขึ้นมาจากพื้นผิว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 μm (ปุ่มมีขนาด 0-25 μm) พบ septa ลักษณะนี้กับ *Blumeria* (ภาพที่ 18B) บริเวณตรงกลางเป็นจุดที่ติดกับ conidia ถัดไป และมีรูตรงกลาง (Plumb and Turner, 1972)

2. **Smooth to moderately verrucose :** ปลาย conidia ลักษณะคล้ายเป็นขี้วัว พบได้ทั้ง *Leveillula* *Phyllactinia* ซึ่ง *Leveillula* จะเป็นรูป dome-shaped basal septa บางครั้งอาจพบ 2-3 ปุ่ม (ภาพที่ 19B) แตกต่างกับลักษณะที่เป็น verrucose apical septa พอประมาณ (ภาพที่ 27B) ส่วนตารางที่ 1 สรุปรูปแบบของผนัง conidia ของเชื้อราแ่งที่สำรวจภายใต้อุปกรณ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM ส่วน *Phyllactinia* จะมีปุ่มมากกว่า และบิดเป็นเกลียว (helix) บริเวณที่เป็นฐาน septum มีปุ่มเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 19C และ 19F) ส่วน *Pleochaeta* จะมีปุ่มอยู่บริเวณขอบนอกของวงอย่างหนาแน่น (ภาพที่ 27D) septa มีลักษณะแบบ ear-like (ภาพที่ 19D) stellate หรือ flang-like (ภาพที่ 27B) อยู่ตรงศูนย์กลางบริเวณปลาย conidia

3. Whorl: ลักษณะของ septa เป็นสันนูนซ้อนกัน (ขนาด 0-2 μm) กระจายรอบๆ ศูนย์กลาง คล้ายเนวรัศมี พบใน *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (ภาพที่ 20B) และ macroconidia ของ *Sawadaea* (ภาพที่ 21B) คล้ายลักษณะที่ปรากฏบน *Cystotheca* แต่ไม่ชัดเจนในตัวอย่างแห้ง

4. Fibrillar: ลักษณะเป็นท่อนต่อกันหรือเป็นช่องสลับไปมา (ขนาด 0-1 μm) ปรากฏบน septa ของ *Arthrocladiella* (ภาพที่ 22B) และทั้ง 3 section ของ *Erysiphe* คือ section *Golovinomyces* (ภาพที่ 23B และ 23D) section *Galeopsidis* และ section *Erysiphe* (ภาพที่ 26F) *Microsphaera* (ภาพที่ 26D) และ *Uncinula* (ภาพที่ 26B) บางครั้งมีการเรียงตัวที่มากกว่าหรือน้อยกว่า โดยเฉพาะ *Erysiphe* section *Galeopsidis* (ภาพที่ 24B และ 25B) ตรงจุดศูนย์กลางจะมีลักษณะของ papillae ขนาด 0-4 μm เรียงตัวกระจายเห็นจุดศูนย์กลางต่ำลงไป มีรูของ septa เป็นลักษณะที่เรียกว่า fibrillar pattern (ภาพที่ 23D และ 26D) บางครั้งพบว่าปุ่มเรียงตัวกันเป็นแนวยาว (ภาพที่ 23D) มีขนาด 1-3×0-5 μm อยู่บริเวณริมของ septa พบใน *Golovinomyces* และ *Arthrocladiella* (ภาพที่ 22B)

รูปแบบของ outer wall

1. Turgid conidia

1.1 Echinulate เป็น conidia ที่มีหนามขนาดเล็ก ประมาณ 0-5 μm กระจายในระดับเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ พบใน *Blumeria* (ภาพที่ 18A)

1.2 Verrucose (3 แบบ) มีปุ่มกลมครึ่งซีก ขนาด 0-5 μm เป็นลักษณะ conidia ของ *Leveillula*, *Phyllactinia* และ *Pleochaeta* ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีเอกลักษณ์เฉพาะ ดังเช่น genus *Leveillula* ปุ่มเกิดขึ้นเดี่ยวๆ เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 19A) *Phyllactinia* outer wall เป็นเกลียวชัดเจน (ภาพที่ 19C) และแบบที่เป็นฐานแน่นทึบ (ภาพที่ 19C และ 19E)

1.3 Very smooth (2 แบบ) ผิว conidia เรียบมาก พบใน genus *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (ภาพที่ 20A) และ *Cystotheca* แต่เค็มผิว conidia ที่เรียบจะพบใน *Arthrocladiella* (ภาพที่ 22A) ต่อมา มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดย่นตามแนวยาว

1.4 Dendritic มีลักษณะเป็น vein-like หรือ dendritic เป็นแนวยาว พบบน macroconidia ของ *Sawadaea* (ภาพที่ 21A) ส่วน microconidia มีลักษณะผิวเรียบ

1.5 Roughcast ลักษณะของ conidia หยาบคล้ายปูน พบใน *Erysiphe* section *Golovinomyces* (ภาพที่ 23A และ 23C)

1.6 Striate มีลักษณะเป็นเส้นตามแนวยาวบางๆ (ภาพที่ 24A) พบใน *Erysiphe galeopsidis* เป็น 1 ใน 3 สปีชีส์ ที่รวม *Erysiphe* section *Galeopsidis* (Braun, 1995) ส่วนใหญ่จะพบมีเกล็ดเล็กๆ

ขึ้นห่างๆกัน (ภาพที่ 25A) ลักษณะเช่นนี้ยังพบใน taxa อื่นๆ เช่น *Erysiphe galii* บนพืช *Galium aparine*, และ *Oidium* spp. บนพืช *Acanthus mollis* และ *Joborosa integrifolia*

1.7 Rugose ผิว conidia หยาบเป็นเกล็ดหรือเป็นเส้นใยตามแนวยาว (ภาพที่ 26A) บางครั้งจะไม่เป็นเกล็ด (ภาพที่ 26C) หรือเกิดกระจุกกระจาย (ภาพที่ 26E) เป็นลักษณะที่พบใน *Pseudoidium* ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* section *Erysiphe* และ *Microsphaera* จะมองเห็นชัดเจนด้วยกำลังขยายสูง โดยเฉพาะที่ขอบของ septa จะซ้อนทับกัน (overlapped) เช่น แบบที่เป็นเกล็ด (ภาพที่ 26F) หรือ เป็นเส้นใย (ภาพที่ 26B) เห็นเป็นรอยย่นตามแนวยาว แต่จะไม่มีควมสม่ำเสมอของเส้นชัดเจนเหมือน *Erysiphe galeopsidis*

2. wrinkle conidia

แม้ว่าตัวอย่างที่ศึกษาจะเป็นตัวอย่างสด ลักษณะของ outer wall ของ conidia อาจมีลักษณะย่นได้ ซึ่งแบ่งออกได้ 9 ลักษณะ และลักษณะในวงเล็บจะเป็นลักษณะที่คล้ายกับ รูปแบบของ turgid conidia

2.1 Minutely polygonal (ex' echinulate') conidia ในระยะ anamorph ของ *Blumeria* เกิดขึ้นเป็นระเบียบ (ภาพที่ 27A)

2.2 Angular (ex' verrucose') เป็นช่องสลับไปมา พบใน genus *Leveillula*, *Phyllactinia* และ *Pleochaeta* (ภาพที่ 27B, 27C และ 27D)

2.3 Sinuous, random หรือ transverse (ex' very smooth') ลักษณะ conidia ใน anamorph ของ *Podosphaera* และ *Sphaerotheca* มีลักษณะย่น คดเคี้ยว อยู่กระจุกกระจาย (ภาพที่ 28A) แต่มีลักษณะเป็นร่างแห (ภาพที่ 28B) หรือ นุ่ม (ภาพที่ 28C) อยู่อย่างหนาแน่น พบได้ใน genus *Cystotheca wrightii* (ภาพที่ 28D) ส่วน genus *Cystotheca* มีลักษณะเป็นขนอย่างชัดเจน (Braun, 1987)

2.4 Sinuous, weakly dendritic (ex' very smooth) พบได้ในระยะ anamorph ของ genus *Arthrocladiella* มีลักษณะเรียบ ยาว กว้าง และมีความคดเคี้ยว (ภาพที่ 28F)

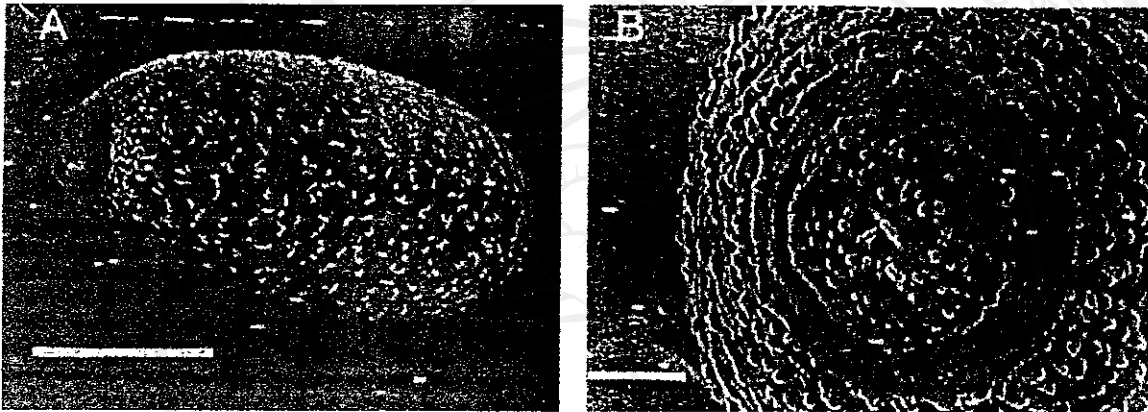
2.5 Sinuous serpentine (ex' dendritic) พบได้ในระยะ anamorph ของ *Sawadaea* ลักษณะการย่น และคดเคี้ยวคล้ายกับที่กล่าวมา แต่ขนาดจะกว้างกว่า ยาว และคดเคี้ยวเหมือนงู (ภาพที่ 28E)

2.6 Polygonal, reticulate (ex' roughcast) พบได้ในระยะ anamorph ของ *Erysiphya* section *Golovinomyces* พันแปรจากลักษณะที่สลับไปมา (ภาพที่ 29A) มีความลึกและอัดตัวกันแน่นของรอยย่นที่เป็นแบบร่างแห (ภาพที่ 29B) หรือมีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง (ภาพที่ 29C)

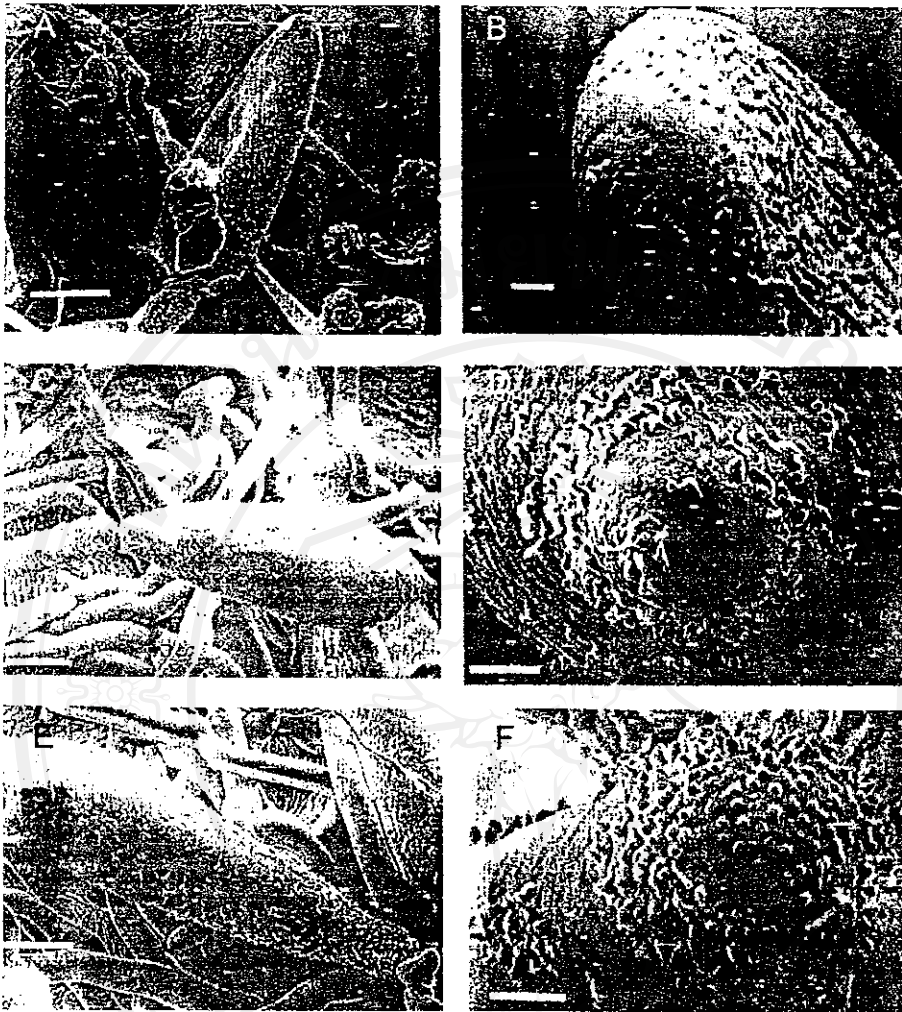
2.7 Linear (ex' striate') ลักษณะเป็นเส้น พบได้จาก conidia ของ *Erysiphya galii* และ *Erysiphya galeopsidis* สามารถมองเห็นได้จาก conidia สด (ภาพที่ 30A)

2.8 Fluted ลักษณะเป็นร่องยาวคล้ายแบบ linear แต่จะย่นและถี่กว่า พบได้ใน *Uncinula* subgenus *Uncinuliella* บน *Lagerstroemia* (จาก herbarium) (ภาพที่ 31A) ลักษณะย่นคล้ายกับ *Erysiphy galeopsidis* แต่ conidia เป็นรูปทรงกระบอก

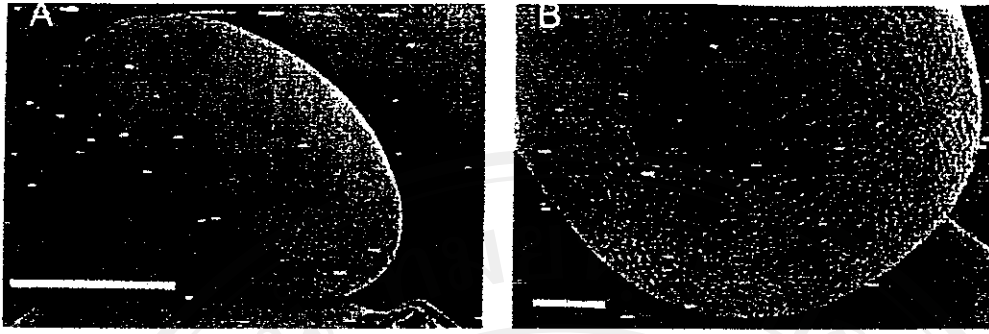
2.9 Angular/ rectangular (ex' rugose) เป็นลักษณะที่พบบน pseudoidium ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* section *Erysiphe* และ *Microsphaera* และเป็นมุมย่นที่ชัดเจน (ภาพที่ 31B และ 31C) และเกือบเป็นรูปสี่เหลี่ยมบน conidia แบบ doliform ของ *Microsphaera alphitoides* (ภาพที่ 31D)



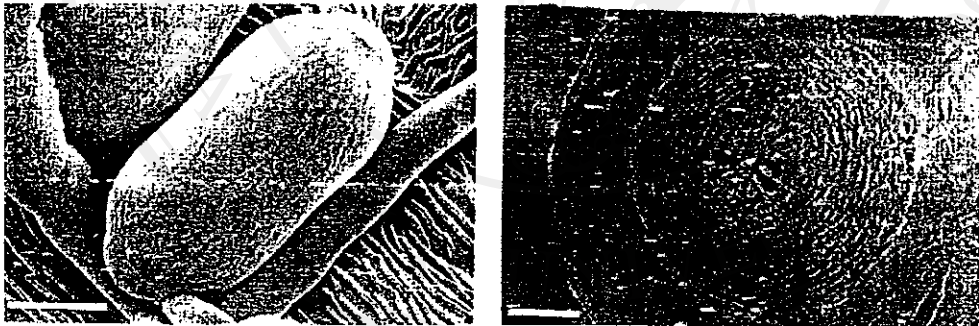
ภาพที่ 18 ลักษณะ turgid conidia ของราแป้ง genus *Oidium* เป็นระยะ anamorph ของ *Blumeria graminis* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A : ลักษณะ outer wall แบบ echinulate มีหนามเล็กๆ ขึ้นมา (scale bar = 10 μm), B : ลักษณะ septa แบบ annular ผิวเรียบ รอบๆ มีปุ่มยื่นออกมา (scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



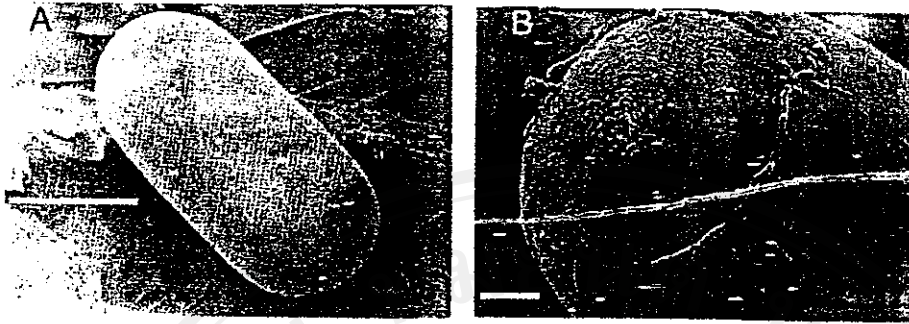
ภาพที่ 19 ลักษณะ turgid conidia มี outer wall แบบ verrucose และ septa แบบ smooth จนถึง verrucose ใน Tribe *Phyllactinieae* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ของ *Leveillula taurica* ที่มีปุ่มอยู่กระจัดกระจาย, B: *Leveillula taurica* septa บริเวณฐานเป็นแบบ smooth และมีปุ่มขึ้นกระจายตัวเล็กน้อย, C: ลักษณะของ outer wall ที่มีปุ่มขึ้นเป็นกลุ่มในลักษณะบิดเป็นเกลียว ไปยังส่วนฐานพบได้จาก conidium ที่เจริญเต็มที่, D: ลักษณะ septa แบบ verrucose มีปุ่มเกาะกันเป็นเกลียวรอบๆ ปลายที่เรียบของ conidia บริเวณจุดศูนย์กลาง มีลักษณะแบบ ear-like ขึ้นออกมา, E: outer wall ที่มีปุ่มอยู่กระจายตัวสม่ำเสมอ, F: basal septum แบบ verrucose ที่มีปุ่มเกาะกันเป็นเกลียวรอบๆ จุดศูนย์กลาง (ภาพที่ 19A, 19C และ 19E, scale bar = 10 μm และภาพที่ 19B, 19D และ 19F, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



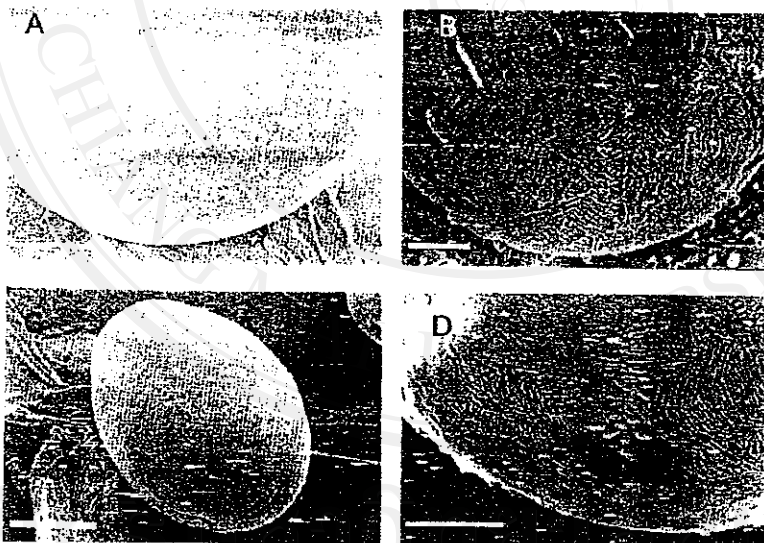
ภาพที่ 20 ลักษณะของ turgid conidia แบบผนัง outer wall เรียบมาก และ septa แบบ whorl พบในราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Fibroidium* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ของ *Podosphaera tridactyla* ที่มีลักษณะเรียบ, B: septa ของ *Sphaerotheca lini* ลักษณะแบบ whorl อยู่ในบริเวณ central pore (ภาพที่ 20A, scale bar = 10 μm และ ภาพที่ 20B, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



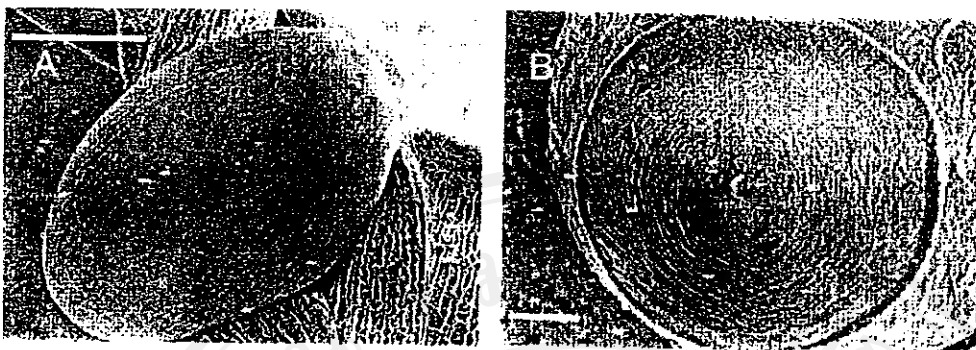
ภาพที่ 21 ลักษณะผิว conidia ของราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Octagoidium* ระยะ anamorph ของ *Sawadaea bicornis* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall แบบ dendritic มีเส้นแบบ vein-like ขึ้นเป็นเส้นบน conidia, B: septa แบบ whorl อยู่รอบปลาย conidia (ภาพที่ 21A, scale bar = 10 μm และ ภาพที่ 21B, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



ภาพที่ 22 ลักษณะ turgid conidia มี outer wall แบบ smooth และ septa แบบ fibrillar ของราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Graciloidium* ระยะ anamorph ของ *Arthrocladiella mougeotii* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ที่เป็นแบบเรียบ ในส่วนที่ conidia ขยับตัวลง จะเกิดรอยย่นแบบ sinuous , B: ลักษณะ septa แบบ fibrillar สลับไปมา ส่วนขอบของปลาย conidia เป็นลักษณะ fibre-like (ภาพที่ 22A, scale bar = 10 μm และ ภาพที่ 22B, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



ภาพที่ 23 ลักษณะ outer wall แบบ roughcast และ septa แบบ fibrillar ของราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Reticuloidium* ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ผิวขรุขระ ของ *Erysiphe cichoracearum*, B: septa แบบ fibrillar ของ *Erysiphe sordida*, C: outer wall ผิวขรุขระพอประมาณ ของ *Erysiphe cynoglossi*, D: septa แบบ fibrillar ของ *Oidium orontii* บริเวณตรงกลาง มีปุ่มยื่นออกมา (ภาพที่ 23A และ 23C, scale bar = 10 μm และภาพที่ 23B และ 23D, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)

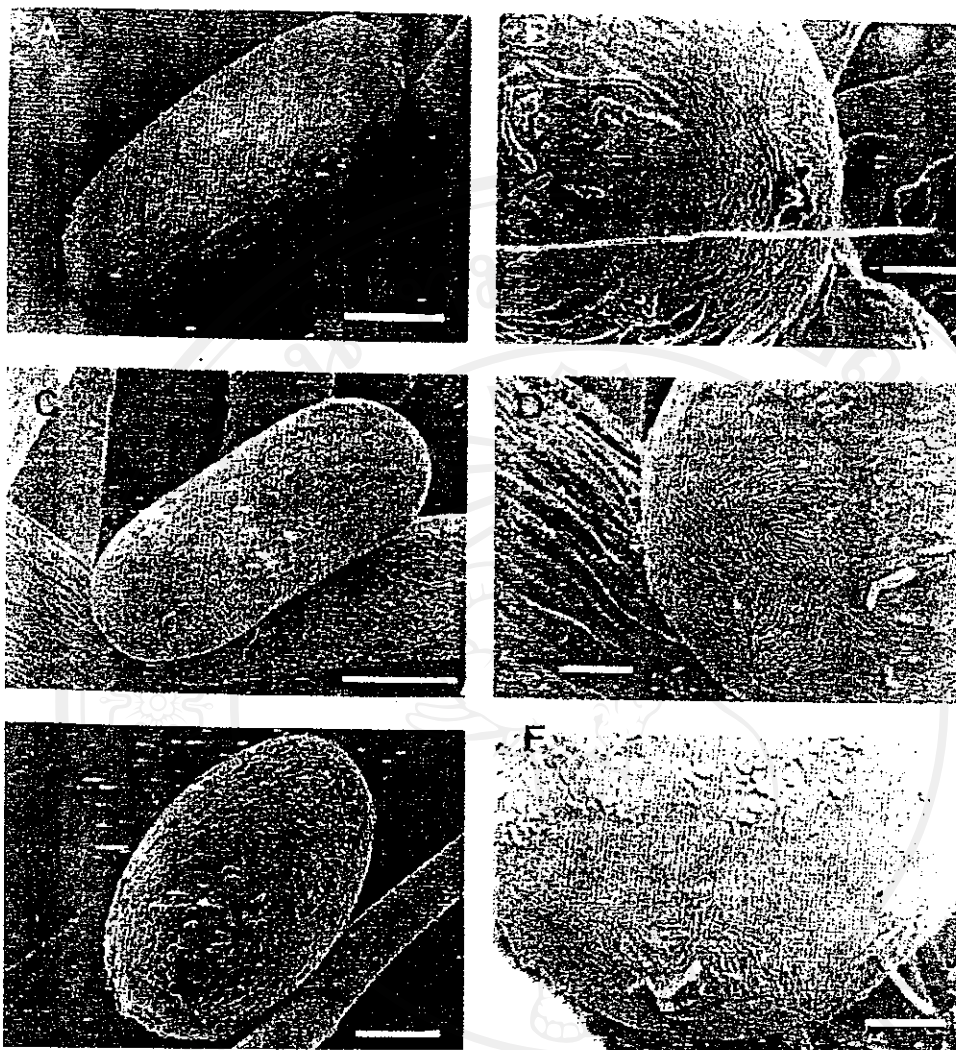


ภาพที่ 24 ลักษณะ turgid conidia มี outer wall แบบ striate และมี septa แบบ fibrillar พบในราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Striatoidium* ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ของ *Erysiphe galeopsidis* ที่เป็นเส้นในแนวยาวของ conidia , B: septa แบบ fibrillar มีขอบชัดเจน ตรงกลางมีส่วนที่ยื่นออกมาเรียกว่า ear-like lobe (ภาพที่ 24A, scale bar = 10 μm และ ภาพที่ 24B, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)

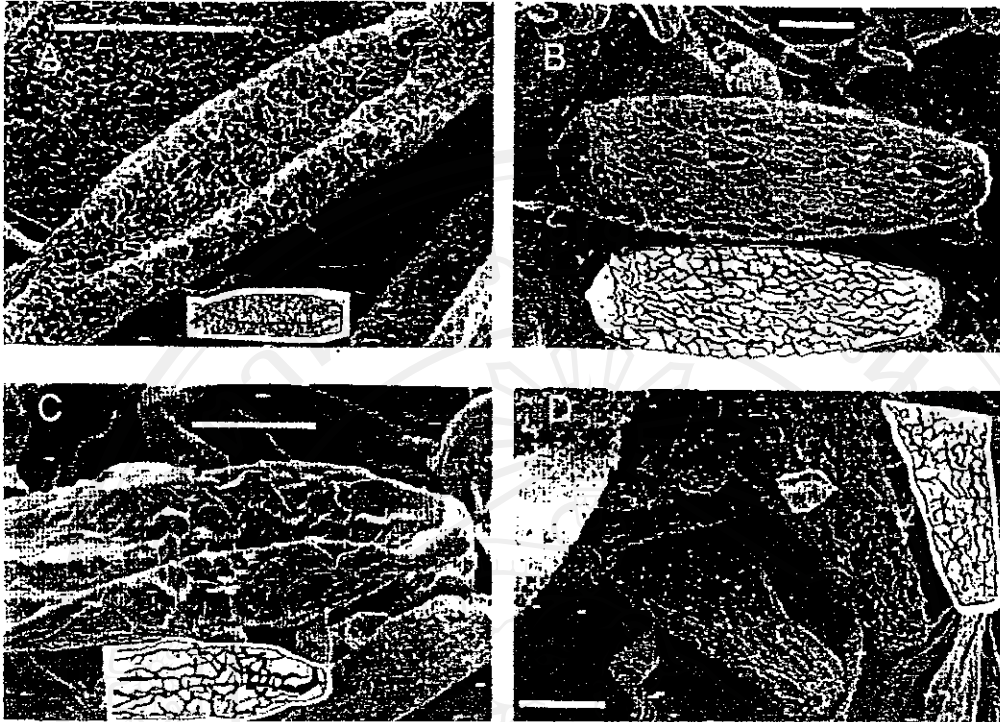


ภาพที่ 25 ลักษณะ turgid conidia ของ *Erysiphe galeopsidis* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM A: ลักษณะ outer wall ที่เป็นเส้นสร้างขึ้นไม่สม่ำเสมอ คล้ายกับรอยขีด, B: ลักษณะ septa แบบ fibrillar มีขอบ และบริเวณตรงกลางยกขึ้นมา (ภาพที่ 25A, scale bar = 10 μm และภาพที่ 25B, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)

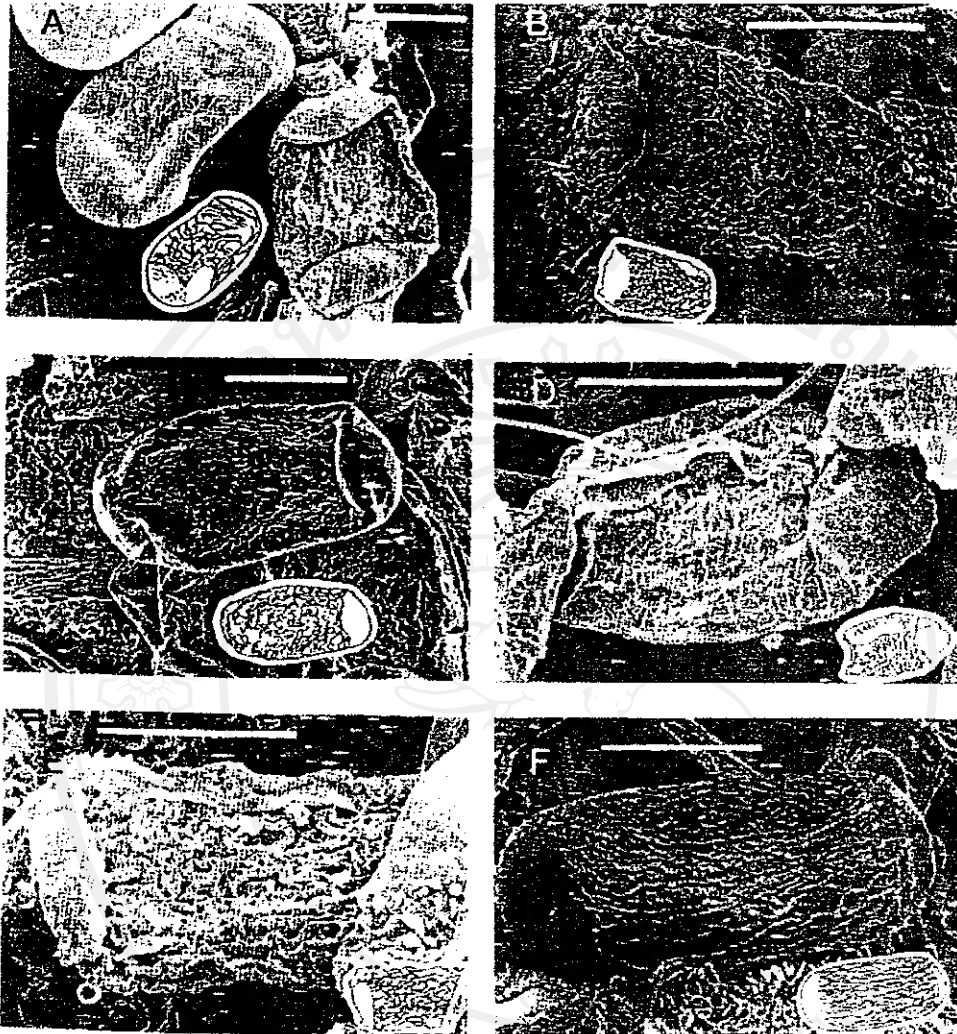
All rights reserved



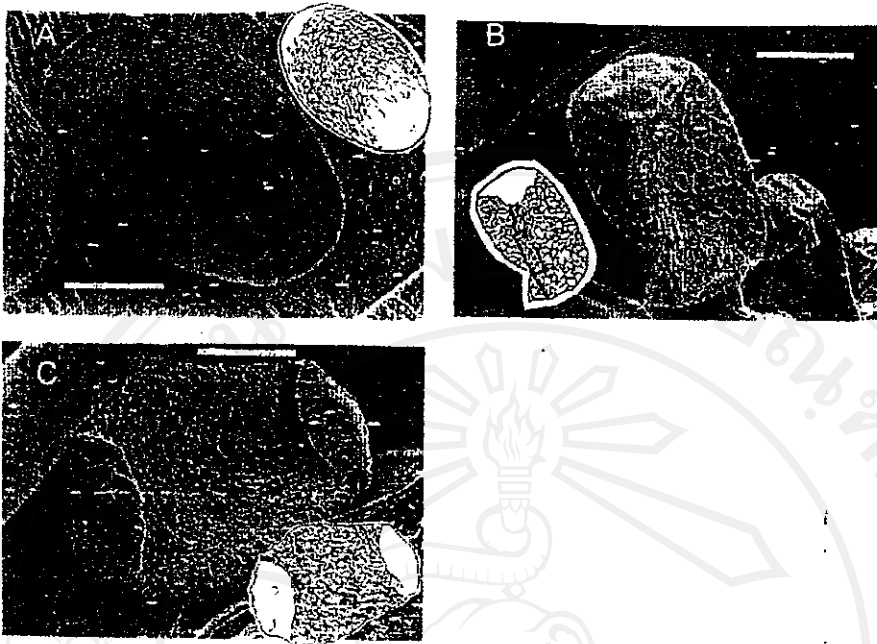
ภาพที่ 26 ลักษณะ turgid conidia ที่มี outer wall แบบ rugose และมี septa แบบ fibrillar ของราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Pseudoidium* ที่เป็นระยะ anamorph ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: outer wall ที่เป็นเกล็ด หรือเป็นเส้นใย ของ *Uncinular necator*, B: *Uncinular adunca* มี septa เป็นแบบ fibrillar และมี papillae ยื่นออกมา 4 อัน outer wall มีลักษณะเป็นเส้นไม่เป็นระเบียบ, C: outer wall ของ *Microshaera berberidis* เป็นเกล็ด หรือเส้นแข็ง ไม่เป็นเกลียว D: septa แบบ fibrillar ของ *Microsphaera berberidis* มี papillae ยื่นออกมา 3 อัน, E: ผิวของ outer wall ขรุขระและมีเกล็ดกระจายของ *Microsphaera platani*, F: *Erysiphe cruciferarum* มี septa แบบ fibrillar และมี ear-like lobe รอบ central pore ผิว outer wall มีลักษณะเป็นเกล็ด (ภาพที่ 26A, 26C และ 26E, scale bar = 10 μm และภาพที่ 26B, 26D และ 26F, scale bar = 2 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



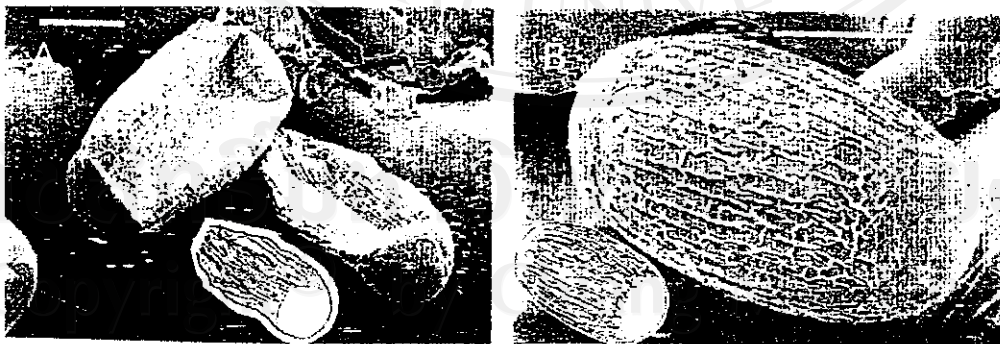
ภาพที่ 27 ลักษณะการย่นของผิว conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: conidia ย่นแบบ minutely polygonal ของ *Oidium* subgenus *Oidium* ระยะ anamorph ของ *Blumeria graminis*, B: wrinkle conidia ของ *Levillula taurica* ทางขวาของ conidia เป็น septa แบบ verrucose ทางซ้าย เป็นแบบ flange-like septa, C: wrinkle conidia ของ *Phyllactinia guttata*, D: wrinkle conidia ของ *Pleochaeta shiraiana* มีปุ่มเกิดขึ้นตรงส่วนปลาย (scale bar = 10 μm ที่มา Cook *et al.*, 1997)



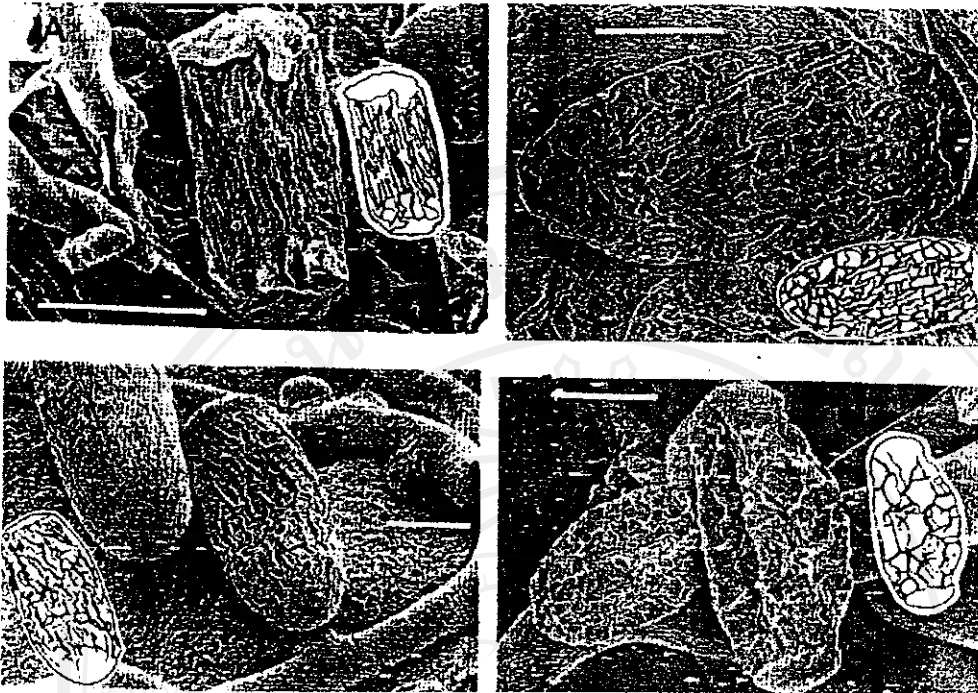
ภาพที่ 28 ลักษณะการย่นของผิว conidia แบบ sinuous ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: *Podosphaera clandestine* ย่นเพียงเล็กน้อยและกระจายตัวบนส่วน conidia ที่ยวบตัว, B: *Sphaerotheca fuliginea* ย่นแบบเป็นร่างแหอย่างชัดเจน, C: *Sphaerotheca euphorbiae* ลักษณะการย่นแบบ wart-like บน conidia ที่ยวบตัว, D: *Cystotheca wrightii* ย่นเพียงเล็กน้อยกลับไปมาบน conidia ระยะ anamorph คือ *Setoidium* ที่ยวบตัว, E: *Sawadaea bicornis* รอยย่นกว้าง คดเคี้ยวตามแนวยาว ในระยะ anamorph คือ *Octagoidium*, F: *Arthrocladiella mougeotii* ย่นตามแนวยาว เส้นไม่คดเคี้ยวมาก ในระยะ anamorph คือ *Graciloidium* (scale bar = 10 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



ภาพที่ 29 ลักษณะการย่นของผิว conidia แบบ polygonal reticulate พบใน *Oidium* subgenus *Reticuloidium* ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: *Erysiphe cichoracearum* ลักษณะการย่นบน turgid conidia, B: *Erysiphe cynoglossi* ลักษณะย่นแบบอัดตัวกันแน่นบน conidia ที่ยวบตัว, C: *Erysiphe depressa* ลักษณะย่นแบบรวงผึ้ง บน conidia ที่ยวบตัว (scale bar = 10 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



ภาพที่ 30 ลักษณะการย่นของผิว conidia แบบ linear ของราแป้ง *Oidium* subgenus *Striatoidium* ระยะ anamorph ของ *Erysiphe* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: *Erysiphe galeopsidis* ลักษณะย่นเป็นเส้นยาวบน conidia ที่ยวบตัว, B: *Erysiphe galii* ลักษณะการย่นจะเป็นมุม บน turgid conidia (scale bar = 10 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)



ภาพที่ 31 ลักษณะการย่นของ conidia ของราแป้ง *Oidium* subgenus *Pseudoidium* (ที่เป็นระยะ anamorph) ภายใต้อุปกรณ์จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM, A: conidia ของ *Uncinula australiana* รอยย่นมีลักษณะลึกและกว้างจากตัวอย่าง herbarium, B: *Erysiphe cruciferarum* ในภาพ conidia มีการย่นตัวลง, C: conidia ของ *Microsphaera lonicerarum* ย่นบางส่วน, D: conidia ของ *Microsphaera alphitoides* ที่ย่นตัว ลักษณะรอยย่นจะกว้างและเป็นช่องสี่เหลี่ยม (scale bar = 10 μm , ที่มา Cook *et al.*, 1997)

จากที่กล่าวมา Cook *et al.* (1997) ได้สรุปข้อแตกต่างของผิว conidia ของเชื้อราแป้งไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปรูปแบบของผนัง conidia ของเชื้อราแม่ที่สำรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM (Cook *et al.*, 1997)

Powdery mildew taxon: Tribe, anamorph (telemorph)	End wall patterns	Outer wall patterns	
		conidia: turgid	wrinkle
Tribe Blumerieae			
<i>Oidium</i> subgen. <i>Oidium</i> (<i>Blumeria</i>)	annular	echinulate	minutely polygonal
Tribe Phyllactinieae			
<i>Oidiopsis</i> (<i>Leveillula</i>)	smooth or verrucose	verrucose, warts single	angular
<i>Ovulariopsis</i> (<i>Phyllactinia</i>)	smooth or verrucose at basal end wall	verrucose, wart in discrete groups, groups scattered or in a helix, denser towards base	angular
<i>Streptopodium</i> (<i>Pleochaeta</i>)	smooth	verrucose, warts single, but in a helix, denser towards end walls	angular
Tribe Cystotheceae			
<i>O.</i> subgen. <i>Setoidium</i> (<i>Cystotheca</i>) and <i>Fibroidium</i> (<i>Podosphaera</i>) (incl. sections <i>Podosphaera</i> and <i>Sphaerotheca</i>)	whorl whorled	smooth dendritic	sinuous, random or transverse sinuous,
<i>O.</i> subgen. <i>Octagoidium</i> (<i>Sawadaea</i>)			serpentine
Tribe Golovinomyceteae			
<i>O.</i> subgen. <i>Graciloidium</i> (<i>Arthrocladiella</i>)	fibrillar	smooth	polygonal/ reticulate

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Powdery mildew taxon: Tribe, anamorph (telemorph)	End wall patterns	Outer wall patterns	
		Conidia: turgid	Wrinkle
<i>O.</i> subgen. <i>Reticuloidium</i> (<i>Golovinomyces</i>)	fibrillar	roughcast	sinuous, weakly dendritic
Tribe Golovinomyceteae			
<i>O.</i> subgen. <i>Striatoidium</i> (<i>Neoerysiphe</i>)	fibrillar	striate	linear
Tribe Erysipheae			
<i>O.</i> subgen. <i>Pseudoidium</i> (<i>Erysiphe</i>) (incl. sections <i>Erysiphe</i> , <i>Microsphaera</i> , <i>Uncimula</i>)	fibrillar	rugose	angular/rectangular
Atypical pseudoidium (<i>Erysiphe australiana</i>)	fibrillar	fluted	pleated

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะต่าง ๆ ที่สำรวจโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM นี้ ช่วยสนับสนุนลักษณะต่าง ๆ ที่ตรวจพบได้โดยกล้องจุลทรรศน์แบบ LM และยังสามารถเชื่อมโยงกับผลการศึกษาทางอนุชีววิทยา ด้าน DNA analysis อีกด้วย ด้วยเหตุนี้ Cook *et al.* (1997) และ To-amun *et al.* (2002) จึงได้เสนอการจัดจำแนกเชื้อราแบ่งในระยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (anamorphic state) ได้ดังนี้ (ตารางที่ 2)

All rights reserved

ตารางที่ 2 สรุปการจัดจำแนกเชื้อราแบ่งตามลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Cook *et al.*, 1997; To-anun *et al.*, 2002)

Family	Genus	Subgenus	Teleomorph
Moniliaceae (Erysiphaceae)	1. <i>Ovulariopsis</i>	-	<i>Phyllactinia</i>
	2. <i>Streptopodium</i>	-	<i>Pleochaeta</i>
	3. <i>Oidiopsis</i>	-	<i>Leveillula</i>
		<i>Pseudoidium</i>	<i>Erysiphe</i>
		<i>Sertoidium</i>	<i>Cystotheca</i>
		<i>Fibroidium</i>	<i>Podosphaera</i>
		<i>Octagoidium</i>	<i>Sawadaea</i>
	4. <i>Oidium</i>	<i>Oidium</i>	<i>Blumeria</i>
		<i>Striatoidium</i>	<i>Neoerysiphe</i>
		<i>Graciloidium</i>	<i>Arthrocladiella</i>
		<i>Reticuloidium</i>	<i>Golovinomyces</i>
		<i>Microidium</i>	Unknown

สำหรับลักษณะของเชื้อราในแต่ละ genus และ subgenus สามารถสรุปเป็น key (ชัยวัฒน์, 2549) ได้ดังนี้

Anamorphic key to genera and subgenera of the Erysiphaceae

1. Mycelium endophytic as well as ectophytic, produced both internal and external mycelium 2.
- 1' Mycelium ectophytic, conidiophores arise from the epiphytic mycelium, the fungi belongs to the hyphomycetes genus *Oidium*, Subgenus 4.
2. Producing only one type of conidia, conidiophores arising from external mycelium, long and slender composed of several cells, conidia formed singly, very seldom short chains, large, clavate to angular-rhombiform, germ tubes polygoni type, teleomorphic state belongs to *Phyllactinia*
- genus *Ovulariopsis*.
- 2' Producing two types of conidia (dimorphic), primary and secondary conidia 3.

3. Conidiophore arising from the external mycelium, foot cell spirally twisted, conidia formed singly, primary conidia \pm lanceolate to ovoid-lanceolate, secondary conidia \pm clavate, ovoid-ellipsoid to subcylindric, apex obtuse (-truncate), germ tube polygoni type, teleomorphic state belongs to *Pleochaeta* Genus *Streptodium*.
- 3' Conidiophore arising from the internal mycelium through the stomata, rarely from the external mycelium, simple, foot-cells straight, primary conidia and secondary conidia variable in shape but usually not clavate, germ tube polygoni type, teleomorphic state belongs to *Leveillula* genus *Oidiopsis*.
4. Conidia singly, produced one at a time without fibrosin body, germ tube polygoni type, teleomorphic state belongs to *Erysiphe* Subgenus *Pseudoidium*.
- 4' Conidia in chains 5.
5. Conidia with fibrosin body 6.
- 5' Conidia without fibrosin body 8.
6. Mycelium with distinct aerial hyphae (hairs), appressoria indistinct or nipple-shaped, germ tube Pannosa type, teleomorphic state belongs to *Cystotheca* Subgenus *Setoidium*.
- 6' Mycelium without distinct aerial hypha (hairs) 7.
7. Produced one type of conidia, appressorium indistinct or nipple-shaped, germ tube fuliginea type or pannosa type, teleomorphic state belongs to *Podosphaera* Subgenus *Fibroidium*.
- 7' Produced two types of conidia, germ tubes Pannosa-type, teleomorphic state belongs to *Sawadaea* Subgenus *Octagoidium*.
8. Conidia small (ca. 20 x 9.6 μ m) with oil-drop like inclusion bodies, germ tubes Microidium-typed Subgenus *Microidium*.
- 8' Conidia large, without oil-drop liked inclusion body. 9.
9. Conidiophore bulbose swellings in the basal part, germ tube cichoracearum type, teleomorphic state belongs to *Blumeria* Subgenus *Oidium*.
- 9' Conidiophore erect, cylindric, simple 10
10. Appressoria well developed, lobed to multilobed, germ tube polygoni type, teleomorphic state belongs to *Neoerysiphe* Subgenus *Striatoidium*.
- 10' Appressoria indistinct or nipple-shaped or slightly lobed 11.

11. Conidium initials and conidia hardly separable, the width of immature conidia on conidiophore only slightly broader than the conidia, germ tube cichoracearum type, teleomorphic state belongs to *Arthrocladiella* Subgenus *Graciloidium*.
- 11' Conidia wider than conidium initials, with sinuate edge, germ tube cichoracearum type, teleomorphic state belongs to *Golovinomyces* Subgenus *Reticuloidium*.

การจัดจำแนกเชื้อราแป้งในปัจจุบัน

การจัดจำแนกชนิดของเชื้อราแป้ง โดยอาศัยลักษณะพื้นฐานวิทยาของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ หรือการใช้เทคนิคด้านชีวโมเลกุลมาช่วยในการจัดจำแนกมีดังต่อไปนี้

Jones *et al.* (2001) ศึกษาเชื้อราแป้ง *Oidium neolycopersici* ที่เข้าทำลายมะเขือเทศที่ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM ศึกษาลักษณะพื้นฐานของราแป้งชนิดนี้ พบว่า conidia มีรูปร่างแบบ ellipsoid ขนาด $22-46 \times 10-20 \mu\text{m}$ ไม่มี fibrosin body สร้าง germ tube อันเดียวออกมาจาก conidia ปลาย germ tube เป็นตุ่มคล้ายตะขอสำหรับแทงเส้นใยเข้าไปทำลายพืช

Babu *et al.* (2002) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเชื้อราแป้ง *Phyllactinia corylea* โดยเปรียบเทียบระหว่างใบหม่อน 4 สายพันธุ์ พันธุ์อ่อนแอ คือ Kanva 2 (K2) และ Victory 1 (V1) กับพันธุ์ต้านทาน *Morus laevigata* และ *M. serrata* ซึ่งใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM ตรวจสอบลักษณะผิวใบ พบว่าพันธุ์อ่อนแอต่อเชื้อราแป้งจะมีใบเรียบ ไม่เป็นคลื่นหรือเป็นเพียงเล็กน้อย ปากใบอยู่สูงหรืออยู่ในระดับเดียวกับ epidermal cell ทำให้เชื้อราแป้งแทงเส้นใยเข้าไปในปากใบได้ง่ายกว่าหม่อนที่เป็นพันธุ์ต้านทาน

Takamatsu *et al.* (2002) ศึกษาการระบาดของราแป้ง genus *Oidium* subgenus *Pseudoidium* ที่เกิดกับถั่วเหลือง (*Glycine max*) โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ลำดับเบส 14 sequences ของ rDNA (ITS) จากตัวอย่างถั่วเหลือง 13 พันธุ์ และพันธุ์ป่า (*Glycine soja*) ที่ได้จากญี่ปุ่น เกาหลี เวียดนาม และอเมริกา เมื่อรวมกันแล้วได้ 47 sequence มีราแป้ง 2 ชนิดที่มีความแตกต่างจาก ITS sequence 16% ตรวจสอบลักษณะของ ascoma โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM พบว่าเป็น *Erysiphe glycine* บนพืช *Amphicarpaea* อีกชนิดเป็น *Erysiphe diffusa* (\equiv *Microsphaera diffusa*) ซึ่งจะไม่พบระยะ perfect stage

Miller *et al.* (2003) ศึกษาการงอก conidia ของเชื้อราแป้ง *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* ที่ปลูกเชื้อลงบนใบสตรอเบอรี่ ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง $4-36^{\circ}\text{C}$ ความชื้น 32-100%

พบว่า conidia มีการงอก germ tube ภายใน 6 ชั่วโมง และใช้เวลานานที่สุด 48 ชั่วโมง ในอุณหภูมิที่เหมาะสม 20 °C วัดขนาดแผลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากคอมพิวเตอร์ ที่อุณหภูมิ 25 °C เกิดแผลขนาดใหญ่มากที่สุด ดังนั้นการเกิดแผลที่ใบเกิดขึ้นได้ในช่วงอุณหภูมิ 22-27 °C และช่วยพยากรณ์การเกิดโรคราแป้งได้จากอุณหภูมิและความชื้นก่อนมีการระบาดได้

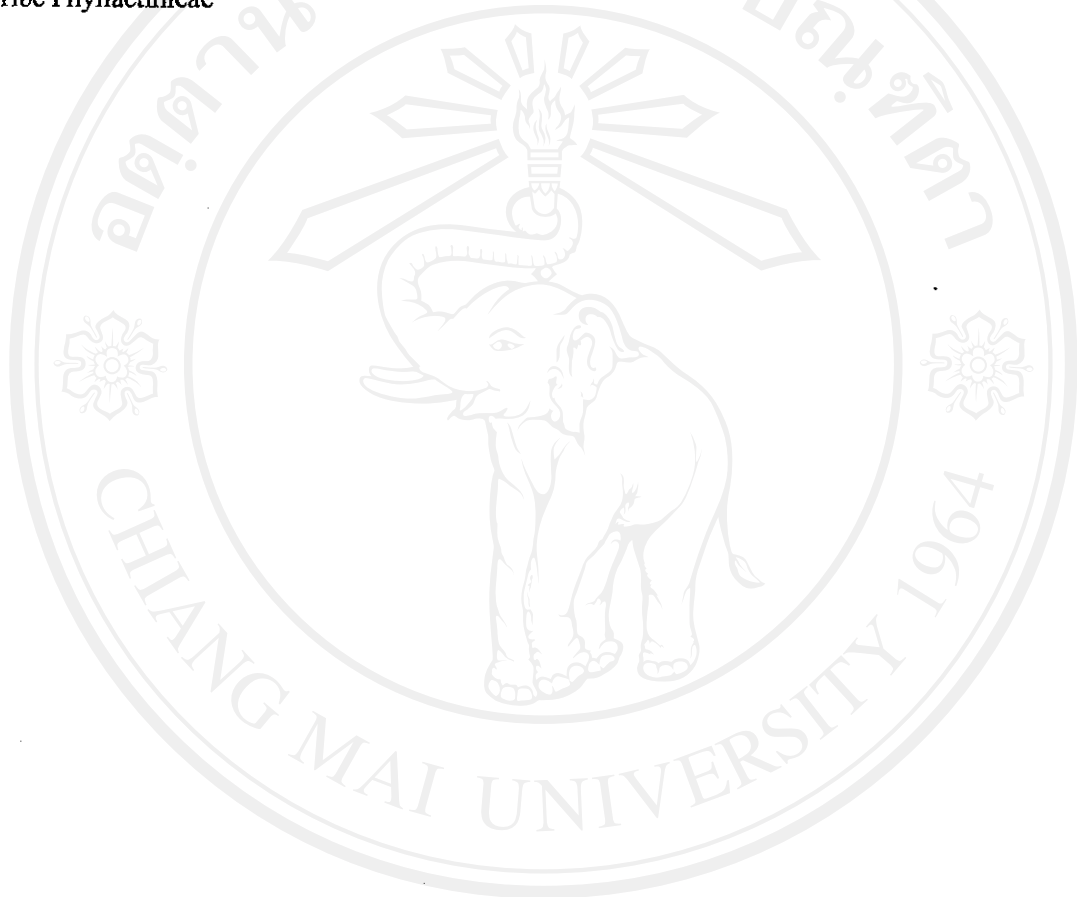
Nischwitz and Newcombe (2003) ได้รายงานการพบราแป้ง *Microsphaera palczewskii* ในพืช Siberian pea tree (*Caragana arborescens*) ในอเมริกาเหนือเป็นครั้งแรกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ SEM ตรวจสอบลักษณะสัณฐานในระยะของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยเปรียบเทียบกับราแป้ง *Microsphaera* ของพืชชนิดเดียวกันที่พบในสวีเดน ยุโรป และเอเชีย พบว่ามีความแตกต่างจากแหล่งอื่นตรงส่วน appendage จะมีปลายที่แตกแขนงแบบ dichotomously branch หลายๆครั้ง คล้ายกิ่งไม้ ซึ่ง *Microsphaera* ที่พบส่วนใหญ่แตกแขนงที่ปลาย appendage เพียง 1-2 ครั้งเท่านั้น

Oichi *et al.* (2004) รายงานเป็นครั้งแรกถึงกระบวนการเจริญของ conidiophore เชื้อราแป้ง *Oidium neolycopersici* KTP-01 บนใบมะเขือเทศ โดยใช้เครื่องมือ high-fidelity digital microscope พบว่า conidiophore จะเจริญขึ้นมาภายใน 3 วัน หลังจากปลูกลงในพืชอาศัย และใช้เวลา 12 ชั่วโมง เจริญยาวขึ้นมากที่สุด ต่อมาส่วนปลายจะเกิดขึ้นมา 2 เซลล์ คือ primary และ secondary conidia ส่วนที่อยู่บนสุดเป็น conidia ที่แก่ ก้าน conidiophore แบ่งตัวเป็น generative และ foot cell ซึ่งข้อมูลนี้เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเชื้อราที่เป็น epiphytic plant pathogen

Walcan (2004) พบเชื้อรา *Podosphaera balsaminae* เป็นครั้งแรกในประเทศอาร์เจนตินา และสหรัฐอเมริกา เป็นสาเหตุของโรคราแป้งในพืช *Impatiens balsamina* และ *Impatiens × hawkeri* ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เชื้อราแป้งมีการสร้าง appressorium แบบ indistinct ส่วน conidia สร้างแบบ chain type มีผนังเรียบ รูปร่างกลม มี fibrosin bodies ภายใน conidia เมื่อใช้ข้อมูลทางสัณฐานวิทยาร่วมกับการวิเคราะห์ทางอณูวิทยา ปรากฏว่าเชื้อราแป้งที่พบในพืชทั้ง 2 ชนิด คือเชื้อรา *P. balsaminae*

Takamatsu *et al.* (2005) ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ลำดับเบส 18S, 5.8S และ 28S rDNA sequence ของเชื้อรา *Uncinula septata* ซึ่งจัดอยู่ใน Order Erysiphales ร่วมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ SEM ศึกษาลักษณะสัณฐาน แม้ว่าลำดับเบสส่วนใหญ่จะอยู่ใน order Erysiphales cluster แต่มีความแตกต่างกันมากกับ pseudoidium clade (*Erysiphe emend.* รวมทั้ง *Microsphaera* และ *Uncinula*) ทั้งลักษณะสัณฐานของราแป้ง *Uncinula septata* ก็มีความแตกต่างจาก *Erysiphe* sect. *Uncinula* (\equiv *Uncinula*) คือมี terminal, pluriseptate ascoma appendage, curved ascospore และไม่ปรากฏระยะ anamorphs จึงเสนอให้แยกเป็น genus ใหม่ คือ *Parauncinula*

สำหรับในประเทศไทย วนิดดา (2548) ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อราแป้ง Tribe Phyllactiniaceae ในพืช 15 ชนิด พบว่ามี 13 ชนิด ที่พบว่าเป็นรายงานครั้งแรกในประเทศไทย และในจำนวน 13 ชนิด มี 2 ชนิดที่พบครั้งแรกในโลก คือ อินทนิลบก *Lagerstroemia macrocarpa* L. var. *macrocarpa* และอินทนิลน้ำ *Lagerstroemia speciosa* L. Pers. var. *speciosa* โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพร้อมกับวิเคราะห์ลำดับเบสของ rDNA ตำแหน่ง ITS และ 28S เพื่อยืนยันผลการจัดกลุ่มราแป้งใน Tribe Phyllactiniaceae



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved