บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราดินเลน (Mangrove Soil Fungi Biodiversity)

Ito (1997) ศึกษาเชื้อราบริเวณป่าชายเลน จัดเป็นเชื้อราชั้นสูงที่มีวงจรชีวิตสมบูรณ์ ภายใต้สภาวะที่มีความเค็ม คือสามารถเจริญเติบโตสร้างเส้นใยและสืบพันธุ์ได้ ภายใต้สภาวะที่มีความเค็มเรียกว่าเชื้อราทะเล (Marine Fungi) เชื้อราทะเลเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถพิเศษโดดเด่น เนื่องจากลักษณะพิเศษ ขององค์ประกอบของเซลล์บางประการที่ไม่พบในเชื้อรากลุ่มอื่นๆ จากการวิจัยพบว่า เชื้อราทะเล มีโครงสร้างของแวคิวโอล (vacuole) ที่พิเศษกว่าเชื้อรากลุ่มอื่น ทั้งยังมีการสังเคราะห์กลีเซอรอล (glycerol) ขึ้นเพื่อให้สามารถขนย้ายสารประกอบไอออนต่างๆ เข้าออกจากเซลล์ได้อย่างสมดุลทำให้เจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง นอกจากนี้ยังมีการสร้างสารโพลิออลในไซโทพลาซึมของเซลล์ เพื่อป้องกันเอนไซม์ถูกทำลายในสภาวะความเค็มสูงๆ ด้วยเชื้อราทะเลมีความใกล้ชิดทางสายสัมพันธ์กับเชื้อราชนิดต่างๆที่อาศัยอยู่บนบก สมมติฐานที่ยืนยันได้ด้วยข้อมูลทางพันธุกรรมว่าเชื้อราทะเล อาจจะมีบรรพบุรุษร่วมกับเชื้อราบนบก และเมื่อเวลาผ่านไป เชื้อราทะเลก็ค่อยๆปรับตัวและวิวัฒนาการลงสู่ทะเล ในเวลาต่อมา จึงพบเชื้อราทะเลได้ทั่วไป บนวัสดุธรรมชาติชนิดต่างๆ เช่น ซากกิ่งไม้ ฝัก และเมล็ดพืช ใบไม้ รากไม้ผุๆ บนสาหร่ายทะเล หญ้าทะเลหรือแม้กระทั่งบนเม็ดทรายเล็กๆที่อยู่ ในบริเวณริมชายฝั่งทะเล ป่าชายเลน และบริเวณปากอ่าว เป็นต้น เชื้อราทะเลประกอบด้วย เชื้อรากลุ่ม Ascomycota, Basidiomycota ที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และเชื้อรากลุ่มที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Anamorphic fungi)โดยพบเชื้อรา Ascomycota มากที่สุด 81 เปอร์เซนต์ของเชื้อราทะเลชั้นสูงทั้งหมด เชื้อรา Ascomycota ส่วนใหญ่มีสปอร์รูปร่างแปลกตาสวยงาม มีรยางค์หรือเมือกหุ้มรอบตัว เชื้อราทะเลมีความสำคัญโดยตรง ในระบบนิเวศทางทะเลจัดเป็นผู้ย่อยสลายซากอินทรีย์สารตัวสำคัญ เนื่องจากมีความสามารถในการย่อยเซลลูโลส ลิกนิน และ ลิกโนเซลลูโลสได้ หากไม่มีเชื้อราทะเลกลุ่มนี้ วัสดุทางธรรมชาติที่อยู่ในทะเลก็คงไม่มีการย่อยสลายไป เชื้อราทะเลช่วยควบคุมความสมดุลธรรมชาติในห่วงโซ่อาหาร เพื่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆจะได้ใช้ประโยชน์จากซากอินทรีย์ สารที่ได้จากการย่อยสลายนั้นๆต่อไป (Ito, 1997)

Kohlmeyer (1984) ศึกษาเชื้อราทะเลเริ่มต้นขึ้นมากกว่า 50 ปีแล้ว โดยนักวิจัยชาวตะวันตก งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นด้าน อนุกรมวิธาน สรีรวิทยา นิเวศวิทยา และการค้นหาโครงสร้างเคมี และ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพใหม่ๆ รายงานรายชื่อเชื้อราทะเลทั่วโลก พบเชื้อราทะเลอยู่ประมาณ 550 ชนิด หรืออาจมีถึง 1,000 ชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุธรรมชาติ ซึ่งเชื้อราเหล่านี้ใช้เป็นที่อยู่อาศัยของการศึกษา เชื้อราทะเลในประเทศไทยแต่ช่วง 3-4 ปีที่ผ่านมา จึงมีการศึกษาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งก็ทำให้ทราบว่า เชื้อราทะเลในประเทศไทยมีอยู่กว่า 160 ชนิด โดยมีสายพันธุ์เชื้อราทะเลบริสุทธิ์ที่เก็บรักษาไว้ที่ห้องปฏิบัติการการเก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (Biotec) แล้วประมาณ 1,400 สายพันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อรากลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้อย่างดีในสิ่งแวดล้อมทางทะเล ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพอย่างต่อเนื่อง และทนทานต่อปัจจัยจำกัดทางกายภาพและชีวภาพได้ในช่วงที่กว้าง จึงทำให้พบเชื้อราทะเลจำนวนมาก ดังเห็นได้จากการศึกษาของนักวิชาการ ดังนี้

Fell *et.al* (1980) เกาะฮาวาย (Kohlmeyer, 1969) มาเลเซีย (Kuthubutheen, 1984) เมืองโอกินาวา ญี่ปุ่น (Ito and Nakagiri, 1997) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพชนิดเชื้อรา เฉพาะบนซากพืชบริเวณป่าชายเลนรัฐฟลอริดาตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา พบเชื้อราดินเลนคล้ายๆกับเชื้อราดินเลนที่พบในประเทศไทย ได้แก่ Subdivision Zygomycotina และ Deuteromycotina

อนิวรรต และ ธีรวัฒน์ (2533) : Hyde *et al.* (1990) ศึกษาเกี่ยวกับชนิดเชื้อราน้ำเค็มท่วมถึงบนเศษซากบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนอง พบเชื้อรา Subdivision Zygomycotina และ Deuteromycotina เป็นส่วนใหญ่

โสภนา (2544) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราดินเลน บริเวณจังหวัดระนอง พบเชื้อราดินเลนทั้งหมด 101 ชนิด จัดอยู่ใน Subdivision Zygomycotina และ Deuteromycotina เป็นส่วนใหญ่

วัชรินทร์ (2545) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราดินเลนบริเวณจังหวัดระนอง โดยเก็บตัวอย่างดิน น้ำ ใบไม้ กิ่งไม้ ที่จุดเก็บตัวอย่างต่างกัน 5 จุด ซึ่งพบราที่ กิ่งไม้ ใบไม้ ดินและน้ำมากไปน้อยตามลำดับ ซึ่งจากการแยกเชื้อราด้วยวิธี serial dilution plate พบเชื้อราจำนวน 92 ชนิด จัดอยู่ในกลุ่ม Zygomycetes เช่น *Mucor* sp. *Rhizopus* sp. กลุ่ม Ascomycetes เช่น *Ascotricha guamensis* และกลุ่ม Deuteromycetes ซึ่งพบเชื้อราในกลุ่มนี้มากที่สุด เช่น *Aspergillus* sp. *Trichoderma* sp.

Sukhan K. (2001) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราดินเลน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบเชื้อราดินเลน 49 ชนิด จัดอยู่ใน Subdivision Zygomycotina และ Subdivision Deuteromycotina แต่ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่จัดอยู่ใน Subdivision Deuteromycotina ได้แก่ A*spergillus, Trochoderma, Penicillium*

สุกาญจน์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเชื้อราบนฝักโกงกางใบเล็กและแสมขาวและการฟื้นฟูต้นโกงกางใบเล็กและแสมขาว บริเวณป่าชายเลน ตำบลบางหญ้าแพรก จังหวัดสมุทรสาคร พบเชื้อรา 31 ชนิด เช่น *Aspergillus, Trichoderma, Penicillium* เป็นต้น

2.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าและการฟื้นฟูป่าชายเลน

ศรินทร์(2536) ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของต้นอ่อนไม้ป่าชายเลน 3 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง จังหวัดสมุทรสาคร ระยะห่าง 1X1 ตารางเมตร พบว่าการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของต้นอ่อนไม้ป่าชายเลนโกงกางใบเล็ก บริเวณนากุ้งร้าง มีค่า 66.67 และ 45.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากดินเลน บริเวณนากุ้งร้างมีปริมาณไนเตรต 0.039-0.355 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งน้อยกว่าป่าธรรมชาติ(8.36-27.11ส่วนในล้านส่วน) แต่ฟอสเฟตและแคลเซียมสูงกว่าป่าธรรมชาติมีค่า 1.53-7.9ส่วนในล้านส่วน โปรแตสเซียมมีค่าใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 710.72-1746.07 ส่วนในล้านส่วน

วสันต์ (2540) ศึกษาอัตราการรอดของโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ที่ตำบลตำมะลัง อำเภอเมือง จังหวัดสตูล ที่ระยะปลูก 0.5 x 0.5 และ 1.0 x 1.0 เมตร พบว่ามีอัตราการรอด 96 เปอร์เซ็นต์ และ 94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สราวุทธ และคณะ (2540) ศึกษาอัตราการรอดของต้นกล้าโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) และโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) บริเวณป่าไม้กันตัง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ที่ระยะปลูก 0.5 x 0.8 เมตร พบว่าต้นกล้าดังกล่าวมีอัตราการรอด 70 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมธี และคณะ (2542) ศึกษาอัตราการรอดของโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) และแสมทะเล (*Avicennia marina*) ที่อ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี พบว่าต้นกล้ามีอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์

นพรัตน์ (2550) ศึกษาอัตราการรอดของต้นกล้าโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) หลังจากปลูกต้นกล้าไม้ในพื้นที่ที่ถูกทำลายจากการทำนากุ้ง นาเกลือ การทำเหมืองแร่ จังหวัดปัตตานี พบว่าต้นกล้าดังกล่าวมีอัตราการรอด มีค่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

อรวรรณ และคณะ (2550) ฟื้นฟูป่าชายเลนที่ถูกทำลายจากการทำนากุ้ง นาเกลือ การทำเหมืองแร่ โดยการปลูกต้นโกงกางใบเล็ก ต้นโกงกางใบใหญ่ ต้นแสมขาว ต้นแสมทะเล ต้นโปรง ต้นตาตุ่ม และอื่น ๆ ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าอัตราการรอดของต้นกล้าหลังจากปลูกต้นกล้าไม้ในพื้นที่ที่ถูกทำลายจากการทำนากุ้ง นาเกลือ การทำเหมืองแร่ มีค่าประมาณ 99-100 เปอร์เซ็นต์

ปตท. (2550) ฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณศูนย์ศึกษาการเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ตำบลปากน้ำปราณ อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าต้นกล้าโกงกางใบเล็กและแสม มีอัตราการรอดของต้นกล้าเท่ากับ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ในบางพื้นที่ฟื้นฟู

Frank (2005) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม้ที่ใส่เชื้อราปฏิปักษ์ *T. hazianum* พบว่าต้นกล้าไม้มีการเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาณราก เพิ่มความแข็งแรงและความทนทานให้แก่ระบบราก เพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุให้ต้นกล้าไม้ เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม และธาตุอื่น ๆ เพื่อช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง ช่วยย่อยสลายและดูดซับธาตุอาหารจาก หินแร่ที่สลายตัวยากให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพิ่มอายุระบบรากให้ยาวนานขึ้น ช่วยป้องกันโรคที่เกิดกับระบบรากของต้นกล้า ต้นกล้าไม้มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพพื้นที่แห้งแล้ง ทนทานต่อความเป็นพิษของดิน ทนทานต่อความเป็นกรด-ด่างของดิน ช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ช่วยเพิ่มพูนความเจริญเติบโตของต้นกล้า ประมาณ 1-7 เท่าจากอัตราปกติ ช่วยให้มีการย่อยสลายซากพืชและแร่ธาตุที่ไม่เป็นประโยชน์ให้กลายเป็นธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อต้นกล้าไม้ ช่วยส่งเสริมให้ระบบนิเวศมีความสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ พบว่าเชื้อราปฏิปักษ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 5.5 - 6.5 และอุณหภูมิระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียส

2.3 การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ในการฟื้นฟูพืช

วันทนีย์ (2547) ศึกษาการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ชนิดสดในการควบคุมโรคพืช สามารถใช้ได้ 7 วิธี ดังนี้

1. การผสมกับวัสดุปลูก ใช้สำหรับเพาะเมล็ดในกระบะหรือถุงเพาะ โดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์สดผสมปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:100 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นนำเชื้อราปฏิปักษ์สดผสมปุ๋ย

หมักหรือปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:100 โดยน้ำหนัก จำนวน 1 ส่วนผสมกับวัสดุปลูก 4 ส่วน โดยปริมาตร

2. การคลุกเมล็ด โดยนำเมล็ดพืชที่อาจมีเชื้อราสาเหตุโรคพืชติดกับเมล็ดคลุกกับเชื้อราปฏิปักษ์ อัตราส่วนเมล็ดพืช 1 กิโลกรัมต่อหัวเชื้อราปฏิปักษ์สด 10 กรัมหรือ 1 ช้อนแกง

3. การรองก้นหลุม สำหรับปลูกพืชที่อ่อนแอต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช โดยใส่เชื้อราปฏิปักษ์สด 30-60 กรัมต่อหลุมสำหรับต้นพืชที่มีขนาดเล็ก แต่ต้นพืชที่มีขนาดใหญ่ใส่เชื้อราปฏิปักษ์ 150-300 กรัมต่อหลุม

4. การหว่านลงดิน โดยผสมเชื้อราปฏิปักษ์สด 1 ส่วนต่อรำข้าวละเอียด 4 ส่วนต่อปุ๋ยหมัก 100 ส่วน โดยน้ำหนัก (หากรำข้าวแพงก็ไม่ต้องใช้รำข้าวก็ได้) นำส่วนผสมที่ได้ไปหว่านที่โคนต้น 30-60 กรัม สำหรับต้นพืชที่มีขนาดเล็ก แต่ต้นพืชที่มีขนาดใหญ่ใส่เชื้อราปฏิปักษ์ 150-300 กรัม

5. การฉีดพ่นน้ำสปอร์เชื้อราปฏิปักษ์ เป็นวิธีที่ง่าย และสะดวกต่อการใช้ โดยนำเชื้อราปฏิปักษ์สดหนัก 1 กิโลกรัม ใส่น้ำปริมาตร 200 ลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปฉีดพ่นลงดินหรือบริเวณรากพืช

6. การให้รวมกับระบบน้ำ โดยนำเชื้อราปฏิปักษ์สดหนัก 1 กิโลกรัม ใส่น้ำปริมาตร 200 ลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปฉีดพ่นกับระบบน้ำ ทำให้พืชป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคที่จะเกิดบริเวณรากพืชได้

7. การทาแผล โดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์สดนำหนัก 250 กรัมผสมกับฝุ่นแดง (ชนิดเดียวกับที่ทาหน้ายาง) ผสมน้ำ 1 ลิตร

สุกาญจน์ และคณะ (2553) ศึกษาการใช้เชื้อราปฏิปักษ์สด *Trichoderma viride* และ *T. hazianum* จากขี้เลื้อย โดยการผสมดินเลน 2 ส่วนต่อเชื้อราปฏิปักษ์ 1ส่วน เพื่อใช้สำหรับเพาะต้นกล้าไม้กางใบเล็ก (*R. apiculata*) พบว่าต้นกล้าไม้โกงกางใบเล็กสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่ากล้าไม้ต้นควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อราปฏิปักษ์ ประมาณ 2-3 เท่า และต้นกล้าไม้โกงกางบเล็กมีความทนทานต่อโรคใบจุด เนื่องจากเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ สาเหตุที่ต้นกล้าไม้เจริญเติบโตดีกว่าปกติ เนื่องจากเชื้อราปฏิปักษ์ Trichoderma หลั่งเอนไซม์ Peroxidase, Lacase และ Hemicellulase ได้ดีกว่าเชื้อราสกุล *Aspergillus* และ *Penicillium* ทำให้สามารถย่อยสลายสาร lignocelluloses เช่น cellulose

hemicelluloses และ xylan จากซากใบไม้ให้กลายเป็นน้ำตาลและธาตุอาหารหลัก เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม สำหรับเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม้ได้ดีกว่าปกติ

จิระเดช และวรรณวิไล (2542) ศึกษาพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* sp. มีคุณสมบัติเป็นเชื้อราปฏิปักษ์สูง สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ 3 ลักษณะ คือ การแก่งแย่งแข็งขันในการดำรงชีพกับเชื้อราสาเหตุโรคพืช (Competition) การเป็นปรสิต (Parasitism) และการสร้างสารปฏิชีวนะ (Antibiotic) โดยเชื้อราปฏิปักษ์สร้างเส้นใยเข้าพันรอบเส้นใยสาเหตุโรคพืช หลังจากนั้นเชื้อราปฏิปักษ์ผลิตเอนไซม์ ได้แก่ ไคติเนส เซลลูเลส กลูคาเนส และสารปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ ได้แก่ alkylpyrones, isonitriles, polyketides, peptaibols, steroids, diketopiperazines, sesquiterpenes, gliotoxin (gliovirin), b-n-pentyl pyrone, trichodermine, alamithicine และ thichotyiridin ออกมาย่อยสลายหรือทำลายผนังเส้นใยแทงผ่านเข้าสู่เส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้เชื้อราปฏิปักษ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้รับอาหารจากเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้ภายในเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชเกิดการตกตะกอนของ organelles และ cytoplasm ส่งผลให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชตายในที่สุด ได้แก่ เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma hazianum* สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Acremonium* sp., *Pythium* sp., *Phythothora* sp., *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium* sp., *Fusarium* sp., *Cylindocladium* sp. และ *Verticillium* sp.

จิระเดช และวรรณวิไล (2546) Howell (2003) ศึกษาเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* sp. สามารถชักนำให้พืชเกิดความต้านทาน (Induced resistance in plants) โดยฝังหรือฉีดเชื้อราปฏิปักษ์เข้าสู่ลำต้นหรือรากพืช เพื่อป้องกันโรค และทำให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานโรค เนื่องจากเชื้อราปฏิปักษ์ชักนำให้พืชสร้าง Fungitoxin และเอนไซม์ Chitinase และ Cellulose เพิ่มมากขึ้นบริเวณผิวด้านในผนังเซลล์ ทำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช (Howell, 2003)

Smith *et al.* (1990) Frank (2005) รายงานว่าโรค Crown rot และ Root rot ของแอปเปิ้ล มีเชื้อรา *Trichoderma* spp. และ *Gliocladium* spp. เป็น Biocontrol agent โดยสามารถลดการเกิดโรคที่รากของต้นกล้าแอปเปิ้ลจะช่วยเพิ่มน้ำหนักรากของต้นพืชได้อีกด้วย

Tronsmo and Dennis (1983) ทดลองใช้เชื้อรา *Trichoderma* sp. ในการควบคุมโรคเน่าของสตรอเบอร์รี่ที่เกิดจากเชื้อราสกุล *Botrytis* ในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าเมื่อฉีดพ่นสตรอเบอร์รี่ด้วยสปอร์แขวนลอย (Spore suspension) ของ *Trichoderma* sp. ในระยะแรกของการ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ออกดอกและหลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ให้ผลในการควบคุมโรคระดับเดียวกันกับสารกำจัดเชื้อรา Dichlofluanid เมื่อใช้ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะ *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ที่เติบโตได้ดีที่อุณหภูมิต่ำจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดีกว่าการใช้กับผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บเกี่ยวแล้วเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างการขนส่ง และการจำหน่าย

Yedidia *et al.* (2001) ศึกษาเชื้อราปฏิปักษ์ *T. hazianum* กระตุ้นให้ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช *P. irregulare* เนื่องจากเส้นใย *T. hazianum* สามารถเข้าไปในรากแตงกวาได้ โดยไม่ทำความเสียหายแก่รากแตงกวา พร้อมกันนี้ *T. hazianum* มีการหลั่งเอนไซม์ peroxidase และ chitinase สูง ทำให้ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ดี (Yedidia *et al.*, 1998)

Chang *et al.* (1986) รายงานผลการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 95 และ T – 203 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผักและไม้ดอกชนิดต่างๆ ดังนี้ ในการทดสอบการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 95 กับพิทูเนีย พบว่าหลักการปลูก 42 วัน พิทูเนียมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าการไม่ใช้เชื้อรา ส่วนกิ่งเบญจมาศที่ปักชำในพืชผสมรำข้าว (peat - bran) ผสม *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 95 เป็นเวลา 57 วัน มีขนาดและความสูงมากกว่ากิ่งที่ไม่ใช้เชื้อรา และจากการเปรียบเทียบการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 95 ผสมในวัสดุปลูก (ดินผสมพีทผสมรำข้าว 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณ) พบว่าทำให้แพงพวยพันธุ์ Little Pinkie และ Little Bright Eyes มีความสูงและการออกดอกเพิ่มขึ้น สำหรับการทดสอบผลการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 203 มีผลให้เมล็ดพริกไทยงอกเร็วขึ้น 2 วัน มะเขือเทศ พริกไทยและแตงกวามีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแตงกวามีความสูงและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุปลูกที่คลุมด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T – 203 จำนวน 10 สปอร์ต่อดิน 1 กรัมหรือมากกว่านั้น

Paulitz *et al.* (1986) รายงานผลการใช้ *Trichoderma harmatum* ในอัตราส่วน 0 2 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรต่อวัสดุปลูก โดยวัสดุปลูกเป็นส่วนผสมระหว่างพีทและเวอร์มิคูไลท์ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ การใช้พีทในอัตรา 0 20 40 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของแรดิช พบว่าในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 แรดิชมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามระดับของ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 22 พ.ย. 2555
เลขทะเบียน 250175
เลขเรียกหนังสือ

อัตราการผสมของเชื้อรา ในทุกระดับของอัตราส่วนผสมของวัสดุปลูก ยกเว้นวัสดุปลูกที่ไม่มีพีท ซึ่งวิธีการที่ทำให้แรดิชมีขนาดใหญ่ที่สุดคือ การใช้วัสดุปลูกที่มีพีมผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีพีท และมีพีท 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แรดิชมีขนาดเล็กที่สุด นอกจากนี้จากการทดสอบการปลูกเมล็ดถั่วในวัสดุปลูกหลังจากการถอนแรดิช พบว่าต้นกล้าของถั่วไม่เป็นโรค damping – off และไม่พบเชื้อรา *Pythium* spp. ในวัสดุปลูก ซึ่งจากการทดลองนี้ คณะผู้วิจัยสรุปว่า *Trichoderma harmatum* มีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและสามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรค damping – off ได้

Windham et al. (1986) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อ *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T - 95 T – 12 และ *Trichoderma koningii* สายพันธุ์ T – 8 คลุกลงในวัสดุปลูก พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการงอกและจำนวนต้นยาสูบและมะเขือเทศได้ นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการที่ใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. คลุกในวัสดุปลูกมีผลทำให้ขนาดของต้นกล้ามีความสม่ำเสมอ และน้ำหนักแห้งของรากและต้นมะเขือเทศเพิ่มขึ้น 213 – 275 เปอร์เซ็นต์ และ 259 – 318 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการเพิ่มสารละลายธาตุอาหารพืชในระหว่างการปลูก มีผลให้การใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T- 12 สามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นกล้าและรากมะเขือเทศ และการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ T – 8 และ T - 95 สามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งของแรดิชได้อีกด้วย

Windham *et al.* (1989) ทำการศึกษาอิทธิพลของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดและไส้เดือนฝอย (Meloidogyne arenaria) สาเหตุโรครากปม โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T- 12 และ *Trichoderma koningii* สายพันธุ์ T – 8 ผสมในวัสดุปลูกที่ใช้ปลูกข้าวโพดจำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ Pioneer 3110 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอย และพันธุ์ Northurp King 508 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อไส้เดือนฝอย พบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ผสมในวัสดุปลูกที่มีและไม่มีไส้เดือนฝอย มีผลให้ข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ มีความสูงของต้น น้ำหนักสดของรากและต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้น และจากการเปรียบเทียบจำนวนไข่ของไส้เดือนฝอยในรากข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ พบว่าเชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T- 12 และ *Trichoderma koningii* สายพันธุ์ T – 8 มีผลทำให้ไข่ไส้เดือนฝอยในรากข้าวโพดพันธุ์ Pioneer 3110 ลดลง 47 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้งสองสายพันธุ์ ไม่มีผลต่อจำนวนไข่ไส้เดือนฝอยในรากข้าวโพดพันธุ์ Northurp King 508

Ondrejove and Prokinova (1990) รายงานผลการใช้จุลชีพรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T จากการเลี้ยงในพีทและการใช้สปอร์และเส้นใยของเชื้อราผสมในวัสดุปลูกเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชพบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T มีผลทำให้แตงกวาพันธุ์ Sandra มีการเจริญเติบโตมากขึ้นและการใช้เชื้อราที่เลี้ยงในพีทมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สปอร์และเส้นใยของเชื้อราโดยตรง

Monaco (1991) รายงานว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* และ *Trichoderma koningii* มีผลทำให้มะเขือเทศและพีท มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าผลจากการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช

Kleifeld and Chet (1992) ทำการศึกษาการตอบสนองของพืชต่อรูปแบบการใช้ *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T 203 ในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ พบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harmatum* ที่เพาะเลี้ยงในพีทที่ผสมรำข้าว และการใช้สปอร์แขวนลอยคลุกในวัสดุปลูกทำให้ถั่วแรดิช พริกไทย และแตงกวามีเปอร์เซ็นต์การงอก ความสูงของต้นกล้า และพื้นที่ของพริกไทยเพิ่มขึ้น และในการทดสอบการตอบสนองของแตงกวาต่อเชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T 203 ในวัสดุปลูกในชนิดต่างๆ คือ ดินร่วนปนทราย ดินอบฆ่าเชื้อเวอร์มิคูไลท์ พีทเวอร์มิคูไลท์ (อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร) และพีทพบว่าหลังการปลูก 15 วันแตงกวาที่ปลูกในดินร่วนปนทรายคลุกเชื้อรา *Trichoderma harmatum* สายพันธุ์ T 203 มีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น 43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือวิธีการใช้พีท : เวอร์มิคูไลท์ คลุกเชื้อ ดินอบคลุกเชื้อและเวอร์มิคูไลท์คลุกเชื้อรา ซึ่งพบว่าแตงกวามีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 35 26 23 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Inbar *et al.* (1994) ทำการทดลองโดยใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ซึ่งเลี้ยงในพีทผสมรำข้าวแล้วผสมในวัตดุปลูกแตงกวาและพริกไทยภายในโรงเรือน หลังจากเพาะเมล็ดแตงกวา 18 วัน และพริกไทย 30 วัน พบว่า แตงกวาและพริกไทยมีความสูงของต้นเพิ่มขึ้น 23.8 และ 17.2 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 96.1 และ 59.0 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 24.7 และ 28.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้เชื้อรา นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตและมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าการไม่ใช้เชื้อรา ในขณะที่ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปรแตสเซียมของต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใช้เชื้อรา

Ousley *et al* (1994a) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ WT 92 20 และ 75 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในกากน้ำตาลหมักกับยีสซึ่งดัดแปลงให้เป็นผงแห้ง ทำการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม โดยใช้ดินพีทผสมทรายเป็นวัสดุปลูกคลุกด้วยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่ความเข้มข้น 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อวัสดุปลูก) โดยปลูกในกระถางใต้โรงเรือน พบว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งต้นได้ 26 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าสายพันธุ์ WT จะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดอยู่บ้าง ซึ่งจากการทดลองในระยะ 4 วันหลังจากการเพาะเมล็ด พบว่าการใช้สายพันธุ์ WT ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลให้เมล็ดงอกเพียง 13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สายพันธุ์อื่นๆมีความงอกมากกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ WT สามารถเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้นได้ 14.3 และ 0.6 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ โดยไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของราก ซึ่งผลดังกล่าวทำให้อัตราส่วนของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้น และรากเพิ่มขึ้น

Ousley *et al.* (1994b) ทำการศึกษาผลของกาใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการออกดอกและการเจริญของส่วนลำต้นของพืชบางชนิด โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 4 สายพันธุ์ คือเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ WT T35 20 และเชื้อรา *Trichoderma viride* สายพันธุ์ 47 ในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตรของวัสดุปลูก) พบว่าสายพันธุ์ 20 สามารถเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนของลำต้น 40 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T35 และ 20 ทำให้จำนวนดอกเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบกับพิทูเนีย โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ TH1 และ T12B ในอัตรา 0.1 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตรของวัสดุปลูก) พบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ TH1 ในอัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นเพิ่มขึ้น 82 และ 87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ TH1 ในอัตรา 0.1 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ T12B ในอัตรา 0.1 มีผลทำให้จำนวนดอกและตาเพิ่มขึ้น 2.27 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นการใช้ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ 20 และ *Trichoderma viride* สายพันธุ์ 75 92 และ T8 ในอัตรา 0.3 0.7 และ0.1 เปอร์เซ็นต์(น้ำหนักต่อปริมาตรของวัสดุปลูก) และการใช้ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ WT ในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์

(น้ำหนักต่อปริมาตรของวัสดุปลูก)สามารถเพิ่มจำนวนดอก น้ำหนักดอก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้นของเวอร์บีน่าได้

MacKenzie *et al.* (1995) รายงานผลการทดสอบการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนราก และลำต้นของกิ่งปักชำเบญจมาศ โดยการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-12 ซึ่งเพาะเลี้ยงในพีทผสมรำข้าว ผสมวัสดุปักชำในอัตรา 0 5 และ 25 กรัม ต่อวัสดุปักชำ 1 กิโลกรัม โดยเบญจมาศที่ใช้ในการทดลองมี 4 สายพันธุ์ เป็นพันธุ์ที่ออกรากง่ายจำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ Davis และ White Marble และพันธุ์ที่ออกรากยาก จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Dark Bronze Charm และ Golden Bounty หลังการปักชำ 21 วัน พบว่าการเพิ่มปริมาณเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทั้งสองอัตราทำให้กิ่งปักชำของเบญจมาศมีน้ำหนักสดส่วนรากและส่วนยอดมากกว่าในวิธีการที่ไม่ใช้เชื้อรา หลังจากนั้นทำการย้ายกิ่งปักชำไปปลูกในวัสดุที่ไม่คลุกเชื้อ ทำการวัดการเจริญเติบโตหลังการย้ายปลูก 4 สัปดาห์ สำหรับเบญจมาศพันธุ์ Dark Bronze Charm และ 4.5 สัปดาห์สำหรับพันธุ์ Golden Bounty พบว่า ต้นเบญจมาศพันธุ์ Dark Bronze Charm ที่มาจากกิ่งปักชำที่ใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในอัตรา 5 กรัมต่อวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม มีความสูงและน้ำหนักแห้งส่วนต้นเพิ่มขึ้น 20 และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในพันธุ์ Golden Bounty ต้นที่มาจากกิ่งปักชำที่ใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* 5 และ 25 กรัมต่อวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม มีความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนลำต้นเพิ่มขึ้น 15 14 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Cassiolato *et al.* (1996) ทำการทดลองในโรงเรือนโดยทำการย้ายต้นกล้าผักกาดหอมอายุ 15 วัน ลงปลูกในกระถางที่บรรจุวัสดุซึ่งมีส่วนผสมของ sphagnum peat : perlite อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตรและผสมด้วยกากจากโรงงานฝ้ายและกระดาษ 10 เปอร์เซ็นต์ วัสดุดังกล่าวคลุกเคล้าด้วยเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ TW5 และสายพันธุ์ WT-T95 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสารเคมี benomyl หลังการย้ายปลูก รดวัสดุปลูกด้วย benomyl ความเข้มข้น 1000 ppm และ iprodione ความเข้มข้น 500 ppm พบว่า หลังการปลูก 30 และ 45 วัน ผักกาดหอมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

Marka *et al.* (1997) ทำการทดลองโดยใช้เชื้อรา *Trichoderma viride* สายพันธุ์ 85/1 และ *Trichoderma harzianum* ในการปักชำกิ่งคาร์เนชั่น พบว่า คาร์เนชั่นมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และ

สามารถควบคุมโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ได้เป็นอย่างดี จากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *Trichoderma viride* สายพันธุ์ 85/1 สามารถผลิต auxin ได้

Phuwiwat and Soytong (1999) ทำการศึกษาผลของการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC01 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหักกาดหัว โดยการเติมเชื้อราในปริมาณ $10x10^8$ $32x10^8$ และ $53x10^8$ สปอร์ต่อกระถาง ลงในวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่เติมสปอร์ของเชื้อรา พบว่าการเติมสปอร์ของเชื้อราทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหัวเพิ่มขึ้น โดยการเติมสปอร์ของเชื้อราในปริมาณ $53x10^8$ สปอร์ต่อกระถางทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหัวเพิ่มขึ้น 77.47 และ 56.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

MacKenzie *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของกิ่งปักชำเบญจมาศพันธุ์ที่ออกรากยาก คือ พันธุ์ Dark Bronze Charm โดยการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-12 คลุกในพีทในอัตรา 0 5 และ 50 กรัมต่อวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม และคลุกใน alginate prill ในอัตรา 80 และ 800 กรัมต่อวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม พบว่า หลังการปักชำ 7 และ 14 วัน การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทุกอัตราไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังการปักชำ 21 วัน พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในอัตรา 800 กรัมต่อ alginate prill 1 กิโลกรัม มีผลทำให้เบญจมาศมีน้ำหนักสดและความสูงของต้นเพิ่มขึ้น และพบว่าหลังการปักชำ 14 และ 21 วัน การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในอัตรา 80 และ 800 กรัมต่อ alginate prill 1 กิโลกรัม มีผลให้เบญจมาศมีความสูงเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในวิธีอื่นๆแต่ไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใช้เชื้อรา ส่วนการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ในอัตรา 50 กรัมต่อพีท 1 กิโลกรัม มีผลทำให้ความยาวของรากกิ่งปักชำเบญจมาศเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในอัตรา 80 กรัมต่อ alginate prill 1 กิโลกรัมนั้น มีผลทำให้น้ำหนักของกิ่งปักชำเบญจมาศต่ำกว่าการไม่ใช้เชื้อรา ส่วนการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในอัตราสูงสุด คือ 800 กรัมต่อ alginate prill 1 กิโลกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากกิ่งปักชำเบญจมาศ

Mishra and Sinha (2000) ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา 4 ชนิด คือ *Gliocladium virens Trichoderma virens Trichoderma harzianum* และ *Aspergillus niger* และแบคทีเรีย *Pseudomonos fluorescens* สายพันธุ์ PfALR2 ในการปลูกข้าว พบว่า ข้าวมีความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น 26.3-52.6 เปอร์เซ็นต์ และมีความยาวราก ความสูงของต้น และน้ำหนักสดของต้นกล้าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยัง

พบว่าการแช่รากของต้นกล้าในสปอร์แขวนลอย มีผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกด้วย

Poldma *et al.* (2000) รายงานว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma viride* สายพันธุ์ T-6-RC คลุกในพีท มีผลทำให้น้ำหนักสด ความสูง จำนวนตา และพื้นที่ใบของแตงกวาเพิ่มขึ้น

Zheng and Shetty (2000) รายงานว่า การแช่เมล็ดถั่วลันเตาในน้ำคั้นแอปเปิ้ลที่หมักด้วยเชื้อรา *Trichoderma viride* *Trichoderma harzianum* และ *Trichoderma pseudokoningii* ก่อนทำการปลูก มีผลทำให้ถั่วมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้น 15 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก และหลังการปลูก 5 วันพบว่า ต้นถั่วลันเตามีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 27 39 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 33 46 และ 36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณ phenolic acid เพิ่มขึ้น 13 18 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Phuwiwat *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาโดยใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC01 ความเข้มข้น 0 2.5 x 10 5x10 และ 10x10 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร (20 มิลลิลิตรต่อกระถาง) และการใช้วัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของทราย ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 1 : 1 : 1 1 : 2 : 1 1: 2 : 1 และ 1 : 2 : 2 ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหัว พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อรา มีปฏิสัมพันธ์กับอัตราส่วนของวัสดุปลูก ซึ่งมีผลให้ผักกาดหัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความเข็มข้นของปริมาณเชื้อราเพียงปัจจัยเดียว พบว่า การใช้เชื้อรา 5x10 และ 10x10 โคนิเดียต่อมิลลิลิตรมีผลให้หัวผักกาดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้นความเข้มข้นอื่นๆ และเมื่อพิจารณาการใช้วัสดุปลูกเพียงปัจจัยเดียวพบว่า วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของทราย ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 และ 1 : 2 : 2 มีผลให้หัวผักกาดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้วัสดุปลูกในอัตราส่วนอื่นๆ อย่างไรก็ตาม พบว่า การใช้เชื้อราที่มีความเข้มข้น 10x10 โคนิเดียต่อมิลลิลิตรร่วมกับการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของทราย ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 มีผลให้ผักกาดหัวมี อัตราส่วนของรากต่อต้นมากที่สุด

Yedidia *et al.* (2001) การทำการศึกษาใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T – 203 ต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา ซึ่งปลูกในดินและในระบบ hydroponic พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการปลูกแตงกวาในดินนั้น มีผลให้แตงกวามีความงอกเพิ่มขึ้น 30

เปอร์เซ็นต์ และหลังการปลูก 8 วัน แตงกวามีพื้นที่ผิวของราก และความยาวรากเพิ่มขึ้น 95 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักแห้ง ความยาวต้น และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 90 45 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าธาตุอาหารต่างๆ ในราก ได้แก่ ทองแดง (Cu) ฟอสฟอรัส (P) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) และโซเดียม (Na) มีปริมาณเพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนต้นนั้น พบว่า ความเข้มของ สังกะสี (Zn) ฟอสฟอรัส (P) แมงกานีส (Mn) เพิ่มขึ้น 25 30 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ และ เกษม สร้อยทอง (2541) ทำการศึกษาผลของการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC 02 ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหัว โดยการเติบสปอร์ของเชื้อราในปริมาณ 7 x 10 21 x 10 หรือ 35 x 10 สปอร์ต่อกระถางลงในวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่เติมสปอร์ของเชื้อรา ซึ่งผลการทดสอบพบว่า การเติมเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในวัสดุปลูกจะมีผลให้การเจริญเติบโตของรากดีกว่าการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่ได้เติมเชื้อราอย่างเด่นชัด รากของผักกาดหัวจะมีปริมาณการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับเมื่อปริมาณสปอร์ของเชื้อราที่เติมลงในวัสดุปลูกเพิ่มสูงขึ้น และการเติมสปอร์ของเชื้อราในปริมาณ 35 x 10 สปอร์ต่อกระถาง จะมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากผักกาดหัวเพิ่มขึ้นมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่ได้เติมเชื้อรา 119.30 และ 166.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ และคณะ (2544 ก) รายงานผลว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC 01 ปริมาณ 5 x 10 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีผลให้ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าการใช้เชื้อรา ปริมาณ 5 x 10 และ 10 x 10 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การใช้วัสดุปลูกอัตราส่วน 1 : 1 : 1 และ 1 : 2 : 2 มีผลทำให้ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าการใช้วัสดุปลูกอัตราส่วน 1 : 2 : 1 และ 1 : 3 : 1 อย่างมีนับสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้น วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ และคณะ (2544 ข) ยังรายงานการศึกษาระดับ pH วัสดุปลูก 5 ระดับ และการบ่มเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC 01 ในวัสดุปลูกใน 4 ระยะเวลา พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลต่อน้ำหนักสดรากและน้ำหนักสดรวม ของผักกาดหัว โดย pH 6 ร่วมกับการบ่มเชื้อรานาน 7 วัน ก่อนปลูกมีผลให้น้ำหนักสดรากและน้ำหนักสดรวมมากที่สุด ในขณะที่ระดับ pH 3 ร่วมกับการไม่บ่มเชื้อรามีผลให้ผักกาดหัวมีน้ำหนักสดรวมน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยพบว่า ระดับ pH 6 และ 7 มีผลให้ความยาวและน้ำหนักสดของผักกาดหัวไม่

แตกต่างกัน แต่ pH 7 ทำให้ผักกาดหัวมีน้ำหนักแห้งมากกว่าระดับ pH 6 และระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การบ่มเชื้อรานาน 7 14 และ 21 วัน ก่อนปลูกมีผลทำให้ความยาวรากรวม น้ำหนักสดรวม และน้ำหนักแห้งรวม ของผักกาดหัวมากกว่าการไม่บ่มเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การบ่มเชื้อรานาน 7 และ 14 วัน ทำให้ผักกาดหัวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักสดรวม และน้ำหนักแห้งมากกว่า การบ่มเชื้อรานาน 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปาริชาติ นิยม (2542) ทำการศึกษาโดยใช้เชื้อรา *Trichoderma spp.* จำนวน 19 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ 0101 2801 Lab.5 S.No 1 A 10/1 – 02 SN.No.1 A3/2 – 01 0110B FC – 02 B5 – 01 B7 – 02 No.1 11A04A 0110A 0203 0301 0310201 0103 และ No.16 คลุกในวัสดุปลูก ซึ่งพบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ B5 – 01 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าได้ดีที่สุด รองลงมา คือ สายพันธุ์ 0103 S.No 1 0203 และ 0101 ตามลำดับ โดยการใช่เชื้อราทั้ง 5 สายพันธุ์ มีผลให้ความสูง น้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักสดรวม น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรวมของคะน้ามากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่คลุกเชื้อรา

ในขณะที่ อรุณี ปีทนงค์ (2542) พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ 0301 0801 FC – 02 A3/2 – 01 และ SN.No.1 มีผลให้ดาวเรืองมีความสูงของต้น พื้นที่ใบเฉลี่ย น้ำหนักสดของดอก น้ำหนักสดของต้น น้ำหนักสดรวม น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรวม เพิ่มขึ้น

การประสบความสำเร็จในการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้น อาจจะเป็นผลมาจากการที่เชื้อราเหล่านี้มีการผลิตการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง หรือเชื้อราเหล่านี้อาจไปเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากวัสดุปลูกไปยังรากพืชหรือเชื้อราเหล่านี้อาจช่วยกำจัดสารที่เป็นพิษต่อพืชที่มีอยู่ในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี หรืออาจเป็นผลทางอ้อมจากการที่เชื้อราเหล่านี้ไปควบคุมเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุของโรค ซึ่งจะส่งผลให้พืชปลอดจากโรคและเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Windham *et al.*, 1986 ; Ousley *et al.*, 1994 a ; MacKenzie *et al.*, 1995)

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้น มีหลายประการ เช่น

(1) การเลือกใช้ชนิดของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ให้เหมาะสมกับชนิดของพืช ตัวอย่างเช่นการใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการปลูกมะเขือเทศ พริกไทย และแตงกวา จะมีผลทำให้น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่เชื้อดังกล่าวในการปลูกถั่วและแรดิชน้ำหนักแห้งจะไม่เพิ่มขึ้น (Chang *et al.* 1986)

(2) การเลือกรูปแบบการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่มีประสิทธิภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น เมื่อใส่ *Trichoderma* spp. ที่เพาะเลี้ยงในวัสดุผสมระหว่างพีทกับรำข้าว พบว่า น้ำหนักแห้งของต้นแรดิชจะมากกว่าต้นที่ใส่เชื้อในรูปสปอร์แขวนลอย (Baker et al. 1984) หรือการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T ที่เพาะเลี้ยงในพีทมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงกวามากกว่าการใช้สปอร์และเส้นใยของเชื้อราโดยตรง (Ondrejova and Porkinpva . 1990)

(3) การเลือกสายพันธุ์ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่มีประสิทธิภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การใช้เชื้อรา สายพันธุ์ WT T35 20 และ 47 ในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์คลุกในวัสดุปลูกมีผลให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดของต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้สายพันธุ์ TH 1 ในอัตราเดียวกัน มีผลให้น้ำหนักสดของต้นผักกาดหอมลดลง (Ousley *et al.* 1993) และการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ WT 92 20 และ 75 คลุกวัสดุปลูก เพื่อทดสอบความงอกของเมล็ดผักกาดหอม พบว่า สายพันธุ์ WT มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดอยู่บ้าง ในขณะที่สายพันธุ์อื่นๆ สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดได้มากกว่า (Ousley *et al.* 1994a)

(4) การใช้ความเข้มข้นของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ WT 20 92 และ 75 คลุกวัสดุปลูกโดยใช้ความเข้มข้น 0.1 0.2 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนักวัสดุปลูก) ในการปลูกผักกาดหอม พบว่าที่ความเข้มข้น 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมได้ 26 เปอร์เซ็นต์ (Ousley et al. 1994a)

สุกาญจน์ (2550) ศึกษาประสิทธิภาพเชื้อราปฏิปักษ์ *T. vireans, T, hazianum, T. hamatum* ควบคุมเชื้อราก่อโรคเน่า เนื่องจาก *Fusarium* sp. บนผลแตงกวาและถั่วฝักยาว พบว่าเชื้อราปฏิปักษ์ สามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้นาน 14 วัน เนื่องจากเชื้อราปฏิปักษ์มีการหลั่ง

เอนไซม์ peroxidase และ chitinase สูง ทำให้ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ดี (Yedidia *et al.*, 1998)

2.4 ประสิทธิภาพการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ด้วยเชื้อราปฏิปักษ์

Tangnu (1982) ศึกษาการผลิตเอทานอลโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ เพราะประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่เป็นจำนวนมาก โดยวัตถุดิบประเภทนี้เป็นผลิตผลพลอยได้จากการทำเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย ซังข้าวโพด และของเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นต้น (กล้าณรงค์และคณะ, 2544) โดยองค์ประกอบที่สำคัญของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในอัตราส่วนโดยประมาณ 4:3:3 ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืช สรีรวิทยาของพืช อายุของพืช ตลอดจนถึงสภาพแวดล้อมใน การเจริญเติบโตและวิธีการวิเคราะห์ การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบการผลิต เอทานอลต้องผ่านหลายขั้นตอนได้แก่การปรับสภาพ การย่อยสลาย(glycolysis) และการหมัก เนื่องจากในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีองค์ประกอบเป็นลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่เป็นที่ต้องการในการผลิตเอทานอล จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดทิ้ง และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรก็ยังมีเฮมิเซลลูโลส ซึ่งประกอบไปด้วยโพลิเมอร์หลายชนิดด้วยกัน โดยหลักๆ คือ ไซเลนมีหน่วยย่อยคือน้ำตาลไซโลส

วราวุฒิ (2529) วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ ข้าวโพด มันฝรั่ง มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง และธัญญพืชต่างๆ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของแป้ง ประกอบด้วย อะไมเลส และอะไมโลเปคติน ดังนั้นจึงต้องมีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสก่อนแล้วจึงนำไปหมักต่อไป ซึ่งการใช้แป้งเป็นวัตถุดิบอาจมีผลกระทบต่อปริมาณความต้องการวัตถุดิบและราคาสินค้าเกษตรที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบประเภทแป้งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างกว้างขวาง

Lee (1997) วัตถุดิบประเภทสารประกอบเซลลูโลส ได้แก่ เศษไม้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆเช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ซังข้าวโพด ซึ่งมีอยู่ในปริมาณมาก หาได้ง่าย และมีราคาถูก แต่การใช้วัตถุดิบประเภทนี้มาใช้ประโยชน์ยังอยู่ในวงจำกัด ปัจจุบันได้มีการสนใจนำวัตถุดิบประเภทนี้มาใช้โดยมีการศึกษาองค์ประกอบชนิดต่างๆของวัสดุเหลือใช้ ทางการเกษตรทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้งาน ในการนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงและสารเคมี (Saddler, 1992) นอกจากนี้การมีเซลลูโลสอยู่จำนวนมากที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อาจก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือกลุ่มลิกโนเซลลูโลสเป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญโดยส่วนใหญ่มักจะพบได้ในพืชที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งมักจะมีโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนและแข็งแรง องค์ประกอบหลักๆได้แก่ กลุ่มของ

โพลิแซคคาไรด์ที่ประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนของโพลีแซคคาไรด์จะได้จากไมโครไฟเบอร์ซึ่งจะรวมตัวกันอยู่อย่างหนาแน่นในชั้นของลิกนิน สามารถที่จะช่วยป้องกันการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เข้ามาย่อย (hydrolysis) ทำให้โครงสร้างสามารถสร้างรูปได้

เนริสา (2543) ได้ศึกษาการผลิตไซแลนเนสจาก *T. reaesei* โดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรได้ทดลองรำข้าวสาลีและรำข้าวเจ้าให้ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ไซแลนเนสสูงสุด อาจเนื่องมาจากมีโปรตีน วิตามิน และไขมันที่มีผลต่อการชักนำการผลิตเอนไซม์ไซแลนเนสสำหรับชานอ้อยที่ผลิตเอนไซม์ไซแลนเนสได้น้อย เนื่องจากชานอ้อย ยังมีกลูโคสเหลืออยู่มาก ทำให้เชื้อใช้กลูโคสเจริญเติบโต จึงไม่จำเป็นต้องผลิตเอนไซม์ไซแลนเนสส่วนเปลือกถั่วลิสงที่ผลิตเอนไซม์ไซแลนเนสได้น้อย อาจเนื่องมาจากมีองค์ประกอบที่เป็นเซลลูโลสและลิกนินสูง

เบญจวรรณ (2545) ได้ศึกษาว่าการย่อยสลายเซลลูโลสโดยอาศัยเอนไซม์เซลลูเลสให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกลูโคสนั้น ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์อย่างน้อย 3 ชนิดด้วยกัน จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในกลุ่ม basidiomycetes โดยสามารถจำแนกชนิดของเชื้อรานี้ตามลักษณะการย่อยได้ 3 ชนิด คือชนิดที่หนึ่งเชื้อรากลุ่มซอฟต์รอต (soft rot fungi) สามารถย่อยสลายโพลิแซกคาไรด์ทั้งที่เป็นส่วนของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และย่อยลิกนินได้เป็นบางส่วน ชนิดที่สองเชื้อรากลุ่มบราวน์รอต (brown rot fungi) ย่อยสลายได้เฉพาะเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเท่านั้น และชนิดที่สามเชื้อรากลุ่ม white rot (white rot fungi) ซึ่งสามารถองค์ประกอบของเนื้อไม้ทั้งหมด เชื้อรากลุ่ม white rot จัดเป็นเชื้อราที่อยู่ใน Basidiomycotina ของอาณาจักรเชื้อรา (Kingdom fungi) ซึ่งเกิดขึ้นมาในโลกกว่า 1,000 ปีมาแล้วโดยส่วนใหญ่เชื้อราในกลุ่มนี้ มักจะเป็นเห็ดราที่บริโภคได้ (edible mushroom) มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ได้แก่ *Auricularia auriculajude* (เห็ดหูหนู) และ *Pleurotus ostreatus* (เห็ดนางรม) เป็นกลุ่มเห็ดราที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อการบริโภคอย่างกว้างขวาง ทั่วโลก

พงศธร (2547) เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในพืชพบว่าองค์ประกอบทั้งสามจะมีปริมาณแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เนื้อเยื่อ อายุ สภาวะแวดล้อมในการเจริญเติบโต สภาพทางสรีระวิทยา โดยทั่วไปเซลลูโลสในผนังเซลล์พืชจะอยู่ในรูปลิกโนเซลลูโลส โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Norkrans, 1967 ; Kirk, 1983) วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลสประกอบด้วยเซลลูโลส 40-60% เฮมิเซลลูโลส 20-30% และลิกนิน 15-30% ของน้ำหนักแห้ง น้ำตาลไซโลสจะอยู่ในส่วนของเฮมิเซลลูโลสในรูปของไซแลนโดยเรียงต่อกันเป็นสายยาว

Kennes and Lema (1994) ศึกษาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเนื้อไม้ พบว่าเชื้อรากลุ่ม white rot มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายลิกนินและองค์ประกอบอื่นๆใน เนื้อไม้เช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส (Rodriguez *et al.*, 1999) โดยเชื้อราจะผลิตเอนไซม์ ที่

เกี่ยวข้อง กับการย่อยสลายเนื้อไม้ในกลุ่มที่เป็น secondary metabolite ออกมานอกเซลล์ เช่น ลิกนิน เปอร์ออกซิเดส (Ligninperoxidase) แมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (Manganese peroxidesse) และแลค เคส (Laccase) เพื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และ อะ โรมาติกโพลิเมอร์ (aromatic polymer) ในโครงสร้างลิกนิน (Have and Franssen, 2001) และผลิต เอนไซม์ในกลุ่มที่เป็น primary metabolite ในการย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ใน เนื้อไม้เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต เอนไซม์เหล่านี้ได้แก่ เอกโซกลู-คาเนส (exoglucanase) เอนโดกลูคาเนส (endoglucanase) และบีต้า-กลูโคซิเดส (β-glucosidase) ซึ่งใน การศึกษาการย่อยลิกนิน เชื้อราที่พบว่ามีประสิทธิภาพสูงได้แก่ เชื้อ *Phanerocheate chrysosporium*

กล้าณรงค์ (2548) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อ หาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีความเหมาะสมให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนใน การผลิต

สุนันทา (2549) ในการผลิตพลังงานทดแทนวัตถุดิบที่นำมาใช้มีหลายประเภทด้วยกัน ได้แก่ วัตถุดิบประเภท น้ำตาล แป้ง สารประกอบเซลลูโลส และผลพลอยได้จากโรงงาน อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กากผลไม้จากโรงงานผลไม้กระป๋อง และน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ เป็นต้น วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลจากอ้อย sugar beet และกากน้ำตาล (molasses) ซึ่ง เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในระดับอุตสาหกรรมโดยเฉพาะกากน้ำตาล เนื่องจากสามารถนำเข้าสู่ กระบวนการหมักได้โดยตรง ขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยากและให้ผลผลิตสูง

สุนันทา (2545) เชื้อรากลุ่ม white rot ที่มีเอนไซม์กลุ่ม lignocellulolytic enzyme สามารถ ผลิตเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจิเนสซึ่งเป็นเอนไซม์หลักที่ใช้ในการผลิตเอทานอล ดังนั้นจึงนำ คุณสมบัติจากการมีเอนไซม์ทั้งสองกลุ่มมาใช้ร่วมกัน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็น เอทานอลโดยเชื้อรากลุ่ม white rot และยังมีข้อดีคือเชื้อราสามารถผลิตเอทานอลได้ทั้งในภาวะที่มี ออกซิเจนและในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เช่น เชื้อ *A.brazei* ในขณะที่ยีสต์ผลิตเอทานอลได้ดีเฉพาะ ภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น

ชริดาและคณะ (2547) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่สร้างเซลลูเลสได้ เช่น *Aspergillus* sp., *Trichoderma* spp., *Rhizopus* sp., *Sclerotium* sp. และเชื้อรากลุ่ม white rot เช่น *Lentinus* spp. เพื่อ ใช้ย่อยสลายแกลบข้าวเจ้าป่นในสภาพ solid state fermentation ที่มีความชื้น 70% ด้วย Fahraeus broth พบว่า เชื้อรากลุ่ม white rot คือ *Lentinus* spp. แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ เซลลูเลสสูงกว่าเชื้อราสายพันธุ์อื่นๆ

ยศนันท์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์ย่อยสลายลิกนิน เพื่อ การใช้ประโยชน์พบว่า เชื้อรา *Lentinus* sp. มีประสิทธิภาพผลิตเอนไซม์สูงสุดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง

เฉลี่ยของการเกิด zone 1.48 ซ.ม และเชื้อราที่ไม่มีคุณสมบัติในการผลิตเอนไซม์ laccase ได้แก่ *Gloeophyllum striatum G. strlatum* และ *G. seplarium* ในทำนองเดียวกันมีเชื้อราเพียง 3 ชนิด ที่ผลิตเอนไซม์ Peroxidase คือ *Trametes veratcolor, Polyporus grammocephalus* และ *Microporus xanthapus* เมื่อตรวจสอบการย่อยสลาย xylan พบว่าเชื้อราทั้ง 26 ชนิดไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์ Xylanase

ชริดาและคณะ (2548) ได้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อเห็ด white rot *Lentinus* sp. จำนวน 5 สายพันธุ์ ที่ได้เพาะเลี้ยงในสภาพที่มีแกลบป่นหรือฟางป่น พบว่าทุกเชื้อสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในสภาพที่มีแกลบป่นสูงกว่าสภาพที่มีฟางป่น โดยที่ *Lentinus polychrous* เป็นเชื้อราที่มีกิจกรรมสูงสุด

ศิริวัฒนา (2550) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาลไซโลส กลูโคส และอราบิโนส จากฟางข้าวและชานอ้อย เพื่อนำสารที่ได้นั้นไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอล

สุกาญจน์ และคณะ (2552) ศึกษาการย่อยสลายใบไม้ป่าชายเลน ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมขาว และแสมทะเล น้ำหนัก 0.1,0.2,0.3 กรัม ด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger Penicillium* sp. *Trichoderma viride* ปริมาตร 5, 10 และ 15 มิลลิลิตร (อัตราส่วน1:16,1:25,1:33,1:50,1:75,1:100,1:150) พบว่าเชื้อรา *Penicillium* sp. 15 มิลลิลิตร สามารถย่อยสลายเซลลูโลสในใบโกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ น้ำหนัก 0.1 กรัม ให้ปริมาณน้ำตาลดีที่สุด เท่ากับ 50 กรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Trichoderma viride* ให้ปริมาณน้ำตาล 48 และ 40 กรัม/ลิตร ตามลำดับ แต่เชื้อรา *Aspergillus niger* 15 มิลลิลิตร สามารถย่อยสลายเซลลูโลสในใบแสมขาว และใบแสมทะเล น้ำหนัก 0.3 กรัม สามารถย่อยสลายให้ปริมาณน้ำตาลดีที่สุด เท่ากับ 49.5 กรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ เชื้อรา *Penicillium* sp. และ *Trichoderma viride* ให้ปริมาณน้ำตาล 48 และ 42 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

2.5 การย่อยสลายตัวใบไม้และเศษซากพืช (Decomposition Rate) บริเวณป่าชายเลน

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการย่อยสลายตัวของเศษซากพืช ซึ่งให้ธาตุอาหารที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available nutrient) มีการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

Boonyawat Nampongsai (1974) ศึกษาความสัมพันธ์ของการสลายตัวของเศษซากพืชและสภาพภูมิอากาศ ปริมาณฝนรายปีและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของป่าดิบเขา สถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ และอัตราการสลายตัวสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนที่มีปริมาณฝนและ

ความชื้นในอากาศสูงสุด พบว่าอัตราการสลายตัวของเศษซากพืชเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูง ความลาดชัน ด้านลาด และความมากน้อยของการบดบังโดยพืช ซึ่งเป็นปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวควบคุมกระบวนการสลายตัวของเศษซากพืชจะแตกต่างกันไป อันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในแต่ละป่า

Goutter and Allaway, (1979) Woddroffe, (1982) ศึกษาอัตราการย่อยสลายใบแสมทะเลที่ป่าชายเลนประเทศออสเตรเลีย และประเทศนิวซีแลนด์ ตามลำดับ พบว่าใบแสมทะเลมีการย่อยสลายประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเดิมใน 8 สัปดาห์และ 6-8 สัปดาห์ ตามลำดับ

Provachiranon and Chansang (1982) ศึกษาการย่อยสลายของใบแสมบริเวณป่าชายเลนจังหวัดภูเก็ต จะถูกย่อยสลายประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเดิมในเวลา 4 สัปดาห์

เสาวภา อังสุภานิช และสนิท อักษรแก้ว (2536) ศึกษาการผุสลายใบไม้ป่าชายเลน จังหวัดพังงา พบว่าใบไม้สามารถย่อยสลายหมดภายในเวลา 6 เดือน

สนิท อักษรแก้ว (2541) ศึกษาการผุสลายใบไม้ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าใบไม้สามารถย่อยสลายหมดภายในเวลา 5-6 เดือน

สายัณต์ สมฤทธิ์ผล (2541) ศึกษาอัตราการย่อยสลายใบไผ่ ป่าผลัดใบผสม จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าใบไผ่สามารถย่อยสลายได้หมดภายในเวลา 2 ปี

จิราศักดิ์ ชูความดี (2542) ศึกษาอัตราการย่อยสลายของใบไม้ผสม บริเวณป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตำบลบางหญ้าแพรก จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าอัตราการย่อยสลายของใบพืชจะมีมากในเดือนที่ 2 จะถูกย่อยสลาย 73.4 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณริมขอบป่าใกล้คลองถูกย่อยสลาย 75.8 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองบริเวณใบไม้จะถูกย่อยสลายได้หมดภายในเวลา 6 เดือน

Sukhan K. (2001) ศึกษาอัตราการย่อยสลายใบแสมขาว บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ใกล้บริเวณทางผ่านน้ำขึ้นน้ำลง ตำบลบางหญ้าแพรก จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าการย่อยสลายใบแสมขาว บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติและป่าปลูก ใช้เวลาในการย่อยสลายเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเดิมในเวลาประมาณ 20 วันเท่านั้น และย่อยสลายหมดภายในเวลา 4 เดือน

Sukhan K.(2001) ศึกษาอัตราการย่อยสลายใบโกงกางใบเล็ก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ใกล้บริเวณทางผ่านน้ำขึ้นน้ำลง ตำบลบางหญ้าแพรก จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าใบโกงกางใบเล็ก

บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติและป่าปลูก มีการย่อยสลาย 50 % ของน้ำหนักเดิม ในระยะเวลา 4 เดือน และย่อยสลายหมดในระยะเวลา 6 เดือน

สุกาญจน์ (2550) ศึกษาอัตราการย่อยสลายใบโกงกางใบเล็กและแสมขาว บริเวณป่าธรรมชาติและป่าปลูกฝั่งตะวันตก ปากแม่น้ำท่าจีน ตำบลบางหญ้าแพรก จังหวัดสมุทรสาคร พบว่า ใบโกงกางใบเล็ก บริเวณป่าปลูก ย่อยสลาย 50% ใช้เวลา 2 เดือน และย่อยสลายหมดใช้เวลา 8 เดือน ส่วนใบแสมขาวมีอัตราการย่อยสลาย 50% ใช้เวลา 1 เดือน และย่อยสลายหมดใช้เวลา 7 เดือน ใบโกงกางใบเล็ก บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ ย่อยสลาย 50% ใช้เวลา 4 เดือน ส่วนใบแสมขาวมีอัตราการย่อยสลาย 50% ใช้เวลา 1 เดือน และย่อยสลายหมดใช้เวลา 8 เดือน