หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่1
บทนำ

ปัจจุบันป่าไม้ในประเทศไทยถูกทำลายลงไปอย่างมากก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และที่สำคัญอย่างยิ่งคือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เนื่องจากป่าไม้และผลผลิตจากป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่สิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและยังเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ เมื่อไม่มีป่าไม้ผลร้ายที่อาจตามมาคือภัยทางธรรมชาติเช่นเกิดน้ำท่วม เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งผลที่เกิดไม่ใช่เฉพาะกับประเทศไทยเท่านั้นแต่ยังจะส่งผลกระทบถึงประชาคมโลกโดยส่วนรวมอีกด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่าไม้กันอย่างเร่งด่วนและจริงจัง จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีความพยายามที่จะนำเอาความรู้แขนงต่างๆ เข้ามาใช้ในการแก้ไขปัญหาเพื่อรักษาสมดุลย์ทางธรรมชาติและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มผลผลิตของป่าไม้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาทางด้านจุลชีววิทยา พบว่ามีรากลุ่มหนึ่งซึ่งเรียกว่าราไมคอร์ไรซ่า (Mycorrhizal fungi)อาศัยอยู่บริเวณรากของไม้สนเขา(*Pinus* spp.)ไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และ การเกษตรอีกหลายชนิด(1,2) โดยไม่ทำอันตรายแก่ต้นไม้ แต่กลับมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อต้นไม้ พบว่าเมื่อใส่ราไมคอร์ไรซ่าลงไปในดินที่ใช้สำหรับปลูกต้นไม้เพื่อให้รากของพืชติดเชื้อราน้ีจะช่วยให้การอยู่รอดของต้นไม้ดีขึ้นและยังสามารถเร่งการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้ 4 ถึง 5 เท่า(1) ในปี 1885 Frank(3) ได้ศึกษาและบรรยายถึงลักษณะโครงสร้างของไมคอร์ไรซ่าเรียกลักษณะดังกล่าวว่ารากพืชที่มีรา หรือ Fungus Root เนื่องจากมีการสร้างสายใยราครอบคลุมไปทั่วบริเวณรากพืช หลังจากนั้นได้มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับราไมคอร์ไรซ่าอีกมาก และได้รายงานสนับสนุนถึงสมมติฐานที่ว่าภายใต้สภาวะที่มีธาตุอาหารต่ำพืชที่มีราไมคอร์ไรซ่าอาศัยร่วมอยู่ที่รากจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่ปลูกโดยไม่มีราไมคอร์ไรซ่าอยู่ที่ราก(4,5,6,7,8,9)

ราไมคอร์ไรซ่าคือราที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากของต้นไม้หลายชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน(Mutualistic symbiosis) ราไมคอร์ไรซ่าสามารถจะแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆคือราเอคโตไมคอร์ไรซ่า(Ectomycorrhizal fungi) และ ราเอ็นโดไมคอร์ไรซ่า (Endomycorrhizal fungi)

ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า พบอยู่ในดินในรูปของสปอร์ หรือในรูปของสายใย ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะถูกกระตุ้นโดยสารที่หลั่งออกมาจากรากพืช ได้แก่สารจำพวกคาร์โบไฮเดรท ทำให้มีการเจริญและสร้างโคโลนีอยู่บริเวณรอบๆรากพืช สายใยราในดินจะเจริญครอบคลุมและพันรอบรากจนกระทั่งมีลักษณะเป็นแผ่นสายใยหนาเรียกแผ่นแมนเทิล (mantle sheath) หรือ แผ่นรา (fungal sheath)(1,10) สายใยบนแผ่นแมนเทิลซึ่งเจริญอยู่บนผิวของรากจะเจริญเข้าไปอยู่ระหว่างเซลพืชชั้นนอก คือเซลชั้นอีพิเดอร์มิส(epidermis) และ เซลชั้นคอร์เทค(cortex) สายใยที่พันกันระหว่างเซลดังกล่าวทำให้เกิดใยตาข่ายที่เรียกว่าใยฮาร์ทติก (Hartig net)(11) ใยฮาร์ทติกจะไม่แทงทะลุเข้าไปในเซลของราก หรือแทงทะลุเข้าไปในบริเวณท่อลำเลียงน้ำและอาหารของพืช(10,11) รากพืชซึ่งมีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะมีลักษณะและโครงสร้างเปลี่ยนไปจากเดิมคือจะไม่พบรากขน และจะมีการเพิ่มแขนงของรากมากขึ้นรวมทั้งรากจะยาวขึ้นและมีลักษณะคล้ายส้อมเสียง(Tuning fork) ซึ่งสังเกตได้ด้วยตาเปล่า รากที่ติดราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามักจะเกิดบนรากประเภทรากแขนง (seconedary root)และรากหาอาหาร(feeder root) แต่ไม่พบบนรากแก้ว(primary root)(1) และส่วนของสายใยบนแผ่นแมนเทิลที่สัมผัสกับดินนั้นก็จะแพร่กระจายเข้าไปในดินทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวดูดซับช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของรากในการดูดซับแร่ธาตุอาหารให้กับราก

Chilvers และ Gust(12,13) ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการสร้างไมคอร์ไรซ่าออกโดยสรุปได้เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นก่อนการติดเชื้อ (Preinfection) เป็นขั้นตอนซึ่งรากพืชเริ่มงอกเข้าไปในบริเวณที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่า

2. ขั้นติดเชื้อขั้นแรก (Primary infection) เป็นขั้นตอนซึ่งสายใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเจริญครอบคลุมและพันรอบราก

3. ขั้นการเข้าสู่ราก (Penetration) เป็นขั้นตอนซึ่งสายใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าซึ่งเจริญอยู่บนผิวของรากจะเข้าไปเจริญอยู่ระหว่างเซลชั้นอีพิเดอร์มิส (Epidermis)กับเซลชั้นคอร์เทค (Cortex) ของรากพืช

4. ขั้นการเพิ่มจำนวนของราก (Proliferation) เป็นขั้นตอนซึ่งรากที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีการเพิ่มจำนวนและมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างบางประการของรากพืช

5. ขั้นติดเชื้อขั้นที่สอง (Secondary infection) เป็นขั้นตอนซึ่งมีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าแพร่กระจายไปสู่รากในบริเวณใกล้เคียง

ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มพวก เบสิดิโอมัยซีท (Basidiomycetes) (1,11,14) ซึ่งเป็นราประเภทที่สร้าง เห็ด และ พัฟบอลล์ (puffball) ได้นอกจากนี้ยังมีราในกลุ่มพวกแอสโคมัยซีท(Ascomycetes) (11,14) ได้แก่เห็ดทรัฟเฟิล(truffle) และราในกลุ่มดิวเทอร์โรมัยซีท(Deuteromycetes)อีกด้วย(15,16) ดังแสดงในตารางที่ 1 พืชที่สามารถสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าส่วนใหญ่เป็นไม้เนื้อแข็งได้แก่ สนชนิดต่างๆ (1,2,17,18,19) ยูคาลิปตัส(20) ต้นโอ๊ค(10) เป็นต้น ชนิดพันธุ์ไม้ที่สามารถสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าแสดงไว้ในตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของต้นไม้ที่ใช้ในการปลูกป่าประมาณร้อยละสามสิบมีความสัมพันธ์ของพืช และราแบบเอคโตไมคอร์ไรซ่า(10)

ตารางที่ 1 แสดงรากลุ่มต่างๆที่สร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า (3,16,17,21,22)

Class	Order	Family
Basidiomycetes	Agaricales	Amanitaceae
		Hygrophoraceae
		Tricholomataceae
		Entolomataceae
		Cortinariaceae
		Paxillaceae
		Gomphidiaceae
		Boletaceae
		Strobilomycetaceae
	Russulales	Russulaceae
		Elasmomycetaceae
	Hymenogastrales	Octavianinaceae
		Hymenogastraceae
		Rhizopogonaceae
		Hydnangiaceae
	Gautieriales	Gautieriaceae

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงรากลุ่มต่างๆที่สร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า (ต่อ)

Class	Order	Family
	Phallales	Hysterangiaceae
	Lycoperdales	Mesophelliaceae
	Melanogastrales	Melanogastraceae Leucogastraceae
	Phyllophoralase	Cantharellaceae Clavariaceae Corticiaceae Hydnaceae Thelephoraceae
	Sclerodermatales	Sclerodermataceae Astraceae
Ascomycetes	Pezizaceae	Balsamiaceae Geneaceae Terfeziaceae Tuberaceae

ตารางที่ 2 แสดงชนิดพันธุ์ไม้ที่พบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า (3,16,17,21,22)

Family	Genus
Aceraceae	*Acer* spp.
Betulaceae	*Alnus* spp., *Carpinus* spp., *Betula* spp. *Ostrya* spp.
Caesalpiniaceae	*Gilberdiodendron* spp.,*Arathnotha* spp., *Afzelia* spp.
Cupressaceae	*Cupressus* spp., *Juniperus* spp.
Dipterocarpaceae	*Anisoptera* spp., *Balanocarpus* spp. *Shorea* spp., *Hopea* spp., *Vatica* spp., *Cotylelobium* spp., *Dipterocarpus* spp. *Dryobalanops* spp.
Ericaceae	*Vaccinium* spp.
Fagaceae	*Fagus* spp., *Quercus* spp., *Castanopsis* spp.
Hamamelidaceae	*Parrotia* spp.

ตารางที่ 2 แสดงชนิดพันธุ์ไม้ที่พบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า (ต่อ)

Family	Genus
Juglandaceae	*Carya* spp.
Myrtaceae	*Eucalyptus* spp.
Pinaceae	*Pinus* spp.
Rosaceae	*Dryas* spp., *Sorbus* spp.
Rhamnaceae	*Rhamnus* spp.
Salicaceae	*Populus* spp.
Tiliaceae	*Tilia* spp.
Ulmaceae	*Ulmus* spp.

ราเอ็นโดไมคอร์ไรซ่า โดยปกติสายใยของราจะแพร่กระจายระหว่างเซลหรือแทงทะลุผ่านเข้าไปในเซลของรากในเซลชั้นอินิเดอร์มีส และเซลชั้นคอร์เทค ราเหล่านี้สามารถสร้างโครงสร้างพิเศษสองชนิดอยู่ระหว่างเซล หรือ อยู่ภายในเซลดังกล่าวได้แก่ เวสสิเคิล (vasicle) และ อาบัสคูล(arbuscule) ซึ่งจากโครงสร้างพิเศษทั้งสองชนิดนี้จึงอาจทำให้เรียกชื่อราไมคอร์ไรซ่าชนิดนี้ว่า ราเวสสิคิวล่าอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซ่า (Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi) หรือ รา วี-เอ ไมคอร์ไรซ่า(V-A mycorrhizal Fungi)(1)เป็นที่เชื่อกันว่าเวสสิเคิลเป็นที่เก็บสะสมพลังงานสำหรับรา ในขณะที่อาบัสคูลเป็นที่เก็บสะสมธาตุอาหาร และ แลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรา และ พืช(23,24)ราในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มไฟโคไมซีท(Phycomycetes) วงศ์ Endogonaceae(1,24,25) และพืชส่วนใหญ่ประมาณร้อยละเก้าสิบที่สร้างเอ็นโดไมคอร์ไรซ่าได้จะเป็นพืชไร่ทางด้านเกษตรกรรม ซึ่งได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ยาสูบ อ้อย เป็นต้น(24,25) นอกจากนี้ยังมีพืชสวนบางจำพวกที่สร้างเอ็นโดไมคอร์ไรซ่าได้แก่ ส้ม ลิ้นจี่ เป็นต้น (24,25) ซึ่งชนิดพันธุ์ไม้ที่สามารถสร้างเอนโดไมคอร์ไรซ่าแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงชนิดพันธุ์ไม้ที่พบการสร้างเอนโดไมคอร์ไรซ่า(24,25)

Family	Genus
Casuarinaceae	*Casuarina* spp.
Cycadaceae	*Cycas* spp.
Elaeagnaceae	*Elaeagnus* spp.
Rhamnaceae	*Ceanothus* spp., *Colletia* spp.
Leguminosae	*Herbaceous* spp.

ราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีผลต่อการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจาก

1. เพิ่มพื้นที่ผิวของรากทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซึมแร่ธาตุจากดินสูงขึ้น เนื่องจากสายใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่พันรอบ และครอบคลุมรากพืชที่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่าจะมีส่วนหนึ่งเข้าไปเจริญอยู่ระหว่างเซลอีพิเดอร์มิส(Epidermis) กับ เซลคอร์เทค(Cortex) ของราก และอีกส่วนหนึ่งแพร่กระจายไปทั่วบริเวณดินโดยรอบรากซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยดูดซึมน้ำ และแร่ธาตุต่างๆ เช่น ฟอสฟอรัส ให้แก่พืช (26,27,28,29)

โดยปกติในธรรมชาติ 98 เปอร์เซ็นต์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินจะอยู่ในรูปของหินฟอสเฟต (rock phosphate) และ สารอินทรีย์ฟอสเฟต(organic phosphate) ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ฟอสฟอรัสในดินที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้นั้นจะต้องอยู่รูปของสารละลาย(Phosphorus solution) โดยทั่วไปจะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรูปสารละลายอยู่ในปริมาณที่ต่ำมากคือประมาณ0.01 ppm.(26)ฟอสฟอรัสส่วนที่เหลือจะถูกยึดไว้โดยอนุภาคของดินและจะสามารถละลายกลับลงมาในดินได้เมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินลดลง เนื่องจากการดูดซึมของรากพืช(30) Naryanan และ Bhattacharyya(31)ได้อธิบายถึงการช่วยเพิ่มการดูดซึมฟอสฟอรัสโดยราไมคอร์ไรซ่า เนื่องจากสายใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่แผ่กระจายไปในดินจะเข้าไปใกล้อนุภาคฟอสฟอรัสที่ถูกจับเอาไว้โดยอนุภาคของดิน และดูดซับอนุภาคฟอสฟอรัสเหล่านั้นเอาไว้บนสายใยของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าในส่วนแผ่นแมนเทิล แผ่นแมนเทิลจะทำหน้าที่เก็บสะสมฟอสฟอรัสเอาไว้แล้วค่อยๆปลดปล่อยให้แก่พืชเพื่อนำไปใช้ในกรณีที่ขาดแคลนฟอสฟอรัสในภายหลัง Harley(32)ได้ทำการทดลองโดยการควบคุมการให้สารฟอสเฟตธาตุอาหารต่างๆ และสารคาร์โบไฮเดรทแก่พืชซึ่งมีการสร้างไมคอร์ไรซ่าพบว่าประมาณ 90% ของสารฟอสเฟต และ 70 % ของสารคาร์โบไฮเดรทถูกสะสมเอาไว้ในแผ่นแมนเทิลดังแสดงในตารางที่ 4 Gardemann(33) ได้รายงานว่าพืชที่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่าชนิด วี-เอไมคอร์ไรซ่ามีการสะสมธาตุฟอสฟอรัสที่รากในปริมาณที่มากกว่าพืชที่ไม่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่าเมื่อทำการปลูกพืชในหินฟอสเฟต Kramer และ Wibur(34) ได้ทำการทดลองโดยใช้สารกัมมันตรังสีฟอสฟอรัสพบว่ามีการสะสมสารกัมมันตรังสีฟอสฟอรัส ที่บริเวณรากของสนซึ่งติดราเอคโตไมคอร์ไรซ่า มากกว่ารากของสนที่ไม่มีราไมคอร์ไรซ่า ซึ่ง Sihanonth และ Todd (35) ได้ทำการพิสูจน์ย้ำเพื่อแสดงว่าสารที่สะสมอยู่ที่บริเวณรากพืชไม่ได้ถูกสะสมไว้ใน

สายใยราเท่านั้น หากแต่ได้ถูกขนย้ายหรือถ่ายทอดให้กับรากของต้นไม้ด้วย Morrison(36) ได้ทำการทดลอง และ พบว่าสารกัมมันตรังสีฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในบริเวณรากของพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซ่า จะถูกดูดซึมขึ้นสู่ส่วนยอดและหยุดการดูดซึมลงในระยะเวลา2 ถึง 3 วันในขณะที่ในรากพืชที่มีไมคอร์ไรซ่าจะมีการดูดซึมสารกัมมันตรังสีฟอสฟอรัสในอัตราที่สม่ำเสมอเป็นเวลานานถึง 21 วัน จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะทำหน้าที่ดูดซึมและสะสมแร่ธาตุไว้ภายในสายใยในส่วนของแผ่นแมนเทิลและจะถ่ายทอดธาตุอาหารต่างๆเหล่านั้นให้แก่ต้นไม้อีกทอดหนึ่ง(37,38,39,40,41) นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านซึ่งได้รายงานถึงการช่วยดูดซับแร่ธาตุต่างๆเช่น แคลเซี่ยม โปแตสเซี่ยม ทองแดง โมลิบดินัม แมกนิเซี่ยม และ สังกะสี(26,42,43,44) โดยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าให้แก่พืช ซึ่งจากการศึกษาของนักวิจัยหลายๆท่านได้ให้ข้อสังเกตว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าอาจจะสามารถละลายแร่ธาตุซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ให้มาอยู่ในรูปสารประกอบที่พืชนำไปใช้ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากราเอคโตไมคอร์ไรซ่าหรือจุลินทรีย์อื่นๆที่อาศัยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันกับราเอคโตไมคอร์ไรซ่า สร้างกรดอินทรีย์(Organic acid) บางชนิดเช่น กรดอาซิติก (Acetic acid) หรือ กรดแลคติก (Lactic acid) มาละลายแร่ธาตุต่างๆให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (1)

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณแร่ธาตุและสารอาหารซึ่งสะสมอยู่ในแผ่นแมนเทิลของ Fagus mycorrhiza เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับปริมาณที่มีในสารละลายเริ่มต้น

สาร	ความเข้มข้นเริ่มต้น	เปอร์เซ็นต์ที่พบในแผ่นแมนเทิล	เอกสารอ้างอิง
$H_2PO_3^-$	1.0 mM	95	32,33
NH_4^+	10.0 mM NH Cl	65	45
Rb^+	0.1 Mm	62	46
Glucose	27.7 Mm	70	32

2. ช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อโรคพืช ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าช่วยป้องกันการติดเชื้อโรคบางชนิดที่บริเวณรากพืชได้ โดย Ross และ Marx(47)ได้ทำการทดลองโดยการใส่รา *Rhizoctonia solani* ซึ่งเป็นราที่ก่อให้เกิดโรคแก่พืชลงไปในแปลงกล้าสนเปรียบเทียบกันระหว่างกล้าสนที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ากับกล้าสนซึ่งไม่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า พบว่ากล้าสนที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า จะมีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดที่สูงกว่ากล้าสนที่ไม่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Marx(48,49,50,51,52,53) ได้ทำการทดลองเช่นเดียวกันโดยใส่รา *Phytophthora cinnamomi* ซึ่งเป็นราที่ก่อให้เกิดโรคแก่พืชลงไปในแปลงกล้าสนเพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างกล้าสนที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ากับกล้าสนซึ่งไม่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือนกล้าสนที่ไม่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอด 40 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่กล้าสนที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และ Marx ยังพบอีกด้วยว่าอัตราการเจริญของกล้าสนที่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่าไม่ได้ลดลงเนื่องจากการใส่รา *Phytophthora cinnamomi* โดยเมื่อทำการหาน้ำหนักแห้งของรากกล้าสนพบว่ากล้าสนซึ่งไม่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่ามีน้ำหนักแห้งของรากน้อยกว่ากล้าสนที่มีการสร้างไมคอร์-ไรซ่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านที่ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่า ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าสามารถที่จะช่วยป้องกันการติดเชื้อโรคบางชนิดให้แก่พืชได้ (54,55,56,57,58,59) ทั้งนี้ได้มีผู้ศึกษาถึงกระบวนการในการป้องกันการติดเชื้อโรคพืชโดยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าซึ่งมีกระบวนการป้องกันหลายกระบวนการได้แก่

2.1 การสร้างเกราะป้องกัน (Machanical Barrier) โดยปกติเชื้อที่ก่อโรคให้แก่พืช จะเข้าสู่เซลอีพิเดอมิสของรากซึ่งเป็นเซลที่มีผนังบาง และ จะลามเข้าสู่ชั้นคอร์เทคทำอันตรายต่อรากพืชต่อไป มีผู้ที่ทำการวิจัยหลายท่าน(60,61,62,63,64) พบว่าเมื่อรากมีการติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะพันรอบและครอบคลุมรากเกิดเป็นแผ่นแมนเทิลห่อหุ้มราก ป้องกันการเข้าสู่รากพืชของเชื้อที่ก่อโรคพืชต่างๆรวมทั้งป้องกันการเข้าสู่รากโดยไส้เดือนฝอยด้วย ใยฮาร์ติคซึ่งล้อมรอบเซลคอร์เทคจะทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการเข้าสู่เซลคอร์เทคของรากพืชอีกชั้นหนึ่งด้วยนอกจากนี้ Sylvia และ Sinclair (65,66,67,68) ได้ทำการทดลองและพบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *Laccaria laccata* สามารถช่วยป้องกันการทำลายรากของ Douglas firโดยเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ได้โดยการเพิ่มการสะสมสาร Osmiophilic materialในเซลคอร์เทคของรากเป็นจำนวน

มาก ทำให้ผนังเซลคอร์เทคหนาขึ้นจนกระทั่ง *Fusarium oxysporum* ไม่สามารถเข้าสู่เซลชั้นคอร์เทคได้

2.2 การใช้สารอาหารโดยราเอคโตไมคอร์ไรซ่า (Nutrient utilization) Zak (69)ได้ตั้งข้อสังเกตว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าใช้สารคาร์โบไฮเดรทที่ปล่อยออกมาจากรากพืชได้หมดในขณะที่อาศัยอยู่ร่วมกัน ดังนั้นจึงไม่มีคาร์โบไฮเดรทที่เหลือออกมากระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อโรคที่อยู่ในดินบริเวณโดยรอบรากที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า

2.3 การสร้างสารปฏิชีวนะ Zax(69,70) และ Marx(48) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าสามารถสร้างสารปฏิชีวนะที่ยับยั้งหรือทำลายโรคพืชบางชนิดได้เช่นโรครากเน่าที่เกิดจากราพวก *Phytophthora* spp. และ *Pythium* spp. Krupa และFries (71) ได้ทำการทดลองพบว่า *Pinus sylvestris*โดยปกติจะมีการสร้างและปลดปล่อยสารระเหยจำพวก ไอโซบิวทานอล, กรดไอโซบิวเทอริก และ สารเทอร์พีน ซึ่งสามารถทำลายเชื้อก่อโรคพืชบางชนิดลงสู่ดินในบริเวณราก เมื่อทำการทดลองโดยการใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าลงไปเพื่อให้เกิดการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะกระตุ้นให้มีการสร้างสารระเหยดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ได้มีผู้ทำการศึกษาใน*Pinus echinata* พบว่าเมื่อมีการสร้างไมคอร์ไรซ่าจะทำให้มีการปลดปล่อยสาร 3-carene เพิ่มขึ้นจากปกติถึง 30 เท่า และพบว่า *Cenococcum graniforme* สามารถกระตุ้นให้พืชในตระกูลสนบางชนิดสร้าง β-phellandrene เพิ่มขึ้นจากปกติถึง 40 เท่าซึ่งสารทั้งสองนี้มีผลในการยับยั้งการเจริญของราก่อโรคพืชหลายชนิด(72,73) Marx(74,75)ยังพบอีกด้วยว่าในขณะที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าในพืชจำพวกยาสูบ ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะกระตุ้นให้ต้นยาสูบสร้างสาร Arginine และหลั่งออกมาจากบริเวณรากอันเป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการสร้าง Chlamydospore ของรา *Thielaviopsis basicola* ซึ่งเป็นราที่ก่อโรคในต้นยาสูบ

3.ช่วยให้รากพืชที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าทนต่อสภาพความเป็นกรดด่างของดินที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ Marx และ Artman (76) รายงานถึงความทนต่อความเป็นกรดโดยได้ทำการทดลองปลูกสนในดินที่เป็นกรดแถบเหมืองถ่านหิน(Acid coalmine spoils) ซึ่งมีความเป็นกรดด่างประมาณ 3 พบว่าสนที่ทำการปลูกโดยมีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าร่วมอยู่ด้วย

สามารถอยู่รอดและมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าสนที่ไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าร่วมอยู่ด้วย นอกจากนี้ McComb (77) ได้พบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่า สามารถช่วยให้การเจริญเติบโตของสนดีขึ้นในดินที่มีสภาวะเป็นด่างซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง ประมาณ 8.5

4. ช่วยให้รากของพืชที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าทนต่ออุณหภูมิสูงของดิน Marx (78) Momoh และ Gbadegesin (79) Hung และ Chien (80) ได้ทำการทดลองพบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tincthorius* สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 42 องศาเซลเซียสในอาหารเลี้ยงเชื้อและเมื่อเติมราเอคโตไมคอร์ไรซ่าชนิดนี้ให้แก่พืชตระกูลสน *Pinus taeda* ซึ่งเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปกติประมาณ 10 องศาเซลเซียส พบว่า *P. taeda* ที่เติมราเอคโตไมคอร์ไรซ่าสามารถเจริญได้ดีกว่าที่ไม่ได้เติมราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ที่อุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส

5. สร้างฮอร์โมนให้แก่พืช ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าสร้างสารจำพวกฮอร์โมนพืชขึ้นมาเพื่อช่วยในการสร้างไมคอร์ไรซ่ากับรากพืช(81,82,83,84)โดยทั่วไปราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะสร้างฮอร์โมนพืชได้แก่ auxin, ethylene และ มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าบางชนิดสร้างฮอร์โมน cytokinin ขึ้น ซึ่งฮอร์โมนพืชที่ถูกสร้างขึ้นจะมีผลในการช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของพืชที่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่านั้นๆ ฮอร์โมนเหล่านี้ได้แก่

5.1 Auxin ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าหลายสายพันธุ์สามารถสร้างสาร auxin และสารประกอบอินโดล(Indole compound) บางชนิดได้โดยที่สาร auxin ซึ่งถูกสร้างขึ้นมานั้นจะมีผลทำให้เกิดการแตกแขนง(dichotomous branching) ของรากซึ่งทำให้รากเกิดเป็นลักษณะคล้ายส้อมเสียงขึ้น รวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะบางประการของรากพืช เช่น พืชตระกูลสน *Pinus* spp.ด้วย(82,85) Ek(86) รายงานถึงการสร้างสาร auxin เมื่อมีการเลี้ยงราเอคโตไมคอร์ไรซ่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งพบว่าจากราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่แยกได้ 19 สายพันธุ์ มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าถึง 17 สายพันธุ์ที่มีการสร้างสารauxin Rouillon(87) และ Bruchet(88) ได้ทำการทดลองและพบว่า ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *Hebeloma hiemale* สามารถสร้างสาร auxinได้ Mitchell(89)ได้รายงานถึงปริมาณ auxin ที่มีอยู่ในรากของ

สนเขา *P. echinata* ซึ่งมีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าร่วมกับราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tincthorius* พบว่ามีปริมาณ auxin มากเป็น 3 เท่าของที่พบในรากของสน *Pinus echinata* ซึ่งไม่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า Moser (90) ทำการทดลองเลี้ยงราเอคโตไมคอร์ไรซ่าหลายสายพันธุ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมี tryptophan เป็นแหล่งอาหารไนโตรเจนพบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าส่วนใหญ่สร้างสาร auxin ออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อยกเว้นรา *Phelgmacium* sp. ซึ่งสร้างสารประกอบ Indole propionic acid ขึ้นมาแทนและพบว่าการสร้างสารประกอบอินโดจะลดลงเมื่อใช้แหล่งอาหารไนโตรเจนอื่นๆแทนการใช้ tryptophan Ulrich (91) ได้ทำการทดลองโดยเลี้ยงราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *Suillus variegatus* *S. granulatus* และ *S. luteus* ในอาหารซึ่งไม่มี tryptophan พบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าดังกล่าวสามารถที่จะสร้าง auxin ขึ้นมาได้ แต่ปริมาณ auxinจะมีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติม tryptophan ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น นอกจากนี้ Horak(92) Shemakhanova(93) Tomaszewski และ Wojceichowska (94) และ HarleyและSmith(85) ยังได้รายงานถึงการสร้าง auxinโดยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าสายพันธุ์ต่างๆด้วย

5.2 Ethylene Lynch(95) และ Lynch และHarper(96) ได้ทำการทดลองพบว่ามีการสร้าง ethylene ขึ้นเป็นปริมาณมากในบริเวณรากพืชที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่า Graham และ Linderman(97) ได้ทำการทดลองเลี้ยงราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจำนวน 23 สายพันธุ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่เติม methionine ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสร้าง ethylene พบว่ามีการสร้าง ethylene ขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น ซึ่งGrahamและ Linderman ได้ตั้งข้อสมมุติฐานว่า ethylene อาจจะมีส่วนสำคัญในการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่าระหว่างราเอคโตไมคอร์ไรซ่ากับรากพืช เนื่องจากเมื่อ Graham และ Linderman ได้ทำการทดลองให้สาร ethylene แก่รากพืชตระกูลสน และพืชกลุ่มคอนนิเฟอร์(Conifer) จะสังเกตพบการเปลี่ยนแปลงบางประการขึ้นที่รากในส่วนของเซลคอร์เทค ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในเซลคอร์เทค ของรากพืชตระกูลสน และคอนนิเฟอร์ที่มีการสร้างไมคอร์ไรซ่า และเมื่อใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าลงไปพบว่ามีปริมาณ ethylene เพิ่มมากขึ้นในบริเวณราก (rhizosphere) Wilson และ Field(98) ได้สังเกตพบการสร้างdichotomous branching ขึ้นที่รากสนเมื่อมี ethylene ซึ่งRupp และMudge(99) ก็ได้สังเกตพบเช่นเดียวกัน และยังพบอีกด้วยว่าการสร้างdichotomous branching ในสนจะถูกยับยั้งโดยการเติมสาร ethephon

5.3 Cytokinin Miller(100) ได้ทำการทดลองพบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าบางชนิดสามารถสร้าง cytokinin ได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่ง Ng(101) ได้รายงานถึงการสร้าง cytokinin ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยรา *Rhizopogon roseolus*, *S. cothurnatus* , *S. punctipes* และ *Amanita rubescens* ซึ่ง Ho (102) Harley และ Smith (85) และ HanleyและGreene(103) ก็ได้รายงานถึงการสร้าง cytokinin โดยราไมคอร์ไรซ่าบางชนิดด้วย

นอกจากราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจะมีคุณสมบัติต่างๆตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นอย่างดีแล้วยังพบว่าในพืชที่สำคัญในการปลูกป่าบางชนิดที่มีความจำเป็นต้องมีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าอาศัยร่วมอยู่ด้วยเพื่อการเจริญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ในตระกูลสนเขา(*Pinus* spp.)หากสนเขาเหล่านี้ขาดราเอคโตไมคอร์ไรซ่าแล้ว จะทำให้การเจริญเติบโตชงักทันทีแม้จะใส่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเป็นจำนวนมากต่อกล้าไม้ให้แล้วก็ตาม(2) แต่ทั้งนี้การที่จะนำราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามาใช้ร่วมปลูกพืชเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดดังที่กล่าวมาในข้างต้นนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ Inoculum medium ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเนื่องจาก Inoculum medium เป็นตัวกลางที่จะใช้เพิ่มปริมาณราเอคโตไมคอร์ไรซ่าให้มีปริมาณมากเพียงพอที่จะใช้ตามความต้องการ ดังนั้น Inoculum mediumที่จะเลือกนำมาใช้ จึงต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่จะใช้ด้วยในระยะแรกInoculumของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่ใช้ในการปลูกพืชจะใช้ดินในบริเวณรอบๆต้นไม้ที่มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่านำไปใส่ในดินที่ไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ซึ่งได้มีทำการทดลองในปี1902ที่ประเทศเคนย่า(104)โดยการนำดินในป่าสนเขาที่ประเทศอัฟริกาใต้มาใส่ลงในบริเวณที่จะทำการปลูกสนเขา *Pinus radiata* แล้วทำการปลูกสนเขาดังกล่าวซึ่งก็ให้ผลที่ดีพอสมควร ข้อเสียของInoculumราเอคโตไมคอร์ไรซ่าชนิดนี้คือความสิ้นเปลืองค่าขนส่งดินจากที่หนึ่งไปสู่ที่ที่ห่างไกล สิ้นเปลืองแรงงาน และยังเป็นการเสี่ยงที่จะนำแมลง หรือโรคพืชไปสู่ระบบนิเวศน์แห่งใหม่อีกด้วย ได้มีความพยายามที่จะนำเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่าบริสุทธิ์มาใช้เป็น Inoculum โดยให้ราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามีการเจริญ Inoculum medium ที่มีองค์ประกอบต่างๆกัน ซึ่ง Bowen (105) Mexal(106) Trappe(107) และ Marx(108)

018326

ได้รายงานถึงการใช้ Inoculum ชนิดนี้ว่ามีผลดีเนื่องสามารถหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของเชื้อโรคพืชต่างๆได้ ในปี 1950 Moser(109)ได้ทำการทดลองเตรียม Inoculum medium ของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่าบริสุทธิ์ โดยแยกราเอคโตไมคอร์ไรซ่าออกจากรากของพืชตระกูลสนเขา *P. cembra* และเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวในภาชนะขนาดบรรจุ 10 ลิตรเป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นจึงถ่ายลงในภาชนะบรรจุขนาด 5 ลิตร ซึ่งมีพีท(peat)ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วอยู่ภายในและบ่มต่อไปอีก 2 เดือนก่อนนำไปใช้ ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นที่น่าพอใจ Takacs (110) Theodorou และ Bowen(111) และ Vozzo และ Hacskaylo (112) ได้ทำการทดลองเตรียม Inoculum medium โดยปรับปรุงจากวิธีการของ Moser โดยใช้เวอร์มิคิวไลท์และเมล็ดธัญญพืช แทนการใช้พีทซึ่งก็ให้ผลดีในการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ากับพืชตระกูลสนเขา จากแนวความคิดของ Moser ทำให้มีการทดลองนำเอา Inoculum ชนิดที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์ ซึ่งราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่ใช้ในการทดลองคือ *Pisolithus tinctorius* มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชตระกูลสนเขาในแหล่งดิน Acid coal spoils ในรัฐ Kentucky และ Verginia และ ดิน Anthracite coal wastes ในรัฐ Pennsylvania ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่ง Schramm(113) Lampky และ Peteson(114) Meyer(115) Nile และ Hennen(116) Marx(117) Marx และ Artman(118) และ Medve(119) ได้รายงานผลการทดลองพบว่า พืชตระกูลสนเขาซึ่งทำการปลูกในดินดังกล่าวและมีการเติม Inoculum ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tincthorius* มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพืชตระกูลสนเขาซึ่งปลูกโดยไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซ่า Marx(108) ได้รายงานถึงการทดลองเตรียม Inoculum medium ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า เพื่อใช้ในการทดลอง โดยการใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าใน Inoculum medium ที่ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MMN ชนิดเหลว เวอร์มิคิวไลท์ และ พีท บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ถึง 4 เดือน เนื่องจากเวอร์มิคิวไลท์มีลักษณะตามธรรมชาติเป็นแผ่นซ้อนๆกันเป็นชั้นๆภายในมีช่องว่างหรือรูพรุนเป็นจำนวนมาก จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่การเจริญและช่วยป้องกันราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจากสภาวะแวดล้อมบางประการที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า และเนื่องจากการที่เวอร์มิคิวไลท์มักจะมีคุณสมบัติเป็นด่างดังนั้น Marx จึงได้เติมพีทซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดลงไปเพื่อทำให้ Inoculum medium ที่ได้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ซึ่งทั้งนี้มีนักวิจัยหลายท่านได้ใช้ Inoculum medium ชนิดเดียวกันนี้ในการทดลองเกี่ยวกับราเอคโตไมคอร์ไรซ่าและได้ผลดีในการสร้างเอคไมคอร์ไรซ่าระหว่างราเอคโตไมคอร์ไรซ่า กับพืชที่ใช้ในการทดลอง (120,121,122,123,124,125,126)

ได้มีการทำ Inoculum ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าขึ้นมาเพื่อใช้ในทางการค้าภายใต้ชื่อ MycoRhiz โดย Abbott Laboratories โดยคำแนะนำของ Donald H. Marx แห่ง The Institute for Mycorrhizal Research and Development (IMRD) (26, 127) โดยการผสมเวอร์มิคิวไลท์ อาหารเลี้ยงเชื้อ MMN ชนิดเหลว และ ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ลงในถังหมัก ซึ่งโดยปกติจะมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 8.0 ถึง 8.2 จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างด้วยพีท จนมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 5.0 ถึง 5.8 ทำให้แห้งลงโดยให้มีความชื้นเท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์นำมาเก็บใส่ถุงไว้ที่อุณหภูมิ 5องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาใช้ ซึ่งMarx(127)ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซ่ากับพืชตระกูลสนเขา ระหว่างราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ซึ่งเตรียมโดย IMRD โดยใช้ Inoculum medium ที่ประกอบด้วยเวอร์มิคิวไลท์ และ พีท กับ Inoculum ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าทางการค้า MycoRhiz ใน Container-grown Tree Seedlings พบว่าพืชตระกูลสนเขาที่ใช้ในการทดลองซึ่งใช้ Inoculum ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าทางการค้า MycoRhiz มีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันกับพืชตระกูลสนเขาที่ใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ซึ่งเตรียมโดย IMRD โดยใช้Inoculum mediumที่ประกอบด้วยเวอร์มิคิวไลท์และพีท

สำหรับการเพาะกล้าสนเขาเพื่อการปลูกป่าในประเทศไทยนั้นยังคงใช้ดินจากป่าสนตามธรรมชาติหรือจากสวนป่า (2) โดยขุดเอาหน้าดิน(Top soil) ลึกประมาณ 10 - 15 ซม. ซึ่งจะมีราเอคโตไมคอร์ไรซ่าอยู่ตามธรรมชาติ คลุกผสมกับดินที่จะใช้เพาะชำกล้าไม้แล้วนำมาเพาะกล้าไม้สนที่ต้องการ โดยยังไม่มีการใช้ Inoculum ร่วมในการปลูกป่าแต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่มีต่อพืชที่สำคัญในการปลูกป่าและปัญหาการเสื่อมสภาพของป่าไม้ในประเทศไทยที่มีอยู่ในปัจจุบันแล้ว จะเห็นได้ว่าวิธีการหนึ่งที่จะทำให้การฟื้นฟูสภาพป่าไม้ในประเทศไทยให้ประสพผลสำเร็จและได้ผลดีได้แก่การนำความรู้และเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อฟื้นฟูสภาพของป่าไม้อาทิเช่นการนำราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามาใช้ร่วมในการปลูกสร้างสวนป่า ด้วยประโยชน์และข้อดีของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้น ประกอบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในระดับต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะคัดเลือก และแยกราไมคอร์ไรซ่าที่มีประสิทธิภาพสูงจากแหล่งธรรมชาติในประเทศไทยเพื่อใช้ในการเร่งอัตราการเจริญของสนสามใบซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจเพื่อใช้ในโครงการปลูกป่าต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อแยก และ คัดเลือกราเอคโตไมคอร์ไรซ่า จากรากของกล้าสนในแหล่งต่างๆในประเทศไทย

2. เพื่อหาสูตรการเตรียมInoculum mediumของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่แยกได้เพื่อใช้ผสมกับวัสดุที่ใช้ในการเพาะกล้าสน

3. เพื่อคัดเลือกหาราที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการเจริญของกล้าสนสามใบโดยการเปรียบเทียบอัตราการเจริญของสนสามใบที่ใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่แยกได้ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า