บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

กล้วยไม้ดิน หมายถึง กล้วยไม้ที่ขึ้นตามพื้นดินหรือซอกหินที่มีพืชที่สลายตัวผุพังแทรกอยู่ โดยมากกล้วยไม้ดินมักมีการเจริญเติบโตเป็นฤดูกาล และอาจมีหัวเทียม (pseudobulb) หรือเหง้า (rhizome) หรือส่วนที่สะสมอาหารใต้ดิน ซึ่งอาจเป็นส่วนของต้นแบบหัวแน่น (tuber) หรือส่วนของราก (tuberous root) อยู่ที่ระดับผิวดินหรือใต้ดิน มีช่วงของการมีใบ ดอก และฝัก เฉพาะฤดูกาลเท่านั้น จัดเป็นพวกพืชล้มลุกหลายฤดู (perennial herb) ดังนั้นจึงพบเห็นได้น้อยในธรรมชาติ (อบฉันท์, 2543) เช่น กล้วยไม้สกุลฮาเบนาเรีย (*Habenaria*) สกุลเพคไตลิส (*Pecteilis*) ฯลฯ เมื่อนำมาปลูกเลี้ยงในช่วงฤดูแล้งต้องแยกไว้ต่างหาก ไม่รดน้ำเพราะทำให้หัวเน่า กล้วยไม้อีกประเภทหนึ่งเป็นพวกรากกึ่งดิน คือ กล้วยไม้สกุลร้องเท้านารี (*Paphiopedilum*) พวกนี้มักขึ้นอยู่ตามซอกหินที่มีใบไม้ผุทับถมกันอยู่ และเป็นพวกที่ไม่ทิ้งใบ มีสีเขียวตลอดปี (ครรชิต, 2547)

กล้วยไม้สกุลอะรุนดินา (*Arundina)*

ในประเทศไทยมีเพียงชนิดเดียวเท่านั้นคือ *Arundina graminifolia* มีรายงานว่าเอื้องไผ่ชนิด *Arundina graminifolia* (D.Don) Hochr. มีชื่อสามัญว่า bamboo orchid เนื่องจากมีลักษณะการเจริญเติบโตของต้นคล้ายกับต้นไผ่ (Holttum, 1969) เป็นสกุลใกล้เคียงกันกับสกุล *Dilochia*, *Habenaria*, *Phaius* และ *Spathoglottis* เป็นกลุ่มของกล้วยไม้ดินที่มีจำนวนชนิดในสกุลค่อนข้างน้อย (Chris, 1985) กระจายตัวอยู่ทั่วไปในจีนตอนใต้ แหลมมลายู จนถึงมาเลเซีย อินโดนีเซีย และมหาสมุทรแปซิฟิก (Bose and Bhattacharjee, 1980; Chris, 1985; Siedenfaden and Smitinand, 1959 Kamemoto and Sagarik, 1975) ศรีลังกา ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม ไต้หวัน และหมู่เกาะชวา (Yonggee, 1997) เนปาล (Sheehan and Sheehan, 1979) เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย และหมู่เกาะแปซิฟิก (Wagner *et al*., 1999) เจริญเติบโตและออกดอกในสภาพป่าที่พื้นดินปกคลุมไปด้วยซาก อินทรียวัตถุเน่าเปื่อยหรือในดินร่วนระบายน้ำดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุทธินันท์, 2548; Beaman *et al*., 2001)

ลำต้น ส่วนที่เป็นลำต้นที่แท้จริง คือ ส่วนที่เรียกว่า หัว ซึ่งมีลักษณะหัวแบบคอร์ม และส่วนที่เห็นเป็นลำต้น คือ ลำต้นเทียม (pseudobulb) มีลักษณะเรียวยาวคล้ายดินสอ ตั้งตรงสูง 1.5-2.5 เมตร ลำต้นหรือหัวมีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวแก่ ประกอบด้วยข้อและปล้อง บริเวณโคนต้นมีข้อและปล้องถี่ เป็นที่เกิดของรากและหน่อใหม่ หลังจากที่ต้นเจริญเติบโตเต็มที่และออกดอก จึงเริ่มเกิดตายอดใหม่จากข้อใกล้ปลายยอดแทงผ่านกาบใบเก่า และพัฒนาขึ้นจนเกิดเป็นส่วนของต้นที่ เรียกว่า ตะเกียง (bulbil) ที่มีใบและรากขนาดเล็ก

ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปหอก ปลายใบแหลมคม เส้นใบเรียงตัวขนานตามความยาวใบ ผิวใบด้านบนเป็นร่องตามแนวเส้นกลางใบ ใบยาว 12-30 เซนติเมตร กว้าง 1.6-2.5 เซนติเมตร โคนใบสอบ มีลักษณะเป็นกาบใบหุ้มลำต้น กาบใบมีสีเขียว เมื่อเจริญเต็มที่มีสีน้ำตาลติดกับลำต้น ใบเรียงตัวสลับตามข้อของลำลูกกล้วย

ช่อดอก เป็นช่อเดี่ยวแบบกระจะและสามารถแตกเป็นช่อแขนงได้ ดอกย่อยมี 2-6 ดอกต่อช่อ ก้านช่อดอกตั้งตรง ยาว 15-30 เซนติเมตร มีสีเขียวจนถึงสีแดงม่วง ดอกย่อยทยอยบานทีละดอกบานจากโคนช่อไปยังปลายช่อ

ดอก ดอกออกที่ปลายยอด มีกลีบเลี้ยง 3 กลีบ ลักษณะเรียวรูปหอกขนาด 1.1×3.8 เซนติเมตร มีสีขาวอมชมพู กลีบเลี้ยงด้านบนบริเวณปลายกลีบบิดโค้งมาทางด้านหน้าดอก กลีบเลี้ยงด้านล่างแนบติดกับกลีบปาก กลีบดอกมี 3 กลีบ รูปเรียวจนถึงรูปไข่หัวกลับขนาด 2.2×3.9 เซนติเมตร มีสีขาวชมพูจนถึงสีม่วงแดงเข้ม กลีบปากมีขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น ยาว 4-5 เซนติเมตร ลักษณะของปากมีความแปรปรวนในแต่ละพื้นที่ ปลายกลีบปากหยักเว้าเป็นคลื่น 2-3 ร่อง กลีบปากมีขนอ่อนสีขาว โคนกลีบปากประมาณ 1 ใน 3 ส่วน ม้วนเป็นหลอดห่อหุ้มเส้าเกสรไว้แบบหลวมๆ ปลายกลีบปากมีสีเข้มกว่าส่วนอื่น มีปื้นสีเหลืองกลางปาก เส้าเกสรมีขนาดเล็ก โค้งมาทางด้านหน้า เกสรเพศผู้และเพศเมียรวมอยู่ด้วยกันในเส้าเกสร รังไข่อยู่ใต้วงกลีบเลี้ยงและกลีบดอก รังไข่มี 3 พูเชื่อมติดกันเป็นช่องเดียว ภายในช่องมีไข่อ่อนจำนวนมากติดอยู่ด้านข้างของรกตามแนวตะเข็บ มีเกสร 4 กลุ่ม 8 ก้อน ดอกออกตลอดปี (ภาพที่ 1)

ผล เป็นรูปกระสวย มีสันบนฝัก 6 สัน ตามแนวตะเข็บ ฝักยาว 3.5 - 5.5 เซนติเมตร มีเมล็ด 30,000-80,000 เมล็ดต่อฝัก มีความสมบูรณ์ของเมล็ดประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ฝักเจริญเต็มที่มีสีเขียว ฝักแก่มีสีน้ำตาล เป็นแบบผลแห้งแล้วแตกออกตามแนวตะเข็บ เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน มีลักษณะเป็นฝุ่นผงคล้ายแป้ง กระจายพันธุ์ได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1 ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินเอื้องไผ่

กล้วยไม้สกุลสปาโธกล๊อททิส (*Spathoglottis*)

กล้วยไม้ดินเอื้องดินใบหมาก จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spathoglottis plicata* Blume มีชื่อท้องถิ่นว่า กล้วยไม้ดิน เอื้องดิน (กรุงเทพฯ) ว่านจุก และกระเทียมป่า (ตราด) ถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศฟิลิปปินส์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา นิวกินี ฮาวาย หมู่เกาะแคโรไลน์ และฟลอริด้าตอนใต้ (ระพี, 2516) โดยในประเทศไทยพบในจังหวัดตราด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ตรัง ปัตตานี และยะลา (สลิล และนฤมล, 2545)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (ระพี, 2516; อบฉันท์, 2544)

ลำลูกกล้วย เป็นรูปไข่หรือรีแกมรูปไข่ สีเขียวอ่อนหรือเข้ม เจริญเป็นกลุ่มแน่นอย่างไม่เป็นระเบียบขนาด 2-3 × 3-5 เซนติเมตร มีแนวข้อปล้องชัดเจน

ใบ ใบยาวเรียวแหลมคล้ายหอกและปลายใบพับลง อาจมีความยาวได้ถึง 1 เมตร กว้าง 3-6 เซนติเมตร และมีรอยจีบหลายรอยขนานเรียงถี่กันจากโคนถึงปลายใบ

ช่อดอก ช่อดอกเป็นแบบกระจะ (raceme) เกิดบริเวณโคนลำลูกกล้วย เป็นช่อตั้งตรงสูง 60-100 เซนติเมตร ก้านช่อดอกมีลักษณะกลมแข็ง ดอกเกิดที่ปลายช่อค่อนข้างแน่น ทยอยบานเป็นเวลานาน โดยมีจำนวนดอก 5-25 ดอกต่อช่อ

ดอก มีกลีบรองดอก (bract) สีม่วงรองรับติดแน่นกับดอก กลีบดอกมีขนาดเท่าๆกัน มีสีแดงอมม่วงหรือสีม่วงอมชมพู กลีบดอกและกลีบในมีรูปไข่เรียวแคบ และกลีบในมักโค้งงอปากสั้นและผอม แต่มีสีเข้มกว่ากลีบอื่นๆ ปากมี 3 แฉกเด่นชัด ลักษณะของหูปากโค้งขึ้นทั้งสองข้าง แผ่นปากโคนแคบ สองข้างโคนมีเขี้ยวเล็กแหลมข้างละเขี้ยว และส่วนบนของโคนปากมีปุ่มสองปุ่มอยู่คู่กัน เส้าเกสรผอมตอนโคนและโค้งปลายลง โคนเส้าเกสรไม่มีฐาน เกสรตัวผู้มี 2 ชุดๆ ละ 4 เม็ด ก้านดอกยาว 3-4 เซนติเมตร ขนาดดอก 2-4 เซนติเมตร (ภาพที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2 ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินเอื้องดินใบหมาก

กล้วยไม้สกุลฮาเบนาเรีย (*Habenaria*)

กล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรีย จัดอยู่ในวงศ์ Orchidoideae ฮาเบนาเรียเป็นกล้วยไม้ดินสกุลใหญ่ มีรายงานว่า พบมากกว่า 500 ชนิด ทั้งในเขตหนาวและเขตร้อน พบมากที่สุดในเอเชีย แอฟริกา และเขตร้อนทางตอนใต้ของอเมริกา มีหัวแบบแน่น (tuber) และรากอวบน้ำ ใบเรียบ มีกาบใบที่โคนต้น ช่อดอกเป็นแบบช่อเชิงลด (spike) หรือแบบกระจะ (raceme) สีดอกโดยทั่วไปเป็นสีเขียวหรือขาว แต่บางชนิดมีสีเหลือง ส้ม ชมพูหรือแดง กลีบนอกบนสั้นกว่ากลีบนอกคู่ล่าง กลีบในเป็นแผ่นเดียวหรือมีรอยหยัก 2 รอย ปากเชื่อมติดกับเส้าเกสรเป็นแผ่นเดียวหรือมีรอยหยัก 3 รอย มีเดือยดอกที่โคนปากเส้าเกสรสั้นมากและมีโครงสร้างที่ซับซ้อน viscidia ยื่นออกมาจากช่องเกสรเพศผู้ จงอยมีขนาดเล็กตั้งตรง มีช่องเกสรเพศผู้ขนาบอยู่ทั้ง 2 ข้าง เป็น perennial herb ที่ยุบตัวหลังจากออกดอก และพักตัวนาน 6 เดือน (Sheehan and Sheehan, 1979)

กล้วยไม้ดินลิ้นมังกร หรือ สังหิน ปัดแดง จัดอยู่ในสกุลฮาเบนาเรีย พบได้ในภาคอีสานและภาคใต้ของประเทศไทย ดอกบานในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม ลักษณะของดอก มีกลีบนอกด้านบน และด้านล่าง มีขนาดเล็กและมีสีเขียว ส่วนที่สะดุดตา คือ ปาก มีรอยหยักเป็น 4 แฉก ขนาดยาวประมาณ 3 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีสีชมพูอ่อน ชมพูเข้ม ส้มและเหลือง (Vaddhanaphuti, 1997) (ภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก. ข. ค.

ภาพที่ 3 ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินลิ้นมังกร
ก. ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู
ข. ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีเหลือง
ค. ลักษณะดอกกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีส้ม

ลักษณะทั่วไปของเมล็ดกล้วยไม้ดิน

เมล็ดกล้วยไม้ดินมีขนาดเล็กมาก ความกว้างประมาณ 0.07-0.40 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 0.11-1.97 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4) ในหนึ่งฝักอาจมีเมล็ดมากถึงพันเมล็ด กล้วยไม้ในเขตร้อนส่วนใหญ่ มีน้ำหนักเมล็ดน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม นอกจากนั้นเปลือกหุ้มเมล็ดยังถูกปกคลุมด้วยชั้นไขมันที่สามารถป้องกันน้ำได้ (Rasmussen, 1995)

ภาพที่ 4 ลักษณะเมล็ดกล้วยไม้ดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดและการงอก (สมบุญ, 2548)

เมล็ดเกิดจากไข่ (ovule) ที่ได้รับการผสมเกสรแล้ว ซึ่งเจริญไปเป็นเอมบริโอ และมีเอนโดสเปิร์มเป็นอาหารให้ต้นอ่อนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป ในพืชมีดอกนั้นเมล็ดเป็นส่วนสำคัญทำให้พืชดำรงสายพันธุ์อยู่ได้ พืชบางชนิดมีเมล็ดขนาดเล็ก สร้างเมล็ดได้ครั้งละปริมาณมากๆ และสามารถแพร่กระจายไปในแหล่งต่างๆ ทั่วโลก พืชที่มีเมล็ดแพร่กระจายได้ในระบบนิเวศต่างกัน สามารถงอกและปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ในระบบนิเวศนั้นๆ เมล็ดพืชบางชนิดมีการปรับตัวโดยมีระยะพักตัว (dormancy stage) เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมเมล็ดสามารถงอกได้

กระบวนการงอกของเมล็ด (สมบุญ, 2548)

การงอกของเมล็ด (seed germination) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช โดยเริ่มจากรากอ่อน (radicle) แทงพ้นเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ออกมาในสภาพที่เมล็ดได้รับความชื้นที่พอเหมาะ พร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมีเกิดขึ้นดังนี้ คือ

1. การดูดน้ำของเมล็ด (imbibition) เมล็ดแก่มีน้ำอยู่น้อย เมื่อเมล็ดได้รับความชื้นประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่า เมล็ดไม่สามารถงอก เมื่อเมล็ดได้รับความชื้นจากภายนอกอย่างเพียงพอ เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัวลง เมล็ดเกิดการดูดน้ำ ทำให้เมล็ดพองตัวขยายขนาดและน้ำหนักเพิ่ม มีผลทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกในเวลาต่อมาได้ ซึ่งทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดได้มากขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึม ภายหลังการดูดน้ำของเมล็ด น้ำเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด มีการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายอาหารที่สะสมในเมล็ด อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีการปลดปล่อยพลังงาน ATP ไปใช้ในกระบวนการงอก และการลำเลียงสารต่างๆ ภายในเมล็ด เช่น การงอกของเมล็ดข้าว ในขั้นตอนแรกพบว่า มีการกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ภายหลังการดูดน้ำของเมล็ด ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินควบคุมการสร้างเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในชั้นอะเลอโรน (aleurone layer) ซึ่งถูกส่งไปยังเอนโดสเปิร์ม เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากนี้มีการสร้างเอนไซม์อื่นๆ ได้แก่ นิวคลีเอส โปรตีเอส และอะไมเลส เป็นต้น เพื่อย่อยสลายสารอาหารที่สะสมไว้ (เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) สารอาหารที่ถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กลงนี้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน ถูกลำเลียงไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ได้แก่ ส่วนของเอมบริโอ ส่วนพลังงานที่ได้จากการออกซิไดส์สารอาหารหรือการหายใจ ถูกนำใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ทั้งกระบวนการสร้างและการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้จากการทำงานของเอนไซม์ นิวคลีเอส และโปรตีเอส ถูกกระตุ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสร้างฮอร์โมนไซโทไคนิน และออกซิน ที่เอนโดสเปิร์ม ฮอร์โมนเหล่านี้เคลื่อนที่ไปยังเอมบริโอเร่งการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ได้

3. การเจริญเติบโตของเอมบริโอ ภายหลังการสังเคราะห์เอนไซม์ ฮอร์โมน และการย่อยสลายสารต่างๆ ให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งถูกลำเลียงไปในส่วนของเอมบริโอแล้ว เอมบริโอเกิดการแบ่งตัวและขยายขนาดจนกระทั่งรากอ่อนแทงทะลุเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ในขั้นตอนสุดท้าย ส่วนปลายยอดก็แทงพ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา และเมื่อส่วนยอดโผล่พ้นพื้นดินแล้ว ต้นกล้ามีการเจริญสร้างใบแท้ ซึ่งมีสีเขียว ต้นอ่อนมีการสังเคราะห์แสงและเจริญเป็นต้นพืชปกติต่อไป ในขณะที่ใบเลี้ยง และเอนโดสเปิร์มมีขนาดเล็กลงและอาจหลุดร่วงไปในที่สุด

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด (สมบุญ, 2548)

1. น้ำ น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการงอกและการรอดตายของต้นอ่อน ภายหลังที่ต้นอ่อนโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาแล้ว เมล็ดสามารถงอกได้ในดินตั้งแต่ ค่าความชื้นของดินเท่ากับค่าจุดความชื้นสนาม (field capacity) จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) โดยอัตราการงอกลดลงเมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่าจุดกึ่งกลางค่าความชื้นสนามและค่าจุดเหี่ยวถาวร โดยปกติทั่วไปเมล็ดต้องมีความชื้นสูง 30-60 เปอร์เซ็นต์จึงงอก น้ำทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัว และช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซีส การสร้างเอนไซม์และฮอร์โมนต่างๆ ของเมล็ด น้ำเป็นตัวทำละลายของสารที่สะสมในเมล็ด และยังช่วยในการลำเลียงเคลื่อนย้ายสารตลอดจนธาตุอาหารภายในเมล็ดด้วย

2. ออกซิเจน เมล็ดที่กำลังงอกมีอัตราการหายใจสูง ต้องการออกซิเจนใช้ในกระบวนการหายใจ เพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เมล็ดงอกได้ดี ถ้ามีออกซิเจนเท่ากับหรือมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ พืชบางชนิด เช่น พืชน้ำสามารถงอกได้ดีในสภาพออกซิเจนต่ำความชื้นสูง โดยเมล็ดเหล่านี้อาศัยพลังงานจากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนเมล็ดที่ฝังลึกในดินมักไม่งอก เพราะออกซิเจนมีไม่เพียงพอ จึงอยู่ในระยะพักตัวระยะหนึ่งจนกระทั่งเมล็ดสามารถพ้นขึ้นเหนือดิน หรือใกล้ผิวดินจึงงอกได้ ตัวอย่างได้แก่ เมล็ดวัชพืชงอกหลังการไถพรวน

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช พืชเขตหนาวมักต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำในการงอก บางชนิดเมล็ดอาจต้องการอุณหภูมิที่ลดลงถึงใกล้จุดเยือกแข็งโดยเอนไซม์และปฏิกิริยาทางชีวเคมียังคงทำงานได้ ส่วนพืชเขตร้อนต้องการอุณหภูมิค่อนข้างสูงในการงอก ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดพืชเขตร้อนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส เมล็ดหญ้าพง (*Sorghum halepense*) สามารถงอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ที่อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส ในพืชบางชนิดพบว่าต้องการอุณหภูมิซึ่งต่างกันในช่วงกลางวันและช่วงกลางคืน หรือให้อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำการงอกเกิดได้ดี

4. แสง โดยปกติในสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสมเมล็ดสามารถงอกได้ทั้งในที่มืดและที่มีแสง เมล็ดพืชบางชนิดอาจต้องการแสงในการงอก ขณะที่เมล็ดพืชอีกหลายชนิดงอกได้เฉพาะในที่มืดเท่านั้น เมล็ดพืชที่ต้องการแสงในการงอกได้แก่ พวกวัชพืชต่างๆ หญ้า ยาสูบ ผักกาดหอม แครอท และพวกพืชเบิกนำ (pioneer species) ได้แก่ หญ้าคา สาบเสือ ปอต่างๆ เป็นต้น การงอกของเมล็ดที่ต้องการแสงพบว่ามีไฟโทโครม P_{730} หรือ Pfr เป็นตัวชักนำ ในสภาพที่มีแสงไฟโทโครม Pr เปลี่ยนเป็น Pfr ทำให้เกิดการชักนำการงอกของเมล็ด จากการใช้แสงสีแดงการงอกของเมล็ดผักกาดหอมมีผลเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ในขณะที่แสงสีแดงไกล(far red light) ยับยั้งการงอก ถ้าให้แสงสีแดงสลับกับแสงสีแดงไกลหลายๆ ครั้ง อัตราการงอกของเมล็ดขึ้นกับแสงที่ให้ครั้งสุดท้าย ถ้าแสงสีแดงไกลเป็นแสงครั้งสุดท้ายอัตราการงอกต่ำ ในทางตรงกันข้าถ้าแสงสีแดงเป็นแสงครั้งสุดท้ายอัตราการงอกของเมล็ดสูง แสดงว่าการงอกของเมล็ดเกี่ยวข้องกับระบบไฟโทโครมในพืช

ลักษณะการงอกของเมล็ด (สมบุญ, 2548)

การงอกของเมล็ดมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การงอกแบบเอพิเจียล (epigeal germination) เป็นการงอกของเมล็ดที่ต้นกล้ามีใบเลี้ยงชูขึ้นเหนือดิน โดยส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) มีการโค้งงอขึ้นเหนือดิน และดึงส่วนของใบเลี้ยงขึ้นมาอยู่เหนือดินด้วย ใบเลี้ยงเป็นแหล่งอาหารให้แก่ต้นกล้า จนกว่าต้นกล้าเจริญเติบโต สร้างใบแท้ขึ้นมาทำหน้าที่สังเคราะห์แสง หลังจากนั้นใบเลี้ยงค่อยๆ เหี่ยวแห้งและร่วงหลุดไป การงอกของเมล็ดแบบนี้พบในพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ ถั่ว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ทานตะวัน ส้ม เป็นต้น

2. การงอกแบบไฮโพเจียล (hypogeal germination) เป็นการงอกของเมล็ดที่ส่วนของใบเลี้ยงของต้นกล้าอยู่ใต้ดิน โดยขณะที่เมล็ดเริ่มงอกรากอ่อนเจริญแทงเปลือกหุ้มเมล็ดพุ่งลงสู่ดิน ส่วนของยอดอ่อนและปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) แทงโผล่ขึ้นเหนือดิน เมื่อใบแท้คลี่ออกทำหน้าที่สังเคราะห์แสง ส่วนใบเลี้ยงจมอยู่ใต้ดิน การงอกของเมล็ดพืชแบบนี้พบได้ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง พืชตระกูลหญ้า มะพร้าว ปาล์ม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การงอกของเมล็ดกล้วยไม้ (สมจิตร, 2549)

เมล็ดกล้วยไม้มีขนาดเล็ก (0.3-1.4 ไมโครกรัม) และมีอาหารสำรองน้อยมาก ดังนั้นการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราออร์คิดไมคอร์ไรซา จึงมีความจำเป็นต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ในธรรมชาติ ถึงแม้ว่ากล้วยไม้หลายชนิด สามารถเพาะเมล็ดบนอาหารที่มีน้ำตาล แต่การงอกในธรรมชาติต้องอาศัยเชื้อราออร์คิดไมคอร์ไรซาอาศัยร่วมอยู่ด้วย การงอกของเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าประสบผลสำเร็จ ต่อเมื่อเส้นใยของเชื้อราสามารถเข้าถึงแหล่งของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเชื้อราสามารถดูดซับสารอาหารให้แก่ต้นกล้วยไม้ได้ การงอกของเมล็ดกล้วยไม้มีรูปแบบที่คล้ายกันหลายชนิด ตัวอย่างเช่น *Phalaenopsis* และ *Cattleya* เมล็ดกล้วยไม้ดูดซับน้ำจากสิ่งแวดล้อม ทำให้เซลล์ของต้นอ่อน (embryo) ขยายตัวและเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) แยกออก เนื่องจากเมล็ดกล้วยไม้ไม่มีอาหารสำรองภายในเมล็ด ดังนั้นหากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต้นอ่อนเจริญต่อไปโดยดูดซับสารอาหารจากสิ่งแวดล้อม เช่น การเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ หรือโดยการได้รับสารอาหารจากการมีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ด้วย เมล็ดกล้วยไม้มีกระบวนการต้านทานการผ่านเข้าสู่เมล็ดของเชื้อราที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible fungi) แต่ยอมให้เชื้อราที่เข้ากันได้ (compatible fungi) แทงผ่านเยื่อหุ้มเมล็ด เข้าสู่เมล็ดที่บริเวณส่วนฐานของเมล็ด แล้วสร้างเส้นใยขดเป็นวง (hyphal coil) หรือพีโลตัน (peloton) ภายในเซลล์ของต้นอ่อน ทำให้เซลล์ขยายใหญ่ขึ้นแล้วเปลือกหุ้มเมล็ดปริแยกออก เซลล์ต้นอ่อนแบ่งเซลล์มากขึ้น เส้นใยของเชื้อราช่วยดูดธาตุอาหารให้แก่ต้นอ่อน โดยพีโลตันคงตัวอยู่ประมาณหนึ่งสัปดาห์ แล้วย่อยสลายตัว ในที่สุดเซลล์ของต้นอ่อนส่วนที่ไม่มีพีโลตันมีการพัฒนาเป็นเนื้อเยื่อส่วนยอด (shoot tissue) แล้วเจริญต่อไปเป็นส่วนของต้น ขณะที่เซลล์ส่วนฐานที่มีไมคอร์ไรซาเจริญร่วมอยู่ด้วย และทำหน้าที่ช่วยดูดซับสารอาหาร เจริญเป็นส่วนของราก

ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดิน

1. ความเข้มแสง

กล้วยไม้บางชนิดต้องการแสงสว่าง มักพบกล้วยไม้เหล่านี้ขึ้นอยู่ในที่ป่าโปร่ง มีแสงแดดส่องลงได้อย่างกว้างขวาง เช่น กล้วยไม้สกุล *Vanda* แต่บางชนิดต้องการร่มเงามาก พบบริเวณป่าที่มีสภาพค่อนข้างร่มทึบ บางชนิดพบตามผิวหรือซอกหินในบริเวณค่อนข้างร่มและมีละอองน้ำตกกระเซ็นถึง โดยโครงสร้างของใบกล้วยไม้มีความสัมพันธ์กับความต้องการแสงแดด Richter (1982) รายงานว่า กล้วยไม้ใบหนาและใบกลมต้องการแสงแดดเต็มที่ ถ้าโครงสร้างใบเริ่มกว้างและนิ่มต้องการแสงแดดน้อยลง และเมื่อใบนิ่มสีเขียวมีแผ่นใบใหญ่ต้องการร่มเงามาก ดังนั้นการปลูกเลี้ยงจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยแสงเป็นสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. น้ำและความชื้น

ปัจจัยทั้งสองนี้เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของน้ำและการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้มีความสำคัญต่อกันเป็นอย่างมาก (ณัฐา, 2548) น้ำมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืชหลายด้าน เช่น การควบคุมอุณหภูมิในต้นพืช การลำเลียงธาตุอาหาร และการเปิดปิดของปากใบ (ดนัย, 2544) กล้วยไม้เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-80% ส่วนบริเวณรากควรมีความชื้นแต่ไม่เปียกแฉะ กล้วยไม้ไทยหลายชนิดต้องผ่านความแห้งแล้งในช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) จึงออกดอกในช่วงฤดูร้อนหรือต้นฤดูฝน (มี.ค.-ก.ค.) (ครรชิต, 2547)

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช พืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต แม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุการเจริญต่างกันก็ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เท่ากัน (เฉลิมพล, 2542) กล้วยไม้ในเขตร้อนเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส โดยปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิไม่ส่งผลต่อกล้วยไม้มากนัก เนื่องจากมีความแตกต่างของระดับอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ไม่มากนัก (ครรชิต, 2547)

4. ธาตุอาหาร

กล้วยไม้ในสภาพธรรมชาติ มีการเจริญเติบโตอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) กับเชื้อราในกลุ่มไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ซึ่งเชื้อราเหล่านี้ เป็นแหล่งในการสร้างสารพวกคาร์โบไฮเดรตแก่กล้วยไม้ โดยเฉพาะเมล็ดกล้วยไม้ที่กำลังงอก (ณัฐา, 2548)

ธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้กิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของพืชเป็นไปอย่างปกติ (ดนัย, 2544) โดยธาตุอาหารพืชจำแนกได้เป็นกลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrient elements) และธาตุอาหารจุลภาค (micronutrient elements) (ยงยุทธ, 2543)

ธาตุอาหารมหัพภาค คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก ความเข้มข้นโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัย สูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ส่วนคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนนั้น แม้พืชใช้ในปริมาณมากแต่เนื่องจากพืชได้รับมาในรูปของน้ำและแก๊ส คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน จึงไม่ได้รวมไว้ในกลุ่มนี้ (ยงยุทธ, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธาตุอาหารจุลภาค คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชเจริญเต็มวัย ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และนิกเกิล (ยงยุทธ, 2543)

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากจึงจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติ สำหรับหน้าที่ของธาตุทั้งสาม สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 บทบาทของไนโตรเจนในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน ซึ่งประกอบกันเป็นโปรตีนด้วยพันธะเพ็ปไทด์ (peptide bond) โดยโปรตีนนั้นมีหน้าที่สำคัญในเซลล์ เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของไซโทพลาซึม เนื้อเยื่อ (ส่วนของโครงสร้างและพาหะในการเคลื่อนย้ายสาร) และเอนไซม์ชนิดต่างๆ

2. เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเอง คือ ออกซิน (auxin) และไซโตไคนิน (cytokinins)

3. เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) 2 ชนิด คือ RNA (ribo nucleic acid) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และ DNA (deoxyribo nucleic acid) ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อย นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) จำนวนมากมาเรียงต่อกัน สำหรับนิวคลีไทด์มีอยู่ 3 ส่วน คือ น้ำตาล เบสและหมู่ฟอสเฟต แสดงให้เห็นถึงบทบาทของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในฐานะโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกอย่างชัดเจน

4. เป็นองค์ประกอบของสารไนโตรเจนอื่นๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP) และโคเอนไซม์ (co-enzyme) เช่น NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) และ NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)

5. เป็นองค์ประกอบของสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสะสมไว้ (reserves) หรือทำหน้าที่เป็นสารป้องกันตัว (protective compounds) เช่น นิโคติน (nicotine) จากใบยาสูบ และมอร์ฟีน (morphine) จากฝิ่น ซึ่งเป็นแอลคาลอยด์ (alkaloid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 บทบาทของฟอสฟอรัสในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกคือ RNA และ DNA ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนและเป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม ตามลำดับ

2. เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของฟอสโฟลิพิดในเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยฟอสฟอรัสช่วยเชื่อมระหว่างไดแอซิลกลีเซอรอล (diacylglycerol) กับโมเลกุลอื่นๆ เช่น

กรดอะมิโน อะไมด์ หรือแอลกอฮอล์

3. เป็นองค์ประกอบของ ATP ซึ่งเป็นสารประกอบพลังงานสูง เมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส ซึ่งเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ ATPase ได้พลังงานออกมาเพื่อใช้ในปฏิกิริยาต่างๆ ในเซลล์ต่อไป

4. เป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์ (coenzyme) บางชนิด ได้แก่ NAD^+ (nicotinamide adenine dinucleotide), $NADP^+$ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) , FAD (flavin adenine dinucleotide) และโคเอนไซม์เอ (coenzyme A)

5. เป็นองค์ประกอบของสารประกอบฟอสเฟตอื่นๆ เช่น รูบิสโก (ribulose bis phosphate) และ phosphoglyceraldehyde ในวัฏจักรคาลวิน (Calvin) ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง glucose-6-phosphate, fructose-1,6-diphosphate และ glyceraldehydes phosphate ในไกลไลซิส (glycolysis) guanosine triphosphate (GTP) ในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle)

4.3 บทบาทของโพแทสเซียมในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ pyruvate kinase, 6-phosphofructokinase และ starch synthetase ในกระบวนการสร้างแป้ง และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีหน้าที่ในการส่งผ่านสารละลายโพแทสเซียมจากภายนอกเข้าสู่เซลล์ได้ง่าย และสะสมในเซลล์ได้มาก จึงมีบทบาทในการควบคุมศักย์ออสโมซิสของเซลล์ ทำให้เกิดการขยายขนาดของเซลล์ การเปิดและปิดของใบ และการเคลื่อนไหวของอวัยวะพืช

2. รักษาอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในพืชชั้นสูงให้เหมาะสม ซึ่งมีบทบาทอยู่ในหลายขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมต่อ rRNA เข้ากับไรโบโซม อีกทั้งยังช่วยในการสังเคราะห์และกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ RuBP carboxylase ให้อยู่ในระดับปกติ

3. มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างน้อยสามขั้นตอน คือ 1) ควบคุมให้ปากใบเปิด เมื่อมีแสงช่วยให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบได้สะดวก 2) ส่งเสริมการสังเคราะห์ ATP ในกระบวนการโฟโตฟอสโฟริเลชัน (photophosphorylation) และ 3) มีบทบาทในการคงสภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์และโพรพลาสทิด (proplastids) ให้เหมาะสมกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

4. มีบทบาทช่วยให้ซูโครสเข้าสู่ท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และมีการเคลื่อนย้ายตัวทำละลายในท่อลำเลียงอาหารได้มากขึ้น หน้าที่ของโพแทสเซียมในเรื่องนี้เกี่ยวกับการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในหลอดตะแกรง (sieve plate) ให้สูงและคงที่ เพื่อให้ซูโครสเคลื่อนย้าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เข้าสู่หลอดตะแกรงได้สะดวกและเพิ่มความดันออสโมซิสในหลอดตะแกรงบริเวณต้นทางของการเคลื่อนย้ายให้สูง ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการขนส่งสารจากการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแหล่งจ่าย (source) มายังบริเวณที่สะสม (sink)

5. มีบทบาทในการสร้างสมดุลด้านประจุไฟฟ้ากับประจุลบที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ (immobile) ในไซโทพลาซึมและคลอโรพลาสต์ ตลอดจนประจุลบที่เคลื่อนย้ายได้ในแวคิวโอล ท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหาร เมื่อเซลล์มีกรดอินทรีย์สะสมอยู่ภายในย่อมเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เซลล์ดูด K^+ เข้ามาในรากหรือทางเซลล์คุม โดยไม่ต้องมีประจุลบติดตามมาด้วย การเคลื่อนย้ายไนเตรตในระยะไกลทางท่อลำเลียงอาหารหรือเข้าสู่แวคิวโอล มี K^+ ร่วมอยู่ด้วยเสมอ เมื่อไนเตรตผ่านกระบวนการรีดักชัน เซลล์สังเคราะห์กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก (malic acid) เพื่อให้มีสมดุลด้านประจุกับโพแทสเซียมและรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่สะสมไว้

ปัจจัยทางชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดิน

1. ความสัมพันธ์กับไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) (พหูพจน์ : mycorrhizas หรือ mycorrhizae) เป็นภาษากรีกมาจากคำว่า Mykes แปลว่า mushroom หรือ fungus รวมกับ คำว่า rhiza แปลว่า root ดังนั้น ไมคอร์ไรซา จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างรากับระบบรากของพืช โดยรานั้นต้องไม่ใช่ราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช (Hawksworth *et al*., 1991; สมจิต, 2549) สปอร์ของไมคอร์ไรซามีอยู่ทั่วๆไปในดิน Harley and Smith (1983) จัดแบ่งไมคอร์ไรซาออกเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ ectomycorrhiza, endomycorrhiza (vesicular-arbuscular mycorrhiza), ectendomycorrhiza, ericoid mycorrhiza, arbutoid mycorrhiza, monotropoid mycorrhiza และ orchid mycorrhiza โดยการอยู่ร่วมกันของไมคอร์ไรซาและพืชเป็นการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน เซลล์ของรากพืชและราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ ต้นพืชได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ร่วมกัน ซึ่งช่วยทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้เกิดกระบวนการสร้างอาหารเพื่อใช้สำหรับการงอกของเมล็ด และเจริญเติบโตต่อไปจนเป็นต้นสมบูรณ์ ส่วนราได้รับสารอาหารจากต้นพืชผ่านมาทางระบบราก เช่น พวกแป้ง โปรตีน และวิตามินต่าง ๆ (Hacskaylo, 1971) นอกจากนี้ไมคอร์ไรซายังช่วยป้องกันรากพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อโรคด้วย (Marx, 1973)

ออร์คิดไมคอร์ไรซา คือ เชื้อราที่อาศัยภายในรากของกล้วยไม้ โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ขดเป็นวง ออร์คิดไมคอร์ไรซาแตกต่างจากไมคอร์ไรซาชนิดอื่น เพราะเชื้อราชนิดนี้สามารถอาศัยอยู่ทั้งภายในลำต้น และรากของกล้วยไม้ โดยมีการรายงานการศึกษาออร์คิดไมคอร์ไรซา เริ่มจากปี 1847 สามารถแยกเชื้อราจากรากกล้วยไม้ได้สำเร็จ แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดของเชื้อราได้ ต่อมาใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปี 1909 พบเซลล์รากที่มีเชื้อราอยู่ในเซลล์ และเรียกเซลล์ดังกล่าวว่า digestion cell การค้นพบที่สำคัญ คือ การค้นพบในปีของ 1909 พบออร์คิดไมคอร์ไรซาในกล้วยไม้ดิน ซึ่งเป็นเชื้อราใน genus *Rhizoctonia* หลายชนิด (สมพรและดวงดาว, 2551) ดังนั้นออร์คิดไมคอร์ไรซาช่วยทำให้กล้วยไม้แข็งแรง และเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่การเริ่มพัฒนาจากโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อน ถ้ามีไมคอร์ไรซาอยู่ด้วย ต้นกล้วยไม้เจริญได้เร็วกว่าต้นที่ไม่มีไมคอร์ไรซาหลายเท่า (Stoulamire, 1974) จากการรายงานการศึกษาการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ในสภาพธรรมชาติ ได้มีการทดลองเพาะเมล็ดในสภาพธรรมชาติกับรองเท้านารี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ รองเท้านารีเหลืองปราจีนที่มีอายุการถือฝัก 5 เดือน รองเท้านารีเหลืองกระบี่และรองเท้านารีคางกบ ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้มีอายุการถือฝัก 7 เดือน เมื่อฝักของรองเท้านารีแก่ เก็บฝักนำเมล็ดมาโรยที่โคนต้นของแม่พันธุ์ โดยวัสดุปลูกที่ใช้ปลูกต้นแม่พันธุ์ประกอบด้วยดินใบก้ามปูผสมกับกาบมะพร้าวสับ โดยให้สับเป็นชิ้นเล็กๆอัตราส่วน 1:1 หลังเพาะเมล็ดได้แล้ว 4 เดือน พบว่าเมล็ดเริ่มงอกและมีการพัฒนาไปเป็นต้นใหม่ได้ (สมชาติ, 2550) อีกทั้งยังมีการทดลองเกี่ยวกับไมคอร์ไรซาต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดิน ซึ่งได้ทดลองผลของไมคอร์ไรซาต่อการงอกและระยะการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ดินสามชนิด ได้แก่ *Spiranthes sinensis* var. *amoena, Ponerorchis graminifolia* และ *Bletilla striata* ในหลอดทดลอง โดยนำไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากโปรโตคอร์มหรือรากของกล้วยไม้ป่า 2 สายพันธุ์ และพันธุ์ปลูกเลี้ยง 4 สายพันธุ์ มาเลี้ยงร่วมกับเมล็ดกล้วยไม้ในวุ้นข้าวโอ๊ต พบว่าไมคอร์ไรซาช่วยทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มได้ โดย *S. sinensis* var. *amoena* และ *P. graminifolia*, สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่ใช้ไมคอร์ไรซา แต่อย่างไรก็ตามการเติมไมคอร์ไรซาลงไปในอาหารที่ใช้เพาะเมล็ด ไม่ได้มีผลต่อการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มของ *B. striata* (Masuhara and Katsuya, 2003)

2. บทบาททางชีวภาพของราเอนโดไฟท์ที่มีต่อพืชอาศัย

ราเอนโดไฟท์ (endophytic fungi) เป็นราที่อาศัยอยู่กับพืชอาศัยแบบพึ่งพาอาศัยกัน โดยได้รับสารอาหารและที่อยู่อาศัยจากพืช ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหาร ความต้านทานต่อโรคและแมลงให้กับพืช รวมทั้งช่วยอัตราการงอกของเมล็ดและช่วยพืชทนทานต่อสภาวะเครียดที่เกิดจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (Carroll, 1995; Saikkonen *et al*., 1998; Bacon and White, 2000) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษาความหลากหลายของราเอนโดไฟท์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากพบว่าราเอนโดไฟท์เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญทางด้านการแพทย์ การเกษตร และทางอุตสาหกรรม (Azevedo *et al*., 2000; Huang *et al*., 2001; Strobel, 2002; Strobel and Daisy, 2003; Ma *et al*., 2004) นอกจากนี้การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับราเอนโดไฟท์ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ และหน้าที่ของราเอนโดไฟท์ที่มีต่อพืชอาศัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และประสิทธิภาพของราเอนโดไฟท์ในทางชีวภาพ ซึ่งพบว่า ราเอนโดไฟท์บางชนิดอาจก่อโรคได้ถ้าพืชอาศัยอยู่ในภาวะที่ไม่เหมาะสม และบางชนิดทำหน้าที่สร้างสารพิษที่ช่วยปกป้องพืช จากสัตว์กินพืช ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มราเอนโดไฟท์ตามบทบาททางชีวภาพดังนี้ (ณัฐวุฒิ, 2549)

2.1 ผู้ช่วยสลายตามธรรมชาติ

Petrini *et al*. (1995) มีสมมุติฐานว่าราเอนโดไฟท์กลุ่ม Xylariaceae ที่อาศัยอยู่ในพืช อาจมีบทบาทเพื่อรอใช้ประโยชน์จากการย่อยสลาย เซลลูโลส และลิกนินในซากพืช หลังจากที่พืชตาย ซึ่งราเอนโดไฟท์ที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อของพืชสามารถเข้ายึดครอง และเริ่มกระบวนการย่อยสลายได้ก่อนเชื้อกลุ่ม saprophyte ที่มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก และเมื่อราเอนโดไฟท์เริ่มกระบวนการย่อยสลายในพืชที่ตายแล้ว ทำให้เกิดการหมุนเวียนของวัฏจักรแร่ธาตุและสารอาหาร (Strobel, 2002)

2.2 ราเอนโดไฟท์กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

Varma *et al*. (1999) และ Waller *et al*. (2005) ศึกษาราเอนโดไฟท์ *Piriformospora indica* ซึ่งอาศัยอยู่ในรากของพืช พบว่า การที่พืชมีราเอนโดไฟท์ชนิดนี้อยู่ในราก มีผลในการเพิ่มน้ำหนักของรากและยอดของพืชหลายชนิด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Müller (2003) ในการทดลองให้ราเอนโดไฟท์ชนิด *Neotyphodium lolii* เข้าอาศัยในหญ้า *Lolium perenne* พบว่า มีผลทำให้หญ้ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถูกราเอนโดไฟท์ชนิด *Epichlo typhina* เข้าอาศัยทำให้หญ้ามีน้ำหนักน้อยลง ซึ่งผลของการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช อาจเนื่องจากสารที่ได้จากราเอนโดไฟท์ มีผลในการยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชหลายๆชนิด (Singh *et al*., 2000)

2.3 ราเอนโดไฟท์เป็นแหล่งของเอนไซม์

มีการศึกษาถึงความสามารถของราเอนโดไฟท์ ที่สร้างเอนไซม์ได้หลายชนิด โดย Sopalun (2004) ศึกษาราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากต้นพิกุล (*Mimusops elengi*) สามารถผลิตเอนไซม์ phytase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และราเอนโดไฟท์ชนิดนี้ยังสามารถผลิตเอนไซม์อื่นๆ ได้แก่ amylase, xylanase, endogluconase และ acid phosphatase มีรายงานเป็นครั้งแรกถึงความสามารถของเชื้อราเอนโดไฟท์ *Monotospora* sp. ที่แยกจากหญ้าแพรก (*Cynodon dactyon*) สามารถสร้างเอนไซม์ laccase ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang *et al*., 2006) ส่วนราเอนโดไฟท์ *P. indica* นอกจากสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ nitrate reductase และ glucan-water dikinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ย่อยสลายแป้ง (Sherameti *et al*., 2005) ส่วนราเอนโดไฟท์ *Colletotrichum* spp. สามารถหลั่งเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ amylase, celluiase, lipase, pectinase และ protease ในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แตกต่างกัน (Maccheroni *et al*., 2004)

2.4 ราเอนโดไฟท์ทำหน้าที่เป็นจุลินทรีย์คุ้มครองพืช

รายงานการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของราเอนโดไฟท์ในฐานะจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการคุ้มครองพืชอาศัยมีอยู่จำนวนมาก โดยส่วนใหญ่เป็นผลมาจากสารพิษจำพวก alkaloids ที่เชื้อราสร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ergot alkaloids 2) indolediterpenes 3) pyrrolopyrazine และ 4) saturated aminopyrrolizidines หรือ lolines โดยทั้ง 4 กลุ่ม มีความเป็นพิษต่อแมลง และสัตว์เลี้ยวลูกด้วยนม (Schardl and Phillips, 1997) ราเอนโดไฟท์สามารถป้องกันการเกิดโรคในต้นกล้วย โดยมีผลลดการเข้าทำลายของตัวอ่อนด้วงชนิด *Cosmopolites sordidus* และไส้เดือนฝอยชนิด *Radopholus similes* ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญของต้นกล้วย (Niere *et al*., 2004) และราเอนโดไฟท์ *Phomopsis phaseoli* และ *Melaconium betulinum* สามารถสร้างสารเพื่อทำลายไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* ซึ่งก่อโรคในพืช (Schwarz *et al*., 2004)

2.5 ราเอนโดไฟท์ที่สร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Lee *et al*. (1996) พบว่า ราเอนโดไฟท์ *Pestalotiopsis microspora* สามารถสร้างสาร torreyanic acid ซึ่งมีฤทธิ์ต้านมะเร็งโดยเป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นพิษและทำให้เซลล์ตาย และสารกลุ่ม cytochalasins ซึ่งผลิตจากราเอนโดไฟท์หลายชนิด มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง และต้านจุลินทรีย์ (Wagenaar *et al*., 2000) นอกจากนั้นแล้วมีงานของ Strobel *et al*. (2002) มีการศึกษาถึงฤทธิ์ทางชีวภาพด้านอื่นๆ ของราเอนโดไฟท์ พบว่า สารจากน้ำเลี้ยงเชื้อราเอนโดไฟท์ *P. microspora* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่วนสารจากราเอนโดไฟท์ *Pseudomassaria* sp. ที่แยกจากต้นไม้จากประเทศคองโก มีฤทธิ์คล้ายกับสารอินซูลิน ซึ่งอาจมีการพัฒนาสารดังกล่าวเป็นยาต่อไป (Zhang *et al*., 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 ราเอนโดไฟท์สามารถต้านจุลินทรีย์ก่อโรค

มีการรายงานถึงความสามารถของราเอนโดไฟท์ที่สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ได้หลายชนิด สารส่วนใหญ่จากราเอนโดไฟท์ มีผลยับยั้งเชื้อราโรคพืช แบคทีเรีย ไวรัส ปรสิต แต่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ (Strobel and Daisy, 2003) Wiyakrutta *et al*. (2004) รายงานถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ที่แยกจากสมุนไพรไทย โดยเมื่อนำเชื้อราไปสกัดทางเคมี

แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าสารหลายชนิดมีฤทธิ์ต้านมาเลเรีย ต้านวัณโรค และต้านเชื้อราได้

Souza *et al*. (2004) ศึกษาราเอนโดไฟท์ในต้น *Palicourea longiflora* และ *Strychnos cogens* ซึ่งเป็นพืชที่มีพิษ จากแถบอะเมซอนและอินเดีย ตามลำดับ พบราเอนโดไฟท์ *Colletotrichum* sp., *Guignardia* sp., *Aspergillus niger*, *Glomerella* sp., *Phomopsis* sp., *Xylaria* sp. และ *Trichoderma* sp. ซึ่งราเอนโดไฟท์บางส่วน สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคในคนและในพืชได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liu *et al*. (2004) พบว่า *Aspergillus fumigatus* ซึ่งเป็นราเอนโดไฟท์จากใบของหญ้าแพรก (*Cynodon dactylon*) สามารถผลิตสารชนิดใหม่ และสารสำคัญได้หลายชนิด และมีผลยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum albicans* Arnold *et al*. (2003) พบว่า เมื่อทำการถ่ายราเอนโดไฟท์ ลงไปในต้นโกโก้ (*Theobroma cacao*) สามารถปกป้องพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Phytophthora* spp. ที่เป็นสาเหตุของโรคจุดดำ (black spot disease) และราเอนโดไฟท์ *Gliocladium catenulatum* แสดงผลอย่างดีในการยับยั้งเชื้อรา *Crinipellis perniciosa* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุของโรค witches's broom disease ที่ก่อความเสียหายอย่างมากต่อการปลูกต้นโกโก้ (Rubini *et al*., 2005) สำหรับเชื้อรา *Colletotrichum magna* ซึ่งเป็นเชื้อราก่อโรคเน่า (necrotic pathogen) พบว่า สายพันธุ์ที่มีการผ่าเหล่า (mutant strain) มีผลช่วยป้องกันพืชอาศัยจากเชื้อราก่อโรคชนิดอื่นๆ ได้ (Freeman and Rodriguez, 1993)

2.7 ราเอนโดไฟท์ช่วยให้การงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดกล้วยไม้

Pauw *et al*. (1995) รายงานว่า การงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินในสภาพธรรมชาติเกี่ยวข้องกับเชื้อราบางชนิด ซึ่งเชื้อราอาจให้สารบางตัวที่จำเป็นสำหรับการงอก เช่น ฮอร์โมนไซโตไคนินเป็นสารควบคุมการเจริญที่มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินสภาพปลอดเชื้อ และได้ทำการทดสอบไซโตไคนิน 3 ชนิด คือ BA, 2-iP และ kinetin กับกล้วยไม้ดิน *Cypripedium candidum* พบว่า หลังการเพาะเมล็ด 20 สัปดาห์ BA และ 2-iP ที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเพิ่มการงอกของเมล็ดได้

โดยมีการสรุปความสัมพันธ์ของเชื้อราเอนโดไฟท์กับกล้วยไม้ไว้ดังนี้ (สุกัญญา, 2545)

1) การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารจากภายนอก โดยเชื้อราเข้าสู่ภายในกล้วยไม้ ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยเคลื่อนย้ายสารประกอบที่เชื้อราสังเคราะห์ขึ้นมา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อต้นกล้วยไม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารสู่กล้วยไม้ด้วยไมคอร์ไรซา ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถย่อยสลายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนและในขณะเดียวกันยังดูดซึมน้ำร่วมกับธาตุอาหารอื่นๆ แล้วส่งไปยังเนื้อเยื่อพืชได้

3) เชื้อราได้รับธาตุอาหารจากกล้วยไม้ ขณะที่กล้วยไม้งอกมีการปลดปล่อยธาตุอาหารและวิตามินบางชนิด ซึ่งอาจมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อรา

การเข้าสู่กล้วยไม้ของไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal colonization of orchids)

ปฏิกิริยาระหว่างต้นอ่อนของต้นกล้วยไม้และไมคอร์ไรซา มีผลเกิดขึ้นหลักๆ 3 อย่าง ดังนี้ (Beyrle *et al*., 1995)

(1) Mycorrhizal interaction ทำให้เกิดการสร้างพีโลตัน (peloton) ซึ่งในระยะต่อมาเกิดการสลายตัวของพีโลตัน

(2) Parasitic interaction เซลล์ของต้นไม้ที่มีไมคอร์ไรซา แต่การเจริญของเส้นใยของไมคอร์ไรซาทำให้เกิดการตายของต้นอ่อน

(2) Resistant เกิดการต้านทานของต้นกล้วยไม้ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญต่อไปได้

ปฏิกิริยาเหล่านี้อาจเกิดขึ้นได้ในประชากรของต้นอ่อน ขึ้นกับสารอาหารและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เมล็ดที่ได้รับความชื้นและมีการขยายตัวของต้นอ่อน เส้นใยของไมคอร์ไรซาที่เข้ากันได้กับกล้วยไม้ชนิดนั้น เมื่อมาสัมผัสกับเมล็ดของกล้วยไม้ เข้าสู่เมล็ดอย่างรวดเร็ว เส้นใยของไมคอร์ไรซาเจริญภายในเซลล์ของต้นกล้าจากเซลล์หนึ่งสู่เซลล์หนึ่ง ทำให้การเกิดการแพร่ขยายออกไปภายในรากของกล้วยไม้ เส้นใยที่แทงผ่านผนังเซลล์ของรากกล้วยไม้โดยไม่ทำให้เกิดการเสียหายของเซลล์ราก การเจริญและการรวมตัวกัน (anastomosis) ของเส้นใยที่อยู่ภายในเซลล์ (intracellular hyphae) ของรากกล้วยไม้ มีผลทำให้เกิดพีโลตัน เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไมคอร์ไรซาและเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้วยไม้ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการส่งถ่ายสารอาหาร ระยะเวลาการเข้าสู่ราก การสร้างพีโลตัน จนถึงการสลายตัวของพีโลตัน ขึ้นกับแต่ละชนิดของกล้วยไม้ และไมคอร์ไรซา Mollison (1943) ได้ศึกษาการเข้าสู่เมล็ดของออร์คิดไมคอร์ไรซา *Rhizoctonia googyerae-repentis (Ceratobasidium conigerum)* เมื่อสัมผัสกับเมล็ดกล้วยไม้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นเหมาะสม พบว่าเชื้อราสามารถเข้าสู่เมล็ดได้ภายใน 5 วัน สร้างพีโลตัน ภายใน 7 วัน แล้วพีโลตันสลายตัวภายใน 11 วัน กระตุ้นการเจริญของต้นอ่อนก่อนการสลายตัวพีโลตัน การศึกษาของ Hadley and Williamson (1971) เกี่ยวกับเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ในการเข้าสู่เมล็ดกล้วยไม้ *Dactylorhiza purpurella* พบว่าค่าเฉลี่ยในการผ่านเข้าสู่เซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ของพืช ภายใน 14.5 ชั่วโมง หลังจากสัมผัสกับเมล็ด และสร้างพีโลตัน ภายใน 29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง การสลายตัวของพีโลตันเกิดขึ้นภายใน 30-40 ชั่วโมง และต้นอ่อนมีการเจริญเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ต้นอ่อนของ *Goodyera repens* ที่มีออร์คิดไมคอร์ไรซา *Ceratobasidium cornigerum* มีความสูงได้ถึง 5-10 เซนติเมตร ในเวลา 1 ปี บนอาหาร cellulose agar ในขณะที่ต้นอ่อนที่ไม่มีไมคอร์ไรซา มีความสูงเพียง 2-3 เซนติเมตร (Alexander and Hadley, 1984)

การเข้าสู่เนื้อเยื่อกล้วยไม้ของออร์คิดไมคอร์ไรซา ของต้นกล้วยไม้ที่เจริญเต็มที่เกิดเช่นเดียวกับในต้นอ่อน โดยเส้นใยผ่านเข้าทางเนื้อเยื่อชั้นผิว และเข้าสู่เนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) ชั้นคอร์เทกซ์ของราก แล้วมีการสร้างพีโลตัน การเข้าสู่รากของออร์คิดไมคอร์ไรซาในดิน หรือ โดยการผ่านของเส้นใยภายในเซลล์ของกล้วยไม้จากเซลล์ของกล้วยไม้จากเซลล์หนึ่งสู่เซลล์อื่นๆ ในชั้นคอร์เทกซ์ของราก และภายในรากของกล้วยไม้ชนิดหนึ่ง อาจมีเส้นใยของออร์คิดไมคอร์ไรซามากกว่าหนึ่งชนิด (Warcup, 1971)

การแลกเปลี่ยนสารอาหาร (Nutrient exchange)

ออร์คิดไมคอร์ไรซาทุกชนิด สามารถดูดซับคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นพวกที่ใช้น้ำตาลต่างๆในการเจริญ และมีความสามารถการย่อยแป้ง เพกทิน (pectin) และเซลลูโลส (cellulose) เพื่อเป็นแหล่งอาหารได้ดี (Hadley and Ong, 1978) เมล็ดกล้วยไม้มีขนาดเล็กมาก จึงไม่มีอาหารสำรองภายในเมล็ดที่เพียงพอในการเจริญของต้นอ่อน ในธรรมชาติเมื่อเมล็ดอยู่ในที่มีความชื้นดูดซับน้ำ และเมล็ดพองออกเล็กน้อย และอาจทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดแตกออก ต้นอ่อนไม่สามารถเจริญต่อไปได้นอกจากได้รับสารอาหารจากสิ่งแวดล้อมภายนอก หรือโดยออร์คิดไมคอร์ไรซาที่เข้ากันได้กับกล้วยไม้ชนิดนั้น ซึ่งเชื้อราช่วยในการดูดซับสารอาหารจากภายนอกให้แก่ต้นอ่อนของกล้วยไม้ ออร์คิดไมคอร์ไรซามีความแตกต่างจากไมคอร์ไรซาตัวอื่นๆ ในด้านของการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างพืชอาศัยและไมคอร์ไรซา ออร์คิดไมคอร์ไรซามีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ หลังจากที่ไมคอร์ไรซาเข้าสู่เมล็ดแล้ว ไมคอร์ไรซาช่วยดูดซับสารอินทรีย์ ซึ่งได้แก่ น้ำตาล กรดอะมิโน และวิตามินชนิดต่างๆ ให้แก่เมล็ดที่กำลังงอก จนกระทั่งกล้วยไม้สามารถสร้างคลอโรฟิลล์ได้ และสามารถสังเคราะห์แสงได้เอง ไมคอร์ไรซามีความจำเป็นต่อการเจริญของกล้วยไม้น้อยลง แต่ไม่มีความชัดเจนว่าไมคอร์ไรซาได้ประโยชน์จากการอยู่ร่วมกับกล้วยไม้อย่างไรบ้าง ปฏิกิริยาในการอยู่ร่วมกันระหว่างกล้วยไม้และไมคอร์ไรซาถูกควบคุมด้วยพืชอาศัยนั้น โดยกล้วยไม้ปล่อยสารออร์ชินอล (orchinol) ซึ่งเป็นสารที่มีผลทำให้พีโลตันสลายตัว กล้วยไม้ที่เจริญบนดินบางชนิดมีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละรอบปี โดยหลังจากช่วงฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้แล้ว ตามด้วยการสูญเสียใบส่วนที่อยู่บนดิน แต่ยังคงเหลือส่วนที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งในระหว่างที่ต้นกล้วยไม้มีการพักตัวอยู่นี้ไม่พบพีโลตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายในเซลล์ของกล้วยไม้ แต่พบเชื้อรานี้อยู่บริเวณผิวของส่วนหัวใต้ดิน (tuber) หรือที่ผิวของราก จนกระทั่งสภาพแวดล้อมในฤดูกาลต่อไปที่เหมาะสมต่อการเจริญของต้นกล้วยไม้ ก็มีการเจริญขึ้นมาใหม่ต่อไปได้ และไมคอร์ไรซาเข้าสู่รากของกล้วยไม้ได้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง เส้นใยของไมคอร์ไรซาผ่านเข้าสู่รากกล้วยไม้โดยเข้าทางเนื้อเยื่อชั้นผิว บริเวณใกล้ๆ ปลายราก จากนั้นเส้นใยสามารถแผ่ไปอย่างรวดเร็ว ภายในชั้นคอร์เทกซ์ แล้วมีการสร้างพีโลตันภายในเซลล์พืชร่วมกัน ที่ต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ร่วมกันของกล้วยไม้ *Cymbidium* และไมคอร์ไรซาของกล้วยไม้นี้ ซึ่งต่างฝ่ายต่างต้องการวิตามินไทอะมิน (thiamin) ที่มีส่วนประกอบของไทอะโซล (thiazole) และไพริดีน (pyridine) โดยไมคอร์ไรซาให้สารประกอบไทอะโซล และกล้วยไม้ให้ไพริดีน ทำให้ทั้งไมคอร์ไรซาและต้นกล้วยไม้ต่างได้รับไทอะมิน แต่อย่างไรก็ตามไมคอร์ไรซานี้สามารถเจริญได้โดยไม่จำเป็นต้องเจริญร่วมกับกล้วยไม้ เนื่องจากไมคอร์ไรซามีเอนไซม์หลายชนิดที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพแวดล้อม เพื่อเป็นแหล่งของสารอาหารของไมคอร์ไรซาได้ ดังนั้นการอยู่ร่วมกันของออร์คิดไมคอร์ไรซานี้ กล้วยไม้เป็นฝ่ายที่ได้ประโยชน์จากการอยู่ร่วมกันมากกว่า (สมจิตร, 2549)

วัสดุปลูก (มุกดา, 2547)

วัสดุปลูกที่นำมาใช้ในการปลูกพืชประกอบด้วยอินทรียวัตถุเพื่อให้พืชยึดเกาะและเจริญเติบโต วัสดุปลูกโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. วัสดุปลูกที่มีดินหรืออินทรียวัตถุเป็นส่วนผสม วัสดุประเภทนี้ได้แก่ ดินร่วน ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก แกลบดิบ แกลบดำ ทราย ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว และใบไม้ผุ เป็นต้น

2. วัสดุปลูกที่ไม่มีดินเป็นส่วนผสม เป็นวัสดุปลูกที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้แทนดิน เช่น ดินวิทยาศาสตร์ และไลท์มิกซ์ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูก

1. ทราย

ทรายประกอบด้วยหินเล็กๆ ที่ได้มาจากการผุพังสลายตัวของหินชนิดต่างๆ ทรายมีคุณสมบัติดังนี้ มีแร่ธาตุอาหารพืชน้อยมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของหิน เช่น ทรายควอร์ทซ์ ประกอบด้วยสารซิลิกาที่ซับซ้อนเป็นส่วนมาก และใช้สำหรับขยายพันธุ์พืชทั่วๆไป มีสิ่งเจือปน ได้แก่ เมล็ดพืชและเชื้อโรคที่เป็นอันตรายพอสมควร ก่อนใช้ควรฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือสารเคมี ควรเป็นทรายหยาบเพื่อช่วยระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ ไม่มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่าง ไม่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

2. พีท

พีทประกอบด้วยซากพืชที่ขึ้นอยู่ในหนองน้ำในสภาพที่ยังสลายตัวไม่สมบูรณ์ มีคุณสมบัติดังนี้ ส่วนประกอบของพีทมีความแตกต่างกันไปตามสถานที่เกิด ขั้นตอนของการสลายตัวแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบ และระดับของความเป็นกรด มีความเป็นกรดสูง (pH 3.2-4.5) มีไนโตรเจนอยู่น้อย คือประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมน้อยมาก หรือไม่มีเลย พีทมีสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม สามารถอุ้มน้ำได้มากถึง 15 เท่า ของน้ำหนักแห้ง ก่อนใช้ควรย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ และทำให้ชื้นก่อน หากมีเมล็ดวัชพืช แมลง หรือเชื้อโรค ควรฆ่าเชื้อพร้อมๆ กับส่วนผสมของวัสดุปลูกอื่นๆ

3. สแฟกนัมมอส

การนำพืชสกุล *Sphagnum* เช่น *Sphagnum papillosum, S. capillaceum* และ *S. palustre* ที่ขึ้นตามหนองบึง ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และตายแล้ว มาทำให้แห้ง มีคุณสมบัติดังนี้ น้ำหนักเบา ค่อนข้างสะอาด อุ้มน้ำได้สูง 10-20 เท่า เนื่องจากเนื้อเยื่อลำต้นและใบของสแฟกนัมมอส ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่อุ้มน้ำได้ดี มีความเป็นกรดสูง (pH 3.5-4.0) มีธาตุอาหารน้อยมาก มีสารยับยั้งการเกิดโรคเน่าคอดินของต้นกล้า เมื่อใช้เพาะเมล็ดพืช ก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกหรือขยายพันธุ์ ควรฉีกหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยมือหรือเครื่องจักรเสียก่อน

4. ปุ๋ยหมัก

เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากอินทรียวัตถุเหลือใช้ที่สลายตัวผุพังตามธรรมชาติโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ลักษณะปุ๋ยหมักที่ใช้ประโยชน์ได้ควรเป็นสารยุ่ยสีน้ำตาลดำ ไม่มีกลิ่นเหม็นฉุนของก๊าซต่างๆ มีลักษณะช่วยให้วัสดุปลูกกักเก็บน้ำได้ดี ร่วนซุย ช่วยให้ถ่ายเทอากาศได้ดี มีระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH 5.5-8.5) มีระดับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (dS/m) ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีขนาดเล็ก สามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุปลูกสำเร็จรูป

1. ดินขุยไผ่หรือดินจากโคนกอไผ่

เป็นดินที่เกิดจากการผุเปื่อยของซากใบไผ่และรากไผ่ที่ทับถมกันมานาน ทำให้มีลักษณะร่วนซุย มีการถ่ายเทอากาศและระบายน้ำได้ดี จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่ใช้ปลูกดอกไม้ประดับและไม้กระถางแทบทุกชนิด แต่ในปัจจุบันดินขุยไผ่แท้ค่อนข้างหายาก เนื่องจากต้องขุดมา

จากป่า จึงทำให้มีราคาสูงกว่าดินประเภทอื่น

2. ดินผสมใบก้ามปู

เป็นดินที่เกิดจาการทับถมของใบก้ามปูที่ร่วงหล่นย่อยสลาย ดินชนิดนี้มีคุณสมบัติเด่นคือ ระบายน้ำได้ดีและมีธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง ช่วยให้ลำต้นและใบของพืชเจริญเติบโตได้ดี

3. ดินผสมใบทองหลาง

ทองหลางเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง ใบมีธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง ต้นทองหลางมักขึ้นอยู่ตามริมน้ำ ให้ร่มเงากับพืชผลที่ปลูกไว้ตามริมคลองหรือท้องร่องสวน เมื่อใบทองหลางร่วงหล่นลงคูน้ำและทับถมกันจนผุเปื่อยเป็นเนื้อเดียวกันแล้วก็มีธาตุอาหารที่สามารถใช้ปลูกพืชได้ ในการใช้ประโยชน์ จะนำดินหมักจากโคนต้นทองหลางหรือดินจากร่องสวนขึ้นมาผึ่งแดดให้แห้งสนิทก่อน

4. ดินปลูกต้นไม้สำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด

เป็นวัสดุปลูกที่ผลิตขึ้นเฉพาะสำหรับพืชบางชนิด เช่น วัสดุปลูกแคคตัส วัสดุปลูกโป๊ยเซียน วัสดุปลูกบัว โดยวัสดุปลูกสำเร็จรูปประเภทนี้มีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมสำหรับพืชนั้นๆ และประกอบไปด้วยแร่ธาตุและอินทรียวัตถุตามที่พืชนั้นๆ ต้องการ เช่น วัสดุปลูกแคคตัสที่ดีควรมีลักษณะโปร่ง ระบายน้ำได้ดี ไม่อุ้มน้ำอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นวัสดุที่เติมลงไปก็มีทั้งทรายหยาบ ถ่านป่น แกลบดิบ ใบไม้ผุ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved