# รายงานวิจัย

เรื่อง

# ชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ในบริเวณดินเค็มของจังหวัดอุบลราชธานี

Species of VA Mycorrhizal Fungi in Saline Soil Area
Of Ubon Ratchathani Province


โดย

นายโสภณ บุญลือ
นางสาวชริดา ปุกหุต



พ.ศ. 2543

# บทคัดย่อ

ทำการสำรวจพื้นที่ ๆ มีรายงานว่าเป็นดินเค็มในเขต อ.เขื่องใน อ.ตระการพืชผล อ.ม่วงสามสิบ และ อ.เมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยเก็บตัวอย่างพืช และดินทั้งสิ้น 71 ตัวอย่าง พบว่าพื้นที่ ๆ ต่างกันจะมีจำนวนสปอร์ทั้งหมดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ต่อดิน 1 กรัม และความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราแตกต่างกัน และพบว่าชนิดของพืชอาศัยมีผลต่อความแตกต่างของจำนวนสปอร์ทั้งหมดในดิน ส่วนความเค็มของดิน พบว่าความเค็มของดินไม่แปรผกผันกับจำนวนสปอร์ของเชื้อราเสมอไป คือถ้าดินมีความเค็มมากจะมีจำนวนสปอร์น้อย และถ้ามีความเค็มน้อยจะมีจำนวนสปอร์มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของเชื้อราแต่ละชนิดให้เจริญในสภาพดินเค็มในระดับต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน เมื่อเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณสปอร์มากพอที่จะนำมาเพิ่มจำนวนได้ จำนวน 29 ตัวอย่าง มาแยกสปอร์ของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา โดยดูความแตกต่างจาก ลักษณะ สี รูปร่าง และขนาดของสปอร์เพื่อนำมาเพิ่มปริมาณในกระถาง โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัย โดยคัดเลือกเชื้อได้ทั้งหมด 81 ชนิดมาทำการเพิ่มปริมาณ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณได้เพียง 21 ชนิดเท่านั้น และเมื่อนำสปอร์ที่เพิ่มได้มาจัดจำแนกชนิด สามารถจำแนกได้ 19 ชนิด คือ *Acaulospora longula*, *A. mellea*, *A. nicolsonii*, *A. rehmii*, *A. scrobiculata*, *Entrophospora colombiana*, *E. schenckii*, *Gigaspora* sp. No.1, *Gigaspora* sp. No.2, *Gigaspora* sp. No.3, *Glomus ambisporum*, *Gl. dimorphicum*, *Gl. glomerulatum*, *Gl. multicaulis*, *Gl. scintillans*, *Glomus* sp.No.1, *Scutellospora calospora*, *Sc. dipapillosa* และ *Sc. heterogama*

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนจากสภาวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2541 ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพที่เอื้ออำนวยสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้โดยสะดวก และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และในสำนักงานเลขา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ทุกคน

โสภณ บุญลือ
หัวหน้าโครงการ
25 มีนาคม 2543

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบาญ | (1) |
| สารบาญตาราง | (2) |
| สารบาญภาพ | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 1 |
| การตรวจเอกสาร | 2 |
| อุปกรณ์ และวิธีการ | 16 |
| ผลและวิจารณ์ | 20 |
| สรุป | 55 |
| เอกสารอ้างอิง | 56 |
| ภาคผนวก | 61 |

# สารบาญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 1. การจำแนกค่าความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช | 5 |
| 2. ลักษณะสำคัญของเชื้อรา Genus ต่างๆ ใน Order Endogonales และ Glomales | 8 |
| 3. ชนิดของพืช สถานที่เก็บ จำนวนสปอร์ทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ในพื้นที่ดินเค็มแหล่งต่างๆ ของจังหวัดอุบลราชธานี | 20 |
| 4. จำนวนสปอร์ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช และชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ที่เพิ่มจำนวนในกระถาง | 24 |

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 1. *Acaulospora longula* Spain & Schenck | 36 |
| 2. *Acaulospora mellea* Spain & Schenck | 37 |
| 3. *Acaulospora nicolsonii* Walker, Reed & Schenck | 38 |
| 4. *Acaulospora rehmii* Sieverding & Toro | 39 |
| 5. *Acaulospora scrobiculata* Trappe | 40 |
| 6. *Entrophospora colombiana* Spain & Schenck | 41 |
| 7. *Entrophospora schenckii* Sieverding & Toro | 42 |
| 8. *Gigaspora* sp. No.1 | 43 |
| 9. *Gigaspora* sp. No.2 | 44 |
| 10. *Gigaspora* sp. No.3 | 45 |
| 11. *Glomus ambisporum* Smith & Schenck | 46 |
| 12. *Glomus dimorphicum* Boyetchko & Tewari | 47 |
| 13. *Glomus glomerulatum* Sieverding | 48 |
| 14. *Glomus multicaulis* Gerdemann & Bakshi | 49 |

# สารบาญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 15. *Glomus scintillans* Rose & Trappe | 50 |
| 16. *Glomus* sp. No.1 | 51 |
| 17. *Scutellospora calospora* Nicolson & Gerdemann | 52 |
| 18. *Scutellospora dipapillosa* Walker & Sanders | 53 |
| 19. *Scutellospora heterogama* Walker & Sanders | 54 |

**ภาพผนวกที่**

| | |
|---|---|
| 1. สภาพป่าโสนในพื้นที่ดินเค็มของบ้านนาดูน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี | 63 |
| 2. การเก็บตัวอย่างดินและพืช ในพื้นที่ดินเค็มบริเวณที่ทำนาเกลือของบ้านนาดูน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี | 63 |
| 3. การเพิ่มปริมาณสปอร์เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัย อายุ 2 เดือน | 64 |
| 4. กล้าเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ที่เพิ่มปริมาณแล้ว | 64 |

## คำนำ

เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช โดยมีความสัมพันธ์ แบบเอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน โดยช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมักถูกตรึงอยู่ในดินเขตร้อน ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เชื้อรานี้จะเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปดังกล่าวให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เพื่อให้พืชนำไปใช้ (sieverding, 1991) นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้พืชทนต่อความแห้งแล้ง ความเค็ม (Bethlenfavay และ Linderman,1992) และช่วยให้พืชต้านทานต่อโรคพืชได้ (Powell และ Bagyaraj, 1984)

ในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยบางพื้นที่เป็นดินเค็ม มีรายงานว่าดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 17 ของพื้นที่ สามารถพบพื้นที่ดินเค็มได้ ในจังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ยโสธร อุบลราชธานี สกลนคร หนองคาย อุดรธานี และนครพนม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2536) ซึ่งดินเค็มเหล่านี้มีปัญหาต่อการปลูกพืชมาก โดยทำให้ผลผลิตของพืชลดต่ำลง (Epstien, 1978) แต่เนื่องจากมีรายงานว่าเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา มีความสามารถในการทำให้พืชทนต่อสภาพดินเค็มได้ โดยพบว่า พืชที่มีเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ จะลดปริมาณการดูดดึงปริมาณโซเดียม ในขณะที่ยังคงมีการดูดดึงโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในปริมาณเท่าเดิม (Rozema และ คณะ, 1986) ดังนั้นการศึกษาชนิดของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาในบริเวณดินเค็มมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา นี้ไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินเค็มได้ในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อคัดเลือกและจำแนกชนิดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ในบริเวณดินเค็ม
2. เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ในกระถาง สำหรับเป็นกล้าเชื้อในการศึกษาขั้นต่อไป

# การตรวจเอกสาร

ดินเค็ม คือ ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช (สมศรี, 2536)

## 1. การจำแนกดินเค็ม

สมศรี (2536) กล่าวว่าดินเค็มสามารถจำแนกได้โดยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีของดินซึ่งสามารถจำแนกดินเค็มได้ดังนี้

1.1 ดินเค็ม (saline soil) คือดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (Ece) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ds/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) น้อยกว่า 15 และ pH มักจะน้อยกว่า 8.5 เกลือที่พบมักเป็นเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียม

1.2 ดินโซดิก หรือดินด่าง (sodic soil) คือดินที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ต่ำกว่า 2 dS/m ที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่า pH อยู่ระหว่าง 8.5-10 มักพบในเขตกึ่งแห้งแล้งและแห้งแล้ง เกลือที่พบมักเป็นเกลือคาร์บอเนตของโซเดียม ซึ่งก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน ทำให้ดินเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ และการไถพรวน

1.3 ดินเค็มโซดิก (saline-sodic soil) คือดินที่มีเกลือปริมาณมากเกินไป มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากกว่า 2 ds/m ที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15

## 2. การเกิด และการแพร่กระจายดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กรมพัฒนาที่ดิน (2536) กล่าวว่า ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินเค็มบกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะ สาเหตุของการเกิด ชนิดของเกลือ และการแพร่กระจาย ดังนี้

## 2.1 ลักษณะของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 17 ของพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ ๆ มีศักยภาพในการแพร่กระจายเกลืออีก 19.4 ล้านไร่ สามารถพบดินเค็มในทุกจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้ คือ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดิน หรือถ้าไม่มีขุยเกลือขึ้น ก็จะเป็นที่ว่างเปล่าไม่มีพืชอื่นขึ้นได้ ยกเว้นวัชพืชทนเค็ม เช่น หนามแดง หนามปี เป็นต้น พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำใต้ดินเค็ม คือ ความเค็มจะไม่มีความสม่ำเสมอกันในพื้นที่เดียวกัน และความเค็มจะแตกต่างกันระหว่างชั้นความลึกดิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ในฤดูแล้งเกลือจะละเหยขึ้นมากกับน้ำสะสมอยู่ที่ผิวดินและดินชั้นบน และลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย การขึ้นลงของเกลือตามชั้นของดินจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียว

## 2.2 แหล่งเกลือ

แหล่งเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาจากหินเกลือใต้ดิน น้ำใต้ดินเค็ม หรือ หินทรายและหินดินดานที่อมเกลือ

## 2.3 การแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

น้ำเป็นตัวการสำคัญในการแพร่กระจายดินเค็ม ลักษณะที่สำคัญของดินเค็มคือ การที่อยู่ในสภาพไม่คงที่ มีการเคลื่อนที่อยู่เสมอตามสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำ เกลือละลายไปกับน้ำได้ง่าย น้ำจะพาเกลือแพร่ไปสะสมตามพื้นที่ต่าง ๆ การแพร่กระจายดินเค็มมีทั้งสาเหตุที่เกิดเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์เป็นตัวกระทำ ดังนี้

### 2.3.1 สาเหตุการแพร่กระจายดินเค็มตามธรรมชาติ

ก. สลายตัวหรือผุพังของหินหรือแร่ที่อมเกลือ โดยขบวนการทางเคมีและกายภาพ ทำให้เกิดการปลดปล่อยเกลือออกมา เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่ หรือเคลื่อนตัวไปกับน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นล่างหรือซึมลงสู่ชั้นล่าง หรือซึมกลับขึ้นมาบนผิวดินโดยการระเหยของน้ำโดยแสงอาทิตย์หรือถูกพืชนำไปใช้

ข. น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน เมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนผิวดิน ก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วย ภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้ว ก็จะทำให้มีเกลือสะสมอยู่บนผิวดินได้

ค. ที่ลุ่มต่ำที่เป็นแหล่งรวมของน้ำ พื้นที่เหล่านี้อาจเป็นหนองน้ำหรือทะเลสาบเก่าก็ได้ น้ำที่ไหลเข้ามาในแหล่งน้ำนี้อาจมีเกลือละลายอยู่เพียงเล็กน้อยก็ได้ นานปีเข้าก็เกิดการสะสมของเกลือและการระเหยของน้ำทำให้น้ำเค็มขึ้น

2.3.2 **สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์**

ก. การทำนาเกลือ ทั้งการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก และขูดคราบเกลือจากผิวดินมาต้ม จะทำให้เกลือที่อยู่ในน้ำทิ้งซึ่งมีปริมาณมากทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็ม หรือแหล่งน้ำเค็มได้

ข. การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือที่มีน้ำใต้ดินเค็ม ทำให้เกิดการยกระดับของน้ำใต้ดินเค็มขึ้นมา ทำให้น้ำในอ่าง และทำให้พื้นที่โดยรอบอ่างและบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้

ค. การขาดประทานที่ขาดการวางแผนในเรื่องผลกระทบของดินเค็มมักก่อให้เกิดปัญหาต่อพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้น ๆ

ง. การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้สภาพการรับน้ำของพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพเกิดปัญหาตามมาอย่างมากมาย จากสภาพทางอุทกธรณีของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีน้ำจากพื้นที่รับน้ำ ไหลลงไปในระบบน้ำใต้ดินเค็มของพื้นที่ให้น้ำ เกิดปัญหาดินเค็มในที่ลุ่มตามมา

## 3. การวัดค่าความเค็มดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2536) และสมศรี (2536) กล่าวว่าการวัดความเค็มของดินสามารถใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity meter) วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และเพื่อความสะดวกในการวัดจะใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2 หรือ 1:5 ซึ่งในการรายงานจะต้องระบุอัตราส่วนของดินต่อน้ำด้วยเสมอ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้แล้ว ยังขึ้นกับอุณหภูมิขณะที่วัดด้วย จึงต้องใช้ค่าที่วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นมาตรฐาน ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อองศาเซลเซียสที่สูงขึ้น

ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดได้จากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) นำมาใช้ประเมินปริมาณเกลือ และอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช ดังนี้

<u>ตารางที่ 1.</u> การจำแนกค่าความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

| Ece (ds/m) | เกลือในดิน (เปอร์เซ็นต์) | ระดับความเค็มของดิน | อิทธิพลต่อพืช |
|---|---|---|---|
| 2 | < 0.1 | ไม่เค็ม | ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช |
| 2-4 | 0.1-0.2 | เค็มเล็กน้อย | มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม |
| 4-8 | 0.2-0.4 | เค็มปานกลาง | มีผลต่อพืชหลายชนิด |
| 8-16 | 0.4-0.8 | เค็มมาก | พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี |
| 16 | >0.8 | เค็มจัด | พืชทนเค็มน้อยชนิดมากที่เจริญเติบโตได้ดี |

ที่มา : สมศรี, 2536

## 4. ลักษณะทั่วไปของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา

เชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช โดยมีความสัมพันธ์ แบบเอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน โดยที่เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มปริมาตรในการหาอาหารในดิน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารจากสารละลายในดินให้แก่พืชโดยแพาะอย่างยิ่ง ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่ในระดับต่ำในดินเขตร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซายังช่วยดูดธาตุ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียม และจุลธาตุให้พืชอีกด้วย โดยเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา จะเปลี่ยนธาตุอาหารที่อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และพืชสามารถนำไปใช้ได้ (Sieverding, 1991) นอกจากนี้เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซายังมีบทบาทในการทำให้พืชต้านทานต่อโรคพืช (Powell และ Bagyaraj, 1984) ช่วยให้พืชทนแล้ง (Ellis และคณะ, 1985; Huang และคณะ, 1985; Bethlenfalvay และคณะ, 1988; Puppi และ Bar, 1990) และช่วยให้พืชทนต่อความเค็มในดิน โดยพบว่าพืชที่มีเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา อาศัยอยู่จะลดปริมาณโซเดียมในขณะที่ยังคงมีการดูดดึงโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในปริมาณเท่าเดิม (Rozema และคณะ, 1986)

เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาเข้าสู่รากพืชทางรากขน บริเวณที่เป็นแผลแล้วเข้าไปเจริญในเซลล์บริเวณชั้น cortex ของรากพืช ต่อมาก็จะสร้างโครงสร้าง arbuscule ขึ้นภายในเซลล์พืชเป็นเวลาสั้น ๆ หลังจากที่แทงเส้นใยเข้าไปในรากพืช 2-5 วัน arbuscule เป็นเส้นใยที่แตกกิ่งก้านละเอียด และแข็งแรง โดยแตกแบบ dichotomous branching ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อราและพืช arbuscule จะมีชีวิตอยู่ 4-5 วัน เท่านั้นก็จะถูกเซลล์พืชอาศัยย่อยสลายไป เมื่อ arbuscule ในเซลล์พืชลดลง เซลล์พืชก็ยังคงทำงานได้ตามปกติ ในขณะที่เกิด arbuscule หรือหลังจากที่เกิด arbuscule ไม่

นาน เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา บางชนิดจะสร้าง vesicle อยู่ภายในหรืออยู่ระหว่างเซลล์รากพืช vesicle นี้จะอยู่ที่ปลาย หรืออยู่ระหว่างเส้นใยที่พองออก ภายในจะมีไขมันซึ่งเป็นอาหารเก็บสะสม ในระหว่างสภาวะเครียด เชื้อราจะนำอาหารสะสมเหล่านี้มาใช้ ซึ่งจะทำให้ vesicle สลายไป เชื้อราใน genus *Gigaspora* และ *Scutellospora* จะไม่สร้าง vesicle ในรากพืช ยกเว้นบางสปีชีส์เท่านั้น แต่เชื้อราทั้งสองชนิดนี้จะสร้าง auxiliary cells หรือ soil born vesicle ในเส้นใยที่อยู่นอกราก นอกจากนี้เชื้อรายังสร้างเส้นใยเจริญออกมาในดินรอบ ๆ รากพืช และสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยมากมายในดิน (Sieverding, 1991) ซึ่งเชื้อราแต่ละชนิดจะมีสปอร์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน และสามารถแยกสปอร์เหล่านี้ออกมาจากดินแล้วนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของเชื้อราได้ อีกทั้งยังสามารถนำสปอร์ของเชื้อรานี้มาเพิ่มปริมาณในกระถาง (pot culture) และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้

## 5. การจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา

Hacskaylo (1971) แบ่ง endotrophic micorrhiza ออกเป็นสองกลุ่มย่อย คือกลุ่มที่มีผนังกั้นเส้นใย เรียกว่า septate fungi และกลุ่มที่ไม่มีผนังกั้น เรียกว่า nonseptate fungi ซึ่งส่วนใหญ่เป็นราในกลุ่ม Phycomycetes เรียกว่า vescular-arbuscular mycorrhiza (วี-เอ ไมคอร์ไรซา)

เชื้อ วี เอ ไมคอร์ไรซา จัดอยู่ใน Division Zygomycotina, Order Endoganales ซึ่ง Beniamino Peyronel เป็นคนแรกที่จัดไว้ใน Order นี้ (Schenck, 1982) มี Family เดียว คือ Endogonaceae แบ่งเป็น 9 จีนัส คือ *Acualopora, Endogone, Gigaspora, Glaziella, Glomus, Modicella, Sclerocystis* และ *Entrophospora* ( Hall, 1986; Trappe, 1981)

Sieverding (1991) จัดเชื้อรา วี เอ ไมเคอร์ไรซา อยู่ใน Class Zygomycetes, Order Endogonales, family Endogonaceae ซึ่งมีทั้งหมด 7 จีนัส ที่รู้จักกันดีคือ *Acualospora, Endogone, Entrophospora, Gigaspora, Glomus, Sclerocystis* และ *Scutellospora* ทุกจีนัสมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ยกเว้น *Endogone* ที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และสามารถเกิดความสัมพันธ์แบบเอ็คโต-ไมคอไรซาได้ เชื้อรา วี เอ ไมเคอร์ไรซา นี้จะสร้าง sporangiospore หรือ clamydospore หรือ azygospore ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) และจะสร้าง zygospore ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) (Gerdemann และ Trappe, 1974; 1975) พวกที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบ่งเป็นพวกที่สร้าง clamydospore มี 2 จีนัส คือ *Glomus* และ *Sclerocystis* (Gerdemann และ Trappe, 1974) และพวกที่สร้าง azygospore ได้แก่ จีนัส *Acualospora, Entrophospora, Gigaspora* และ *Scutellospora* (Walker, 1986) ส่วนพวกที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้าง zygospore มีเพียงจีนัสเดียว คือ *Endogone* (Gerdemann และ Trappe, 1974; Hall, 1986)

ในปัจจุบันได้จำแนกเชื้อรา วี เอ ไมเคอร์ไรซา ไว้ใน Class Zygomycetes, Order Glomales (ตารางที่ 2.) โดยแบ่งเป็น 2 Suborder คือ Glomineae และ Gigasporineae ใน Suborder Glomineae ประกอบด้วย 2 Family คือ Glomaceae มีสมาชิกอยู่ 2 จีนัส คือ *Glomus* และ *Sclerocystis* และ Acualosporaceae มีสมาชิกอยู่ 2 จีนัส คือ *Acualospora* และ *Entrophospora* ส่วน Suborder Gigasporineae ประกอบด้วย Family เดียวคือ Gigasporaceae ซึ่งมี 2 จีนัส ได้แก่ *Gigaspora* และ *Scutellospora* (Morton และ Benny, 1990)

ลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ได้แก่ ลักษณะของ sporocarp, ขนาดของสปอร์, hyphal mantles, spore-ornamentation, ผนังสปอร์, spore contents, hyphal attachment, soil-born auxiliary cell, ลักษณะการงอกของสปอร์ และปฏิกิริยาของ histochemical (Trappe และ Schenck, 1982)

## 6. ชนิดและการแพร่กระจายของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ในธรรมชาติ

เชื้อรา วี อ ไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่อยู่ร่วมกับพืช แบบ obligately symbiosis สามารถพบได้ในพืชทุกชนิดในโลกทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่นและเขตหนาว โดยพบได้ในพืชอาศัยหลายชนิดได้แก่ ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ( Chalermpongse, 1993) ไม้ดอก ไม้ผล พืชไร่ และพืชสวน (กิตติมา, 2541) มีนักวิจัยหลายท่านได้รายงานผลการจำแนกชนิดของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา ที่เก็บได้จากป่าไม้ และแปลงเกษตรกรรมประเภทต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าเชื้อราชนิดนี้มีการแพร่กระจายได้อย่างกว้างขวาง และมีความแตกต่างกันทั้งในด้านชนิดและปริมาณ ผลงานการวิจัยเหล่านี้ได้แก่

ระพีพรรณ (2528) ศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์-ไรซาในป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และดินในแปลงเกษตรกรรม โดยเก็บในดินตัวอย่างดินแห่งละ 10 ตัวอย่างมานับจำนวนสปอร์ทั้งหมด พบว่า ในชั้นดินของป่าเต็งรังที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีจำนวนสปอร์ของเชื้อรา 160-325 ต่อดิน 1 กรัม และในดินชั้นล่างระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีจำนวนสปอร์ของเชื้อรา 84-218 ต่อดิน 1 กรัม ในป่าดิบแล้งจำนวนสปอร์ของดินชั้นบนและชั้นล่างเท่ากับ 57-317 และ 44-174 ต่อดิน 1 กรัม ตามลำดับ และในดินแปลงเกษตรกรรม จำนวนสปอร์ของดินชั้นบนและชั้นล่างเท่ากับ 29-105 และ 25-108 ต่อดิน 1 กรัม ตามลำดับ และพบชนิดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาในดินป่าดิบแล้ง 14 ชนิด ส่วนใหญ่ในป่าเต็งรังพบ 12 ชนิด สปอร์ของเชื้อราที่พบมากในป่าทั้งสองแห่ง คือ สปอร์สีดำซึ่งยังไม่พบในรายงานมาก่อน เชื้อราไมคอร์ไรซาชนิดต่าง ๆ ที่พบในดินป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังจะไม่คล้ายคลึงกัน ชนิดที่พบในป่าเต็งรังจะไม่พบในป่าดิบแล้ง ส่วนดินเกษตรกรรมจะพบ สปอร์อยู่ประมาณ 18 ชนิด

**ตารางที่** 2. ลักษณะสำคัญของเชื้อรา Genus ต่าง ๆ ใน Order Endogonales และ Glomales

| Taxon | ลักษณะสำคัญ |
|---|---|
| Order : Endogonales | สืบพันธุ์โดยสร้าง zygospore ซึ่งมักจะสร้างรวมกันเป็น sporocarps ดำรงชีวิตเป็น saprophyte หรือทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบ ectomycorrhizas กับรากพืช |
| Family : Endogonaceae | |
| Genera : *Endogone, Sclerogone* | |
| Order : Glomales | ดำรงชีวิตเป็น obligately biotroph ซึ่งได้รับธาตุคาร์บอนจากเนื้อเยื่อของพืชอาศัย โดยอาศัย arbuscules ที่อยู่ภายในเซลล์พืช |
| Suborder : Glomineae | สร้าง vesicle และ arbuscules สร้าง spore ที่ปลายหรือด้านข้าง ไม่สร้าง auxiliary cells |
| Family : Glomaceae | |
| Genera : *Glomus* | สร้างสปอร์เดี่ยว ๆ หรือรวมตัวกันอย่างหลวม ๆ sporocarp ไม่เป็นเหมือน *Sclerocystis* |
| *Slerocystis* | สร้าง fruiting body เป็น sporocarp ซึ่งประกอบด้วยสปอร์ที่มีผนังของแต่ละสปอร์ติดกันแน่น |
| Family : Acualosporaceae | สปอร์เกิดบนหรือภายในบริเวณ neck ของโครงสร้างพิเศษ ที่เรียกว่า sporiferous saccule |
| Genera : *Acualospora, Entrophospora* | |
| Suborder : Gigasporineae | สร้างเฉพาะ arbuscule เท่านั้น ไม่สร้าง vesicle สร้างสปอร์ที่มี bulbous suspensor เกาะติดอยู่ สร้าง auxiliary cell บนเส้นใยที่อยู่นอกราก |
| Family : Gigasporaceae | |
| Genera : *Gigaspora, Scutellospora* | แยก 2 จีนัส ออกจากกัน โดยอาศัยลักษณะการงอกของสปอร์ เชื้อ *Scutellospora* มีกลุ่มของผนังที่ยืดหยุ่นได้ (Fexible wall group) มีสิ่งตกต่างที่ผิว (ornamentation) ของ auxiliary cell แตกต่างกัน |

ที่มา : Smith และ Read, 1997

นัฐวรางคณ์ (2530) ศึกษาชนิดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ซา ในดินจากถุงกล้าไม้ป่าชนิดต่าง ๆ และในดินจากป่าที่ปลูกกระถินยักษ์ และกระถินณรงค์ โดยร่อนแยกสปอร์โดยวิธีของ Gerdemann และ Nicolson (1969) พบเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา 5 Genus คือ *Acualospora, Entrophospora, Gigaspora, Glomus* และ *Sclercystis* โดยพบเชื้อราที่ยังไม่เคยพบในรายงานมาก่อน 9 ชนิด กล้าไม้แต่ละชนิดพบ สปอร์แตกต่างกัน ในกล้ากระถินยักษ์พบสปอร์ วี เอ ไมคอร์ไรซามากที่สุด คือ 12 ชนิด ในกล้ากระถินณรงค์ เลี่ยน และพะยูง พบสปอร์ของเชื้อรา 7 ชนิด ในยูคาลิปตัส พบสปอร์ของเชื้อรา 6 ชนิด และในมะค่าโมง พบสปอร์เชื้อรา 4 ชนิด เชื้อราที่พบแพร่กระจายในกล้าไม้ทั้ง 6 ชนิด คือ *Glomus* spp.

สุเทพ (2531) ได้ทำการสำรวจและศึกษาเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา จากดินบริเวณรากถั่วลิสง 20 ตัวอย่าง จาก 8 จังหวัดในประเทศไทย พบว่ามีเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา จำนวน 6 Genus 29 species คือ *Acualospora* 4 species, *Entrophospora* 2 species, *Gigaspora* 3 species, *Glomus* 8 species, *Sclerocystis* 5 species และ *Scutellospora* 7 species และพบว่าเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซาที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด คือ *Acaulospora scrobiculata, Sclerocystis sinuosa* และ *Glomus* spp.

ปัทมา (2540) สำรวจและเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาจากบริเวณพื้นที่ทำการเพาะปลูกถั่วลิสงในจังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท ลพบุรี และนราชสีมา พบเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา 8 ชนิด คือ *A. scrobiculata* (NO.14), *Glomus* sp., *Gl. fasciculatum, Gl. gerdemannii, Scutellospora* sp. และ *S. calospora*

โสภณ (2540) สำรวจชนิดและปริมาณของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ในดินปลูกข้าวโพดจากแปลงเกษตรกรรมแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัด ลพบุรี สระบุรี และนครราชสีมา ในแต่ละพื้นที่มีสปอร์ของเชื้อราในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบสปอร์ทั้งหมด 12 ชนิด และพบเชื้อ *Glomus* spp. มีการแพร่กระจายมากที่สุดโดยตรวจพบเกือบทุกตัวอย่างดิน

การสำรวจความหลากหลาย และการจำแนกชนิดของเชื้อรา เวสสิคูลาร์ - อาบัสคูลาร์ ไมคอร์-ไรซา ในระบบนิเวศน์ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ หรือป่าผสมผลัดใบของประเทศไทย เปรียบเทียบกับชนิดพันธุ์ของโลกที่พบ ปรากฏว่าในระบบนิเวศน์ป่าไม้ของไทยมีประมาณ 47 ชนิด จากชนิดพันธุ์ของเชื้อรา เวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา 167 ชนิด (Hawksworth และคณะ, 1995; Schenck และ Perez, 1988) หรือคิดเป็น 28.1 เปอร์เซ็นต์ของที่โลกรู้จัก Genus ที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Glomus* มีประมาณ 20 ชนิด หรือ 23.6 เปอร์เซ็นต์ของโลก รองลงไปได้แก่ *Acualospora* 8 ชนิด (22.4 เปอร์เซ็นต์ของโลก) *Scutellospora* 8 ชนิด (27.6 เปอร์เซ็นต์ของโลก) *Slerocystis* 6 ชนิด (75.0 เปอร์เซ็นต์ของโลก *Gigaspora* 3 ชนิด (37.5 เปอร์เซนต์ของโลก) และ *Entrophospora* 2 ชนิด (50.0 เปอร์เซ็นต์ของโลก) (Chalermpongse, 1987; Yatasarth และ Poonsawat, 1996)

ในระบบนิเวศน์ป่าไม้ของไทยที่สำรวจพบว่ามี 47 ชนิดนั้น พบในระบบนิเวศน์ป่าเต็งรัง 28 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นสกุล *Glomus* คือพบถึง 14 ชนิด รองลงไปได้แก่สกุล *Scutellospora* 6 ชนิด *Acualospora* 3 ชนิด *Entrophopora* 2 ชนิด *Gigaspora* 2 ชนิด และสกุล *Sclerocystis* 1 ชนิด ส่วนระบบนิเวศน์ป่าไม้ที่มีชนิดพันธุ์ของรา เวสสิคูลาร์ –อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา รองลงไป ได้แก่ระบบนิเวศน์ป่าดิบแล้ง มีทั้งสิ้น 25 ชนิดได้แก่ สกุล *Glomus* 9 ชนิด *Acualospora* 8 ชนิด *Sclerocystis* 3 ชนิด *Scutellospora* 3 ชนิด *Entrophospora* 1 ชนิด และ *Gigaspora* 1 ชนิด สำหรับระบบนิเวศน์ป่าเบญจพรรณ หรือป่าผสมผลัดใบ มีราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาน้อยที่สุด รวม 22 ชนิด ได้แก่สกุล *Glomus* 8 ชนิด *Sclerocystis* 6 ชนิด *Scutellospora* 3 ชนิด *Acualospora* 2 ชนิด *Gigaspora* 2 ชนิด และ *Entrophospora* มีเพียง 1ชนิดเท่านั้น (กิตติมา, 2541)

กิตติมา (2541) ศึกษาความหลากชนิดของเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ของสัก โดยเก็บดินจากสวนป่า 2 แห่ง คือสวนป่าสักของสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าแม่เมาะ อำเภอแม่งาว จังหวัดลำปาง และจากถุงกล้าสักจากสวนป่ากลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และสวนป่าท่าม่วง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ได้ผลว่า มีเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ในดินเหล่านี้ ทั้งหมด 6 ชนิด คือ *Acualospora scrobiculata* Trappe , *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske, *Gl. deserticola* Trappe, Bloss & Menge, *Gl. multicaulis* Gerdemann & Bakshi, *Sclerocystis microcarpus* Igbal &Bushra และ Unidentified species (สปอร์สีดำ) ความหลากชนิด และปริมาณสปอร์ของราแต่ละชนิดในดินแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าดินจากสวนป่าสักของสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง มีความหลากชนิด และปริมาณสปอร์ ของรา เวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา มากที่สุด

Kabir (1998) ศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาในดินปลูกข้าวโพดตามระดับความลึกตั้งแต่ 0-25 เซนจิเมตร โดยเปรียบเทียบระหว่างดินที่ไม่มีการไถพรวน และมีการไถพรวนโดยใช้วิธีดั้งเดิม พบว่าเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา มีการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช ความหนาแน่นของเส้นใย และสปอร์สูงที่สุดที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร การไถพรวนดินจะลดจำนวนความหนาแน่นของเส้นใยรวม และความหนาแน่นของสปอร์ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร แต่ไม่มีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในรากพืช การใช้คราดไถดินที่ยาวมากกว่า 15 เซนติเมตร จะทำให้มีปริมาณกล้าเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาในบริเวณรากกล้าพืชลดน้อยลง

Guadarama และ Javier (1999) ศึกษาความสมบูรณ์ของสปอร์เชื้อราอาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ในป่าเขตร้อนชื้น ในจุดที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน โดยเปรียบเทียบ ความสมบูรณ์ และความหลากชนิดของเชื้อราในป่าที่ Los Textlas เมือง Veracruz ประเทศ Mexico ทำโดยตรวจนับปริมาณสปอร์ที่ 2 บริเวณ คือ บริเวณใกล้หุบเขา และที่ว่างในป่า เก็บข้อมูลในฤดูแล้ง ฝน และหนาว พบสปอร์ เชื้อ

*Glomus* 8 species sporocarp ของเชื้อ *Sclerocystis* 3 species เชื้อ *Acualospora* 3 species และ *Gigaspora* 3 species จำนวนชนิด (species) และจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาที่พบในระหว่างฤดูจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าจำนวนชนิดและสปอร์ของเชื้อรามากที่สุดในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนจะมีจำนวนและชนิดของสปอร์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อจำนวนและชนิดของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

## 7. ผลของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาต่อการดูดธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืช

อร (2527) ได้ทำการศึกษาผลของรา *Glomus etunicatus* ต่อการเจริญของกล้าส้ม โดยทดลองปลูกกล้า *Gl. etunicatus* ลงในกล้าส้มพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีอายุประมาณ 2 เดือน ได้แก่ ส้มโอ ส้มเขียวหวาน ส้มตรา และมะนาว ตรวจผลหลังปลูกเชื้อเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า รา *Gl. etunicatus* มีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นส้มโอทั้งความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อส้มเขียวหวาน และส้มตรา ส่วนมะนาวพบปริมาณไนโตรเจนเท่านั้นที่สูงขึ้น

ระพีพรรณ (2528) ได้ศึกษาผลของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด พบว่า *Acualospora spinosa* เป็นเชื้อราที่ทำให้ต้นข้าวโพดเจริญเติบโตดีที่สุด การปลูกเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา ในดินซึ่งขาดธาตุฟอสฟอรัสรุนแรงมากนั้น พบว่าพืชมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เนื่องจากดินมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อยมาก แม้เชื้อราจะช่วยดูดซึมขึ้นมาแล้วก็ยังไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

อินทิรา (2529) ศึกษาผลของเชื้อรา *Gigaspora aurigloba* และปุ๋ย NPK สูตร 15-15-15 ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ผู่ทอง 1 พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยร่วมกับการปลูกเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา จะทำให้ถั่วเขียวมีความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ฝัก และจำนวนเมล็ดมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่เชื้อรา

ณัฐวรางคณ์ (2530) ศึกษาผลของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญของกล้า กระถินยักษ์และกระถินณรงค์ พบว่าเชื้อ *Entrophopspora* sp. No.1 มีผลทำให้กล้ากระถินยักษ์ และกระถินณรงค์เจริญเติบโตได้ดีกว่ากล้าที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ *Glomus* sp. No.1 ไม่มีผลต่อการเจริญของกล้าไม้

สุเทพ (2531) ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงพันธุ์ไทยนาน 9 ที่ปลูกบนดินป่าดิบแล้ง พบว่าถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อ *Glomus intraradices, Gigaspora* sp., *Gl. claroideum* และ *Glomus* sp. No.2 มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าถั่วลิสงที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ โดยที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อและไม่ปลูกเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

พูนพิไล และคณะ (2540) ศึกษาประสิทธิภาพของรา VAM ชนิดต่าง ๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วลิสง ผลการทดลองปรากฏว่า เชื้อตัวอย่าง $Ph_2$, $T_1$, $T_6$, $T_3$ และ $D_3$ ให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงกว่าเมื่อไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งในดินอบฆ่าเชื้อ ส่วนในดินไม่อบฆ่าเชื้อพบว่า เชื้อ *Acualospora spinosa* ,*Scutellospora* sp. และ $T_6$ (G) จากเยอรมัน ให้น้ำหนักแห้งต้นถั่วลิสงสูงกว่าเมื่อไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนประสิทธิภาพของรา VAM ต่อถั่วลิสงพบว่า $T_6$ (G) จากเยอรมันให้น้ำหนักแห้งถั่วลิสงสูงกว่าเมื่อไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และ $Su_2$ และ *Scutellospora* sp. ให้น้ำหนักแห้งถั่วสูงกว่าเมื่อไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ

กิตติมา (2541) ศึกษาผลของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของกล้าสัก โดยเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา 6 ชนิด คือ *Acualospora scrobiculata*, *Glomus aggregatum*, *Gl. deserticola*, *Gl. multicualis*, *Sclerocystis microcarpus* และ Unidentified species (สปอร์สีดำ) ปลูกลงในกล้าสัก นาน 6 เดือน พบว่ากล้าสักที่ปลูกเชื้อราดังกล่าวทั้งหมดมีการเจริญเติบโตด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับคอราก น้ำหนักแห้งส่วนยอด น้ำหนักแห้งส่วนราก และน้ำหนักแห้งรวม สูงกว่ากล้าสักที่ไม่ได้ปลูกเชื้อรา และส่วนใหญ่ของความแตกต่างด้านการเจริญเติบโตเหล่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ และราที่ศึกษาในครั้งนี้ทั้งหมดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ให้แก่กล้าพืช แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Bolon (1991) ศึกษาบทบาทของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา ต่อการดูดธาตุฟอสฟอรัส ของพืช พบว่าเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช และเพิ่มการดูดธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ไม่ได้ในพืช (immobile nutrient ) โดยเพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส

Mc Gonigle และ Miller (1993) ศึกษาการพัฒนาของไมคอร์ไรซา และการดูดธาตุฟอสฟอรัสในข้าวโพดภายใต้สภาวะลดการไถพรวนดิน พบว่าการเกิดกลุ่มของเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซา และการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสในลำต้นของข้าวโพดที่ปลูกในดินที่ลดการไถพรวนดินเพิ่มขึ้น

Lu และ Koide (1994) ศึกษาผลของการติดเชื้อ *Glomus etunicatum* และการเติมธาตุฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของต้น *Abuliton theophrasti* พบว่าพืชที่มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซาจะมีพื้นที่ใบทั้งหมดเพิ่มขึ้น การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของพืชจะลดอายุพืชที่เริ่มออกดอก และทำให้ดอกบานเป็นระยะเวลานานขึ้น และเพิ่มผลผลิตเมล็ด โดยจะเพิ่มการผลิตดอกและผล พืชที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาจะผลิตเมล็ดที่มีธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมากกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ การตอบสนองของพืชต่อฟอสฟอรัสคล้ายคลึงกับการที่พืชเกิดการติดเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซา แต่ปุ๋ยฟอสฟอรัส มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ดพืชมากกว่าเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา

Weissenhorn และ Leyval (1995) ศึกษาการเข้าอยู่อาศัยในรากข้าวโพดของเชื้อ *Glomus mosseae* ที่ไวต่อแคดเมียมและทนต่อแคดเมียม และการดูดดึงธาตุแคดเมียม ของข้าวโพดที่เพาะเลี้ยงในดินทราย โดยใช้เชื้อ *Gl. mosseae* สายพันธุ์ที่ทนต่อแคดเมียม ($P_2$) ซึ่งแยกได้จากดินที่มีการปนเปื้อนธาตุแคดเมียมเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่ไวต่อแคดเมียม (Gm) และเพาะเลี้ยงพืชในดินทรายที่เติมสารละลายของธาตุแคดเมียมในอัตรา 0, 0.1, 1, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากปลูกพืช 8 สัปดาห์ พบว่าเชื้อรา $P_2$ มีการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชในดินที่เติมแคดเมียมได้สูงถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อ Gm จะถูกกดดันจากธาตุแคดเมียมที่ทุกระดับความเข้มข้น การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในพืชที่ปลูกในดินที่มีแดดแคดเมียมไม่ได้ทำให้พืชมีการเจริญที่แตกต่างจากพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ ในทางตรงกันข้ามพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซาที่ปลูกในดินที่มีแคดเมียม ระดับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญที่สูงกว่าพืชที่มีไมคอร์ไรซา ซึ่งปลูกในดินที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมระดับต่ำ

Clark (1997) ศึกษาการปรับตัว การงอกของสปอร์ การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา และผลของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของพืชและการได้รับธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในดินสภาพ pH ต่ำ พบว่าเชื้อรา *Acualospora* มีการแพร่กระจายได้อย่างกว้างขวางในดินกรด และพบ *Gigaspora* sp. ในดินกรดมากกว่าเชื้อ *Glomus* sp. สปอร์ของเชื้อราวี เอ ไมคอร์ไรซาบางชนิดทนต่อสภาพความเป็นกรดและสภาพที่มีธาตุอะลูมิเนียมได้มาก เช่น *Acualospora* sp., *Gigaspora* sp. และ *Glomus manihotis* ในสภาพดินที่มี pH ต่ำจะพบการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาได้น้อยกว่าในสภาพที่มี pH สูง เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในรากพืชไม่สัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของพืช และการเจริญเติบโตที่สูงสุดของพืชในดินกรดจะแปรผันไปตาม isolate ของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซาและตาม pH ของดิน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเชื้อรามีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพนี้ได้ดี พืชที่มีเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา อาศัยอยู่ซึ่งปลูกในดินกรดจะได้รับธาตุอาหารชนิดอื่นเพิ่มขึ้นมากกว่าธาตุฟอสฟอรัส และสังกะสี และได้รับธาตุอาหารที่มักจะขาดแคลนในดินกรดเพิ่มขึ้นด้วย ได้แก่ ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาบางชนิดทนต่อความเป็นพิษของธาตุอะลูมิเนียมได้ จึงทำให้พืชสามารถเจริญได้ดีในดินที่มี pH ต่ำ

Caris และ คณะ (1998) ศึกษาการเคลื่อนย้ายธาตุเหล็กจากดินไปต้นถั่ว และข้าวฟ่างโดยเส้นใยของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา โดยทำการทดลองในกระถางภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้ และปลูกพืชในดินด่างที่อบฆ่าเชื้อบรรจุกระถาง นาน 10 สัปดาห์ และให้ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุเหล็ก 2 ระดับ และปลูกเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ชอบเจริญอยู่รอบ ๆ รากพืชในต้นพืชเพียงเชื้อเดียวหรือปลูกเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวร่วมกับเชื้อรา *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe หลังจากพืชเจริญได้ 6 สัปดาห์ จึงเติมดินจำนวนเล็กน้อยลงไปในบริเวณเส้นใยของเชื้อรา แต่ไม่เติมที่รากพืช และเติมสารฟอสฟอรัส และเหล็กไอโซโทป ลงไปที่ส่วนของเส้นใย หลังจากนี้ 2 สัปดาห์ ต่อมาอีก 2

เคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงขึ้น จากดินที่ไม่มีรากพืชไปสู่พืช โดยอาศัยเส้นใยของเชื้อรา พืชที่มีเชื้อรา *Gl. intraradices* อาศัยอยู่จะมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าพืชในตำรับการทดลองอื่นๆ และพบว่าการปลูกเชื้อ *Gl. caledonium* ร่วมกับเชื้อ *P. fluorescens* DF57 มีผลในการส่งเสริมให้ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชสูงกว่าพืชที่ปลูกเชื้อ *Gl. caledonium* เพียงอย่างเดียว

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การสำรวจเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ในดินเค็มแหล่งต่าง ๆ

ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินรอบ ๆ รากพืช และรากพืชที่เจริญในแหล่งดินเค็ม ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อ. ม่วงสามสิบ อ. เขื่องใน อ. เมือง และ อ. ตระการพืชผล ทำการเก็บตัวอย่างโดยขุดดินรอบ ๆ รากต้นพืชที่เจริญในบริเวณดินเค็มในอำเภอดังกล่าว นำทั้งรากและดินรอบ ๆ รากใส่ในถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง และนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการต่อไป

### 2. การตรวจนับสปอร์ของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในดินเค็มแหล่งต่าง ๆ

นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องในร่ม บนกระดาษหนังสือพิมพ์ โดยเก็บเศษหิน รากไม้ และเศษพืชต่าง ๆ ออกให้หมด แล้วนำมาบดให้เล็กลง จากนั้นนำมาแยกสปอร์โดยวิธีซึ่งดัดแปลงจากวิธี sucrose centrifuge ของ Daniels และ Skipper (1982) โดยชั่งตัวอย่างดินจำนวน 5 กรัม ใส่หลอดเซ็นติฟิวจ์ ทำให้เป็นสารแขวนลอย (suspension) ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบ horizontal roter เป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เทของเหลวที่อยู่ส่วนบนทิ้ง (หมุนหลอดขณะที่เททิ้งด้วย) เติมสารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เป็นสารแขวนลอย แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงอีกครั้ง นาน 1 นาที ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที รินของเหลวส่วนบน ซึ่งมีสปอร์อยู่ ลงบนตระแกรงที่มีรูขนาด 45 ไมครอน ล้างน้ำตาลออกด้วยน้ำกลั่น ล้าง
สปอร์ ลงบนกระดาษกรองที่ขีดเส้นขนานเป็นช่องห่างกัน 0.5 เซนติเมตร วางกระดาษกรองที่มีสปอร์อยู่ลงบนจานเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปตรวจนับสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สามมิติ (stereoscopic microscope) แต่ละตัวอย่าง นับอย่างน้อย 3 ซ้ำ

### 3. การตรวจการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในรากพืชที่เจริญในดินเค็มแหล่งต่าง ๆ

นำรากตัวอย่างพืชที่เก็บจากข้อ 1. มาตรวจวัดการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา โดยตัดรากพืชมาล้างเอาดินออกให้สะอาด แล้วย้อมตามวิธีของ Koske และ Gemma (1989) โดยนำรากไปแช่ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) แล้วแช่ใน water bath 90 องศาเซลเซียส นาน 10-30 นาที เพื่อให้ความร้อน จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปา 4-5 ครั้ง นำรากไปแช่ในสารละลายกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 1 คืน เทกรดทิ้ง แล้วจึง

ย้อมรากด้วย trypan blue ที่ละลายอยู่ใน acidic glycerin solution ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส นาน 15-60 นาที เท trypan blue solution ออก แล้วล้างสีด้วย acidic glycerin solution ที่ไม่เติมสี trypan blue ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการวัดเปอร์เซนต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช ตามวิธีของ Trouvelet และคณะ (1985) โดยตัดรากที่ย้อมสีแล้วให้ยาว 1.0-1.5 เซนติเมตร เรียงบนสไลด์ ๆ ละ 10 เส้น จำนวน 3 สไลด์ ประมาณค่าการเข้าอยู่อาศัยทั้งหมดโดยรวมผลของเส้นใย อาบัสคูล และเวสสิเคิล ที่สังเกตเห็น ในรากแต่ละชิ้น ตรวจผลการเข้าอยู่อาศัยโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 หมายถึง ไม่พบการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซาในราก
ระดับ 1 หมายถึง การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในรากน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์
ระดับ 2 หมายถึง การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในรากน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
ระดับ 3 หมายถึง การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซาในราก 11-50 เปอร์เซ็นต์
ระดับ 4 หมายถึง การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในราก 51-90 เปอร์เซ็นต์
ระดับ 5 หมายถึง การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในราก 90 เปอร์เซ็นต์

คำนวณหาความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา โดย

สมการ $\%M = (90n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1)/N$

เมื่อ %M = เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช

N = จำนวนชิ้นรากทั้งหมดที่นำมาตรวจการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซาในราก

$n_5, n_4, \ldots n_1$ = จำนวนชิ้นรากที่ตรวจพบการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซาในรากพืชที่ระดับ 5, 4,...,1 ตามลำดับ

**4. การตรวจวัดค่าความเค็มของดิน**

นำตัวอย่างทั้งหมดจากข้อ 1. มาตรวจหาความเค็มของดินโดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity meter) ซึ่งเป็นการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยชั่งตัวอย่างดินจำนวน 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 (w/v) ซึ่งใช้น้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วกวนให้ดินละลายดี ตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินโดยเครื่อง Electrical conductivity meter บันทึกผล

## 5. การเพิ่มปริมาณสปอร์เชื้อ วีเอไมคอร์ไรซา

### 5.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

นำสปอร์ในแต่ละตัวอย่างดินมาทำการเพิ่มปริมาณในกระถาง (pot culture) โดยแยกสปอร์ด้วยวิธี wet sieving and decanting (Gerdemann และ Nicolson, 1969) แล้วล้างฆ่าเชื้อที่ผิวสปอร์ด้วยสารละลาย คลอรามีน-ที (Chloramin-T) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ นาน 5-10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง (สาวิตรี, 2536)

### 5.2 การเตรียมเมล็ดพืช

ใช้เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 2 โดยนำเมล็ดข้าวโพดแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโป-คลอไรท์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 30 นาที และล้างเมล็ดด้วยน้ำกลั่นที่อบฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง

### 5.3 การเตรียมดิน

ใช้ดินจากแปลงทดลองสำนักไร่ฝึก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มี pH 5.62 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันที 2.743 ppm โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 36.660 ppm ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.001 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 1.012 เปอร์เซ็นต์ และค่า EC 6.330 $\mu$S โดยนำมาทุบให้เป็นก้อนเล็ก เก็บเศษหิน รากไม้ และเศษพืชต่าง ๆ ออกให้หมด เก็บใส่ถุงพลาสติก แล้วนำไปอบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยหม้อนึ่งอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ทิ้งค้างคืน นำไปอบฆ่าเชื้ออีกครั้งที่อุณหภูมิ ความดัน และเวลาเท่าเดิม แล้วบรรจุใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่เช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ กระถางละ 4 กิโลกรัม

### 5.4 การปลูกเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา

นำเมล็ดข้าวโพดที่เตรียมไว้ในข้อ 5.2 ไปปลูกลงในกระถางพลาสติกที่เตรียมไว้ในข้อ 5.3 กระถางละ 5 เมล็ด นำสปอร์ของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาชนิดต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ในข้อ 5.1 ใส่ลงไปรอบ ๆ เมล็ดข้าวโพด กลบดิน รดด้วยน้ำกรอง เมื่อต้นกล้าเจริญเติบโตได้ 1 สัปดาห์ จึงถอนต้นที่

อ่อนแอทิ้งไป เหลือต้นที่แข็งแรงและมีขนาดใกล้เคียงกัน กระถางละ 3 ต้น รดน้ำทุกวัน ทำการปลูกทดลองเป็นเวลา 90 วัน

5.5 การตรวจวัดผล

**5.5.1 การตรวจการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ในรากพืช**

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 3.

**5.5.2 การตรวจนับจำนวนสปอร์ของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา**

ปฏิบัติเช่นเดียวกับ ข้อ 2.

**6. การจำแนกชนิดของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา**

แยกสปอร์จากตัวอย่างดินโดยวิธี wet sieving and decanting (Gerdemann และ Nicolson, 1963) และ sucrose centrifuge (Daniels และ Skipper, 1982) นำมาวางบนสไลด์ หยด lactophenol ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ศึกษารูปร่างลักษณะภายในสปอร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope จำแนกชนิดโดยใช้คู่มือการจำแนกของ Schenck และ Perez (1988)

## ผลและวิจารณ์

**1. การสำรวจเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา บริเวณดินเค็มแหล่งต่าง ๆ**

ทำการสำรวจพื้นที่ ๆ มีการรายงานว่าเป็นดินเค็มในเขต อ. เขื่องใน อ. ตระการพืชผล อ. ม่วงสามสิบ และ อ. เมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยเก็บตัวอย่างพืช และดินได้ทั้งสิ้น 71 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย อ. เขื่องใน 16 ตัวอย่าง อ. ตระการพืชผล 37 ตัวอย่าง อ. ม่วงสามสิบ 9 ตัวอย่าง และ อ. เมือง 9 ตัวอย่าง นำรากพืชมาย้อม เพื่อตรวจดูการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาในรากพืช และนับจำนวนสปอร์ทั้งหมดในดิน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 3. ชนิดของพืช สถานที่เก็บ จำนวนสปอร์ทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ในพื้นที่ดินเค็มแหล่งต่าง ๆ ของจังหวัดอุบลราชธานี

| รหัสตัวอย่าง | วัน/เดือน/ปี | สถานที่เก็บ | ชนิดของพืช (ชื่อท้องถิ่น) | จำนวนสปอร์ทั้งหมดต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | EC (ds/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1TBD1 | 7/11/41 | บ. บ่อดูน อ. ตระการพืชผล | ต้นแก | 2.67 | 0.30 | 0.13 |
| 2TBD2 | 7/11/41 | " | หญ้าปล้อง | 11.20 | 66.80 | 0.05 |
| 3TBD3 | 7/11/41 | " | หญ้าแห้วหมู | 2.40 | 3.00 | 0.70 |
| 4TBD4 | 7/11/41 | " | ผักขี้ช้าง | 4.46 | 74.30 | 0.25 |
| 5TBD5 | 7/11/41 | " | ต้นหนังเพชร | 4.00 | 69.20 | 0.13 |
| 6TBD6 | 7/11/41 | " | ถั่วฝักยาว | 12.93 | 34.33 | 0.04 |
| 7TBD7 | 7/11/41 | " | หญ้าดอกแหล่ | 1.86 | 46.66 | 0.90 |
| 8TBD8 | 7/11/41 | " | หวายนา | 8.06 | 23.16 | 0.42 |
| 9TBD9 | 7/11/41 | " | หญ้ามาเล | 0.60 | 58.00 | 0.05 |
| 10TBD10 | 7/11/41 | " | ข้าวหอมมะลิ | 2.80 | 4.33 | 1.00 |
| 11TBD11 | 7/11/41 | " | ต้นกระดิ่ง | 2.53 | 3.50 | 0.20 |
| 11TBD12 | 7/11/41 | " | หญ้าแพรก | 2.53 | 5.33 | 0.20 |
| 12TBD13 | 7/11/41 | " | โสนป่า | 13.20 | 10.50 | 0.14 |
| 1TSN14 | 7/11/41 | บ. เสาธงน้อย อ. ตระการพืชผล | สะแบง/ตะแบก | 11.33 | 10.33 | 0.03 |
| 2TSN15 | 7/11/41 | " | ยูคาลิปตัส | 2.26 | 0.50 | 0.02 |
| 3TSN9 | 7/11/41 | " | หญ้ามาเล | 47.40 | 68.33 | 0.07 |
| 4TSN16 | 7/11/41 | " | มะขามป้อม | 0.33 | 26.00 | 0.03 |
| 5TSN16 | 7/11/41 | " | มะขามป้อม | 16.80 | 1.00 | 0.04 |

ตารางที่ 3. (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | วัน/เดือน/ปี | สถานที่เก็บ | ชนิดของพืช (ชื่อท้องถิ่น) | จำนวนสปอร์ทั้งหมดต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | EC (ds/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6TSN15 | 7/11/41 | บ. เสาธงน้อย อ. ตระการพืชผล | ยูคาลิปตัส | 5.13 | 1.16 | 0.04 |
| 7TSN17 | 7/11/41 | " | ตาล | 3.80 | 0.00 | 0.05 |
| 8TSN12 | 7/11/41 | " | หญ้าแพรก | 1.80 | 20.00 | 0.56 |
| 9TSN15 | 7/11/41 | " | ยูคาลิปตัส | 6.00 | 10.83 | 0.03 |
| 10TSN18 | 7/11/41 | " | ข้าวเหนียว | 4.73 | 5.66 | 0.14 |
| 11TSN19 | 7/11/41 | " | หนามสัก | 6.26 | 4.50 | 0.04 |
| 1TNSR20 | 7/11/41 | บ. โนนสำราญ อ. ตระการพืชผล | ผักเม็ก | 9.53 | 4.00 | 0.06 |
| 2TNSR18 | 7/11/41 | " | ข้าวเหนียว | 4.86 | 3.33 | 0.02 |
| 3TNSR21 | 7/11/41 | " | หวาย | 6.73 | 3.00 | 0.05 |
| 4TNSR22 | 7/11/41 | " | ข่า | 11.00 | 8.50 | 0.12 |
| 5TNSR18 | 7/11/41 | " | ข้าวเหนียว | 2.00 | 3.33 | 0.24 |
| 6TNSR23 | 7/11/41 | " | ตะโก | 71.26 | 1.00 | 0.59 |
| 7TNSR24 | 7/11/41 | " | เอนอ้า | 15.13 | 18.83 | 0.10 |
| 1TNP15 | 7/11/41 | บ. นาพิน อ. ตระการพืชผล | ยูคาลิปตัส | 3.40 | 1.00 | 0.04 |
| 2TNP25 | 7/11/41 | " | น้อยหน่า | 10.46 | 0.00 | 0.03 |
| 3TNP26 | 7/11/41 | " | มะขาม | 42.40 | 0.00 | 0.59 |
| 4TNP15 | 7/11/41 | " | ยูคาลิปตัส | 2.13 | 0.16 | 0.56 |
| 5TNP27 | 7/11/41 | " | ผักเสี้ยน | 4.60 | 6.00 | 0.05 |
| 6TNP18 | 7/11/41 | " | ข้าวเหนียว | 1.53 | 1.00 | 0.05 |
| 1MNK20 | 28/11/41 | บ. หนองขอน อ. เมือง | ผักเม็ก | 13.6 | 95 | 0.05 |
| 2MNK12 | 28/11/41 | " | หญ้าแพรก | 7.66 | 56.67 | 0.03 |
| 3MNK31 | 28/11/41 | " | ไมยราพ | 7.66 | 82.33 | 0.03 |
| 4MNK35 | 28/11/41 | " | ขัดมอน | 0.60 | 95.00 | 0.04 |
| 5MNK39 | 28/11/41 | " | หว้า | 3.60 | 68.67 | 0.13 |
| 1MNH2 | 28/11/41 | บ. หนองไฮ อ. เมือง | หญ้าปล้อง | 1.33 | 40.33 | 1.30 |
| 2MNH29 | 28/11/41 | " | อะลาง | 4.40 | 15.83 | 0.02 |
| 3MNH33 | 28/11/41 | " | เสียว | 6.46 | 73.33 | 0.02 |
| 4MNH12 | 28/11/41 | " | หญ้าแพรก | 3.60 | 1.00 | 1.00 |
| 1KND13 | 28/11/41 | บ. นาดูน อ. เขื่องใน | โสนป่า | 0.53 | 57.33 | 0.25 |
| 2KND28 | 28/11/41 | " | ฝิ่น | 1.00 | 38.67 | 0.45 |

ตารางที่ 3. (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | วัน/เดือน/ปี | สถานที่เก็บ | ชนิดของพืช (ชื่อท้องถิ่น) | จำนวนสปอร์ทั้งหมดต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | EC (ds/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3KND13 | 28/11/41 | บ. นาดูน อ. เขื่องใน | โสนป่า | 1.40 | 56.00 | 0.10 |
| 4KND2 | 28/11/41 | " | หญ้าปล้อง | 16.00 | 66.83 | 0.90 |
| 5KND13 | 28/11/41 | บ. นาดูน อ. เขื่องใน | โสนป่า | 0.20 | 62.17 | 1.20 |
| 6KND1 | 28/11/41 | " | แก | 2.26 | 5.83 | 0.04 |
| 1KCH10 | 28/11/41 | บ. จาน อ. เขื่องใน | ข้าวหอมมะลิ | 1.26 | 0.00 | 0.03 |
| 2KCH2 | 28/11/41 | " | หญ้าปล้อง | 26.40 | 10.50 | 0.45 |
| 3KCH38 | 28/11/41 | " | กระถิน | 1.00 | 7.67 | 0.13 |
| 4KCH4 | 28/11/41 | " | ผักขี้ช้าง | 17.60 | 36.67 | 0.39 |
| 1KRR30 | 28/11/41 | บ. รังแร้ง อ. เขื่องใน | เมียด | 6.46 | 40.33 | 0.03 |
| 2KRR32 | 28/11/41 | " | หัวเปือย | 3.20 | 18.50 | 0.21 |
| 3KRR10 | 28/11/41 | " | ข้าวหอมมะลิ | 11.13 | 19.33 | 0.03 |
| 4KRR34 | 28/11/41 | " | ลำไทร | 85.06 | 48.50 | 0.95 |
| 5KRR36 | 28/11/41 | " | ติ้ว | 4.06 | 20.17 | 0.04 |
| 6KRR37 | 28/11/41 | " | ตะแบก | 2.80 | 64.33 | 0.03 |
| 1MsTY8 | 26/12/41 | บ. ทุ่งใหญ่ อ. ม่วงสามสิบ | หวายนา | 2.33 | 15.67 | 1.00 |
| 2MsTY12 | 26/12/41 | " | หญ้าแพรก | 2.46 | 9.50 | 2.10 |
| 3MsTY2 | 26/12/41 | " | หญ้าปล้อง | 12.26 | 9.00 | 0.10 |
| 4MsTY18 | 26/12/41 | " | ข้าวเหนียว | 1.53 | 11.17 | 0.04 |
| 5MsTY40 | 26/12/41 | " | หญ้าคา | 42.53 | 15.83 | 0.08 |
| 6MsTY3 | 26/12/41 | " | แห้วหมู | 4.13 | 3.00 | 0.60 |
| 7MsTY41 | 26/12/41 | " | กระออม | 2.26 | 16.17 | 0.50 |
| 1MsKD33 | 26/12/41 | บ. ขุมดิน อ. ม่วงสามสิบ | เสียว | 26.00 | 60.33 | 0.08 |
| 2MsKD42 | 26/12/41 | " | มันกบ | 10.60 | 25.33 | 0.09 |

จากผลการทดลองในตารางที่ 2. พบว่าพื้นที่ ๆ ต่างกันจะมีจำนวนสปอร์ทั้งหมดของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซาต่อดิน 1 กรัม และความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อรา แตกต่างกัน โดยในดินตัวอย่างรหัส 4KRR34 ซึ่งเก็บจาก บ. รังแร้ง อ. เขื่องใน โดยมีต้นลำไทรเป็นพืชอาศัย จะมีจำนวนสปอร์มากที่สุด คือ 85.06 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม จนกระทั่งพบน้อยที่สุด คือในดิน

รหัส 4TSN16 ซึ่งเก็บจาก บ. เสาธงน้อย อ. ตระการพืชผล และมีมะขามป้อมเป็นพืชอาศัย โดยพบสปอร์ 0.33 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม สำหรับความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซานั้น พบว่าตัวอย่างดินที่มีจำนวนสปอร์มาก ไม่จำเป็นต้องมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวามาก ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีจำนวนสปอร์น้อยก็อาจมีการเข้าอยู่อาศัยมาก เช่น ตัวอย่าง 4TBD4 มีจำนวนสปอร์ และเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อรา เท่ากับ 4.46 และ 74.30 ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่าง 4KRR34 จะมีจำนวนสปอร์ และเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยในรากเป็น 85.06 และ 48.50 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก เชื้อรา วี เอไมคอร์ไรซา ชอบพืชอาศัยแตกต่างกัน จากรายงานของ Hertrick และ Bloom (1986) กล่าวถึงอิทธิพลของพืชอาศัยต่อการสร้างสปอร์และความสามารถในการเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา ชนิดของพืชอาศัยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Gl. fasciculatum* แต่ในการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Gl. macrocarpum* และ *Gl. mosseae* นั้น ชนิดของพืชอาศัยไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างสปอร์ และพบว่าการสร้างสปอร์ไม่มีความสัมพันธ์กับการเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา วี เอ ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากความเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน (Clark, 1997) หรือความเค็มของดินที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม จากการทดลองพบว่า ความเค็มของดินไม่น่าจะมีผลเกี่ยวข้องกับจำนวนสปอร์มากนัก ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างดินตัวอย่าง 3TSN9 กับ 4TSN16 แล้วพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ไม่แตกต่างกันมากนัก คือ 0.07 กับ 0.03 ds/m ตามลำดับ แต่จำนวนสปอร์แตกต่างกันมาก คือพบ 47.40 และ 0.33 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ตามลำดับ แต่ในบางตัวอย่างซึ่งมีค่า EC สูง เช่น ดินตัวอย่าง 4KRR34 ซึ่งเก็บจาก บ. รังแร้ง อ. เขื่องใน โดยมีต้นลำไทรเป็นพืชอาศัย จะมีจำนวนสปอร์มากที่สุด คือ 85.06 และมีค่า EC สูงถึง 0.95 ds/m ซึ่งจะมีสปอร์สูงกว่าตัวอย่างดินที่มีค่า EC ใกล้เคียงกัน คือ 0.90 ds/m หรือมากถึง 2.1 ds/m ตัวอย่างนั้นคือ 4KND2 และ 2MsTY12 ซึ่งเก็บจาก บ. นาดูน อ. เขื่องใน โดยมีหญ้าปล้องเป็นพืชอาศัย และเก็บจาก บ.ทุ่งใหญ่ อ. ม่วงสามสิบ โดยมีหญ้าแพรกเป็นพืชอาศัย ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนสปอร์ทั้งหมดต่อดิน 1 กรัม เท่ากับ 16.00 และ 2.46 ตามลำดับ จากผลที่ปรากฏสามารถกล่าวได้ว่า ชนิดของพืชอาศัยมีผลต่อความแตกต่างของจำนวนสปอร์ทั้งหมดในดิน ส่วนความเค็มของดินพบว่า ความเค็มของดินไม่แปรผกผันกันกับจำนวนสปอร์เสมอไป คือ ถ้าดินมีความเค็มมากจะมีจำนวนสปอร์น้อย และถ้าดินมีความเค็มน้อยจะมีจำนวนสปอร์มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา มีการปรับตัวให้เข้ากับความเค็มที่แตกต่างกันได้

นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า ค่า EC ของดินที่เก็บมาจากบริเวณใกล้เคียงกันจะมีความแตกต่างกัน เช่น ดินตัวอย่าง 10TBD10 และ 11TBD11 ซึ่งเก็บมาจาก บ. นาดูน อ. ตระการพืชผล เหมือนกัน มีค่า EC แตกต่างกันมาก คือ 1.00 และ 0.2 ds/m ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะความสูงต่ำของพื้นที่ ๆ เก็บ แตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวอย่าง 10TBD10 ปลูกข้าวหอมมะลิ ดินจะอยู่

ต่ำกว่า และใกล้น้ำมากกว่าตัวอย่าง 11TBD11 ซึ่งปลูกต้นกระดิ่งในที่ดอน และค่อนข้างแห้ง ซึ่งดินปลูกข้าวหอมมะลิจะอยู่ใกล้กับชั้นหินเกลือที่อยู่ใกล้ดิน มากกว่าที่ปลูกต้นกระดิ่ง และเมื่อมีน้ำล้นขึ้นมาผิวดิน จะพาเกลือขึ้นมาสะสมที่ผิวดินได้มากกว่า (สมศรี, 2536) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าความสูงต่ำของพื้นที่มีผลต่อความเค็มของดิน นอกจากนี้ ถ้านำค่าความเค็มที่วัดได้ เทียบกับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินในตารางที่ 1. จะพบว่าความเค็มที่วัดได้ค่อนข้างต่ำมาก โดยตัวอย่างดินทั้งหมดไม่จัดเป็นดินเค็ม ซึ่งจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่เป็นไปตามผลการรายงานพื้นที่ดินเค็ม ที่เคยรายงานไว้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากช่วงของเดือนที่ไปเก็บตัวอย่าง เป็นเดือนที่ต่อจากฤดูฝน ซึ่งฝนจะทำให้ความเค็มของดินลดน้อยลงนั่นเอง (สมศรี, 2536)

## 2. การเพิ่มจำนวนสปอร์ และการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา

สามารถเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณสปอร์มากพอที่จะนำมาเพิ่มจำนวนได้ จำนวน 29 ตัวอย่าง มาแยกสปอร์ของเชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา โดยดูความแตกต่างจาก ลักษณะสี รูปร่าง และขนาดของสปอร์ เป็นเกณฑ์ในการคัดแยกเชื้อในแต่ละตัวอย่าง เพื่อนำมาเพิ่มจำนวนในกระถาง โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัย สามารถคัดเลือกเชื้อจากตัวอย่างดิน 29 ตัวอย่าง ได้ 81 เชื้อ เมื่อนำมาเพิ่มจำนวนในกระถาง พบว่าเชื้อที่สามารถเพิ่มจำนวนได้มีทั้งหมด 40 เชื้อ และเมื่อนำสปอร์ที่เพิ่มได้ทั้งหมดนี้มาทำการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา พบว่าสามารถจำแนกได้ 19 ชนิด ดังตารางที่ 4.

**ตารางที่ 4.** จำนวนสปอร์ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช และชนิดของเชื้อรา วีเอไมคอร์ไรซา ที่เพิ่มจำนวนในกระถาง

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนสปอร์ต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | ชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา |
|---|---|---|---|
| 4KCH4 | 12.13 | 33.50 | *Scutellospora heterogama* |
| 2KCH6 | 10.33 | 33.00 | *Scutellospora heterogama* |
| | 2.40 | 42.50 | *Entrophospora colombiana* |
| 1KCH10 | 72.33 | 61.30 | *Entrophospora colombiana* |
| 2KRR32 | 31.40 | 18.30 | *Entrophospora colombiana* |
| 5KRR36 | 10.00 | 3.00 | *Scutellospora calospora* |
| 4KND2 | 8.80 | 49.16 | *Gigaspora* sp. No.3 |
| 6KND1 | 7.40 | 15.80 | *Scutellospora heterogama* |

**ตารางที่ 4.** (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนสปอร์ต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | ชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา |
|---|---|---|---|
| 3MsTY2 | 120.60 | 16.00 | *Acaulospora scrobiculata* |
| | 117.80 | 1.16 | *Entrophospora colombiana* |
| 5MsTY40 | 3.00 | 1.80 | *Glomus ambisporum* |
| | 13.40 | 2.50 | *Gigaspora* sp. No.2 |
| | 9.80 | 28.50 | *Acaulospora rehmii* |
| 6MsTY3 | 89.40 | 0.66 | *Entrophospora colombiana* |
| 1MsKD33 | 53.60 | 35.50 | *Entrophospora colombiana* |
| | 56.80 | 19.16 | *Acaulospora nicolsonii* |
| | 19.80 | 39.66 | *Scutellospora calospora* |
| 2MsKD42 | 230.00 | 10.00 | *Entrophospora schenckii* |
| | 1.00 | 6.60 | *Entrophospora colombiana* |
| 2TBD2 | 2.46 | 27.50 | *Entrophospora colombiana* |
| 6TBD6 | 0.86 | 40.66 | *Gigaspora* sp.No.1 |
| | 0.68 | 33.66 | *Gigaspora* sp.No.1 |
| | 0.75 | 30.2 | *Acaulospora longula* |
| 7TNSR24 | 21.50 | 68.16 | *Entrophospora colombiana* |
| | 5.53 | 61.00 | *Acaulospora nicolsonii* |
| | 1.86 | 33.33 | *Glomus scintillans* |
| 3TNP26 | 3.33 | 49.80 | *Glomus dimorphicum* |
| | 3.80 | 75.80 | *Glomus dimorphicum* |
| 2TNP25 | 3.33 | 18.50 | *Glomus glomerulatum* |
| | 5.00 | 34.50 | *Acaulospora mellea* |
| | 0.60 | 22.33 | *Glomus multicaulis* |
| 1MNK20 | 12.20 | 26.66 | *Entrophospora colombiana* |
| | 11.40 | 28.50 | *Entrophospora colombiana* |
| | 6.26 | 58.66 | *Gigaspora* sp.No.2 |
| 3MNK31 | 1.00 | 81.30 | *Glomus* sp.No.1 |
| | 0.26 | 46.30 | *Glomus scintillans* |
| 2MNH29 | 0.20 | 16.30 | *Scutellospora dipapillosa* |
| 4MNH12 | 110.40 | 9.83 | *Entrophospora colombiana* |

ตารางที่ 4. (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนสปอร์ต่อดิน 1 กรัม | ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัย (%) | ชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา |
|---|---|---|---|
| 3MNH33 | 3.20 | 8.80 | *Entrophospora colombiana* |
| | 3.20 | 12.60 | *Entrophospora colombiana* |
| | 4.80 | 1.83 | *Scutellospora heterogama* |

จากตารางที่ 4. จะพบได้ว่าเชื้อที่สามารถเพิ่มปริมาณโดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัยได้ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อ *Entrophospora colombiana* ได้แก่ตัวอย่าง 3MsTY2 ซึ่งให้ปริมาณสปอร์มากถึง 117.80 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ส่วนเชื้อที่สามารถเพิ่มปริมาณสปอร์ได้สูงสุดคือเชื้อ *Entrophospora schenckii* ในตัวอย่างที่ 2MsKD42 ซึ่งมีจำนวนสปอร์เท่ากับ 230 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ส่วนการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซาในรากพืชนั้น พบว่า *Glomus* sp.No.1 และ *Glomus dimorphicum* มีเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นในการเข้าอยู่อาศัยในรากข้าวโพดมากที่สุด คือ 81.3 และ 75.8 ซึ่งพบในตัวอย่าง 3MNK31 และ 3TNP26 ตามลำดับ

ส่วนเชื้อที่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณได้อาจเนื่องมาจากพืชที่ใช้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา เพราะตัวอย่างที่เก็บมาส่วนใหญ่ จะเก็บมาจากรากไม้ยืนต้น เช่น 1TSN14, 5TSN16 และ 16TNSR23 ซึ่งเก็บมาจากต้น สะแบง มะขามป้อม และตะโก ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างเหล่านี้ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ และอีกเหตุผลหนึ่ง ดินที่นำมาใช้ในการเพิ่มปริมาณสปอร์ของเชื้อรา ไม่ได้เป็นดินเค็ม ส่วนสปอร์ที่นำมาเพิ่มปริมาณเป็นสปอร์ที่สามารถเจริญในดินเค็มได้ดี ดังนั้นอาจทำให้ไม่สามารถเพิ่มจำนวนสปอร์ของเชื้อราที่ชอบดินเค็มได้ สำหรับเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ที่สามารถเพิ่มจำนวนได้มีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 *Acaulospora longula* Spain & Schenck

สร้าง azygospore เดี่ยวๆในดิน โดยสร้างบนด้านข้างของเส้นใยที่ปลายข้างหนึ่งค่อยๆ เรียว และบวมพอง ซึ่งเรียกว่า hyphal terminus หรือ vesicle ซึ่งมีลักษณะกลม ถึงเกือบกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (60-) 70-90 (-110) ไมครอน มีผนังหนา 0.5 ไมครอน เส้นใยบริเวณที่มีสปอร์ติดอยู่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-12 ไมครอน ระยะทางระหว่างสปอร์ถึงปลาย hyphal terminus ยาว 100-200 ไมครอน hyphal terminus มักจะยุบตัวภายหลังจากที่มีการสร้างสปอร์ขึ้น โดยปกติจะหลุดออกเมื่อสปอร์แก่เต็มที่ สปอร์มีลักษณะค่อนข้างใส ถึงสีเหลืองอ่อน กลม หรือเกือบกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (55-) 75-90 (-100) ไมครอน บางครั้งมีลักษณะเป็นรูปวงรี หรือผิดปกติ มีขนาด 100-115 x 66-98 ไมครอน ผนังสปอร์โดยรวมหนา 2.5-5 ไมครอน

สามารถแยกออกเป็นส่วนๆได้ เมื่อทำให้สปอร์แตก ผนังชั้นนอกสุดเป็น mucilaginous wall ไม่สามารถอยู่ได้นาน หนา 0.5-3 ไมครอน ผนังชั้นที่ 2 หนา 2-3 ไมครอน ไม่สามารถแยกออกจากชั้นที่ 3 ได้ ผนังชั้นที่ 3 หนา 0.5 ไมครอน ผนังชั้นที่ 4 ใสหนา 0.5-1 ไมครอน และทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent โดยเปลี่ยนเป็นสีม่วงสว่าง ผนังสปอร์ส่วนใหญ่จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อสปอร์แตกและเมื่อย้อมสี สปอร์ ผนังสปอร์จะเป็นสีเหลืองเมื่ออยู่ใน lactophenol content ที่อยู่ในสปอร์จะใส ถึงเกือบใส (ภาพที่ 1.)

2.2 *Acaulospora nicolsonii* Walker , Reed & Sanders

สร้างสปอร์เดี่ยวๆในดิน โดยสร้างด้านข้างของเส้นใยที่ปลายมี Sporiferous saccule ซึ่ง sporiferous saccule จะแฟบเมื่อสปอร์แก่ สปอร์ใสไม่มีสี ถึงเหลือง – น้ำตาลอ่อน รูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ขนาด 99-198 x 109-218 ไมครอน ผนังสปอร์มี 2 กรุ๊ป ผนังสปอร์ กรุ๊ป A ชั้นแรกบางไม่มีสี เป็น evanescent wall หนา 0.5-1 ไมครอนชั้นที่ 2 เป็น laminated wall หนา 3-10 ไมครอน ซึ่งมีชั้นเรียงกัน 13 subequal laminate สีเหลืองอ่อน ชั้นที่ 3 เป็น unit wall หนา 0.5-1.5 ไมครอน บ่อยครั้งที่จะแยกออกจากผนังชั้นอื่นเมื่อบี้สปอร์ ผนังสปอร์กรุ๊ป B มี 1 ชั้น บางมาก ไม่มีสี หนา 0.5 ไมครอน

Sporiferous saccule จะไม่มีสีถึงสีขาว รูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 128 -156 ไมครอน เส้นใยที่ติดสปอร์ยาว 100-200 ไมครอน ผนังหนา 1-2.5 ไมครอน สปอร์ และ saccule ไม่ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent ใน cotton blue ผนังชั้น 1-3 จะเป็นสีฟ้า ผนังชั้นที่ 4 ไม่ติดสี Occludsion body จะเป็นสีน้ำเงิน (ภาพที่ 2.)

2.3 *Acaulospora mellea* Spain & Schenck

สร้าง azygospore เดี่ยวๆ ในดิน โดยเกิดทางด้านข้างของเส้นใยที่เรียวสอบไปยังส่วนปลายเส้นใยที่โป่งพองออก (hyphal terminus) เส้นใยที่พองออกเป็น vesicle ที่มีลักษณะกลมถึงค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 90-100 ไมครอน content ภายใน hyphal terminus มีสีขาวและจะว่างเปล่าในระยะที่สร้างสปอร์ จึงทำให้ใสถึงเกือบใส จะพบ hyphal terminus อยู่ติดกับสปอร์ที่ยังอ่อนอยู่เท่านั้น ซึ่งจะเหี่ยวเมื่ออยู่ใน lactophenol ส่วนสปอร์ที่แก่เต็มที่จะไม่พบ hyphal terminus ติดอยู่ azygospore มีสีน้ำผึ้ง ถึงสีน้ำตาลเหลือง มีลักษณะกลมถึงเกือบกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (72-) 95-105 (-126) ไมครอน บางครั้งพบรูปร่างลูกรักบี้ หรือ irregular shape จะมีขนาด 96-130 x 78-92 ไมครอน ผนังสปอร์หนา 4-8 (-11) ไมครอน ปกติจะกว้างที่สุดบริเวณที่ส

ปอร์สัมผัสกับ hyphal terminus ผนังสปอร์ประกอบด้วย 3 ส่วนซึ่งจะแยกออกจากกันเมื่อสปอร์แตก ผนังส่วนนอกสุดคือ ผนังชั้นที่ 1 มีสีน้ำตาลเหลือง ถึงน้ำตาลเข้ม หนา 2-6 ไมครอน เป็นผนังสปอร์แบบ laminated wall จะไม่แยกออกจากผนังชั้นที่ 2 ซึ่งหนา 0.5 ไมครอน ผนังชั้นที่ 3 มีลักษณะใส ถึงสีเหลืองใส เป็นแบบ membranous wall หนา 0.5-1 ไมครอน ผนังชั้นที่ 4 และ 5 เป็นแบบ membranous wall แทบจะไม่แยกออกจากกัน ผนังชั้นที่ 4 จะย่นเมื่อสปอร์แตกทำให้มีลักษณะนูนขึ้นมา หนา 0.5 ไมครอน ชั้นที่ 5 หนา 0.5 ไมครอน ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เป็นสีแดงใส หรือ ม่วงใส สปอร์ content ภายในสปอร์ มีสีเหลือง เห็นเป็นเม็ดหรือเป็นร่างแห (ภาพที่ 3.)

2.4 *Acauospora rehmii* Sieverding & Toro

สปอร์มีสีเหลืองใสถึงน้ำตาล เมื่อมีอายุมากขึ้นจะเห็นเป็นสีน้ำตาลแดงถึงดำ ลักษณะกลมถึงเกือบกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 112-168 ไมครอน sporiferous saccule มีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 100-130 ไมครอน มีผนังหนา 0.7-1.5 ไมครอน เส้นผ่าศูนย์กลางตรงบริเวณ neck ซึ่งสปอร์ติดกับเส้นใย มีขนาด 11–25 ไมครอน และสปอร์จะสร้างไกลจาก sporiferous saccule ยาว 50 – 90 ไมครอน

สปอร์ประกอบด้วยผนัง 4 ชั้น (ชั้นที่1– 4) ใน 3 กรุ๊ป (A, B และ C) ผนัง กรุ๊ป A ประกอบด้วย 1 ชั้น (ชั้นที่ 1) มีสีเหลืองถึงน้ำตาลแดงเข้ม หนา 3–13 ไมครอน มีสิ่งตกแต่งผิวสปอร์แบบ labyrinthi–form folds ผนังกรุ๊ป B ประกอบด้วยผนังชั้นที่ 2 ลักษณะใส เป็น unit wall หรือ membranous wall หนา 0.5–2.0 ไมครอน ผนังกรุ๊ป C ประกอบด้วย ผนังชั้นที่ 3 และ 4 ทั้งสองชั้นมีลักษณะใส เป็น membranous wall ชั้นที่ 3 หนา 0.5–1.5 ไมครอน ซึ่งจะอยู่ติดกับชั้นที่ 4 ซึ่งหนา 0.5 ไมครอน และทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent ได้สีม่วงอ่อน (ภาพที่ 4.)

2.5 *Acaulospora scrobiculata* Trappe

สร้างสปอร์เดี่ยวในดิน โดยสร้างอยู่ทางด้านข้างของเส้นใยที่มีผนังบาง และใส ซึ่งปลายข้างหนึ่ง มี vesicle อยู่ และมีผนังบาง vesicle มีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100–160 ไมครอน และจะยุบตัวเมื่อสปอร์แก่เต็มที่ สปอร์มักจะมีลักษณะกลมถึงเป็นลูกรักบี้แบบกว้าง มีขนาด 100–240 x 100–220 ไมครอน เมื่อยังอ่อนจะมีสีค่อนข้างใส และมีสีเขียวมะกอกถึงน้ำตาลใส เมื่อสปอร์แก่เต็มที่ ผิวของสปอร์มีลักษณะเป็นหลุม (pitted) แต่ละหลุมแยกจากกันได้โดยมีสันกั้นไว้

สปอร์ประกอบด้วยผนัง 4 ชั้น ชั้นที่ 1 อยู่นอกสุด มีลักษณะเป็นหลุม แข็ง สีค่อนข้างใส ถึงสีเหลืองเขียวใส หนา 3–6 ไมครอน ชั้นที่ 2 ติดอยู่กับชั้นที่ 1 แต่สามารถแยกออกได้มีลักษณะเรียบใส หนา 0.2–0.5 ไมครอน ชั้นที่ 3 อยู่ติดกับชั้นที่ 2 แต่สามารถแยกออกได้ มีลักษณะเรียบ ใส หนา 0.5–1.0 ไมครอน และชั้นที่ 4 แยกออกจากชั้นอื่นๆ ได้ ขรุขระเล็กน้อย อยู่ในสุด มีสีใส หนา 0.2–1.0 ไมครอน ผนังสามชั้นนอกจะทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent ได้สีเหลือง ส่วนชั้นในสุดจะมีสีแดงเข้มอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 5.)

2.6 *Entrophospora colombiana* Spain & Schenck

สร้างสปอร์เดี่ยวในดิน และบางครั้งสร้างสปอร์ภายในราก สปอร์จะพัฒนาใน เส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20–30 ไมครอน ที่ปลายด้านหนึ่งของเส้นใยพองบวมมีลักษณะกลมถึงเกือบกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 ไมครอน ผนังหนา 1.5–3 ไมครอน สีขาวถึงไม่มีสี ในระยะเริ่มแรกสปอร์เกือบใสถึงมีสีขาวหลังจากนั้น และจะเป็นสีเหลืองอ่อนถึงน้ำตาลทอง เมื่อสปอร์แก่เต็มที่ โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100–115 ไมครอน เส้นใยที่เชื่อมระหว่างสปอร์ ถึง hyphal terminus ยาว 50–125 ไมครอน เมื่ออยู่ในน้ำ แต่จะย่นเมื่ออยู่ใน lactophenal

ผนังสปอร์โดยรวมหนา 3-7 ไมครอน ประกอบด้วย ผนัง 2-3 ส่วน ซึ่งสามารถแยกออกจากกันเมื่อสปอร์แตก ผนังชั้นนอกสุดจะรวมกับผนังของเส้นใยที่มี hyphal terminus มีลักษณะใส 0.5–2 ไมครอน ผนังชั้นที่ 1 จะติดกับ ผนังชั้นที่ 2 มีสีเหลือง – น้ำตาล ถึงสีทอง-น้ำตาลหนา 2–3 ไมครอนเป็นผนังแบบ laminated wall ชั้นที่ 3 ใส หนา 1 ไมครอน และแยกออกจากผนังสปอร์ชั้นอื่นๆเมื่อสปอร์แตก ผนังชั้นที่ 4 เป็นแบบ membranous wall มักเป็นแบบสายนูนๆ หนา 0.5 ไมครอน ใส ชั้นที่ 5 เป็น membranous wall หนา 1 ไมครอน ใส ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เป็นสีม่วงเข้ม (ภาพที่ 6.)

2.7 *Entrophospra schenckii* Sieverding & Toro

สปอร์ใสไม่มีสี ลักษณะกลมถึงค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-60 ไมครอน หรือเป็นวงรีถึงรูปไข่ ขนาด 48-97 x 25-60 ไมครอน สร้างสปอร์เดี่ยวในดินและในรากพืช ซึ่งจะสร้างสปอร์ในเส้นใยที่มี sporiferous saccule ที่กลมหรือค่อนข้างกลม และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-60 ไมครอน ผนังสปอร์ประกอบด้วย ผนัง 3 ชั้น ใน 2 กรุ๊ป (AและB) กรุ๊ป A มีผนัง 2 ชั้น ผนังชั้นแรกหนา 0.5 ไมครอน และสร้างจากผนังเดียวกันกับผนัง neck ของ sporiferous saccule ปกติจะติดอยู่กับผนังชั้นที่ 2 ซึ่งเป็น unit wall หนา 0.5-1.0 ไมครอน กรุ๊ป B มีผนังชั้นเดียว (ชั้นที่ 3) เป็น

แบบ membranous wall หนา 0.5-1.0 ไมครอน บางครั้งพบ sporiferous saccule ที่แฟบและเกาะติดกับสปอร์ แต่ปกติเมื่อมันแตกและจะอยู่ใกล้สปอร์ (ภาพที่ 7.)

2.8 *Gigaspora* sp. No.1

สร้างสปอร์เดี่ยวในดิน รูปร่างกลม สีเหลืองทองถึงน้ำตาล สปอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 255-370 ไมครอน ผนังสปอร์มี 5 ชั้นใน 1 กรุ๊ป ชั้น 1-4 เป็นแบบ laminated wall ชั้นที่ 5 เป็นเยื่อบางๆ ทั้ง 5 ชั้นอยู่ติดกัน แต่ละชั้น หนา 3-5, 1-2.5, 3-5, 2-2.5 และ 0.5-1 ไมครอน ตามลำดับ สร้างสปอร์บน bulbous suspensor ซึ่งมีขนาด 35-40 ไมครอน ผนังหนา 4-5 ไมครอน มีรูเชื่อมต่อระหว่างฐานของสปอร์กับ subtending hypha ซึ่งมีผนังกั้น (ภาพที่ 8.)

2.9 *Gigaspora* sp. No.2

สร้างสปอร์เดี่ยว ๆ ในดิน รูปร่างรี สีขาวถึงเหลืองใส สปอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 150-340 x 225-350 ไมครอน ผนังสปอร์หนา 4-7 ไมครอน ผนังสปอร์มี 2 ชั้นใน 1 กรุ๊ป ชั้นแรก มีลักษณะแข็ง มีสีเหลืองใส เรียบ หนา 2-6 ไมครอน ชั้นที่ 2 ผนังเป็นแบบ laminate wall แข็ง เปราะแตกง่าย หนา 2-4 ไมครอน ผนังทั้งสองชั้นติดกันไม่แยกออกจากกัน สปอร์สร้างบน bulbous suspensor ขนาด 30-50 ไมครอน ผนัง subtending hypha หนา 2.4 ไมครอน สีขาว ถึงสีเหลืองใส (ภาพที่ 9.)

2.10 *Gigaspora* sp. No. 3

สปอร์รูปร่างกลม สีเหลือง มีขนาด 350–372 x 354–70 ไมครอน ผนังสปอร์ 4 ชั้น (ชั้นที่1-4 ) ผนังชั้นที่ 1 เป็น unit wall หนา 4 ไมครอน ชั้นที่ 2 เป็น laminate wall หนา 6-7 ไมครอน ชั้นที่ 3 และ 4 เป็น membranous wall หนา 1 และ 2 ไมครอน ตามลำดับ bulbous suspensor ขนาด 40–84 x 60-84 ไมครอน สีเหลือง มีผนัง 2 ชั้น ชั้นแรกมีสีน้ำตาล หนา 2 ไมครอน ชั้นที่ 2 สีเหลือง หนา 2 ไมครอน subtending hypha มีผนังกั้น ผนังสปอร์ทำปฏิกิริยากับ Melzer 's reagent ทำให้ผนังสปอร์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงทุกชั้น (ภาพที่ 10.)

2.11 *Glomus ambisporum* Smih & Schenck

สร้าง sporcarps มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ รูปร่างค่อนข้างกลมถึงรูปร่างหลายแบบ ขนาด 315–690 x 424–776 ไมครอน ประกอบด้วยชั้นของ chlamydospore เรียงต่อกันชั้นเดียว และมี subtending hyphae อยู่ตรงกลาง ไม่มี peridium หุ้ม สร้างสปอร์ 2 แบบ คือสร้างสปอร์ใน sporocarp เดี่ยว ๆ ในดิน หรือรวมกลุ่มกันอยู่รอบ ๆ รากพืช มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ปกติจะมีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 85–157 ไมครอน บางครั้ง มีรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาด 98–166 x 93–157 ไมครอน หรืออาจสร้าง sporocarp รวมกลุ่มกันหลาย ๆ sporocarp และมีขนาด 18 x 12 x 2 มิลลิเมตร sporocarp สร้างจากเส้นใยที่มีผนังหนา 3 ไมครอน สปอร์ที่อยู่ภายใน sporocarp สร้างมาจากเส้นใยที่มีผนังหนา 3 ไมครอน สปอร์ที่อยู่ภายใน sporocarp สร้างขึ้นโดยการแตกหน่อของ sporogenous cell

สปอร์มีผนัง 3 ชั้น ผนังชั้นในสุดเป็น membranous wall หนาน้อยกว่า 1 ไมครอน ผนังชั้นกลางเป็น laminate wall สีน้ำตาลเข้มถึงดำ หนา 3–14 ไมครอน ผนังชั้นนอกสุดมีลักษณะเป็นร่างแห หนา 2–4 ไมครอน ค่อนข้างใส และเชื่อมต่อกับผนังของ hyphal attachment ไปสู่จุดศูนย์กลางของ sporocarp ผนังชั้นนอกจะแตกใกล้กับจุดของ hyphal attachment ที่สัมผัสกับสปอร์ เส้นใยตรงจุดที่สัมผัสกับสปอร์กว้าง 10–24 ไมครอน แทบจะไม่พบสปอร์ที่มี 2 attachment ถ้าพบจะมีขนาดกว้าง 31–34 ไมครอน hyphal attachment จะแตกกิ่ง spore content จะใส ไม่เป็นเม็ด และสามารถแยกจาก hyphal attachment ได้โดยผนังชั้นในซึ่งเป็น membranous wall หรือโดยการอุดรูที่บริเวณฐานของสปอร์ต่อกับ hyphal attachment

สปอร์แบบที่ 2 สร้างเดี่ยว หรือสร้าง sporocarp ในราก หรือเนื้อเยื่อของพืชอาศัยที่ตายแล้ว สปอร์ค่อนข้างใสถึงใส รูปร่างกลม ถึงเกือบกลม รูปรักบี้ หรือ รูปร่างสูง ขนาด 54–197 x 44 – 163 ไมครอน มีผนัง 2 ชั้น บางครั้ง 3 ชั้น ชั้นในสุดเป็น membranous wall หนา 0.4–1 ไมครอน ชั้นกลางเป็น laminate wall ใสถึงค่อนข้างใส หนา 2–4 ไมครอน ชั้นนอกสุดใส เป็นแบบ evanascent หนามากกว่า 4 ไมครอน จุดที่เส้นใยสัมผัสกับสปอร์กว้าง 5–10 ไมครอน ไม่ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent (ภาพที่ 11.)

2.12 *Glomus dimorphicum* Boyetchko & Tewari

Spore มี 2 รูปร่าง (dimophic) สร้างสปอร์เดี่ยว และเป็นกลุ่มเกาะกันอย่างหลวมๆ ในดิน ไม่ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent สปอร์เดี่ยวจะเป็นสีเหลืองถึงน้ำตาลแดง รูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90-300 ไมครอน ผนังของสปอร์เดี่ยวจะมี 3 ชั้น ใน 2 กรุ๊ป ชั้น

แรกใสไม่มีสีเป็น laminated wall หนา 2-8 ไมครอน ชั้นที่ 2 สีเหลืองใส เมื่อสปอร์แก่จะเป็นสีน้ำตาลแดง เป็น laminate wall หนา 2-8 ไมครอน ชั้นที่ 2 สามารถแยกออกจากชั้นแรกได้เมื่ออยู่ในสภาพมีความดัน ผนังชั้นที่ 3 สีเหลืองใสถึงน้ำตาลแดงเมื่อสปอร์แก่ เป็น membranous wall หนา 1 ไมครอน subtending hypha ของสปอร์เดี่ยวจะมีลักษณะตรง หรือโค้งงอ สีเหลืองใสถึงน้ำตาลใส ผนังหนา 1.5-9 ไมครอน ประกอบด้วยผนัง 1-3 ชั้น

สปอร์ที่อยู่รวมกันเป็น sporocarp จะมีสปอร์มากกว่า 15 สปอร์หรือมากกว่า เรียงตัวในแนวรัศมี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-130 ไมครอน รูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ผนังมี 2 ชั้น ใน 1 กรุ๊ป ชั้นแรกเป็น laminate wall หนา 2-5 ไมครอน สีเหลือง และเมื่อสปอร์แก่จะเป็นสีน้ำตาลแดง ชั้นที่ 2 มีสีเหลือง เป็น membranous wall attachment hypha จะมีลักษณะตรง สีเหลืองถึงน้ำตาล หนา 2-6 ไมครอน ประกอบด้วยผนัง 1 และ2 ชั้น ตรงจุดที่ subtending hypha สัมผัสกับสปอร์อาจมีลักษณะเป็นทรงกระบอก หรือโป่งออกก็ได้ (ภาพที่ 12.)

2.13 *Glomus glomerulatum* Sieverding

sporocarp สีน้ำตาลเข้ม รูปร่างกลม ค่อนข้างกลม เป็นวงรี หรือรูปร่างผิดปกติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 400 x 500 ไมครอน sporocarp เกิดจากการถักสานของเส้นใยใสๆ เส้นใยกว้าง 2–6 ไมครอน ผนังหนา 0.1-0.5 ไมครอน เส้นใยมีผนังกั้นหรือไม่มีผนังกั้นก็ได้ sporocarp ไม่มี peridium หุ้มผิวหน้าของ sporocarp มีลักษณะเป็นปุ่มของสปอร์ยื่นออกมา

chlamydospore สีเหลืองถึงน้ำตาล รูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-70 ไมครอน ผนังสปอร์มี 2 ชั้น ใน 1 กรุ๊ป ผนังชั้นแรกสีเหลืองถึงน้ำตาลเป็น laminate wall หนา 4-9 ไมครอน ผิวหน้าของผนังมีเส้นใยใสๆติดอยู่แน่น แต่ปกติผิวสปอร์จะเรียบ ผนังชั้นที่ 2 ไม่มีสี เป็น membranous wall หนา 0.5 ไมครอน ปกติจะติดแน่นกับผนังชั้นแรก ยกเว้นสปอร์อยู่ใน polynyl – alcohol – lactophenol ( PVL ) ซึ่งจะทำให้ผนังชั้นที่ 2 แยกออกจากผนังชั้นแรกได้ (ภาพที่ 13.)

2.14 *Glomus multicaulis* Gerdemann & Bakshi

สปอร์สีน้ำตาลเข้ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 149-249 x 124-162 ไมครอน รูปร่างเป็นวงรีค่อนข้างกลม หรือบางครั้งเป็นสามเหลี่ยม มี hypha attachment 1-4 hypha ปกติมักจะพบที่บริเวณปลายทั้งสองด้านของสปอร์ ผนังสปอร์หนา 8.6-3.4 ไมครอน บริเวณที่เส้นใยติดกับ สปอร์จะมีผนังหนาที่สุด (ภาพที่ 14.)

2.15 *Glomus scintillans* Rose & Trappe

chlamydospore เกิดเดี่ยวๆ ในดิน รูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 180–210 ไมครอน สปอร์ใสไม่มีสี ผนังสปอร์หนา 7–10 ไมครอน ประกอบด้วย 3 ชั้น ชั้นนอกหนา 2–4 ไมครอน ไม่มีสี ผิวหน้าสปอร์มีสิ่งตกแต่งอยู่มีลักษณะเป็นปุ่ม ขนาดของปุ่ม 1-3 x 0.4-1.2 ไมครอน ผนังชั้นกลางหนา 2-3 ไมครอน ใสแยกออกจากผนังชั้นนอก และผนังชั้นในหนา 2-3 ไมครอน ใสอยู่ติดกับผนังชั้นกลาง hyphal attachment รูปร่างตรงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-9 ไมครอน ไม่มีสี บางครั้งมีสองเส้นรวมกันใกล้กับบริเวณที่ติดสปอร์ spore content ใส ลักษณะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-20 ไมครอน สปอร์จะเป็นสีเขียวเมื่ออยู่ใน cotton blue แต่จะไม่ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent (ภาพที่ 15.)

2.16 *Glomus* sp.No.1

สร้าง chlamydospore เดี่ยว ๆ ในดิน มีรูปร่างกลม หรือรี มีสีเหลืองทองถึงน้ำตาล ขนาด 55-77.5 x 55-125 ไมครอน มีผนัง 2 กรุ๊ป (AและB) หนา 2.5-7.5 ไมครอน กรุ๊ป A มี 2 ชั้นติด (1-2) กันหนา 3 ไมครอน ไม่มีสี แข็ง เปราะแตกง่าย กรุ๊ป B มีผนัง 4 ชั้น (3-6) ชั้นที่ 3 หนา 0.5-1 ไมครอน เป็น laminated wall ชั้นที่ 4 หนา 1 ไมครอน เป็น laminated wall ชั้นที่ 5 หนา 1 ไมครอน เป็น membranous wall ใสไม่มีสี และชั้นที่ 6 ลักษณะยืดหยุ่นพับย่นเข้าไปด้านใน ใส หนา 1 ไมครอน ผนังเป็นแบบ membranous wall เส้นใยที่ติดกับสปอร์ (subtending hypha) กว้าง 4-6 ไมครอน มีผนังที่บาง ไม่มีสี หนา 1 ไมครอน ผนังของ subtending hypha เชื่อมต่อกับผนังสปอร์ จึงเกิดรูที่ฐานของสปอร์ที่ต่อกับ subtending hypha (ภาพที่ 16.)

2.17 *Scutellospora calospora* Nicolson & Gerdemann

สร้างสปอร์เดี่ยว ๆ ในดิน อยู่บนปลาย bulbous suspeusor สปอร์มีสีเหลืองใสถึงสีเหลืองเขียว มีลักษณะกลม รูปรักบี้ หรือทรงกระบอก บางครั้งจะกว้างมากกว่ายาว มีขนาด 114–285(-511)x110–412(-511) ไมครอน

ผนังสปอร์ประกอบด้วย 4 ชั้น คือ ชั้นที่ 1-4 ใน 2 กรุ๊ป คือ กรุ๊ป A และ กรุ๊ป B กรุ๊ป A ประกอบด้วยผนัง 2 ชั้น คือ 1 และ 2 ผนังชั้นที่ 1 เป็น unit wall มีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ใส อยู่ติดกับชั้นที่ 2 มาก หนา 0.5–1 ไมครอน ชั้นที่ 2 ผนังเป็นแบบ laminate wall เรียงซ้อนกันอย่างละเอียด แตกหักได้ สีใสถึงเหลืองอ่อน หนา 3–5 ไมครอน กรุ๊ป B ประกอบด้วยผนัง 2 ชั้น (ชั้นที่ 3-

4) มีลักษณะเป็น membranous walls ใส ผนังชั้นที่ 3 หนา 0.5–1 ไมครอน และจะย่นเมื่อสปอร์แตก ส่วนชั้นที่ 4 หนา 1–1.5 ไมครอน และจะทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เป็นสีแดง

germination shield รูปไข่ ขนาด 35–70 x 50–90 ไมครอน ส่วน bulbous suspensor สร้างบนปลายเส้นใย suspending hyphae ที่มีผนังกั้น กว้าง 33–48 ไมครอน มีผนัง 2 ชั้น ชั้นที่ 2 เชื่อมติดกับ ผนังของสปอร์ ผนังชั้นที่ 1 หนา 1 ไมครอน (ภาพที่ 17.)

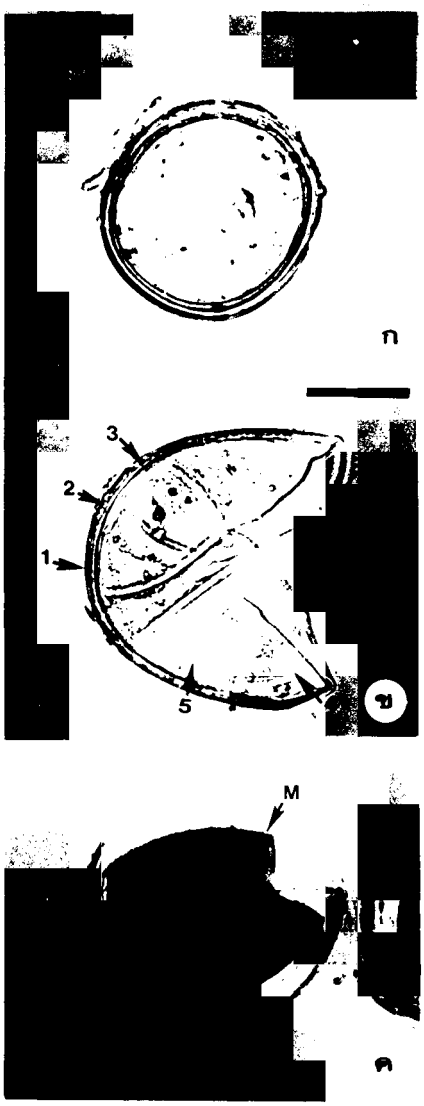
2.18 *Scutellospora dipapillosa* Walker & Sanders

สร้างสปอร์เดี่ยว ๆ ในดิน โดยเกิดบริเวณข้างหรือปลายสุดของ bulbous suspensor รูปร่างกลมถึงเกือบกลม หรืออาจมีรูปร่างไม่แน่นอน สปอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 135-160 x 135-180 ไมครอน สีน้ำตาลส้มอ่อน ถึง น้ำตาลเข้ม ผนังสปอร์มี 5 ชั้นใน 2 กรุ๊ป (AและB) กรุ๊ป A ชั้นนอกเป็น ornamented unit wall จะติดกับชั้นด้านในที่เป็น laminated wall ซึ่งปิดล้อมผนังชั้นที่ 3 ไว้ ผนังชั้นที่ 3 เป็น unit wall ผนังชั้นแรกเปราะไม่มีสีถึงสีเหลืองอ่อน หนา 1.5- 2 ไมครอน ผนังจะอัดแน่น ผนังสปอร์จะมีสิ่งตกแต่งเป็นปุ่มมี ขนาดฐาน หนา 0.5-1 ไมครอน สูง 0.5-1 ไมครอน มีช่องว่าง < 0.5 ไมครอน ผนังชั้นที่ 2 จะติดกับผนังชั้นที่ 1 เปราะ สีส้มถึงน้ำตาล เป็น laminate wall หนา 3-8 ไมครอน ผนังชั้นที่ 3 เปราะ ไม่มีสี หนา 0.5 ไมครอน กรุ๊ป B ประกอบด้วย coriaceous wall ซึ่งอยู่ติดกับ membranous wall ผนังชั้นที่ 4 ใสถึงสีเหลืองอ่อน หนา 2-6 ไมครอน ชั้นที่ 5 ไม่มีสีถึงสีเหลืองอ่อนๆ หนา 0.5-1 ไมครอน germination shield ขนาด 60-80 x 85-90ไมครอน สร้างจากผนังกรุ๊ป B subtending hypha มีผนังกั้น กว้าง 27-40 ไมครอน สีเหลืองถึงน้ำตาล สีสว่างกว่าสปอร์ ผนังของ suspensor like cell หนา 1.5-2 ไมครอน ผนังบริเวณใกล้สปอร์หนามากกว่า 7 ไมครอน Auxilliary cell ในดินมี 12-13 flattened จะเกิดบริเวณเส้นใยขดม้วน สีส้มถึงน้ำตาล เส้นใยกว้าง 5-7 ไมครอน สีส้มถึงน้ำตาล ผิวเรียบถึงมีปุ่ม (ภาพที่ 18.)

2.19 *Scutellospora heterogama* Walker & Sanders

สร้าง zygospore เดี่ยว ๆ ในดิน โดยสร้างอยู่บนปลายสุด หรือค่อนข้างปลาย หรือทางด้านข้างของ bulbous suspensor รูปร่างกลม ถึงเกือบกลม หรือผิดปกติ ขนาด 150-202 ไมครอน ถ้ามีรูปร่างเป็นลูกรักบี้จะมีขนาด 280-230 ไมครอน สีของสปอร์ เป็นสีน้ำตาลเหลืองอ่อนถึงน้ำตาลแดง ผนังสปอร์ประกอบด้วย 4 ชั้น (1-4) ใน 2 กรุ๊ป (A และ B) กรุ๊ป A มีผนัง 2 ชั้น (1-2) ชั้นที่ 1 อยู่ชั้นนอกสุด ผนังเป็นแบบ unit wall ยึดติดแน่นกับผนังชั้นที่ 2 ซึ่งเป็น laminated wall ผนังชั้นที่ 1 เปราะ สีเหลืองอ่อนถึงน้ำตาลอ่อน หนา 1-1.5 ไมครอน ผนังชั้นที่ 2 สีน้ำตาลเหลือง

เป็น laminated wall เรียงซ้อนกันอย่างละเอียด หนา 4-7 ไมครอน กรุ๊ป B มีผนัง 2 ชั้น (3-4) เป็น membranous wall สามารถแยกออกจากกันได้ ผนังแต่ละชั้นจะใส หนาน้อยกว่า 1 ไมครอน ผนังหนาโดยรวมหนา 1.5-3 ไมครอน suspensor-like cell เกิดบนปลาย subtending hypha ที่มีผนังกั้น กว้าง 21-42 ไมครอน สีน้ำตาลเหลือง ผนังของ suspensor-like cell หนา 1-2.5 ไมครอน และที่บริเวณฐานของ สปอร์จะหนาที่สุด หนา 2.5-4 ไมครอน บางครั้งจะพบเส้นใยที่ยื่นออกมาจาก bulbous suspensor 1หรือ 2 อัน หรือไม่มีเลย ถ้ามีจะมีขนาด 10-16x5-9 ไมครอน และยื่นตรงมายังสปอร์ (ภาพที่ 19.)

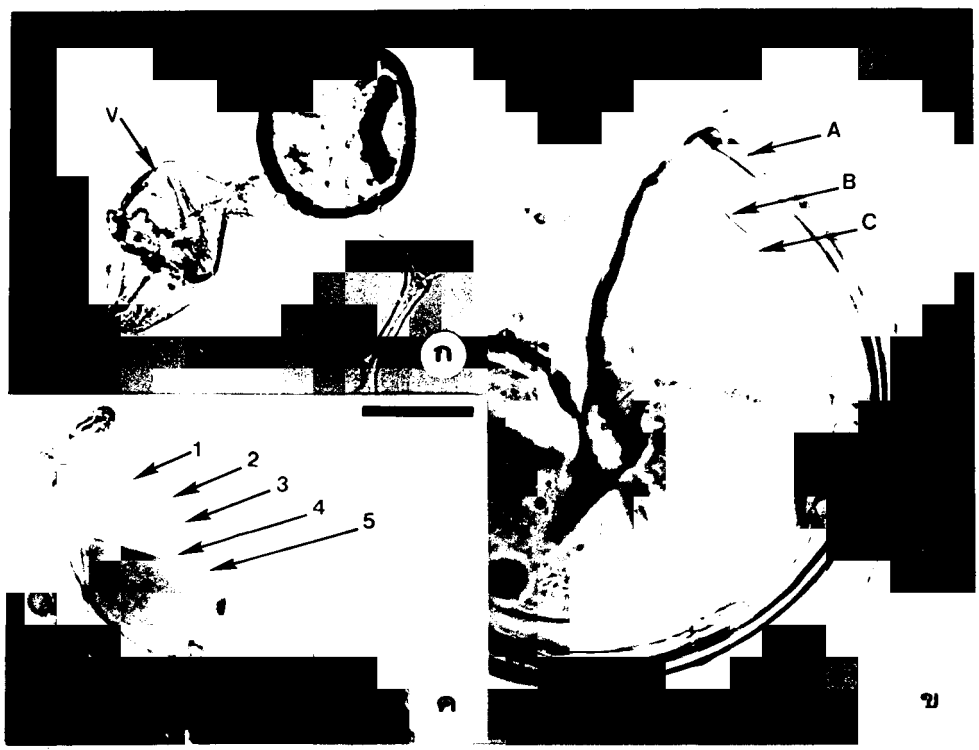



**ภาพที่ 1.** *Acaulospora longula* Spain & Schenck

ก. Azygospore สร้างอยู่บนด้านข้างของเส้นใย (bar = 300 ไมครอน)

ข. มีผนังทั้งหมด 5 ชั้น (1,2,3,4 และ5) ผนังชั้นที่ 1-3 จะอยู่ชิดติดกัน ส่วนชั้นที่ 4 และ 5 แยกออกจากผนังชั้นอื่นๆได้ (bar = 300 ไมครอน)

ค. ผนังชั้นที่ 5 (M) ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เป็นสีม่วงสว่าง (bar = 300 ไมครอน)

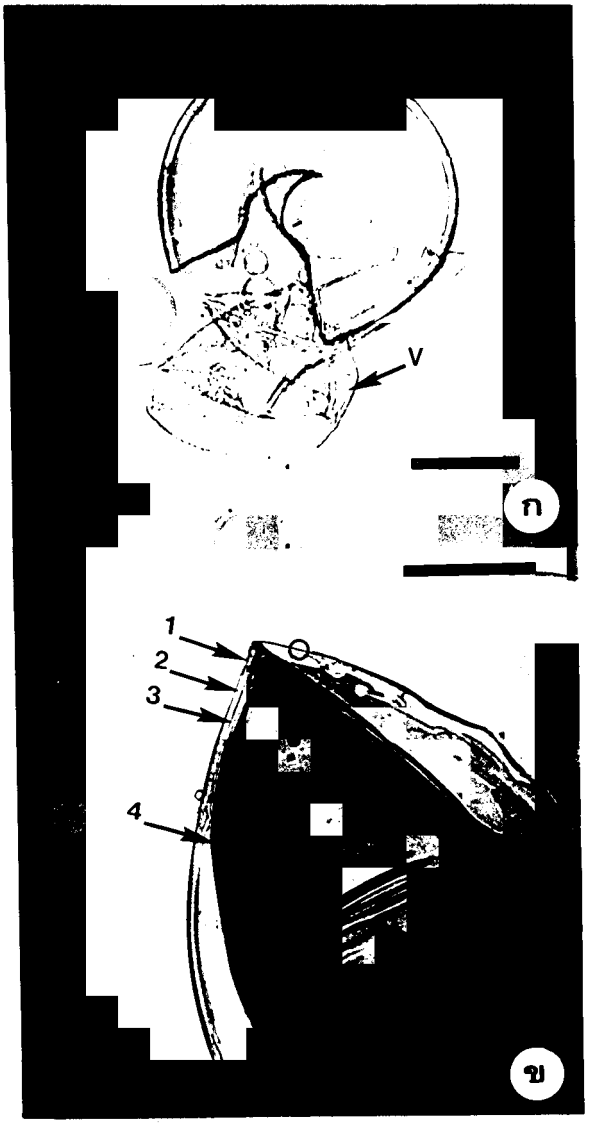



**ภาพที่ 2.** *Acaulospora mellea* Spain & Schenck

ก. Azygospore เกิดด้านข้างของเส้นใยที่มี vesicle (V) (bar = 30 ไมครอน)

ข. ผนังมี 3 กรุ๊ป ( A, B และ C) (bar = 30 ไมครอน)

ค. สปอร์แตก ผนังสปอร์มี 5 ชั้น (1, 2, 3, 4 และ 5) ชั้นแรกสีเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม มีผนังแบบ laminate wall ชั้นที่ 2 ไม่มีสี ชั้นที่ 3 ไม่มีสีถึงสีเหลืองใส ผนังสปอร์แบบ membranous wall ชั้นที่ 4 และ 5 เป็น membranous wall ชั้นที่ 5 ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent (bar = 30 ไมครอน)




**ภาพที่ 3.** *Acaulospora nicolsonii* Walker, Reed & Schenck

ก. Azygospore เกิดอยู่ข้างเส้นใย ที่ปลายมี vesicle (V) (bar = 50 ไมครอน)

ข. ผนังสปอร์มี 4 ชั้นไม่ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent (1, 2, 3 และ 4) ผนังสปอร์ชั้นแรก บาง ไม่มีสี ชั้นที่ 2 มีผนังแบบ laminate wall สีเหลืองอ่อน ชั้นที่ 3 เป็น unit wall ไม่มีสี ชั้นที่ 4 บาง ใส (bar = 30 ไมครอน)

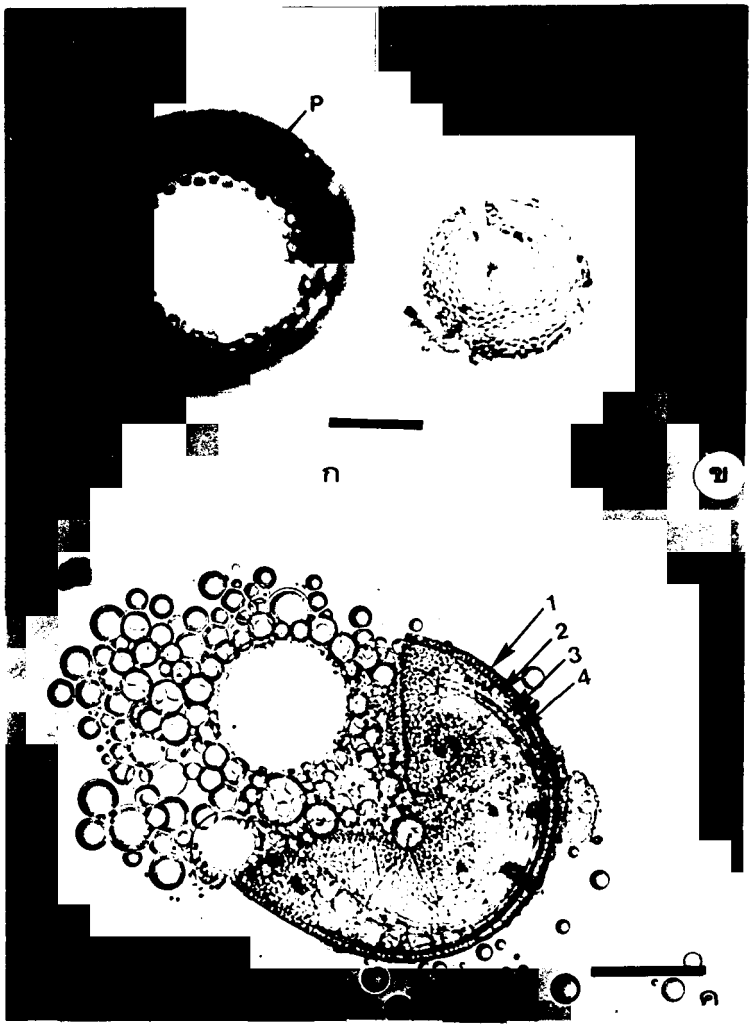
**ภาพที่ 4.** *Acaulospora rehmii* Sieverding & Toro

ก. Azygospore (sp) สร้างด้านข้างของเส้นใยที่ปลายมี versicle (v) (bar=100 ไมครอน)

ข. ผนังชั้นนอกมีลักษณะเป็น labyrinthi–form folds (หัวลูกศร) (bar = 50 ไมครอน)

ค. ผนังประกอบด้วย 3 กรุ๊ป (A, B และ C) มีผนังรวมทั้งหมด 4 ชั้น (1, 2, 3 และ 4) กรุ๊ป A มีผนัง 1 ชั้น (1) กรุ๊ป B มีผนัง 1 ชั้น (2) กรุ๊ป C มีผนัง 2 ชั้น (3 และ 4) อยู่ติดกัน เป็น membranous wall (bar = 30 ไมครอน)

ง. ผนังชั้นนอกสุด (ชั้นที่ 1) มีสิ่งตกแต่งผิวสปอร์แบบ labyrinthi–form folds มีลักษณะเป็นหลุม (หัวลูกศร ) (bar = 30 ไมครอน)




**ภาพที่ 5.** *Acaulospora scrobiculata* Trappe

ก. Azygospore มีลักษณะกลม เมื่อแก่เต็มที่ผิวของสปอร์ชั้นนอกสุดจะเป็นหลุม เรียกว่า Pitted wall (p) (bar = 50 ไมครอน)

ข. สปอร์แตก (bar = 50 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์ทั้งหมด 4 ชั้น (1, 2, 3 และ 4) ชั้นที่ 1 มีลักษณะเป็นหลุม แข็ง สีค่อนข้างใสถึงเหลืองเขียวใส ชั้นที่ 2 อยู่ติดกับชั้นที่ 1 แต่สามารถแยกออกได้ มีลักษณะเรียบ ใส ชั้นที่ 3 อยู่ติดกับชั้นที่ 2 แต่สามารถแยกออกได้ มีลักษณะเรียบ ใส และชั้นที่ 4 แยกออกจากชั้นอื่นได้ ขรุขระเล็กน้อย อยู่ชั้นในสุด มีสีใส ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม (bar = 30 ไมครอน)

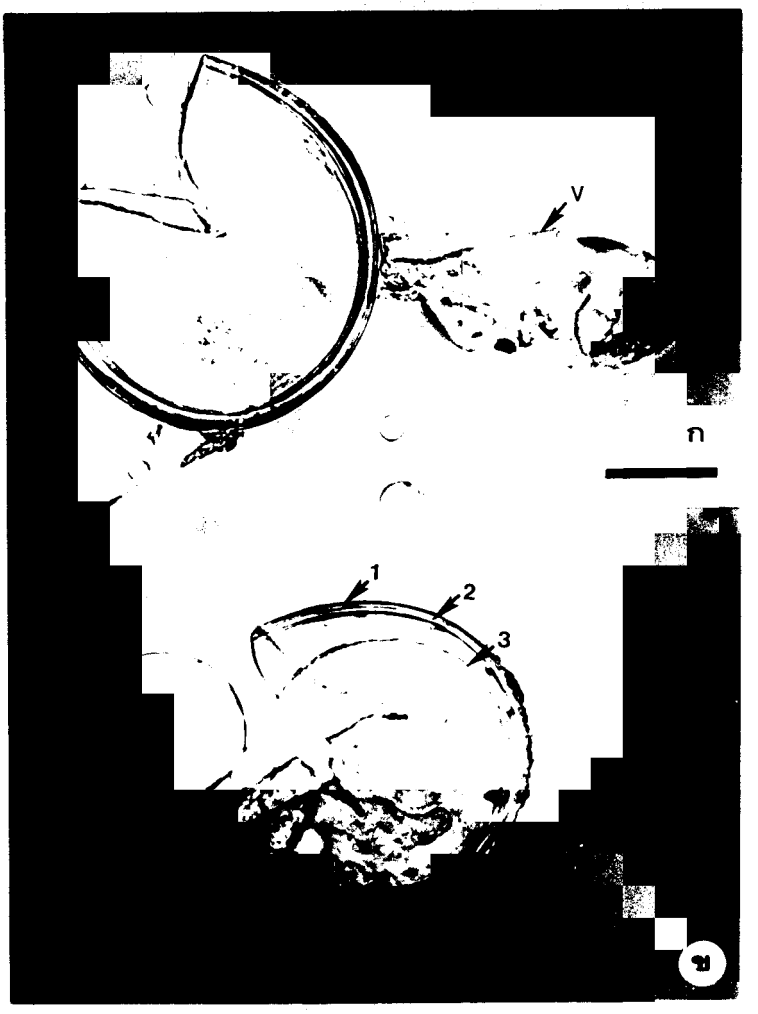
**ภาพที่ 6.** *Entrophospora colombiana* Spain & Schenck

ก. Azygospore (bar = 100 ไมครอน)

ข. Neck of a sporiferous saccule (N) (bar = 100 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์ประกอบด้วย 3 กรุ๊ป (A, B และ C) มีผนังทั้งหมด 5 ชั้น (1,2,3,4 และ5) ชั้นที่ 1และ2 ติดกัน ชั้นที่ 2 มีผนังแบบ laminate wall สีเหลืองถึงน้ำตาล ชั้นที่ 3 ไม่มีสี แยกออกจากชั้นอื่นๆ ชั้นที่ 4 มีผนังรูปร่างคล้ายลูกปัด เป็นแบบ membranous wall ชั้นที่ 5 เป็นผนังแบบ membranous wall (bar = 100 ไมครอน)

ง. ผนังชั้นในติดสี Melzer's reagent เปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้ม (bar = 100 ไมครอน)




**ภาพที่ 7.** *Entrophospora schenckii* Sieverding & Toro

ก. Azygospore สร้างบนด้านข้างเส้นใยที่มี vesicle (V) (bar = 30 ไมครอน)

ข. สปอร์แตก มีผนังทั้งหมด 3 ชั้น (1, 2 และ 3)ใน 2 กรุ๊ป กรุ๊ป A มี 2 ชั้น อยู่ติดกัน ผนังเป็นแบบ unit wall กรุ๊ป B มีผนังชั้นเดียว (3) เป็นแบบ membranous wall (bar =30 ไมครอน)

**ภาพที่ 8.** *Gigaspora* sp. No.1

ก. Azygospore มีรูปร่างกลม อยู่บน bulbous suspensor (หัวลูกศร) (bar = 100 ไมครอน)

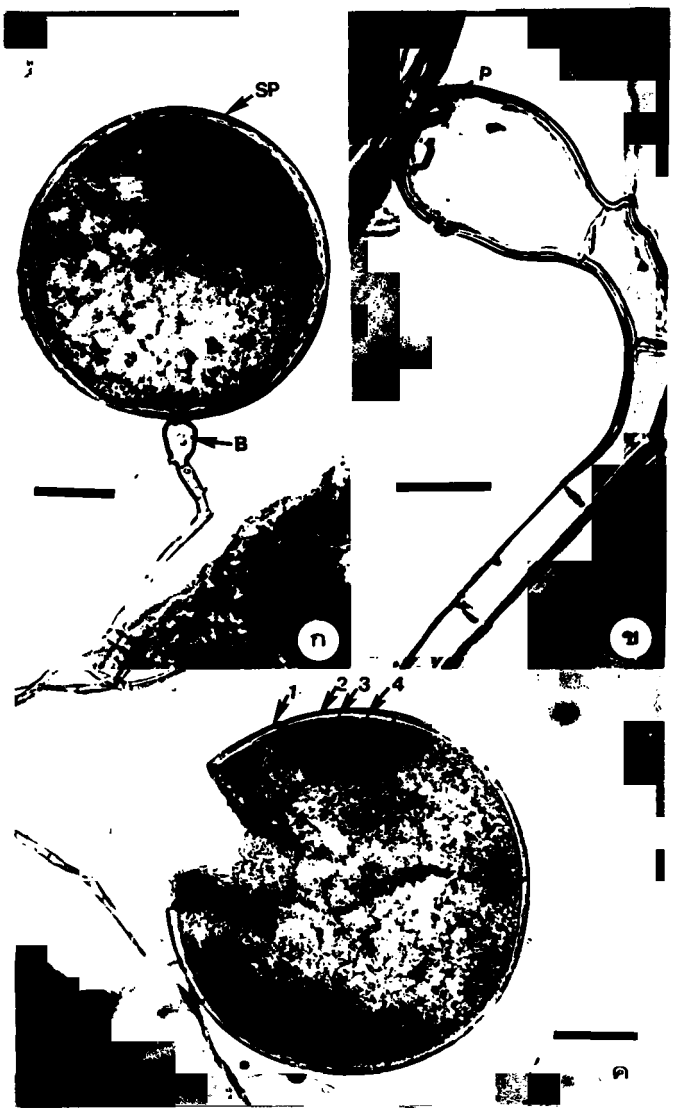
ข. ผนังสปอร์แตก (หัวลูกศร) ยังมีผนังบาง ๆ ปิดกั้นไม่ให้ของเหลวภายในสปอร์ไหลออก (bar = 100 ไมครอน)

<u>ภาพที่ 9.</u> *Gigaspora* sp. No.2

ก. Azygospore มีลักษณะกลม (bar = 50 ไมครอน)

ข. Azygospore มีลักษณะเป็น irregular shape อยู่บน bulbous suspensor ซึ่งมีเส้นใยขนาดเล็กยื่นออกไปสู่สปอร์ (HP) (bar = 50 ไมครอน)

ค. สปอร์แตก ผนังสปอร์ประกอบด้วย 1 กรุ๊ป (A) มีผนัง 2 ชั้น (1 และ 2) ชั้นแรกมีลักษณะแข็ง สีเหลืองใส ชั้นที่ 2 มีผนังสปอร์แบบ laminate wall แข็ง เปราะ แตกง่าย (bar = 50 ไมครอน)

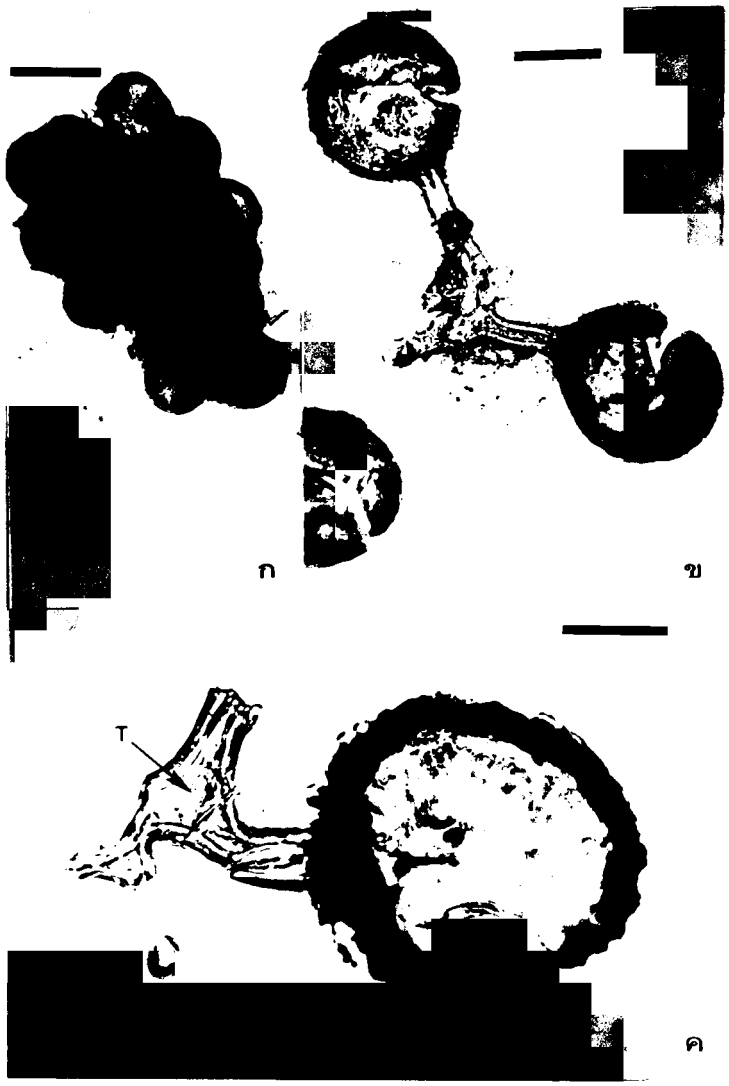



**ภาพที่ 10.** *Gigaspora* sp.No.3

ก. Azygospore (sp) สร้างบน bulbous suspensor (B) มีรูปร่างกลม สีเหลือง (bar = 100 ไมครอน)

ข. Pore (P) เชื่อมระหว่างสปอร์กับ bulbous suspensor ซึ่งมีผนังกั้น (bar = 30 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์ 4 ชั้น (1, 2, 3 และ 4) ชั้นที่ 1 เป็น unit wall ชั้นที่ 2 เป็น laminated wall และ ชั้นที่ 3 และ 4 เป็น membranous wall (bar = 100 ไมครอน)

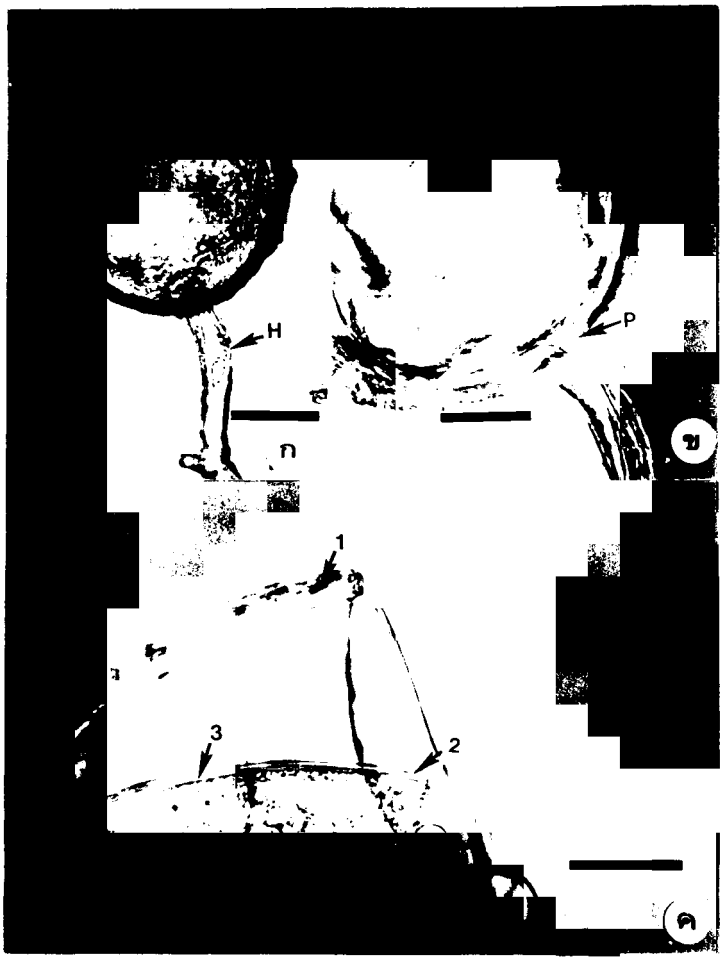



**ภาพที่ 11.** *Glomus ambisporum* Smith & Schenck

ก. Sporocarp มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ไม่มี peridium หุ้ม มีรูปร่างค่อนข้างกลม (bar =100 ไมครอน)

ข. Sporocarp มีจุดกำเนิดของ susptending hyphae จุดเดียวกัน ซึ่งรวมอยู่ตรงกลาง (bar = 50 ไมครอน)

ค. Subtending hypha มีลักษณะเป็น tripodal attachment (T) ผนังของ subtending hypha เชื่อมต่อผนังสปอร์ชั้นนอกสุด ซึ่งชั้นนอกสุดมีลักษณะเป็นร่างแห เมื่อสปอร์แตกจะแตกค่อนไปทางด้านฐานที่อยู่ติดกับ subtending hypha (bar = 30 ไมครอน)

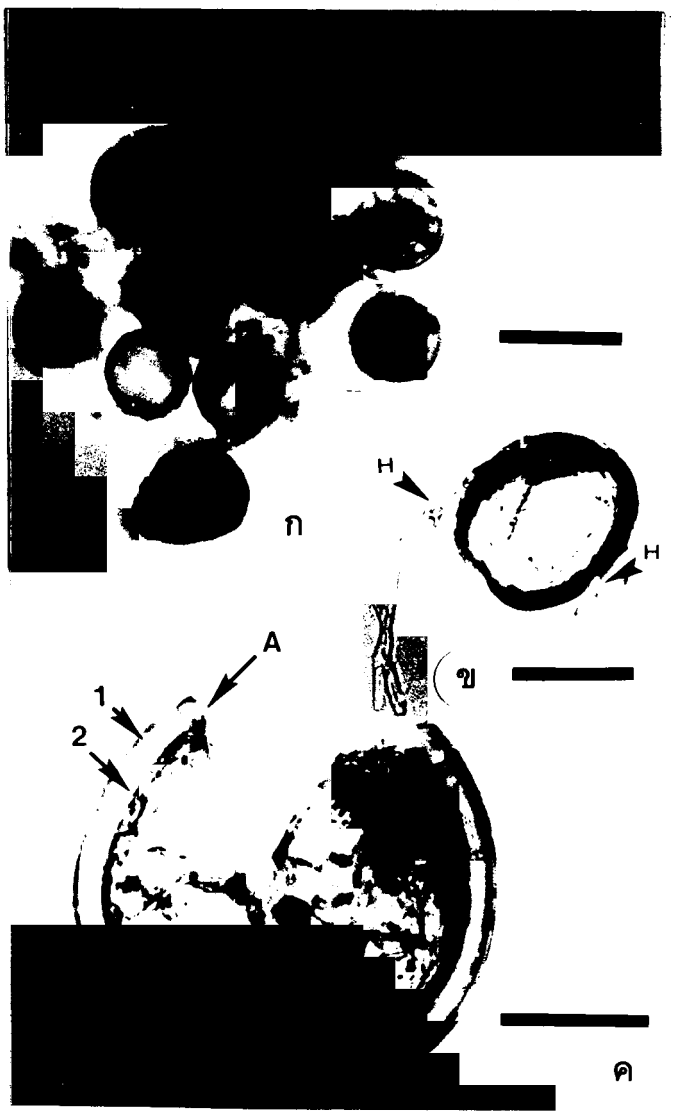



**ภาพที่ 12.** *Glomus dimorphicum* Boyetchko & Tewari

ก. Chlamydospore มี subtending hypha (H) ที่มีผนังกั้น (bar = 100 ไมครอน)

ข. พบ Pore (P) ตรงบริเวณที่เชื่อมระหว่างฐานของสปอร์ กับ subtending hypha ผนังชั้นนอกของสปอร์ และ subtending hypha เชื่อมติดกัน (bar = 50 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์มี 3 ชั้น (1, 2 และ 3) ชั้น 1 และ 2 เป็นแบบ laminate wall ชั้นที่ 3 เป็น membranous wall (bar = 30 ไมครอน)

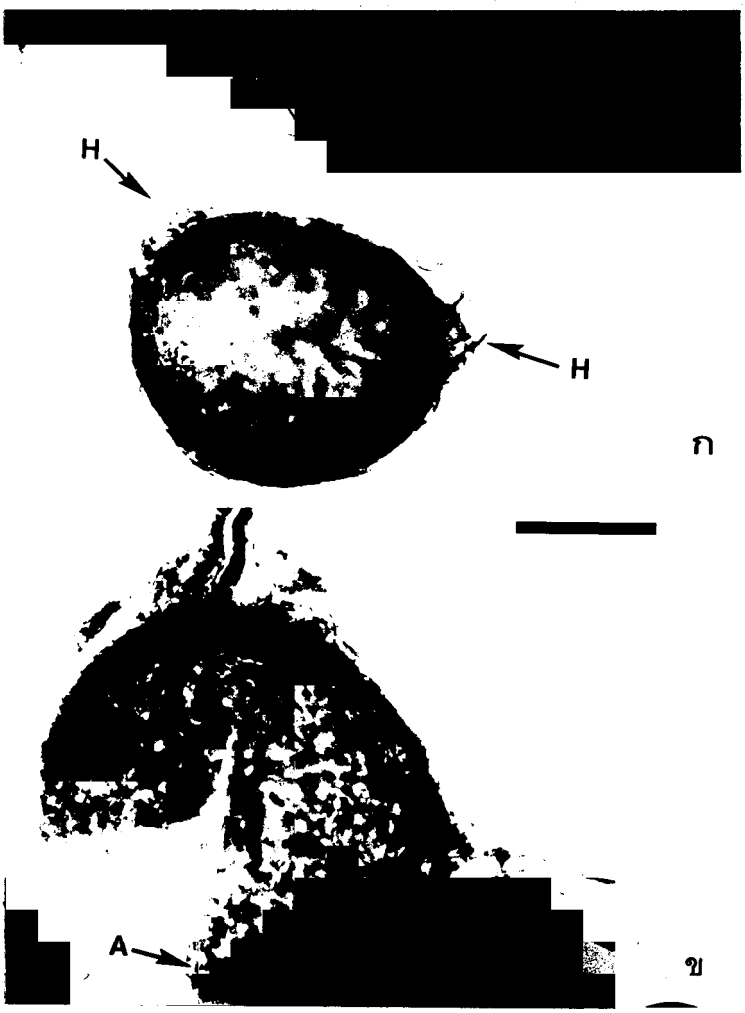



**ภาพที่ 13.** *Glomus glomerulatum* Sieverding

ก. Sporocarp (bar = 100 ไมครอน)

ข. Subtending hypha (H) มีทั้งสองด้านของสปอร์ (bar = 100 ไมครอน)

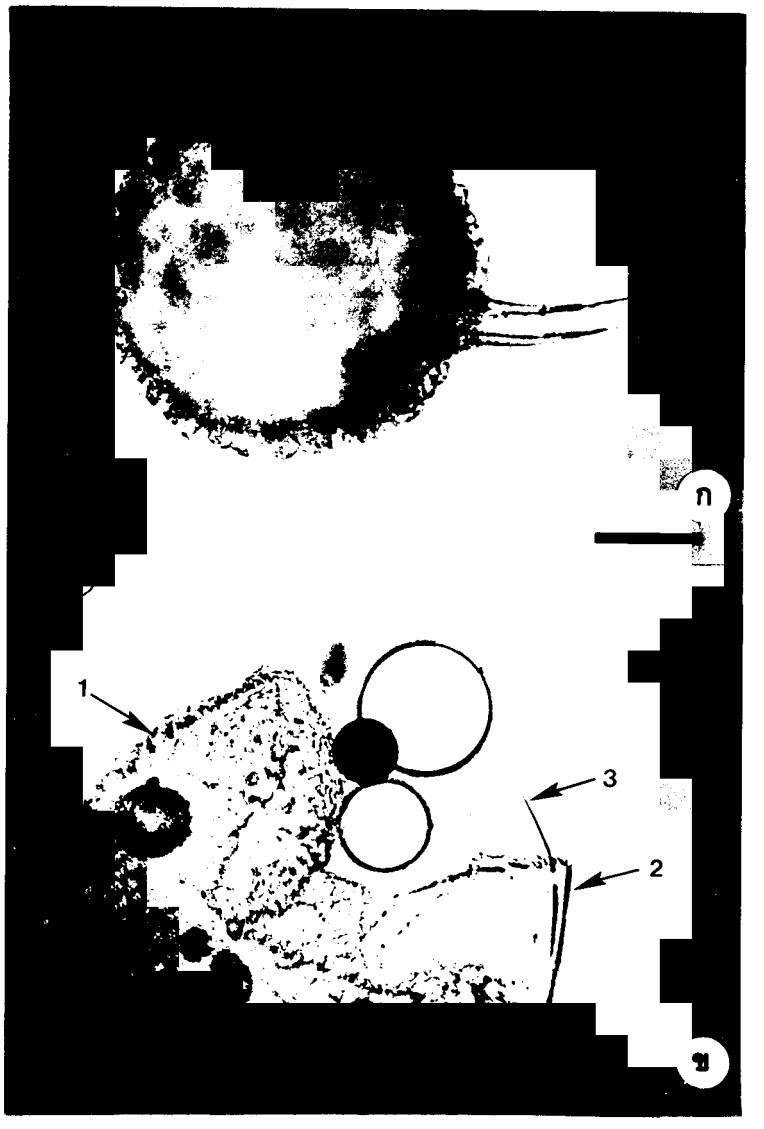
ค. มีผนัง 1 กรุ๊ป (A) 2 ชั้น (1 และ 2) ผนังชั้นแรก สีเหลืองถึงน้ำตาล เป็นผนังแบบ laminate wall ชั้นที่ 2 เป็นผนังแบบ membranous wall ไม่มีสี ผนังทั้งสองชั้นติดกัน (bar = 30 ไมครอน)




**ภาพที่ 14.** *Glomus multicaulis* Gerdemann & Bakshi

ก. Chlamydospore มี subtending hypha (H) มากกว่า 1 อัน (bar = 30 ไมครอน)

ข. ผนังสปอร์ 1 กรุ๊ป (bar = 30 ไมครอน)




**ภาพที่ 15.** *Glomus scintillans* Rose & Trappe

ก. Chlamydospore มีสิ่งตกแต่งลักษณะเป็นปุ่มที่ผนังด้านนอก (bar = 50 ไมครอน)

ข. มีผนังทั้งหมด 3 ชั้น (1, 2 และ 3) ชั้นที่ 2 และ 3 ใส ไม่มีสี (bar = 50 ไมครอน)

**ภาพที่ 16.** *Glomus* sp. No.1

ก. Chlamydospore มีผนังทั้งหมด 6 ชั้น (1, 2, 3, 4, 5 และ 6) (Bar = 100 ไมครอน)

ข. Pore (P) เชื่อมระหว่างฐานของสปอร์กับ subtending hypha ผนังของ subtending hypha เชื่อมกับผนังสปอร์ชั้นนอก (bar = 30 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์ประกอบด้วย 2 กรุ๊ป (A และ B) (bar = 50 ไมครอน)

**ภาพที่ 17.** *Scutellospora calospora* Nicolson & Gerdemann

ก. Azygospore (sp) สร้างบน bulbous suspensor (B) (bar = 50 ไมครอน)

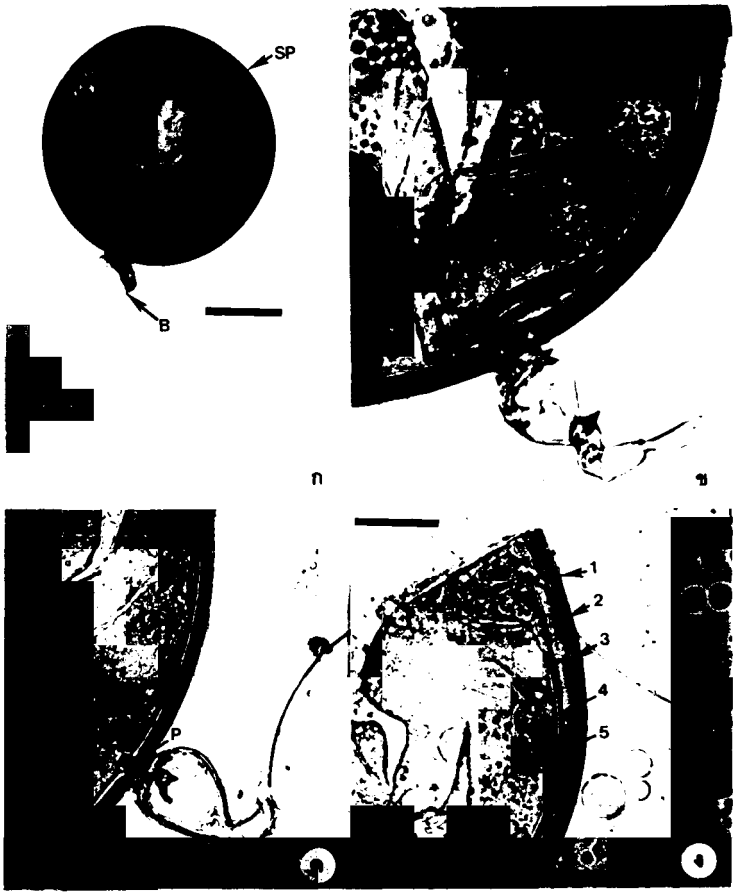
ข. Germination shield (หัวลูกศร)

ค. สปอร์แตก ผนังประกอบด้วย 2 กรุ๊ป (A และ B) (bar = 50 ไมครอน)

ง. Germination shield (หัวลูกศร) (bar = 30 ไมครอน)

จ. ผนัง 4 ชั้น (1, 2, 3 และ 4) ชั้นที่ 1 เป็น unit wall บาง ใส อยู่ติดกับชั้นที่ 2 มาก ชั้นที่ 2 ผนังเป็นแบบ laminate wall เรียงซ้อนกันอย่างละเอียด แตกหักได้ ใส ถึงเหลืองอ่อน ชั้นที่ 3 และ 4 เป็น membranous wall (bar = 50 ไมครอน)

ฉ. ผนังชั้นในสุด (หัวลูกศร) ทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent เป็นสีน้ำตาลแดง (bar = 50 ไมครอน)




**ภาพที่ 18.** *Scutellospra dipapillosa* Walker & Sanders

ก. Azygospore (SP) อยู่บน bulbous suspensor (B) (bar = 50 ไมครอน)

ข. Germination sheild (หัวลูกศร) (bar = 50 ไมครอน)

ค. Pore (P) เชื่อมต่อระหว่างฐานของสปอร์กับ bulbous suspensor (bar = 30 ไมครอน)

ง. ผนัง 5 ชั้น (1, 2, 3, 4 และ 5) ผนังชั้นแรกเป็นผนังแบบ unit wall เปราะไม่มีสี ชั้นที่ 2 เป็น laminate wall ติดกับผนังสปอร์ชั้นแรก สีเหลืองถึงสีน้ำตาล ชั้นที่ 3 ผนังเป็นแบบ unit wall ไม่มีสี ชั้นที่ 4 และ 5 เป็นผนังแบบ membranous wall ไม่มีสีถึงสีเหลืองอ่อน (bar = 30 ไมครอน)

**ภาพที่ 19.** *Scutellospora heterogama* Walker & Sanders

ก. Spore (SP) อยู่บน bulbous suspensor (B) (bar = 50 ไมครอน)

ข. Germination sheild (หัวลูกศร) (bar = 50 ไมครอน)

ค. ผนังสปอร์มี 4 ชั้น (1, 2, 3 และ 4) ชั้นที่ 1 อยู่ชั้นนอกสุด ผนังเป็นแบบ unit wall ยึดติดแน่นกับผนังชั้นที่ 2 ซึ่งเป็น laminated wall ผนังชั้นที่ 1 เปราะ สีเหลืองอ่อนถึงน้ำตาลอ่อน ผนังชั้นที่ 2 สีน้ำตาลเหลือง เป็น laminated wall เรียงซ้อนกันอย่างละเอียด ชั้นที่ 3 และ 4 เป็น membranous wall สามารถแยกออกจากกันได้ (bar = 50 ไมครอน)

# สรุป

จากการสำรวจตัวอย่างดิน เพื่อศึกษาชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ในพื้นที่ดินเค็มของ อ.ตระการพืชผล อ.เขื่องใน อ.ม่วงสามสิบ และ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี พบว่าความเค็มของดินไม่มีผลต่อชนิดและปริมาณของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา กล่าวคือ ดินที่มีความเค็มมากอาจมีสปอร์มากหรือน้อยก็ได้ ในทางตรงกันข้ามดินที่มีความเค็มน้อยอาจมีสปอร์มากหรือน้อยก็ได้เช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา แต่ละชนิดมีความสามารถในการปรับตัวให้สามารถเจริญในสภาพดินเค็มระดับต่างๆได้แตกต่างกัน เมื่อทำการเพิ่มปริมาณเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา โดยคัดเลือกเชื้อราที่มีปริมาณมากในแต่ละตัวอย่างดิน โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัย พบว่าจากเชื้อราทั้งหมด 81 เชื้อ สามารถเพิ่มได้ 40 เชื้อ เมื่อนำเชื้อราที่เพิ่มปริมาณได้ทั้งหมดมาจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา พบว่าสามารถจำแนกได้ทั้งหมด 19 ชนิด คือ *Acaulospora longula*, *A. mellea*, *A. nicolsonii*, *A. rehii*, *A. scrobilata*, *Entrophospora colombiana*, *E. schenckii*, *Gigaspora* sp. No1, *Gigaspora* sp. No2, *Gigaspora* sp. No3, *Glomus ambisporum*, *Gl. dimorphicum*, *Gl. glomerulatum*, *Gl. multicaulis*, *Gl. scintillans*, *Glomus* sp.No.1, *Scutellospora calospora*, *Sc. dipapillosa* และ *Sc. heterogama* และจากการทดลองพบว่าเชื้อ *Entrophospora* เป็น genus ที่พบมากที่สุดในแหล่งดินเค็ม

จากการเพิ่มจำนวนสปอร์ของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ในกระถาง พบว่าจำนวน สปอร์ของเชื้อราที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ในรากพืช

# เอกสารอ้างอิง

กิตติมา รามัญวงษ์. 2541. ความหลากหลายของเชื้อรา เวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ของสักและผลที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้าสัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการกำหนดมาตรการ และจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน. 2536. การจัดการดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ณัฐวรางคณ์ สงวนราชทรัพย์. 2530. ชนิด และผลของเชื้อราเวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปัทมา เหล่านิพนธ์. 2540. ชนิด การเข้าอยู่อาศัยในราก และผลของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์ไรซา ร่วมกับไรโซเบียมต่อการเจริญของถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์, อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สาวิตรี อัชชารกูร, อุสาห์ ขวดใส, B. Ricken, I. Weissenhorn, C. Leyval และ W. Hoefner. 2540. ประสิทธิภาพของเชื้อรา VAM ชนิดต่าง ๆ ในการส่งเสริมการเจริญของข้าวโพด และถั่วลิสง, น. (1-17). ใน เอกสารการสัมมนาเรื่อง วี เอ ไมคอร์ไรซา และการประยุกต์ใช้ทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม, 20-21 กุมภาพันธ์ 2540. โรงแรมมารวยการ์เด้นท์, กรุงเทพฯ.

ระพีพรรณ ชีวะธนรักษ์. 2528. ชนิดและการแพร่กระจายของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์ไรซา ในดินต่าง ๆ และผลที่มีต่อการเจริญของข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศรี อรุณินท์. 2536. การปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก. น.5-15. ใน เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็ม. กรมการพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สาวิตรี อัชชารกูร. 2536. ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์ไรซา ในเนื้อเยื่อราก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุเทพ พูนสวัสดิ์. 2531. การจำแนกชนิดของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์ไรซา ของถั่วลิสง และผลของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในเรือนทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โสภณ บุญลือ. 2540. ความสามารถในการอยู่รอดในดิน การเข้าอยู่อาศัยในรากข้าวโพด และถั่วลิสง และผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ของเชื้อรา เวสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอร์-ไรซา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bethlenfalvay, G.J., R.S. Thomas, S. Dakessian, M.S. Brown and R.N. Ames. 1988. Mycorrhizae in stressed envionment : Effect on plant growth, endophyte development, soil stability and soil water, pp. 1015-1029. *In* E.E. Whitchead (ed.). Arid Lands, Today and Tomorrows. Westview Press, Bouldder, Co.

Bolan, N.A.. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil 134 : 189-207.

Brundrett, M.C., D.A. Jasper and N. Ashwath. 1999. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia II. The effect of nutreint levels and host species on the isolation of fungi. Mycorrhiza 8 : 315-321.

Caris, C., W. Hordt, H.J. Hawkins, V. Romheld and E. George. 1998. Studies of iron transport by Arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza 8 : 35-39.

Chalermpongse, A. 1987. Mycorrhizal Survey of dry deciduous and semi-evergreen dipterocarp Forest ecosystems in Thailand, pp. 81-103. *In* A.J.G.H., Kostermans (ed.). Proceeding of the Third Roud Table Conference on Dipterocarps. 16-20 April 1985, Jakarta, Indonesia.

Clark, R.B. 1997. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. Plant and Soil 192 : 15-22.

Daniels, B.A. and H.D. Skipper. 1982. Method for the recovery and quatitative estimation of propagules from soil, pp. 29-36. *In* N.C. Schenck (ed.). Method and Principle of Mycorrhizal Research. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul Minnesota, USA.

Eptein, E. 1978. Crop prouction in arid and semiarid regions using saline water. Dept. of Land,Air and Water Resources, Univ. of California, Davis, CA.

Ellis, J.R., M.J. Larsen and M.G. Boosalis. 1985. Drought resistance of wheat plant inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant and Soil 89 : 369-378.

Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extract by wet seiving and decanting. Trans. Brit. Mycol. Soc. 46 : 235-244.

Gerdemann, J.W. and J.M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Nortwest. Mycologia Memoir (New York Botanical Garden) 5 : 1-76.

Guadarrama, P. and F. Javvier. 1999. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different Environments in tropical rain forest, Veracuruz, Mexico. Mycorrhiza 8 : 267-270.

Hacskaylo , E. 1991. Mycorrhizae Proc. Firt North American Cont. on Mycorrhizae, April 1969, Urbama, Illinois. Misc. Pulb. 1189, USDA Forest Service. 214 p.

Hall, I.R. 1986. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi, pp. 54-57. *In* C.L. Powell and D.J. Bagyaraj (ed.). VA Mycorrhiza. C RC Press, Boca Raton, Florida.

Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Sutton and D.N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby 's Dictionary of the Fungi. 8th ed., CAB International,Wallingford, UK. 616 p.

Hetrick, B.A.D. and J. Bloom. 1986. The influence of host plants on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 78(1) : 32-36.

Huang, R.S., W.K. Smith and R.S. Yost. 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, water relation and leaf oreintation in *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. New phytol. 99 : 229-243.

Kabir, Z., I.P. O'Halloran, P. Widden and C. Hamel. 1998. Verticle distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (*Zea may* L.) in no-till and conventional tillage system. Mycorrhiza : 53-55.

Koske, R.E. and J.N. Gemma. 1989. A modified procedure for staining root of detect VA mycorrhizas. Mycol. Res. 92 : 486-505.

Lu, S. and R.T. Koide. 1994. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. New Phytol. 128 : 211-218.

Mc Gonigle, T.P. and M.H. Miller. 1993. Mycorrhizal Development and Phosphorus Absorption in Maize under Conventional and Reduced Tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 57 :1002-1006.

Morton, J.B. and G.L. Benny. 1990. Revised Classification of Arbuscular Mycorrhizas Fungi(Zygomycetes) : A New Order, Glomales, Two New Suborder, Glomineae and Gigasporineae, and Two New Families, Acualosporaceae and Gigasporaceae, with and Emendation of Glomaceae. Mycotoxon 37 : 471-491.

Powell, C.L. and D.J. Bagyaraj. 1984. VA mycorrhiza : why all the interest, pp. 1-3. *In* C.L. Powell and D.J. Bagyaraj (eds.). VA mycorrhiza. CRC Press, Baco Raton, Florida.

Puppi, G. and A. Bras. 1990. Nutrient and water relations of mycorrhizal white clover. Agic. Ecosyst. Environ. 29 : 317-322.

Ravnskow, S. and I. Jakobsen. 1999. Effect of *Pseudomonas fluorescens* DF 57 on growth and P uptake of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with cucumber. Mycorrhiza 8 : 329-334.

Rozema, J., W. Arp, J. van Diggelen, M. van Esbroek, R. Brokeman and H. Punte. 1986. Occurrence and ecological significance of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the salt marsh environment. Acta. Bot. Neerl. 35 : 457-467.

Schenck, N.C. 1982. Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul Minnesota, USA. 244 p.

Schenck, N.C. and Y. Perez. 1988. Manual for the Identification of VA Mycorhizal Fungi. 2nd ed., International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi (INVAM), Florida. 241 p.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem. GTZ GmbH, Germany. 371 p.

Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrrhizal Symbiosis. second edition, Academic press, Inc., USA. 605 p.

Trappe, I.M. 1981. Synoptic key to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. Proceeding of Symposium on Aspects of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae and Plant Disease Research. 2001 p.

Trappe, J.M. and N.C. Schenck. 1982. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. A vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales), pp. 1-9. *In* N.C. Schenck (ed.). Method and Principles of Mycorrhizal Research. Am. Phytopathol. Soc., Paul Minnesota, USA.

Trouvelet, A., J.L. Kough and V. Gianizai-Pearson. 1985. Mesure Dutaux de Mycorrhization VA d'un Systene Radiculaire. pp. 217-221. *In* V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinzzi (eds.). Aspects Physiologi que et Genetiques des Mycorrhizes. Actes duler Symposium Europeen sur les Mycorrhizes. INRA, Paris.

Walker, C. 1986. Taxonomic concepts in Endogonaceae : II. A fifth morphological wall type in Endogonaceae spore. Mycotoxon 25 : 95-97.

Weissenhorn, I. and C. Leyval. 1995. Root colonization of maize by a Cd-sensitive and a Cd-tolerant *Glomus mosseae* and cadmium uptake in sand culture. Plant and Soil 175 : 233-238.

Yanthasath, k. and S. Poonsawat. 1996. The occurrence and distribution of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and efficiency on forest tree seedings, pp.87-99. *In* FORTROP Proceeding International Conference on Tropical Forestry in the 21st Century, Kasetsart, Bangkok.

# ภาคผนวก

# สารเคมีและสีย้อม

1. Acidic glycerin solution

| | |
|---|---|
| Glycerin | 500 ml |
| $H_2O$ | 450 ml |
| 1 % HCl | 50 ml |
| Trypan blue | 0.05 % |

2. **สารละลายน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 50%**

| | |
|---|---|
| น้ำตาลทรายขาว | 480 g |
| น้ำกลั่น | 1 L |

3. Lactophenol

| | |
|---|---|
| Glycerol | 100 ml |
| Lactic acid | 100 ml |
| Phenol | 100 ml |

4. Melzer's reagent

| | |
|---|---|
| Iodine | 0.5 g |
| Potassium | 1.5 g |
| Distilled water | 20 ml |
| Choral hydrate | 20 ml |

**ภาพผนวกที่ 1.** สภาพป่าโสนในพื้นที่ดินเค็ม ของบ้านนาดูน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

**ภาพผนวกที่ 2.** การเก็บตัวอย่างดินและพืช ในพื้นที่ดินเค็มบริเวณที่ทำนาเกลือ ของบ้านนาดูน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อสมุด

**ภาพผนวกที่ 3.** การเพิ่มปริมาณสปอร์เชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชอาศัย อายุ 2 เดือน

**ภาพผนวกที่ 4.** กล้าเชื้อรา วีเอ ไมคอร์ไรซา ที่เพิ่มปริมาณแล้ว