บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยประสบภาวะวิกฤติพลังงาน พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกใหม่เพื่อแก้ปัญหาภาวะวิกฤติดังกล่าว เอทานอลจัดเป็นพลังงานทดแทนที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงจากธรรมชาติ ช่วยลดต้นทุนของน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผลิตได้จากพืชจึงช่วยให้เกิดการกระจายรายได้สู่ประชาชนในภาคเกษตรกรด้วย มันสำปะหลังพืชพลังงานที่มีศักยภาพในการผลิตเอทานอล เป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้า อากาศ โดยเฉพาะสภาวะแห้งแล้ง สามารถปลูกได้ทั่วไป แม้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากน้ำมันดิบในตลาดโลกมีราคาสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทำให้ราคาน้ำมันในประเทศไทยมีราคาแพงตามไปด้วย ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตทั้งในภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นความจำเป็นอย่างเร่งด่วน การใช้แหล่งเชื้อเพลิงจากธรรมชาติเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่นการนำเอทนาอลเป็นส่วนผสมในน้ำมันเบนซินหรือน้ำมันดีเซล ก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงานยิ่งไปกว่านั้นเอทานอลยังเป็นพลังงานที่ไม่สร้างมลพิษ และสามารถผลิตได้จากพืช ดังนั้นจึงช่วยกระจายรายได้สู่เกษตรกรที่ปลูกพืชวัตถุดิบได้อีกด้วย (อัมพร ,2550) มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2539 - 2548 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 6 - 7 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังประมาณ 16 - 21 ล้านตัน โดยมีผลผลิตต่อไร่อยู่ระหว่าง 2.2 - 3.2 กิโลกรัม เนื่องจากมีความต้องการด้านพลังงานทดแทนของประเทศ การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังเพื่อการผลิตเอทานอลให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการการใช้พลังงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้า อากาศ โดยเฉพาะสภาวะแห้งแล้งสามารถปลูกได้ทั่วไป แม้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดิน มีเนื้อดินร่วนปนทราย ได้แก่ดินชุดโคราช ชุดวาริน ชุดยโสธร ชุดห้วยโป่ง Paleustals นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและง่ายต่อการชะล้างพังทะลายและชุดมาบบอน เป็นต้น ดินเหล่านี้เป็จะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยเพียง 63 ppm และส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 3 ppm ,กอบเกียรติ)2536) ซึ่งการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องมีการชดเชยธาตุอาหาร โดยการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง ไร่ จะมีการนำไนโตรเจนออกไปจากพื้นที่ปลูก 1 ตันต่อพื้นที่ 2.36 ก 4.83ก /Nไร่ ฟอฟอรัส กก 2.21 ไร่ และโพแทสเซียม/$_5O_2P$ /O_2K กก 11.84ไร่ ,เจริญศักดิ์) ยิ่งไปกว่านั้น (2519พืชจะสามารถดูดกินฟอสฟอรัสจากปุ๋ยเพียงร้อยละ 10 – 25 เท่านั้น ส่วนที่เหลือกว่าร้อยละ 75 – 90 จะถูกตรึงอยู่ในดิน เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นปุ๋ยชีวภาพฟอสฟอรัส ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน โดยเส้นใยที่อยู่ภายนอกรากพืชจะทำหน้าที่เหมือนรากฝอยของพืชช่วยดูดซับธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุอาหารเคลื่อนที่ได้ยากในดิน เช่น ฟอสฟอรัส ,สังกะสี และทองแดง และส่งผ่านธาตุอาหารดังกล่าวไปสู่พืช (Marschner and Dell, 1994) นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในด้านอื่นๆ เช่น การช่วยให้พืชทนแล้ง ช่วยให้พืชมีความต้านทานโรค ช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตในดินเค็ม และในสภาพที่มีสารโลหะหนัก (Harley and Smith, 1983) การใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีความสามารถในการเข้าอยู่

อาศัยและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชต่างๆ ทั้งพืชไร่ ไม้ผล ไม้ดอก เช่น ข้าวโพด (Nabhadalung, 2005), ถั่วลิสง (ปัทมา, 2539), หญ้าแฝกหอม (ภัทรวดี, 2543) ทานตะวัน (อรจิรา, 2548) อ้อย (เมธาวีการณ์ และโสภณ, 2554) พริก (โสภณ, 2554.) ผักสลัด (วรรณธิราและธีรดา, 2554) ข้าวฟ่าง ข้าว ถั่วเหลือง เบญจมาศ หญ้ากินนีสีม่วง สบู่ดำ กาแฟ (สายสมร ,2554) ดาวเรือง (สมจิตร, 2552.) กล้าไม้ยืนต้น (พูนพิไลและคณะ, 2519) และไม้ปลูกป่าต่างๆหลายชนิด (MacDicken, 1993) รวมทั้งผลผลิตของมันสำปะหลังก็เพิ่มขึ้นจากการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วย (Osonubi *et al.* 1995, Balota, 1997; Oyetunji, unpublished; Olusola, 2005) แต่ยังไม่มีรายการการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในประเทศไทย มีเพียงรายงานการเข้าอยู่อาศัยได้ในมันสำปะหลังเท่านั้น ดั้งนั้นการศึกษาชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังในประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการนำเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพในการผลิตมันสำปะหลังได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในมันสำปะหลังของประเทศไทย
2. เพื่อคัดเลือกชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังในประเทศไทย
3. เพื่อทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เป็นปุ๋ยชีวภาพของมันสำปะหลัง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลัง

มันมันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Manihot esculenta* Crantz มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมากได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca ถูกจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic classification) ดังนี้

ermaeAngiosp : **Class**
Dicotyledoneae : **Subclass**
Geraniales : **Order**
Euphorbiaceae : **Family**
Manihot : **Genus**
.Crantz *esculenta* : **Species** ; .L *utilisima*
Manihot esculenta : **Scientific name**
.Cassava, Tapioca, Mandioca, Manioc, Yuca : **Common name**

นสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างมาก โดยในปีมั 2549 พบว่า มีพื้นที่ปลูกครอบคลุม 41 จังหวัดจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด (พื้นที่ปลูก 3 ,724,954 ไร่) ภาคตะวันออก 6 จังหวัด (พื้นที่ปลูก 1 ,666,361 ไร่) ภาคเหนือ 9 จังหวัด (พื้นที่ปลูก 1 ,075,556 ไร่) และภาคกลาง 7 จังหวัด (พื้นที่ปลูก 6 91,786 ไร่) มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 7,158,657 ไร่ (ตาราง 1)

ตาราง 1 พื้นที่ปลูกและ ผลผลิตมันสำปะหลัง จำแนกรายจังหวัดต่างๆ

ภาค / จังหวัด	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
ความทั่วประเทศ	7,158,657	3.53	25,274,349
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3,724,954	3.33	12,399,963
นครราชสีมา	1,529,496	3.47	5,306,169
ชัยภูมิ	357,374	3.30	1,179,568
กาฬสินธุ์	271,485	3.34	907,413
บุรีรัมย์	239,734	3.33	799,181
ขอนแก่น	234,788	3.25	762,900
บุกลาหาร	152,127	3.19	485,778
สุรินทร์	147,916	3.22	476,850
มหาสารคาม	112,577	3.10	349,508
เลย	103,574	3.16	327,478
หนองบัวลำภู	100,366	3.27	328,474
ร้อยเอ็ด	85,883	3.08	264,617
สกลนคร	85,558	3.21	274,361
ศรีสะเกษ	70,184	3.23	226,761
หนองคาย	59,421	3.16	187,640
อุดรธานี	56,240	3.00	168,728
อุทัยธานี	40,559	2.90	117,496
หนองบัวลำภู	32,401	3.28	106,313
อำนาจเจริญ	32,292	2.95	95,180
นครพนม	12,979	2.74	35,548
ภาคตะวันออก	1,666,361	3.87	6,453,200
สระแก้ว	396,139	3.94	1,561,698
ชลบุรี	290,595	3.76	1,093,095
ฉะเชิงเทรา	279,433	3.99	1,113,902
จันทบุรี	259,664	3.95	1,025,692
ระยอง	229,596	3.93	902,918
ปราจีนบุรี	210,934	3.58	755,895
ภาคเหนือ	1,075,556	3.69	3,966,073
กำแพงเพชร	465,368	3.81	1,771,378

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ภาค / จังหวัด	เนื้อที่ (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตันไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
นครสวรรค์	225,911	3.43	775,702
พิษณุโลก	160,754	3.69	592,721
อุทัยธานี	153,078	3.80	581,045
อุตรดิตถ์	28,227	3.25	91,855
เพชรบูรณ์	26,558	3.90	103,500
เชียงราย	9,187	3.01	27,641
ตาก	5,275	3.38	17,837
แพร่	1,198	3.67	4,394
ภาคกลาง	691,786	3.55	2,455,113
กาญจนบุรี	327,444	3.41	1,117,650
ราชบุรี	104,751	3.52	368,854
สุพรรณบุรี	104,378	4.27	445,896
ชัยนาท	72,527	3.03	220,006
สระบุรี	47,180	3.90	184,188
อุทัยธานี	33,277	3.36	111,699
เพชรบุรี	2,229	3.06	6,820

ที่มา สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

1. ราก (Root)

รากของมันสำปะหลังเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ cambium รากจากส่วนตา และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (leaf scar) หัว (tuber) ของมันสำปะหลัง คือส่วนรากที่ขยายใหญ่เพื่อสะสมอาหารแป้งในส่วน parenchyma cell จำนวนหัวจะมี 5-15 หัว ขนาดความยาว 15-100 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3-15 ซม. ขนาดของรากขึ้นอยู่กับอายุ พันธุ์ ดิน และสภาพภูมิอากาศ

เมื่อตัดตามขวางของส่วนหัว หรือรากสะสมอาหาร จะพบส่วนต่าง ๆ 3 ชั้น

1.1 Periderm เป็นเยื่อชั้นนอกสุด มีสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงแก่ หรือสีชมพู มี cork layer

1.2 Cortical region เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดเข้าไป เมื่อรวมกับเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดรวมเรียกกันว่า เปลือก (peel) ชั้นนี้มีสีขาว หนา 0.1-0.3 ซม. ประกอบด้วย เซลล์ cortical sclerenchyma, parenchyma และ phloem

1.3 Pith เป็นส่วนแกนกลางที่สะสมแป้งทั้งหมด มีสีขาว เหลือง หรือสีชมพู ประกอบด้วย เซลล์ cambium tissue, parenchyma และ xylem vessel.

2. ลำต้น (Stem)

มันสำปะหลังเจริญเติบโตแบบเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นเป็น woody stem ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 ซม. สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนที่อยู่ใกล้ยอดมีสีเขียว ส่วนแก่ที่ต่ำลงมาอาจมีสีน้ำเงิน สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ความสูงของต้น 2-4 เมตร ทั้งนี้มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับการแตกกิ่ง พันธุ์ที่ไม่แตกกิ่ง (unbranched) ต้นจะสูง ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่งต้นจะสูงน้อยกว่า การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) กิ่งที่แตกออกจากลำต้นเรียกว่า primary branch ส่วนกิ่งที่แตกออกจาก primary branch เรียกว่า secondary branch

บนลำต้นหรือกิ่งของมันสำปะหลังจะมีรอยหลุดร่วงของใบแก่เรียกว่า leaf scar ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างก้านใบกับลำต้นหรือกิ่ง ระยะระหว่างรอยหลุดร่วงของใบ 2 รอยต่อกันเรียกว่า storey length ด้านบนเหนือรอยหลุดร่วงของใบจะมีตา (bud) ซึ่งจะงอกเป็นต้นใหม่เมื่อนำท่อนพันธุ์ไปปลูก

3. ใบ (Leaf)

เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) การเกิดของใบจะหมุนเวียนรอบลำต้น (spiral) มีค่า phyllotaxy ค่อนข้างคงที่แน่นอนคือ 2/5 ก้านใบ (petiole) ต่อระหว่างลำต้นหรือกิ่งกับตัวแผ่นใบ ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง ตัวใบหรือแผ่นใบ (lamina) จะเว้าเป็นหยักลึกเป็นแบบ palmately lobe จำนวนหยักมีตั้งแต่ 3-9 หยัก ใบที่อยู่ใกล้ช่อดอกและยอดมักจะมีขนาดเล็กกว่า และมีจำนวนหยักน้อยกว่าใบด้านล่าง ๆ

4. ช่อดอก (Inflorescences)

มันสำปะหลังมีช่อดอกเป็นแบบ panicle มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) แต่แยกกันอยู่คนละดอกในช่อเดียวกัน ช่อดอกจะเกิดตรงปลายยอดของลำต้นหรือกิ่ง หรืออาจเกิดตรงรอยต่อที่เกิดการแตกกิ่ง

ดอกตัวผู้ (staminate flower) มักเกิดบริเวณส่วนปลายหรือยอดของช่อดอก ไม่มีกลีบดอก (petal) มีกลีบรองดอก (sepal) 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 อัน แบ่งเป็น 2 วง ๆ ละ 5 อัน เกสรตัวผู้วงในมีก้านชูเกสรตัวผู้ (filament) สั้นกว่าวงนอก

ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ มักเกิดอยู่บริเวณส่วนโคนของช่อดอก ไม่มีกลีบดอก แต่มีกลีบรองดอก 5 กลีบ เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ตรงกลางจะเป็นเกสรตัวเมีย (pistil) รังไข่ (ovary) มี 3 carpel ภายในแต่ละ carpel มีไข่ (ovule) อยู่ 1 ใบ ในช่อดอกเดียวกันดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ 7-10 วัน การบานของดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียจะบานในเวลา 11.30-12.30 น.

5. ผล (Fruits)

หลังการผสมเกสรแล้ว รังไข่ก็จะเจริญเติบโตขยายใหญ่กลายเป็นผลแบบ capsule ขนาดโตเต็มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ยาว 1-1.5 ซม. ภายในมี 3 ช่อง แต่ละช่องมีเมล็ด 1 เมล็ด หลังการผสมเกสรประมาณ 3 เดือน ผลจะสุกแก่เต็มที่ แล้วแตกดีดเมล็ดกระเด็นออกไป (dehiscent)

6. เมล็ด (Seed)

มีสีน้ำตาล และมีลายดำ รูปร่างยาวรี ขนาดกว้าง 3/4 ซม. หนา 1/2 ซม. ยาว 1 ซม. ตอนปลายของเมล็ดที่ติดกับผนังรังไข่ จะมีส่วน caruncle หรือมีตาอย่างน้อย 3 ตา (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2534)

การกระจายพันธุ์มันสำปะหลังของประเทศไทย

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูล สามารถสรุปพันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้ดังนี้

1) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พบว่านิยมปลูกกระจายในทุกภูมิภาค โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ระยอง 90 มีลักษณะเด่นคือ เปอร์เซ็นต์ความงอกและการอยู่รอดค่อนข้างสูง ให้แป้งสูง 23 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน และ 28 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้งให้ผลผลิตสูง และต้นพันธุ์เก็บไว้ได้นานประมาณ 30 วันหลังจากตัดต้น

2) พันธุ์ระยอง 5 พบว่าปลูกกระจายทุกภูมิภาคเช่นกัน นิยมปลูกมากที่ภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้มาจากการผสมพันธุ์และคัดเลือก ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง เมื่อปี 2525 ระหว่างพันธุ์ 27-77-10 กับพันธุ์ระยอง 3 มีลักษณะเด่นคือ มีเสถียรภาพในด้านการให้ผลผลิตดี ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความงอกดีและอยู่รอดจนถึงการเก็บเกี่ยวสูง 93 เปอร์เซ็นต์

3) พันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในภาคตะวันออก ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ CMC76 และพันธุ์ V43 ในปี 2521 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และแนะนำพันธุ์ในปี 2534 มีลักษณะเด่นคือ ให้ผลผลิตและแป้งสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยและความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง

นอกจากนั้นยังพบพันธุ์อื่นๆ อีก เช่น พันธุ์ระยอง 40, CMR, ระยอง 60, ระยอง 72, CO, ระยอง 3 และพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสำหรับการผลิตเอทานอลมากที่สุดในขณะนี้ คือพันธุ์ระยอง 9 เพราะเป็นพันธุ์ที่ปลูกง่าย โตเร็ว ผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งในหัวสดสูง รวมถึงการแปรรูปเป็นเอทานอลได้ถึง 200 ลิตรต่อตันหัวสด เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมของสายพันธุ์ CMR 31-19-23 กับสายพันธุ์ ORM 29-20-118 ในปี 2535 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ผ่านการคัดเลือกและประเมินผลผลิตในศูนย์วิจัย ศูนย์บริการวิชาการ และในไร่เกษตรกรในจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญทั้งภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และรับรองพันธุ์ในปี 2548 เพื่อให้เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการใช้ผลิตเอทานอล (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549)

ตาราง 2 พันธุ์แนะนำและพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	ชนิดพันธุ์	ลักษณะประจำพันธุ์		ความต้านทานโรค	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม	ฤดูปลูกที่เหมาะสม	ผลผลิตเฉลี่ยหัวสด (ตัน / ไร่)	% แป้ง		อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)
		ลักษณะ	ความสูงเฉลี่ย(ม.)					ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
ระยอง 1	แนะนำ (2518)	ยอดอ่อนสีม่วง ใบสีเขียวปนม่วง ต้นสีเขียวเงิน	3	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	-	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.) ปลายฤดูฝน (กย.-ตค.)	3.60	18	24	12
ระยอง 2	รับรอง (2527)	ลำต้นสีเขียว ใบกว้าง เนื้อหัวสีเหลือง รูปร่างหัวกว้างยาวปานกลาง	-	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	-	ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน	2.5-3.0	-	-	8-10
ระยอง 3	รับรอง (2526)	ยอดอ่อนสีเขียวม่วง ก้านใบสีเขียวปานกลาง ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน	1.73	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.) ปลายฤดูฝน (กย.-ตค.)	3.18	24	28	12
ระยอง 5	รับรอง (2526)	ยอดอ่อนสีม่วงอ่อน ใบสีเขียวเข้ม ต้นสีเขียวอมน้ำตาล หัวมีลักษณะอ้วนเปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน	1.70	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.) ปลายฤดูฝน (กย.-ตค.	4.42	23	26	12

ตาราง 2 พันธุ์แนะนำและพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	ชนิดพันธุ์	ลักษณะประจำพันธุ์		ความต้านทานโรค	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม	ฤดูปลูกที่เหมาะสม	ผลผลิตเฉลี่ยหัวสด (ตัน / ไร่)	% แป้ง		อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)
		ลักษณะ	ความสูงเฉลี่ย(ม.)					ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
ระยอง 60	รับรอง (2530)	ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง ใบสีเขียว ก้านใบสีเขียวปนแดง ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน และเนื้อมีสีขาวครีม	2.75	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.) ปลายฤดูฝน (กย.-ตค.	4.25	20	25	8-12
ระยอง 72	รับรอง (2543)	ลำต้นมีสีเขียวเงิน ใบแก่สีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดงเข้ม ยอดอ่อนสีม่วง เปลือกนอกของหัวสีขาวนวล เนื้อสีขาว	2	ต้านทานโรคใบจุดและโรคใบไหม้ปานกลาง	ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝน	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.) ปลายฤดูฝน (กย.-ตค.	5.09	-	-	-

ตาราง 2 พันธุ์แนะนำและพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	ชนิดพันธุ์	ลักษณะประจำพันธุ์		ความต้านทานโรค	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม	ฤดูปลูกที่เหมาะสม	ผลผลิตเฉลี่ยหัวสด (ตัน / ไร่)	% แป้ง		อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)
		ลักษณะ	ความสูงเฉลี่ย(ม.)					ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
ระยอง 90	รับรอง (2543)	ยอกอ่อนสีเขียวอ่อน ใบสีเขียวเข้ม ก้านใบสีเขียวอ่อน ต้นสีน้ำตาลอ่อน หัวมีลักษณะเรียวยาว มีหัวต่อกอมาก เปลือกหัวสีน้ำตาลเข้ม และมีเนื้อสีขาว	1.65	ต้านทานใบไหม้ปานกลาง	ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ	ต้นฤดูฝน (พค.- มิย.)	3.96	25	30	12
ระยอง 7	รับรอง (2548)	ยอดอ่อนสีเขียวอ่อนใบและก้านใบสีเขียวอ่อน ต้นมีสีน้ำตาลอ่อน	1.83	-	-	-	6.30	27.2	27.6	10-16

ตาราง 2 พันธุ์แนะนำและพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	ชนิดพันธุ์	ลักษณะประจำพันธุ์		ความต้านทานโรค	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม	ฤดูปลูกที่เหมาะสม	ผลผลิตเฉลี่ยหัวสด (ตัน / ไร่)	% แป้ง		อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)
		ลักษณะ	ความสูงเฉลี่ย(ม.)					ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
ระยอง 9	รับรอง (2548)	ลำต้นสีน้ำตาลอมเหลือง ก้านใบสีเขียวอ่อนปนชมพู ใบและยอดอ่อนสีเขียวอ่อน หัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อของหัวสีขาว	2.35	-	ปลูกได้ดีทุกแหล่งปลูกมันสำปะหลัง	-	4.94	-	-	12
พันธุ์ 5 นาที	พันธุ์พื้นเมือง	ลำต้นตรง สูง ก้านใบสีแดง ใบกว้าง หัวเปลือกนอกสีน้ำตาลเข้ม รูปร่างหัวเรียวยาว	2.35	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	-	ฤดูฝน (พค.-มิย.)	1.5-2.0	-	-	8-10

ตาราง 2 พันธุ์รับรองจากหน่วยงานอื่น

พันธุ์	ชนิดพันธุ์	ลักษณะประจำพันธุ์		ความต้านทานโรค	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม	ฤดูปลูกที่เหมาะสม	ผลผลิตเฉลี่ยหัวสด (ตัน / ไร่)	% แป้ง		อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)
		ลักษณะ	ความสูงเฉลี่ย(ม.)					ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
เกษตรศาสตร์ 50	รับรองพันธุ์โดย ม. เกษตรศาสตร์	ยอดอ่อนสีเขียวใบสีเขียวอมม่วง ต้นสีเทาเงิน หัวมีขนาดสม่ำเสมอ เปลือกสีน้ำตาล เนื้อสีขาว	-	ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง	-	23.3	3.67	23.3	-	-
ห้วยบง 60	รับรองพันธุ์โดย ม. เกษตรศาสตร์ (2545)	ยอดอ่อนสีม่วงอ่อน ใบและก้านใบสีเขียวปนม่วง ลำต้นสีเขียวเงิน เปลือกนอก ของหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว	1.8-2.5	-	-	-	5.75	-	-	-

ที่มา กรมวิชาการเกษตร, 2551

การปลูกมันสำปะหลัง

การขยายพันธุ์มันสำปะหลังใช้วิธี vegetative propagation ด้วยท่อนพันธุ์ เนื่องจากมันสำปะหลังไม่ค่อยติดเมล็ด และไม่นิยมปลูกด้วยเมล็ด เพราะสาเหตุ

1. เก็บเมล็ดลำบาก เพราะฝักแก่จะแตกทำให้เมล็ดร่วง
2. เมล็ดมีระยะพักตัวกว่า 2 เดือน
3. ต้องเพาะต้นกล้าก่อนย้ายปลูก นาน 1 เดือน
4. มักเกิด inbreeding ได้ง่าย
5. ใช้เวลาปลูกนานกว่า

การปลูกด้วยเมล็ดจึงทำเฉพาะในโครงการผสมพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น

ส่วนใหญ่กสิกรจะปลูกด้วยการใช้ท่อนพันธุ์ (cutting) คือ ส่วนของลำต้นที่มีอายุตั้งแต่ 6 เดือน ขึ้นไป นำมาตัดให้มีขนาดยาว 20-30 ซม. (มีตาประมาณ 7 - 10 ตา) การจะปลูกมันสำปะหลังจำนวนมากจะต้องเตรียมท่อนพันธุ์ไว้ โดยที่แปลงขยายท่อนพันธุ์ 1 ไร่จะตัดทำท่อนพันธุ์เมื่ออายุ 6 เดือนหรือมากกว่า สามารถขยายพันธุ์ไปปลูกได้ประมาณ 10 ไร่ สำหรับการปลูกในปีต่อไป ก็สามารถใช้ส่วนลำต้นที่เก็บผลผลิตไปแล้วขยายเป็นท่อนพันธุ์สำหรับการปลูกต่อไป

การเตรียมดิน

ควรไถพรวนดินให้ลึก 20 - 30 ซม. อย่างน้อย 1 ครั้งก่อนปลูก ถ้าสามารถทำได้ควรไถเตรียมดิน 2 ครั้งด้วยผาน 3 และ ผาน 7 สำหรับฤดูการปลูกสามารถทำได้ตลอดปี โดยทั่วไปนิยมปลูกเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายน แต่กสิกรมักประสบปัญหาคือการปลูกต้นฤดูฝน มักทำรุ่นเพื่อกำจัดวัชพืชไม่ค่อยทัน เพราะไม่มีแรงงานพอ สำหรับภาคตะวันออกสามารถปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝน คือ ราวเดือนกันยายน - ตุลาคม ได้ผลผลิตสูงเช่นกัน แต่การปลูกหลังฤดูฝน (พฤศจิกายน - มกราคม) จะได้ผลผลิตต่ำกว่าฤดูอื่น

วิธีการปลูก

การปลูกใช้ท่อนพันธุ์ขนาดยาว 20-30 ซม. จากส่วนกลางและโคนต้นจะดีที่สุด และมีอายุอย่างน้อย 8 เดือน แต่ไม่ควรเกิน 18 เดือน การปลูกใช้ระยะปลูก 1x1 $ม^2$ หรือ 1,600 ต้นต่อไร่ นอกจากนี้การปลูกถี่เช่น 1x0.6 หรือ 1x0.8 $ม^2$ ก็สามารถให้ผลผลิตสูงเพิ่มขึ้น แต่จะต้องใส่ปุ๋ย เพิ่มอีกหนึ่งเท่าตัว สำหรับวิธีการปลูกมันสำปะหลังอาจใช้วิธี

1. ปักจิ้มเอียงให้ท่อนพันธุ์โผล่พ้นดินราว 1/3 ของความยาวท่อนพันธุ์
2. ปักจิ้มตั้งฉากกับพื้น ให้ท่อนพันธุ์โผล่พ้นดินราว 1/3 ของความยาว
3. วางท่อนพันธุ์นอนแล้วใช้ดินกลบ 2-5 ซม.

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ปลูกอาจนำจากแปลงซึ่งเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว ตัดต้นมันสำปะหลังตั้งทิ้งไว้จะได้ประมาณ 3,000 ต้น เมื่อนำไปขยายพันธุ์จะได้ประมาณ 5 - 10 ไร่

การกำจัดวัชพืช

1. ใช้สารเคมี หลังการปลูกอาจใช้สารพวก diuron อัตรา 80-120 gm ai ต่อไร่, alachlor อัตรา 240-320 gm ai ต่อไร่ หรือ metolachlor อัตรา 240-320 gm ai ต่อไร่ ฉีดทันทีหลังปลูกในแบบ pre emergence คือก่อนวัชพืชงอก

ส่วนวัชพืชที่ขึ้นภายหลังมันสำปะหลังงอกสามารถใช้ paraquat ฉีดในแบบ contact อัตรา 80-120 gm ai ต่อไร่ แต่ต้องระวังอย่าให้ถูกใบมันสำปะหลัง หรือใช้ dalapon, MSMA, หรือ glyphosate ในอัตราที่ระบุไว้ในฉลาก

2. การใช้แรงคนทำรุ่น โดยทำครั้งแรกหลังปลูก 1 เดือน และควรทำซ้ำอีกประมาณ 2-3 ครั้ง จนต้นมันสำปะหลังเจริญเติบโตคลุมดินได้แล้ว

3. การไถระหว่างแถวด้วยวัวควายหรือรถไถเดินตาม

วัชพืชที่พบในแปลงมันสำปะหลังคือ หญ้าตีนติด (*Brachiaria reptans*) หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium*) หญ้าตีนนก (*Digitaria adscendens*) หญ้าขจรจบ (*Pennisetum* sp.) บานไม่รู้โรยป่า (*Gomphrena celosoides*) ผักยาง (*Euphorbia geniculata*) สาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides)* ในการปลูกมันสำปะหลังของบางประเทศพบว่า ค่าแรงในการกำจัดวัชพืชคิดเป็นร้อยละ 30 ของต้นทุนการผลิต

การใส่ปุ๋ย

แหล่งปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็น กลุ่มดิน Paleustals ซึ่งเป็นกลุ่มดินร่วนปนทราย ได้แก่ดินชุดโคราช ชุดวาริน ชุดยโสธร ชุดห้วยโป่ง และชุดมาบบอน และกลุ่มดิน Quartsipsamments ซึ่งเป็นดินทราย ได้แก่ดินชุดสัตหีบ ชุดพัทยา และชุดน้ำพอง โดยสรุปแล้วดินในแหล่งปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และง่ายต่อการชะล้างพังทะลาย

การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องกันนาน ๆ หลายฤดูโดยขาดการใส่ปุ๋ยชดเชยการสูญเสียธาตุอาหาร ทำให้ผลผลิตของมันสำะปะหลังลดต่ำลงเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินร่วนทราย โดยเฉลี่ยแล้วผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงปีละ 300 กก.ต่อไร่

การทดลองของกรมวิชาการเกษตรพบว่า ในดินทรายจำพวก Regosal ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ปุ๋ย 15-15-15 N, P_2O_5, K_2O กก.ต่อไร่ จะสามารถเพิ่มผลผลิตถึง 27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดินร่วนเหนียวปนทราย เช่น ดินพวก Grey podzolic, Red yellow podzolic และ Red yellow latosol อาจใส่ปุ๋ยเพียงครึ่งของอัตราที่ใช้กับดินทราย

จากรายงานการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่ผลผลิตหัวมันสำปะหลัง 2.9 ตันต่อไร่ ดูดไปใช้เป็น crop removal ในแต่ละปีเฉลี่ยเป็นปริมาณธาตุอาหาร 15.2 N, 12.4 P_2O_5 และ 3.6 K_2O กก. ต่อไร่ ทุกปี ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงไม่ควรใส่น้อยกว่าปริมาณนี้

วิธีการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ถ้าจะให้ได้ผลดีควรใส่แบบ split application โดยแบ่งปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งแรกใส่พร้อมปุ๋ย P_2O_5 และ K_2O เมื่อปลูก แล้วใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่วนที่เหลือ เมื่อมันสำปะหลังอายุประมาณ 1 เดือน โดยการใส่รอบ ๆ ลำต้น ให้ห่างจากต้นประมาณ 20 ซม. แล้วพรวนดินกลบ

นอกจากนี้การบำรุงและอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินปลูกมันสำปะหลังสามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก
2. การปลูกปุ๋ยพืชสด (green manure)

3. การปลูกพืชแซม เช่น ถั่วลิสง ถั่วเขียว โดยควรปลูกก่อนการปลูกมันสำปะหลังประมาณ 30 วัน จนถึงปลูกพร้อมกัน (delay cropping หรือ intercropping)
4. การปลูกพืชหมุนเวียน (rotational cropping)

โรค และการป้องกันกำจัดโรค

โรคที่พบในมันสำปะหลัง ได้แก่

1. Brown leaf spot จากเชื้อรา *Cercosporidium henningsii* ลักษณะอาการใบมีรอยแผลเป็นจุดทั้งด้านบนและด้านใต้ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-12 มม รอยแผลมีสีน้ำตาล ต่อมาใบจะเหลืองร่วงไป

2. White leaf spot จากเชื้อรา *Phaeoramularia manihotis* (*Cercospora caribeae*) อาการคล้าย ๆ brown leaf spot แต่ขนาดของรอยแผลจะเล็กกว่า และตรงกลางของรอยแผลมีสีขาว

3. Bacterial leaf blight จากเชื้อบักเตรี *Xanthomonas camprestis* pv. manihotis ต้นจะเติบโตช้า ยอดเหี่ยว แต่ไม่แห้งหรือมีอาการใบไหม้ ใบจะชุ่มน้ำ บนใบจะมีรอยแผลเป็นรูปเหลี่ยมสีเทา อาการด้านใต้ใบจะชัดกว่า ต่อมาใบจะเริ่มไหม้และแห้งตาย เป็นโรคที่ระบาดโดยติดไปกับท่อนพันธุ์ และสามารถถ่ายทอดทางดินได้

4. Root rot จากเชื้อรา *Phytophtora drechsleri* ทำให้รากเป็นรอยช้ำ สีน้ำตาล ต้นเหี่ยวเฉา รากและหัวเน่าเหม็น และตายในที่สุด

5. Mosaic จากเชื้อวิสา ลักษณะอาการใบด่าง โดยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามส่วนของตัวใบ แต่เส้นใบยังเขียว ใบบิดเบี้ยวหงิกงอ เข้าใจว่าแมลงหวี่ขาว (White fly : *Bemisia nigeriensis*) เป็นพาหะของโรคนี้ แต่เท่าที่ปรากฏในประเทศไทย ไม่พบว่าโรคต่าง ๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อการผลิตมันสำปะหลังมากนัก มีโรคใบจุดและ bacterial leaf bright พบบ้างเล็กน้อย แต่ไม่ระบาดทำความเสียหายรุนแรง อีกทั้งสามารถป้องกันการระบาดได้ง่ายโดยการใช้ท่อนพันธุ์ที่ไม่เป็นโรคไปปลูก

แมลงศัตรู และการป้องกันกำจัดแมลง

แมลงศัตรูของมันสำปะหลัง ได้แก่

1. ไรแดง (spider mite) เช่นไรแดงหม่อน (*Tetranychus truncatus*) และไรแดงมันสำปะหลัง (*Oligonychus biharensis*) ดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบอ่อนและยอดอ่อน ทำให้ใบอ่อนมีจุดสีเหลือง รูปร่าง ของใบผิดปกติ

2. เพลี้ยแป้ง (striped mealybug: *Firrisia virgata*) ดูดกินน้ำเลี้ยงจากลำต้นและก้าน ทำให้ใบมีจุดสีเหลือง รูปร่างใบผิดปกติ แตกยอดเป็นพุ่มและมีปล้องสั้นกว่าปกติ

3. แมลงหวี่ขาว (whitefly: *Dialeurodes* sp.) จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนใต้ใบพืช แล้วถ่ายมูลเหลวทำให้เกิดราดำ พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบม้วน ซีดและร่วงหล่น

4. ปลวก (termite: *Coptotermes gestroi*) จะกัดกินท่อนพันธุ์ ลำต้นและหัว

การปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยไม่มีการระบาดของแมลงศัตรูมากนัก นอกจากพบการทำลายของเพลี้ยแป้ง ปลวก และไรแดงบ้างในบางครั้ง แต่ก็ไม่ทำความเสียหายต่อการผลิตมากนัก

การเก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 8-18 เดือน แต่จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดเมื่ออายุมากกว่า 12 เดือนขึ้นไป อย่างไรก็ตามผลผลิตที่อายุ 12 เดือน จะมีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด และช่วยให้การปลูกในฤดูถัดไปอยู่ในช่วงฤดูฝน แต่โดยทั่วไปกสิกรนิยมเก็บเกี่ยว เมื่อราคามันสำปะหลังสูง และนอกจากนี้กสิกรยังต้องคำนึงถึงแรงงานที่จะใช้เก็บเกี่ยวด้วย วิธีการเก็บเกี่ยวนั้นจะต้องตัดลำต้นออกก่อน เพื่อนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ ส่วนลำต้นที่ตัดควรมัดไว้เป็นฟ่อน และเก็บตั้งไว้ในที่ร่ม เมื่อจะปลูกจึงค่อยตัดลำต้นออกเป็นท่อนพันธุ์ตามขนาดที่ต้องการ แต่ไม่ควรทิ้งไว้นานเกินไป ในการนำไปปลูก หากทิ้งไว้นานเกิน 60 วันความงอกของท่อนพันธุ์จะลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงขุดหรือใช้วิธีถอนหัวมัน หัวมันสำปะหลังที่ขุดได้ควรรวบรวมและนำส่ง โรงงาน หรือพ่อค้ารับซื้อทันที การทิ้งหัวมันสำปะหลังสดไว้ในไร่นานกว่า 4 วัน ทำให้ผลผลิตสูญเสีย 15-16 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปกสิกรนิยมระดมแรงงานในการเก็บเกี่ยวครั้งเดียวโดยทั้งตัดลำต้นพันธุ์และขุดถอนหัวมันสำปะหลังพร้อม ๆ กันไปเลย ทำให้ต้องใช้แรงงานครั้งละมาก ๆ ดังนั้นจึงพบปัญหา การขาดแคลนแรงงานในช่วงการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้กสิกรตัดเฉพาะท่อนพันธุ์ ออกไปให้หมดก่อน แล้วจึงมาขุดถอนหัวมันสำปะหลังภายใน 30 วันหลังตัดต้นไปแล้ว โดยผลผลิตลดลงไม่มากนัก แต่เปอร์เซ็นต์แป้งลดลงบ้าง เนื่องจากการงอกของหน่อใหม่ แต่ก็จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องแรงงานจำกัดได้ เพราะทำการตัดได้รวดเร็วขึ้น และในตอนขุดถอนก็รวดเร็วขึ้น (ใช้แรงงานแต่ละระยะน้อยลง) โดยที่ประเทศไทยมีส่วนแบ่งในผลผลิตโลกสูงสุดถึง 13 เปอร์เซ็นต์ (ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังโลกประมาณปีละ 150.0 ล้านตัน) สำหรับผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ผันแปรตั้งแต่ 592-3,100 กก.ต่อไร่ (ตารางที่ 1) โดยเฉลี่ย ผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยจะผันแปรอยู่ระหว่าง 2,199-2,359 กก.ต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ปรับปรุง เช่น พันธุ์ระยอง 90 และพันธุ์ศรีราชา 1 อาจจะได้สูงถึง 3,810 ถึง 4,092 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ

การปลูกพืชชนิดใดไม่ว่าจะเป็นมันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด อ้อย พืชก็จะดูดธาตุอาหารจากดินไปสร้างเป็นส่วนของลำต้น ใบ และส่วนของผลผลิตพืชแทบทั้งสิ้น ผลผลิตเหล่านี้เมื่อถูกเก็บเกี่ยวออกไป ก็เท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารจากดินออกไปในรูปของผลผลิตนั่นเอง เรียกส่วนของธาตุอาหารที่พืชนำออกจากดินว่า crop removal เมื่อดูปริมาณของธาตุอาหารที่พืชนำออกจากดินคิดเทียบต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1 ตัน แล้วพบว่าข้าวโพด และอ้อย สามารถนำธาตุอาหารออกจากดินมากกว่ามันสำปะหลัง ดังตาราง 3

ตาราง 3 ธาตุอาหารพืชที่นำออกไปโดยผลผลิต 1 ตันของมันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย

พืช	Available nutrients removed by crop (กก./ผลผลิต 1 ตัน)		
	N	P_2O_5	K_2O
มันสำปะหลัง	2.05	0.94	5.02
ข้าวโพด	21.40	8.45	12.00
อ้อย	1.97	0.55	2.48

ที่มา : เจริญศักดิ์ (2519)

แต่เมื่อเทียบจากปริมาณธาตุอาหารที่มันสำปะหลังนำออกไปต่อเนื้อที่ อาจจะสูงกว่าข้าวโพด เพราะผลผลิตมันสำปะหลังต่อหน่วยเนื้อที่สูงกว่า โดยเฉพาะธาตุโปแตสเซียม แต่ก็น้อยกว่าการนำออกไปของอ้อย ตาราง 4 แสดงปริมาณของธาตุอาหารพืชซึ่งมันสำปะหลังนำออกจากเนื้อที่การผลิต 1 ไร่ เมื่อได้ผลผลิต 2.36 ตัน เทียบกับข้าวโพด อ้อย

ตาราง 4 ธาตุอาหารพืชที่นำออกไปโดยผลผลิตพืชต่อเนื้อที่ 1 ไร่

พืช	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	Available nutrients removed by crop (กก./ไร่)		
		N	P_2O_5	K_2O
มันสำปะหลัง	2.36	4.83	2.21	11.84
ข้าวโพด	0.32	6.78	2.67	3.80
อ้อย	6.95	13.69	3.82	17.23

ที่มา : เจริญศักดิ์ (2519)

จะเห็นว่ามันสำปะหลังก็มิได้เป็นพืชกินดินอย่างที่เข้าใจกันนัก ในแง่ของการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดย crop removal ไม่ว่าจะเปรียบเทียบต่อผลผลิตที่เท่ากัน หรือต่อพื้นที่การผลิต แต่การกินดินหรือทำลายดินเพราะการปลูกมันสำปะหลังน่าจะเนื่องมาจาก

1. การปลูกในดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอยู่แล้ว
2. การชะล้างพังทะลายของดินเนื่องจากการปลูกมันสำปะหลังสูง เพราะมันสำปะหลังคลุมพื้นดินได้ช้าในระยะแรกหลังการปลูก
3. ขาดการอนุรักษ์ และบำรุงดิน
4. การนำท่อนพันธุ์มันออกไปปลูก เป็นการลด crop residue แต่กลับเพิ่มปริมาณ crop romoval ให้มาก นอกเหนือจากที่ถูกนำออกไปกับผลผลิตเพียงอย่างเดียว

การใช้ประโยชน์

1. ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยการแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดให้เป็นมันสำปะหลังเส้น และมันสำปะหลังอัดเม็ด ผลิตภัณฑ์ทั้งสองอย่างจัดว่าเป็นการใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลังที่สำคัญที่สุดของไทย

2. แปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลัง ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลังดิบ และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร(modified starch) ซึ่งแป้งทั้งสองชนิดกำลังมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น แป้งมันสำปะหลังแปรรูปสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอื่น ๆ อีกมาก เช่น ผงชูรส ไลซีน สารความหวาน (กลูโคส ซอบิตอล ไฮฟรักโตส) อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาห กรรมไม้อัด อุตสาหกรรมกาว นอกจากนี้ยังมีการคิดค้นพบผลิตภัณฑ์ใหม่จากมันสำปะหลัง ได้แก่ สารดูดน้ำ (high water absorbing polymer) พลาสติกที่สลายตัวทางชีวภาพ ซูโคลเดกซตริน และแอลกอฮอล์

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular mycorrhizal fungi, AM fungi)

เวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (vesicular arbuscular mycorrhiza) เป็นเชื้อราที่พบอยู่ในดินเกือบทุกหนทุกแห่ง สามารถเข้าสู่รากพืช และอาศัยร่วมกันกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (symbiosis) โดยเชื้อราจะได้รับที่อยู่อาศัย และสารอาหารคาร์โบไฮเดรตจากพืช ในขณะที่พืชจะได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสรวมทั้งน้ำ และยังเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากเชื้อสาเหตุของโรคพืชต่าง ๆ ได้ระดับหนึ่ง การผลิตเชื้อราเพื่อใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพเริ่มขึ้นมาไม่นานมานี้ แต่การนำเอาไปใช้จริงโดยเกษตรกรนั้นยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร สาเหตุที่สำคัญอาจเนื่องจากเกษตรกรยังไม่รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้ ประกอบกับการผลิตผงเชื้อชนิดนี้กระทำได้ค่อนข้างยาก

เชื้อรานี้ มีเส้นใยไม่มีผนังกั้น การเจริญเติบโตต้องอาศัยอยู่กับรากพืชชนิดต่างๆ เท่านั้นจึงจะเจริญเติบโตได้ ไม่เจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อใดๆ ในการเจริญเติบโตอาจจะสร้างโครงสร้างพิเศษขึ้นมาภายในรากพืช ซึ่งอาจเป็นทั้ง อาร์บัสคูล (arbuscule) และเวสิเคิล (vesicle) หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง (ภาพ 1)

ภาพ 1 A) Arbuscule of arbuscular mycorrhizal fungi B) Spores of arbuscular mycorrhizal fungi C) Vesicle of an endomycorrhizal fungus in root

ที่มา : www.uni-koeln.de/.../ agbothe/mykorr/euproj.htm, www.apsnet.org/.../ PhotosE-H/endomycorrhiza.htm

อาร์บัสคูลเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการแตกแขนงอย่างมากมายของเส้นใยแบบ 2 แฉกในรากพืช เมื่อส่องดูด้วยกล้องขยายจะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายกับต้นไม้ ส่วนเวสิเคิลนั้นจะเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการพองตัวของเส้นใยเป็นกระเปาะกลมรีคล้ายไข่ ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปไลปิด และบางโอกาสอาจพัฒนาเป็นสปอร์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เส้นใยนอกรากพืชเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญไม่แพ้โครงสร้างภายในรากทั้งสองชนิดที่กล่าวแล้ว เส้นใยเหล่านี้จะเจริญออกไปนอกรากได้ทุกทิศทุกทางเพื่อทำหน้าที่ในการดูดธาตุอาหาร และน้ำเพื่อการเจริญเติบโตของราเอง และส่งต่อให้แก่พืชที่อาศัยอยู่ด้วยเช่นกัน (หนึ่ง, 2553)

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชพวก vascular plant ซึ่งต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ร่วมกัน โดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารับได้สารประกอบคาร์โบไฮเดรทจากพืช ขณะที่พืชได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากเชื้อราเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชจะเริ่มจากการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของ germ tube ในดิน จากนั้นเชื้อราเริ่มเข้าอยู่อาศัยในรากพืชโดยสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า appressorium เพื่อแทรกผ่านเส้นใยเข้าไปเจริญ

อยู่ทั้งในเซลล์และระหว่างเซลล์ในรากพืชชั้น cortex โดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยที่มีลักษณะแตกเป็นกิ่งก้าน (dichotomous branch) ภายใน 2-5 วันหลังจากเข้าไปอยู่อาศัยในรากพืช โครงสร้างเส้นใยที่มีลักษณะแตกเป็นกิ่งก้านเรียกว่าอาบัสคูล (arbuscule) ซึ่งจะถูกล้อมรอบโดย plasmalemma บริเวณนี้จะมีการแลกเปลี่ยนสารเมตาโบไลท์ (metabolites) จากพืชและธาตุอาหารจากเส้นใยของเชื้อรา อาบัสคูล (arbuscule) มีอายุประมาณ 14-15 วัน และจะถูกย่อยสลายโดยพืชอาศัย นอกจากนี้ยังมีเชื้อราบางชนิดสามารถสร้างโครงสร้างที่เรียกว่าเวสสิเคิล (vesicle) ภายในหรือระหว่างเซลล์พืช เส้นใยจะมีลักษณะโป่งพองเป็นรูปวงรี หรือรูปไข่ ภายในจะบรรจุไขมันไว้เพื่อให้พืชใช้ในสภาวะขาดแคลน หลังจากที่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตในรากพืชระยะหนึ่งแล้ว เส้นใยจะเจริญออกนอกรากพืชและเข้าสู่บริเวณรอบราก (root zone) ที่เรียกว่า external mycelium หลังจากนั้นจะเป็นระยะที่เชื้อราเริ่มสร้างสปอร์เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ โดยเชื้อราชนิดนี้สามารถสร้างสปอร์ทั้งในดินและในรากพืช (Sieverding, 1991)

การจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยใช้ morphological characteristic ของสปอร์เป็นหลัก ลักษณะที่สำคัญที่ใช้ในการจำแนก คือ spore development, spore arrangement, spore shape, spore size, spore ornamentation, spore wall layers and staining reactions and spore germination. ส่วนเส้นใยและโครงสร้างอื่นๆ ที่เชื้อราสร้างขึ้นรวมทั้งคุณสมบัติทางชีวเคมีก็ถูกพิจารณาด้วย (Morton, 1988; Brundrett *et al.*, 1996) แต่เนื่องจากลักษณะต่างๆ เหล่านี้เป็นลักษณะที่สังเกตได้ ซึ่งหากขาดความชำนาญก็อาจจะทำให้การจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง ซึ่งการจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในปัจจุบันมีการนำ เทคนิค DNA sequencing มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดจำแนก (SchÜßler *et al*. 2001; Walker and SchÜßler, 2004)ซึ่งทำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถูกจัดจำแนกใหม่อยู่ใน phylum Glomeromycota Class Glomeromycetes ตามอนุกรมวิธานของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (SchÜßler *et al*. 2001; Walker and SchÜßler, 2004) ดังนี้

Superkingdom : **Eukaryota**
Kingdom : **Eumycota**
Phylum : **Glomeromycota**
Class : **Glomeromycetes**
Order : Glomerales
Family : Glomaceae
Genus : *Glomus*
Order : Paraglomerales
Family : Paraglomaceae

Genus : *Paraglomus*

Order : Diversisporales

Family : Gigasporaceae

Genus : *Gigaspora* and *Scutellospora*

Family : Acaulosporaceae

Genus : *Acaulospora* and *Entrophospora*

Family : Pacisporaceae

Genus : *Pacispora*

Family : Diversisporaceae

Genus : *Diversispora*

Order : Archaeosporales

Family : Archaeosporaceae

Genus : *Archaeospora*

Family : Geosiphonaceae

Genus : *Geosiphon*

ตาราง 5 จำนวนชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาใน genera ต่างๆ

Genus	Number of species
Acaulospora	32
Archaeospora	3
Diversispora	1
Enthophospora	5
Geosiphon	1
Gigaspora	9
Glomus	103
Pacispora	7
Paraglomus	2
Scutellospora	33

ที่มา : SchÜßler *et al*. (2001), Walker and SchÜßler (2004)

บทบาทของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเพิ่มผลผลิตของพืช

บทบาทของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเพิ่มผลผลิตของพืช มีบทบาทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. บทบาทในการเพิ่มพื้นที่ของผิวรากในการดูดซึมน้ำและอาหารต่างๆ โดยเมื่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าไปอยู่อาศัยในรากพืช จะสร้างเส้นใยทั้งภายในและภายนอกรากพืช โดยเส้นใยภายนอกรากพืช ที่เรียกว่า external mycelium จะมีความหนาแน่นสูงที่สุดในช่วง 0-2 เซนติเมตร จากบริเวณรากพืช โดยปริมาตรดินที่รากพืชจะสามารถหาอาหารได้เพิ่มขึ้นประมาณ 5-200 เท่า เป็นการขยายบริเวณการดูดซึมได้ไกลกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อไมโคไรซ่ายิ่งไปกว่านั้นเส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีความทนทานต่อสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่นภาวะแล้ง ดินมีธาตุพิษ และดินมีความเป็นกรด จึงทำให้พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพดังกล่าว (Sieverding, 1991)

2. บทบาทการดูดดึงธาตุอาหารพืช เส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำหน้าที่เป็นทางผ่านถ่ายเทธาตุอาหารจากดินสู่พืช โดยเส้นใยจะทำหน้าที่คล้ายระบบรากฝอยของพืช ส่งผลให้มีการดูดดึงธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถดูดดึงธาตุอาหารที่มีความเป็นประโยชน์ต่ำ โดยเฉพาะฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช โดยการปลดปล่อย กรดอินทรีย์และ เอนไซม์ phosphatase ออกมาละลายฟอสฟอรัสที่ละลายได้ยากในดิน เช่นหินฟอสเฟต (Bolan, 1991) นอกจากนี้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังส่งเสริมการดูดดึงธาตุไนโตรเจนทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการกระตุ้นกระบวนการ N-fixation ของ free living N และเชื้อราชนิดนี้ยังเพิ่มการดูดดึงธาตุอาหารอื่นๆ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี โซเดียมและโบรอนได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีฮอร์โมนที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น cytokinins gibberellins

3. บทบาทการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ในดินที่มีสมบัติทางกายภาพไม่เหมาะสมนั้นยังไม่มีการศึกษากันอย่างชัดเจน ทราบเพียงว่าดินในเขตร้อนชื้น ในดินเหนียวจะมีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มากกว่าดินทราย ส่วนในดินที่มีสมบัติทาเคมีไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่นในดินกรด ดินเค็ม ดินด่าง และดินที่มีธาตุโลหะหนักสะสมอยู่ ในสภาวะเช่นนี้เส้นใยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่บริเวณนอกรากพืชจะทำหน้าที่แทนรากพืชซึ่งถูกจำกัดการเจริญเติบโต เนื่องจากเส้นใยเชื้อราจะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนั้นๆ ได้ หากพืชชนิดนั้นๆ มีเชื้อราอาบัสคูล่าสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ก็อาจจะทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชอาศัยนั้นได้

4. บทบาทที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดเม็ดดิน เส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีสามารถเชื่อมทำให้อนุภาคดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน จึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินมีสัดส่วนของช่องว่างระบายน้ำระบายอากาศที่เหมาะสม และยังช่วยควบคุมการกร่อนของดินได้อีกด้วย

5. บทบาทที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งของพืช เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสำคัญต่อความสัมพันธ์ของน้ำในพืช เช่นลดความต้านทานของ hydraulic conductivity และมีผลต่อการควบคุม photohormones และ stomata ในดินที่มีความแห้งแล้ง ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุอื่นจะเคลื่อนที่ได้น้อยมาก เส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะช่วยขยายขอบเขตการดูดดึงธาตุอาหารต่างๆ ของรากพืช นอกจากนี้เส้นใยของเชื้อราอาจทำหน้าที่เสมือนตัวเชื่อมระหว่างรากพืชและน้ำในดิน ทำให้น้ำเยื่อในอนุภาคดิน ซึ่งเป็นน้ำที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ไหลเข้าสู่รากพืชได้

6. บทบาทที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ในดิน จุลินทรีย์พวก Symbiotic N_2 fixation ที่มีการอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกัน ในรากพืช จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้ เนื่องจากเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยดูดดึงธาตุฟอสฟอรัสให้จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ในการเจริญเติบโตและการดำเนินกิจกรรมส่วนจุลินทรีย์พวก Free living bacteria หรือ Phosphate solubulizing เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็จะส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยทางอ้อม คือเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้อัตราการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตเพิ่มมากขึ้น ทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้ได้รับ root exudates เพิ่มมากขึ้นด้วย

การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะลดความรุนแรงของโรคพืชหรือทำให้พืชมีความต้านทานโรค จากเชื้อสาเหตุโรคพืชต่างๆ ดังนี้ nematodes หรือเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืช เช่น *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* ในถั่วเหลือง, ฝ้าย, มะเขือเทศ, ข้าวโอ๊ต และแตงกวา (Muchovej, 2001) อาจเนื่องมาจากการที่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เข้าไปอยู่อาศัยในรากพืชก่อนที่เชื้อสาเหตุโรคพืชจะเข้าสู่รากพืชได้ กลไกการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทาง morphology หรือ physiology หรือ biochemistry ของพืชอาศัย มีรายงานว่ามีการเปลี่ยนแปลงทาง morphology ทั้งการสร้างลิกนินที่ผนังเซลล์ การสร้างโพลีแซคคาไรด์อื่นๆ ของพืชอาศัย (Sieverding, 1991)

การสะสมฟอสเฟตภายในเส้นใยของเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Bolan (1991) สรุปว่า ปริมาณของฟอสเฟตที่พบในเส้นใยจะมีค่าสูงกว่าในรากพืช เนื่องจากฟอสเฟตที่เส้นใยของราดูดเข้าไปนั้นจะมีการสะสมอยู่ในเส้นใยของเชื้อรา ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ฟอสเฟตส่วนนี้เป็นแหล่งสำรองที่จะส่งต่อให้แก่พืชต่อไป อนินทรีย์ฟอสเฟตที่สะสมอยู่ในเส้นใยของรามี 3 แบบ คือ ออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) ที่ละลายได้ โพลีฟอสเฟต(Polyphosphate) ที่ละลายได้ และ เม็ทโพลีฟอสเฟต

อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการดูดซับฟอสเฟตนั้น จะมีฟอสเฟตประมาณ 10% เคลื่อนที่ต่อไปยังเนื้อเยื่อของพืชเลยโดยไม่มีการสะสม โพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) ในเส้นใยถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยเอ็นไซม์โพลีฟอสเฟตคิเนส (Polyphosphate kinase) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ชักนำให้สร้างขึ้นมา ปริมาณของเม็ทโพลีฟอสเฟตอาจมีมากถึง 40% ของฟอสเฟตทั้งหมดที่ดูดกินโดยเส้นใย ฟอสเฟตส่วนนี้จะสะสมอยู่ในแวคิวโอล ของเส้นใยนั่นเอง

การส่งถ่ายฟอสเฟตจากเส้นใยของเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสู่รากพืช

เมื่อเส้นใยของเชื้อราดูดกินฟอสเฟตแล้ว ฟอสเฟตส่วนหนึ่งจะถูกส่งต่อไปยังเซลล์ของรากพืช กระบวนการนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. การดูดซับฟอสเฟตโดยเส้นใยนอกรากพืช

ดังได้กล่าวรายละเอียดไว้ข้างต้นแล้ว ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานเพื่อดูดซับฟอสเฟตจากแหล่งที่มีความเข้มข้นต่ำในดิน เข้าสู่เส้นใยที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตสูงกว่า Smith และ Gininazzi-Pearson (1988) อธิบายไว้ว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตภายในเส้นใยจะมีค่ามากกว่าความเข้มข้นในดินประมาณ 1,000 เท่า ดังนั้นการดูดกินฟอสเฟตจึงเป็นกระบวนการที่ทวนกระแสของความเข้มข้น ซึ่งต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการดูดซับ

2. การเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในเส้นใย

ในขั้นตอนนี้ฟอสเฟตภายในเส้นใยของเชื้อราเวสิเคิลอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่ถูกดูดซับไปตามเส้นใยเข้าสู่เส้นใยภายในราก และในที่สุดถึงอาร์บัสคูล กระบวนการนี้เกิดขึ้นโดยการไหลเวียนของไซโตพลาซึมของเซลล์ของรา ที่เรียกว่า cytoplasmic streaming อัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในเส้นใยของ extraradical hyphae จะอยู่ในช่วง 0.1-2.0 $\times 10^{-9}$ โมล/ซม./วินาที ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราการแพร่ของฟอสเฟตในช่องว่างของดินประมาณ 1,000 เท่า

3. การส่งถ่ายฟอสเฟตจากเชื้อราสู่รากพืช

การส่งถ่ายฟอสเฟตนี้เกิดที่อาร์บัสคูลของเชื้อรา เม็ทโพลีฟอสเฟตในอาร์บัสคูลจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงโดยเอ็นไซม์โพลีฟอสฟาเตส (Polyphosphatase) แล้วปลดปล่อยสู่ไซโตพลาซึม หลังจากนั้น ฟอสเฟตจะเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของรา ไปยังบริเวณที่เรียกว่า fungus-root interface หรือ apoplast บริเวณนี้เองจะเป็นจุดที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกัน ฟอสเฟตจาก fungus-root interface จะเคลื่อนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์รา แล้วเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่น และใช้ประโยชน์ในที่สุดต่อไป กระบวนการนี้ Smith และ Gininazzi-Pearson (1988) กล่าวว่า เกิดขึ้นได้ทั้ง passive และ active transport เพราะว่าพบกิจกรรมของเอ็นไซม์ ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของทั้งอาร์บัสคูล และเซลล์พืช ในเซลล์พืชจึงต้องใช้พลังงานในการดูดฟอสเฟตที่ราปลดปล่อยสู่ interface นั่นเอง

กล่าวโดยสรุปแล้ว การส่งเสริมการดูดกินฟอสเฟตโดยเชื้อราเวสิเคิลอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเกิดขึ้น เนื่องจากเส้นใยของเชื้อราที่เจริญครอบคลุมดินในปริมาตรที่มากกว่า รวมทั้งเส้นใยเองก็มีความสามารถในการดูดซับฟอสเฟตที่สูงกว่า ตลอดจนเชื้อรามีความสามารถในการปรับสภาพแวดล้อมในเขตรากพืชที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับฟอสเฟตได้สูงขึ้น ส่วนใหญ่ของฟอสเฟตที่ราดูดขึ้นมาจะสะสมอยู่ในรูปเม็ทโพลีฟอสเฟต ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังอาร์บัสคูลโดยการไหลเวียนของไซโตพลาซึม เอ็นไซม์โพลีฟอสฟาเตส (Polyphosphatase) จะย่อยให้ฟอสเฟตมีขนาดเล็กลง แล้วปลดปล่อยสู่ fungus-root interface หลังจากนั้นจะถูกเซลล์พืชนำไปใช้ต่อไป

ความหลากหลายของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในมันสำปะหลัง

แม้ว่ามันสำปะหลังจะจัดเป็นพืชที่ไม่ตอบสนองต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากนัก เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์มากและมีความชื้นที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อดินมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยลง (Habte and Byappanahalli, 1994) โดยมีความสามารถในการการดูดดึงฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มักถูกตรึงไว้ในดิน (Osonubi 1994) รวมทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณการดูดดึงของไนโตรเจน และจุลธาตุอาหารอื่นๆ เช่นเหล็ก สังกะสี ทองแดง (Faber *et. al*., 1990) อีกทั้งได้อีกด้วย

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลัง ได้แตกต่างกัน ดังนี้ *Ent. columbiana* (62-66%), *A. longula* (37- 64%), *G. fasciculatum* (53- 73%), *G. occultum* (67-78%), *S. heterogama* (8-9%) (Sieverding and Toro, 1988) และชนิดที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตให้แก่มันสำปะหลัง ได้แก่ *Glomus mosseae*, G. *Clarum*, (Ekanayake *et al*., 2004; Fagbola, 1998) *Glomus deserticola* (Atayese *et al.,* 1993) G. *fasiculatum* (Oyetunji, unpublished), G. *aggregatum* (Habte and Byappanahalli, 1994), *Glomus manihotis* ,*Entrophospora colombiana* (Sieverding and Howeler, 1985) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยอยู่ระหว่าง 60-90 % ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ไพรวัลย์และอัครเดช (2549) พบว่าการเข้าอยู่อาศัยของ *Glomus* sp.2 and G. *mosseae* ในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่าในดินสภาพกึ่งปลอดเชื้อมีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยเท่ากับ 94.75 และ 86.5 ส่วนในดินสภาพธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยเท่ากับ 90.75 และ 73.0 ตามลำดับ โดยดินสภาพกึ่งปลอดเชื้อจะส่งเสริมการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา รวมทั้งส่งเสริมการเจริญเติบโตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้มากกว่าดินในสภาพธรรมชาติ และพบว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง อายุ 60 วัน ด้านความสูงได้อย่างมีนัยสำคัญ

ความหลากหลายของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในแปลงมันสำปะหลังจำนวน 23 แปลง จาก Beihai,Nanning,Wuzhou etc.of Guangxi พบว่าลักษณะของสปอร์ของเชื้อราอาบังสคูล่า ไมคอไรซ่า 19 ลักษณะ จัดอยู่ใน genera Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Scutellospora and Entrophospora ซึ่งพบสปอร์ของ Glomus และ Acaulospora เด่นที่สุดใน แปลงมันสำปะหลังที่ Guangxi โดยปริมาณสปอร์เฉลี่ยในแปลงมันสำปะหลัง คือ 4,891 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 g เมื่อคำนวณดัชนีความหลากหลาย พบว่า .Margalef index(d) เท่ากับ 0.76±0.01, Shannon-Wiener index(H) เท่ากับ 1.29±0.01, Simpson index(D) เท่ากับ 0.63 และ evenness index (E) เท่ากับ 0.67 **(**Feng-xiu et al**, 2008)**

อย่างไรก็ตามการทำการเกษตรในปัจจุบันของเกษตรกร ทั้งการเขตกรรม การใช้สารเคมีในการเกษตรต่างๆ การใช้ปุ๋ยเคมี ล้วนมีผลทำให้การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดลง จึงการนำไปใช้ในแปลงเกษตรกรจึงควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ความหลากหลายของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในแปลงมันสำปะหลัง

การเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกร

ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณรากมันสำปะหลังจากแปลงเกษตรกร (ภาพ 1ก- 1ข) ในแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย จำนวน 305 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยทั้งสิ้น 41 จังหวัด ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งจำแนกตามภูมิศาสตร์ได้ 6 ภาค (ภาพ 2) ยกเว้นภาคใต้ ซึ่งไม่มีการปลูกมันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ตัวแทนพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย (ภาพ 3) วิธีการเก็บตัวอย่างดิน ดังนี้เก็บตัวอย่างดิน บริเวณรากมันสำปะหลัง ลึกประมาณ 15 – 20 เซนติเมตร ตัวอย่างละประมาณ 1- 2 กิโลกรัม จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดแล้วผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บใส่ถุงพลาสติกเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

การศึกษาปริมาณสปอร์และการจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน

ทำการแยกสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ออกจากดินโดยวิธี wet sieving and decanting method (Gerdeman และ Nicolson, 1963) แล้วตามด้วยการปั่นเหวี่ยงด้วยสารละลายซูโครส 40% (Danial and Skipper, 1982) ร่อนแบบเปียกผ่านตะแกรงขนาด 250 และ 45 ไมครอน แล้วทำการนับสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stero-microscope โดยจำแนกตามลักษณะภายนอกของสปอร์ และทำการจัดจำแนกเบื้องต้นโดยใช้ INVAM species guide and manual for identification of AMF (Schenck and Perez, 1988) รวมทั้ง INVAM homepage. จากนั้นทำ trap culture โดยการปลูกมันสำปะหลังในดินที่เก็บมาจากแปลงมันสำปะหลัง เพื่อศึกษาลักษณะของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่สามารถเข้าอยู่อาศัยในมันสำปะหลังได้ จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถี่ที่พบเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่ละชนิดในแปลงเกษตรกร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถี่ที่พบเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนแหล่งที่พบเชื้อรา} \times 100}{\text{จำนวนแหล่งที่เก็บดินทั้งหมด}}$$

การทดลองที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา กับค่า pH ของดิน, ปริมาณ P และ OM ในดิน

นำดินที่เก็บจากแปลงมันสำปะหลังจำนวน 305 ตัวอย่าง ๆ ละประมาณ 2 กิโลกรัม เก็บเศษพืชออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นบดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และเก็บตัวอย่างดินแต่ละตัวอย่างใส่ในกล่องพลาสติก และใส่หมายเลขให้ชัดเจนเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นนำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ มาวัดค่า pH ของดิน วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ตามวิธีการต่อไปนี้

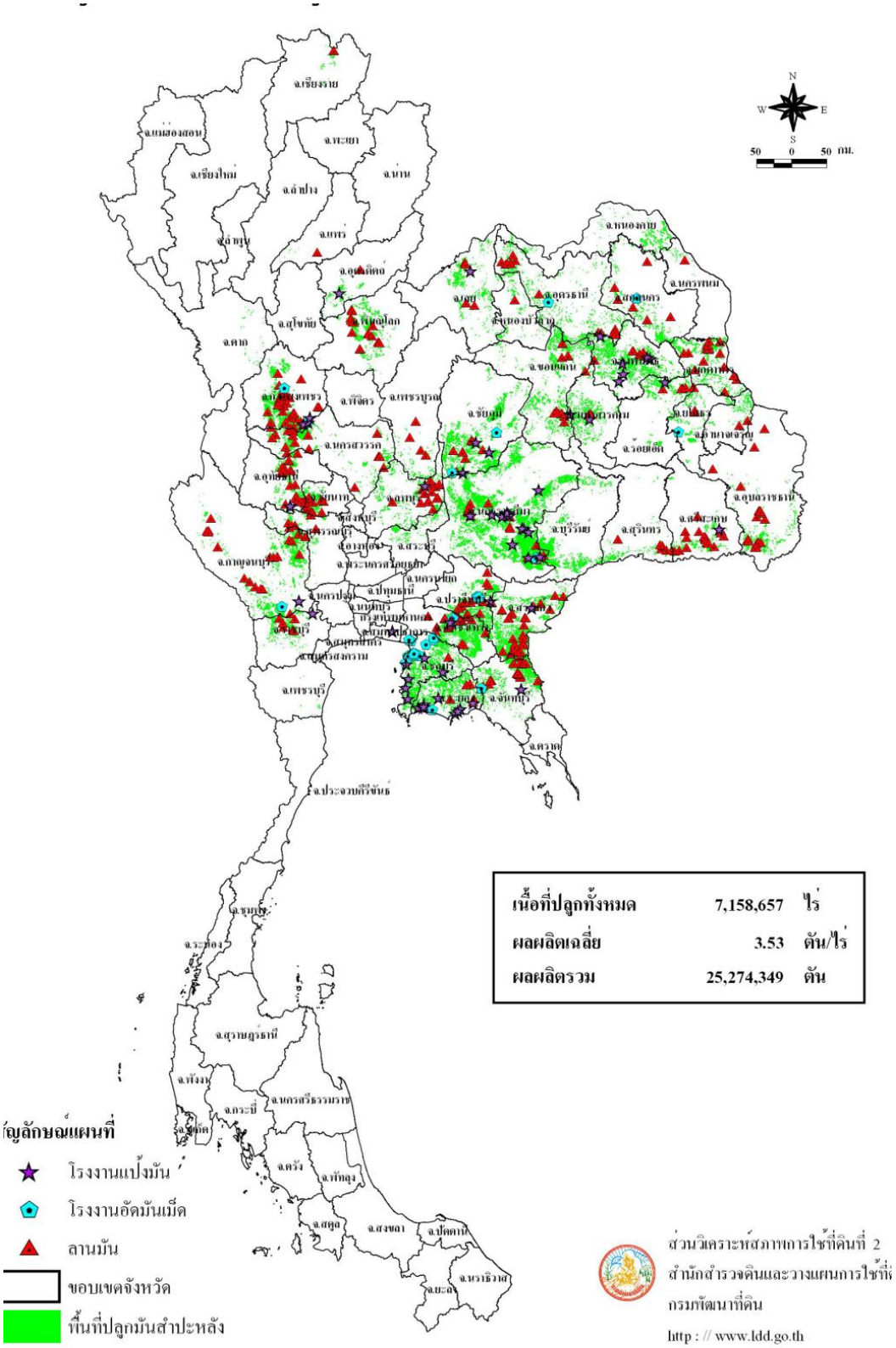
1. ปฏิกิริยาของดิน (pH) โดยใช้ pH meter (Electrometric method) โดยใช้อัตราส่วนระหวางดินตอน้ำเท่ากับ 1:1 (Jackson, 1958)
2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) ทำการสกัดดินโดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Ammonium molybdate-Ascorbic acid method (Watanabe and Olsen, 1965)
3. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley-Black Method โดยใช้สารละลาย โพแทสเซียมไดโครเมต (ทัศนีย และ จงรักษ, 2550)

จากนั้นหาคำนวณหาความสัมพันธ์และทดสอบค่า r^2 ระหว่าง

1) ปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัม กับ ค่า pH ของดิน
2) ปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัม กับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน
3) ปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัม กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน
4) ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ภาพ 2 การเก็บตัวอย่างดินบริเวณรากมันสำปะหลัง

ภาพ 3 การแบ่งภาคของประเทศไทยคามเขตภูมิศาสตร์



ภาพ 4 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย

การทดลองที่ 3 ความสามารถของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ศึกษาความสามารถในการเข้าอยู่อาศัย และความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ใช้แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 วิธีการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 2) ใส่เชื้อ *Acaulospora* sp. 3) ใส่เชื้อ *Entrophospora schenkii* 4) ใส่เชื้อ *Glomus mosseae* 5) ใส่เชื้อ *Glomus aggregatum* and 6) ใส่เชื้อ *Scutellospora sp.* จำนวน 3 ซ้ำ ในกระบะเพาะชำ อย่างไรก็ตามการทดลองในแปลงเกษตรกร สภาพไร่นานั้นประสบปัญหาเพลี้ยแป้งระบาด และน้ำท่วม ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ จึงได้นำเสนอเพียงข้อมูลในกระบะเพาะชำเท่านั้น

นำดินปลูกมันสำปะหลังมาจากแปลงเกษตรกร จังหวัดชัยภูมิ ทำการย่อยดินและเก็บเศษวัชพืชออกจากดินให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นตากดินให้แห้งในร่มประมาณ วัน แล้วทำการ 7 ประมาณย่อยดินอีกครั้งให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง2-3 เซนติเมตร

จากนั้นนำดินมาฆ่าเชื้อในดินโดยการอบด้วยบาซามิค-จี (Dazomet) โดยการรดน้ำให้ดินอิ่มตัวด้วยความชื้น (กำดินสามารถเกาะตัวกันได้) โรยผงบาซามิค-จี อัตรา 20 กรัมต่อดิน 100 กิโลกรัม คลุกเคล้าผงบาซามิค-จีให้เข้ากับดินปลูก คลุมแปลงดินด้วยพลาสติกจำนวน 15 วัน หลังจากนั้นจึงเปิดพลาสติกออกทิ้งไว้ อย่างน้อย 15 วัน เพื่อให้แก๊สพิษระเหยออกไปจากดินให้หมด ดินจากนั้นนำที่ดินเตรียมไว้ใส่ลงในกระบะปักชำขนาด 30X4เซนติเมตร 0 กระบะละ 10 กิโลกรัม จากนั้นเลือกกิ่งพันธุ์มันสำปะหลังยาวประมาณ 6-8 นิ้ว ปักชำลงในกระบะ ที่มีการรองพื้นด้วยหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จำนวนกระบะละ 100 กรัม ตามวิธีการทดลองข้างต้น ทำการรดน้ำทุกวันเพื่อรักษาความชื้นของดิน กำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ และไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และทำการบันทึกข้อมูลต่อไปนี้

1. ความสูงของกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังปักชำ
2. จำนวนใบของกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังปักชำ
3. จำนวนรากกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง เมื่ออายุ 60 วันหลังปักชำ
4. การเข้าอาศัยในมันสำปะหลังของเชื้ออาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเมื่ออายุ 60 วันหลังปักชำ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความสูงของกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนใบของกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนรากกิ่งพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนสปอร์และการเข้าอาศัยในรากมันสำปะหลังของเชื้ออาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

คุณสมบัติดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย

มันสำปะหลังปลูกได้ทั่วไปในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ โดยเกษตรกรทำการปลูกมันสำปะหลังใน 41 จังหวัด ในภาคเหนือ 10 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ภาคกลาง 3 จังหวัด ภาคตะวันออก 6 จังหวัด และภาคตะวันตก 3 จังหวัด ดังตาราง 6

ภาคเหนือ 10 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี, นครสวรรค์, กำแพงเพชร, ตาก, เชียงราย, พิจิตร, พิษณุโลก, อุตรดิตถ์, แพร่ และเพชรบูรณ์

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ได้แก่นครราชสีมา, ยโสธร, มุกดาหาร, นครพนม, สกลนคร, กาฬสินธุ์, มหาสารคาม, ขอนแก่น, บุรีรัมย์, สุรินทร์, ศรีสะเกษ, อุบลราชธานี, ชัยภูมิ, เลย, ร้อยเอ็ด, อำนาจเจริญ, หนองคาย, อุดรธานี และหนองบัวลำภู

ภาคกลาง 3 จังหวัด ได้แก่ ชัยนาท, ลพบุรี และ สระบุรี

ภาคตะวันออก 6 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี, ระยอง, จันทบุรี, สระแก้ว, ฉะเชิงเทรา และปราจีนบุรี

ภาคตะวันตก 3 จังหวัด ได้แก่ สุพรรณบุรี, ราชบุรี และกาญจนบุรี

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยเป็นดินที่มีความหลากหลาย ซึ่งมีเนื้อดินตั้งแต่ดินเหนียว ซึ่งพบในภาคกลาง จนถึงดินทราย ซึ่งพบในภาคตะวันออก มีความเป็นกรดจัด จนถึงด่างอ่อน (Soil pH = 4-8) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai P) 0.06 – 583 mg kg^{-1} และปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 0.3-6.2% จะเห็นได้ว่ามันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินตั้งแต่เป็นกรด จนถึงเป็นด่าง และสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังมีความเป็นกรดจนถึงด่างอ่อน (pH = 4-8) ซึ่งดินในแต่ละภาค (แบ่งตามสภาพภูมิศาสตร์) มีความความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ซึ่งดินที่มีค่าใกล้ความเป็นกลางมากที่สุด ได้แก่ภาคตะวันตก (pH = 7.08) รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง (pH = 7.29) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (pH = 6.71) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (pH = 6.10) และภาคตะวันออก (pH = 5.82) ดังตาราง 6

ดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 0.06 – 583 mg kg^{-1} ซึ่งดินในแต่ละภาค (แบ่งตามสภาพภูมิศาสตร์) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยภาคตะวันออกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด (P = 29.09 mg kg^{-1}) รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง (P = 23.99 mg kg^{-1}) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (P = 22.48 mg kg^{-1}) ภาคเหนือ (P = 21.38 mg kg^{-1}) และภาคตะวันตก (P = 15.90 mg kg^{-1})

ดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 0.3-6.2% ซึ่งดินในแต่ละภาค (แบ่งตามสภาพภูมิศาสตร์) มีปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยภาคกลาง (OM = 2.23%) มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออก (OM = 1.92%) ภาคเหนือ (OM = 1.88%) ภาคตะวันตก (OM = 1.65%) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (OM = 1.38%) ดังตาราง 6

ปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบริเวณรากมันสำปะหลัง (305 ตัวอย่าง) พบว่ามีปริมาณระหว่าง 0.6 – 15 spores g^{-1} soil ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละภาค (แบ่งตามสภาพภูมิศาสตร์) มีปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยภาคตะวันตกมีปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุด (4.38 spores g^{-1} soil) รองลงมาได้แก่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (3.97 spores g^{-1} soil) ภาคเหนือ (3.66 spores g^{-1} soil) ภาคกลาง (2.96 spores g^{-1} soil) และภาคตะวันออก (2.88 spores g^{-1} soil) โดยพบเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จำนวน 18 ชนิด โดย 15 ชนิด ที่สามารถเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลังได้ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่พบจัดจำแนกอยู่ใน genera ต่างๆ ดังนี้ Gigaspora, Scutellospora, Glomus, Acaulospora, Entrophospora และพบ Glomus genera, Acaulospora genera บ่อย ดังเปอร์เซ็นต์ความถี่ที่พบ (ตาราง 7)

เป็นที่ทราบกันดีว่าแม้ว่ามันสำปะหลังจะจัดเป็นพืชที่ไม่ตอบสนองต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาดินมีความอุดมสมบูรณ์มาก แต่จะมีการตอบสนองต่อเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยลง (Habte and Byappanahalli, 1994) แต่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลัง ได้แตกต่างกันไปตามชนิด *Ent. columbiana* (62-66%), *A. longula* (37- 64%), *G. fasciculatum* (53- 73%), *G. occultum* (67-78%), *S. heterogama* (8-9%) (Sieverding and Toro, 1988) *Glomus* sp.2 (94.75%) and G. *mosseae* (86.5%) (ไพรวัลย์และอัครเดช, 2549) จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 60-90 % ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Feng-xiu et al (2008) พบว่าลักษณะของสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 19 ลักษณะ จัดอยู่ใน genera Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Scutellospora and Entrophospora ซึ่งพบสปอร์ของ Glomus และ Acaulospora เด่นที่สุดในแปลงมันสำปะหลังที่ Guangxi โดยปริมาณสปอร์เฉลี่ยในแปลงมันสำปะหลัง คือ 4,891 สปอร์ต่อดินแห้ง 100 g

ตาราง 6 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Soil P) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil OM) และจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF spore number)

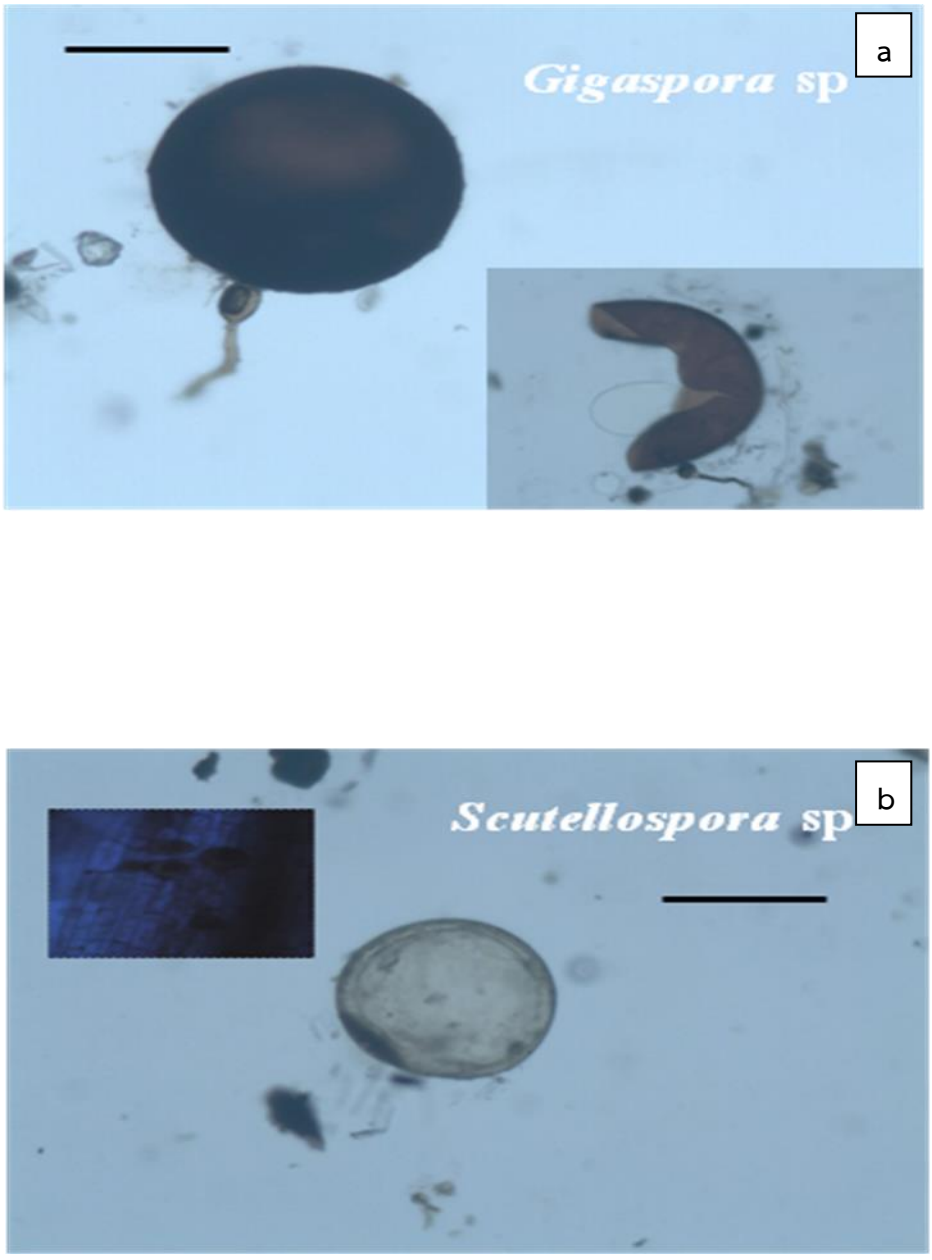
ภาค	จำนวนตัวอย่างดิน	Soil pH (STD)	Soil P (STD) (mg g^{-1})	Soil OM (STD) (%)	AMF spore number (STD) (spore g^{-1} soil)
1. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	157	6.71 b (0.810)	21.38 (21.82)	1.92 ab (0.862)	3.66 (6.523)
2. ภาคกลาง	29	6.10 c (0.709)	22.48 (18.63)	1.38 c (0.808)	3.97 (2.350)
3. ภาคเหนือ	56	7.29 a (0.756)	23.99 (22.09)	2.23 a (1.288)	2.96 (3.323)
4. ภาคตะวันออก	38	5.82 c (1.174)	29.09 (25.40)	1.88 ab (0.758)	2.88 (2.882)
5. ภาคตะวันตก	25	7.08 a (0.766)	15.90 (14.02)	1.65 bc (1.596)	4.38 (2.642)
F-test		23.28**	1.538^{ns}	6.456**	0.612^{ns}
CV (%)		4.03	95.52	55.86	143.43

ตาราง 7 ลักษณะและการจัดจำแนกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่พบในแปลงมันสำปะหลัง

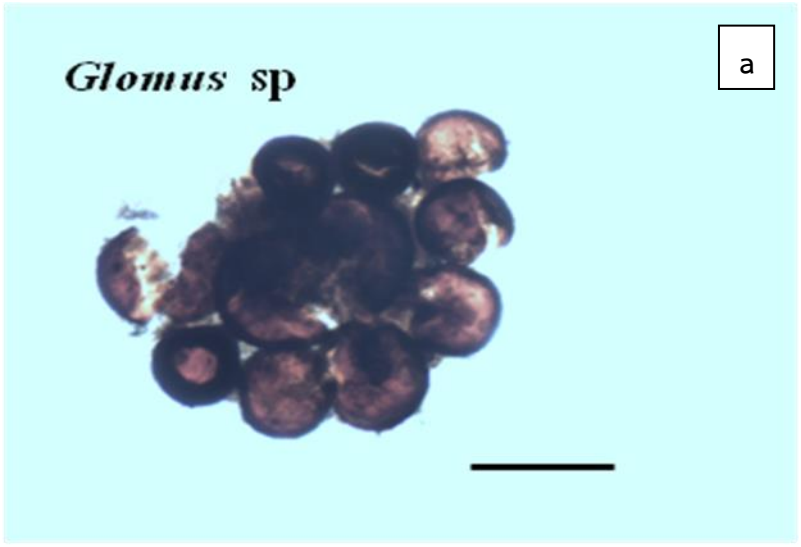
	ลักษณะของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่พบในแปลงมันสำปะหลัง	การจัดจำแนก	ความถี่ที่พบในแปลงเกษตรกร (%)	การเข้าอยู่อาศัยในมันสำปะหลัง
1	Globose shape with hypha, 150-200µm, shiny brown color.	*Glomus* sp.1	91	√
2	Globose, 80-100µm, white to cream color, single chlamydospore with hypha.	*Glomus* sp.2	98	√
3	Globose, 80-115 µm, white to cream color, single chlamydospore with hypha and content in spore present.	*Glomus* sp.3	92	√
4	Sporocarp formation without peridium, subglobose chlamydospore 60-90µm, grey color.	*Glomus* sp.4	48	√
5	Sporocarp formation with peridium, subglobose chlamydospore, dark brown color.	*Glomus* sp.5	15	×
6	Globose shape with hypha, 220-250µm, dark orange and grey color.	*Glomus* sp.6	78	×
7	Globose shape with hypha, 200-240µm, shiny white to green color.	*Glomus* sp.7	66	√
8	Subglobose, 80-90µm, pale yellow to green color, single chlamydospore with hypha.	*Glomus* sp.8	59	√
9	Globose shape, 75-130 µm, shiny yellow to green color to orange color.	*Acaulospora* sp.1	98	√
10	Globose shape, 70-110 µm, green to grey color.	*Acaulospora* sp.2	80	√
11	Globose shape, 90-120 µm, shiny white to orange color, content in spore present.	*Acaulospora* sp.3	99	√
12	Globose shape, 100-120 µm, shiny creamy to orange to grey color.	*Acaulospora* sp.4	87	√
13	Subglobose, 60-90µm, dark orange color, single chlamydospore.	*Acaulospora* sp.5	74	√
14	Globose to subglobose shape, 250-280µm, dark orange color.	*Acaulospora* sp.6	94	×

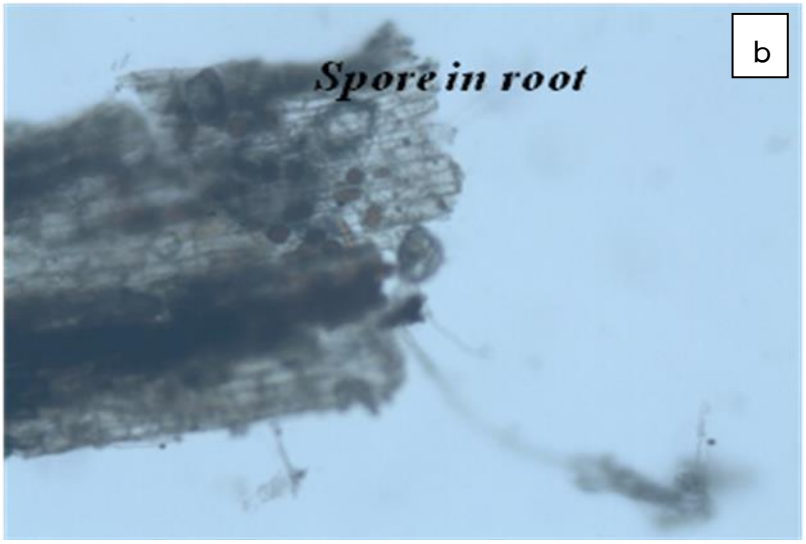
ตาราง 7 (ต่อ)

	ลักษณะของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่พบ	การจัดจำแนก	ความถี่ที่พบในแปลงเกษตรกร (%)	การเข้าอยู่อาศัยในมันสำปะหลัง
15	Globose shape with suspensor, 220-250µm, dark orange color.	*Gigaspora* sp.2	45	√
16	Globose shape with suspensor, 220-250µm, white to cream color.	*Scutellospora* sp.	33	√
17	Globose shape, 150-200 µm, orange to dark orange brown, and hyaline, subglobose sporiferous succule and thick spines present.	*Entrophospora* sp.1	41	×
18	Globose, 75-90µm, white color, single chlamydospore	*Entrophospora* sp.2	84	√

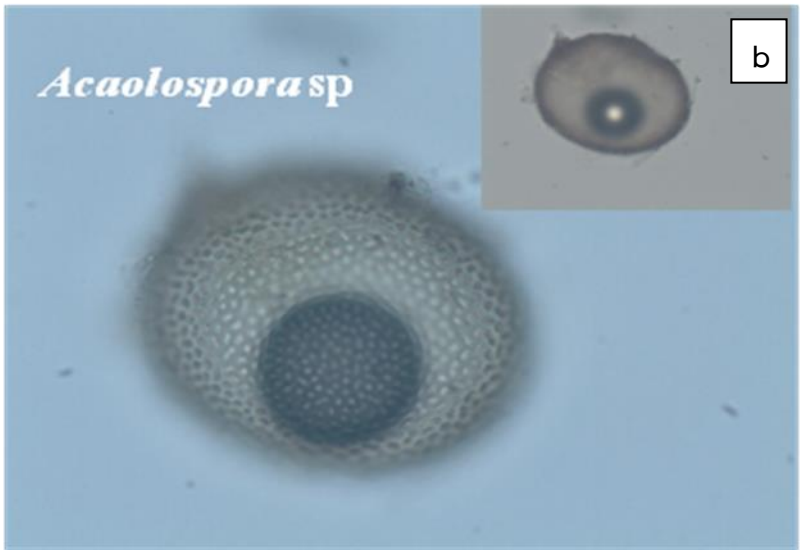


ภาพ 5 ลักษณะของ *Gigaspora* sp. (a) และ *Scutellospora* sp. (b) Bar = 100 micrometers.

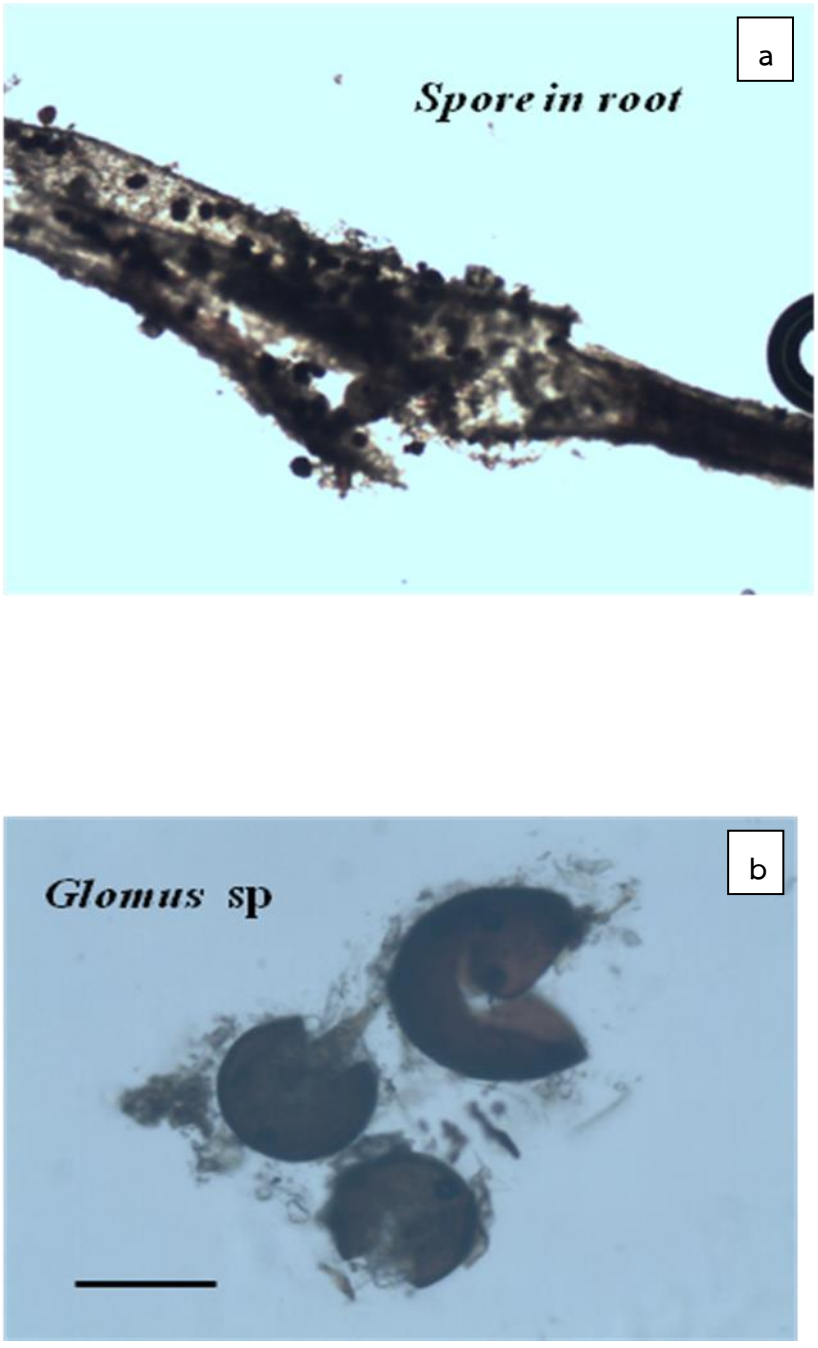




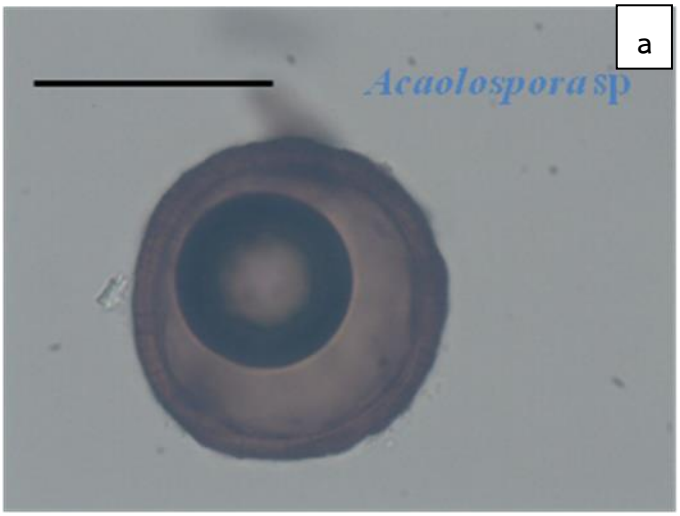
ภาพ 6 ลักษณะของ *Glomus* sp. (a) และ การสร้างสปอร์ในราก (b) Bar = 100 micrometers.

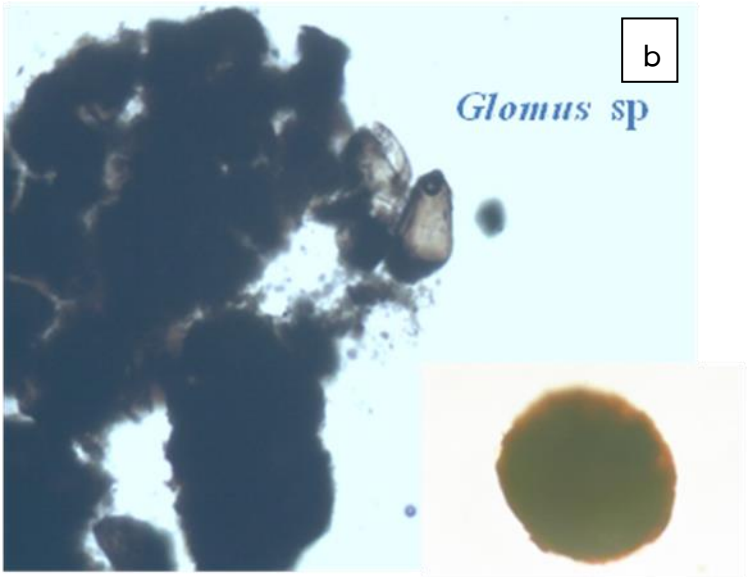


ภาพ 7 ลักษณะของสปอร์ใน sporocarp (a) และ *Acaulospora* sp (b)
Bar = 100 micrometers.

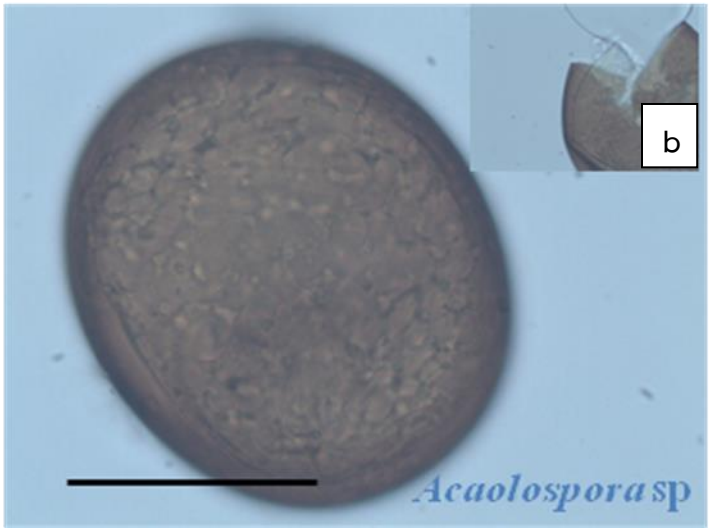


ภาพ 8 ลักษณะของการสร้างสปอร์ในราก (a) และ *Glomus* sp. (b) Bar = 100 micrometers.

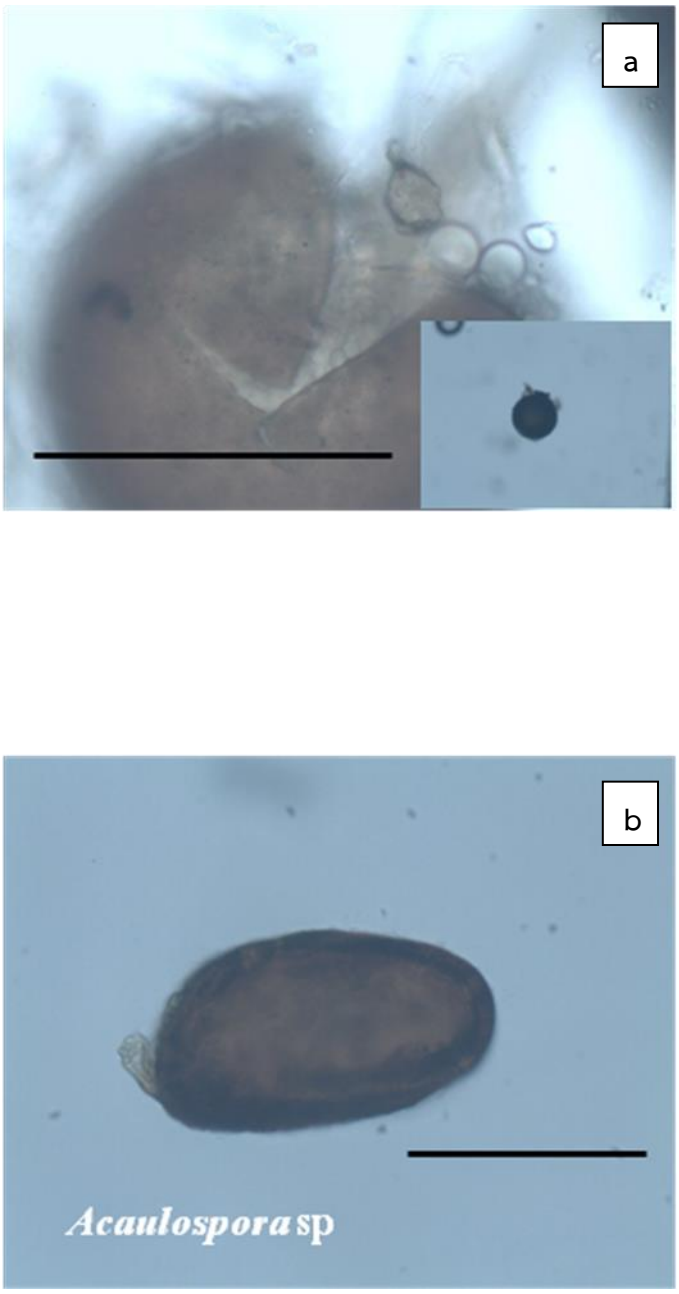




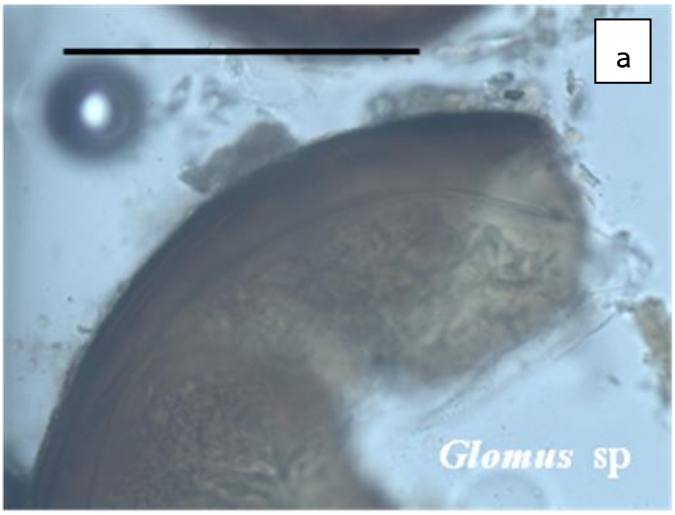
ภาพ 9 ลักษณะของ *Acaulosporas* sp (a) และ sporocarp ของ *Glomus* sp. (b) Bar = 100 micrometers.

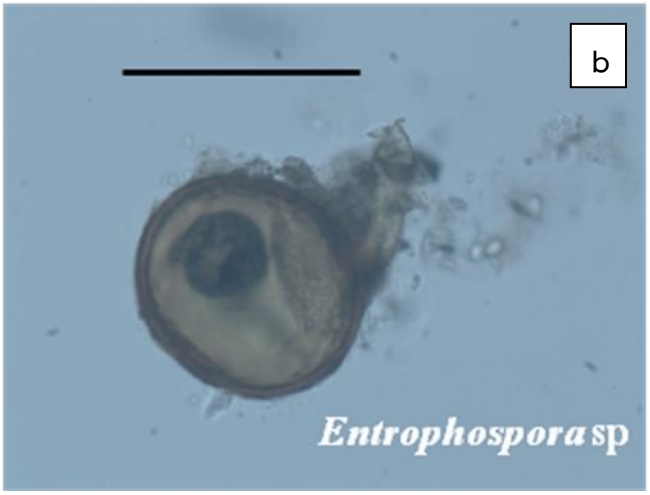


ภาพ 10 ลักษณะของ *Glomus* sp. (a) และ *Acaulosporas* sp (b) Bar = 100 micrometers.

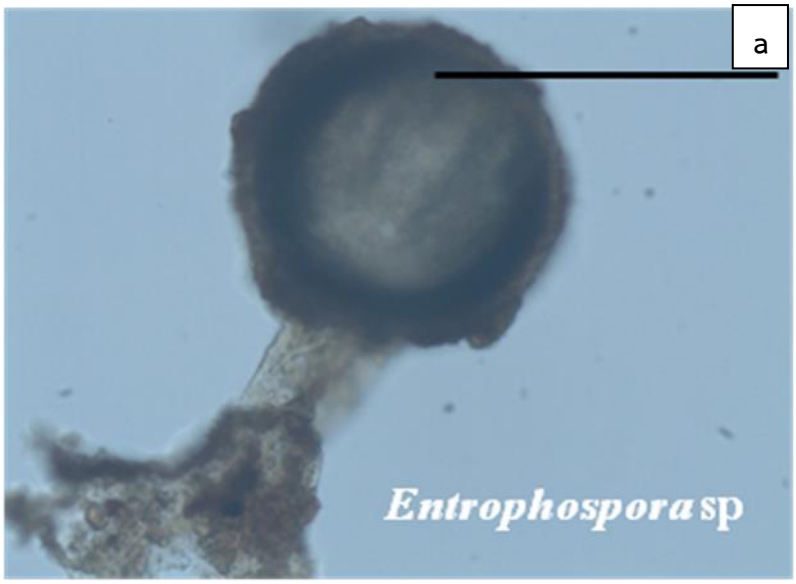


ภาพ 11 ลักษณะของ *Acaulosporas* sp (a) และ *Acaulosporas* sp. (b) Bar = 100 micrometers.

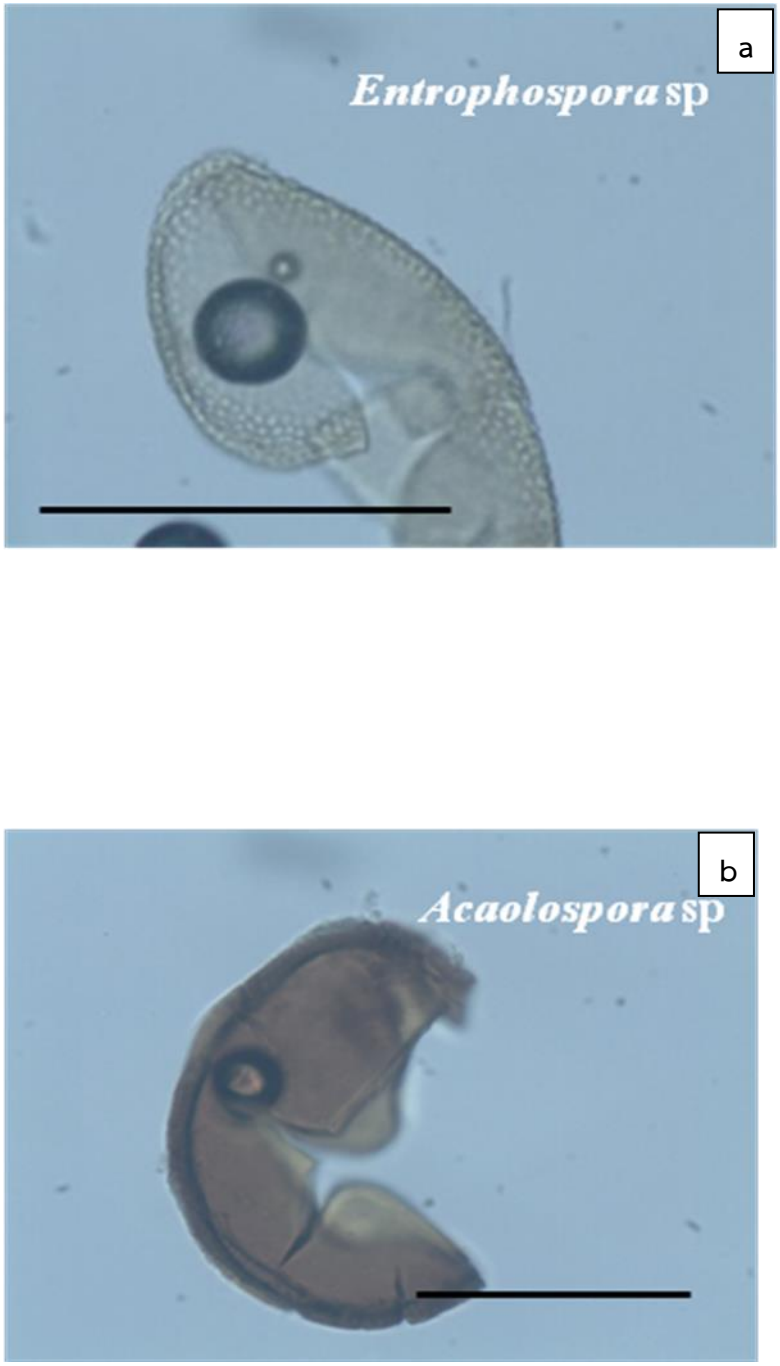




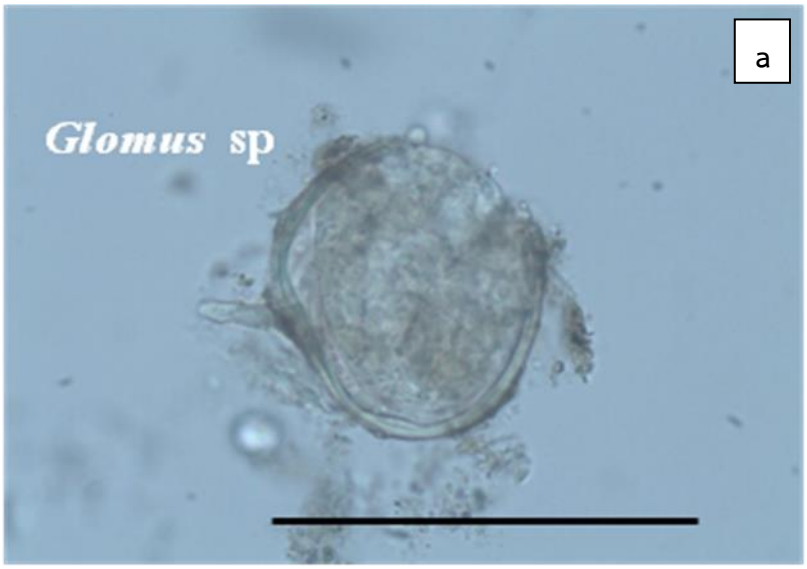
ภาพ 12 ลักษณะของ *Glomus* sp. (a) และ *Entrophospora* sp. (b) Bar = 100 micrometers.



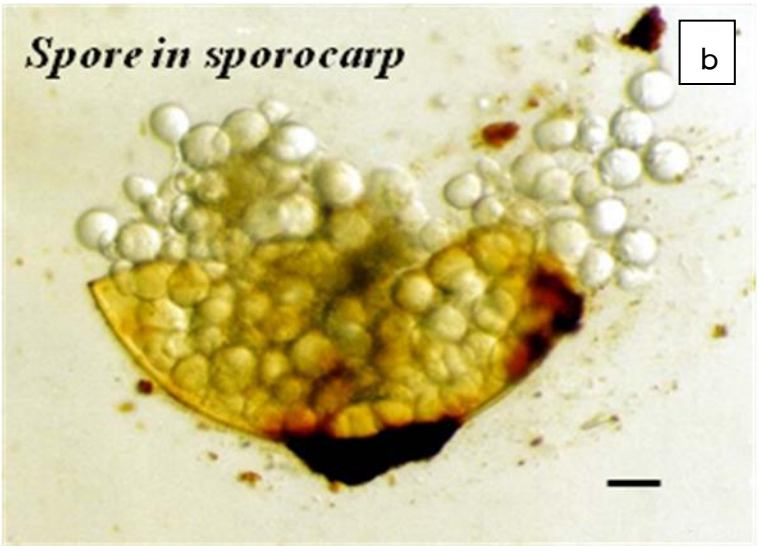
ภาพ 13 ลักษณะของ *Entrophospora* sp. (a) และ *Glomus* sp. (b**)** Bar = 100 micrometers.



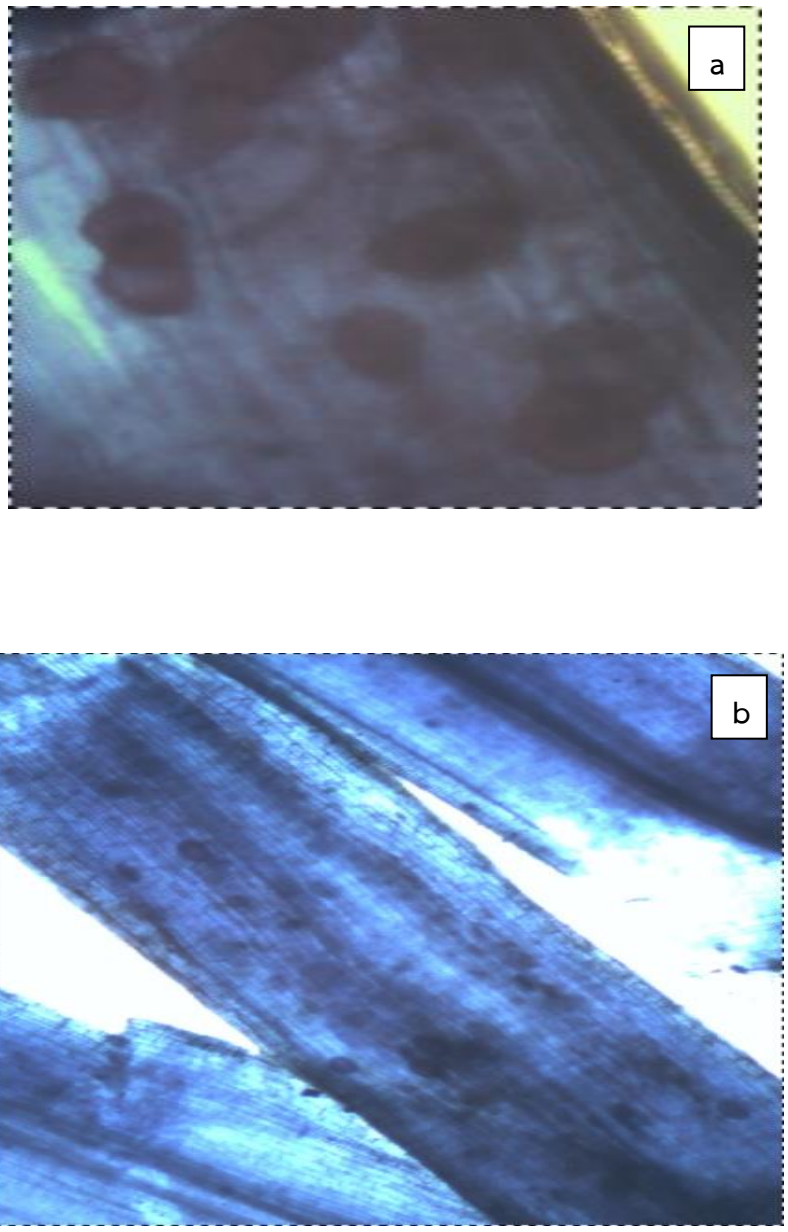
ภาพ 14 ลักษณะของ *Entrophospora* sp. (a) และ *Acaulospora* sp. (b)
Bar = 100 micrometers.



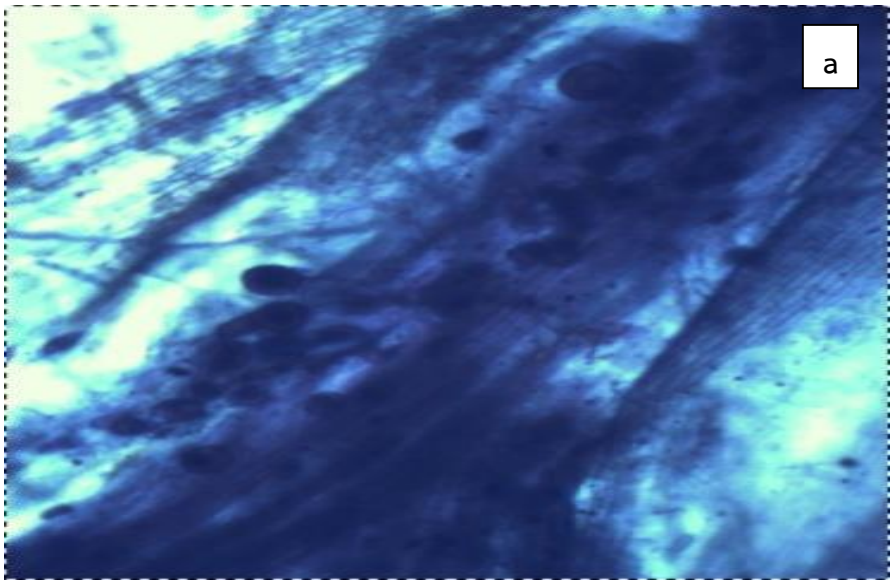
ภาพ 15 ลักษณะของการสร้างสปอร์ในราก (a) และ *Glomus* sp. (b) Bar = 100 micrometers.

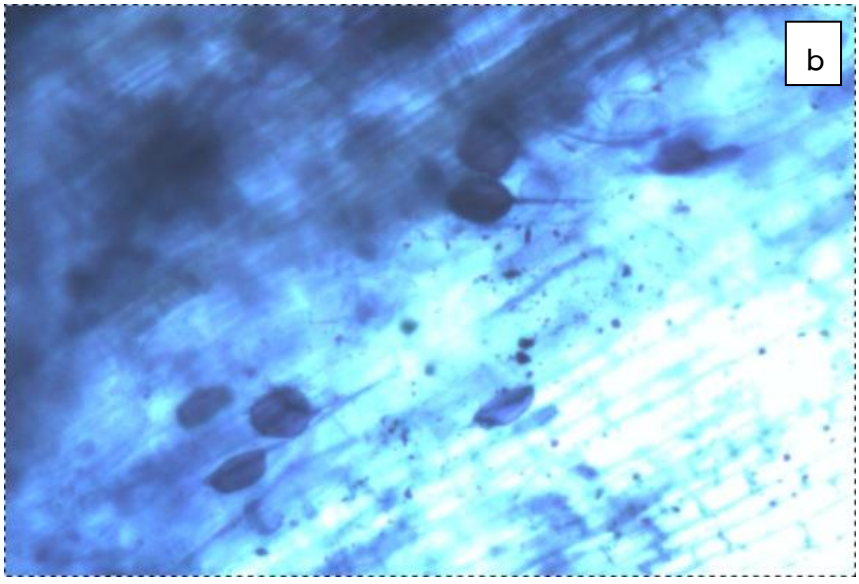


ภาพ 16 ลักษณะของ *Glomus* sp. (a) และ sporocarp (b) Bar = 100 micrometers.

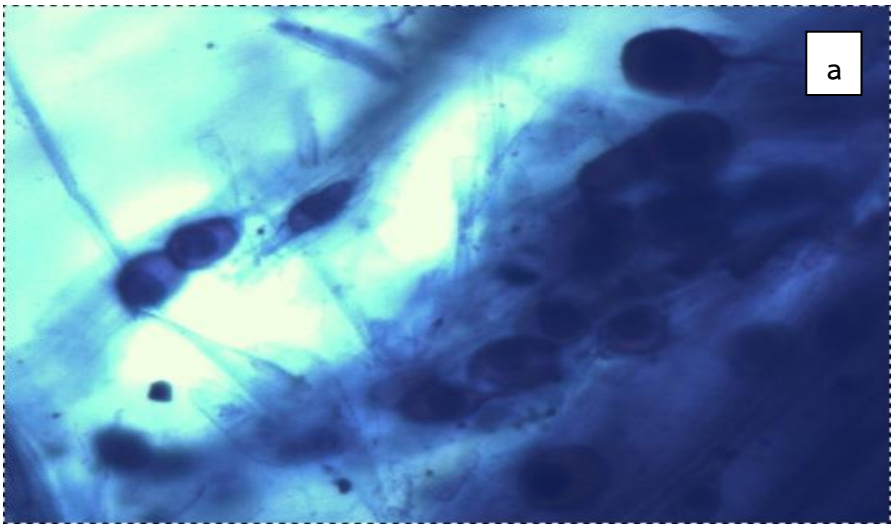


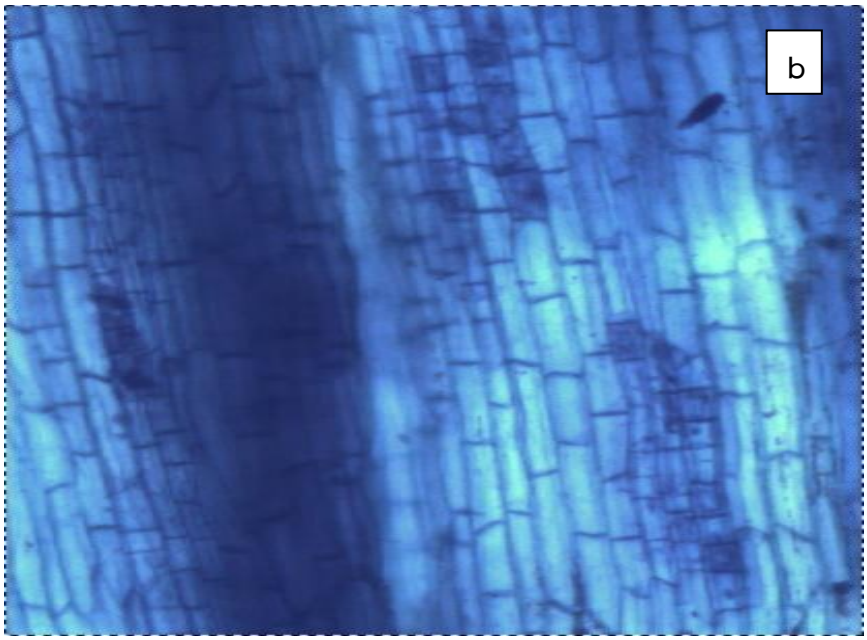
ภาพ 17 ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Glomus* sp.2 (a) และ *Acaulospora* sp. (b)





ภาพ 18 ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Glomus mosseae* (a) และ *Glomus mosseae* (b)





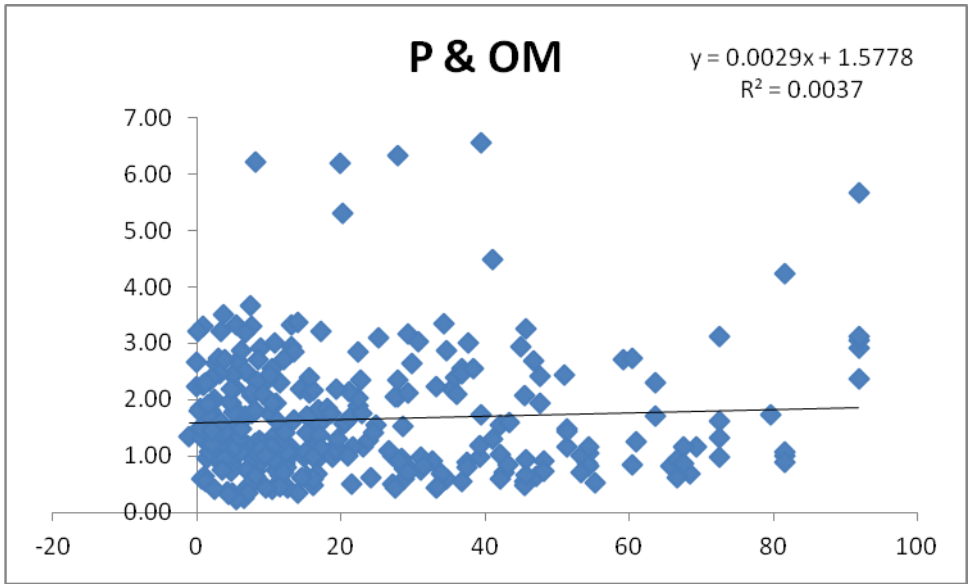
ภาพ 19 ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Scutellospora* sp. (a) และ *Entrophospora* sp. (b)

การทดลองที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ปริมาณฟอสฟอรัสและอินทรียวัตถุในดิน

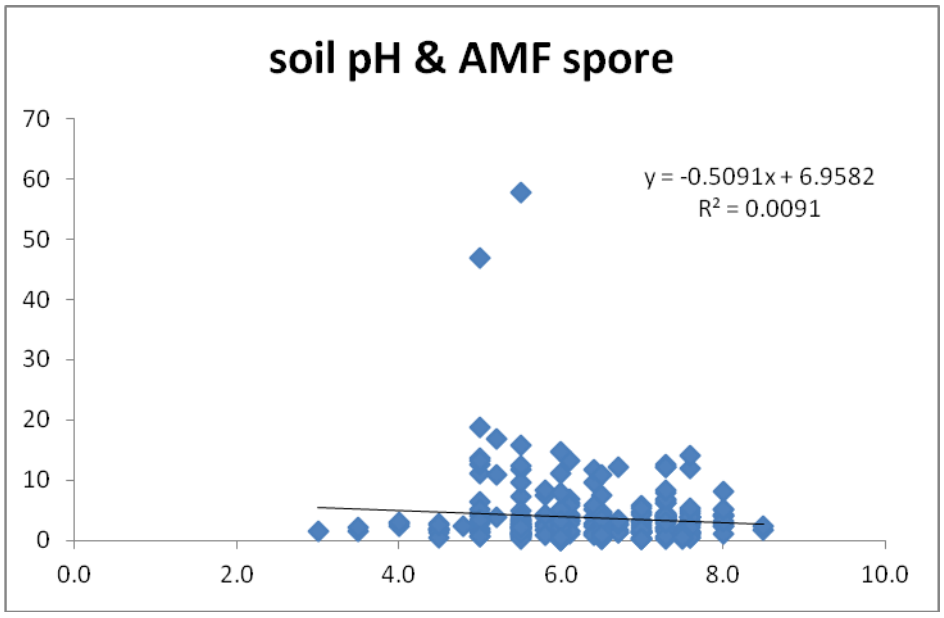
จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและปริมาณฟอสฟอรัสในดิน รวมทั้งปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากตัวอย่างดิน 305 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินแต่อย่างใด (ภาพ 19a) ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยจะไม่มีความสัมพันธ์ กับปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัมของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน แต่พบว่าปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากระจายอยู่มากระหว่าง pH ช่วง 5 – 7.5 (ภาพ 19b) อย่างไรก็ตามมีรายงานผลการวิจัยว่า ค่า pH ของดินมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืช และจำนวนสปอร์ของเชื้อรา Heijne *et al*. (1996) พบว่าที่ pH 4.5-5.5 มีเปอร์เซ็นต์การอยู่อาศัยของเชื้อ *Glomus fasciculatum* ในรากจะเพิ่มขึ้น และพืชสามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ขณะที่ pH 2.5-3.5 พืชที่มีเชื้อราอยู่อาศัยจะสามารถที่เจริญเติบโตได้แต่การเจริญเติบโตจะลดลงอย่างช้าๆ โดยที่พืชที่ไม่มีเชื้อราอยู่อาศัยจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้เลย เช่นเดียวกับ Koolman *et al* (1987) ศึกษาอิทธิพลของหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของ clover และสตรอเบอร์รีที่ระดับ pH 4.8 และ 6.8 พบว่ามีจำนวนสปอร์มากที่สุดที่ pH 4.8 เมื่อใช้หัวเชื้อแบบคละ และเมื่อใช้ *Glomus mosseae* เป็นหัวเชื้อมีจำนวนสปอร์มากที่สุดที่ pH 6.8 แต่มีรายงานว่า pH ไม่มีผลต่อจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ โดย Porter *et al* (1987) พบว่า *Acaulospora laevis* ถูกจำกัดการเจริญเติบโตเมื่อดินมี pH ต่ำ ขณะที่ *Glomus* sp. WUM 3 พบเฉพาะในดินที่มี pH สูงเท่านั้น และ Youpensuk *et al*. (2006) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อข้าวไร่ (upland rice) และปะดะ (*Macaranga denticulate*) ที่ pH 4.5, 5.9 และ 7.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืชทั้ง 2 ชนิดมีมากที่สุดที่ pH 5.9 ซึ่งค่า pH ของดินไม่มีผลต่อความหนาแน่นของสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีพืชทั้ง 2 ชนิดเป็นพืชอาศัย

ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ในเชิงลบกับปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัมของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน ที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ $y = -0.0289x + 2.9658$ $r^2 = 0.015^*$ (ภาพ 20a) และปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยไม่มีความสัมพันธ์ กับปริมาณสปอร์ต่อดิน 100 กรัมของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน (ภาพ 20b) ดังที่ทราบกันดีว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะมีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Gryndler *et al*., 1990) Jasper *et al*.,1979, Bhadalung *et al*.,2005) สมจิตร (2552) พบว่าปริมาณ ฟอสฟอรัสในดินที่บริเวณสวนส้มมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากของส้มเขียวหวานของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญ)$P<0.05$) โดยปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูงทำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากและปริมาณสปอร์ในดินลดลง เนื่องจากปริมาณของ P มีผลต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจาก P เกี่ยวข้องกับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในราก และ root exudate

a

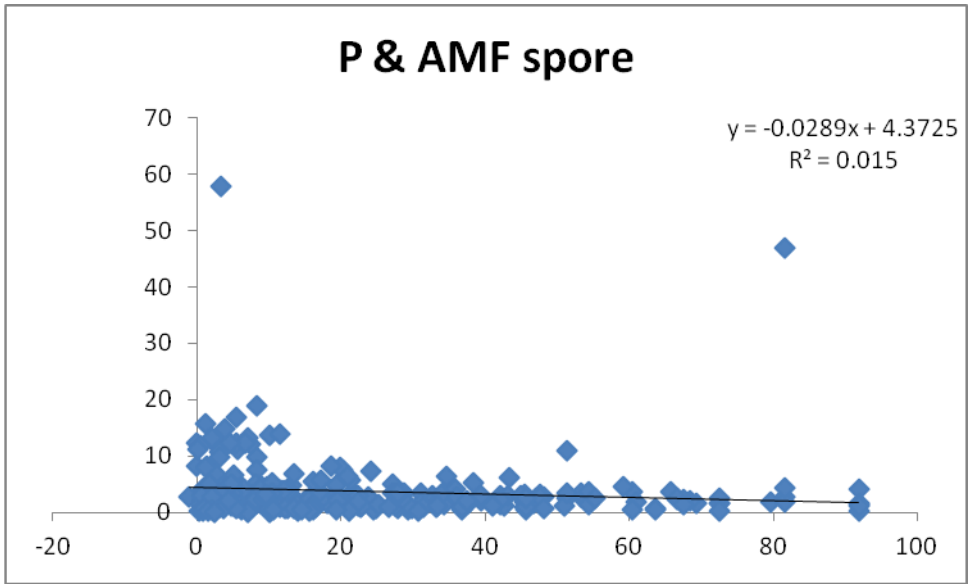


b

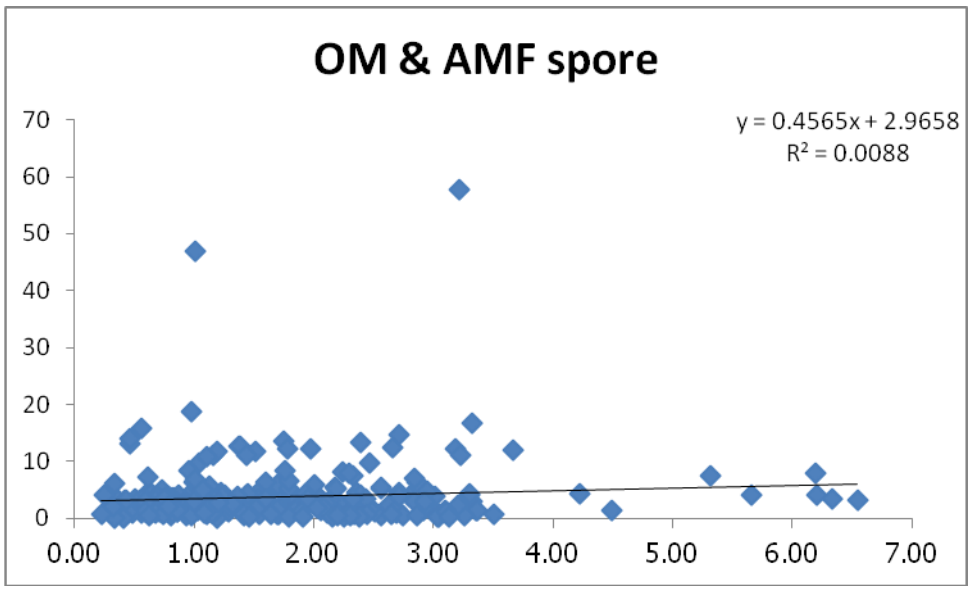


ภาพ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (a) และความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปริมาณสปอร์เชื้อรา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (b)

a



b



ภาพ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินและปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (a) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (b)

การทดลองที่ 3 ความสามารถของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

เนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกร ในสภาพไร่นาได้ จึงได้ทำการศึกษาความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ใช้แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 วิธีการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 2) ใส่เชื้อ *Acaulospora* sp. 3) ใส่เชื้อ *Entrophospora schenkii* 4) ใส่เชื้อ *Glomus mosseae* 5) ใส่เชื้อ *Glomus aggregatum* and 6) ใส่เชื้อ *Scutellospora sp.* จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในกระบะเพาะชำ

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อความสูง ($p> 0.05$) ของกิ่งปักชำมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังการปักชำ (ตาราง 8) และไม่มีผลต่อจำนวนใบ ($p> 0.05$) ของกิ่งปักชำมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, และ 60 วันหลังการปักชำ แต่มีผลทำให้จำนวนใบ ($p< 0.01$) ของกิ่งปักชำมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 45 วันหลังการปักชำ (ตาราง 9) และการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อจำนวนราก ($p> 0.05$) ของกิ่งปักชำมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 60 วันหลังการปักชำ และจากการทดลองพบว่าเชื้อราต่างชนิดกันมีความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลังได้แตกต่างกัน โดยเชื้อ *Glomus mosseae* และ *Glomus aggregatum* มีความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลังมากที่สุด และมีแนวโน้มช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้มันสำปะหลังได้ (ตาราง 8-10) ซึ่งมีรายงานว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตให้แก่มันสำปะหลังได้ ไม่ว่าจะเป็น *Glomus mosseae*, G. *Clarum*, (Ekanayake *et al*., 2004; Fagbola, 1998) *Glomus deserticola* (Atayese *et al.,* 1993) G. *fasiculatum* (Oyetunji, unpublished), G. *aggregatum* (Habte and Byappanahalli, 1994), *Glomus manihotis* ,*Entrophospora colombiana* (Sieverding and Howeler, 1985) *Glomus* sp.2 และ G. *mosseae* (ไพรวัลย์และอัครเดช, 2549) การใส่เชื้อรา *Glomus deserticola* ร่วมกับการใช้พืชคลุมดินช่วยเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังขึ้น 40–278% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ (Okon et al, 2010)

ตาราง 8 ความสูงของมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังปักชำ

Treatment	Height of cassava cutting (cm)		
	30 DAP	45 DAP	60 DAP
1) No inoculation	9.00	17.5	24.5
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	6.67	18.7	21.3
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	9.00	21.0	26.0
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	8.67	29.7	30.7
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	9.33	25.0	29.7
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	7.67	23.7	28.7
F-test	ns	ns	ns
CV(%)	19.9	20.7	17.5

ตาราง 9 จำนวนใบของมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 30, 45 และ 60 วันหลังปักชำ

Treatment	Height of cassava cutting (cm)		
	30 DAP	45 DAP	60 DAP
1) No inoculation	6.50 b	13.5	17.5
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	5.67 b	14.7	20.7
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	5.00 b	14.7	16.0
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	7.33 ab	14.7	19.3
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	9.67 a	17.0	21.3
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	9.00 a	15.0	19.3
F-test	**	ns	ns
CV(%)	17.0	8.21	6.43

In a column, means followed by a different letter are significantly different by $DMRT_{0.05}$

ตาราง 10 จำนวนรากและการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเมื่ออายุ 60 วันหลังปักชำ

Treatment	จำนวนราก (ราก)	การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา(%)
1) No inoculation	18.0	0 c
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	18.0.	19.7 bc
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	22.0	27.0 bc
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	20.7	68.3 a
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	26.7	78.0 a
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	18.3	56.7 ab
F-test	ns	**
CV (%)	5.94	2.99

In a column, means followed by a different letter are significantly different by $DMRT_{0.05}$

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่า

1. ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยมีเนื้อดินตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทราย มีความเป็นกรดจัดจนถึงด่างอ่อน (Soil pH = 4-8) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai P) ต่ำมากถึงสูงมาก (0.06 – 583 mg kg^{-1}) และปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ต่ำมากถึงสูงมาก (0.3-6.2%)

2. ปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา บริเวณรากมันสำปะหลังของประเทศไทย มีปริมาณระหว่าง 0.6 – 15 spores g^{-1} soil และพบเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา บริเวณรากมันสำปะหลังจำนวน 18 ชนิด โดยสามารถเข้าอยู่อาศัยในรากมันสำปะหลังได้ 15 ชนิด โดยพบ Glomus genera และ Acaulospora genera แทบทุกตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงมันสำปะหลัง

3. ความสัมพันธ์แปรผกผันระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

4. เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน มีความสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้แตกต่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Glomus mosseae* และ *Glomusaggregatum*

เอกสารอ้างอิง

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ ชุมพล นาควิโรจน์. 2536. การปรับปรุงดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **สัมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** 13 - 15 มกราคม 2536. ขอนแก่น.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ .2519 **มันสำปะหลัง .**ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .กรุงเทพ ฯ 239 : .หน้า.

ทัศนีย อัตตะนันทน และ จงรักษ จันทรเจริญสุข. 2550. **คูมือปฏิบติการวิเคราะหดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .กรุงเทพ ฯ

พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์, ณัฐวรางค์ สงวนราชทรัพย์ และอมรา จันทนโอ. 2519. **ชนิดและผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด.** รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ไพรวัลย์ ขจรโกวิทย์ และอัครเดช ทรัพย์ปทุมถิ่น. 2549. **ความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง.** ปัญหาพิเศษ. โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 44 หน้า

ปัทมา เหล่านิพนธ์. 2539. ช**นิดการเข้าอยู่อาศัยในรากและผลของเชื้อราเวสสิคูลาอาบัสคูลา- ไมคอไรซา ร่วมกับไรโซเบียมต่อการเจริญของถั่วลิสง** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 128 แผ่น

ภัทรวดี สุ่มทอง. 2543. ผลของเชื้อราเวสสิคูลาร์อาบัสคูลาร์- ไมคอไรซา ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตระดับต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 192 แผ่น

เมธาวีการณ์ พรหมลาและ โสภณ บุญลือ. 2554. ชนิดและผลของเชื้อราอาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย. **ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น "การพัฒนาอนาคตชนบทไทย : ฐานรากที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน"** 27-29 มกราคม 2554

วรรณธิรา รณะบุตร และธีรดา หวังสมบูรณ์ดี. 2554. ผลของราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและอัตราผลผลิตของผักสด. **ว.วิทย์. กษ. 42(2) ฉบับพิเศษ** : 21-24

สายสมร ลำยอง, พิภพ ลำยอง, จำเนียร วงษ์โม้, หนึ่ง เตียอำรุง, อยุธย์ คงปั้น, สุพัตรา ภักดีเจริญ, ปฏิพันท์ นันทขว้าง และ ไปศลิณี จันทิบูลย์. 2554. **การพัฒนาไมคอไรซ่าเพื่อเกษตรอินทรีย์** รายงานการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Avai online at : http://elibraly.trf.or.th/project_content.asp?PJID=DBG4980004

โสภณ บุญลือ 2554 **การกระตุ้นการเจริญของพริกอินทรีย์ และการลดความเป็นโรคทางรากของพริกด้วยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา** Avai online at : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=MRG5080086

สำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2549. **การสำรวจและคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง ปีการผลิต 2549 โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. รายงานการสำรวจ. กรมพัฒนาที่ดิน. 169 หน้า.

สมจิตร อยู่เป็นสุข และเบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2552. **การเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดธาตุอาหารในต้นกล้าส้มเขียวหวาน)Citrus reticulata) ด้วยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา.** รายงานการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Avai online at : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=MRG4880158

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง .2534 .**เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร 209 .กรุงเทพฯ .กระทรวงเกษตรและสหกรณ์หน้า .

อัมพร ยังโหมด. .2537 สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลัง .ใน **มันสำปะหลัง**) สถาบันวิจัยพืชไร่ (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .กรุงเทพ ฯ.205 - 193: .

อรจิรา ทองสุกมาก. 2546. **ผลของเชื้อราเวสสิคูลาร์อาบัสคูลาร์- ไมคอไรซา ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตระดับต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน (Helianthus annuus L.)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 153 แผ่น

Atayese MO, Awotoye OO, Osonubi O, Mulongoy K (1993) Comparisons of the influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the productivity of hedgerow woody legumes and cassava at the top and the base of a hillslope in alley cropping systems. **Biol Fertil Soils 16**:198–204

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci. 59**: 39-45.

Bolan, N. S. 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., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuk. 1996. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture**. ACIAR Monograph 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 374 p.

Daniels, B.A. and H.D. Skipper. 1982. **Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules** from soil, pp. 29-35. *In* N.C. Schenck, ed. Method and Principles of Mycorrhizal Research**.** Amer. Phytopath. Soc., St. Paul, Minnesota, U.S.A.

Ekanayake Indira J., Oyetunji O. Jacob, Osonubio, Lyasse Omar. 2004. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and water stress on leaf chlorophyll production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of food agriculture & environment 2:** 190-196

Fagbola, O., O. Osonubi and K. Mulongoy. 1998. Growth of cassava cultivar TMS 30572 as affected by alley-cropping and mycorrhizal inoculation. **Biol Fertil Soils 27:** 9–14

Gerdeman, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone extractable from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 46: 235-244.

Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice-Hall Inc., USA.

Habte M., M. N. Byappanahalli. 1994. Dependency of cassava (*Manihot esculanta* Crantz) on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza 4**, 241-245

Harley, J. L. and S. E. Smith. 1983. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, New York, USA. 483 p.

MacDicken, K. G. 1993. Research results : **inoculation of forest trees** : the use of rhizobium, frankia and mycorrhiza. Food and Agricultre Organization of the United Nations, Bangkok. 40 p

Marschner, H. and B. Dell, 1994. Nutrient uptake in mycorrhizai symbiosis. **Plant and Soil 159**: 89-102,

Morton, J. B. 1988. Taxonomy of mycorrhizal fungi: classification, nomenclature and identification. **Mycotaxon 32**: 267-324.

Na Bhadalung N., A. Suwanarit, B. Dell, O. Nopamornbodi, A. Thamchaipenet and J. Rungchuang. 2005. Effects of long-term NP-fertilization on abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under a maize cropping system. **Plant and Soil 270:** 371–382

Osonubi, O., M.O. Atayese, K. Mulongoy. 1995. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizai inoculation on nutrient uptake and yield of alley-cropped cassava in a degraded Alfisol of southwestern Nigeria. **Biol Fertil Soils 20**:70-76.

Oyetunji, O.J., I.J. Ekanayake, O. Osonubi and O. **Lyasse. Cassava macro- and micronutrient uptake and partitioning in alley cropping as influenced by *Glomus spp.* in sub-humid tropics and its impact on productivity**. Available online at: www.ciat.cgiar.org/.../sixth_international_meeting/PostersPDF/Oyetunji%20et%20al%20poster%20of%20CBN6.pdf. 10 March 14, 2007.

Porter W. M., A. D. Robson and L. K. Abbott. 1987. Field Survey of the Distribution of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Relation to Soil pH**. Journal of Applied Ecology** 24 (2) (Aug., 1987), pp. 659-662

Schenck, N. C. and Y. Perez. 1988. **Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi.** 2nd ed. Synergistic publications, Gainesville, FL. 241 p.

Schüßler, A., D. Schwarzott and C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota* : phylogeny and evolution. **Mycological Research 105**: 1421-1413.

Sieverding, E. and R. H. Howeler. 1985. Influence of species of VA mycorrhizal fungi on cassava yield response to phosphorus fertilization. **Plant and Soil 88**, 213-221

Sieverding E, Toro T.S. 1988. Influence of soil water regimes on VA mycorrhiza. V. Performance of different VAM fungal species with cassava. **J Agron Crop Sci 161**:322–332

Sieverding, E. 1991. **Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems.** Technical Coorperation, Federral Republic of Germany, Germany. 372 p.

Schenck N. C. and Perez Y. 1988. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. 2*nd* ed. Synergistic publications, Gainesville, FL. 241 pp.

SU Feng-xiu et. Al,. 2008. Investigation on AMF Spore Diversity in Main Cassava Producing Area of Guangxi Autonomous Region. **Journal of Anhui Agricultural Sciences** 2008-34

Walker, C. and A. Schüßler. 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the *Glomeromycota*. **Mycological Research 108**: 981-982.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci. 37**: 29-37.

Watanabe, F.S., andS.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus inwater and $NaHCO_3$ extracts from soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 29:677-678.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 บริเวณเก็บตัวอย่างดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ค่า pH ของดิน ปริมาณ P ในดินปริมาณ OM และปริมาณสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
1	ต.ช้างทอง อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครราชสีมา	6.0	47.06	0.64	2.6
2	อ. จักราช (ติด ต.ช้างทอง) จ.นครราชสีมา	6.5	54.26	0.86	1.8
3	อ. จักราช (ติด ต.ช้างทอง) จ.นครราชสีมา	6.0	60.39	0.83	3.6
4	อ. จักราช (ติด ต.ช้างทอง) จ.นครราชสีมา	6.0	65.84	0.81	3.6
5	บ้านโนนรัง ต.งิ้ว อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	7.0	54.47	1.04	2.2
6	บ้านโนนรัง ต.งิ้ว อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	6.5	51.40	1.15	2.6
7	บ้านหลุ่งตะเคียน อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	6.5	16.67	1.07	3.4
8	บ้านหลุ่งตะเคียน อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	8.0	8.21	0.73	2.4
9	บ้านหลุ่งตะเคียน อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	6.5	21.47	0.49	2
10	ต.รังหาใหญ่ อ.พิมาย จ.นครราชสีมา	7.0	32.67	0.92	3
11	บ้านดงเจริญ ต.ดงเจริญ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	6.0	23.08	1.16	1.8
12	ต.ดงเจริญ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	5.5	27.91	0.93	2
13	ต.ดงเจริญ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	5.0	28.38	0.96	3
14	ต.ดงเจริญ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	6.5	72.58	1.61	1.6
15	ต.ดงเจริญ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	6.5	35.28	2.19	2.4
16	ต.ทุ่งมน อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร	5.0	39.38	1.72	2
17	บ้านป่าไร่ ต.ป่าไร่ อ.ดอนตาล จ.มุกดาหาร	5.5	24.17	0.61	7.2
18	บ้านาทาม ต.ป่าไร่ อ.ดอนตาล จ.มุกดาหาร	5.0	8.27	0.98	18.8
19	บ้านาทาม ต.ป่าไร่ อ.ดอนตาล จ.มุกดาหาร	5.0	5.74	1.16	11.1
20	บ.ห้วยทราย-นาทาม ต.ป่าไร่ อ.ดอนตาล จ.มุกดาหาร	5.0	1.55	1.63	4.4
21	บ้านย้อมพัฒนา ต.ชะโนดน้อย อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	5.5	27.10	1.01	5
22	ต.หนองแคน อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	5.5	6.68	1.70	0.6
23	ต.หนองแคน อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	5.5	4.11	1.19	11.8
24	ต.หนองแคน อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	5.5	8.89	0.89	2.9
25	บ้านดงมอน ต.ดงมอน อ.เมือง จ.มุกดาหาร	5.0	81.57	1.01	46.9
26	ต.อุ่มเหม้า อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	6.5	4.97	1.17	2.2
27	ต.อุ่มเหม้า อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	6.0	7.82	0.96	2
28	บ้านหนองแคน ต.หนองแคน อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	4.5	7.71	1.75	1.8
29	ต.พังแดง อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	6.0	12.35	0.93	2
30	ต.พังแดง อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	5.5	2.51	1.24	2.2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
31	ต.กกตูม อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	4.5	20.47	1.58	2
32	บ้านกกตูม ต.กกตูม อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร	7.0	17.11	1.56	3.2
33	ต.จันทร์เพ็ญ อ.เต่างอย จ.สกลนคร	5.0	6.96	0.75	1.5
34	ต.จันทร์เพ็ญ อ.เต่างอย จ.สกลนคร	5.5	8.27	1.04	9.7
35	ต.หลุบเลา อ.ภูพาน จ.สกลนคร	6.5	5.95	1.72	4.7
36	ต.หลุบเลา อ.ภูพาน จ.สกลนคร	5.0	4.18	1.37	12.6
37	อ.สมเด็จ จ.สกลนคร	6.5	28.86	0.78	1.6
38	ต.ผาเสวย อ.สมเด็จ จ.สกลนคร	6.5	37.53	0.90	1.6
39	บ้านคำเม็ก ต.ไผ่ อ.เมือง จ.กาฬสินธ์	6.0	12.54	0.43	3
40	ต. โพนทอง อ.เมือง จ.กาฬสินธ์	6.0	34.59	0.59	4
41	รอยต่อ อ.เมือง-อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	6.4	11.60	0.66	3.93
42	ต.วังใหม่ อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	7.3	1.04	0.65	4.25
43	บ้านหนองน้ำใส ต.กุดรัง กิ่ง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม	7.3	28.86	0.59	3.39
44	กิ่ง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม	7.6	39.20	0.98	3.07
45	บ้านหินตั้ง ต.หินตั้ง อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	7.6	31.04	0.75	3.32
46	ต.หนองน้ำใส อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	6.1	27.10	0.51	3.45
47	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	7.0	53.25	1.00	2.63
48	อ.เทพารักษ์ จ.นครราชสีมา	7.6	16.91	0.95	3.76
49	โรงเรียนโป่งเพชร อ. หนองบุญมาก จ.นครราชสีมา	5.8	3.94	1.43	4.16
50	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	5.2	16.91	1.83	3.76
51	อ. หนองบุญมาก จ.นครราชสีมา	6.5	5.22	2.43	1.2
52	ต.หนองโบสถ์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	4.0	11.60	0.74	2.4
53	อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	4.5	1.04	1.35	2.8
54	อ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	4.5	4.72	1.93	2
55	ต.โนนสุวรรณ อ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	6.5	29.36	3.17	1.4
56	ต.โนนสุวรรณ อ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	6.5	16.57	1.19	1
57	ต.ดงอีจาน อ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	5.5	7.71	2.07	2.2
58	ต.โคกมะม่วง อ.ปะคำ จ.บุรีรัมย์	7.0	41.06	4.49	1.4
59	ต.โคกมะม่วง อ.ปะคำ จ.บุรีรัมย์	5.0	91.91	5.66	4.12
60	ต.ละหานทราย อ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	6.5	37.69	3.00	1.6
61	ต.ตาจง อ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	6.5	8.64	1.28	2.2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
62	ต.หนองไม้งาม อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์	6.0	42.06	1.03	1.4
63	บ้านโคกสูง ต.บักได กิ่ง อ.พนมดงรัก จ. สุรินทร์	6.0	4.84	0.73	5
64	ตลาดช่องจอม อ.กาบเชิง จ.สุรินทร์	6.0	8.89	1.10	1.6
65	ต.เทพรักษา อ.บัวเชด จ.สุรินทร์	6.0	4.20	0.37	3.2
66	ต.บัวเชด อ.บัวเชด จ.สุรินทร์	6.5	6.82	1.21	1
67	ต.ไพรพัฒนา อ.ภูสิงห์ จ.ศรีสะเกษ	6.5	6.00	1.60	1.8
68	ต.ดงรัก อ.ภูสิงห์ จ.ศรีสะเกษ	5.5	10.50	1.32	2.4
69	ต.ปรือใหญ่ อ.ขุขันธ์ จ.ศรีสะเกษ	6.0	11.97	1.48	1.2
70	ต.บักดอง อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ	4.5	20.53	1.60	1.8
71	ต.บักดอง อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ	7.0	51.05	2.44	1.2
72	ต.ละลาย อ.กันทรลักษณ์ จ.ศรีสะเกษ	5.5	5.74	2.69	1
73	ต.โซ้ง อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี	6.5	60.98	1.25	1.8
74	ต.โซ้ง อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี	4.0	13.13	1.14	2.8
75	ต.ศรีวิเชียร อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี	5.5	7.10	1.19	2
76	ต.ปุเปือย อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี	6.0	18.63	1.09	2.6
77	ต.แก้ง อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี	5.5	14.86	0.98	1.8
78	ต.ตระกาฬ อ.กันทรลักษณ์ จ.ศรีสะเกษ	6.5	15.17	1.06	2
79	บ้านหนองตะโกวา อ.เมือง จ.ชัยภูมิ	5.5	15.26	0.64	2.2
80	บ้านหนองตะโกวา อ.เมือง จ.ชัยภูมิ	8.0	23.80	1.27	2.8
81	ต.ตลาดแร้ง อ.บ้านเขว้า จ.ชัยภูมิ	6.4	48.19	0.91	2.79
82	ต.หนองบังระเหว อ.หนองบัวระเหว จ.ชัยภูมิ	7.3	66.66	0.94	2.22
83	ต.หนองบัวบาน อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ	5.8	12.39	1.06	3.9
84	ต.บ้านตาล อ.บำเหน็จณรงค์ จ.ชัยภูมิ	6.4	42.06	1.54	2.33
85	ต.โคกเริงรมย์ อ.บำเหน็จณรงค์ จ.ชัยภูมิ	4.5	55.33	0.53	2.57
86	ต.ห้วยยายจิ๋ว อ.เทพสถิต จ.ชัยภูมิ	7.3	81.57	0.88	1.76
87	ต.วะตะแบก อ.เทพสถิต จ.ชัยภูมิ	7.6	19.30	1.09	4.87
88	ต.ตะเคียน อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	5.8	8.12	0.64	2.38
89	ต.หินดาด อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	7.3	43.35	1.59	6.23
90	ต.ห้วยบง1 อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	7.3	12.01	0.70	1.58
91	ต.ห้วยบง2 อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	7.6	11.79	1.23	3.92
92	ต.โคกใหญ่ อ.ท่าลี่ จ.เลย	7.3	18.63	1.76	8.3

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
93	อ.ท่าลี่1 จ.เลย	7.3	6.76	3.18	12.2
94	อ.ท่าลี่2 จ.เลย	6.7	22.94	1.74	1.2
95	อ.เมือง1 จ.เลย	6.7	4.97	2.44	3.5
96	อ.เมือง2 จ.เลย	6.7	44.98	2.93	2.89
97	อ.เมือง3 จ.เลย	6.7	4.67	1.97	12.25
98	ต.นาแขม อ.เมือง จ.เลย	6.7	1.76	2.32	3.3
99	ต.จอมศรี1 อ.เชียงคาน จ.เลย	6.4	3.27	2.46	9.7
100	ต.จอมศรี2 อ.เชียงคาน จ.เลย	6.4	0.54	1.51	11.76
101	อ.วังสะพุง จ.เลย	7.6	11.60	0.46	14
102	กิ่ง อ.เอราวัณ จ.เลย	7.6	10.54	2.56	5.35
103	ต.หนองใหญ่ อ.โพนทอง จ.ร้อยเอ็ด	6.0	72.58	0.99	1.7
104	ต.หนองใหญ่ อ.โพนทอง จ.ร้อยเอ็ด	6.0	36.74	0.56	0.85
105	ต.หนองใหญ่ อ.โพนทอง จ.ร้อยเอ็ด	5.5	33.28	0.43	1
106	ต.ชานุมาน อ.ชานุมาน จ.อำนาจเจริญ	5.5	31.49	0.81	0.85
107	ต.คำเขื่อนแก้ว อ.ชานุมาน จ.อำนาจเจริญ	7.0	60.39	2.74	0.5
108	ต.คำเขื่อนแก้ว อ.ชานุมาน จ.อำนาจเจริญ	5.5	67.52	1.15	2.3
109	ต.ศรสวัสดิ์ อ.ชานุมาน จ.อำนาจเจริญ	6.0	66.66	0.61	2.4
110	ต.คำป่าหลาย อ.เมือง จ.มุกดาหาร	6.0	0.72	0.59	3
111	ต.ไชยบุรี อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม	5.5	3.29	3.21	57.8
112	ต.ไผ่ล้อม อ.บ้านแพง จ.นครพนม	5.5	4.47	0.94	2.75
113	บ้านเทพมงคล ต.เซกา อ.เซกา จ.หนองคาย	6.0	3.87	2.71	14.7
114	ต.เซกา-ติดอ.บึงโขงหลง อ.เซกา จ.หนองคาย	6.0	0.16	3.22	11.15
115	ต.เซกา อ.เซกา จ.หนองคาย	6.0	4.74	2.19	5.1
116	ต.บึงโขงหลง อ.เซกา จ.หนองคาย	6.0	1.78	1.69	1.5
117	บ้านดงชมพู ต.โพธิ์หมากแข้ง อ.เซกา จ.หนองคาย	5.0	1.76	1.08	5.05
118	ต.โคกกว้าง อ.บุ่งคล้า จ.หนองคาย	5.0	2.07	2.39	13.3
119	ต.โคกกว้าง อ.บุ่งคล้า จ.หนองคาย	5.0	10.47	1.95	3.35
120	มทส. อ.เมือง จ.นครราชสีมา	6.0	45.48	0.48	1
121	มทส. อ.เมือง จ.นครราชสีมา	6.5	45.73	0.67	0.9
122	อ.เมือง (ริมทาง 304) จ.นครราชสีมา	6.5	45.73	0.94	2.4
123	ต.วังน้ำเขียว อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	6.5	10.13	2.45	0.6

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
124	ต.วังน้ำเขียว อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	6.5	51.40	1.44	11
125	ต.ปอแดง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	6.5	16.18	0.59	1.05
126	ปั๊ม Pure อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	6.5	3.96	0.96	1.65
127	อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	5.5	10.71	0.93	0.4
128	อ.เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น	5.5	33.41	0.45	1.05
129	บ้านโนนหยาดน้ำเกลี้ยง อ.โนนสะอาด จ.อุดรธานี	5.5	13.95	0.33	0.25
130	อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี	6.5	16.18	0.98	0.4
131	ต.เชียงยืน อ.เมือง จ.อุดรธานี	5.5	67.52	0.86	1.4
132	ต.กุดจับ อ.กุดจับ จ.อุดรธานี	5.5	1.30	0.56	15.8
133	ต.ตาลเลียน อ.กุดจับ จ.อุดรธานี	6.5	3.54	0.75	3.5
134	ต.วังผึ้ง อ.สุวรรณคูหา จ.หนองบัวลำภู	6.0	72.58	1.32	2.45
135	บ้านวังหินซา ต.ดงมะไฟ อ.สุวรรณคูหา จ.หนองบัวลำภู	6.0	0.35	1.79	0.25
136	บ้านวังหินซา ต.ดงมะไฟ อ.สุวรรณคูหา จ.หนองบัวลำภู	6.5	6.27	2.87	0.55
137	บ้านดงมะไฟ ต.ดงมะไฟ อ.สุวรรณคูหา จ.หนองบัวลำภู	6.5	3.77	3.51	0.65
138	บ้านท่าลี่ ต.บ้านหยวก อ.น้ำโสม จ.อุดรธานี	6.5	0.94	2.25	0.2
139	บ้านจำปาทอง ต.บ้านหยวก อ.น้ำโสม จ.อุดรธานี	6.5	1.10	2.29	0.75
140	ต.ศรีสำราญ อ.น้ำโสม จ.อุดรธานี	5.5	3.29	1.60	3.4
141	ต.โสมเยี่ยม อ.น้ำโสม จ.อุดรธานี	5.5	2.18	1.20	2.65
142	ต.หนองแวง อ.น้ำโสม จ.อุดรธานี	6.0	1.14	2.29	7.95
143	ต.นายูง อ.นายูง จ.อุดรธานี	6.5	2.14	1.46	0.35
144	ต.นายูง อ.นายูง จ.อุดรธานี	6.5	13.46	1.64	0.75
145	ต.แก้งไก่ อ.สังคม จ.หนองคาย	6.5	1.57	1.91	0.25
146	ต.ผาตั้ง อ.สังคม จ.หนองคาย	6.5	29.87	2.65	0.8
147	ต.ท่ายาง อ.กระนวน จ.ขอนแก่น	5.0	48.19	0.74	0.6
148	อ.กระนวน จ.ขอนแก่น	6.0	2.51	0.41	0.1
149	ต.ท่าคันโท อ.ท่าคันโท จ.กาฬสินธุ์	5.5	9.53	1.00	2.85
150	บ้านหนองแซง ต.นาตาล อ.ท่าคันโท จ.กาฬสินธุ์	6.0	7.10	0.33	0.05
151	บ้านห้วยยางดง ต.โคกเครือ อ.หนองกุงศรี จ.กาฬสินธุ์	5.0	5.42	0.22	0.75
152	บ้านห้วยยางดง ต.โคกเครือ อ.หนองกุงศรี จ.กาฬสินธุ์	7.0	25.17	3.09	1.4
153	บ้านห้วยหา ต.คำใหญ่ อ.หนองกุงศรี จ.กาฬสินธุ์	6.5	26.57	1.09	0.85
154	อ.ห้วยเม็ก จ.กาฬสินธุ์	6.0	37.53	0.79	2.1

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
155	บ้านแกเหนือ ต.อีตื้อ อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์	5.5	4.47	0.33	2.1
156	ออกจากเขื่อนลำปาว อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์	6.0	9.56	0.43	3.15
157	อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา	7.0	72.58	3.13	0.25

ตารางผนวกที่ 2 บริเวณเก็บตัวอย่างดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ค่า pH ของดิน ปริมาณ P ในดินปริมาณ OM และปริมาณสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม ในภาคกลาง

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
1	ต.กะบกเตี้ย กิ่ง อ.เนินขาม จ.ชัยนาท	7.3	3.40	0.86	4.18
2	ต.กะบกเตี้ย กิ่ง อ.เนินขาม จ.ชัยนาท	7.3	16.67	0.69	3.77
3	ต.ลำสนธิ อ.ลำสนธิ จ.ลพบุรี	7.6	11.06	1.92	3.94
4	ต.หนองรี อ.ลำสนธิ จ.ลพบุรี	7.6	12.74	2.80	3.89
5	ต.นาโสม อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	7.6	7.39	3.66	12
6	ต.หนองยายโต๊ะ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	7.6	0.56	1.84	1.46
7	ต.ชัยบาดาล อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	7.6	59.25	2.71	4.46
8	ต.ชัยบาดาล อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	7.6	27.91	2.34	0.8
9	ต.โคกสูง อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	8.0	15.62	2.11	2.29
10	ต.พัฒนานิคม1 อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	8.0	22.39	1.90	1.06
11	ต.พัฒนานิคม2 อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	7.6	29.36	2.11	1
12	ต.พัฒนานิคม3 อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	7.3	47.61	2.42	2.81
13	บ้านทุ่งดินแดน ต.หัวลำ อ.ท่าหลวง จ.ลพบุรี	7.3	5.22	1.79	6.64
14	ต.ห้วยขุนราม อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	6.1	22.39	2.84	2.9
15	ต.ซับสนุ่น อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	6.1	36.74	2.46	1.53
16	ต.วังม่วง อ.วังม่วง จ.สระบุรี	7.6	45.73	3.25	0.53
17	ต.หนองย่างเสือ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	7.6	9.24	2.09	2.23
18	ต.ชอนสารเดช อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี	7.0	12.01	2.71	3.91
19	อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี	6.0	36.14	2.10	2.8
20	ต.โคกเจริญ1 อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี	8.0	38.35	2.56	5.2
21	ต.วังทอง อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี	8.5	45.48	2.08	1.8
22	ต.โคกเจริญ2 อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี	8.5	17.16	3.21	2.32
23	ต.ตะคร้อ อ.ไพศาลี จ.ลพบุรี	7.0	81.57	4.23	4.25
24	ต.ไพศาลี อ.ไพศาลี จ.ลพบุรี	6.0	19.58	1.30	2.15
25	อ.หนองบัว1 จ.ลพบุรี	6.0	4.72	0.86	1.1
26	อ.หนองบัว2 จ.ลพบุรี	6.5	10.20	1.14	4.2
27	ต.นิคมลำนารายณ์ อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	7.0	22.39	2.03	1.75

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
28	อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	7.5	15.67	2.38	0.25
29	ต.พุคำจาน จ.สระบุรี	7.5	19.30	2.19	0.5

ตารางผนวกที่ 3 บริเวณเก็บตัวอย่างดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ค่า pH ของดิน ปริมาณ P ในดินปริมาณ OM และปริมาณสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม ในภาคเหนือ

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
1	อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	6.4	5.74	1.57	5.11
2	ต.ทับหลวง อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	7.6	42.06	0.59	2.98
3	ต.ทับหลวง อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	7.3	6.00	1.07	4.1
4	ต.หูช้าง อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	7.3	68.42	0.69	2.16
5	ต.ลานสัก1 อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	7.6	43.13	0.85	2.95
6	ต.ลานสัก2 อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	7.6	12.35	0.79	3.9
7	ต.ลานสัก3 อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	7.3	21.73	1.15	3.61
8	ต.น้ำรอบ อ.ลานสัก จ.อุทัยธานี	7.6	39.20	1.18	3.07
9	ต.ชุมตาบง อ.ชุมตาบง จ.นครสวรรค์	7.3	28.67	1.54	3.4
10	ต.ชุมตาบง2 อ.ชุมตาบง จ.นครสวรรค์	7.6	81.57	1.07	2.76
11	ต.ปางสวรรค์ อ.ชุมตาบง จ.นครสวรรค์	7.0	21.40	1.69	5.8
12	ต.แม่วงค์ อ.แม่วงค์ จ.นครสวรรค์	6.1	2.62	1.27	3.2
13	ต.แม่วงค์2 อ.แม่วงค์ จ.นครสวรรค์	6.1	1.97	1.81	4.22
14	ต.เขาชนกัน อ.แม่วงค์ จ.นครสวรรค์	6.1	8.61	1.25	4.02
15	ต.ปางมะค่า1 อ.ขาณุวรลักษณบุรี จ.กำแพงเพชร	7.3	8.58	2.71	4.02
16	ต.ปางมะค่า2 อ.ขาณุวรลักษณบุรี จ.กำแพงเพชร	7.3	3.08	2.72	4
17	ต.ปางมะค่า3 อ.ขาณุวรลักษณบุรี จ.กำแพงเพชร	7.3	2.35	1.38	12.6
18	ต.หินดาต อ.ปางศิลา จ.กำแพงเพชร	6.4	2.40	2.01	5.8
19	อ.ปางศิลาทอง จ.กำแพงเพชร	6.4	14.38	2.19	1.15
20	อ.คลองลาน1 จ.กำแพงเพชร	7.6	29.36	0.80	0.5
21	อ.คลองลาน2 จ.กำแพงเพชร	7.0	8.55	0.56	3.25
22	อ.คลองลาน3 จ.กำแพงเพชร	7.0	46.78	2.69	1.6
23	ต.คลองแม่ลาย อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	6.7	28.00	0.91	2.67
24	กิ่ง อ.โกสัมพีนคร จ.กำแพงเพชร	7.3	15.30	1.42	2.02
25	ต.เพชรชมพู อ.โกสัมพีนคร จ.กำแพงเพชร	5.8	6.13	1.47	2.8
26	ต.เชียงทอง กิ่ง อ.วังเจ้า จ.ตาก	6.7	11.17	1.62	1.8
27	กิ่ง อ.วังเจ้า จ.ตาก	7.3	27.45	2.06	3.34

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
28	อ.สามเงา จ.ตาก	7.3	91.91	3.05	0.25
29	อ.สามเงา จ.ตาก	7.3	24.55	1.42	0.5
30	ต.ศรีเมืองชุม อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	5.5	8.21	6.21	4
31	ต.ศรีดอนมูล อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	6.1	6.76	2.51	1.1
32	ต.หนองป่าก่อ อ.ดอยหลวง จ.เชียงราย	5.8	20.17	5.32	7.45
33	ต.ท่าข้าวเปลือก อ.แม่จัน จ.เชียงราย	6.7	34.32	3.35	1.4
34	ต.หนองป่าก่อ2 อ.ดอยหลวง จ.เชียงราย	5.2	5.53	3.32	16.8
35	ต.หนองป่าก่อ3 อ.ดอยหลวง จ.เชียงราย	7.6	14.00	3.37	1.4
36	กิ่ง อ.เวียงเชียงรุ้ง จ.เชียงราย	4.8	8.22	1.24	2.32
37	ต.เขาทราย ต.ทับคล้อ จ.พิจิตร	6.0	4.97	1.12	4.85
38	อ.วังทอง จ.พิษณุโลก	6.0	10.20	1.19	0.1
39	อ.วัดโบสถ์1 จ.พิษณุโลก	5.5	17.11	1.36	3.75
40	อ.วัดโบสถ์2 จ.พิษณุโลก	5.8	10.54	1.16	0.9
41	ต.บ้านยาง อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก	7.3	12.33	1.42	0.65
42	ต.หินลาด อ.วัดโบสถ์ จ.พิษณุโลก	7.0	16.14	2.17	5.4
43	ต.ทองแสนขัน อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์	7.3	8.89	1.13	4.01
44	ต.ทองแสนขัน อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์	6.1	7.04	0.46	13.2
45	ต.แม่ป้าก อ.วังชิ้น จ.แพร่	5.8	0.84	3.30	4.2
46	อ.เด่นชัย จ.แพร่	7.3	39.38	6.55	3.07
47	อ.ทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์	6.1	21.02	1.00	6.3
48	อ.ตรอน จ.อุตรดิตถ์	6.1	17.21	1.13	5.7
49	อ.พิชัย จ.อุตรดิตถ์	6.4	3.17	1.15	0.97
50	ต.บ้านดง อ.ชาติตระการ จ.พิษณุโลก	5.2	3.17	1.11	10.82
51	อ.ชาติตระการ จ.พิษณุโลก	7.3	2.73	1.01	6.76
52	อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	7.0	30.72	3.03	0.3
53	ต.คลองกระจัง อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์	7.0	21.09	2.15	0.25

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
54	ต.ศรีเทพ อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์	6.0	14.64	0.62	0.45
55	อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์	7.5	63.60	2.31	0.5
56	ต.สระประดู่ อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	7.5	91.91	3.11	1.05

ตารางผนวกที่ 4 บริเวณเก็บตัวอย่างดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ค่า pH ของดิน ปริมาณ P ในดินปริมาณ OM และปริมาณสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม ในภาคตะวันออก

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
1	อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี	6.5	12.54	1.07	1.6
2	ต.ท่าบุญมี อ.เกาะจันทร์ จ.ชลบุรี	6.0	0.74	1.32	2
3	อ.พนัสนิคม จ. ชลบุรี	6.5	79.72	1.74	1.8
4	อ.บ้านบึง จ. ชลบุรี	6.5	12.16	0.86	1.2
5	อ.ศรีราชา จ. ชลบุรี	3.5	69.38	1.17	1.6
6	ไร่สองพี่น้อง อ.ศรีราชา จ. ชลบุรี	4.5	54.47	0.83	1.4
7	อ.บางละมุง จ. ชลบุรี	6.5	53.25	0.71	3.4
8	อ.นิคมพัฒนา จ. ชลบุรี	6.5	12.66	1.11	0.8
9	อ.นิคมพัฒนา จ. ชลบุรี	5.5	42.70	0.71	1.2
10	อ.บ้านฉาง จ. ระยอง	5.5	45.48	0.54	3.2
11	หาดพะยูน อ.บ้านฉาง จ. ระยอง	6.5	51.40	1.49	3.4
12	เทศบาลมาบตาพุด อ.มาบตาพุด จ.ระยอง	6.5	18.79	0.98	2.2
13	ทางไปแก่งหางแมว ต.กองดิน อ.แกลง จ.ระยอง	4.5	36.74	2.56	0.4
14	อ.แก่งหางแมว จ.จันทบุรี	5.5	18.20	1.83	1.6
15	อ.แก่งหางแมว จ.จันทบุรี	5.5	22.73	2.36	1
16	อ.สอยดาว จ.จันทบุรี	3.0	8.27	2.32	1.6
17	อ.สอยดาว จ.จันทบุรี	7.3	10.82	3.01	3.95
18	ต.ทุ่งขนาน อ.สอบดาว จ.จันทบุรี	7.5	11.60	2.29	1
19	ต.คลองหาด อ.คลองหาด จ.สระแก้ว	7.0	27.91	2.06	1.36
20	ต.คลองหาด อ.คลองหาด จ.สระแก้ว	5.5	0.00	2.66	12.4
21	ต.ทับพริก อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว	6.5	91.91	2.37	1.6
22	ต.ทับพริก อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว	6.5	91.91	2.92	1.48
23	กิ่ง อ.วังสมบูรณ์ จ.สระแก้ว	7.5	8.86	2.92	1.76
24	ต.คลองวังใหม่ อ.วังสมบูรณ์ จ.สระแก้ว	7.0	33.16	2.23	1.55
25	อ.วังสมบูรณ์ จ.สระแก้ว	6.5	9.70	2.36	4.6
26	อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว	3.5	2.57	2.63	2.17
27	อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา	4.0	13.13	3.32	2.98

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
28	อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา	6.5	8.30	2.32	7.56
29	ต.ลานกระทิง อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา	5.5	47.61	1.93	3.29
30	ต.ลานกระทิง อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา	5.0	10.20	1.75	13.6
31	อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา	5.0	15.26	1.70	1.2
32	อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา	5.5	63.60	1.70	0.8
33	อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	5.0	5.35	2.21	2.8
34	อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	5.0	34.59	2.87	6.32
35	ริมทาง 304 อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	5.5	24.94	1.54	0.6
36	อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	5.5	5.68	1.28	1.4
37	บ้านโคกกระท้อน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	7.0	13.17	2.95	4.68
38	บ้านหนองบุญเกิด อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	8.0	35.85	2.39	4.17

ตารางผนวกที่ 5 บริเวณเก็บตัวอย่างดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ค่า pH ของดิน ปริมาณ P ในดินปริมาณ OM และปริมาณสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม ในภาคตะวันตก

	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน	soil pH	P (mg g-1)	OM (%)	Spore g^{-1} soil
1	อ.ดอนเจดีย์ จ.สุพรรณบุรี	7.3	19.30	1.14	3.69
2	ต.วังคัน อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี	7.3	54.47	1.16	3.6
3	ต.เขาปัน1 อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	7.6	27.45	0.43	1.23
4	ต.เขาปัน2 อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	7.6	29.36	0.70	1.35
5	ต.บ้านป่ารกชัฏ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	7.6	7.53	0.51	2.68
6	ต.รางบัว อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	8.0	0.98	1.45	4.25
7	ต.เบิกไพร อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	7.3	33.92	0.67	3.23
8	ต.แก้มอ้น1 อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	6.4	41.06	1.29	1.22
9	ต.แก้มอ้น2 อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	6.5	11.06	0.76	3.6
10	ต.แก้มอ้น3 อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	7.3	5.00	0.33	6.18
11	ต.ด่านมะขามเตี้ย อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี	7.3	2.18	1.93	4.22
12	ต.ในเมือง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	8.0	7.68	3.30	4.05
13	ต.วังด้ง1 อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	8.0	8.24	1.79	5.12
14	ต.วังด้ง2 อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	8.0	7.68	2.13	3.2
15	ต.วังด้ง3 อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	8.0	0.05	2.24	8.1
16	ต.สิงห์1 อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	7.3	5.50	1.78	12.2
17	ต.สิงห์2 อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	6.1	13.54	2.84	6.9
18	บ้านงูหนอน ต.ศรีมงคล อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	7.3	19.93	6.19	7.9
19	บ้านงูหนอน ต.ศรีมงคล อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	7.3	27.91	6.33	3.5
20	อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	5.8	6.57	0.25	4.08
21	ต.บ่อพลอย อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี	7.3	9.05	1.23	4.6
22	ต.ห้วยกระเจา1 อ.ห้วยกระเจา จ.กาญจนบุรี	5.8	1.34	0.96	8.3
23	ต.ห้วยกระเจา2 อ.ห้วยกระเจา จ.กาญจนบุรี	6.1	10.54	0.42	3.2
24	ต.หนองประดู่ อ.เลาขวัญ จ.กาญจนบุรี	5.8	31.04	0.98	1.7
25	ต.หนองนกแก้ว อ.เลาขวัญ จ.กาญจนบุรี	6.1	16.14	0.48	1.45

ตารางผนวก 6 ความสูงของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 30 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	8	10	6
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	8	6	12
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	7	8	9
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	8	9	8
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	8	12	8
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	7	8	8

ตารางผนวก 7 ความสูงของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 45 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	22	13	20
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	22	14	25
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	18	20	32
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	23	34	28
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	26	21	29
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	22	20	25

ตารางผนวก 8 ความสูงของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 60 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	30	19	25
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	22	17	28
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	28	22	32
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	25	35	32
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	27	30	35
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	25	26	28

ตารางผนวก 9 จำนวนใบของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 30 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	6	7	5
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	5	7	4
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	6	5	5
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	8	9	10
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	9	10	10
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	9	8	9

ตารางผนวก 10 จำนวนใบของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 45 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	12	15	13
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	16	15	11
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	15	18	15
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	14	15	18
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	15	18	15
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	12	18	16

ตารางผนวก 11 จำนวนใบของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 60 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	18	17	19
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	22	21	15
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	22	11	16
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	25	17	20
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	26	18	18
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	20	20	22

ตารางผนวก 12 จำนวนรากของกิ่งปักชำมันสำปะหลังเมื่อมีอายุ 60 วัน หลังปักชำ(เซนติเมตร)

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	18	18	22
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	10	22	18
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	21	27	15
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	30	17	26
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	28	26	12
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	21	22	18

ตารางผนวก 13 เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในรากมันสำปะหลัง เมื่อมีอายุ 60 วัน หลังปักชำ

Treatment	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1) No inoculation	0	0	0
2) Inoculated with *Acaulospora* sp.	25	34	38
3) Inoculated with *Entrophospora schenkii*	15	28	40
4) Inoculated with *Glomus mosseae*	75	90	88
5) Inoculated with *Glomus aggregatum*	82	64	86
6) Inoculated with *Scutellospora* sp.	32	40	21

รายงานวิจัย

การศึกษาความหลากหลายและประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังในสภาพไร่นา

Diversity and Efficiencies of arbuscular mycorrhizal fungi in increasing of yield and quality of cassava under field condition

นิจพร ณ พัทลุง
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยและสำนักงานการอุดมศึกษา
สิงหาคม 2556

รายงานวิจัย

การศึกษาความหลากหลายและประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังในสภาพไร่นา

Diversity and Efficiencies of arbuscular mycorrhizal fungi in increasing of yield and quality of cassava under field condition

นางนิจพร ณ พัทลุง (.ด.ปร)
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยและสำนักงานการอุดมศึกษา
สิงหาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ และ Prof. Dr. Bernard Dell ผู้ให้คำ คำแนะนำ ชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน ในการทำงานวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จด้วยดี ดิฉันขอขอพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศาวนิต เศาณานนท์ รักษาการอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา รองศาสตราจารย์โกวิท เชื่อมกลาง อดีตอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่อนุญาตการทำผลงานวิจัยฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ และเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือวิเคราะห์ดิน และเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ขอขอบคุณ คุณชนิกา นราพงษ์ คุณสุทิศา พินิจไพฑูรย์ คุณวีณา นิลวงศ์ คุณสิริพร สิริชัยเวชกุล คุณพรรณพิมล สุริยะพรหมชัย คุณณภัทร บุญเลี้ยง นักศึกษาและเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา รวมทั้งพี่ๆ น้องๆ ลูกๆ หลานๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ในการเอื้อเฟื้อสละเวลามาช่วยเหลือร่วมเดินทางไปเก็บตัวอย่างดินทั้ง 41 จังหวัด และอำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยและสำนักงานการอุดมศึกษาที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดดิฉันขอขอบพระคุณครัวที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

นิจพร ณ พัทลุง

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาความหลากหลายเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AMF) ในดินที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ทำการการนับจำนวนสปอร์และศึกษาการเข้าอยู่อาศัยของ AMF จากการทำ pot culture วัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับจำนวนสปอร์ของ AMF และจากนั้นศึกษาเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง วางแผนการทดลองแบบ CRD 6 วิธีการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 2) ใส่เชื้อ *Acaulospora* sp. 3) ใส่เชื้อ *Entrophospora schenkii* 4) ใส่เชื้อ *Glomus mosseae* 5) ใส่เชื้อ *Glomus aggregatum* and 6) ใส่เชื้อ *Scutellospora sp.* จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จากศึกษาวิจัยพบว่ามีเนื้อดินตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทราย มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4-8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ระหว่าง 0.06 – 583 mg kg^{-1} และปริมาณอินทรียวัตถุ อยู่ระหว่าง 0.3-6.2% และพบเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 18 ชนิด มีปริมาณสปอร์ระหว่าง 0.6 – 15 spores g^{-1} soil และพบ *Glomus* sp และ *Acaulospora* sp. แทบทุกแปลงมันสำปะหลัง และจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรและความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินแปรผกผันระหว่างและปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังสมการ $y = -0.0289x + 2.9658$ $r^2 = 0.015^*$ ส่วนเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้แก่ *Glomus mosseae* และ *Glomusaggregatum*

Abstract

To study diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) under cassava field in Thailand spore morphological characterization. The AM fungal spores were counted for spore number g^{-1}, morphotyped classified and AM fungal colonization determined after pot culture. Soil P, soil OM and soil pH were analysed to calculate the correlation between parameter and AMF spore number. A pot experiment with CRD was conducted to examine the efficiency of AM fungal species on cassava cutting (Kasetsart 50) growth with six treatments 1) not inoculation 2) inoculated with *Acaulospora* sp. 3) inoculated with *Entrophospora schenkii* 4) inoculated with *Glomus mosseae* 5) inoculated with *Glomus aggregatum* and 6) inoculated with *Scutellospora sp.* with three replications. The result showed that cassava has been planted in wide soil texture (sand to clay) in Thailand. They could be growing in acidic soil to alkaline soil (pH 4-8). Soil P in cassava field was is 0.06 – 583 mg kg^{-1}. Soil OM was 0.3-6.2%. AMF spore number under cassava field was 0.6 – 15 spores g^{-1} soil classified as eighteen AMF species, *Glomus* sp and *Acaulospora* sp. were always found under cassava field. This research showed no relationship between Soil OM and AMF spore number and no relationship between Soil pH and AMF spore number. However we found significant negative relationship between Soil P and AMF spore number ($y = -0.0289x + 2.9658$ $r^2 = 0.015$*). The AMF species that showed promoting of cassava growth was *Glomus mosseae* and *Glomusaggregatum.*

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	)1)
บทคัดย่อภาษาไทย	(2)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ บทนำ 1	1
บทที่ การตรวจเอกสาร 2	3
บทที่วิธีการดำเนินการวิจัย 3	26
บทที่ ผล 4และวิจารณ์	32
บทที่ สรุปผลการวิจัย 5	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	64
ตารางผนวก 1 บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	65
ตารางผนวก 2 บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคกลาง	71
ตารางผนวก 3 บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคเหนือ	73
ตารางผนวก 4 บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันออก	76
ตารางผนวก 5 บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันตก	78
ตารางผนวก 6 ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 30 วัน	79
ตารางผนวก 7 ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 45 วัน	79
ตารางผนวก 8 ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	79

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	พื้นที่ปลูก และผลผลิตมันสำปะหลัง แยกรายจังหวัด	4
2	พันธุ์มันสำปะหลัง	9
3	ธาตุอาหารพืชที่นำออกโดยผลผลิตพืช 1 ตัน	17
4	ธาตุอาหารพืชที่นำออกโดยผลผลิตพืช 1 ไร่	18
5	จำนวนชนิดของเชื้อราอาบัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซา	21
6	คุณสมบัติทางเคมีบางชนิดของดิน และปริมาณสปอร์ของเชื้อราอาบัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซา จำแนกตามภาค	34
7	ลักษณะและการจัดจำแนกของเชื้อราอาบัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซา	35
8	ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 30, 45, 60 วัน	56
9	จำนวนใบของมันสำปะหลัง อายุ 30, 45, 60 วัน	56
10	จำนวนราก และการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาบัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซา ในรากมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	57

ตารางผนวก		หน้า
1	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	65
2	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคกลาง	71
3	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคเหนือ	73
4	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันออก	76
5	บริเวณเก็บตัวอย่างดิน คุณสมบัติบางประการของดิน และ ปริมาณสปอร์เชื้อราในดินภาคตะวันตก	78
6	ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 30 วัน	79
7	ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 45 วัน	79
8	ความสูงของมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	79
9	จำนวนใบของมันสำปะหลัง อายุ 30 วัน	80
10	จำนวนใบของมันสำปะหลัง อายุ 45 วัน	80
11	จำนวนใบของมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	80
12	จำนวนรากของมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	81
13	การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาบัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซาในรากมันสำปะหลัง อายุ 60 วัน	81

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	Arbuscule, spore and vesical of AMF	19
2	การเก็บตัวอย่างดินบริเวณรากมันสำปะหลัง	28
3	การแบ่งภาคของประเทศไทยตามเขตภูมิศาสตร์	29
4	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศไทย	30
5	ลักษณะของ *Gigaspora* sp. และ *Scutellospora* sp.	37
6	ลักษณะของ *Glomus* sp. และ การสร้างสปอร์ในราก	38
7	ลักษณะของสปอร์ใน sporocarp และ *Acaulospora* sp	39
8	ลักษณะของการสร้างสปอร์ในราก และ *Glomus* sp.	40
9	ลักษณะของ *Acaulosporas* sp และ sporocarp ของ *Glomus* sp.	41
10	ลักษณะของ *Glomus* sp. และ *Acaulosporas* sp	42
11	ลักษณะของ *Acaulosporas* sp และ *Acaulosporas* sp.	43
12	ลักษณะของ *Glomus* sp. และ *Entrophospora* sp.	44
13	ลักษณะของ *Entrophospora* sp. และ *Glomus* sp.	45
14	ลักษณะของ *Entrophospora* sp. และ *Acaulospora* sp.	46
15	ลักษณะของการสร้างสปอร์ในราก และ *Glomus* sp.	47
16	ลักษณะของ *Glomus* sp. และ sporocarp	48
17	ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Glomus* sp.2 และ *Acaulospora* sp.	49
18	ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Glomus mosseae* และ *Glomus mosseae*	50
19	ลักษณะการเข้าอยู่อาศัยของ *Scutellospora* sp. และ *Entrophospora* sp.	51
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	53
21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินและปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	54