Thesis Title Influences of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Different Food Crops

Author Miss Jumnian Wongmo

Degree Doctor of Philosophy (Agronomy)

Thesis Advisory Committee Prof. Dr. Benjavan Rerkasem Chairperson

Assoc. Prof. Dr. Sansanee Jamjod Member

Prof. Dr. Saisamorn Lumyong Member

ABSTRACT

Farmers of the Karen ethnic group who live in Huai Tee Cha village, Mae Hong Son in northern Thailand, still practice rotational shifting cultivation or swidden agriculture system. After each season of cropping the field is left to allow the fallow forest to regenerate for 6 years, to be slashed and burned and cropped again with upland rice and other swidden crops in the 7th year. A very important element in the system is pada (*Macaranga denticulata* Muell. Arg.), a fallow enriching tree. Previous reports have established the role of pada in improving soil fertility and maintenance of rice production. Furthermore, this tree has been reported to be strongly dependent on arbuscular mycorrhizal (AM) fungi especially, in low P soil. However, the role of AM fungi, contributes to the yield of upland rice and other swidden crops in the system is unknown. The purposes of this thesis were to examine the association of swidden crops with AM fungi in farmers' fields and to evaluate the role of AM fungi on growth, seed yield, seed quality and nutrient uptake in these swidden crops experimentally. Five food crops comprised of upland rice (*Oryza sativa* cv. Bue Bang), Job's tears (*Coix lachryma-jobi*), corn (*Zea mays*), sesame

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(*Sesamum indicum*), and sorghum (*Sorghum bicolor*) and pada were investigated in the association with AM fungi in farmers' fields. Soils in the farmer's fields were mildly acidic to neutral (pH 5.2 to 7.0) and showed diversity in P status (6.8-271 mg kg^{-1} soil, Bray II) but not in N (0.29-0.35% total N) or K (103-130 mg kg^{-1}). The roots of all plants investigated were colonized by AM fungi with upland rice and corn with the highest percentage of infection (≥ 90%), followed by Job's tears (75%), then sorghum (50%), and sesame (45%). Rhizosphere spore density ranged from 160 spores 100 g^{-1} soil for pada and sorghum, to 120 for sesame and half of this in Job's tears, corn and upland rice. These results suggest that swidden crops in northern Thailand have a close association with indigenous AM fungi.

Four of the food crops (all of the above except sesame) and pada were grown in pasturized soil in pots with two rates of phosphorus (3 and 30 kg P ha^{-1}) and AM inoculation (autoclaved or fresh spore inoculum taken from the rhizosphere of pada in a shifting cultivation field). Except for upland rice, inoculation at P3 increased total dry weight of all plants and none of the food crops showed a response to inoculation at P30. Seed yield at P3 was increased by inoculation in sorghum and upland rice and at both P3 and P30 in Job's tears. Moreover, inoculation increased N and P uptake in all plants at P3. Root colonization by AM fungi in upland rice was low, 39% at P3 and 27% at P30. The root system of the other crop species was heavily colonized by AM fungi, especially in P3 (80 to 100%). Spore densities declined from P3 to P30 and *Acaulospora* was the dominant spore type associated with all the four of food crops.

The influences of AM inoculation: *Scutellospora* (AM1) and mixed AM spore taken from the rhizosphere of pada in a shifting cultivation field (AM2), on two rice varieties: Bue Bang (upland rice) and KDML 105 (lowland rice) were investigated in

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

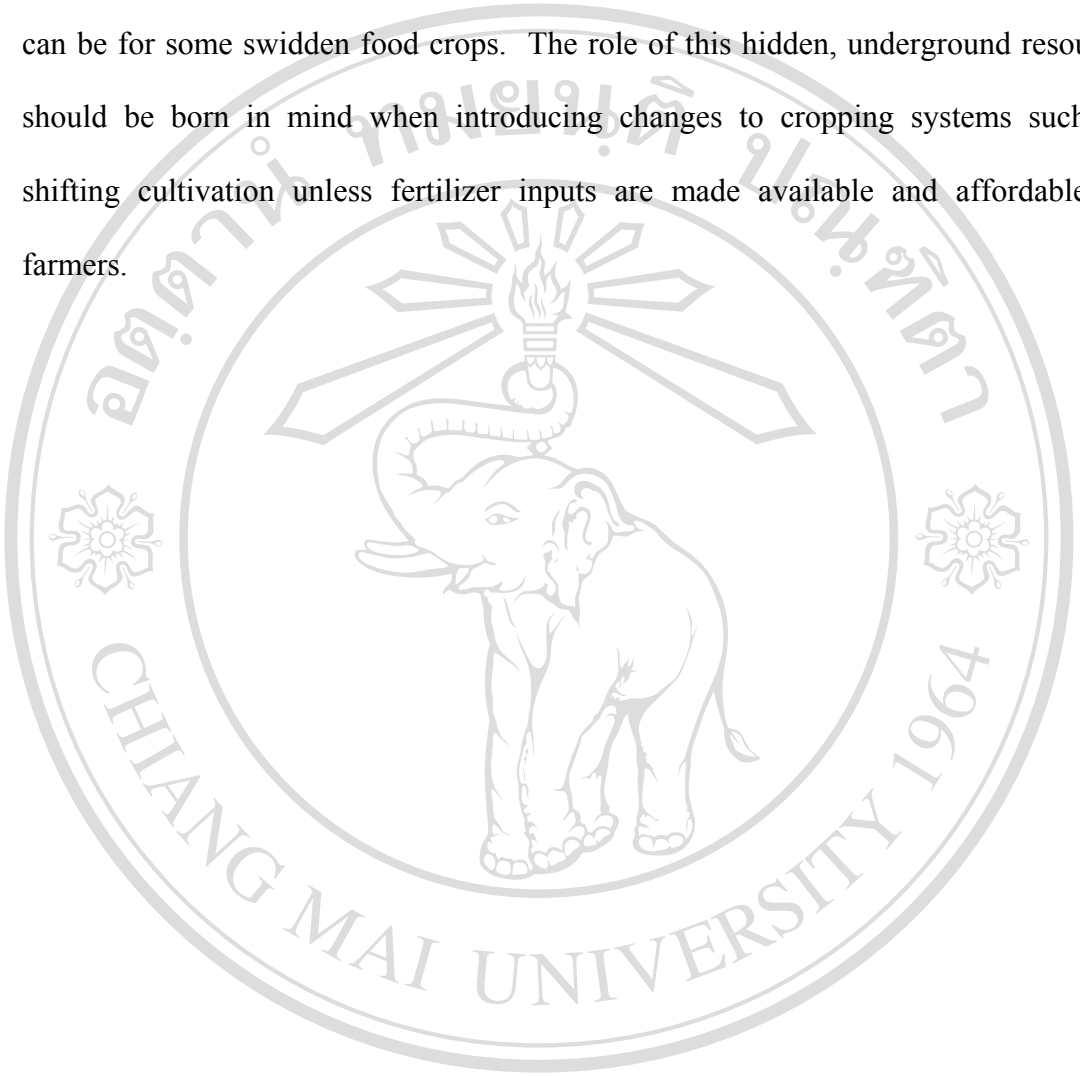
aerobic soil condition with two rates of P [1 (P1) and 10 (P10) kg P ha^{-1}]. Arbuscular mycorrhizal fungi had no effect on vegetative growth or seed yield of Bue Bang and KDML 105. However, inoculated plants with AM2 had different effects on some aspects of the nutrition of the two rice varieties. At both P levels, AM fungi enhanced P and Cu concentrations in brown rice of both varieties. In addition, AM inoculation also increased S in the husk of Bue Bang and AM2 enhanced S concentrations more than by AM1.

The extent of root colonization by AM fungi was affected by P and inoculation. The percentage root colonization of the two cultivars was similar (over 90%) when inoculated with AM2 and there was no effect of P fertilizer. However, with AM1 root infection was depressed by P. Spore density of AM fungi varied with rice variety, AM inoculation and P level (V x AM x P, $P < 0.05$). At both P levels, Bue Bang had higher AM2 spore counts than KDML 105. However, increasing P from P1 to P10 strongly depressed AM2 spores of Bue Bang. Fewer spores of AM2 were produced in the rhizosphere of KDML 105 (3 and 1 spore g^{-1} soil at P1 and P10, respectively. Adding P did not depress AM1 spore number in either KDML 105 or Bue Bang. The greatest spore numbers were found in Bue Bang when inoculated with AM2 (32 spores g^{-1} soil). *Acaulospora* was the dominant genus of mixed AM fungi.

In conclusion, this thesis has illustrated that AM fungi from the rhizosphere of pada can directly contribute to swidden crops, especially at low P. Variation in the response to AM fungi was found among the different swidden crops and also between the two rice varieties examined. The anomalies in rice responses to AM remain to be explained. Rhizosphere of different swidden crops and different rice variety showed difference of spore density. In addition, the effect of P on spore number differed

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

among plant species. *Acaulospora* was the most abundant spores in the rhizosphere of all food crops. This study has shown how valuable the symbiosis with AM fungi can be for some swidden food crops. The role of this hidden, underground resource should be born in mind when introducing changes to cropping systems such as shifting cultivation unless fertilizer inputs are made available and affordable to farmers.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอไรซา ต่อพืชอาหารต่างชนิด
ผู้เขียน	นางสาวจำเนียร วงษ์โม้
ปริญญา	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศ. ดร. เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ประธานกรรมการ
	รศ. ดร. ศันสนีย์ จำจด กรรมการ
	ศ. ดร. สายสมร ลำยอง กรรมการ

บทคัดย่อ

เกษตรกรชาวกะเหรี่ยง ที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านทีชะ อ. สบเมย จ. แม่ฮ่องสอน ทำการเกษตรแบบไร่หมุนเวียน โดยจะทิ้งแปลงเพื่อให้ป่าเกิดการฟื้นฟูเป็นเวลา 6 ปี และจะกลับมาเพาะปลูกยังแปลงเดิมในปีที่ 7 ก่อนเริ่มการเพาะปลูก เกษตรกรจะตัดและเผาแปลงก่อน หลังจากนั้นจึงปลูกพืช โดยเกษตรกรจะปลูกพืชหลาย ๆ ชนิดร่วมกันในแปลง ซึ่งพืชหลักคือ ข้าวไร่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบริโภคภายในครัวเรือน และเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว ระบบไร่หมุนเวียนจะอาศัยต้นปะดะเป็นไม้สำหรับบำรุงดิน โดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งต้นปะดะจำเป็นต้องอาศัยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอไรซา (เอเอ็ม) ที่อาศัยอยู่ภายในราก สำหรับหาอาหารเพื่อการเจริญเติบโต แต่ในพืชอาหารยังไม่เคยมีรายงานเกี่ยวกับการตอบสนองหรือการพึ่งพาต่อเชื้อราเอเอ็ม ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อราเอเอ็มกับพืชอาหารในแปลงของเกษตรกร และประเมินบทบาทของเชื้อราเอเอ็มต่อการเจริญเติบโต การดูดธาตุอาหาร ผลผลิต รวมทั้งคุณภาพเมล็ด ของพืชอาหารในกระถางทดลอง ที่ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาตัวอย่างดินและรากของพืชอาหาร ได้แก่ ข้าวไร่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ลูกเดือย งา รวมทั้งของต้นปะดะ ในพื้นที่ปลูกของเกษตรกร พบว่า ดินในแปลงของเกษตรกร มีความเป็นกรดอ่อน ๆ ไปจนถึงเป็นกลาง (5.2-7.0) สถานะของฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 6.8-271 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน มีไนโตรเจน และโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.29-0.35% และ 103-130 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ และพบสปอร์ของเชื้อราเอเอ็มในดินที่บริเวณรอบ ๆ รากพืชอาหาร รวมทั้งตรวจพบเส้นใยของเชื้อราเอเอ็มภายในราก ความหนาแน่นของสปอร์ต่อ 100 กรัมดินแห้ง ของต้นปะดะและข้าวฟ่าง เป็น 160 สปอร์ ของงาเป็น 120 สปอร์ ส่วนลูกเดือย ข้าวโพด และข้าวไร่ มีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่ง เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากมีมากกว่า 90% ในข้าวไร่ และ ข้าวโพด ส่วนลูกเดือย ข้าวฟ่าง และ งา มี 75, 50 และ 45% ตามลำดับ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพืชอาหารที่ปลูกในระบบไร่หมุนเวียนมีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับเชื้อราเอเอ็มในดินของแปลงเกษตรกร

ผลจากการนำดินบริเวณรอบ ๆ รากต้นปะดะที่มีเชื้อราเอเอ็มมาศึกษาการตอบสนองของพืชอาหาร 4 ชนิดได้แก่ ข้าวไร่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ลูกเดือย เปรียบเทียบกับต้นปะดะ โดยใช้ฟอสฟอรัส 2 ระดับ คือ 3 (P3) และ 30 (P30) กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ ใส่เชื้อราเอเอ็ม (หัวเชื้อสดที่นำมาจากดินบริเวณรอบ ๆ รากต้นปะดะ ในแปลงของเกษตรกร) และไม่ใส่เชื้อราเอเอ็ม (หัวเชื้อสดที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว) พบว่าการพึ่งพาต่อเชื้อราเอเอ็ม แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และระดับของฟอสฟอรัส และพบว่า พืชอาหารทั้ง 4 ชนิด พึ่งพาต่อเชื้อราเอเอ็มน้อยกว่าต้นปะดะ และการพึ่งพาต่อเชื้อราเอเอ็มของพืชทั้งหมดจะเด่นชัดในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ (P3) ที่ P3 เชื้อราเอเอ็มทำให้ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และลูกเดือย มีการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบการตอบสนองต่อเชื้อในข้าวไร่ และที่ P30 พบว่าพืชอาหารทั้ง 4 ชนิด ไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อ ส่วนผลผลิตเมล็ด พบว่า ที่ P3 ข้าวฟ่าง และ ข้าวไร่ มีผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่เชื้อ แต่ไม่เพิ่มขึ้นอีกที่ P30 ในขณะที่การใส่เชื้อมีผลทำให้ผลผลิตของลูกเดือยเพิ่มขึ้นทั้งสองระดับฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้แล้วที่ P3 การใส่เชื้อยังทำให้การดูดธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของพืชอาหารและปะดะเพิ่มขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากและจำนวนสปอร์ของเชื้อราเอเอ็มในพืชลดลง และแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ข้าวไร่มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่ราก 39% ที่ P3 และ 27% ที่ P30 ในขณะที่พืชอาหารอื่น ๆ มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากโดยเฉพาะที่ P3 (80-90%) สปอร์ที่พบเด่นที่สุดในบริเวณรอบ ๆ รากของพืชอาหาร คือ *Acaulospora* การใส่เชื้อราเอเอ็มจากบริเวณรอบ ๆ รากต้นปะดะ สามารถให้ประโยชน์โดยตรงในการเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชอาหารทั้ง 4 ชนิด

และจากการศึกษาบทบาทของเชื้อราเอเอ็มต่อข้าวไร่พันธุ์บือบ้าง และข้าวนาพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใส่เชื้อจากสปอร์เดี่ยวของ *Scutellospora* และ ดินจากบริเวณรากของต้นปะดะที่มีสปอร์ของเชื้อเอเอ็มหลายชนิดผสมกัน ปลูกที่ฟอสฟอรัส 2 ระดับ คือ 1 (P1) และ 10 (P10) กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ พบว่า แม้ว่าการใส่เชื้อไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวทั้งสองพันธุ์ แต่การใส่เชื้อราเอเอ็มผสม เพิ่มความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสและทองแดงในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวทั้งสองพันธุ์ และเพิ่มขึ้นทั้งสองระดับฟอสฟอรัส นอกจากนี้การใส่เชื้อยังเพิ่มการสะสมธาตุกัมมะถันในเปลือกของข้าวพันธุ์บือบ้าง โดยเชื้อราเอเอ็มผสมเพิ่มความเข้มข้นของกัมมะถันที่เปลือกมากกว่าเชื้อ *Scutellospora* และพบว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์มีระดับการเข้าสู่รากของเอเอ็มทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน แต่การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสทำให้ระดับการเข้ารากของเชื้อ *Scutellospora* ลดลง แต่ไม่มีผลต่อเชื้อผสม ในทางตรงกันข้ามการสร้างสปอร์ในดินรอบ ๆ รากข้าวทั้งสองพันธุ์ พบว่าจำนวนสปอร์ของ *Scutellospora* ต่อกรัมดินไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองระดับฟอสฟอรัส แต่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์อย่างมากในการสร้างสปอร์ของเชื้อผสม โดยสปอร์ที่พบในดินบริเวณรอบ ๆ รากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ทั้งสองระดับฟอสฟอรัสมีจำนวนต่ำที่สุด ในขณะที่ดินบริเวณรอบ ๆ รากพันธุ์บือบ้างมีจำนวนสปอร์ลดลง 3 เท่าเมื่อเพิ่มฟอสฟอรัส แต่อย่างไรก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวนสปอร์ก็ยังสูงกว่าจำนวนสปอร์รอบ ๆ รากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากการจำแนกชนิดจากสปอร์ของเชื้อราเอเอ็มผสมในดินรอบ ๆ รากข้าวทั้งสองชนิด พบว่า *Acaulospora* เป็นสปอร์ที่พบมากที่สุด

โดยสรุปแล้ว จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เชื้อราเอเอ็มจากบริเวณรอบ ๆ รากต้นปะคะ มีบทบาทโดยตรงต่อพืชอาหาร โดยมีความแตกต่างระหว่างชนิดพืชในการตอบสนองต่อเชื้อราเอเอ็ม อีกทั้งยังพบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในการตอบสนองต่อเชื้อราด้วย บริเวณรอบ ๆ รากของพืชอาหารต่างชนิดรวมทั้งชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์ มีความหนาแน่นของสปอร์แตกต่างกัน รวมทั้งผลของฟอสฟอรัสต่อจำนวนสปอร์ก็มีความแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามความแตกต่างและแปรปรวนในการตอบสนองต่อเชื้อราไมคอไรซา ยังรอการให้ความกระจ่างต่อไป ชนิดของสปอร์ที่พบมากที่สุดบริเวณรอบ ๆ รากพืชอาหารชนิดต่าง ๆ คือ *Acaulospora* ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นความสำคัญของเชื้อราเอเอ็มที่มีต่อระบบการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะในที่ ๆ มีข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved