อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก

Effect of Phosphorus on Arbuscular Mycorrhizal Fungi Dependency for Growth and Yield of Chili

ธนกิจ อินทะลา และ จำเนียร มีสำลี *

Tanakit Intala and Jumnian Meesumlee

บทคัดย่อ: พืชส่วนใหญ่อาศัยอยู่ร่วมกันกับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi; AMF) แบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) เชื้อราฯ เพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารจึงส่งเสริมการเจริญเติบโต และช่วยให้พืชทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อโรค เชื้อราฯ ในรากพริกทำให้พริกเจริญเติบโตได้สูงกว่าต้นที่ไม่มีเชื้ออาศัยร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม การได้รับประโยชน์จากเชื้อราหรือการพึ่งพาต่อเชื้อราฯ นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอสฟอรัสในดินด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพาเชื้อรา AM ของพริก โดยปลูกเชื้อรา *Acualospora morrowiae* ในดินปลูกที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต 6 ระดับ คือ 0, 20, 40, 50, 60 และ 80 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับพริกที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ พบว่า การใส่เชื้อรา AM ทำให้พริกเจริญเติบโต และมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน รวมทั้งรากสูงขึ้น โดยเฉพาะจำนวนผล และน้ำหนักสดของผลพริก ที่เพิ่มขึ้นถึงสองเท่าของการไม่ใส่เชื้อรา AM การเพิ่มปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในดินปลูก มีผลทำให้การพึ่งพาเชื้อรา AM ในการให้ผลผลิตของพริกลดลง แสดงให้เห็นว่า การปลูกพริกควรมีการปลูกเชื้อรา AM, *A. morrowiae* เพื่อช่วยให้พริกดูดธาตุอาหารและทำให้พริกมีการเจริญเติบโต และมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: พริก ฟอสฟอรัส การพึ่งพาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Abstract: Most plants are symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Many factors was affect to benefit of AM fungi to host plant. Arbuscular mycorrhizal fungi increase water and nutrients uptake to host plant hence inoculated plant has more growth than un-inoculated plant. Host plant capable tolerance to inappropriate environment and more resists to plant diseases when inoculate with AM fungi. As well as in others, AM fungi

increase chili plant growth. However, mycorrhizal dependency depends on fertility of phosphorus in the soil. The aim of this research was to evaluate the effect of phosphorus on arbuscular mycorrhizal fungi dependency in chili. The AM fungi, *Acualospora morrowiae* was used for inoculums. It was found that AM fungi, *A. morrowiae* promoted plant growth, root dry weight, shoot dry weight. Moreover, number of fruit and fresh weight were two time of non inoculated chili plant. Increasing phosphorus level to the soil decreased mycorrhizal dependency of chili plant. It is suggested that AM fungi, *A. morrowiae* should be added for promoting chili plant growth and yield production.

Keywords: chili, phosphorus, arbuscular mycorrhizal fungi dependency

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100

Agricultural section, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, 52100

* Corresponding author: jumnian055@gmail.com

บทนำ

มีพืชอยู่เป็นจำนวนมากที่อยู่ร่วมกันกับเชื้อราบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาหรือเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal (AM) fungi or vesicular-arbuscular (VAM) mycorrhizal fungi) โดยเชื้อราช่วยให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะฟอสฟอรัส พบว่า ดินบริเวณโดยรอบๆ รากมักจะมีในปริมาณน้อยไม่เพียงพอสำหรับพืช (Marschner and Dell, 1994) พืชที่มีเชื้อรา AM อาศัยอยู่ภายในราก ส่วนมากจะเจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าการที่ไม่มีเชื้อ นอกจากนี้ยังช่วยให้พืชทนทานต่อความแห้งแล้งและทนทานต่อการเกิดโรคได้ (Smith and Read, 1997) ในดินที่มีความเป็นกรดและมีฟอสฟอรัสต่ำ เชื้อรา AM ช่วยให้ถั่วเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Kongpun et al., 2014) อย่างไรก็ตามการได้รับประโยชน์จากเชื้อรา AM ของพืชอาศัย ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช ชนิดของเชื้อรา AM และคุณสมบัติของดิน (Smith and Read, 2000; Tawara et al., 2001) ในดินที่ถูกรบกวนอยู่ตลอดเวลา

จะมีปริมาณของสปอร์เชื้อรา AM ต่ำเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ถูกรบกวน ความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเป็นกรดเป็นด่างของดินล้วนมีผลต่อจำนวนสปอร์และการเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา AM ด้วย ในดินที่เป็นกรดและดินที่มีฟอสฟอรัสสูง การเข้าสู่รากพืชจะมีน้อย (Clark, 1997) ดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำหรือสูงมากจนเกินไปมีผลทำให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา AM ลดน้อยลง (Koide and Li, 1991) นอกจากนี้ เชื้อรา AM ต่างชนิดกันก็มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากพืชที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ในถั่วพุ่มพบว่า เชื้อรา *Glomus etunicatum* มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากต่ำกว่าเชื้อรา *Gigaspora margarita* จึงอาจกล่าวได้ว่า พืชจะพึ่งพาหรือได้รับประโยชน์จากเชื้อราได้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังที่ได้กล่าวมา ประโยชน์ของเชื้อรา AM ช่วยส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและดูดซับธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำเชื้อรา AM ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับพืชหลายๆ ชนิด รวมถึงการนำไปใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าในระบบป่าไม้ด้วย

ถึงแม้เชื้อรา AM จะเป็นเชื้อราชนิดที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช สามารถพบได้ทั่วไปในดินรอบๆ รากพืช แต่อย่างไรก็ตาม การนำเชื้อรา AM ไปใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกพืช ในประเทศไทย ยังมีอยู่น้อยมาก จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยพบว่าต้นพริกที่ปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา AM ชนิด *Acualospora morrowiae* มีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ นอกจากนี้ Boonlue et al. (2012) ยังพบความหลากหลายของเชื้อรา AM ถึง 14 ชนิดจากดินบริเวณที่ใช้ปลูกพริกในจังหวัดอุบลราชธานีและศรีษะเกษ และแต่ละชนิดสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและการดูดฟอสฟอรัสของพริกได้แตกต่างกัน

เนื่องจากพริกเป็นพืชที่ได้รับความนิยมบริโภคและปลูกกันอย่างแพร่หลายในทั่วทุกภาคของประเทศ หากเชื้อรา AM มีผลต่อการเจริญเติบโตและสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับพริกแล้ว โอกาสในการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับเชื้อรา AM ไปใช้สำหรับการเพิ่มผลผลิตของพริกจะก่อให้เกิดประโยชน์กับเกษตรกรผู้ปลูกพริกต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสและการปลูกเชื้อรา AM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกยังขาดข้อมูลกลไกการพึ่งพาต่อเชื้อราของพริกในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการพึ่งพาต่อเชื้อรา AM ของพริก ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตภายใต้สภาพดินที่มีปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลของปริมาณฟอสฟอรัสและการปลูกเชื้อรา AM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกจะช่วยบ่งชี้และอธิบายความสัมพันธ์ของการพึ่งพาเชื้อรา AM ของพริกในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตภายใต้สภาพดินที่มีปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ทำให้การจัดการเกี่ยวกับเชื้อรา AM เพื่อประโยชน์ในการปลูกพริกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์การเรียนรู้เกษตรผสมผสานตามแนวพระราชดำริ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม 2556 – 30 กรกฎาคม 2557 วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยวิธีสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design) กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 คือ การใส่และไม่ใส่เชื้อราเอเอ็ม (*Acualospara morrowiae*)

ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต 6 ระดับ (0, 20, 40, 50, 60 และ 80 กก.ต่อไร่ หรือ 0, 0.61, 1.22, 1.53, 1.83 และ 2.45 กรัม ต่อกระถาง)

วิธีดำเนินการวิจัย

- ใช้กระถางทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. ล้างทำความสะอาดกระถางด้วย 70% ethanol รองก้นกระถางด้วยถุงพลาสติกใสที่มีรูระบายน้ำ ใช้วัสดุปลูกเป็นดิน (pH 6.7) ผสมมูลวัวแห้งและละเอียด อัตราส่วน 3:1 กระถางละ 8 กก.โดยวัสดุที่ใช้ปลูกผ่านการ ผสมปุ๋ยฟอสฟอรัสในแต่ ละระดับและนำไป นึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 95 °c เป็นเวลา 5 ชม. รอให้เย็นและนึ่งซ้ำอีกครั้ง

- นำเมล็ดพริกพันธุ์ ซูเปอร์ฮอต มาล้างทำความสะอาดผิวเมล็ดด้วยการแช่ใน 70% ethanol เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด 5 ครั้ง เพาะลงบนจานเพาะ

- กรรมวิธีปลูกเชื้อ จะรองก้นหลุมด้วย soil inoculums ที่มีเชื้อรา AM ชนิด *Acualospora morrowiae* (1950 สปอร์) จำนวน 40 กรัมต่อกระถาง ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ปลูกเชื้อ จะใส่ soil inoculums เหมือนกันแต่จะนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

- เจาะหลุมตรงกลางกระถาง ลึก 2 ซม. และวางเมล็ดพริก ที่งอกแล้ว ลงในหลุมที่รองด้วย soil inoculums ตามแต่ละระดับของฟอสฟอรัส โดยใส่หลุมละ 3 เมล็ด และทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/กระถาง หลังจากที่ต้นพริกงอกได้ 2 สัปดาห์

การเก็บบันทึกข้อมูล

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารได้แก่ ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในวัสดุปลูกก่อนการทดลองแสดงดังตารางที่1

Table 1 Nutrients content in soil growth medium at different phosphorus level

P fertilizer (kg/rai)	N content (%)	P content (mg/kg)	K content (mg/kg)
0	0.186	35.8	1637.7
20	0.181	37.5	1495.6
40	0.185	45.0	1627.7
50	0.189	54.6	1608.4
60	0.186	56.3	1545.3
80	0.182	68.8	1460.8

หมายเหตุ: ดินที่ไม่ผสมมูลวัวมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม0.057%, 5.4 มก./กก.ดิน และ 43.4 มก./กก.ดิน ตามลำดับ

วัดความสูงทุกสัปดาห์ เริ่มตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 หลังจากต้นพริกงอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตในสัปดาห์ที่ 14 นับจำนวนผลต่อต้นน้ำหนักผลสด น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งรากวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร(N, P, K) ในส่วนเหนือดินของพริก ส่วนของรากนำไปย้อมสีตามขั้นตอนของBrundrett et al. (1996). รากที่ย้อมสีแล้วนำไปประเมินการเข้าสู่รากตามวิธีของ McGonigle et al. (1990) คำนวณเปอร์เซ็นต์การพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (mycorrhizal dependency: MD) ตามวิธีของ Plenchette et al. (1983)

ดังนี้

$$MD\ (\%) = 100 \times \frac{(\text{ผลผลิตของต้นที่ใส่เชื้อราAM} - \text{ผลผลิตของต้นที่ไม่ใส่เชื้อราAM})}{\text{ผลผลิตของต้นที่ไม่ใส่เชื้อราAM}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติStatistics version 8 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น95%

ผลการศึกษา

ความสูง น้ำหนักแห้งและผลผลิต

การใส่เชื้อรา AM เพิ่มความสูงให้กับต้นพริกในทุกระดับของฟอสฟอรัส (ภาพที่ 1) ในส่วนของน้ำหนักแห้งต้นและใบ รวมทั้งน้ำหนักแห้งรากของพริก มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและการใส่เชื้อรา AM (AM x P) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) การไม่ใส่ฟอสฟอรัสจนกระทั่งใส่ฟอสฟอรัสอัตรา 80 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งต้นและใบ น้ำหนักแห้งราก ไม่แตกต่างกันแต่การใส่เชื้อรา AM มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นและใบ น้ำหนักแห้งราก สูงกว่าการไม่ใส่เชื้อรา AM โดยพริกที่ไม่ใส่เชื้อรา AM มีน้ำหนักแห้งต้นและใบเฉลี่ย 14.9 กรัม และใส่เชื้อรา AM มีน้ำหนักแห้งต้นและใบเฉลี่ย 20.0 กรัม ส่วนน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย 4.2 และ 5.6 กรัม เมื่อไม่ใส่และใส่เชื้อรา AM ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลสดของพริก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0 ถึง 80 กก./ไร่ แต่เชื้อรา AM ทำให้จำนวนผล และน้ำหนักผลสดของพริกมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราAM โดยมีจำนวนผลเฉลี่ย 19.6 ผล/ต้น เมื่อไม่ใส่เชื้อรา AM และเมื่อใส่เชื้อรา AM มีจำนวนผลเฉลี่ย 26.3 ผล/ต้น ส่วนน้ำหนักผลสด เฉลี่ย 37.5 และ 54.2 กรัม/ต้น เมื่อไม่ใส่และใส่เชื้อรา AM ตามลำดับ (ภาพที่ 2, ตารางที่ 2)

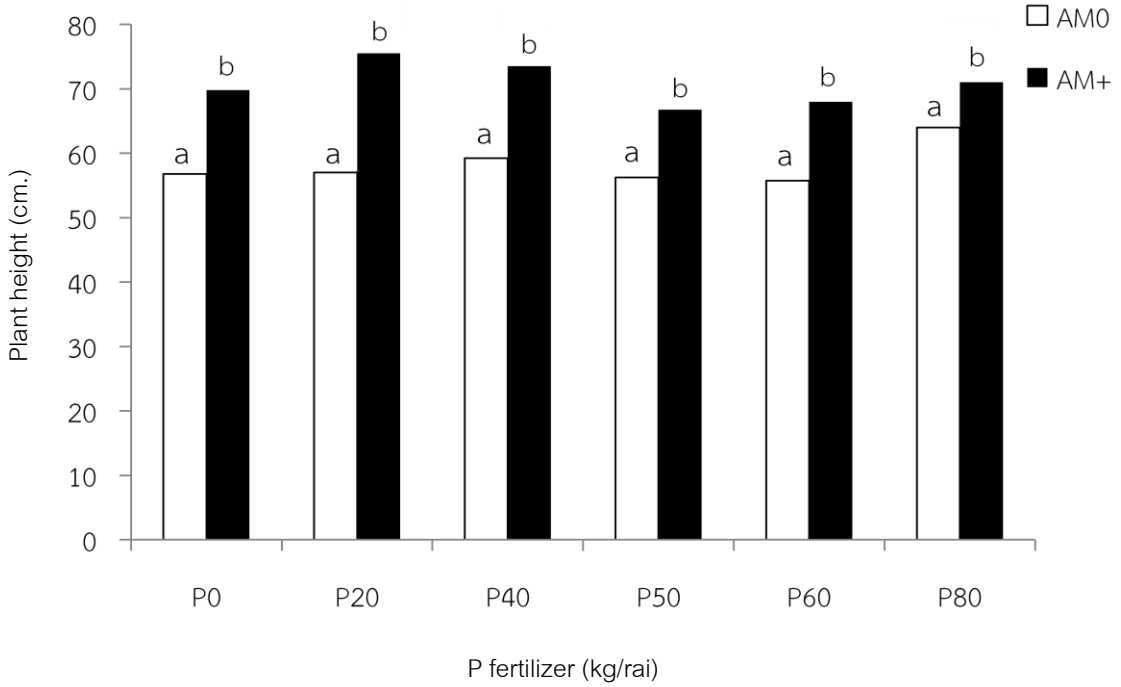

Figure 1 Plant height of chili grown in six phosphorus levels at 14 week after emergence

ตารางที่ 2 Dry weight and yield of chili at different phosphorus level in with and without AM fungi

Treatment	Stem and leaves dry weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)	Fruit number per plant	Fruit fresh weight (g/plant)
P0AM0	11.4	3.2	19.5	29.0
P20AM0	11.4	4.1	17.3	32.6
P40AM0	18.1	4.4	17.5	33.8
P50AM0	14.6	3.8	20.7	33.8
P60AM0	15.4	3.8	17.2	44.4
P80AM0	18.6	5.8	25.2	51.4
mean	14.9 A	4.2 A	19.6 A	37.5 A
P0AM+	20.9	5.6	25.5	60.5
P20AM+	22.1	6.2	29.5	51.4
P40AM+	21.2	5.7	32.5	54.9
P50AM+	20.0	5.3	25.2	58.4
P60AM+	17.4	5.1	22.0	44.4
P80AM+	18.6	5.6	23.2	55.4
mean	20.0 B	5.6 B	26.3 B	54.2 B
		F-test		
AM	**	*	**	**
P	ns	ns	ns	ns
AMxP	ns	ns	ns	ns

Different letters indicate significant differences between treatments by LSD at $P < 0.05$, * significant difference at P<0.05, ** significant difference at P<0.01, ns = not significant

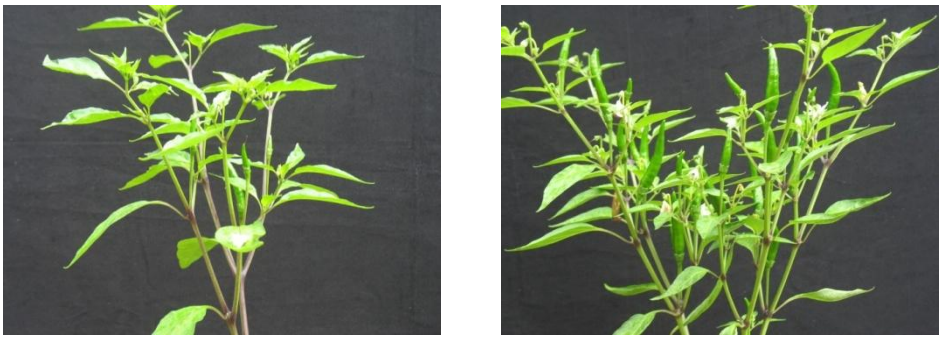

Figure 2 Photographs showing the appearance of chili fruits in the same level of P: non inoculated plant (left) and inoculated plant with AM fungi (right)

ปริมาณการดูดธาตุอาหารของพริก (ส่วนเหนือดินไม่รวมผล)

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพริก (ไม่รวมผล) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ในทางสถิติระหว่างระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสและเชื้อรา AM (PxAM^{ns}, P<0.05) โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของพืช N, P และ K เฉลี่ย 1.55%, 0.24% และ 3.3% ตามลำดับ (data not show) ส่วนปริมาณการดูดธาตุอาหาร (มก./ต้น) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ ในทางสถิติระหว่างระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสและเชื้อรา AM เช่นเดียวกัน แต่การใส่เชื้อรา AM มีผลทำให้พืชดูดฟอสฟอรัสขึ้นไปในปริมาณที่มากกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อรา AM (ตารางที่ 3)

Table 3 nutrient uptake (mg/plant) of chili shoot (exclude fruit) at different phosphorus level in with and without AM fungi

treatment	Nutrient uptake (mg/plant)		
	N	P	K
P0AM0	0.19	0.027	0.41
P20AM0	0.17	0.027	0.36
P40AM0	0.29	0.047	0.63
P50AM0	0.29	0.047	0.54
P60AM0	0.24	0.033	0.52
P80AM0	0.27	0.043	0.60
mean	0.24	0.037 A	0.51
P0AM+	0.32	0.040	0.66
P20AM+	0.37	0.050	0.79
P40AM+	0.27	0.037	0.59
P50AM+	0.31	0.053	0.57
P60AM+	0.30	0.050	0.68
P80AM+	0.26	0.047	0.63
mean	0.30	0.046 B	0.65
AM	ns	*	ns
P	ns	ns	ns
AMxP	ns	ns	ns

Different letters indicate significant differences between treatments by LSD at $P < 0.05$, * significant difference at P<0.05, ns = not significant difference

เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากพริกของเชื้อรา AM และความหนาแน่นของสปอร์ต่อกรัมดิน

จากการเก็บตัวอย่างรากพริกและดินบริเวณรอบๆ รากพริก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากและความหนาแน่นของสปอร์เชื้อรา AM พบว่า ในกรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อรา AM พบว่า ไม่พบการเข้าสู่รากของเชื้อรา AM ในกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกเชื้อ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่เชื้อรา AM พบการเข้าสู่ราก โดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่ราก เป็น 61.0, 59.2, 62.2, 57.8, 52.2 และ 8.2% ที่ระดับฟอสฟอรัส 0, 20, 40, 50, 60 และ 80 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยที่ระดับฟอสฟอรัสอัตรา 60 และ 80 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากค่อนข้างต่ำกว่าอัตราอื่นๆ (ตารางที่ 4)

Table 4 Percentage of root colonization at different phosphorus level

Phosphorus (kg/rai)	Root colonization (%)
0	61.0 (3.5)
20	59.2 (4.6)
40	62.2 (6.1)
50	57.8 (5.3)
60	52.2 (6.1)
80	48.2 (5.2)

Note: Numbers in parenthesis are standard errors

การพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (mycorrhizal dependency; MD)

อัตราฟอสฟอรัสมีผลต่อการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของพริก ที่อัตรา 0 กก./ไร่ จะมีการพึ่งพาต่อเชื้อรา AM สูงที่สุด คือ 108.7% และการพึ่งพาจะลดลงตามอัตราของฟอสฟอรัสที่ใส่เพิ่มลงไปในดิน จากการทดลองนี้ฟอสฟอรัสอัตรา 60 และ 80 กก./ไร่ เป็นอัตราที่ทำให้พริกมีการพึ่งพาต่อเชื้อรา AM ต่ำที่สุดคือ 24.8% และ 5.4% ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

Table 5 The percentage of mycorrhizal dependency, MD

Phosphorus level (kg/rai)	MD (%)
0	108.7 C
20	57.6 B
40	62.0 B
50	72.0 B

60	24.8 A
80	5.4 A
F-test	
P	*

Different letters indicate significant differences between treatments by LSD at $P < 0.05$, * significant difference at $P<0.05$

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีผลต่อการพึ่งพาต่อเชื้อรา AM ของพริกพันธุ์ซูปเปอร์ฮอต การใส่เชื้อรา AM ชนิด *Acualospora morrowiae* ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก (ตารางที่ 2) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินที่ใช้ทดลอง พบว่า ดินมีปริมาณธาตุอาหารที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับดินชุดเดียวกันแต่ไม่ได้ผสมมูลวัวแห้ง พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 0.057% ฟอสฟอรัส 5.4 มก./ กก.ดิน และโพแทสเซียม 54.1 มก./ กก.ดิน ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้อย แต่เมื่อใส่มูลวัวแห้งมีผลทำให้ธาตุอาหารทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นสูงมาก โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นถึง 34.4 มก./ กก.ดิน (Table 1) ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูงและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ผลการวิเคราะห์ดินจะมีปริมาณของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง แต่พืชอาจจะดูดขึ้นไปใช้ได้เพียงบางส่วนที่อยู่ในรูปของอนินทรียสาร และอินทรียสารจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นอนินทรียสารและปลดปล่อยออกมาในสารละลายดิน การมีเส้นใยของเชื้อรา AM จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้เร็วกว่า ดังจะเห็นได้จากการที่พริกเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อใส่เชื้อรา AM นอกจากนี้ ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของต้นพริกที่ใส่และไม่ใส่เชื้อรา AM ไม่มีความแตกต่างกัน แต่การเจริญเติบโตของต้นที่ใส่เชื้อมีมากกว่า แสดงให้เห็นว่า พืชที่มีเชื้อรา AM ดูดธาตุฟอสฟอรัสได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับฟอสฟอรัสเป็น 60 และ 80 กก./ไร่ ทำให้การพึ่งพาต่อเชื้อรา AM ลดลง (Table 5) สอดคล้องกับงานทดลองของ Youpensuk (2008) และ Kongpun (2010) ซึ่งรายงานไว้ว่าการพึ่งพาต่อเชื้อรา AM ของพืชอาศัยจะลดลงเมื่อระดับของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น จากการทดลองในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ดินจะพบว่าฟอสฟอรัส รวมทั้งไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีปริมาณสูงก็ตาม แต่เชื้อรา A. *morrowiae* ยังส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก และมีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากเกินกว่า 50% ยกเว้นในกรรมวิธีที่ใส่ฟอสฟอรัส 60 และ 80 กก./ไร่ ที่มี

เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากลดลง (ตารางที่ 4) เชื้อรา AM ชนิด *A. morrowiae* จึงนับได้ว่าเป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก ซึ่งสอดคล้องกับ Boonlue et al. (2012) ที่พบว่า ในดินที่ปลูกพริกแบบอินทรีย์ มีความหลากหลายของเชื้อรา AM ถึง 14 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกได้แตกต่างกัน โดยพบว่า *Glomus clarum* RA0305 ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลิตของพริกมากกว่าชนิดอื่นๆ

โดยส่วนใหญ่แล้ว เกษตรกรที่เพาะปลูกพริก ไม่ได้วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดินและไม่ได้คำนึงถึงปริมาณการใส่ที่แน่นอน อาจใส่ตามความเคยชิน ดังนั้น การนำเชื้อรา AM, *A. morrowiae* หรือ *G. clarum* RA0305 มาใช้ในการปลูกพริก จึงน่าจะเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกพริก นอกจากนี้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่มูลวัวแห้งช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินค่อนข้างสูง เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีและช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น หากเกษตรกรใส่มูลวัวแห้งในดินสำหรับปลูกพริกแล้ว ในฤดูปลูกถัดไปอาจไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีและหากปลูกเชื้อรา AM ชนิด *A. morrowiae* ร่วมด้วยจะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกให้สูงขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามการใส่มูลวัวอาจจะต้องพิจารณาถึงปริมาณการใส่ที่เหมาะสม เพราะหากใส่ในปริมาณที่มากเกินไปอาจจะทำให้ดินเค็มและอาจจะทำให้กระทบต่อการทำงานของเชื้อรา AM ได้

งานทดลองในครั้งนี้ ได้ปลูกเชื้อตั้งแต่เมล็ดพริกเริ่มงอก โดยไม่มีการย้ายต้นกล้า ซึ่งการปลูกพริกโดยส่วนใหญ่จะปลูกโดยวิธีการย้ายต้นกล้า เพื่อให้พริกได้รับประโยชน์จากเชื้อรา AM ที่เข้ามาอาศัยอยู่ภายในรากได้มากที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเชื้อราให้แก่ต้นพริก และการใส่มูลวัวในดินปลูกยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินในปริมาณสูง จึงควรมีการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของมูลวัวต่อประสิทธิภาพการทำงานของเชื้อรา AM งานทดลองครั้งนี้มีการนึ่งวัสดุปลูกทำให้ไม่พบปัญหาของการเกิดโรคในดิน เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากเชื้อรา AM จึงควรทดสอบในระดับแปลงของเกษตรกรด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ดร. สิทธิชัย ลอดแก้ว ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช ดร. อยุธย์ คงปั้น สำนักวิชาทรัพยากร

การเกษตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับ soil inoculums และ นางสาวฐิตินันท์ ศรีทอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับข้อเสนอแนะในการจัดทำต้นฉบับ

เอกสารอ้างอิง

Boonlue, S., Surapat, W., Pukahuta, C., Suwanarit, P., A. Suwanarit and T. Morinaga. 2012. Diversity and efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from organic chili (*Capsicum frutescens*) farms. Mycoscience. 53: 10-16.

Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., T. Grove and N. Malajczuk. 1996. Working with mycorrhizas in forest and agriculture. The Australian Centre for International Agricultural research (ACIAR) Monograph No.32, Canberra, Australia.

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

Koide, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytologist. 117: 365-386

Kongpun, A. 2010. Alleviating acid soil stress in legumes with arbuscular mycorrhizal fungi. Ph. D. thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai.

Kongpun, A., B. Dell and B. Rerkasem. 2014. Acid-adapted arbuscular mycorrhizal fungi promote growth of legumes in phosphorus-deficient acid soil. CMU. J. Nat. Sci. 13(2): 127-140.

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

McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., G.L. Fairchild and J.A. Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of root by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist. 115: 495 - 501.

Plenchette, C., J. A. Fortin and B. Furlan. 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. Part I. Mycorrhizal dependency under field conditions. Plant and Soil. 70:199-209.

Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd ed. Academic Press. London.

Smith, S.E. and D.J. Read. 2000. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd ed. Academic Press. London.

Tawara, M., Itou, K. and T. Mizukubo. 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus spp.*) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. Appl. Entomol. Zool. 36(3): 387-392.

Youpensuk, S., S. Lordkaew and B. Rerkasem. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with tangerine (*Citrus reticulata*) in Chiang Mai Province, northern Thailand, and their effects on the host plant. ScienceAsia. 34: 259-264.