

สมบัติดินบางประการและการเข้าสู่รากของเชื้อราอาร์บัสคูราไมคอร์ไรซา
ในแปลงกาแฟอาราบิก้าภายใต้รูปแบบการปลูกที่แตกต่างกัน

Some Soil Properties and Arbuscular Mycorrhiza Colonization
under Different Arabica Plantation Patterns

ผานิตย์ นาขยัน^{1*} ประชา เตชนันท์² วิชญ์ภาส สังกพาลี³ และสาวิกา กอนแสง⁴
Phanit Nakayan^{1*}, Pracha Techanant², Witchaphart Sungpalee³ and Sawika Konsaeng⁴

¹สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²มูลนิธิสายใยแผ่นดิน กรุงเทพฯ 10310

³สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴สาขาวิชาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Earth Net Foundation, Bangkok, Thailand 10310

³Program of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Program of Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: phanit1515@gmail.com

Abstract

To find the suitable ways for growing coffee in highland area was to study some soil properties and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in soil under different patterns in Arabica planting areas of Bann Mai Pattana, Wawee, Chiang Rai. Plots were determined within 5 areas through different coffee planting patterns, including coffee in temperate fruit orchard, coffee in integrated orchard, mono cropping of coffee, coffee in natural forest and coffee in naturally regenerated forest. For chemical, physical soil analysis, root colonization and spore number study, three soil samples and find root of coffee per plot were corrected to laboratory. Six hundreds of fresh cherries were randomly picked from each plot for measuring fresh and dry weight. The results showed that highly OM, N, P, infiltration rate and number of AMF spore were found in planting coffee in natural forest and integrated coffee plantation. These results were effected to highly fresh and dry weight of coffee bean over that of fresh and dry weight of coffee bean in intercropping with temperate fruit and in naturally regenerated forest. While the low yields were showed in monocropping of coffee. These conclusions suggested that Arabica coffee planting under natural forest and integrated coffee plantation had further sufficient for highland farmer than monocropping pattern.

Keywords: *Coffea arabica*, organic matter, plantation patterns, arbuscular mycorrhizal fungi

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินบางประการ และการดำรงอยู่ของเชื้อราอาร์บัสคูราไมคอร์ไรซา (AMF) ในแปลงกาแฟอาราบิก้าภายใต้รูปแบบการปลูกที่ต่างกัน เพื่อหาแนวทางการปลูกกาแฟที่เหมาะสมต่อสภาพนิเวศที่สูงและลาดชัน ในพื้นที่บ้านใหม่พัฒนา ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ดำเนินการโดยสุ่มวางแปลงใน 5 พื้นที่ มีการปลูกกาแฟภายใต้รูปแบบที่แตกต่างกัน คือ การปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว การปลูกกาแฟผสมผสาน การปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว การปลูกกาแฟใต้เรือนยอดป่าธรรมชาติ และการปลูกกาแฟในพื้นที่ป่าฟื้นฟู เก็บตัวอย่างดินแปลงละ 3 จุด เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ เก็บรากและดินใกล้รากเพื่อวิเคราะห์อัตราการสร้างอาณานิคมและนับจำนวนสปอร์ในดินบริเวณราก วัดอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินในแปลง สุ่มเก็บผลกาแฟแปลงละ 600 ผล ชั่งน้ำหนักสดและแห้ง ผลการศึกษาพบว่า คุณสมบัติของดินจะมีความอุดมสมบูรณ์สูง (อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน และจำนวนสปอร์ของเชื้อรา AMF) ในสภาพการปลูกกาแฟใต้เรือนยอดป่าธรรมชาติ และการปลูกกาแฟผสมผสาน ส่งผลให้ต้นกาแฟผลิตเมล็ดผลสดและผลแห้งได้น้ำหนักต่อ 150 เมล็ดมากกว่าการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาวหรือการปลูกกาแฟในพื้นที่ป่า ในขณะที่การปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวไม่ทำให้ต้นกาแฟผลิตเมล็ดได้ดีเท่าการปลูกภายใต้ไม้ยืนต้น จึงสรุปได้ว่าการปลูกกาแฟภายใต้ป่าธรรมชาติ หรือการปลูกไม้ผสมผสาน (วนเกษตร) ให้ผลดีและเหมาะสมต่อเกษตรกรบนพื้นที่สูงมากกว่าการปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว

คำสำคัญ: กาแฟอาราบิก้า อินทรีย์วัตถุ รูปแบบการปลูก เชื้อราอาร์บัสคูราไมคอร์ไรซา

คำนำ

กาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) เป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจที่มีการซื้อขายสำคัญระดับโลก เนื่องจากเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มที่ปราศจากแอลกอฮอล์ (Sewnet and Tuju, 2013) ในประเทศไทยกาแฟอาราบิก้ามักนิยมปลูกในภาคเหนือ เนื่องจากมีสภาพอากาศและลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสม ปัจจุบันการบริโภคกาแฟมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการเมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเกษตรกรหลายรายจึงหันมาปลูกกาแฟเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในอดีตเกษตรกรมักปลูกกาแฟในรูปแบบเชิงเดี่ยว ซึ่งไม่มีร่มเงา ต้นไม้ใหญ่บดบัง เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกกาแฟ เป็นระบบการปลูกที่ต้นกาแฟไม่สามารถให้ผลผลิตได้ยาวนาน และต้นจะทรุดโทรมเร็ว มีข้อจำกัดด้านอื่นหลายๆ ด้าน เช่น ต้องลงทุนในด้านปัจจัยการผลิต อันได้แก่ การจัดเตรียมพื้นที่ การใส่ปุ๋ยเคมี การดูแลรักษา การให้น้ำปริมาณสูง ที่สำคัญคือ ต้องมีการตัดต้นไม้อายุแก่ที่ไม่ใบหญ้า เพื่อให้พื้นที่โล่งราบเรียบสะดวกต่อการปลูกกาแฟ ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลงเรื่อยๆ การปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวจึงเป็นรูปแบบที่อาจให้ผลผลิตไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในระยะยาว เกิดความไม่สมดุลของสภาพแวดล้อม ทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ (ณัฐตากานต์ และพงศศักดิ์, 2560) ดังนั้นหน่วยงานต่างๆ เช่น มูลนิธิโครงการหลวงหรือสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนรูปแบบมาเป็นการปลูกในเชิงอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทดแทนรูปแบบเดิม

แม้มีหลายปัจจัยที่จะพัฒนาให้กาแฟของพื้นที่สูงมีคุณภาพมากขึ้น เช่น การพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์ การดูแลกำจัดป้องกันโรค การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การแปรรูป แต่ยังมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำให้กาแฟมีการเจริญเติบโตที่ดี สมบูรณ์ และให้ผลผลิตดี ที่สำคัญ

อีกประการ ได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความสัมพันธ์กับเชื้อรา AMF เนื่องจากกาแฟเป็นพืชที่ต้องอิงอาศัยเชื้อราชนิดนี้ (Osorio *et al.*, 2002; De Almeida *et al.*, 2003) นอกจากนี้การปลูกกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนมักเป็นการปลูกบนพื้นที่สูง ซึ่งมีสภาพความลาดชันมาก การปลูกกาแฟในลักษณะนี้มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียธาตุอาหารและเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้ง่าย อาจส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับในระดับภูมิภาคอาเซียนในปัจจุบันกาแฟไทยมีคุณภาพและรสชาติที่ดีเป็นอันดับ 3 รองจากเวียดนามและอินโดนีเซีย แต่แนวโน้มการผลิตกาแฟของโลก จะเป็นแนวโน้มการผลิตในระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีระบบมาตรฐานที่รับรองการผลิต เช่น มาตรฐานกาแฟอินทรีย์ Fair Trade Rainforest หรือ UTZ เป็นต้น (มูลนิธิกาแฟและพงศ์ศักดิ์, 2560) ดังนั้นรูปแบบการปลูกกาแฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นแนวทางที่จะส่งผลให้กาแฟทางภาคเหนือของประเทศไทยมีคุณค่ามากยิ่งขึ้นต่อไป

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติของดินบางประการและการดำรงอยู่ของเชื้อรา AMF ในแปลงปลูกกาแฟภายใต้รูปแบบการปลูกที่แตกต่างกัน เพื่อหาแนวทางการปลูกกาแฟอราบิก้าที่เหมาะสมต่อสภาพนิเวศที่สูงและลาดชันอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการขึ้นที่ดำเนินงานระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ณ แปลงกาแฟอราบิก้าของสมาชิกโครงการอินทรีย์รักษาป่า ในพื้นที่บ้านใหม่พัฒนา หมู่ 25 ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,200-1,400 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 15-25°C. ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ฤดูหนาวเริ่ม

ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีในรอบ 10 ปี 1,225.07 มม. ทรัพยากรดินเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 ชุดดิน Sc (Slop complex) ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงและมีความลาดชันมากกว่า 35%

การศึกษาวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design; RCBD ซึ่งจำแนกการปลูกกาแฟภายใต้รูปแบบต่างๆ ออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้ 1) ปลูกกาแฟภายใต้แปลงไม้ผลเมืองหนาว (Coffee in temperate fruit orchard) 2) ปลูกกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสาน (Coffee in integrated orchard) 3) ปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว (Mono cropping of coffee) 4) ปลูกกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติ (Coffee in natural forest) และ 5) ปลูกกาแฟภายใต้แปลงป่าฟื้นฟู (Coffee in naturally regenerated forest) ทำการสุ่มพื้นที่วางแปลงตัวอย่างขนาด 50x20 เมตร พื้นที่ละ 3 แปลงในพื้นที่ปลูกกาแฟอินทรีย์ภายใต้รูปแบบการปลูกแบบต่างๆ กัน ดังกล่าวข้างต้น สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นไร่ฝิ่น ยกเว้นแปลงที่ปลูกกาแฟภายใต้เรือนยอดป่าธรรมชาติ กาแฟที่ปลูกมีอายุ 5-7 ปี อัตราความหนาแน่นการปลูกอยู่ระหว่าง 360-400 ต้น/ไร่ เกษตรกรใส่ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดตราซากุระอัตรา 500 กรัมต่อต้น โดยใส่ปีละ 2 ครั้ง ครั้งแรกระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ครั้งที่สองระหว่างเดือนสิงหาคมถึงกันยายน สุ่มเก็บผลกาแฟเซอร์รี่แปลงละ 600 ผล เพื่อบันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เก็บตัวอย่างดินในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 แบบสุ่มในแต่ละแปลง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0-10 ซม. และรากลอยปนดินใต้ร่มเงาต้นกาแฟ แปลงละ 3 จุด (ซ้ำ) จุดละ 1 กก. ในพื้นที่ระนาบเดียวกัน นำส่งห้องปฏิบัติการทางปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติ ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter; OM), ความชื้นของดิน (Soil moisture) เพลอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available-P) และโปแตสเซียม

ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable-K) โดยอ้างอิง การวิเคราะห์จากคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช ของนางลักษณ์ (2548) วัดอัตราการซาบซึมน้ำผ่านผิวดิน โดยใช้เครื่องมือวัดการซึมน้ำแบบทรงกระบอกเดี่ยว (Single cylinder infiltrometer) (กิริติ, 2543) ร้อยละ การสร้างอาณาบริเวณของเข็วรา AMF โดยวิธี Gridline intersection method (Daniels and Skipper, 1982) นับจำนวนสปอร์ของเข็วรา AMF โดยวิธี Wet sieving and decanting method (Gerdemann and Nicolson, 1963) การเก็บข้อมูลเมล็ดกาแฟผลสด (กาแฟเชอร์รี่) โดย เก็บสุ่มให้กระจายภายในแต่ละแปลงตัวอย่าง และสุ่มนับ จำนวน ซ้ำละ 150 เมล็ด รวม 4 ซ้ำ ซึ่ น้ำหนักเมล็ด กาแฟผลสดและผลแห้งต่อ 150 เมล็ด วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ของข้อมูล โดยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ Sirichai statistic program

ผลการวิจัย

ผลผลิตเมล็ดกาแฟ

น้ำหนักผลสดและผลแห้งเฉลี่ยที่ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ผลกาแฟจากแปลงภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติ (Coffee in natural forest) มีค่าเท่ากับ 261.30 และ 85.10 กรัมต่อ 150 เมล็ด ตามลำดับ (Table 1) รองลงมา ได้แก่ น้ำหนักผลสดและผลแห้งเฉลี่ยจากแปลงกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสาน (Coffee in integrated orchard) กาแฟเชิงเดี่ยว (Mono cropping of coffee) กาแฟภายใต้แปลงไม้ผลเมืองหนาว (Coffee in temperate fruit orchard) และกาแฟภายใต้แปลงป่าฟื้นฟู (Coffee in naturally regenerated forest) ตามลำดับ โดยน้ำหนักเมล็ดกาแฟ ทั้งผลสดและผลแห้งในแต่ละรูปแบบแปลงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักต่อ 150 เมล็ด

Table 1 Fresh and dry weight of cherry coffee in different type of Arabica coffee planted under diverse planting pattern

Type of coffee plantation	Fresh weight of cherry coffee	Dry weight of cherry coffee
Coffee in temperate fruit orchard	225.25b	70.54b
Coffee in integrated orchard	251.75a	73.30b
Mono cropping of coffee	230.50b	72.56b
Coffee in natural forest	261.30a	85.10a
Coffee in naturally regenerated forest	205.42c	63.02c
F-test	*	*
CV (%)	3.59	4.16

Percentages with in a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 probability level.

*Significant at 0.05 probability level

สมบัติบางประการของดินภายใต้ต้นกาแฟที่ปลูก ในรูปแบบต่างๆ

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินภายใต้ต้นกาแฟ จะพบว่าดินทั้ง 5 รูปแบบการปลูกเป็นดินเหนียวร่วนปนทรายแข็ง ดินในแปลงปลูกกาแฟทุกรูปแบบมีค่าความเป็นกรดแก่ถึงกรดจัดมาก (Vary strong acid) คือ มีค่าความเป็นกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.88-5.14 โดยมีค่าความเป็นกรดจัดมากในแปลงกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติ (Coffee in natural forest) ที่มีค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 3.88 (Table 2) ในขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าสูงกว่ามาตรฐานทุกแปลง โดยเฉพาะในแปลงกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติที่มีค่าอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดถึงร้อยละ 10.23 รองลงมา ได้แก่ อินทรีย์วัตถุในแปลงกาแฟไม้ยืนต้นผสมผสานแปลงป่าฟื้นฟูแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว และแปลงกาแฟภายใต้ไม้ผลเมืองหนาว โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความชื้นในดินที่ระดับ 0-10 ซม. พบว่าดินในบริเวณแปลงกาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ใหญ่มีความชื้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินในแปลงกาแฟภายใต้ไม้ผลเมืองหนาวและภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสานมีความชื้นในดินสูงที่สุด (ร้อยละ 17.11 และ 17.08 ตามลำดับ) ในขณะที่ดินในแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวกลับมีความชื้นในดินน้อยที่สุด (ร้อยละ 11.49) ร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่อยู่ในแปลงกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติและภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสานมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกว่าแปลงอื่น (ร้อยละ 0.51 และ 0.49 ตามลำดับ) ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินแปลงกาแฟภายใต้ไม้ผลเมืองหนาว แปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว และแปลงกาแฟภายใต้ป่าฟื้นฟูมีปริมาณร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด 0.37, 0.34 และ 0.29 ตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available-P) ในแต่ละแปลงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแปลงกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสานมีสูงที่สุด คือ 22.08 มก./กก. รองลงมา คือ ปริมาณฟอสฟอรัสในแปลงป่าฟื้นฟู ป่าธรรมชาติ แปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว และ

แปลงกาแฟภายใต้ไม้ผลเมืองหนาว มีค่าเท่ากับ 9.59, 6.33, 5.85 และ 1.24 มก./กก. ตามลำดับ และพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของทุกแปลงมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ควรมีอยู่ในดินและพืชสามารถใช้ได้อย่างเพียงพอ คือ 26-42 มก./กก. (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2560) ในทางกลับกันค่าโปแตสเซียมที่สกัดได้ (Extractable-K) ของดินในแปลงกาแฟที่ปลูกภายใต้รูปแบบต่างๆ กลับมีค่าสูง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 210.55-471.22 มก./กก. และสูงกว่าค่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (130 ppm) (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 2560) (Table 2) โดยดินในแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวยังมีปริมาณโปแตสเซียมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 471.22 มก./กก. รองลงมา ได้แก่ ดินในแปลงกาแฟภายใต้ป่าฟื้นฟู แปลงกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสาน แปลงกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติ และแปลงกาแฟในไม้ผลเมืองหนาว (329.33, 291.11, 219.78 และ 210.55 มก./กก. ตามลำดับ)

อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Soil infiltration rate)

พบว่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินในแปลงกาแฟภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติมีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินเฉลี่ยเร็วที่สุด (9.48 มม./วินาที) รองลงมา ได้แก่ แปลงกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสาน (7.57 มม./วินาที) แปลงกาแฟในไม้ผลเมืองหนาว (7.03 มม./วินาที) แปลงกาแฟภายใต้ป่าฟื้นฟู (6.67 มม./วินาที) ในขณะที่อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินช้าที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ในแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว (4.4 มม./วินาที) (Table 2) โดยค่าที่ได้ครั้งนี้มีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของอัตราการแทรกซึมน้ำทั่วไป (Kohnke, 1968 อ้างโดยสมชาย, 2534) ซึ่งกล่าวว่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินระดับเร็วมาก คือ มากกว่า 254 มม./ชม. หรือมากกว่า 0.07 มม./วินาที แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้วัดวิเคราะห์เฉลี่ยค่าอัตราการซึมน้ำใน 3 นาทีแรกที่น้ำผ่านดิน ประกอบกับเป็นดินที่ศึกษาเป็นดินป่าธรรมชาติพื้นที่สูงและเป็นดินที่อยู่ในสภาพไม่อิมตัว

อัตราการเข้าสู่รากของเชื้อรา AMF และจำนวนสปอร์ในดินบริเวณรากกาแฟภายใต้การปลูกในรูปแบบต่างๆ

โดยปกติเชื้อรา AMF ที่อาศัยอยู่ในรากของกาแฟจะช่วยทำให้กาแฟเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีขึ้นถึงร้อยละ 62 โดยช่วยนำโปแตสเซียมและฟอสฟอรัสเข้าสู่ต้นกาแฟ (Posada and Sieverding, 2014) โดยเฉพาะการนำฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์มาให้รากพืชใช้ แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเข้าสู่รากของเชื้อรา AMF (Mycorrhizal root colonization) ของกาแฟที่ปลูกภายใต้รูปแบบการปลูกต่างๆ มีอัตราการเข้าสู่รากค่อนข้างสูงถึงสูง (ร้อยละ 75.69-86.10) (Table 2) ยกเว้นการเข้าสู่รากของเชื้อรา AMF ในรากกาแฟที่ปลูกภายใต้ไม้ยืนต้นที่ปลูกผสมผสาน (ร้อยละ 50.92) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีอยู่ในแปลงนี้สูงที่สุด (22.08 มก./กก.)

แต่ในขณะเดียวกันในแปลงปลูกเชิงเดี่ยวและในแปลงไม้ผลเมืองหนาวกลับมีอัตราการเข้าสู่รากสูง (ร้อยละ 86.10 และ 81.11 ตามลำดับ) ซึ่งในดินบริเวณดังกล่าวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อยมาก (5.85 และ 1.24 มก./กก. ตามลำดับ)

จากการตรวจหาสปอร์ในดินบริเวณรากกาแฟในแปลงปลูกรูปแบบต่างๆ พบว่าจำนวนสปอร์ในแต่ละแปลงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินในแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวมีจำนวนสปอร์สูงสุด (26.5 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม) (Table 2) รองลงมา ได้แก่ ดินในแปลงปลูกกาแฟภายใต้ไม้ผลผสมผสาน (16.4 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม) ภายใต้เรือนยอดไม้ป่าธรรมชาติ (16.2 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม) ภายใต้เรือนยอดไม้ผลเมืองหนาว (14.2 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม) และภายใต้ร่มไม้ของป่าฟื้นฟูโดยธรรมชาติ (11.6 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม)

Table 2 Some physical, chemical and biological properties of soil in Arabica coffee planted under diverse planting pattern

Plot	Soil pH	OM (%)	Soil moisture (%)	N (%)	Available P (mg kg ⁻¹)	Exchangeable K (mg kg ⁻¹)	Infiltration rate (mm sec ⁻¹)	AM infection rate (%)	No. of spore (spore g soil ⁻¹)
Coffee in temperate fruit orchard	5.07a	5.77b	17.11a	0.29b	1.24c	210.55b	7.03abc	81.11ab	14.20b
Coffee in integrated orchard	4.31ab	8.06ab	17.08a	0.49a	22.08a	291.11b	7.57ab	50.92b	16.40b
Mono cropping of coffee	5.05a	6.82b	11.49b	0.34b	5.85bc	471.22a	4.4c	86.10a	26.50a
Coffee in natural forest	3.88b	10.23a	14.61ab	0.51a	6.33bc	219.78b	9.48a	75.69ab	16.20b
Coffee in naturally regenerated forest	5.14a	7.38b	14.77ab	0.37b	9.89b	329.33b	6.67c	78.25ab	11.57b
F-test	*	*	*	**	*	*	*	*	*
CV (%)	10.42	19.06	17.99	8.50	31.29	26.88	19.20	22.63	32.37

Percentages with in a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 probability level.

* Significant at 0.05 probability level, ** Highly significant at 0.01 probability level

Table 3 The pearson correlation coefficient (r) between some soil properties and fresh weight of cherry coffee which corrected under difference planting patterns

		pH	OM	Soil moisture content (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Infiltration rate (mm sec ⁻¹)	Infection rate (%)	Spore No. (spore g soil ⁻¹)
Fresh weight of cherry coffee	Pearson	-0.925*	0.709	-0.130	0.780	0.282	-0.323	0.216*	-0.487	0.226
	Sig.(2-tailed)	0.024	0.180	0.835	0.120	0.646	0.596	0.727	0.405	0.715
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดเมล็ดกาแฟกับสมบัติดินและเชื้อรา AMF

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดเมล็ดกาแฟกับสมบัติดินบางประการ (Table 3) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตของน้ำหนักสดของเมล็ดกาแฟ คือ เมื่อค่า pH ต่ำมากจะยิ่งส่งผลต่อผลผลิตเมล็ดกาแฟ นั่นคือจะมีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณความชื้นในดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโปแตสเซียม อัตราการเข้าสู่อากาศ และจำนวนสปอร์ของ AMF ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดกาแฟสด

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติดินในการปลูกกาแฟบนพื้นที่สูงภายใต้รูปแบบต่างๆ ของการศึกษาค้นคว้าพบว่าดินในแปลงป่าธรรมชาติและแปลงไม้ผสมผสาน (วนเกษตร) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Notaro *et al.* (2014) ที่รายงานไว้ว่า ระบบการปลูกกาแฟโดยใช้รูปแบบการปลูกภายใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติและภายใต้ไม้ยืนต้นผสมผสานเป็นรูปแบบการปลูกกาแฟทางเลือกได้อย่างยั่งยืน เนื่องจากรูปแบบนี้ช่วยให้ดินมีคุณภาพดีจากการมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ได้จาก

การย่อยสลายของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นจำนวนมากให้กลายเป็นธาตุอาหารพืช ผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินซึ่งพึ่งพาเศษซากพืชอินทรีย์วัตถุเหล่านี้เป็นแหล่งอาหาร และก่อให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารที่ดีกว่าดินที่อยู่ภายใต้ระบบการปลูกกาแฟแบบอื่น นอกจากนี้ Fugi (2014) ได้รายงานไว้ว่า ดินในป่าที่สูงเขตร้อนจะมีเชื้อราขาวบางชนิด (White-rot fungi) ที่ช่วยย่อยสลายเศษใบไม้ที่ร่วงหล่นได้ดีและรวดเร็วแม้อาศัยอยู่ในสภาพดินที่เป็นกรดจัด โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ Lignin peroxidase และ Manganese peroxidase มาช่วยสลาย ประกอบกับนิคมของใบไม้ที่ร่วงหล่น เกิดการหมุนเวียนสารอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืชได้ดี และอาจดีกว่าการหมุนเวียนธาตุอาหารในแปลงกาแฟในแปลงไม้ผสมผสาน แม้ว่าจะมีค่า pH ในแปลงป่าธรรมชาติต่ำกว่าแปลงป่าผสมผสาน นอกจากนี้ดิฐพล (2556) ได้รายงานถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่พบมากในแปลงปลูกกาแฟแบบวนเกษตรมากกว่าแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมีเศษใบไม้กิ่งไม้ที่ร่วงหล่นและย่อยสลายในแบบวนเกษตรมากกว่าแปลงปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว และ USDA Natural Resources Conservation Service (2008) ได้รายงานประโยชน์ของอินทรีย์วัตถุในดินว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อโครงสร้างดิน และส่งผลต่ออัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินของการศึกษาค้นคว้า ที่พื้นที่ปลูกกาแฟ

เกือบทุกแปลงมีอินทรีย์วัตถุในปริมาณสูง และมีอัตราการ ซาบซึมน้ำผ่านผิวดินอยู่ในระดับดีมาก อัตราการซาบซึมน้ำ ที่ดีมากผิดปกติอาจเนื่องมาจากการวัดอัตราการซาบซึมน้ำ ในช่วงดินไม่อึ่มตัวร่วมกับลักษณะทางกายภาพของดิน ที่มีความร่วนซุยมีรากพืชแผ่กระจายเกือบเต็มพื้นที่ จึงเห็นว่ารูปร่างดังกล่าวเป็นรูปแบบการปลูกกาแฟอาราบิก้า ที่เหมาะสมในพื้นที่สูง และเอื้อต่อการเจริญเติบโตของ ต้นกาแฟและผลผลิตของกาแฟ

นอกจากนี้ระบบการปลูกกาแฟใต้เรือนยอด ป่าธรรมชาติ และการปลูกกาแฟผสมผสานยังช่วยบำรุง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีการหมุนเวียนธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญของต้นกาแฟ ปัจจุบันเหล่านี้ส่งผลให้ต้นกาแฟสามารถเติบโตได้ดีและ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟสดได้สูงตามไปด้วย ทั้งนี้ยกเว้น ในแปลงปลูกกาแฟในแปลงป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ ที่ให้ผลกาแฟเชอร์รี่ขนาดเล็กที่สุด ส่วนค่า pH ของดินใน ทุกพื้นที่มีค่าความเป็นกรดแก่-กรดจัดมาก อาจเนื่องมาจาก เป็นดินที่อยู่บนพื้นที่สูง ซึ่งมีการชะล้างสูงเนื่องจาก มีปริมาณฝนตกต่อปีมากกว่า และเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ ซึ่งดินจะมีความเป็นกรดสูง (McCauley *et al.*, 2017) แต่กาแฟเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH ของดินที่กว้าง คือ pH 4.5-6.5 (อักซอร์ และพัฒนาพันธ์ุ, 2537) จึงยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามพบว่า หาก pH มีค่าต่ำมากๆ อาจส่งผลต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดกาแฟสดได้

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างต้นกาแฟกับเชื้อรา AMF เป็นความสัมพันธ์ที่สำคัญและซับซ้อนอย่างหนึ่ง เนื่องจากเส้นใยของเชื้อรา AMF สามารถยึดยาวเพื่อหา และนำธาตุอาหารต่างๆ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่อยู่ไกล ออกไปมาให้ต้นกาแฟได้ ช่วยป้องกันกาแฟจากโรคทาง รากต่างๆ ช่วยส่งเสริมให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น (Andrade *et al.*, 2009) ในการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่า ผลผลิตอันได้แก่ น้ำหนักแห้งเมล็ดกาแฟมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเข้าราก ของเชื้อรา AMF ในรากของกาแฟ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัย ของ Sewnet and Tuju (2013) ที่พบว่า การสร้างอาณานิคม

ของเชื้อรา AMF ในรากกาแฟมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน นอกจากนี้การสร้างอาณานิคมของรากกาแฟยังสัมพันธ์ กับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ สูงมากกว่า 50 mg kg^{-1} จะลดการดำเนินกิจกรรมการ เข้าสู่รากของเชื้อรา AMF (Swift, 2004) สอดคล้องกับ งานวิจัยนี้ ที่พบว่าดินในแปลงกาแฟภายใต้ไม้ยืนต้น ผสมผสานมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่นๆ จึงส่งผลให้เชื้อรา AMF สร้างอาณานิคม ได้ในอัตราที่น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามอาจมีหลายปัจจัย นอกจากสมบัติของดินที่กล่าวมาแล้วที่สามารถส่งเสริมให้ การปลูกกาแฟภายใต้สภาพร่มไม้ป่าธรรมชาติเป็นรูปแบบ การปลูกกาแฟที่เหมาะสมและยั่งยืน สามารถให้ผลผลิต กาแฟใต้ปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่นๆ ดังนั้นควรส่งเสริมให้มีการศึกษาในระยะยาวในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งด้านดิน น้ำ และไม้ร่มเงาของ กาแฟ รวมถึงการศึกษาด้านอื่นๆ เช่น การใช้ประโยชน์ใน รูปแบบอื่นจากสวนกาแฟ หรือมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยรวมที่ได้จากการประกอบอาชีพการปลูกกาแฟใน รูปแบบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อประโยชน์อย่างยั่งยืน ต่อเกษตรกร และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การปลูกกาแฟภายใต้รูปแบบการปลูกต่างๆ มี ผลต่อผลผลิตของเมล็ดกาแฟสดและเมล็ดกาแฟแห้ง เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้งชนิดไม้ที่ขึ้นปกคลุม และสมบัติของดิน ดังสรุปได้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ว่า คุณสมบัติของดินบางประการภายใต้สภาพการปลูกกาแฟ ในไม้ป่าธรรมชาติ และการปลูกภายใต้ไม้ผสมผสาน ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง โดยเฉพาะอินทรีย์วัตถุที่เป็นปัจจัย สำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ เมล็ดผลสดและผลแห้งกาแฟ อินทรีย์วัตถุยังช่วยให้ดินมี สภาพการซึมน้ำผ่านผิวดินได้ดี ช่วยปลดปล่อยธาตุอาหาร ต่างๆ ให้ต้นกาแฟได้อย่างยาวนาน นอกจากนี้การปลูกกาแฟ ร่วมกับไม้ผลเมืองหนาวและไม้ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ

ก็สามารถผลิตเมล็ดกาแฟได้ผลผลิตดีเช่นกัน ในขณะที่การปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวไม่ทำให้ต้นกาแฟผลิตเมล็ดได้ดีเท่ากับการปลูกภายใต้ไม้ยืนต้น จึงสรุปได้ว่าการปลูกกาแฟภายใต้ป่าธรรมชาติ หรือการปลูกกับไม้ผสมผสาน (วนเกษตร) จะช่วยให้เกษตรกรปลูกกาแฟได้อย่างยั่งยืน ส่งผลดีต่อระบบนิเวศธรรมชาติบนพื้นที่สูงมากกว่าการปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิสายใยแผ่นดิน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิริติ ลีวัจนกุล. 2543. **อุทกวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต. 552 น.

ณัฐตากานต์ ปินทุภาค และพงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์. 2560. รูปแบบและกระบวนการส่งเสริมการปลูกกาแฟอาราบิก้าในพื้นที่โครงการหลวงและโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง.

ว. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1: 521-526.

ดิฐพล ทองแสน. 2556. เปรียบเทียบศักยภาพดินจากการผลิตกาแฟเชิงเดี่ยวกับการปลูกในรูปวนเกษตรที่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน: กรณีศึกษาร้านแม่มอญ ตำบลห้วยชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. น. 61-66.

ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 9 The 9th Naresuan Environmental Annual Conference. 1 สิงหาคม 2556.** พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์. 2548. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 286 น.

สมชาย องค์กรเสรีรัฐ. 2534. **ปฐพีศาสตร์ประยุกต์**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 444 น.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1. 2560.

คุณสมบัติดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช.

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

http://oard1.doa.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=12#l2 (17 สิงหาคม 2560).

อักษร เสกธีระ และพัฒนพันธุ์ ไพชยนต์. 2537.

คู่มือการปลูกและการผลิตกาแฟอาราบิก้า

บนที่สูง: ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกาแฟ.

เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 109 น.

Andrade, S.A.L., P. Mazzafera, M.A. Schiavinato and A.P.D. Silveira. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee: A review. **Agricultural Science** 147: 105-115.

Daniels, B.A. and H.D. Skipper. 1982. Method for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. pp. 29-35. In Schenek, N.C. (ed.).

Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Minnesota: American Phytopathological Society.

De Almeida, V.C., M.I. Nogueira, R.J. Guimarães and M. Mourão. 2003. Carbono da biomassa microbiana e micorriza en solo sub mata nativa e agroecosistemas cafeeiros. **Acta Sci. Agronomy** 25: 147-153.

- Fuji, S. 2014. Soil acidification and adaptations of plants and microorganisms in Bornean tropical forests. **Ecological Research** 29: 371-381.
- Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** 46(2): 235-244.
- McCauley, A., C. Jones and K. Olson-Rutz. 2017. **Soil pH and Organic Matter in Nutrient Management Module No. 8.** Montana: Montana State University. 16 p.
- Notaro, K.A., E.V. Medeiros, G.P. Duda, A.O. Silva and P.M. Moura. 2014. Agroforestry systems, nutrient in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola** 71(2): 87-95.
- Orosio, N.W., M. Alzate and G.A. Ramírez. 2002. Coffee seedling growth as affected by mycorrhizal inoculation and organic amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 33: 1425-1434.
- Posada, R.H. and E. Sieverding. 2014. Arbuscular mycorrhiza in Colombian coffee plantations fertilized with coffee pulps as organic manure. **Journal of Applied Botany and Food Quality** 87: 243-248.
- Sewnet, T.C. and F.A. Tuju. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with shade trees and *Coffea arabica* L. in a coffee-based agroforestry system in Bonga, Southwestern Ethiopia. **Afrika Focus** 26(2): 111-131.
- Swift, C.E. 2004. **Mycorrhiza and Soil Phosphorus Levels.** Colorado: Colorado State University. 4 p.
- USDA Natural Resources Conservation Service. 2008. **Soil quality indicator.** Brochures. [Online]. Available http://www.nrcs.usdagov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053289.pdf (24 June 2017).

