

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายชนิดของไม้ต้นต่อการเติบโตของกาแฟอาราบิก้าภายใต้ร่มเงา บริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน และสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่

ปณิดา กาจันนะ^{1*} นริศ ยิ้มแย้ม² ชีระพงษ์ เสาวภาคย์¹ และ นลัท มัทวัง¹

รับต้นฉบับ: 30 เมษายน 2564

ฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์: 18 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

กาแฟ เป็นพืชเศรษฐกิจเขตร้อนที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการปลูกได้ร่มในระบบวนเกษตรทั่วโลก การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทยได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกและพัฒนาบนพื้นที่สูง เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศที่หนาวเย็น เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต โดยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความหลากหลายชนิดและปัจจัยแวดล้อมบางประการที่ส่งผลต่อการเติบโตของต้นกาแฟในพื้นที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยนและสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย ด้วยการวางแผนสำรวจขนาด 30 เมตร x30 เมตร ในพื้นที่แปลงกาแฟใต้เรือนยอดทั้งสองพื้นที่ โดยทำการระบุชนิด และวัดขนาดความโตไม้องค์ประกอบ และวัดขนาดความโต และความสูงของต้นกาแฟ ผลการศึกษาพบว่า ชนิดไม้เด่นที่พบในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน เป็นชนิดไม้ในป่าดิบเขา เช่น ทะโล้ และก่อเดือย เป็นต้น มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย ชนิดไม้เด่นเป็นไม้ป่าเบญจพรรณผสมป่าดิบเขา เช่น เลี้ยวดอกขาว มะกอกเกลื้อน และทะโล้ เป็นต้น มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 32.01 ± 7.12 การเติบโตของต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกาแฟไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความหลากหลายชนิดที่เพิ่มขึ้น และปริมาณร้อยละแสงผ่านเรือนยอดที่มากขึ้นจะมีผลต่อความสูงของต้นกาแฟที่น้อยลงโดยในการจัดการแปลงวนเกษตรที่ปลูกกาแฟใต้เรือนยอดที่มีการปกคลุมประมาณร้อยละ 30 ยังสามารถทำให้กาแฟเติบโตได้ดีทั้งสองพื้นที่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการคงไว้ของชนิดไม้ต้นในแปลงให้ร่มเงา เพื่อส่งเสริมการเติบโตของกาแฟต่อไป

คำสำคัญ: ปริมาณแสงผ่านเรือนยอด, ความหลากหลายชนิดของไม้ต้น, การเติบโตของต้นกาแฟอาราบิก้า, วนเกษตร

¹ ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

² ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: panida.kachina@gmail.com

ORIGINAL ARTICLE

Impact of sky openness and tree diversity on growth of coffee under shade in Khun Chang Khian Highland Agricultural Research and Training Station and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiangmai Province

Panida Kachina^{1*}, Narit Yimyam², Teerapong Soawapak¹, and Nalat Mathawang¹

Received: 30 April 2021

Revised: 14 May 2021

Accepted: 18 May 2021

ABSTRACT

Coffee is one of the most important tropical crops in terms of global trade. Currently, mainly coffee plantation is under the shed of tree in agroforestry systems around the world. The cultivation of Arabica coffee in Thailand has been promoted and developed to the highland cultivation due to the cool and dry weather properly for coffee growth. This study investigates the diversity of trees and tree canopy cover affected coffee growth between Khun Chang khian Highland Agricultural Research and Training Station and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiangmai Province. Three study plots of 30x 30 m were conducted in both sites. The results showed that in Khun Chang khian station plots was dominated by Lower Montane Forest species such as *Schima wallichii* and *Castanopsis tribuloides* with an average percentage of sky openness 30.88 ± 11.21 . Nong Hoi Station plot was dominated by Mixed Deciduous Forest and Lower Montane Forest species such as *Bauhinia variegata*, *Canarium subulatum*, and *Schima wallichii* with average percentage of sky openness of 32.01 ± 7.12 . The total height of coffee trees in Khun Chang Khian station was higher than the coffee trees in the Nong Hoi area. The diameter of the coffee plant was no different. Tree species diversity and sky openness were negatively affected to the growth of coffee plants in both sites. The management of agroforestry plots with coffee under the shed of trees may be necessary to consider preserving the trees in the plot to promote coffee growth further.

Keywords: sky openness factors, tree diversity, under-shade coffee growth, agroforestry

¹Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² Highland Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

*Corresponding author: E-mail: panida.kachina@gmail.com

คำนำ

กาแฟ เป็นพืชเศรษฐกิจเขตร้อนที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการปลูกในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงในเขตร้อนทั่วโลก และมีความต้องการทางการตลาดเพิ่มขึ้นทุกปี (International Coffee Organization, 2016) แนวโน้มความนิยมที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การปลูกกาแฟที่มีการปลูกแบบใต้ร่ม (shaded coffee plantation) มีรูปแบบเป็นพืชแบบกลางแจ้ง (full-sun) มากยิ่งขึ้น (Jha et al., 2014) ขณะเดียวกันพื้นที่ป่าไม้ได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกกาแฟในระบบวนเกษตร อาจจะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Magrath and Ghazoul, 2015) อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในระบบวนเกษตรยังสามารถคงได้ซึ่งการบริการของระบบนิเวศได้ (ecological services) เช่น การผสมเกสร (pollination) การหมุนเวียนธาตุอาหาร (nutrient cycling) การควบคุมแมลงศัตรู (pest controls) และการควบคุมสภาพอากาศ (climate buffering) (Magrath and Ghazoul, 2015)

การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทยได้รับการส่งเสริมโดยกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานที่ได้ทดลองปลูกและขยายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นหลักคือ พันธุ์อาราบิก้าเนื่องจากพันธุ์นี้เป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศที่หนาวเย็นในการเจริญเติบโต หรือเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 700 เมตรขึ้นไป จึงส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพดี ทำให้มีการส่งเสริมให้ปลูกอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ตลอดจนมีบทบาทต่อการพัฒนาพื้นที่สูงเป็นอย่างดี

มาก โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่อายุ 4 ปีขึ้นไป ซึ่งปกติแล้วกาแฟเป็นพืชที่มีอายุได้ถึง 50 ปี (Angkasit, 2004)

การปกคลุมของชนิดไม้ที่เป็นเรือนยอดเป็นโครงสร้างในระบบวนเกษตร สามารถอธิบายถึงการให้ร่มของเรือนยอด ความหนาแน่นของต้นไม้ และความหลากหลายชนิด ต่างเป็นปัจจัยที่ส่งผลเป็นต่อการบริการทางนิเวศวิทยาได้ ซึ่งพบว่าปัจจัยดังกล่าวอาจมีผลต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของกาแฟ (Wintgens, 2009) ปริมาณแสงธรรมชาติที่กาแฟสามารถเติบโตได้อยู่ในช่วงร้อยละ 20-60 (Muschler, 2008) ซึ่งปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อกาแฟดังกล่าวที่มาจากทรงอยู่ของไม้ต้นสามารถช่วยลดการระเหยและการคายน้ำของต้นกาแฟ รวมถึงซากพืชที่ร่วงหล่นอาจเป็นวัสดุคลุมดินและการคืนธาตุอาหาร และระบบรากของไม้ต้นช่วยในการระบายน้ำ ลดความร้อนของอากาศและดิน ตลอดจนส่งเสริมให้มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟ (Boonkird, 1986)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและประเมินความหลากหลายชนิดไม้ที่คงอยู่ในพื้นที่แปลงกาแฟใต้ร่มในรูปแบบวนเกษตร และประเมินอิทธิพลของปริมาณแสงผ่านเรือนยอดต่อการเติบโตของต้นกาแฟอาราบิก้า ในบริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยนและสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการแปลงวนเกษตรที่มีกาแฟใต้เรือนยอดให้ถูกต้อง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ

เติบโตของกาแฟ และความหลากหลายชนิดของไม้
องค์ประกอบบนพื้นที่สูงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุน
ช่างเคี่ยน (สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน) และสถานีเกษตรที่
สูงหนองหอย (สถานีฯ หนองหอย) เป็นสถานีวิจัย
เพื่อศึกษาและพัฒนาวิชาการความรู้ให้กับเกษตรกร
บนพื้นที่สูงและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ได้มี
การเริ่มพัฒนามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ภายใต้การดูแล
โดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มี
กาแฟอาราบิก้า เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ทำกรปลูกใน
พื้นที่ เป็นพื้นที่ต้นแบบเพื่อศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการ
ปลูก การผลิต และการส่งเสริมการปลูกกาแฟอารา
บิก้าในเขตภาคเหนือตอนบน โดยแปลงกาแฟที่
ทำการศึกษาครั้งนี้ เป็นแปลงปลูกกาแฟที่ปลูกได้ไม่
ใหญ่ มีลักษณะเป็นรูปแบบวนเกษตร ส่วนใหญ่
พื้นที่ศึกษาเป็นชายป่าติดกับป่าธรรมชาติ โดยสถานี
ฯ ขุนช่างเคี่ยน ตั้งอยู่ในหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน อำเภอ
เมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมด 262 ไร่ ระดับ
ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200-1,300 เมตร
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,495.5 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิ
เฉลี่ยตลอดปี 19.8 องศาเซลเซียส พืชหลักที่ปลูก
ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า และไม้ผลเมืองหนาว ขณะที่
สถานีฯ หนองหอย ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านหนองหอย อ.แม่
ริม จ.เชียงใหม่ มีพื้นที่ประมาณ 80 ไร่ ความสูงจาก
ระดับน้ำทะเล 850 - 900 เมตร มีพืชหลักที่ปลูก
ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า และพืชผักต่าง ๆ ปริมาณ

น้ำฝนเฉลี่ย 1,354.5 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิ
เฉลี่ยทั้งปี 28.5 องศาเซลเซียส การศึกษาในครั้งนี้ได้
ทำการสำรวจในช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์
สำรวจกาแฟอาราบิก้าในสายพันธุ์คาติมอร์
(Cartimor) ช่วงอายุ 27-30 ปี ซึ่งปลูกตั้งแต่ปี 2529
อยู่ในสภาพได้ร่มเงา มีการจัดการแปลงก่อนปลูก
สายพันธุ์ปลูก และการปฏิบัติทางการเกษตร
เดียวกันทั้ง 2 สถานี

2. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

วางแผนสำรวจที่แปลงกาแฟอาราบิก้า ใน
พื้นที่ได้ร่ม บริเวณสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ
หนองหอย โดยทำการวางแผนแบบเจาะจง
(purposive plot) ขนาด 30 เมตร x 30 เมตร จำนวน 3
แปลงสำรวจในแต่ละพื้นที่ (รวมสองพื้นที่ 6 แปลง)
โดยตามระดับความสูงของพื้นที่ปลูกกาแฟได้ร่มไป
จนถึงขอบพื้นที่ปลูกกาแฟที่ติดชายป่า ภายในแปลง
30 เมตร x 30 เมตรแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10
เมตร จำนวน 9 แปลง ในการสำรวจภาคสนามทำ
การเก็บข้อมูลของไม้ต้นและต้นกาแฟ ดังต่อไปนี้

2.1 ไม้ต้น

1) ข้อมูลของไม้ต้นในแปลง ทำการ
บันทึกชนิด วัดเส้นรอบวงของไม้ต้นที่มีเส้นรอบวง
มากกว่า 14 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร
(Girth at breast height, GBH; cm) ด้วยตลับเมตร วัด
ความสูงทั้งหมด (Total height, Ht; m) และความสูง
กิ่งแรกของไม้ต้น (First branch height, H₁; m) โดย
ใช้เครื่องวัดความสูง Range Finder

2) ภายในแปลงสำรวจทำการวัดขนาด
เรือนยอดของไม้ต้นทั้งหมด 4 ทิศ เพื่อจัดทำภาพ

โครงสร้างด้านตั้ง (Profile diagram) และร้อยละการปกคลุมเรือนยอด (Percentage of crown cover) โดยใช้ข้อมูลความสูงทั้งหมด ความสูงกิ่งแรก ความกว้างของเรือนยอด และพิกัดที่บอกตำแหน่งของไม้ต้นในแผนภาพโครงสร้างด้านตั้ง เพื่อศึกษาชั้นเรือนยอดในแปลงกาแฟได้เริ่มเงา และคำนวณร้อยละพื้นที่ที่แสงส่องผ่านเรือนยอดจากแผนภาพโครงสร้างด้านตั้ง (Appendix Figure 1 and 2)

2.2 ต้นกาแฟ

ในแต่ละแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ทำการสุ่มกาแฟในแปลงย่อยจำนวนแปลงย่อยละ 3 ต้น รวม 21 ต้นต่อแปลง ทำการวัดและบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางด้วย digital vernier caliper ที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน (D_{15} ; cm) (Andrade *et al.*, 2015) และวัดความสูงต้นตัวอย่างด้วย measuring pole (H; m)

3. วิเคราะห์ข้อมูล

1) ดัชนีความสำคัญ (Importance value index, IVI) ของชนิดไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษา ทำการคำนวณลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดในสังคมพืช โดยค่าดัชนีของแต่ละชนิดได้จากผลรวมของค่า ความถี่สัมพัทธ์ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และ ความเด่นสัมพัทธ์ของชนิดนั้น ๆ

2) ดัชนีความหลากหลายชนิด (Species Diversity Index) เพื่อใช้บ่งชี้ความหลากหลายของชนิดไม้ในสังคมพืช ในที่นี้ใช้สมการ Shannon-Wiener Index, H' , (Krebs, 1985)

3) การประเมินการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น ประเมินโดยใช้สมการของชนิด

ไม้ในป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขา (Tsutsumi, 1983) โดยพิจารณาชนิดไม้เด่นในแต่ละแปลงว่าเป็นชนิดไม้เด่นประจำป่าเบญจพรรณหรือป่าดิบเขาเพื่อใช้สมการของแต่ละชนิดป่า (forest type) ดังนี้

ชนิดป่าดิบเขา

$$W_t = W_s + W_b + W_l$$

$$W_s = 0.0509 D^2 H^{0.919}$$

$$W_b = 0.00893 D^2 H^{0.977}$$

$$W_l = 0.0140 D^2 H^{0.669}$$

ชนิดป่าเบญจพรรณ

$$W_t = W_s + W_b + W_l$$

$$W_s = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$$

$$W_b = 0.003487 D^2 H^{1.0270}$$

$$W_l = (28.0/W_{tc} + 0.025)^{-1}$$

โดยที่ W_t = มวลชีวภาพเหนือดินทั้งหมด (กิโลกรัม)
 W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)
 W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)
 W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)
 W_{tc} = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น+กิ่ง (กิโลกรัม)
 W_t = มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กิโลกรัม)
 D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)
 H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่ คือ จำนวนต้นไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระดับอกของไม้ต้น การสะสมมวลชีวภาพรวมของไม้ต้น ขนาดและความสูงของต้นกาแฟเฉลี่ยในแปลง โดยใช้การวิเคราะห์ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R

4. วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต่อการเติบโตของต้นกาแฟ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นกาแฟที่ 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน (D_{15}) ความสูงทั้งหมด (H) และค่า $D^2 H$ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเติบโตและการสะสมมวลชีวภาพของพืช (Hase and

Foelster, 1983) โดยนำข้อมูลจากต้นกาแฟในแต่ละแปลงย่อยมาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยกำหนดตัวแปรอธิบาย (Explained Variable; Y) คือ ค่า D_{15} , ค่า H และค่า D^2H กำหนดให้ตัวแปรอิสระ (Independent Variable; x) คือ ร้อยละแสงส่องผ่านเรือนยอด (x_1) ปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นในแปลงย่อย (x_2) และค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (x_3) และทดสอบอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างพื้นที่ ด้วยการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) ในโปรแกรม R

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบชนิดไม้และความหลากหลายชนิด

ในพื้นที่สถานีเกษตรที่สูง

จากการศึกษาองค์ประกอบชนิดในพื้นที่สำรวจสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน พบไม้ต้นทั้งหมด 54 ต้น ใน 31 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 196.2 ต้นต่อเฮกเตอร์ มีพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นรวมเท่ากับ 36.09 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีค่าความสำคัญพบชนิดไม้เด่น จากค่าดัชนีค่าความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ ทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) ก่อหมวก (*Quercus oidocarpa* Korth.) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides* (Sm.) A.DC.) กะทังใบใหญ่ (*Litsea grandis* (Nees) Hook. f.) และ ก่อดำ (*Lithocarpus truncatus* (King ex Hook. F.) Rehder) โดยมีค่าเท่ากับ 45.42, 21.23, 17.61, 16.76 และ 12.70 ตามลำดับ (Table 1) และมีค่าความหลากหลายชนิดของไม้ต้นรวมเท่ากับ 3.21 (แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่า

ความหลากหลาย เท่ากับ 1.82, 1.75 และ 2.98 ตามลำดับ) ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย พบไม้ต้นทั้งหมด 73 ต้น ใน 33 ชนิด 30 สกุล 23 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 270.4 ต้นต่อเฮกเตอร์ มีพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 26.80 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีค่าความสำคัญพบชนิดไม้เด่น จากค่าดัชนีค่าความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ เสี้ยวดอกขาว (*Bauhinia variegata* L.) มะกอกเกลื่อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) ทะโล้ ก่อแพะ (*Quercus kerrii* Craib) และกระถิน (*Leucaena* sp.) มีค่าเท่ากับ 77.70, 22.37, 21.73, 18.44 และ 14.78 ตามลำดับ (Table 1) และมีค่าความหลากหลายชนิด (H') ของไม้ต้นรวมเท่ากับ 3.01 (แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.14, 1.75 และ 2.99 ตามลำดับ)

การสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ศึกษา พบว่าในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการสะสมมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 492.27 ± 13.15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (492.7 ± 131.5 เมกกะกรัมต่อเฮกเตอร์) ขณะที่สถานีฯ หนองหอยมีการสะสมมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 175.56 ± 1.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (175.5 ± 13.5 เมกกะกรัมต่อเฮกเตอร์)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนและพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นในแต่ละแปลงย่อย ที่พบในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ หนองหอย พบว่าจำนวนต้นไม้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($t = -0.438, p = 0.68$) (Figure 1a) เช่นเดียวกับพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ ($t = 0.98, p = 0.33$) (Figure 1b)

Table 1. Important value index (IVI) and basal area (BA) of tree species in study plots in Khun Changkhian and Nong Hoi Highland Agricultural Stations

Khun Changkhian station							Nong Hoi station						
Order	Common name	Botanical name	Family	BA (m ² ha ⁻¹)	IVI (%)		Order	Common name	Botanical name	Family	BA (m ² ha ⁻¹)	IVI (%)	
1	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	7.33	45.42		1	เด็ยวดอกขาว	<i>Bauhinia variegata</i>	FABACEAE	8.77	77.69	
2	ก้อหมวก	<i>Quercus oideocarpa</i>	FAGACEAE	5.44	21.23		2	มะกอกเก็ดอน	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	1.28	22.37	
3	ก้อใบเดียม	<i>Castanopsis tribuloides</i>	FAGACEAE	3.27	17.61		3	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	4.25	21.73	
4	กะพังใบใหญ่	<i>Litsea grandis</i>	LAURACEAE	4.51	16.76		4	ก้อพะพะ	<i>Quercus kerrii</i>	FAGACEAE	1.80	18.44	
5	ก้อดำ	<i>Lithocarpus truncatus</i>	FAGACEAE	0.82	12.70		5	กระถิน	<i>Leucaena</i> sp.	FABACEAE	0.82	14.78	
6	ชิงชัน	<i>Dalbergia oliveri</i>	FABACEAE	0.05	12.45		6	ก้อเดือย	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FAGACEAE	1.63	11.94	
7	เก็ดแดง	<i>Dalbergia dongnaiensis</i>	FABACEAE	2.83	12.12		7	มะม่วงหัวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i>	ANACARDIACEAE	0.39	11.64	
8	สารภีค้อย	<i>Anneslea fragrans</i>	PENTAPHYLAC	1.13	11.67		8	ลิวาระที	<i>Bridelia glauca</i>	PHYLLANTHAC	0.29	9.67	
9	หว้าขาว	<i>Syzygium albiflorum</i>	MYRTACEAE	2.53	11.28		9	แคหางค่าง	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	0.37	7.24	
10	หาดหนูน	<i>Artocarpus gomezianus</i>	MORACEAE	2.38	10.86		10	เขียดใบใหญ่	<i>Cinnamomum iners</i>	LAURACEAE	0.00	2.96	
11-31	ชนิดอื่นๆ	other species		8.17	138.76		11-33	ชนิดอื่นๆ	other species		7.21	104.50	
				Summation	36.09	300.00					Summation	26.80	300.00

ขณะที่การสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นในพื้นที่ศึกษาพบว่าพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นรวมมากกว่าพื้นที่สถานีฯ หนองหอยอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 2.51, p < 0.05$) (Figure 1c) จำนวนต้นในแปลง และขนาดพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ในแปลงไม่มีความแตกต่างกันมากนัก อาจเนื่องมาจากการจัดการแปลงในระบบวนเกษตรในช่วงต้นของการปลูก โดยเฉพาะบนพื้นที่สูงที่มีความลาดชันนั้น มักมีการคงเหลือไม้ใหญ่ไว้บางส่วน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ไม้ใหญ่ดังกล่าวเป็นร่มเงา รักษาอุณหภูมิและความชื้นดิน และลดการชะล้างของดิน โดยจัดสรรให้มีพื้นที่ว่างมากพอในการปลูกพืชที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถเติบโตได้ดีได้ร่มเงาได้ดี (Preechapanya, 2002) จากรายงานพบว่าระยะที่เหมาะสมในการปลูกไม้ต้นร่วมกาแฟ มีระยะปลูกที่เหมาะสมคือ 12-15 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เรือนยอดกาแฟสามารถขยายออกไปได้ (Department of

Agriculture Extension, 2014) ดังนั้นไม้ต้นที่คงเหลือในแปลงจึงมีจำนวนต้นต่อพื้นที่ที่ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ขนาดของไม้ต้นที่คงอยู่ส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดใหญ่ที่สืบเนื่องมาจากการเปิดป่าในอดีตของทั้ง 2 พื้นที่เพื่อการเกษตรที่สูงในป่าดั้งเดิมที่จะตัดไม้ขนาดเล็กและไม้พื้นล่างให้มีพื้นที่เพื่อปลูกพืช โดยไม่พบชนิดไม้ป่าที่ทดแทนเข้ามาตามธรรมชาติจากป่าบริเวณใกล้เคียงเนื่องจากการจัดการแปลงในพื้นที่ปลูกประจำปี แต่เพื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมของสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ หนองหอย พบว่ามีค่ามวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200-1,300 เมตร ซึ่งปรากฏชนิดไม้ของป่าดิบเขาที่ยังคงไว้ เช่น ทะโล้ ก่อชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นไม้เรือนยอดชั้นบน มีความสูงเฉลี่ย 20-30 เมตร ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอยมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 850 - 900 เมตร ซึ่งเป็น

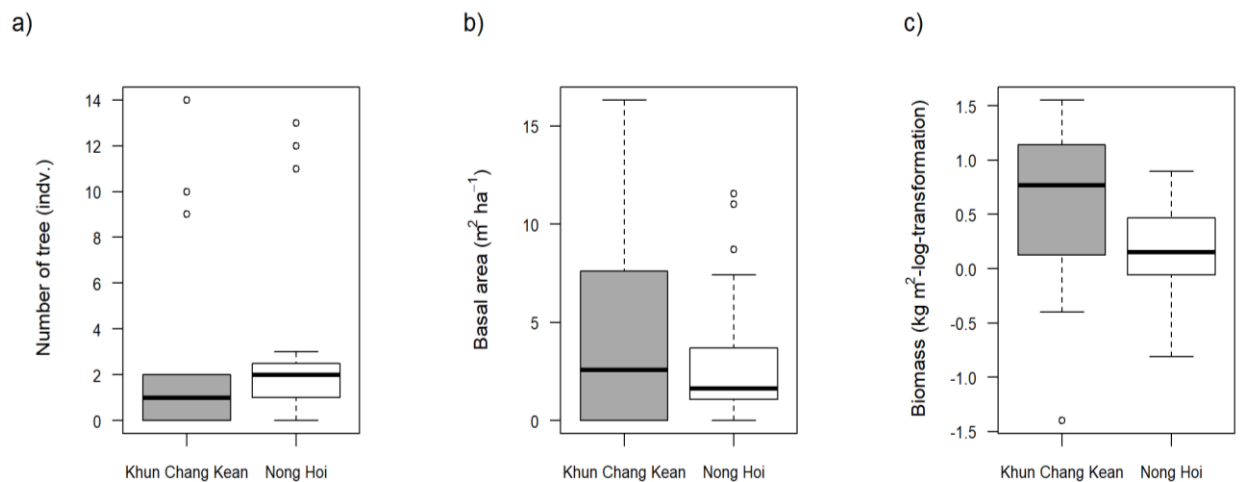


Figure 1 Comparative between a) Number of tree and b) Tree Basal area (log-transformation) among the study areas in Khun Chang Khian and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiang Mai province

ลักษณะของป่าผสมผลัดใบที่มีไม้ป่าดิบเขาขึ้นผสมสภาพพื้นที่มีการกั้นไฟเพื่อป้องกันพืชผลการเกษตร โดยในช่วงฤดูแล้งไม้ต้นในแปลงบางชนิดจะมีการผลัดใบ รวมไปถึงความสูงของไม้ในชั้นเรือนยอดในแปลงอยู่ในช่วง 25-20 เมตร ที่มีความสูงของต้นไม้ส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่าพื้นที่ขุนช่างเคี่ยนทำให้ไม้ต้นในแปลงมีการสะสมมวลชีวภาพน้อยกว่าพื้นที่สถานีช่างเคี่ยน สอดคล้องกับรายงานวิจัยการประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนของป่าดิบแล้ง (ป่าไม้ผลัดใบ) และป่าเต็งรัง (ป่าผลัดใบ) พบว่าในป่าไม้ผลัดใบมีการสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นมากกว่าป่าผลัดใบ เนื่องจากไม้ต้นในป่าผลัดใบจะมีช่วงชะลอการเติบโตลงในฤดูแล้ง รวมไปถึงในบางพื้นที่อาจจะมีไฟป่ารบกวน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ไม้ต้นต้องปรับตัวตามชีพลักษณะและมีช่วงเวลาในการสะสมมวลชีวภาพสั้นกว่าพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ (Senpaseuth *et al.*, 2009)

2. โครงสร้างด้านตั้ง การปกคลุมเรือนยอด และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด

จากการวางแปลงสำรวจ โครงสร้างด้านตั้งของแปลงกาแฟได้เริ่มในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้นเรือนยอด ได้แก่ เรือนยอดชั้นบน (top canopy) มีความสูง 20 – 30 เมตร ประกอบด้วย ทะโล้ ก่อแป้น เก็ดแดง และก่อเดือย เป็นต้น เรือนยอดชั้นรอง (middle canopy) มีความสูง 15 – 20 เมตร ประกอบด้วย หว่าเขา กำลังเสือโคร่ง และสารภีค้อย เป็นต้น เรือนยอดชั้นไม้พุ่ม (shrub canopy) มีความสูง 5 – 10 เมตร ประกอบด้วย หน่วยนกงม กอมขม และไคร้มดขน เป็นต้น มีชั้น

เรือนยอดกาแฟที่มีความสูงเฉลี่ย 3.11 ± 0.28 เมตร เป็นเรือนยอดชั้นล่างหรือเรือนยอดที่ถูกบดบัง (suppressed or overtopped canopy) ขณะเดียวกันไม่พบกล้าไม้ หรือไม้รุ่นของชนิดไม้ที่พบในแปลงสำรวจ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณแสงผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 (Appendix Figure 1) ขณะที่แปลงสำรวจในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้นเรือนยอดเช่นกัน ได้แก่ ชั้นเรือนยอดเด่น มีความสูง 20 - 35 เมตร ประกอบด้วย ตีนนก เลี้ยวดอกขาว หว่า ชั้นเรือนยอดรอง มีความสูง 15 – 20 เมตร ประกอบด้วย มะกอกเกลื่อน และ แคนหางค่าง ชั้นไม้พุ่ม มีความสูง 5 – 10 เมตร ประกอบด้วย ต้างหลวง ไคร้หน้า และดี้วเกลี้ยง เป็นต้น และชั้นเรือนยอดกาแฟที่มีความสูงเฉลี่ย 2.94 ± 0.22 เมตร เป็นเรือนยอดชั้นล่างหรือเรือนยอดที่ถูกบดบังมีปริมาณแสงผ่านเรือนยอดร้อยละ 32.01 ± 7.12 (Appendix Figure 2)

กลุ่มชนิดไม้ที่คงอยู่ในแปลงวนเกษตรนั้นมักเป็นไม้ใหญ่ที่มีการคัดเลือกให้คงไว้ โดยต้องเป็นชนิดที่ไม่กีดขวางการเติบโต การเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟ และให้กาแฟได้รับปริมาณแสงสม่ำเสมอ โดยจากการศึกษาในระบบวนเกษตรโดยมีรายงานการปลูกชาอัสสัม (เมี่ยง) ใต้ร่มไม้ใหญ่ในพื้นที่ตำบลเทพเสด็จ จังหวัดเชียงใหม่ พบไม้เด่นของเรือนยอดชั้นบน เช่น ทะโล้ ก่อหยม ก่อเดือย และก่อหรั่ง เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรคงไม้ใหญ่ในแปลงไว้เพื่อให้ช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในแปลงปลูกชา และสามารถตัดไม้บางส่วนเป็นไม้พื้นเพื่อใช้ในการอบชา (Preechapanya, 2002) ทั้งนี้

ในแปลงปลูกกาแฟมักมีการตัดแต่งไม้ต้นเมื่อมีการแตกกิ่งก้านในระดับต่ำ และจัดการวัชพืชสม่ำเสมอ จึงทำให้ลักษณะโครงสร้างด้านตั้งของแปลงวนเกษตรไม้ต้นร่วมกาแฟนั้น ไม่พบไม้รุ่น (sapling) กล้าไม้ (seedling) และไม้พื้นล่าง (understory) ซึ่งจะมีความแตกต่างจากโครงสร้างด้านตั้งของชนิดป่าที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ป่าดิบเขาบริเวณสถานีห้วยน้ำค้าง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีโครงสร้างด้านตั้งของป่าแบ่งได้เป็น 3 ชั้นเรือนยอด (4-5 ชั้นที่รวมชั้นไม้พื้นล่างด้วย) โดยมีความสูงของเรือนยอดชั้นบนที่ 40-50 เมตร (Dhanmanonda, 1997) ขณะป่าเบญจพรรณที่แบ่งได้ 3-4 เรือนยอด (รวมชั้นไม้พื้นล่าง) โดยมีเรือนยอดชั้นบนมักสูงไม่เกิน 40-30 เมตร (Marod and Kutintara, 2009)

ระบบวนเกษตรที่มีไม้ต้นร่วมกาแฟอาราบิก้า ไม้ต้นเป็นส่วนให้ร่มเงา (shading) แก่ต้นกาแฟ ทำให้มีปริมาณร้อยละของแสงที่เหมาะสมต่อเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งช่วงร้อยละของแสงที่ต้นกาแฟใช้ในการเติบโตในแปลงปลูกที่มีการใช้วัสดุบังแสง (shading) ที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 50 (Department of Agriculture Extension, 2014) และในสภาพป่าธรรมชาติร้อยละ 20-60 (Muschler, 2008) รวมไปถึงไม้ใหญ่ช่วยให้อุณหภูมิที่ผิวใบของกาแฟในช่วงกาแฟไม่สูงจนเกินไป ซึ่งกาแฟเป็นพืชที่เติบโตได้ดีได้ร่วมเงาของพืชชนิดอื่น ช่วงอุณหภูมิผิวใบที่ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟ โดยปริมาณแสงและอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 45 องศาเซลเซียส) การสังเคราะห์แสงของกาแฟจะ

ลดลงอย่างสมบูรณ์ ทำให้การเติบโตและผลผลิตของกาแฟลดลง (Cannell, 1985; DaMatta et al., 2007; Bote and Struik, 2011)

3. การเติบโตของกาแฟ

ผลการประเมินความโตทางด้านขนาดเส้นรอบวง และความสูงของต้นกาแฟ พบว่า พื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นกาแฟเฉลี่ย 7.02 ± 0.27 เซนติเมตร และมีความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 3.11 ± 0.28 เมตร (Figure 1a) ขณะที่สถานีฯ หนองหอย ต้นกาแฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.54 ± 1.09 เซนติเมตร และมีความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 2.95 ± 0.22 เมตร (Figure 2b) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่พบว่า ขนาดต้นกาแฟ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($t = -1.840$, $p = 0.072$) โดยพื้นที่สถานีฯ หนองหอยมีการกระจายของช่วงขนาดมากกว่าพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน (Figure 2a) ขณะที่ความสูงของต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ หนองหอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 2.1785$, $p < 0.05$) โดยพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการกระจายของช่วงข้อมูลความสูงมากกว่าสถานีฯ หนองหอยเล็กน้อย (Figure 2b) ปัจจัยที่ส่งผลให้ความโตของกาแฟทั้ง 2 สถานีใกล้เคียงกันนั้น อาจสืบเนื่องมาจาก สายพันธุ์อายุของกาแฟ ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่มาจากการจัดการโดยมนุษย์ รวมถึงการตัดกิ่งเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดระยะเวลาที่ต้นกาแฟเติบโต แม้ว่าในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลที่พื้นที่มีอากาศหนาวเย็นมากกว่า

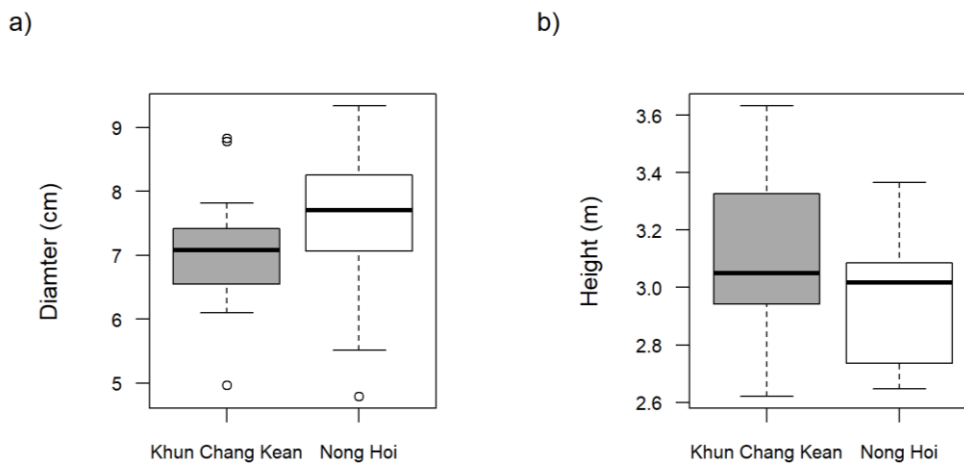


Figure 2 Comparative growth of coffee trees a) Diameter at 15 cm above ground and b) Total height between Khun Chang Kean Station and Nong Hoi Station, Chiang Mai province.

รวมไปถึงมีพื้นที่ร่มเงาจากไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวงที่ใหญ่มากกว่าสถานีฯ หนองหอย (Appendix Figure 1 and 2) โดยพบว่าข้อมูลขนาดของต้นกาแฟมีความผันแปรสูงในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย อาจเนื่องมาจากปัจจัยความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นตามฤดูกาล และลักษณะเรือนยอดของต้นไม้ในแปลงการผลัดใบของไม้บางชนิด เช่น มะกอกเกลื้อน เลี้ยวดอกขาว มะม่วงหาวแมลงวัน เป็นต้น เรือนยอดต้นกระถินที่มีลักษณะโปร่งเกือบตลอดทั้งปี อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านอากาศที่เกิดจากลักษณะของเรือนยอด (Fotis and Curtis, 2017)

4. อิทธิพลของปัจจัยแสงส่องผ่านเรือนยอดที่มีผลต่อการเติบโตของกาแฟ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของต้นกาแฟพบว่า ความสูงของต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่ได้รับอิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอดในทางผกผัน (negative correlation)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -0.014) และ ความหลากหลายชนิดไม้ต้นในทางผกผัน (negative correlation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -0.418) และ ค่า D^2H ของต้นกาแฟได้รับอิทธิพลของความหลากหลายชนิดของไม้ต้นที่พบในแปลงในทางผกผัน (negative correlation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -90.502) โดยทั้ง ความสูงและค่า D^2H ของต้นกาแฟไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างพื้นที่ ขณะที่ขนาดเส้นรอบวงไม้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทั้งหมด

จากผลการศึกษา แม้ว่าพื้นที่ทั้งสองจะอยู่ในระดับความสูงที่มีความแตกต่างกัน แต่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเติบโตของต้นกาแฟคือ ปัจจัยที่มีความผันแปรในพื้นที่ (local condition) ที่คล้ายกัน ทั้งสองพื้นที่ กล่าวคือ การปกคลุมเรือนยอดเป็นตัวแปรที่ช่วยควบคุมความชื้น อุณหภูมิในพื้นที่ได้ (Schäfer and Vanderklein, 2011) ซึ่งความหลากหลาย

ชนิดของชนิดไม้ต้นที่คงเหลืออยู่ และการปกคลุมของเรือนยอดส่งผลต่อปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงมา ซึ่งปริมาณแสงที่น้อยทำให้ต้นกาแฟสูงมากขึ้นโดยปกติแล้วเมื่อมีร้อยละแสงน้อย ไม้ต้นมีแนวโน้มสูงมากขึ้นเพื่อการรับแสง (Koch et al., 2004) ขณะที่ความหลากหลายของพรรณไม้ต่างมีผลต่อการเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งความหลากหลายของไม้ต้นเทียบได้กับความหลากหลายของระดับร่มเงา (diversity canopy shed) ซึ่งหมายถึงปริมาณแสงที่ส่องลงมาถึงเรือนยอดต้นกาแฟว่าต้องมีการผ่านระดับของร่มเงาหลายชั้นเรือนยอด เมื่อมีความหลากหลายสูง ทำให้มีระดับร่มเงาที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณแสงที่ส่องลงมาถึงพื้นป่าลดลง โดยจากศึกษาของ Nesper et al. (2017) พบว่าความหลากหลายมีผลต่อการเติบโตของกาแฟด้านความยาวข้อ ในทิศทางตรงกันข้าม (negative correlation) แต่ขณะเดียวกันส่งผลทำให้ผลผลิตของกาแฟและคุณภาพของสารกาแฟเพิ่มสูงมากยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟปลูกได้ร่วมไม้เพียงชนิดเดียว (Boreux et al., 2013) ซึ่งความหลากหลายอาจมีส่วนทำให้มีแมลงผสมเกสรเข้ามาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากชนิดไม้ในพื้นที่มีช่วงชีวิตลักษณะการออกดอกที่ต่างเวลากัน จึงอาจเป็นการเพิ่มโอกาสการผสมของดอกกาแฟ (Krishnan et al., 2012) ทั้งนี้การที่มีความหลากหลายของเรือนยอดน้อย หรือมีเพียงชั้นเดียวอาจจะส่งผลต่อลักษณะภูมิอากาศจุลภาค (microclimate) โดยอาจทำให้อุณหภูมิสูงและมีความผันแปรของความชื้นในอากาศ (Boreux et al., 2013) ขณะเดียวกัน

องค์ประกอบชนิดไม้ที่ส่งผลถึงโครงสร้างของร่มเงา (shade structural components) การปกคลุมเรือนยอด (canopy cover) และความหนาแน่นของชนิดไม้ให้ร่ม (shade tree density) ต่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีความเหมาะสมกับการเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งหมายถึงปริมาณความเข้มของแสง (light intensity) ที่ส่องผ่านลงมา (Muschler, 2008) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ทำให้ต้นกาแฟเติบโตได้นั้นไม่ได้มีเพียงปัจจัยด้านแสงเพียงอย่างเดียว โดยปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ดิน ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ถูกนำมากำหนดขอบเขตความเหมาะสม (land suitability) ของการปลูกกาแฟ ซึ่งทั้งสองพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน โดยระดับความสูงจากน้ำทะเล แต่ปริมาณแสงและการปกคลุมของเรือนยอดจากชนิดไม้ที่ปรากฏแม้ว่าจะมีความแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์กลับไม่แสดงอิทธิพลของพื้นที่ ดังนั้น หากเกษตรกรคงไม้ต้นไว้ในแปลงกาแฟในระดับที่เหมาะสม ปัจจัยด้านความชื้นและอุณหภูมิจะยังช่วยให้กาแฟเติบโตได้ดี

แม้ว่าพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่อนุรักษ์ แต่ในทางการปฏิบัติเพื่อการส่งเสริมการปลูกกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ขนาดเล็ก (small scale) เพื่อการจัดการด้านเศรษฐกิจชุมชน การปรากฏของไม้ที่มีความหลากหลายชนิดในแปลงรูปแบบวนเกษตรมีข้อดีในการเป็นทางเลือกการใช้ประโยชน์ไม้ของเกษตรกร (Rice, 2008; Jezeer et al., 2018) ซึ่งส่วนใหญ่ในแปลงวนเกษตรที่มีการปลูกไม้ร่วมกาแฟนั้น มักพบการปลูกไม้ใช้สอยหรือไม้ผล ซึ่งนอกเหนือจากรายได้จากผลผลิต

กาแฟ รายได้ของเกษตรกรจะมาจากการขายไม้ซุง (timber) ไม้เชื้อเพลิง (firewood) และไม้ผล (fruit tree) ซึ่งในบางพื้นที่รายได้มาจากไม้ที่ปลูกให้ร่มในแปลงกาแฟ (Mehta and Leuschner, 1997)

สรุป

การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทย ได้รับการส่งเสริมให้ดำเนินการปลูกและพัฒนาบนพื้นที่สูง โดยมีรูปแบบการปลูกแบบได้ร่มไม้ใหญ่ ในระบบวนเกษตร การวางแผนสำรวจไม้ต้นและต้นกาแฟในพื้นที่ทั้งสองสถานี พบว่าในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนพบชนิดไม้ป่าดิบเขา เช่น ทะโล้ และ ก่อเดือย ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย พบชนิดไม้เด่นจากป่าผสมผลัดใบขึ้นร่วมกับป่าดิบเขา เช่น เสี้ยวดอกขาว มะกอกเกลื้อน และทะโล้ เป็นต้น โดยแปลงสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 ขณะที่ สถานีฯ หนองหอย มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 32.01 ± 7.12 ขณะที่การประเมินความโตของต้นกาแฟ พบว่าขนาดต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงต้นกาแฟในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในสถานีฯ สูงหนองหอย โดยการเติบโตของต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่ได้รับอิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายชนิดของไม้ต้น

ดังนั้น การคงไว้ซึ่งไม้ต้นในระดับที่เหมาะสมเพื่อการปลูกกาแฟในระบบวนเกษตร นั้น เรือนยอดของต้นไม้ที่เหลือไว้มีส่วนช่วยทำให้ปัจจัยด้านความชื้นและอุณหภูมิอากาศมีความ

เหมาะสมต่อการเติบโตของกาแฟ และยังช่วยรักษาโครงสร้างและองค์ประกอบป่าดั้งเดิมไว้ได้ภายใต้การพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

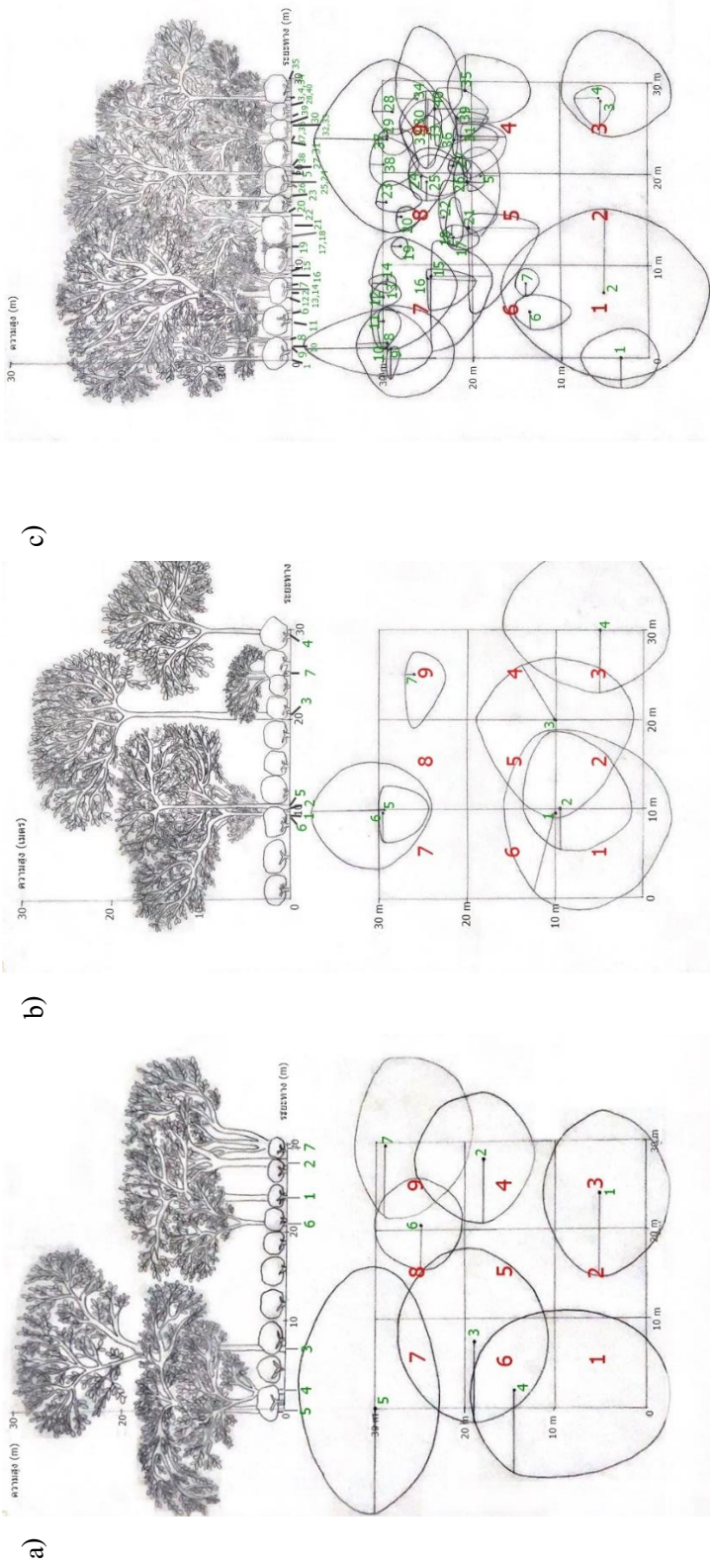
บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายงานการประเมินผลผลิตกาแฟของสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้า ในแปลงระบบวนเกษตร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยริเริ่มแบบมุ่งเป้า (Targeted Research Initiatives) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และขอขอบพระคุณหัวหน้าสถานี และผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาภาคสนามเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Andrade, H. J., M. A. Segura, M. Ferial, and W. Suárez. 2018. Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Libano, Tolima, Colombia. *Agroforestry Systems*. 92(3), 775-784.
- Angkasit, P. 2004. **Highland Coffee (*Coffea arabica*) Cultivation**. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)
- Boonkird, S. 1986. **Principle of Agroforestry**, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Bote, A., D., and C. S. Paul. 2011. Effects of shade on growth, production, and quality of coffee

- (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, 3(11), 336-341
- Boreux, V., C.G. Kushalappa, P. Vaast, and J. Ghazoul. 2013. Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: pollination in coffee agroforestry systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 110(21),8387-8392.
- Cannell, M.G.R. 1985. **Physiology of the Coffee Crop**. In: Clifford M.N., Willson K.C. (eds) Coffee. Springer, Boston, MA.
- DaMatta, F.M., Ronchi, C.P., Maestri, M., and R.S. Barros. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 19(4), 485-510.
- Department of Agriculture Extension, 2014. **Optimization of Coffee Production**. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing, Bangkok. (in Thai)
- Dhanmanonda, P.,1997. Structure of Hill Evergreen Forest. **Forestry Journal**. 6, 57-88 (in Thai)
- Fotis, A.T. and P.S. Curtis. 2017. Effects of structural complexity on within-canopy light environments and leaf traits in a northern mixed deciduous forest. **Tree Physiology**. 37(10),1426-1435.
- Hase, H. and H. Foelster. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. **Forest Ecology and Management**. 6: 33-57.
- International Coffee Organization. 2016. Coffee market report of November 2016. International Coffee Organization, London
- Jezeer, R.E., M.J. Santos, R.G. Boot, M. Junginger, and P.A. Verweij. 2018. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. **Agricultural Systems**. 162, 179-190.
- Jha, S., C.M. Bacon, S.M. Philpott, V. E. Mendez, P. Läderach, and R.A. Rice. (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. **BioScience**. 64(5), 416-428.
- Krebs, C.J., 1985, **Species diversity I: Theory. In: Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance**. Third edition, Harper & Row Publishers, New York.
- Koch, G.W., S.C. Sillett, G.M. Jennings and S.D. Davis. 2004. The limits to tree height. **Nature**. 428(6985), 851-854.
- Krishnan, S., C.G. Kushalappa, R.U. Shaanker, and J. Ghazoul. 2012. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. **Basic and Applied Ecology**. 13(3), 277-285.
- Magrath, A., and J. Ghazoul. 2015. Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: implications for forest cover, biodiversity, and carbon storage. **PLoS one**. 10(7), e0133071.

- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecosystem**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.
- Mehta, N.G. and W. A. Leuschner. 1997. Financial and economic analyses of agroforestry systems and a commercial timber plantation in the la Amistad biosphere reserve, Costa Rica. **Agroforestry Systems**. 37, 175–185.
- Muschler, R.G., 2009. Shade management and its effect on coffee growth and quality. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers**, Wiley-VCH, Weinheim. 395-422.
- Nesper, M., C. Kueffer, S. Krishnan, C.G. Kusalappa, and J. Ghazoul. 2017. Shade tree diversity enhances coffee production and quality in agroforestry systems in the Western Ghats. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 247, 172-181.
- Preechapanya, P. 2002. **Indigenous highland agroforestry systems of northern Thailand**. Chiang Doa Watershed Research Station Chiang Mai. Thanabhan Printer, Thailand.
- Rice, R.A. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: the case of coffee and wood products. Agric. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 128, 212–218.
- Senpaseuth, P., C. Navanugraha, and S. Pattanakiat. 2009. The estimation of carbon storage in dry evergreen and dry dipterocarp forests in Sang Khom District, Nong Khai Province, Thailand. **Environment and Natural Resources Journal**. 7(2), 1-11.
- Schäfer, K. V.R. and V.W. Dirk. 2011. The Physical Environment Within Forests. **Nature Education Knowledge** 2(12):5
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda, and B. Prachaiyo. 1983. Forest: burning and regeneration. **Shifting cultivation, an experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and its implications for upland farming in the monsoon tropics. A report of a cooperative research between Thai-Japanese universities**, Kyoto University, Japan
- Wintgens, J. N. 2009. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers**. 2nd ed. Wiley-VCH, Weinheim.

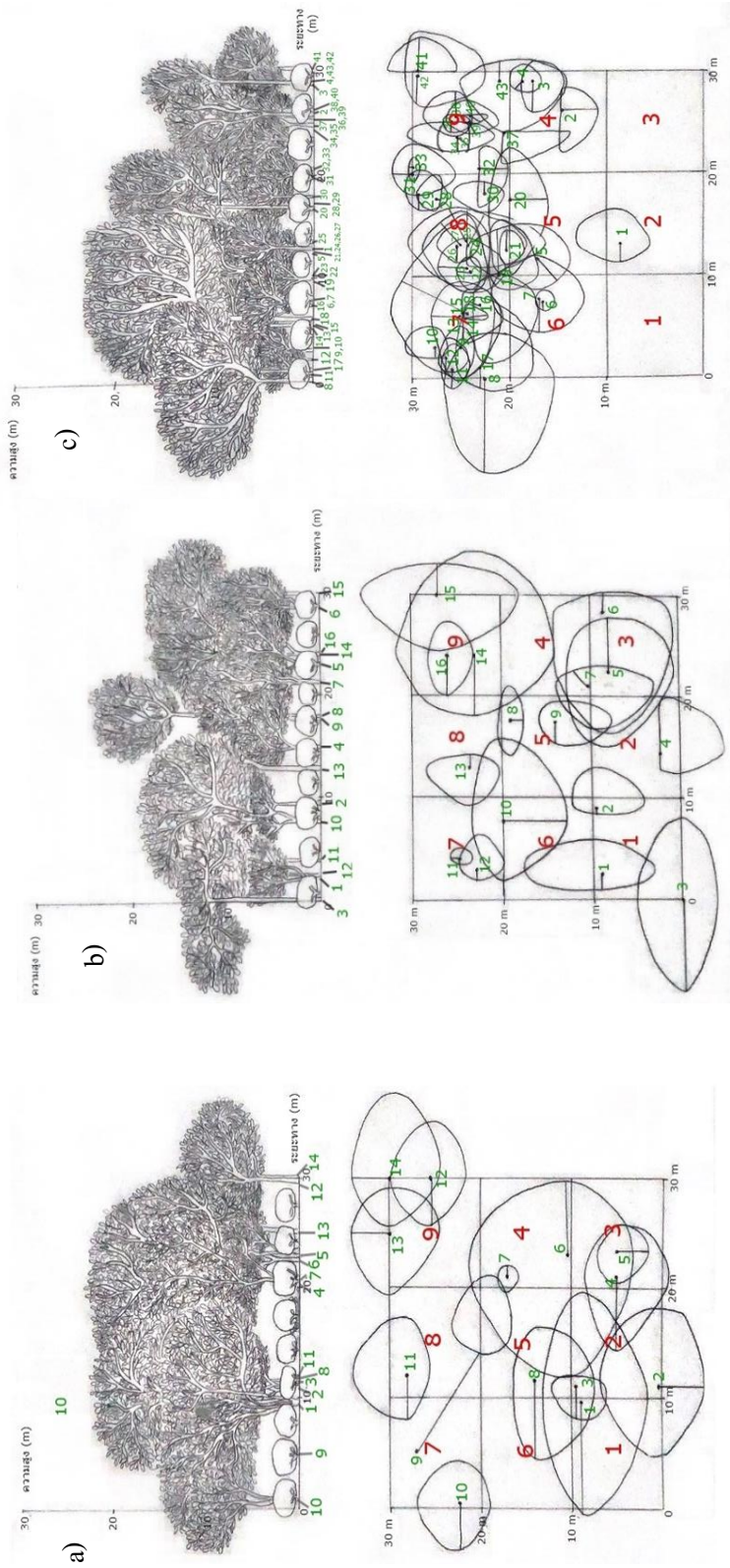


Plot.1 Dominant canopy (20-30 m) : *S. wallichii* (3) **Subdominant canopy (15 – 20 m) :** *Syzygium albiflorum* (1) *Betula alnoides* (2) *A. fragrans* (4) *C. gomezianus* (4) **Subdominant canopy (15 – 20 m) :** *Q. obovata* (1 and 2) **Shrub canopy (5 – 10 m) :** *Beilschmiedia gammieana* (1 and 2) *Pterocarpus javanica* (6) *Glochidion eriocarpum* (7) *Prunus cerasoides* (6) and *Litsea grandis* (7)

Plot.2 Dominant canopy (20-30 m) : *S. wallichii* (3) *Arocarpus* (5) *D. dongnaiensis* (8) *C. acuminatissima* (13) *Litsea martabarnica* (32) and *C. gamblei* (3) *L. martabarnica* (6 and 31) *Diospyros glandulosa* (10) *Lithocarpus truncata* (15, 16 and 34) *S. wallichii* (20 and 22) *Albizia odoratissima* (21) *Symplocos sulcata* (23 and 24) *Lithocarpus annamensis* (28 and 29) *Micromelum minutum* (30) and *Wendlandia tinctoria* (38) **Shrub canopy (5 – 10 m) :** *A. fragrans* (4) *Milletia leucantha* (7) *D. oliveri* (9, 17, 18 and 25) *Garcinia cowa* (11 and 12) *Lithocarpus dealbatus* (14) *S. wallichii* (19 and 36) *Gardenia obtusifolia* (26 and 33) *Costanopsis armata* (27) *D. glandulosa* (35) *Lithocarpus harmandii* (39 and 40)

Plot.3 Dominant canopy (20-30 m) : *S. wallichii* (2) *Castanopsis diversifolia* (15) *D. dongnaiensis* (8) *C. acuminatissima* (13) *Litsea martabarnica* (32) and *C. gamblei* (3) *L. martabarnica* (6 and 31) *Diospyros glandulosa* (10) *Lithocarpus truncata* (15, 16 and 34) *S. wallichii* (20 and 22) *Albizia odoratissima* (21) *Symplocos sulcata* (23 and 24) *Lithocarpus annamensis* (28 and 29) *Micromelum minutum* (30) and *Wendlandia tinctoria* (38) **Shrub canopy (5 – 10 m) :** *A. fragrans* (4) *Milletia leucantha* (7) *D. oliveri* (9, 17, 18 and 25) *Garcinia cowa* (11 and 12) *Lithocarpus dealbatus* (14) *S. wallichii* (19 and 36) *Gardenia obtusifolia* (26 and 33) *Costanopsis armata* (27) *D. glandulosa* (35) *Lithocarpus harmandii* (39 and 40)

Appendix Figure 1 Profile diagram of Khun Chang khian Highland Agricultural Research and Training Station study plot.



Plot_1 Dominant canopy (20-25 m) : *Vitex pinnata* (4) *Terminalia calamansanay*
(8) Subdominant canopy (15 – 20 m) : *B. variegata* (1, 11, 13 and 14) *Bombax*
ceiba (2) *F. adenophylla* (3) *Leucaena sp.* (9) *Lannea coromandelica* (10) *C.*
subulatum (12) **Shrub canopy (5 – 10 m) :**
V. pinnata (5) *S. wallichii* (6) *Trevesia palmata* (7)

Plot_2 Dominant canopy (20-25 m) : *C. subulatum* (9)
Subdominant canopy (15 – 20 m) : *Leucaena sp.* (1) *B. variegata*
 (2, 5, 7, 8, 13 and 15) *A. fragrans* (3) *Syzygium cumini* (10) *C.*
subulatum (11) *F. adenophylla* (12) *Quercus kerrii* (14) *Vitex*
canescens (15) **Shrub canopy (5 – 10 m) :** *Q. kerrii* (4) *B.*
variegata (6)

Plot_3 Dominant canopy (20-25 m) : *S. wallichii* (18) *B. variegata* (19)
Spondias pinnata (20) *B. lanzan* (27) **Subdominant canopy (15 – 20 m) :**
Shorea obtusa (2) *C. subulatum* (3 and 10) *B. variegata* (5, 13, 17, 34 and 37)
S. cumini (8) *C. iners* (14) *T. palmata* (16) *Leucaena sp.* (24) *Q. kerrii* (25)
Aporosa villosa (29) *Dillenia obovata* (31) *Melia azedarach* (35) *Oroxylum*
indicum (36) *Cananga latifolia* (39) *C. acuminatissima* (43) **Shrub canopy (5**
– 10 m) : *C. subulatum* (1) *Q. kerrii* (4) *B. lanzan* (6, 7, 33) *C.*

acuminatissima (9) *Cratogeomum formosum* (11) *Homonoia riparia* (12)
Leucaena sp. (15) *D. oliveri* (21) *Bridelia glauca* (22, 23 and 40) *Chukrasia*
tabularis (26) *B. variegata* (29) *W. paniculata* (30, 32) *Cratogeomum*
cochinchinense (41) *Turpinia pomifera* (42)

Appendix Figure 2 Profile diagram of Nong Hoi Highland Agricultural Station study plot.