



## รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการย่อยที่ 4: การศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงา  
ร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สถานี  
เกษตรหลวงอินทนนท์

Sub project 4: Arabica Coffee Cultivation System under The  
Natural Resources Conservation in Inthanon  
Royal Agricultural Research Station

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ  
วิจัยการคัดเลือกสายพันธุ์และพัฒนาการปลูกและการผลิต  
เพื่อเพิ่มคุณภาพกาแฟอาราบิก้าโครงการหลวง

แผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลิตผลเกษตร

โดย

ชวลิต กอสัมพันธ์ และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

## รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการย่อยที่ 4: การศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงา  
ร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สถานี  
เกษตรหลวงอินทนนท์

Sub project 4: Arabica Coffee Cultivation System under The  
Natural Resources Conservation in Inthanon  
Royal Agricultural Research Station

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ  
การวิจัยการคัดเลือกสายพันธุ์และพัฒนาการปลูกและการผลิต  
เพื่อเพิ่มคุณภาพกาแฟอาราบิก้าโครงการหลวง

แผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลิตผลเกษตร

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. นายชวลิต กอสัมพันธ์
2. นายวราพงษ์ บุญมา
3. นายชัยวัฒน์ ชุ่มปิ่น
4. นายสมชาย เขียวแดง

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
มูลนิธิโครงการหลวง  
มูลนิธิโครงการหลวง

18 พฤศจิกายน 2561

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “โครงการย่อยที่ 4 : โครงการศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ เป็นโครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการวิจัยการคัดเลือกสายพันธุ์และพัฒนาการปลูกและการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพกาแฟอาราบิก้าโครงการหลวง แผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตเกษตร สนับสนุนทุนวิจัยโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) เป็นอย่างสูง โดยเฉพาะท่านผู้อำนวยการสถาบันฯ (นางสาวรุจิรา ริมผดี) ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นของการศึกษาวิจัยโครงการนี้ รวมทั้งเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตเกษตรในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ หัวหน้าศูนย์พัฒนาหลวงป่าเมี่ยง หัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก หัวหน้าสถานีวิจัยเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน และหัวหน้าสถานีวิจัยเกษตรที่สูงหนองหอย และเกษตรกรเจ้าของแปลงที่ใช้ทำวิจัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่และต้นกาแฟในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานของศูนย์/สถานี ที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน และติดตามการจัดการแปลงของเกษตรกร จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2561

## คณะผู้วิจัย

### 1. ชื่อหัวหน้าโครงการและที่ปรึกษาโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

#### 1.1 หัวหน้าโครงการ

|                             |                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)         | นายชวลิต กอสัมพันธ์                               |
| คุณวุฒิ                     | Mr. Chawalit Korsamphan                           |
| ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) | วทม. (พืชสวน)                                     |
| หน่วยงาน                    | ชำนาญการ                                          |
| ที่อยู่                     | ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมที่สูง คณะเกษตรศาสตร์         |
| โทรศัพท์/โทรสาร             | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                              |
| E-mail                      | 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 |
|                             | 053-944052, 081-9619812                           |
|                             | korsamphan_c@hotmail.com, chawalit.k@cmu.ac.th    |

#### 1.2 คณะนักวิจัย ชื่อและสถานที่ติดต่อ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

##### 1.2.1 นักวิจัยคนที่ 1

|                             |                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)         | นายวรพงษ์ บุญมา                                   |
| คุณวุฒิ                     | Mr. Warapong Boonma                               |
| ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) | วทม. (พืชไร่)                                     |
| หน่วยงาน                    | ชำนาญการ                                          |
| ที่อยู่                     | ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมที่สูง คณะเกษตรศาสตร์         |
| โทรศัพท์/โทรสาร             | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                              |
| E-mail                      | 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 |
|                             | 053-944052                                        |
|                             | warapong.b@cmu.ac.th                              |

### 1.2.2 นักวิจัยคนที่ 2

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

นายชัยวัฒน์ ชุ่มปัน

Mr. Chaiwat Chumpun

คุณวุฒิ

วทบ. (ส่งเสริมการเกษตร)

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) นักวิชาการ

หน่วยงาน

ฝ่ายพัฒนา มุลนิธิโครงการหลวง

ที่อยู่

65 หมู่ 1 ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์/โทรสาร

053 224 650 โทรสาร. 053 224 650

### 1.2.3 นักวิจัยคนที่ 3

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

นายสมชาย เขียวแดง

Mr. Somchai Kaewdang

คุณวุฒิ

วทม. (เทคโนโลยีการเกษตร)

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) ผู้อำนวยการสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์

หน่วยงาน

มูลนิธิโครงการหลวง

ที่อยู่

65 หมู่ 1 ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์/โทรสาร

053 224 650 โทรสาร. 053 224 650

### 1.3 ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์

Prof. Dr. Pongsak Angkasith

คุณวุฒิ

Ed.D. (Agricultural Extension)

ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) ศาสตราจารย์เกียรติคุณ

หน่วยงาน

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมที่สูง คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่อยู่

239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์/โทรสาร

053-944053

E-mail

pongsak.a@cmu.ac.th

## บทสรุปผู้บริหาร

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันการทำการเกษตรที่สูงของเกษตรกร มักจะพบปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ อันเป็นผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมบนที่สูง และกระทบต่อผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร ซึ่งมีการขยายตัวทั้งด้านประชากรชุมชนและการขยายพื้นที่เกษตรบนที่สูง การส่งเสริมปลูกกาแฟอาราบิก้า นับเป็นการส่งเสริมการผลิตผลผลิตทางการเกษตรชนิดหนึ่ง ซึ่งมีศักยภาพและมีแนวโน้มที่จะตอบสนอง ทั้งด้านเศรษฐกิจรายได้ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติบนที่สูงของเกษตรกรชาวเขา อันจะเป็นผลต่อการดำรงไว้ และพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ดี

มูลนิธิโครงการหลวงร่วมกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และกรมวิชาการเกษตรได้ส่งเสริมการวิจัยและการปลูกกาแฟอาราบิก้าเพื่อทดแทนการปลูกฝิ่นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 จนถึงปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้ากระจายอยู่ในพื้นที่ดำเนินงานของมูลนิธิกว่า 24 แห่ง โดยแบ่งลักษณะการปลูกกาแฟของเกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว กลุ่มที่ปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลหรือไม้ที่ให้ผลผลิตและสร้างรายได้เช่น ชา และกลุ่มที่ปลูกกาแฟร่วมกับไม้ร่มเงาธรรมชาติและขยายไปยังพื้นที่ขยายผลโครงการหลวง โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นอกจากการส่งเสริมการปลูกและผลิตของโครงการพัฒนาที่สูงอื่นๆหลายโครงการเช่น โครงการพัฒนาที่สูง ไทย-นอร์เวย์ ในพื้นที่บ้านห้วยส้มป่อย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ และโครงการพัฒนาที่สูง ไทย-เยอรมัน ในพื้นที่ดอยช้าง อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ที่เป็นรู้จักในแหล่งผลิตกาแฟดอยช้างด้วย โดยมีระบบการปลูกที่แตกต่างกันออกไป โดยโครงการไทย-นอร์เวย์ มีระบบการปลูกในสภาพป่าไม้ แต่โครงการ ไทย-เยอรมัน ณ ดอยช้าง มีระบบการปลูกกาแฟ ในสภาพแปลงปลูกกลางแจ้ง (Unshad) เป็นต้น การส่งเสริมการปลูกกาแฟอาราบิก้าบนที่สูง ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยจึงมีระบบการปลูกนับแต่ปีที่ 1 จนถึง ปีที่ 3 ซึ่งในปีที่ 1 เริ่มให้ผลผลิตแตกต่างกันไปตามสภาพและความรู้ความชำนาญของนักส่งเสริมและนักวิชาการ ที่จะแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสำหรับการปลูกกาแฟในระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเริ่มมีการกล่าวถึงกันมากขึ้น ทั้งนี้เจ้าหน้าที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้วย ซึ่งระบบการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติบนที่สูง ได้แก่ ป่าไม้ ต้นน้ำ และดินบูรณาการเป็นระบบในการสนับสนุนให้เกิดธรรมชาติที่สามารถเกื้อกูล และส่งเสริมการผลิตการเกษตรบนที่สูงได้อย่างมั่นคง

กาแฟอาราบิก้าเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาปลูกบนที่สูง เป็นพืชทดแทนพืชเสพติดของเกษตรกรชาวเขา เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงรวมทั้งมีคุณภาพดี การปลูกกาแฟกลางแจ้งไร้ร่มเงาแม้ว่าจะให้ผลผลิตสูงกว่าในที่ที่มีร่มเงาปกคลุม แต่อายุของต้นกาแฟจะสั้นมากเนื่องจากได้รับความเข้มของแสงมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน การปลูกกาแฟได้ร่มเงา

ผลผลิตอาจจะต่ำกว่า แต่อายุการเก็บเกี่ยวจะยืดยาวกว่าปลูกกลางแจ้ง รวมทั้งผลกาแฟจะมีคุณภาพดีกว่าทั้งนี้เนื่องจากอายุการสุกแก่ของผลกาแฟนานกว่า ทำให้การสะสมอาหารมีมากกว่า รวมทั้งการปลูกกาแฟภายใต้ต้นไม้ที่ให้ร่มเงาจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้การผลิตกาแฟเป็นระบบการเกษตรที่ยั่งยืนต่อไปได้

การปลูกกาแฟในระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นการปลูกกาแฟพร้อมกับไม้ป่า หรือไม้เดิมที่มีอยู่ รวมถึงปลูกร่วมกับไม้ผลเศรษฐกิจ โดยคำนึงถึงดิน น้ำ ป่าไม้ และสิ่งแวดล้อม ที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการชงดื่มของกาแฟ อีกทั้งยังมีผลต่อความยั่งยืนของอาชีพและการดำรงชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ เนื่องจากป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาก ทั้งให้ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม อาหาร และสมุนไพร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

## 2. วัตถุประสงค์หลักของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา
- 2.2 เพื่อศึกษาการปลูกกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

## 3. ขอบเขตของการวิจัย ปีที่ 3 (ปีงบประมาณ พ.ศ.2561)

รายงานวิจัยนี้เป็นปีที่ 3 ของโครงการ ซึ่งทำในพื้นที่สถานีวิจัย 5 แห่ง และแปลงปลูกใหม่ด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 1 แห่ง เป็นรายงานระหว่างมกราคม 2561 ถึง กันยายน 2561

3.1 ศึกษาการปลูกกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟและไม้ให้ร่มเงา และการวัดผลกระทบต่ทรัพยากรดินและน้ำหลังการปลูกกาแฟระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ สถานะธาตุอาหารของดิน การวัดความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง และการระเหยของน้ำ 1 พื้นที่ จำนวน 9 แปลง โดยแบ่งเป็น 3 กรรมวิธีตามระดับความประณีตของการจัดการและไม้ให้ร่มเงา

3.2 ศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาจากศูนย์หรือสถานีวิจัย 5 แห่ง แห่งละ 2 แปลง อย่างน้อย 10 แปลง

## 4. วิธีวิจัย

4.1 ศึกษาการปลูกกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แปลงปลูกทดสอบในโครงการการปลูกกาแฟระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติร่วมระหว่างโครงการหลวงและบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) (ปตท) ที่บ้านปากกล้วย-ขุนยะ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

เป็นงานศึกษาต่อเนื่องจากปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 แปลงที่ใช้ศึกษาที่บ้านปากกล้วยชุมชนะ  
สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ตามโครงการร่วมมือระหว่าง บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และมูลนิธิ  
โครงการหลวง โดยเปรียบเทียบ 3 กรรมวิธี ดังนี้

**กรรมวิธีที่ 1** แปลงปลูกใหม่กลางแจ้งที่เกษตรกรจัดการแปลงด้วยตนเอง หรือด้วยองค์  
ความรู้ตามแบบเดิมของเกษตรกร (Control)

**กรรมวิธีที่ 2** แปลงปลูกใหม่กลางแจ้งที่จัดการแปลงแบบประณีต ด้วยองค์ความรู้การจัดการ  
สวนภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

**กรรมวิธีที่ 3** แปลงปลูกใหม่ภายใต้ร่มเงาของไม้ป่าที่จัดการแปลงแบบประณีต ด้วยองค์  
ความรู้การจัดการสวนภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

**4.1.1 เก็บและบันทึกข้อมูล** ศึกษาสภาพทั่วไปของแปลง การจัดการแปลงของเจ้าของแปลง  
วัด Microclimate ลักษณะทางสรีรวิทยาของต้นกาแฟ และติดตามการระบาดของโรคและแมลง วัด  
การเจริญเติบโตของต้นกาแฟและไม้บังร่ม เดือนละ 1 ครั้ง และวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของต้น  
กาแฟรายปีในระบบ วัดการพังทลายของดิน ตามวิธีการของ Stocking and Murnaghan (2000)  
ทำครั้งเดียวหลังเสร็จสิ้นฤดูฝน วิเคราะห์ผลของระบบและสภาพแวดล้อมของระบบต่อผลผลิต และ  
สรุปผลเบื้องต้นข้อดีข้อเสียของระบบ และสรุปผลการศึกษาระบบการปลูกกาแฟปีที่ 3

#### 4.2 การศึกษาด้านแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา 5 แห่ง

**4.2.1 ศึกษาแบบการปฏิบัติที่ดีที่มีทรงพุ่มโตเต็มที่ 5 พื้นที่** คือศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ตันตก อินทนนท์  
ขุนช่างเคี่ยน และหนองหอย แต่ละพื้นที่เก็บข้อมูลแปลงในร่มและกลางแจ้ง บันทึกข้อมูลการ  
เจริญเติบโต ผลของร่มเงาต่อสภาพทั่วไปของต้นกาแฟ วัด Microclimate วัดปีละ 3 ครั้ง ในฤดูหนาว  
ร้อน และ ฝน วัดโดยใช้ Data logger และอุปกรณ์วัดการระเหยของน้ำ ศึกษาการตอบสนองทาง  
สรีรวิทยาของต้นกาแฟ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต่อใบ Specific leaf area (SLA) Specific leaf weight  
(SLW) ก่อนเก็บเกี่ยว ก่อนออกดอก และขณะผลกำลังเจริญเติบโต วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ  
(N, P, K, Ca and Mg) วิเคราะห์คุณภาพภายนอก (Appearance) และองค์ประกอบทางเคมีของ  
ผลผลิตกาแฟรายปีที่ได้จากแต่ละระบบ วิเคราะห์ผลของระบบและสภาพแวดล้อมของระบบต่อ  
ผลผลิต และสรุปผลการศึกษาระบบการปลูกกาแฟ ปีที่ 3

## 5. ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์และวิธีวิจัย

### 5.1. ศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

5.1.1 การจัดการทั่วไปและการเจริญเติบโต เกษตรกรเจ้าของแปลงที่ใช้ทำวิจัยมีการจัดการแปลงในระดับความประณีตที่ต่างกันมาก มีทั้งที่ดูแลแปลงอย่างประณีต และที่ปล่อยให้แปลงกาแฟรกร้าง โดยไม่มีการจัดการใด ๆ โดยพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของต้นกาแฟในแปลงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความประณีตของการจัดการ

#### 5.1.2 ผลการวัด Microclimate

ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่องได้ พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของทั้งสามกรรมวิธีในฤดูหนาวและร้อน มีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันอย่างรวดเร็ว บางวันอุณหภูมิสูงมาก ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลงมากเช่นกัน กรรมวิธีที่ 2 ที่วางอุปกรณ์เก็บข้อมูลในแปลงของนายคำรณ์ แฉวจันทิก ซึ่งหันไปทางทิศตะวันตก และได้รับแดดช่วงบ่ายอย่างเต็มที่ มีอุณหภูมิสูงกว่าแปลงอื่น และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า

สำหรับฤดูฝนกราฟมีความชันและความแปรปรวนน้อยกว่าในฤดูหนาวและร้อน กล่าวคือมีค่าน้อยสุดและมากที่สุดต่างกันไม่มาก

5.1.3 ความเข้มแสง น้ำระเหยและความชื้นของดิน ผลการวัดความเข้มแสงของแปลงที่ใช้ทดลองในกรรมวิธีทั้งสาม ความเข้มแสงเรียงจากมากไปหาน้อย เรียงตามกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ค่าน้ำระเหยวัดได้จากกรรมวิธีที่ 1 มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่วนความชื้นของดินไม่แตกต่างกันชัดเจน

5.1.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ผลวิเคราะห์ค่าดินจากตัวอย่างแปลงเกษตรกร พบว่ามีค่า Bulk density 1.18-1.87 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร pH 4.09-5.62 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 3.31-7.17 % ไนโตรเจน 0.14-0.28 % ฟอสฟอรัส 1.75-28.60 ppm โพแทสเซียมเฉลี่ย 74.71-299.32 ppm แคลเซียม 82.50-751.25 ppm และแมกนีเซียม 21.21-117.39 ppm ปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับสภาพพื้นที่สูงทั่วไป

5.1.5 ผลการวัดการเจริญเติบโต กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสูง และจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 และอัตราการเพิ่มของข้อมูลทั้งสาม มีขนาดและจำนวนเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ตามกรรมวิธี กล่าวคือกรรมวิธีที่ 1 มีค่าน้อยสุด กรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีค่ามากขึ้นตามลำดับ

#### 5.1.6 ขนาดของไม้บังร่ม

- ชิลเวอร์โอ๊ค การเจริญเติบโตดี วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 1.5-8.7 ซม. และ ความสูง 102-365 ซม.

- กางขี้มอด วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของต้นกางขี้มอด 5.6 ซม. และ 217 ซม.

- **อะโวคาโด** ขนาดและความสูงของต้นอะโวคาโด วัดได้ 7.8-8.6 ซม. และ 306-389 ซม.
- **มะขามป้อม** มะขามป้อมเป็นไม้บังร่มที่นำมาปลูกใหม่ในช่วงต้นฤดูฝนที่ผ่านมา วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นได้ 2.0 ซม. ความสูงวัดได้ 142 ซม.

**5.1.7 การระบาดของโรคและแมลง** พบว่าแปลงของนายศรีลภ อนุรักษ์ไพรสมณต์ ซึ่งเป็นแปลงกลางแจ้งที่มีการจัดการแบบเกษตรกร (กรรมวิธีที่ 1) มีการระบาดของเพลี้ยหอยและราดำค่อนข้างรุนแรง พบระบาดเกือบจะทุกต้น และต้นกาแฟแสดงอาการเหี่ยวอย่างชัดเจน ส่วนแปลงของเกษตรกรรายอื่น ในกรรมวิธีอื่น ๆ ไม่พบการระบาดของโรคและแมลงอื่น ๆ

## 5.2 แปลงกาแฟที่ทำการศึกษาศึกษาของแปลงต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice)

### 5.2.1 ข้อมูล Microclimate

**5.2.1.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์** ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของฤดูหนาว ร้อน และฝน อุณหภูมิจากแปลงกลางแจ้งจะสูงกว่าแปลงในร่ม ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะตรงกันข้าม คือในร่มจะสูงกว่ากลางแจ้ง ในทุกสถานี

### 5.2.2 ความเข้มแสง ความชื้นในดินและน้ำระเหย

ความเข้มแสงแปลงกลางแจ้ง จะมีค่ามากกว่าแปลงในร่มทั้ง 3 ฤดู ส่วนความชื้นดิน ในฤดูหนาวและร้อนกลางแจ้งให้ค่าน้อยกว่าในร่ม ยกเว้นบางแปลงที่มีการให้น้ำจะมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกันชัดเจน สำหรับน้ำระเหยของแปลงกลางแจ้งและในร่มในฤดูหนาว ร้อน และฝน ฤดูร้อนแปลงกลางแจ้งระเหยมากกว่าแปลงในร่ม

### 5.2.3 ข้อมูลทั่วไปของแปลงและข้อมูลของต้นกาแฟ

#### 5.2.3.1 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง

แปลงกลางแจ้ง (นายสุวรรณ เทโวชาติ) เป็นแปลงกาแฟขนาดใหญ่ มีทั้งส่วนที่ปลูกกลางแจ้งและในร่มเงาของไม้ป่า ระบบการปลูกมีทั้งกลางแจ้งและปลูกภายใต้ร่มเงาของไม้ป่า พื้นที่ปลูกประมาณ 40 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 38 ปี จำนวนต้นกาแฟทั้งหมดประมาณ 12,000 ต้น

แปลงในร่ม (นายทวี จันทรแก้ว) เป็นแปลงกาแฟที่ปลูกร่วมกับไม้ป่า ระบบการปลูกปลูกภายใต้ร่มเงาของไม้ป่า พื้นที่ปลูกประมาณ 20 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 32 ปี จำนวนต้นกาแฟทั้งหมดประมาณ 8,000 ต้น

#### 5.2.3.2 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงดินตอก (เขต ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง)

แปลงกลางแจ้ง (นายตัว จางอรุณ) บ้านแม่แจ่ม ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง เป็นแปลงกาแฟกลางแจ้งมีกาแฟอย่างเดียว และเพิ่งตัดแต่งอย่างหนักเพื่อทำสาว เมื่อปี พ.ศ. 2558 พื้นที่ปลูก 4 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 20 ปี จำนวนต้นกาแฟ 1,600 ต้น

แปลงในร่ม (นายสุวรรณ มูลคำดี) เจ้าของไร่สุวรรณ ดอยแม่แจ่ม ซึ่งเป็นบ้านแบบโฮมสเตย์ บ้านแม่แจ่ม เป็นแปลงกาแฟที่ปลูกร่วมกับมะคาเดเมียหน้ท ระบบการปลูกปลูกภายใต้ร่มเงาของไม้ต้น

มะคาเดเมียหน้ พื้นที่ทั้งหมด 50 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 19 ปี จำนวนต้นทั้งหมดประมาณ 15,000 ต้น

### 5.2.3.3 สถานีเกษตรหลวงหลวงอินทนนท์ หน่วยฯแม่ยะน้อย

แปลงกลางแจ้ง เป็นแปลงวิจัยโครงการ การคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าคุณภาพเยี่ยมในพื้นที่ส่งเสริมและพัฒนาของโครงการหลวง พื้นที่ปลูกประมาณ 2.5 ไร่ อายุต้นกาแฟ 4 ปี มีต้นกาแฟทั้งสิ้น 832 ต้น

แปลงในร่ม เป็นแปลงปลูกเพื่อการผลิตของสถานี ระบบการปลูกปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาของไม้ป่า พื้นที่ปลูก 3 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 15 ปี จำนวนต้นทั้งหมดประมาณ 1,000 ต้น

### 5.2.3.4 สถานีวิจัยเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน

แปลงกลางแจ้ง (แปลง 4) และแปลงหน้าโรงครัวเป็นแปลงกลางแจ้ง พันธุ์ที่ปลูกเป็นพันธุ์ POP#4 และ POP#5 และ P 88 พื้นที่ประมาณ 3 ไร่ มีต้นกาแฟ 1,100 ต้น ระบบการปลูกปลูกกาแฟกลางแจ้ง อายุต้นกาแฟประมาณ 25 ปี

แปลงในร่มเงาไม้ป่า (แปลงหลังโรงนอน) เป็นแปลงในร่มเงาของไม้ป่า มีพื้นที่ 2.5 ไร่ มีต้นกาแฟทั้งหมด 1,340 ต้น ระบบการปลูกปลูกกาแฟในร่มเงาของไม้ป่าธรรมชาติ อายุต้นกาแฟประมาณ 25 ปี

แปลงร่มเงาไม้ผล แปลงร่วมลิ้นจี่ เป็นแปลงกาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงาของต้นลิ้นจี่ พื้นที่ 2.5 ไร่ มีต้นกาแฟ 965 ต้น อายุต้นกาแฟประมาณ 23 ปี

### 5.2.3.5 สถานีวิจัยเกษตรที่สูงหนองหอย

แปลงกลางแจ้ง ระบบการปลูกปลูกกาแฟกลางแจ้ง พื้นที่ปลูก 3 ไร่ มีต้นกาแฟประมาณ 1,200 ต้น อายุต้นกาแฟประมาณ 20 ปี

แปลงในร่ม เป็นแปลงปลูกร่วมกับไม้ป่า พื้นที่ปลูกประมาณ 8 ไร่ อายุต้นกาแฟประมาณ 26 ปี จำนวนต้นกาแฟทั้งหมดประมาณ 2,400 ต้น

## 5.2.4 ค่า Specific leaf area (SLA) และ Specific leaf weight (SLW)

Specific leaf area (SLA) และ เป็นค่าที่ใช้ประเมินผลตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของพืช เช่นความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับขบวนการสังเคราะห์แสงและการสะสมอาหารที่ใบ นอกจากนั้นยังพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบ โดย SLA แปรผกผันกับอัตราการแลกเปลี่ยน ขณะที่ SLW แปรผันตรง

ตัวอย่างใบที่วิเคราะห์เก็บในขณะที่ยังผลสุกเต็มที่ (เดือน ธันวาคม 2560) ระยะก่อนออกดอก (เดือนกุมภาพันธ์) และระยะที่ผลกำลังเจริญเติบโต (เดือนกรกฎาคม) จากแปลงกลางแจ้งและในร่มแปลงละ 30 ใบ พบว่าเกือบจะทุกแปลงที่ค่า SLA จากแปลงในร่มมีค่ามากกว่าแปลงกลางแจ้ง แต่เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่า SLW จะเห็นว่าค่า SLW จากแปลงกลางแจ้งมีมากกว่าจากแปลงในร่ม

## 5.2.5 คุณภาพของกาแฟผลสุก กาแฟกะลา สารกาแฟ และองค์ประกอบทางเคมี

### 5.2.5.1 น้ำหนักของผลกาแฟ สารกาแฟและกาแฟกะลา

น้ำหนักผลสด 100 ผล มีค่าเฉลี่ย 149.33-191.67 กรัม ส่วนใหญ่ตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งจะหนักกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม กาแฟกะลา 100 เม็ดหนักเฉลี่ย 19.55-22.43 กรัม ผลตอบสนองต่อร่มเงาของแต่ละสถานีไม่เหมือนกัน สำหรับสารกาแฟ 100 เมล็ด หนักเฉลี่ย 15.96-19.98 กรัม มีทั้งที่แปลงกลางแจ้งให้น้ำหนักมากกว่าและแปลงในร่มให้น้ำหนักมากกว่า

### 5.2.6 องค์ประกอบทางเคมี

ในการวิเคราะห์ปริมาณ Caffeine, Chlorogenic acid และ Trigonelline ในกาแฟคั่ว โดยวิธีการ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่ามีในกาแฟดิบ Caffeine 1.35-1.40% Chlorogenic acid 4.94-5.84% และ Trigonelline 0.96-1.23% ส่วนใหญ่ตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งมี Caffeine และ Trigonelline มากกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม แต่แปลงในร่มให้ค่าของ Chlorogenic acid มากกว่า ส่วนกาแฟคั่วพบว่ามี Caffeine 0.57-1.03% Chlorogenic acid 0.68-1.49% และ Trigonelline 1.31-1.82% โดยตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งจากศูนย์ป่าเมี่ยงและดินตัก มีค่าของสารประกอบทั้ง 3 ชนิดมากกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม แต่ตัวอย่างจากสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ขุนช่างเคี่ยนและหนองหอยได้ค่าตรงกันข้าม กล่าวคือตัวอย่างจากแปลงในร่มให้ค่าสูงกว่าตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้ง

### 5.2.7. การระบาดของโรคและแมลง

การระบาดของโรคและแมลงที่สำคัญคือเพลี้ยแป้ง พบระบาดที่สถานีหนองหอย เพลี้ยหอย และราดำพบระบาดในแปลงในร่มที่ศูนย์ป่าเมี่ยง สำหรับมอดเจาะผลกาแฟพบระบาดเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีอินทนนท์ นอกจากนั้นพบอาการผิดปกติ ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ใบกาแฟมีอาการไหม้คล้ายถูกน้ำร้อนลวกและใบร่วงขณะที่ผลติดอยู่ที่กิ่ง พบรุนแรงจากแปลงกลางแจ้งจากศูนย์ป่าเมี่ยงและสถานีขุนช่างเคี่ยน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการยอดตายในระยะยาว

## 6. สรุปและวิเคราะห์เบื้องต้น

6.1 การปลูกกาแฟพื้นที่ใหม่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีหน่วยงานหรือองค์กรให้การสนับสนุน เกษตรกรควรจะให้ความสำคัญกับพืชที่ได้รับการส่งเสริม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กาแฟอาราบิก้า จากงานวิจัยนี้จะพบว่ายังมีการจัดการประณีตมากขึ้นเท่าไร การเจริญเติบโตของต้นกาแฟจะมากขึ้นด้วย และภายในระยะเวลา 2 ปีหลังจากปลูก มีหลายแปลงเริ่มให้ผลผลิต ซึ่งจะเป็นการผลิตในระบบที่ยั่งยืน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของโครงการ

6.2 แปลงกาแฟที่ทำการศึกษาก่อนแปลงต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) พบว่าร่มเงามีผลโดยตรงต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา และการให้ผลผลิตของกาแฟ ตลอดจนคุณภาพของกาแฟ

อย่างไรก็ตามการตอบสนองของแต่ละแปลง แต่ละสถานีไม่ไปในทิศทางเดียวกัน บางพื้นที่กลางแจ้งดีกว่า ในขณะที่บางพื้นที่แปลงในร่มดีกว่า ดังนั้นจึงต้องการการศึกษาอย่างละเอียดเพื่ออธิบายผลทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

## 7. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษา Microclimate ต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ควรทำในระยะยาว และควรตัดข้อจำกัดของเครื่องมือออก จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอุปกรณ์บันทึกข้อมูลซึ่งพัฒนาโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีข้อจำกัดเรื่องอายุของแบตเตอรี่ในสภาพแปลง ทำให้บันทึกได้ในระยะเวลา 5-7 วัน ซึ่งถ้าในช่วงเวลานั้นสภาวะอากาศแปรปรวน เช่นฝนตกนอกฤดู จะทำให้ผลของการบันทึกมีความคลาดเคลื่อน และแตกต่างจากสภาพที่ควรจะเป็น



## Executive Summary

### 1. Rationale

At the present, the problems related to the natural conservation and management have been found, resulting from highland environment. They also affect the product and the farmers' income which expands in the community's population and agricultural area extension. Supporting growing Arabica coffee is considered as one of the product increases which tends to be more potential and to response to economic income and the natural resources conservation in highland of hill tribe villagers is maintained and developed sustainably.

Royal projects, Chiang Mai University, and Ministry of Agriculture have been supporting the research and growing Arabica coffee to replace the opium since 1968 until now. Resulting from that, Arabica growing area has been expanded in the project area around 24 places. Arabica growing areas are divided into 3 groups including: growing coffee only, growing coffee with economic fruits such as tea, and growing coffee with shady trees. This growing area has been expanded to extension area of Royal project by the research and high area development institution, Ministry of Agriculture and Cooperative. Apart from supporting growing and production of other highland development projects such as Thai-Norway highland development project in the area of Huay Som Poi, Jomthong, Chiang Mai, and Thai-German highland development project in the area of Doi Chang, Mae Sarouy, Chiang Rai, these two projects are well-known as the Doi Chang coffee production with the different growing systems. Thai-Norway project grows coffee in the forest system but Thai-German project in Doi Chang grows coffee in the unshade system. Supporting growing Arabica coffee in high area in the northern part of Thailand has the growing systems which count from the 1st year to the 3rd year. In the 1st year, it starts to give different products according to the condition and the knowledge and the expert of Academic officer who always support and suggest the farmers to grow. Growing coffee in the natural resources conservation system has been known more. So authorities need to understand the knowledge in this system including; forest, water, and soil and integrated to be reliable nature to support the highland agriculture more stable.

Arabica coffee is the one of the plants which can be grown in highland. It is a replacement of hill tribe farmers' addictive plants because it can grow well and give a large amount of good quality product. Even though growing coffee unshade without the shade gives more product but the age of coffee is very short due to the over-exposure to the sun especially in summer. Growing coffee indoor gives a smaller amount of product but the harvesting period is longer than unshade and its quality is also better due to the longer ripe time which collects more nutrition. Moreover, growing shading system also increases the forest area which is advantage to the natural resources conservation and supports growing coffee as a sustainable agricultural system.

Growing coffee in the natural resources system is the growing coffee with the forest or the pre-existing trees including the economic fruit crops by considering the soil, forest, and environment which results in the growth of product and the quality cup, and also to the occupation sustainability and coffee growers' life since the forest is an essential natural resources to human's life which provide the place to live, clothe, food, and herbs since the past until nowadays.

## **2. Main objectives**

- 2.1 To study the model of best practice in coffee cultivation under shade.
- 2.2 To study the new planting of coffee under soil and water conservation systems.

## **3. Research Framework**

This research is the 2<sup>nd</sup> year. This report was December 2016 to September 2017. The target areas of 5 centers of coffee research stations and 1 new coffee plantation with soil water conservation.

3.1 Searching for the model of best practice from 5 research stations, more than 10 plots.

3.2 Plantation model in the natural-resources conservative growing coffee system on the growth and development of coffee tree, shade tree and effect of soil and water conservation. Analyze of plant nutrients in soil, soil moisture content,

organic matter, bulk density and daily continuous of air temperature and relative humidity.

#### **4. Research methodology**

##### **4.1 The study of shade grown Arabica coffee with soil and water conservation.**

The study was continued from the last year, 2017. The plot was used at Baan Pa Kluay Khunya. The Inthanon Royal Agricultural Station, a joint project between PTT Public Company Limited and Royal Project Foundation. There were 3 treatments.

**Treatment 1** Sun grown coffee with farmer's management (Control)

**Treatment 2** Sun grown coffee with planted shade tree and soil and water conservation and consulted management by technician from the Royal Project.

**Treatment 3** Shade grown coffee under natural shade trees and consulted management by technician from the Royal Project.

##### **4.1.1 Data collection.**

Monitored all year round for assessment general practice, Microclimate measurement three time a year in cold, hot and rainy season. Growth measurement of coffee trees and also shade tree. Assessed pests and diseases and physiology response. Land degradation such as erosion will be assessed in the late rainy season. (Stocking and Murnaghan, 2000). Analysis of growing systems, microclimate on yield and quality of coffee will be made in long term.

##### **4.2 The study of best practice on coffee management.**

Full canopy from 5 different location and elevation. The Royal Project Development Center Pa miang, Teen Tok, Inthanont and highland research station from Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Khun Chang Khian and Nong Hoy. Measurement the growth and development of coffee tree affected by shade. Measured air temperature, air humidity, evaporation and soil moisture content 3 times a year, on cold, hot and rainy season. Physiology responses, specific leaf area (SLA), Specific leaf weight (SLW) were measured from coffee leaf before harvesting, dormant and fruit growth and development stage. Leaf nutrients content, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium were analyzed before harvesting season. Physical properties and quality of coffee were analyzed, appearance, sizes, weight and chemical

composition, caffeine, chlorogenic acid and trigonelline. And conclusion for the 3<sup>rd</sup> year.

## 5. Result

### 5.1 The study of shade grown Arabica coffee with soil and water conservation.

**5.1.1 General in formation and growth of coffee trees.** The farmers who owned the plots had very difference in management of their coffee plot. Some were intensive while others were not. It's found the more intensive management the more growth of coffee trees.

#### 5.1.2 Microclimate measurement

Resulting of air temperature and humidity were shown very high temperature in day time and very low humidity. Diurnal changed in day and night time very fast. T2 that measure from Mr. Kamron'plot had low humidity and high temperature. It should be from the plot is west sloping and get full sunshine in the afternoon. In the rainy season both temperature and humidity in day and night were not too different

#### 5.1.3 Light intensity, Evaporation and Soil moisture content.

The light intensity vary from lowest to highest T1, T2 and T3 respectively in three seasons. The evaporation from T1 higher than T2 and T3. For soil moisture content the data and trend of different were difficult to expect.

**5.1.4 Soil property and nutrient content.** There were found Bulk density 1.18-1.87 g cm<sup>3</sup>, pH 4.09-5.62, Organic matter 3.31-7.17%, Nitrogen 0.14-0.28% Phosphorus 1.75-28.60 ppm, Potassium 74.71- 299.32 ppm, Calcium 82.50- 751.25 ppm and Magnesium 21.21-117.39 ppm

#### 5.1.5 Growth and development of coffee trees.

The result of measurement of stem diameter, plant height and 1<sup>st</sup> branches number shown. The more intensive management the more growth and development.

#### 5.1.6 Growth of shade tree.

- **Silver oak**, with good growth. Average stem diameter was 1.5-8.7 cm and plant heigth 102-365 cm

- *Albizia odoratissima* (L.f.) Benth., with good growth, average stem diameter was 5.6 cm and plant heigth was 217 cm

- **Avocado**, the average stem diameter was 8.8-8.6 cm and plant height was 306-389 cm

- **Indian gooseberry** that grown in May, 2018. It had good growth and development, stem diameter was 2.0 cm and plant height was 142 cm.

**5.1.7 Assessment of pest and disease.** It was found green scale insect and black mold in Mr. Srilop's plot (T1) most of the coffee tree were affected. For another farmers' plot, not found any insects or disease.

## **5.2 The study of best practice on coffee management.**

### **5.2.1 Microclimate data**

#### **5.2.1.1 Air temperature and humidity.**

In general temperature in sun grown plot always higher than in shade grown plot. Relative humidity up and down as opposite to the temperature. In daytime relative humidity is rapidly reduced and up fast at night.

#### **5.2.2 Light intensity, Soil moisture content and Evaporation**

In most plots and most seasons the light intensity from sun grown was higher than shade grown. Soil moisture content in the cold and hot season soil from shade grown coffee had higher moisture content than sun grown coffee. The evaporation in the cold and hot season from sun grown higher than in shade grown.

### **5.2.3 General information and plot description**

#### **5.2.3.1 Pa Miang Royal Project Development Center**

Sun grown (Mr. Suwan Thewokhat); a big plantation about 40 Rai. For the whole area both sun and shade grown, but research plot is full sun. Age 38 year and total plant 12,000 coffee plants.

Shade grown (Mr. Thawee Junkaew); a natural plants shading, total area was 20 Rai, with 800 coffee tree and age of the tree was 32 year.

#### **5.2.3.2 Teen Tok Royal Project Development Center**

Sun grown (Mr. Tua Jan-Arun); Mae jam village, Jaeson sub-district, Muang Pan district, Lampan. Coffee grown in full sun without any shade tree. Total area 4 Rai, 1600 coffee trees. It was hard pruning on 2016.

Shade grown (Mr. Suwan moonkamdee); The owner of Suwan Farm Doi Mae Jaem. Also be a homestay. Coffee grown under Macadamia nut total area 50 Rai with 15000 coffee tree. Age about 19 years.

#### 5.2.3.3 Inthanont Agricultural Royal Station

Sun grown is a plot from the former research project with 2.5 Rai and 832 coffee trees. 4 year of age.

Shade grown is a plot grown under natural forest with 3 Rai about 1,000 coffee tree. 15 years of age.

#### 5.2.3.4 Khun Chang Khian Highland Research Station

Sun grown (Plot # 4); The variety in this plot are POP#4 and POP#5 and Progency 88 Total area 3 Ari, 1,100 coffee trees. 25 year of age.

Natural forest shade; Coffee grown in the natural forest tree, 2.5 Rai, with 1,340 coffee tree and 25 year of age.

Fruit tree shade; Coffee grown under the lychee tree. Total area 2.5 Rai, 965 coffee tree and 25 year of age.

#### 5.2.3.5 Nong Hoy Hi Highland Research Station

Sun grown; Coffee grown in full sun. Total area 3 Rai, with 1200 coffee trees and 20 year of age.

Shade grown; Coffee grown under the natural forest tree, 8 Rai, with 2,400 coffee tree and 26 year of age.

#### 5.2.4 Specific leaf area (SLA) and Specific leaf weight (SLW)

Specific leaf area (SLA) and Specific leaf weight (SLW) are dedicators of crop responded to the environment. They were high correlated with the photosynthesis and partitioning. They also correlate with CO<sub>2</sub> exchanging. SLA always indirect respond and SLW always direct respond to CO<sub>2</sub> exchanged.

Sampling from fruit ripening stage (Dec, 2017), dormant period (Mar, 2018) and fruit growth and development stage (July, 2018). Each plot sampling 30 leaves. Measured leaf area, leaf dry weight and calculate the SLA. Most sample from shade grown had higher SLA than from sun grown but opposite for SLW, sun grown higher.

### **5.2.5 Coffee quality, fresh cherry, parchment coffee and green bean.**

#### **5.2.5.2 Weight of coffee cherry, parchment coffee and green bean.**

Average weight of 100 cherries 149.33-191.67 g, sun grown always higher than grown. Weight of 100 parchment coffee was 19.55-22.43 g, not significant difference between sun and shade grown. For green bean 100 bean weight 15.92-19.98 g, sun grown heavier than shade grown.

**5.2.6.2 Chemical composition.** Caffeine, Chlorogenic acid and Trigonelline were analyzed from green bean and roasted coffee bean with the High Performance Liquid Chromatography (HPLC). For green bean caffeine was 1.35-1.40%, Chlorogenic acid was 4.94-5.84% and Trigonelline was 0.96-1.23%. Sun grown was found more Caffeine and Trigonelline. While shade grown was found more chlorogenic acid. For roasted coffee, it was found Caffeine 0.57-1.03%, Chlorogenic acid 0.68-1.49% and Trigonelline 1.31-1.82% Sample from sun grown from Pa Miang and Teen Tok had higher Caffeine, Chlorogenic acid and Trigonelline than from the shade grown. But sample from shade grown coffee from Inthanont, Khun Chang Khian and Nong Hoy had higher Caffeine, Chlorogenic acid and Trigonelline than sun grown.

#### **5.2.7. Assessment of pest and disease**

Pest and disease were not found different in each plot and location but found the physiology disorder from sun grown. Leaf drop while the fruit retained. Leaf look like hot water soaking. It's found in high percentage from Pa Ming and Khun Chang Khian and expected will be die back in long period. Found scale insect and black mold in shade plot from Pa Miang. Found Pseudococcidae both in sun and shade grown at Nong Hoy station. Also found coffee berry borer in most plots except Inthanont.

## **6. Preliminary analysis and conclusion**

6.1 New coffee plantation that promoted by some organizations. The farmers have to participate in all dimensions. Especially arabica coffee. From this research was found the more intensive cultural practices result the higher growth. There are some farmers can harvest their coffee only 2 years in the field. Coffee is a conservation crop and suit the main objectives of these project.

6.2 The studying to fine out some best practice. Shade directly to physiology respond, yield and quality of coffee. But vary from each location so the continuous

intensive study have to done. To fine out the best practices and can explain with scientific reason.

## 7. Recommendation

The study of microclimate on growth, yield and quality of coffee. The limitation is the field sensor that developed by the Faculty of Engineering, Chiang Mai University. With short life of battery, only 5-7 days in the field. If suddenly changed, for example rain in the cold or hot season. The data will fluctuate and no reason to explain.



## สารบัญ

|                                                                                  | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                                                                  | ก    |
| คณะผู้วิจัย                                                                      | ข    |
| บทสรุปผู้บริหาร                                                                  | ง    |
| Executive Summary                                                                | ฉ    |
| สารบัญ                                                                           | ท    |
| สารบัญตาราง                                                                      | บ    |
| สารบัญภาพ                                                                        | พ    |
| บทคัดย่อ                                                                         | ฟ    |
| Abstract                                                                         | ม    |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                                                              |      |
| 1.1 คำนำ                                                                         | 1    |
| 1.2. วัตถุประสงค์                                                                | 3    |
| 1.3. ขอบเขตของการศึกษา                                                           | 3    |
| <b>บทที่ 2 การตรวจเอกสาร</b>                                                     | 4    |
| 1. คำนำ                                                                          | 4    |
| 1.1 อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)                                              | 5    |
| 1.2 ความชื้นสัมพัทธ์และการระเหยของน้ำ (Relative humidity and Evaporative demand) | 5    |
| 1.3 พลังงานแสง (Radiant energy)                                                  | 6    |
| 1.4 ลม (Wind)                                                                    | 6    |
| 1.5 ร่มเงา (Shading)                                                             | 6    |
| 1.6 อาการยอดตาย                                                                  | 9    |
| 2. งานวิจัยและพัฒนาการเพอราก้าในภาคเหนือของประเทศไทย                             | 10   |
| 3. พันธุ์กาเพอราก้าที่ปลูกบนพื้นที่สูง                                           | 10   |
| 4. คุณภาพของกาเพ                                                                 | 11   |

|                                                                                   | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5. ระบบการปลูกกาแฟอราบิก้าในประเทศไทย                                             | 13   |
| 6. แนวทางการพัฒนากาแฟในอนาคตของไทย                                                | 13   |
| 6.1 การพัฒนาพันธุ์กาแฟ                                                            | 13   |
| 6.2 การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟ                                                       | 14   |
| <b>บทที่ 3 วิธีวิจัย</b>                                                          | 15   |
| 1. ศึกษาการปลูกกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ   | 18   |
| 2. การศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา 5 แห่ง | 20   |
| 3. พื้นที่ดำเนินการวิจัย/เก็บข้อมูล                                               | 20   |
| <b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>                                                         | 22   |
| 1. ศึกษาการปลูกกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ   | 22   |
| 1.1 สภาพแปลงและการวัดการเจริญเติบโต                                               | 22   |
| 1.2 ผลการวัด Microclimate                                                         | 27   |
| 1.3 ความชื้นแสง น้ำระเหยและความชื้นของดิน                                         | 30   |
| 1.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเพื่อองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน        | 30   |
| 1.5 ผลการวัดการเจริญเติบโตของต้นกาแฟตามกรรมวิธีในการทดลอง                         | 31   |
| 1.6 ขนาดของไม้บังร่ม                                                              | 34   |
| 1.7 การระบาดของโรคและแมลง                                                         | 39   |
| 2. การศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา 5 แห่ง | 40   |
| 2.1 ข้อมูลทั่วไปของแปลงและข้อมูลของต้นกาแฟ                                        | 40   |
| 2.2 ข้อมูล Microclimate                                                           | 56   |
| 2.3 ความชื้นแสง ความชื้นในดินและน้ำระเหย                                          | 69   |
| 2.4 ค่า Specific leaf area (SLA) และ Specific leaf weight (SLW)                   | 72   |
| 2.5 วิเคราะห์ความชื้นของธาตุอาหารในใบ                                             | 74   |
| 2.6 คุณภาพของกาแฟผลสุก กาแฟกะลา สารกาแฟ และองค์ประกอบทางเคมี                      | 77   |
| 2.7 การระบาดของโรคและแมลง                                                         | 82   |
| 2.8 ผลการวัดการเกิดการชะล้างหน้าดิน (Erosion)                                     | 82   |

|                                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย</b>                                                      | 89   |
| 1. ศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ    | 89   |
| 1.1 การจัดการแปลงทั่วไป                                                             | 90   |
| 1.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ                                                | 90   |
| 1.3 ความเข้มแสง การระเหยของน้ำ และความชื้นของดิน                                    | 91   |
| 1.4 ค่า pH, Bulk density ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน                       | 91   |
| 1.5 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ                                                        | 91   |
| 1.6 การเจริญเติบโตของไม้บังร่ม                                                      | 92   |
| 1.7 การวิเคราะห์ระบบและการจัดการ                                                    | 92   |
| 2. แปลงวิจัยเพื่อใช้เก็บข้อมูลระยะยาวในการหาการจัดการแปลงแบบ Best practices         | 93   |
| 2.1 สภาพทั่วไปของแปลงกาแฟ                                                           | 93   |
| 2.2 ภาพรวมของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์                                            | 94   |
| 2.3 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแปลงกลางแจ้งและในร่ม กับ Microclimate             | 94   |
| 2.4 วิเคราะห์ผลของ Microclimate และร่มเงาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต                 | 96   |
| 2.5 ความชื้นของดิน ความเข้มแสงและการระเหยของน้ำ                                     | 97   |
| 2.6 ธาตุอาหารในใบ                                                                   | 97   |
| 2.7 ผลตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการ                                                  | 98   |
| 2.8 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟ                                      | 98   |
| 2.9 การจัดการแปลง                                                                   | 99   |
| <b>บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย</b>                                                       | 100  |
| 1. การปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ         | 100  |
| 2. แปลงกาแฟที่ทำการศึกษาของแปลงต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice)                | 100  |
| <b>ข้อเสนอแนะ</b>                                                                   | 101  |
| 1. การศึกษาการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ | 101  |
| 2. ศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา 5 แห่ง      | 101  |
| <b>เอกสารอ้างอิง</b>                                                                | 103  |
| <b>ตารางสรุปเปรียบเทียบแผนงานวิจัยกับผลงานวิจัย</b>                                 | 109  |

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                                                                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1 ตารางคะแนนผลการชิมและระดับคุณภาพที่กำหนดโดย SCAA                                                                                                                                        | 12   |
| ตารางที่ 2 ปิงปประมาณ พ.ศ. 2559-2562 กิจกรรมการวิจัยและผลผลิตและผลลัพธ์                                                                                                                            | 16   |
| ตารางที่ 3 สรุปกรรมวิธีในการทดลองและการจัดการแปลง                                                                                                                                                  | 18   |
| ตารางที่ 4 กรรมวิธีการวิจัย เจ้าของแปลง ที่ตั้ง ลักษณะของแปลง และการจัดการแปลง                                                                                                                     | 25   |
| ตารางที่ 5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากแปลงปลูกกาแฟระบบอนุรักษ์                                                                                                                                  | 27   |
| ตารางที่ 6 ความเข้มแสง น้ำระเหย และความชื้นของดินจากแปลงวิจัยที่ขุนยะ                                                                                                                              | 30   |
| ตารางที่ 7 ค่า pH, Organic matter (OM), Total N, Available P, Exchangeable K, Exchangeable Ca และ Exchangeable Mg จากแปลงทดลองที่บ้านขุนยะ                                                         | 31   |
| ตารางที่ 8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ของต้นกาแฟที่ใช้ทดลอง ณ เดือน ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. และ ก.ย. และอัตราการเติบโตแบบสัมพัทธ์ต่อเดือน                                        | 32   |
| ตารางที่ 9 ความสูงของต้นกาแฟที่ใช้ทดลอง ณ เดือน ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. และ ก.ย. และอัตราการเติบโตแบบสัมพัทธ์ต่อเดือน                                                           | 33   |
| ตารางที่ 10 จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ของต้นกาแฟที่ใช้ทดลอง ณ เดือน ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. และ ก.ย. และอัตราการเติบโตแบบสัมพัทธ์ต่อเดือน                                              | 33   |
| ตารางที่ 11 ขนาดความกว้าง ความยาว ความยาวก้านใบและพื้นที่ใบจากกรรมวิธีในการจัดการที่ต่างกัน                                                                                                        | 34   |
| ตารางที่ 12 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและความสูงของไม้บังร่ม                                                                                                                                        | 36   |
| ตารางที่ 13 ข้อมูลทั่วไปของลักษณะแปลงที่เก็บข้อมูลเพื่อหาการจัดการแบบ Best practices                                                                                                               | 41   |
| ตารางที่ 14 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่ง ความยาวกิ่ง องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต โดยการประมาณและผลิตที่ได้จากการ เก็บเกี่ยว ที่ได้จากแปลงกลางแจ้ง (นายสุวรรณ เทโวชาติ) ฤดูการผลิตปี 2560/61             | 43   |
| ตารางที่ 15 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนงที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงกลางแจ้ง (นายสุวรรณ เทโวชาติ) ฤดูการผลิตปี 2561/62 | 43   |
| ตารางที่ 16 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่ง ความยาวกิ่ง องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต โดยการประมาณและผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยว ที่ได้จากแปลงในร่ม (นายทวี จันทรแก้ว) ฤดูการผลิตปี 2560/61                   | 44   |

|                                                                                                                                                                                                                         | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 17 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>(นายทวี จันทรแก้ว) ฤดูการผลิตปี 2561/62                    | 44   |
| ตารางที่ 18 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล และความยาวกิ่ง<br>ที่ได้จากแปลง กลางแจ้ง (นายตัว จางอรุณ) ฤดูการผลิตปี 2560/61                                                               | 45   |
| ตารางที่ 19 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงกลางแจ้ง<br>(นายตัว จางอรุณ) ฤดูการผลิตปี 2561/62                   | 45   |
| ตารางที่ 20 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ความยาวกิ่ง และ<br>องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวที่<br>ได้จากแปลงในร่ม (นายสุวรรณ มูลคำดี) ฤดูการผลิตปี 2560/61 | 46   |
| ตารางที่ 21 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>(นายสุวรรณ มูลคำดี) ฤดูการผลิตปี 2561/62                   | 46   |
| ตารางที่ 22 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ความยาวกิ่ง และ<br>องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตโดยการประมาณที่ได้จากแปลงกลางแจ้ง ที่<br>สถานีเกษตรหลวงหลวงอินทนนท์ หน่วยงานแม่ยะน้อยฤดูการผลิตปี 2560/61 | 47   |
| ตารางที่ 23 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงกลางแจ้ง<br>ฤดูการผลิตปี 2561/62                                    | 47   |
| ตารางที่ 24 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ความยาวกิ่ง<br>และองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตโดยการประมาณ ที่ได้จากแปลงในร่มที่<br>สถานีเกษตรหลวงหลวงอินทนนท์ หน่วยงานแม่ยะน้อย ฤดูการผลิตปี 2560/61    | 48   |
| ตารางที่ 25 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>ฤดูการผลิตปี 2561/62                                       | 48   |
| ตารางที่ 26 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล ความ ยาว<br>กิ่ง องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ จาก                                                          | 49   |

|                                                                                                                                                                                                                                               | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| แปลงกลางแจ้งที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน ฤดูการผลิตปี 2560/61                                                                                                                                                                        |      |
| ตารางที่ 27 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากกลางแจ้ง<br>(แปลง 4) ฤดูการผลิตปี 2561/62                                                     | 49   |
| ตารางที่ 28 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสูง จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล ความ ยาว<br>กิ่งองค์ประ กอบผลผลิต และผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้<br>จากแปลงในร่มที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน ฤดูการผลิตปี 2560/61         | 50   |
| ตารางที่ 29 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>เงาไม้ป่า ฤดูการผลิตปี 2561/62                                                   | 50   |
| ตารางที่ 30 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล ความ ยาว<br>กิ่ง องค์ประ กอบผลผลิต ผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ จาก<br>แปลงในร่มเงาไม้ผล ที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน ฤดูการผลิตปี 2560/61 | 51   |
| ตารางที่ 31 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>เงาไม้ผล ฤดูการผลิตปี 2561/62                                                    | 51   |
| ตารางที่ 32 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล ความ ยาว<br>กิ่ง องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่เก็บ เกี่ยวได้ ที่ได้<br>จากแปลง กลางแจ้ง ที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูงหนองหอย ฤดูการผลิตปี 2560/61  | 52   |
| ตารางที่ 33 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงกลางแจ้ง<br>ฤดูการผลิตปี 2561/62                                                          | 52   |
| ตารางที่ 34 ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 กิ่งติดผล ความ<br>ยาวกิ่ง องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตโดยการประมาณและผลผลิตที่เก็บ เกี่ยวได้<br>ที่ได้จากแปลงในร่ม ที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูงหนองหอย ฤดูการผลิตปี 2561/62         | 53   |
| ตารางที่ 35 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เปรียบเทียบแปลงกลางแจ้งและใน<br>ร่ม จากศูนย์ป่าเมี่ยง ดินตก อินทนนท์ ขุนช่างเคี่ยนและหนองหอย ในฤดู หนาว<br>ร้อน และฝน ปี พ.ศ. 2561                                                            | 53   |

|                                                                                                                                                                                   | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 36 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบ 24 ชั่วโมง จากศูนย์ป่า<br>เมี่ยงในฤดูหนาว ร้อน ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                         | 58   |
| ตารางที่ 37 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบ 24 ชั่วโมง จากศูนย์ตีนตก<br>ในฤดูหนาว ร้อน และฝน ปี พ.ศ. 2561                                                          | 59   |
| ตารางที่ 38 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบ 24 ชั่วโมง จากสถานี<br>เกษตรหลวงอินทนนท์ หน่วยแม่ยะน้อย ในฤดูหนาว ร้อน และฝน ปี พ.ศ. 2561                              | 60   |
| ตารางที่ 39 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบ 24 ชั่วโมง จากสถานี<br>เกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน ในฤดูหนาว ร้อน และฝน ปี พ.ศ. 2561                                      | 61   |
| ตารางที่ 40 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบ 24 ชั่วโมง จากสถานี<br>เกษตรที่สูงหนองหอย ในฤดูหนาว ร้อน และฝน ปี พ.ศ. 2561                                            | 62   |
| ตารางที่ 41 ความเข้มแสง ความชื้นในดินและน้ำระเหย ที่วัดได้จากแปลงกลางแจ้งและในร่ม<br>ในฤดูหนาว                                                                                    | 63   |
| ตารางที่ 42 ความสูง ขนาดต้น จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนกิ่งติดผล ความยาวกิ่งแขนง<br>ที่ 1 ความยาวข้อของกิ่งติดผล และข้อติดผลต่อกิ่ง ที่ได้วัดได้จากแปลงในร่ม<br>ฤดูการผลิตปี 2561/62 | 71   |
| ตารางที่ 43 พื้นที่ใบ (Leaf area) น้ำหนักแห้งต่อใบ ค่า Specific leaf area (SLA) และ<br>Specific leaf weight (SLW) จากศูนย์และสถานี 5 แห่ง เปรียบเทียบระหว่าง<br>กลางแจ้งและในร่ม  | 74   |
| ตารางที่ 44 ความเข้มข้นของธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม<br>จากศูนย์และสถานี 5 แห่ง เปรียบเทียบระหว่างกลางแจ้งและในร่ม                                  | 76   |
| ตารางที่ 45 น้ำหนักผลสด 100 ผล น้ำหนักกละลา 100 เม็ด น้ำหนักสารกาแฟ 100 เมล็ด<br>เปรียบเทียบระหว่างแปลงกลางแจ้งและในร่มจากแปลงวิจัย 5 ศูนย์/สถานี                                 | 80   |
| ตารางที่ 46 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เปรียบเทียบระหว่างแปลงกลางแจ้งและใน<br>ร่มจากแปลงวิจัย 5 ศูนย์/สถานี                                                                     | 81   |

## สารบัญภาพ

|                                                                                                                                                                 | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (ก) ฤดูหนาว (ข) ฤดูร้อน และ (ค) ฤดูฝนจากแปลงวิจัยที่ขุนยะ                                                                  | 29   |
| ภาพที่ 2 สภาพแปลงของเกษตรกรที่ใช้ทำการวิจัยในพื้นที่โครงการปลูกกาแฟระบบอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติร่วมระหว่างโครงการหลวงและบริษัทปิโตรเลียมไทยจำกัด (มหาชน) (ปตท.) | 37   |
| ภาพที่ 3 สภาพแปลงที่ใช้เก็บข้อมูลศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา 5 แห่ง                                                    | 34   |
| ภาพที่ 4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันจากศูนย์ป่าเมี่ยงในฤดู (ก) หนาว (ข) ร้อน (ค) ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                        | 64   |
| ภาพที่ 5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันจากศูนย์ตีนตอกในฤดู (ก) หนาว (ข) ร้อน (ค) ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                           | 65   |
| ภาพที่ 6 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันจากหน่วยแม่ยะน้อยในฤดู (ก) หนาว (ข) ร้อน (ค) ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                        | 66   |
| ภาพที่ 7 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันจากสถานีฯขุนช่างเคี่ยนในฤดู (ก) หนาว (ข) ร้อน (ค) ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                   | 67   |
| ภาพที่ 8 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันจากสถานีฯหนองหอยในฤดู (ก) หนาว (ข) ร้อน และ (ค) ฝน ปี พ.ศ. 2561                                                     | 68   |
| ภาพที่ 9 ลักษณะของผลกาแฟจากแปลงที่ใช้เก็บข้อมูลวิจัย                                                                                                            | 83   |
| ภาพที่ 10 ลักษณะของกาแฟกะลาจากแปลงที่ใช้เก็บข้อมูลวิจัย                                                                                                         | 85   |
| ภาพที่ 11 ลักษณะของสารกาแฟจากแปลงที่ใช้เก็บข้อมูลวิจัย                                                                                                          | 87   |

## บทคัดย่อ

การศึกษากการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ เป็นผลงานวิจัยปีที่ 3 จากระยะเวลา 4 ปี ของโครงการวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อศึกษากการปลูกกาแฟอาราบิก้าภายใต้สภาพร่มเงาร่วมกับการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (2) เพื่อศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา การศึกษาที่ 1 ดำเนินการวิจัยในแปลงส่งเสริมกาแฟปลูกใหม่ในพื้นที่บ้านปากกล้วย-ขุนยะ ภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างมูลนิธิโครงการหลวงและบริษัทปิโตรเลียมไทย จำกัด การศึกษาที่ 2 การศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี ดำเนินการวิจัยในแปลงกลางแจ้งและในร่ม จากศูนย์ป่าเมี่ยง ดินตกอินทนนท์ ขุนช่างเคี่ยนและหนองหอย ผลงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลการวัด Microclimate ของแปลงกลางแจ้งและในร่ม การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการ ธาตุอาหารในใบ คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี และข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกาแฟในแปลงที่มีระบบอนุรักษ์

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟในแปลงที่ทดลองที่จัดทำขึ้นเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งมี 3 กรรมวิธี (1) ปลูกกลางแจ้ง จัดการแบบเกษตรกร (Control) ไม่มีระบบอนุรักษ์ (2) ปลูกกลางแจ้ง จัดการแบบประณีตตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ (3) ปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ป่าหรือไม้ผลจัดการแบบประณีตตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสูง และจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 และอัตราการเพิ่มแบบสัมพัทธ์ต่อเดือนมีขนาดและจำนวนเพิ่มมากขึ้น ตามความเข้มข้นของการจัดการ กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ณ เดือน กันยายน 2561 เฉลี่ย 2.47, 3.29 และ 2.52 ซม. ตามลำดับ มีความสูงเฉลี่ย 91.3, 118.6 และ 111.2 ซม. ตามลำดับ จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 เฉลี่ย 27.3, 38.9 และ 30.4 กิ่ง ตามลำดับ อัตราการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 0.042, 0.035 และ 0.034 ซม./ซม./เดือน อัตราการเพิ่มความสูง 0.047, 0.039 และ 0.044 ซม./ซม./เดือน และอัตราการเพิ่มจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 0.071, 0.052 และ 0.047 กิ่ง/กิ่ง/ต่อเดือน

การศึกษาที่ 2 การศึกษาต้นแบบการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาผลการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และน้ำระเหยแบบต่อเนื่อง ในฤดูหนาว ร้อน และฝน พบว่าอุณหภูมิมีค่า เฉลี่ย 14.26-24.09 °C แปลงกลางกลางแจ้งสูงกว่าแปลงในร่ม ความชื้นสัมพัทธ์ 59.33-96.79 % แปลงกลางแจ้งให้ค่าต่ำกว่าแปลงในร่ม น้ำระเหย 0.29-7.96 มม./วัน ค่าน้ำระเหยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อนและแห้ง น้ำจากแปลงกลางแจ้งจะระเหยมากกว่าแปลงในร่ม การตอบสนองทางสรีรวิทยา พบว่ามีพื้นที่ใบต่อใบ 59.77-136.94 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักใบแห้งต่อใบอยู่ระหว่าง 0.49-1.38 กรัม ค่า specific leaf area (SLA) มีค่า 44.79-170.01 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต่อใบ ค่า SLA ที่ได้จากแปลงในร่มมีมากกว่าจากแปลงกลางแจ้ง แต่ค่า specific leaf weight

(SLW) ซึ่งมีค่า 6.62-22.77 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร จากแปลงกลางแจ้งมีค่ามากกว่า ค่า SLW นี้ใช้ประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์และการสะสมสารสังเคราะห์ที่ใบ (partitioning) สำหรับธาตุอาหารในใบพบธาตุ N 1.83-3.07% และ Mg 0.011-0.230 ตัวอย่างที่ได้จากแปลงในร่มมีความเข้มข้นมากกว่าที่ได้จากแปลงกลางแจ้ง ส่วนธาตุ P K และ Ca ความแตกต่างระหว่างแปลงกลางแจ้งและในร่มไม่เด่นชัดแต่น่าสังเกตว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

น้ำหนักและคุณภาพของกาแฟ น้ำหนักผลสด 100 ผล มีค่าเฉลี่ย 149.33-191.67 กรัม ส่วนใหญ่ตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งจะหนักกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม กาแฟกะลา 100 เม็ดหนักเฉลี่ย 19.55-22.43 กรัม ผลตอบสนองต่อร่มเงาของแต่ละสถานีไม่เหมือนกัน สำหรับสารกาแฟ 100 เมล็ดหนักเฉลี่ย 15.96-19.98 กรัม มีทั้งที่แปลงกลางแจ้งให้น้ำหนักมากกว่าและแปลงในร่มให้น้ำหนักมากกว่า ส่วนองค์ประกอบทางเคมี ในการวิเคราะห์ปริมาณ Caffeine, Chlorogenic acid และ Trigonelline ในกาแฟคั่ว โดยวิธีการ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่าในกาแฟดิบ มี Caffeine 1.35-1.40% Chlorogenic acid 4.94-5.84% และ Trigonelline 0.96-1.23% ส่วนใหญ่ตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งมี Caffeine และ Trigonelline มากกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม แต่แปลงในร่มให้ค่าของ Chlorogenic acid มากกว่า ส่วนในกาแฟคั่ว พบว่ามี Caffeine 0.57-1.03% Chlorogenic acid 0.68-1.49% และ Trigonelline 1.31-1.82% โดยตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้งจากศูนย์ป่าเมืองและต้นตอ มีค่าของสารทั้ง 3 ชนิดมากกว่าตัวอย่างจากแปลงในร่ม แต่ตัวอย่างจากสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ขุนช่างเคี่ยนและหนองหอยได้ค่าตรงกันข้าม กล่าวคือตัวอย่างจากแปลงในร่มให้ค่าสูงกว่าตัวอย่างจากแปลงกลางแจ้ง

โดยสรุปผลการศึกษาที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟที่ปลูกใหม่ ในภาพรวมการเจริญเติบโตสัมพันธ์กับความประณีตของการจัดการแปลง เมื่อมีการจัดการแปลงและดูแลต้นกาแฟอย่างใกล้ชิด ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตดี ต้นกาแฟมีความสม่ำเสมอ และไม่พบการระบาดของโรคและแมลง ในขณะที่แปลงที่มีการจัดการน้อย ต้นกาแฟไม่สมบูรณ์ มีอาการขาดธาตุอาหารชัดเจน และมีการระบาดของเพลี้ยหอย มดและราดำที่ต้นกาแฟ ส่วนการศึกษาที่ 2 เป็นการอธิบายการจัดการแปลงของเจ้าของแปลงและผลของร่มเงาต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา สรีรวิทยา การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตตลอดจนคุณภาพของผลผลิต ซึ่งยังคงต้องการการติดตามในระยะยาวเพื่อนำเสนอข้อมูลในระยะต่อไป

**คำสำคัญ :** การแฟอราบิก้า การอนุรักษ์ดินและน้ำ ระบบเกษตรป่าไม้ สภาพอากาศรอบต้นพืช

## ABSTRACT

Arabica coffee cultivation system under the natural resources conservation is the 3<sup>rd</sup> year of a 4 years research project. The main objectives of the project are (1) to study new grown Arabica under shade with soil and water conservation. (2) to study the best practices in coffee growing under the shade of full canopy coffee plantation. The 1<sup>st</sup> experiment is new coffee plantation at Ban Pakluay-khunya, under the cooperation program between The Royal Project and Thai Petroleum Public Company Limited. The plots use for 2<sup>nd</sup> research were full canopy located at Development Center or Station Pa Miang, Teen Tok, Inthanon, Khun Chang Khian and Nong Hoy. Monitoring every plot monthly, measurement plant growth and assessment pest and disease. This paper present the microclimate of shade and sun grown. Plant growth, some physiology respond, coffee quality and growth of new plantation with soil and water conservation plots.

Growth of the 1<sup>st</sup> experiment, (1) T1 full sun grown coffee, farmer's management without conservation (control). T2 full sun grown coffee with shade tree, management with consulting from technician of the project. T3 coffee grown under natural or grown shade, consulting from technician of the project. Data in September 2018, T1, T2 and T3, stem diameter was 2.47, 3.29 and 2.52 cm respectively. Plant height was 91.3, 118.6 and 111.2 cm respectively. The 1<sup>st</sup> branch was 27.3, 38.9 and 30.4 branches per tree respectively. The relative growth rate (RGR) of stem diameter was 0.042, 0.035 and 0.034 cm/cm/month respectively. RGR of plant height 0.047, 0.039 and 0.044 cm/cm/month respectively. And the RGR of 1<sup>st</sup> branches 0.071, 0.052 and 0.047 branch/branch/month respectively.

The 2<sup>nd</sup> studying, all year round temperature and air humidity average 14.26-24.09 °C and 59.33-96.79% respectively. Sun grown had higher temperature and lower humidity. Average leaf area per leaf was 59.77-136.94 cm<sup>2</sup>. Leaf dry weight per leaf was 0.49-1.38 g, SLA was 44.79-170.01 cm<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, leaf from shade grown had more leaf area, leaf dry weight and SLA. For SLW was 6.62-22.77 mg cm<sup>2</sup> sun grown get higher than shade grown. SLA and SLW use for predicting the photosynthesis and partitioning. Leaf nutrient content found N 1.83-3.07%, Mg 0.011-0.230%, shade grown higher both N and Mg. P K

and Ca not significant differences, but they were lower than the standard nutrients concentration in coffee leaf.

Average weight of 100 cherries was 149.33-191.67 g, sun grown always higher than shade grown. Weight of 100 parchment coffee was 19.55-22.43 g, not significant difference between sun and shade grown. For green bean 100 bean weight 15.92-19.98 g, sun grown heavier than shade grown. Chemical composition, caffeine, chlorogenic acid and trigonelline were analyzed from green bean and roasted coffee with the High Performance Liquid Chromatography (HPLC). For green bean caffeine was 1.35-1.40%, Chlorogenic acid was 4.94-5.84% and Trigonelline was 0.96-1.23%. Sun grown was found more Caffeine and Trigonelline. While shade grown was found more chlorogenic acid. For roasted coffee it was found Caffeine 0.57-1.03%, Chlorogenic acid 0.68-1.49% and Trigonelline 1.31-1.82%. Sample from sun grown from Pa Miang and Teen Tok had higher Caffeine, Chlorogenic acid and Trigonelline than from the shade grown. But sample from shade grown from Inthanont, Khun Chang Khian and Nong Hoy had higher Caffeine, Chlorogenic acid and Trigonelline than sun grown.

It could be concluded that, 1<sup>st</sup> studying that was in new coffee planting with the conservation methodology. The more intensive management the more growth and development of coffee trees. Coffee with intensive management resulted in uniformity and resistance to pest. Coffee with less intensive management found nutrients deficiency and green scale insect, ant and black mold. The 2<sup>nd</sup> studying need to explain the management and resulted of sun and shaded grown on morphology, physiology growth, development, yield and quality of coffee. It need more information in long term.

**Keywords:** Arabica coffee, Soil and water conservation, Agroforest, Microclimate