

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การคัดเลือกและทดสอบสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าคุณภาพสูง ทนทานต่อโรคราสนิม และมีรสชาติการชงดื่มที่มีเอกลักษณ์

1.1 คัดเลือกพันธุ์ที่ให้รสชาติเป็นเอกลักษณ์ ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรคราสนิม และแมลง

จากการศึกษาคัดเลือกและทดสอบสายพันธุ์กาแฟคุณภาพโครงการหลวงของต้นกาแฟชุดที่ 3 (ปลูกปี 2560) ต้นกาแฟที่มาจากแหล่งพันธุ์ห้วยน้ำขุ่น(HNK) และแหล่งพันธุ์วาวี(WW) โดยคัดเลือกจากต้นแม่ที่มีลักษณะทรงต้นที่ดี ต้านทานโรคราสนิม ให้ผลผลิตดี และมีคุณภาพการชงดื่มที่ดีเยี่ยม จากการคัดเลือกในฤดูกาลที่ผ่านมา มีจำนวน 7 หมายเลข ที่มีคะแนนการชิมสูงกว่า 80 คะแนน และในฤดูกาล 2566 / 2567 ได้ทำการส่งเมล็ดกาแฟทดสอบคุณภาพการชงดื่มซ้ำเป็นรอบสุดท้าย จากการวิเคราะห์คุณภาพการชิมในฤดูกาล 2565 / 2566 พบว่า ทั้ง 7 หมายเลข มีคะแนนรวมในการชงดื่มเกิน 80 คะแนน (ตารางที่ 4) ซึ่งถือว่าเป็นกาแฟที่มีลักษณะพิเศษตามมาตรฐาน Specialty Coffee Association (SCA) แต่เนื่องด้วยจากการติดตามการเกิดโรคราสนิมในต้นแม่ในฤดูกาล 2566 / 2567 พบการระบาดของโรคราสนิมในต้นกาแฟแม่พันธุ์บางหมายเลข ส่งผลให้การคัดเลือกกาแฟคุณภาพที่ดีจากต้นกาแฟแม่พันธุ์ชุดที่ 3 (ปลูกปี 2560) ได้มาจำนวน 3 หมายเลข ได้แก่ HNK5, HNK9 และWW5 (ภาพที่ 1-4) ซึ่งทั้ง 3 หมายเลข เตรียมทำการเพาะขยายกล้าพันธุ์กาแฟคุณภาพสำหรับแจกจ่ายแก่เกษตรกร และเตรียมขึ้นทะเบียนพันธุ์ในอนาคต ซึ่งทั้ง 3 หมายเลข มีลักษณะต้น และคุณลักษณะอื่นๆ ดังนี้ (ตารางที่ 1 - 3)

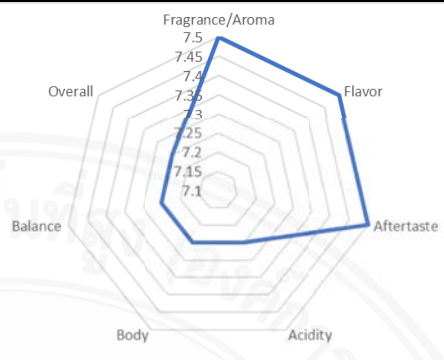
รหัสต้นกาแฟ หมายเลข HNK5



ภาพที่ 1 ลักษณะต้นกาแฟ และลักษณะผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข HNK5

ตารางที่ 1 ลักษณะต้นกาแฟ และคุณภาพผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข HNK5

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	อะราบิกา
3. แหล่งที่มาและประวัติของพันธุ์	เมล็ดกาแฟจากแปลงผลิตกาแฟที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น
4. ลักษณะประจำพันธุ์ทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 เซนติเมตร
4.2 ลักษณะต้น	ลำต้น (main stem) เป็นลำต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะแตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะเป็นกิ่งนอนขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตกออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนลำต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 131 – 169 เซนติเมตร ความสูงต้น 237 – 243 เซนติเมตร
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 9.30 เซนติเมตร ยาว 18.95 เซนติเมตร ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน
4.4 ลักษณะดอก	ดอกมีสีขาว เกิดรอบๆ ข้อของกิ่งนอน ตาดอกจะเกิดในช่วงฤดูแล้ง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผสมตัวเองแต่อาจเกิดการผสมข้ามได้ มีกลีบดอก 4-9 กลีบ กลีบเลี้ยง 4-5 ใบ มีเกสร 5 อัน รังไข่ 2 ห้อง แต่ละห้องมีไข่ 1 ใบ ดอกกาแฟจะออกเป็นกลุ่มๆ ตรงโคนใบบน ข้อของกิ่งแขนงที่ 1,2 หรือ 3
4.5 ลักษณะผล	ผลมีรูปร่างกลม มีความกว้างเฉลี่ย 12.8 มิลลิเมตร ยาวเฉลี่ย 15.81 มิลลิเมตร มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 1,645 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 9 - 13 มิลลิเมตร เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลานั้นออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน
5. ลักษณะคุณภาพเมล็ด	

ประเภท	คุณลักษณะ
5.1 เกรดเมล็ด	AA (6.90 มม.) = 83.8 % A (6.12 มม.) = 13.9 % B (5.43 มม.) = 2.25 % XY (4.57 มม.) = 0.04 %
5.2 คะแนนคุณภาพการชงดื่ม	
5.3 คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม	81.5
5.4 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้	Hazelnut / Vanilla / Phenolic

รหัสต้นกาแฟ หมายเลข HNK9



ภาพที่ 2 ลักษณะต้นกาแฟ และลักษณะผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข HNK9

ตารางที่ 2 ลักษณะต้นกาแฟ และคุณภาพผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข HNK9

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	อะราบิกา
3. แหล่งที่มาและประวัติของพันธุ์	เก็บเมล็ดกาแฟ จากแปลงผลิตกาแฟที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก
4. ลักษณะประจำพันธุ์ทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 เซนติเมตร
4.2 ลักษณะต้น	ลำต้น (main stem) เป็นลำต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะแตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะเป็นกิ่งนอนขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตกออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนลำต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 112 – 123 เซนติเมตร ความสูงต้นเฉลี่ย 251 เซนติเมตร
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 7.54 เซนติเมตร ยาว 17.73 เซนติเมตร ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน
4.4 ลักษณะดอก	ดอกมีสีขาว เกิดรอบๆ ข้อของกิ่งนอน ตาดอกจะเกิดในช่วงฤดูแล้ง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผสมตัวเองแต่อาจเกิดการผสมข้ามได้ มีกลีบดอก 4-9 กลีบ กลีบเลี้ยง 4-5 ใบ มีเกสร 5 อัน รังไข่ 2 ห้อง แต่ละห้องมีไข่ 1 ใบ ดอกกาแฟจะออกเป็นกลุ่มๆ ตรงโคนใบบน ข้อของกิ่งแขนงที่ 1, 2 หรือ 3
4.5 ลักษณะผล	ผลมีรูปร่างกลมรี มีความกว้างเฉลี่ย 12.88 มิลลิเมตร ยาวเฉลี่ย 15.98 มิลลิเมตร มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 1,602 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 9.8 – 13.7 มิลลิเมตร เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเพาะกล้านี้จะออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน
5. ลักษณะคุณภาพเมล็ด	

ประเภท	คุณลักษณะ
5.1 เกรดเมล็ด	AA (6.90 มม.) = 87.35 % A (6.12 มม.) = 10.55 % B (5.43 มม.) = 1.59 % XY (4.57 มม.) = 0.51 %
5.2 คะแนนคุณภาพการชงดื่ม	
5.3 คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม	82.50
5.4 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้	Piaepapple / Chocolate / Caramel

การรวบรวม ทดสอบ และคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟคุณภาพโครงการหลวง (ชุดที่ 3)

ชุดที่ 3 ปลุกในปี 2561 เมล็ดน้อย/ห้วยน้ำขุน/ห้วยส้มป่อย/วาวี

ชุดที่ 3 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต พันธุ์ละ 10 ต้น/พันธุ์

/2562-2567

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต
การทนทานต่อโรคราสนิม
ปริมาณผลผลิตต่อต้น
คุณภาพการชิม (ปีที่ 4-5 หลังการปลูก)

จากการบันทึกการเจริญเติบโต และติดตามการเกิดโรคของต้นกาแฟชุดที่ 2 (ปลูกปี 2560) จำนวน 4 แหล่งพันธุ์ (เมล็ดน้อย ห้วยน้ำขุน ห้วยส้มป่อย และวาวี)

✗ ผลผลิตต่ำ เมล็ดน้อย MLN เบื่อชาขม

✗ ผลผลิตต่ำ ห้วยส้มป่อย HSP เบื่อชาขม

✗ ผลผลิตต่ำ ห้วยน้ำขุน HNK

✗ ผลผลิตต่ำ วาวี WW

1. **HNK**

- ผลผลิต: 1,645 กรัม/ต้น
- คะแนนคุณภาพการชงดื่ม: 81.5
- เอกลักษณ์ของกลิ่น: Hazelnut, Vanilla, Phenolic

2. **HNK9**

- ผลผลิต: 1,602 กรัม/ต้น
- คะแนนคุณภาพการชงดื่ม: 82.5
- เอกลักษณ์ของกลิ่น: Pineapple, Chocolate, Caramel

3. **WW5**

- ผลผลิต: 2,022 กรัม/ต้น
- คะแนนคุณภาพการชงดื่ม: 82.25
- เอกลักษณ์ของกลิ่น: Mix berry, Orange, Floral, Vanilla

- **HNK 5** ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ **1,645 กรัม/ต้น** คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม **81.5** เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ : **Hazelnut / Vanilla / Phenolic (Spicy)**
- **HNK 9** ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ **1,602 กรัม/ต้น** คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม **82.50** เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ : **Pineapple / Chocolate / Caramel**
- **WW 5** ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ที่ **1,602 กรัม/ต้น** คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม **82.25** เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้ : **Mix berry / Orange / Floral / Vanilla**

ภาพที่ 3 รหัสต้นกาแฟ หมายเลข WW5



ภาพที่ 4 ลักษณะต้นกาแฟ และลักษณะผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข WW5



ตารางที่ 3 ลักษณะต้นกาแฟ และคุณภาพผลผลิตกาแฟ ของต้นกาแฟหมายเลข WW5

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	อะราบิกา
3. แหล่งที่มาและประวัติของพันธุ์	เก็บเมล็ดกาแฟ จากแปลงผลิตกาแฟที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก
4. ลักษณะประจำพันธุ์ทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 เซนติเมตร
4.2 ลักษณะต้น	ลำต้น (main stem) เป็นลำต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะแตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะเป็นกิ่งนอนขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตกออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนลำต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 151 – 160 เซนติเมตร ความสูงต้นเฉลี่ย 252 เซนติเมตร
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 8.16 เซนติเมตร ยาวเฉลี่ย 17.16 เซนติเมตร ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อนอมส้ม
4.4 ลักษณะดอก	ดอกมีสีขาว เกิดรอบๆ ข้อของกิ่งนอน ตาดอกจะเกิดในช่วงฤดูแล้ง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผสมตัวเองแต่อาจเกิดการผสมข้ามได้ มีกลีบดอก 4-9 กลีบ กลีบเลี้ยง 4-5 ใบ มีเกสร 5 อัน รังไข่ 2 ห้อง แต่ละห้องมีไข่ 1 ใบ ดอกกาแฟจะออกเป็นกลุ่มๆ ตรงโคนใบบน ข้อของกิ่งแขนงที่ 1, 2 หรือ 3
4.5 ลักษณะผล	ผลมีรูปร่างกลมรี มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 12.05 มิลลิเมตร ยาวเฉลี่ย 15.62 มิลลิเมตร มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 2,022 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 8.5 – 12.6 มิลลิเมตร เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลาออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน
5. ลักษณะคุณภาพเมล็ด	

ประเภท	คุณลักษณะ
5.1 เกรดเมล็ด	AA (6.90 มม.) = 95.7 % A (6.12 มม.) = 4.24 % B (5.43 มม.) = 0 % XY (4.57 มม.) = 0.06 %
5.2 คะแนนคุณภาพการชงดื่ม	
5.3 คะแนนรวมคุณภาพการชงดื่ม	82.25
5.4 เอกลักษณ์ของกลิ่นที่ได้	Mix berry / Orange / Floral / Vanilla

ตารางที่ 4 ผลคะแนนการวิเคราะห์คุณภาพกาแฟด้านการชิม ตามมาตรฐาน Specialty Coffee Association (SCA) ของกาแฟชุดที่ 3 จำนวน 7 สายพันธุ์ ที่ทำการทดสอบซ้ำในฤดูกาลผลิตปี 2566/2567

Code	Green.Mo isture	Fragrance /Aroma	Flavor	Aftertaste	Acidity	Body	Balance	Overall	Final Score	Notes:Wet Aroma
HNK 5	9.7	7.5	7.5	7.5	7.25	7.25	7.25	7.25	81.5	Hazelnut / Vanilla / Phenolic
HNK 9	9.4	7.5	7.5	7.75	7.25	7.5	7.5	7.5	82.5	Piaeapple / Chocolate / Caramel
HNK 15	8.3	7	7.25	6.75	7.25	7.25	7.25	7.25	80	Jasmine / Strawberry / Chocolate / Citrus / Caramel
WW 4	8.7	7.25	7.25	7	7.25	7.25	7.25	7.25	80.5	Wood / Citrus / Brow sugar / Caramel
WW 5	9.5	8	7.5	7.5	7.25	7.25	7.25	7.5	82.25	Mix berry / Orange / Floral / Vanilla
WW 6	10.5	7	7.25	7.25	7.5	7.25	7.5	7.25	81	Vanilla / Chocolate / Caramel
WW 8	9.8	7.75	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	81.25	Berry / Chocolate / Floral / caramel

1.2 ทดสอบสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตกับพื้นที่สูงต่างกัน 3 ระดับ

จากการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอาราบิกา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ RPF-C3, RPF-C4 A7, และ A10 อายุ 4 ปี ที่ทำการปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร (พื้นที่ศูนย์ป่าเมียง : PM) ระดับความสูง 1,000 – 1,200 เมตร (พื้นที่ศูนย์แม่ปูนหลวง : MPL) และระดับความสูงมากกว่า 1,400 เมตร (สถานีอ่างขาง : AK) โดยในแต่ละพื้นที่มีลักษณะอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 5) เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกาแฟทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ RPF-C4 มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดีที่สุดแตกต่างกับสายพันธุ์ A7 และ A10 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่มของต้นกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 ซม. 152.3 ซม. และ 146.8 ซม. ตามลำดับ รวมถึงให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นที่สูง (ตารางที่ 6) โดยการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นนั้นเมื่อเปรียบเทียบในเชิงพื้นที่ปลูก พบว่า ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อปลูกในพื้นที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล (PM) และเมื่อดูถึงด้านของปัจจัยระหว่างสายพันธุ์กาแฟ ร่วมกับพื้นที่ปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกกาแฟในระดับพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น การตอบสนองของต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง รวมถึงมีปริมาณผลผลิตต่อต้นและคุณภาพด้านขนาดเมล็ดที่มีขนาดน้อยกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นเมื่อปลูกในช่วงเวลาเดียวกัน (ตารางที่ 8 - 9)

ตารางที่ 5 ลักษณะอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ปี 2567 ในพื้นที่ปลูกกาแฟในระดับความสูงที่ต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์ป่าเมียง : PM, พื้นที่ศูนย์แม่ปูนหลวง : MPL และสถานีอ่างขาง : AK

Location	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Temp. mean (°C)	Precipitation (mm.)
PM (900 msl)	8	32	21.58	2,898
MPL (1,145 msl)	14	37	25.28	1,460
AK (1,400 msl)	1.8	32	16.59	1,448

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูงของต้น และความกว้างทรงพุ่ม ของต้นกาแฟ 4 พันธุ์ ได้แก่ RPF-C3, RPF-C4, A7 และ A10 ที่ปลูกในระดับความสูงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์ป่าเมือง : PM, พื้นที่ศูนย์แม่ปูลหวง : MPL และสถานีอ่างขาง : AK

Treatments	D0 (cm)	height (cm)	widencanopy (cm)
Factor(A) : Cultivars			
A10	3.25 ± 0.6	139.0 ± 25.18 b	136.0 ± 25.7
A7	3.00 ± 0.7	131.3 ± 39.97 b	129.5 ± 41.7
RPF-C3	3.20 ± 0.4	134.4 ± 28.22 b	130.3 ± 30.5
RPF-C4	3.54 ± 0.5	152.3 ± 33.02 a	146.8 ± 25.6
F-test (A)	0.05918 ns	0.0441 *	0.254 ns
Factor(B) : Location			
PM	3.40 ± 0.3 a	169.1 ± 16.01 a	156.4 ± 10.6 a
MPL	3.42 ± 0.6 a	142.3 ± 23.58 a	143.3 ± 26.3 a
AK	2.87 ± 0.6 b	105.5 ± 19.55 b	105.3 ± 29.1 b
F-test (B)	0.00149 **	1.09e-10 ***	1.31e-06 ***
Factor (A) x Factor (B)			
RPF-C3 x PM	3.31 ± 0.3	159.2 ± 8.54	150.8 ± 5.5
RPF-C4 x PM	3.47 ± 0.3	172.0 ± 15.56	157.0 ± 10.3
A7 x PM	3.25 ± 0.3	158.1 ± 12.56	150.8 ± 11.2
A10 x PM	3.59 ± 0.2	187.1 ± 8.75	167.1 ± 8.0
RPF-C3 x MPL	3.73 ± 0.3	146.1 ± 12.21	150.1 ± 12.2
RPF-C4 x MPL	3.09 ± 0.6	130.0 ± 31.11	137.1 ± 38.5
A7 x MPL	3.33 ± 0.4	141.1 ± 21.68	139.2 ± 24.4
A10 x MPL	3.55 ± 0.7	152.1 ± 26.93	146.7 ± 30.1
RPF-C3 x AK	2.59 ± 0.4	109.8 ± 22.29	103.4 ± 19.6
RPF-C4 x AK	2.43 ± 0.8	92.2 ± 24.59	92.5 ± 44.1
A7 x AK	2.97 ± 0.4	102.3 ± 14.04	98.6 ± 27.6
A10 x AK	3.48 ± 0.5	117.9 ± 11.41	126.7 ± 16.1
F-test (A) x (B)	0.21291 ns	0.6507 ns	0.865 ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ** = < 0.01 , *** = < 0.001 , ns= non-significant

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลผลิตของต้นกาแฟต่อต้าน 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน 3 ระดับ

var	loc		
	pm	mpl	ak
A10	3.10 ± 0.00 b	1.15 ± 0.00 b	0.13 ± 0.06 b
A7	2.43 ± 0.00 d	1.01 ± 0.00 c	0.16 ± 0.20 b
RPF-C3	2.46 ± 0.00 c	0.69 ± 0.00 d	0.32 ± 0.18 a
RPF-C4	3.33 ± 0.00 a	1.20 ± 0.00 a	0.67 ± 0.35 a
F-test	<2e-16	<2e-16	0.0328
p-value	***	***	*

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = p < 0.05, ** = < 0.05, *** = < 0.01, ns= non-significant

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบผลผลิตของต้นกาแฟต่อต้านที่ปลูกในพื้นที่ 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ความสูง 900 เมตร (PM) พื้นที่ศูนย์ฯ แม่ปุนหลวง ความสูง 1,200 เมตร (MPL) และสถานี อ่างช้าง ความสูง 1,400 เมตร (AK)

Loc	Var			
	A7	A10	RPF-C3	RPF-C4
PM (900 msl)	2.43 ± 0.00 a	3.10 ± 0.00 a	2.46 ± 0.00 a	3.33 ± 0.00 a
MPL (1,200 msl)	1.01 ± 0.00 b	1.15 ± 0.00 b	0.69 ± 0.00 b	1.20 ± 0.00 b
AK (1,400 msl)	0.16 ± 0.20 c	0.13 ± 0.06 c	0.32 ± 0.18 c	0.67 ± 0.35 c
F-test	1.03E-06	2.71E-10	1.71E-07	1.37E-06
p-value	***	***	***	***

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = p < 0.05, ** = < 0.05, *** = < 0.01, ns= non-significant

ตารางที่ 9 ขนาดเมล็ดกาแฟผลสด ได้แก่ ขนาดความยาว ความกว้าง ความหนาด้านประกบ และน้ำหนักเมล็ดผลกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน 3 ระดับ

Treatments	length (mm)	wide (mm)	think (mm)	weight (g)
Factor (A) : Cultivars				
A10	12.94 ± 11.46 b	12.21 ± 1.13 b	12.21 ± 1.13 c	1.27 ± 0.45 c
A7	13.26 ± 11.76 b	12.35 ± 1.23 a	12.35 ± 1.23 bc	1.42 ± 0.40 b
RPF-C3	13.37 ± 12.45 b	13.12 ± 1.38 a	13.12 ± 1.38 ab	1.54 ± 0.45 ab
RPF-C4	14.16 ± 12.27 a	13.18 ± 1.47 a	13.18 ± 1.47 a	1.61 ± 0.42 a
F-test (A)	3.29e-05 ***	0.00535 **	0.000914 ***	0.000124 ***
Factor (B) : Location				
PM (900 msl)	13.82 ± 12.37 a	13.13 ± 1.42 a	13.13 ± 1.42 a	1.41 ± 0.41 a
MPL (1,200 msl)	13.54 ± 11.92 a	12.85 ± 1.34 a	12.85 ± 1.34 a	1.43 ± 0.44 a
AK (1,400 msl)	12.67 ± 11.27 b	11.75 ± 1.05 b	11.75 ± 1.05 b	1.49 ± 0.41 b
F-test (B)	3.52e-06 ***	4.58e-06 ***	1.79e-08 ***	1.3e-07 ***
Factor (A) x Factor (B)				
PM x A10	12.00 ± 10.51	11.11 ± 0.87	11.11 ± 0.87	1.75 ± 0.44
PM x A7	12.75 ± 11.59	11.83 ± 1.08	11.83 ± 1.08	1.49 ± 0.41
PM x RPF-C3	12.70 ± 11.63	12.04 ± 1.03	12.04 ± 1.03	1.29 ± 0.30
PM x RPF-C4	13.04 ± 11.07	11.80 ± 1.18	11.80 ± 1.18	1.53 ± 0.48
MPL x A10	13.07 ± 11.76	12.48 ± 1.19	12.48 ± 1.19	1.82 ± 0.51
MPL x A7	12.38 ± 10.72	11.28 ± 0.99	11.28 ± 0.99	1.33 ± 0.37
MPL x RPF-C3	13.76 ± 13.00	13.78 ± 1.57	13.78 ± 1.57	0.88 ± 0.39
MPL x RPF-C4	14.01 ± 12.01	13.18 ± 1.42	13.18 ± 1.42	1.01 ± 0.40
AK x A10	13.18 ± 11.64	12.44 ± 1.20	12.44 ± 1.20	1.40 ± 0.35
AK x A7	13.81 ± 12.19	12.97 ± 1.38	12.97 ± 1.38	1.11 ± 0.35
AK x RPF-C3	13.53 ± 12.63	13.37 ± 1.47	13.37 ± 1.47	1.10 ± 0.39
AK x RPF-C4	14.74 ± 13.01	13.73 ± 1.64	13.73 ± 1.64	1.67 ± 0.42
F-test (A) x (B)	0.586 ns	0.20103 ns	0.626453 ns	0.763269 ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.05$, *** = $p < 0.01$, ns= non-significant

จากการสำรวจโรคและแมลงที่พบการเข้าทำลายต้นกาแฟทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า มีการเกิดการระบาดของโรค และระดับความรุนแรงของการเกิดโรคที่แตกต่างกันออกไป อาจเกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเอื้ออำนวยต่อการเกิดการแพร่ระบาดของโรค หรือการมีอยู่ของโรคในพื้นที่เดิมอยู่แล้ว ซึ่งร้อยละของโรคที่พบมากในแต่ละพื้นที่ ได้แก่ แอนแทรคโนส *Colletotrichum coffeanum* พบมากที่สุดในพื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง มีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนต้นที่พบการเกิดโรคเท่ากับ 58.50 รองลงมา ได้แก่ พื้นที่สถานีฯ อ่างขาง และศูนย์ฯ แม่ปูนหลวง มีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนต้นที่พบการเกิดโรคเท่ากับ 39.72 และ 10.55 ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากสภาพอากาศที่มีความแปรปรวนหนัก ทั้งอากาศร้อน อากาศเย็น และเกิดฝนตกต่อเนื่องในพื้นที่ในปี 2566 ที่ผ่านมา โรคใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola* พบมากที่สุดในพื้นที่สถานีฯ อ่างขาง มีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนต้นที่พบการเกิดโรคเท่ากับ 30.48 รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง มีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนต้นที่พบการเกิดโรคเท่ากับ 15.79 ส่วนในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวงยังไม่พบการระบาดภายในแปลง และอีกโรคที่พบการระบาดมาก ได้แก่ ราดำ *Capnodium* sp. ซึ่งเกิดจากมีการเข้าทำลายต้นกาแฟโดยแมลงกลุ่มปากดูด ได้แก่ เพลี้ยหอยสีเขียว ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ซึ่งมีมดบางชนิดที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นพาหะที่นำเพลี้ยหอยสีเขียวเข้าทำลายต้นกาแฟ (ลักขิกา และคณะ, 2562) โดยการดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอดอ่อน ใบอ่อน นอกจากนี้เพลี้ยหอยสีเขียวยังขับถ่ายน้ำหวาน ชันคลุมผิวใบและเกิดเป็นราดำ ทำให้พื้นที่ในการสังเคราะห์แสงลดลง และอีกปัญหาจากแมลงที่มีความสำคัญ ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ เนื่องจากปัจจุบันมีการระบาด และทำให้ผลผลิตกาแฟลดลงอย่างมาก แต่ในพื้นที่ที่ศึกษายังไม่พบการระบาดของแมลงชนิดนี้ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การแพร่ระบาดของโรคและแมลงในต้นกาแฟ ที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ความสูง 900 เมตร (PM) พื้นที่ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวง ความสูง 1,200 เมตร (MPL) และสถานีฯ อ่างขาง ความสูง 1,400 เมตร (AK)

Disease / Insect	PM (900 msl)	MPL (1,200 msl)	AK (1,400 msl)	Chi-squared
ราสนิม <i>Helmileia vastatrix</i>	10.21 ± 11.41	6.00 ± 11.18	0.00 ± 0.00	3.0763 ns
ราดำ <i>Capnodium</i> sp.	30.11 ± 11.00	28.35 ± 21.17	17.14 ± 20.47	8.2912 *
ใบไหม้ <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	0.00 ± 0.00	1.25 ± 5.59	0.00 ± 0.00	1.6 ns
ใบจุดตากบ <i>Cercospora coffeicola</i>	15.79 ± 14.44	0.00 ± 0.00	30.48 ± 30.37	18.052 ***
แอนแทรคโนส <i>Colletotrichum coffeanum</i>	58.50 ± 27.43	10.55 ± 11.89	39.72 ± 34.10	20.238 ***
เน่าดำ <i>Koleroga noxia</i>	0.00 ± 0.00	1.25 ± 5.59	0.00 ± 0.00	1.6 ns
มอดเจาะผล <i>Hypothenemus hampei</i>	0.00 ± 0.00	2.50 ± 7.69	1.56 ± 6.25	1.6133 ns
มด UK	22.45 ± 23.03	14.00 ± 16.02	10.70 ± 12.87	2.1659 ns
เพลี้ยหอยสีเขียว <i>Coccus viridis</i> Green	22.02 ± 24.85	15.42 ± 10.7	10.13 ± 14.67	9.8982 **

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.05$, *** = $p < 0.01$, ns = non-significant

กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการสวนสำหรับการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพกาแฟ ในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.1 ศึกษาปัจจัยการจัดการสวนกาแฟและการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟคุณภาพสูง (Premium coffee)

จากการคัดเลือกแปลงปลูกกาแฟคุณภาพของเกษตรกรตัวอย่างที่ได้รับรางวัลจากการประกวดคุณภาพกาแฟ และแปลงที่ไม่ได้รับรางวัล โดยคัดเลือกมา 6 แปลง จาก 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง พื้นที่สถานีฯ อ่างช้าง และพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี ทั้ง 6 แปลงมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลอยู่ที่ 1,250 – 1,568 เมตร โดยจากการสัมภาษณ์กิจกรรมการจัดการแปลงจากเกษตรกรของเจ้าของแปลงทั้ง 6 แปลง พบว่า ต้นกาแฟแต่ละพื้นที่มีอายุอยู่ในช่วง 6 – 14 ปี เนื่องจากเจ้าของแปลงมีการปลูกขยายพื้นที่เพิ่มในแต่ละรอบปี มีการตัดแต่งกิ่งกระโดงต้นกาแฟทุกปีเหมือนกัน มีการใส่ปุ๋ย 2 รอบ ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านของสูตรปุ๋ยที่ใช้ของทั้ง 3 พื้นที่ ส่วนในพื้นที่แม่สลองและพื้นที่อ่างช้างการใส่ปุ๋ยรอบที่ 2 มีความแตกต่างกัน โดยพื้นที่แม่สลองใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1 ในพื้นที่อ่างช้างใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 และมีการเติมปุ๋ยคอก ฟันน้ำหมัก และเติมจุลินทรีย์บำรุงต้น อาจเป็นส่วนที่ทำให้มีคุณภาพในการชิมที่ดีกว่าในพื้นที่แม่สลอง ส่วนในพื้นที่วาวีสูตรปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยสูตร 14-4-4 ซึ่งมี om อยู่ด้วย 20% และมีการเติมปุ๋ยอินทรีย์ กทม. เพิ่มลงไปในแต่ละแปลง แต่หากเปรียบเทียบในเชิงผลผลิตต่อไร่ พบว่าการจัดการสวนในพื้นที่วาวี สามารถผลิตผลกาแฟต่อไร่ได้มากกว่าในพื้นที่แม่สลอง และพื้นที่อ่าง โดยผลิตผลเชอร์รี่กาแฟได้กว่า 1,800 กิโลกรัมต่อไร่ อาจเนื่องมาจากการจัดการแปลง สูตรปุ๋ยที่ใช้ และสภาพภูมิอากาศ ที่อบอุ่นกว่าในพื้นที่แม่สลอง และพื้นที่อ่างช้าง ทำให้สามารถออกดอกติดผลได้ดีกว่า (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 รายละเอียดการจัดการแปลงที่ทำการศึกษา 4 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ไ้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่สลอง (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่สลอง (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ไ้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างขาง (akc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc)

รายละเอียดการจัดการแปลง	แปลงที่ทำการศึกษา					
	ได้รับรางวัลจากการประกวด (MSL)	ไม่ได้รับรางวัลจากการประกวด (MSL)	ได้รับรางวัลจากการประกวด (AK)	ไม่ได้รับรางวัลจากการประกวด (AK)	แปลงตัดแต่งวารี (WWC)	แปลงไม่ตัดแต่งวารี (WWNC)
ระบบการปลูก	วนเกษตร	วนเกษตร	วนเกษตร	วนเกษตร (สวนมะนาวหวาน)	วนเกษตร	ได้ร่มเงาป่า
อายุต้นกาแฟ	๘ - 14 ปี	14 ปี	4-10 ปี	4-10 ปี	7-14	7-15
ขนาดพื้นที่(ไร่)	40 ไร่	17 ไร่	4 ไร่	4 ไร่	5 ไร่	10 ไร่
ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล	1568 เมตร	1260 เมตร	1559 เมตร	1568 เมตร	1260 เมตร	1250 เมตร
จำนวนต้นกาแฟต่อไร่	395 ต้น/ไร่	589 ต้น/ไร่	256 ต้น/ไร่	235 ต้น/ไร่	550 ต้น/ไร่	908 ต้น/ไร่
การตัดแต่ง	ตัดแต่งกิ่งกะโคงทุกปี	ตัดแต่งกิ่งกะโคงทุกปี	ตัดแต่งกิ่งกะโคงทุกปี	ตัดแต่งกิ่งกะโคงทุกปี	ตัดแต่งทำสาวเมื่อ 2 ปีที่แล้ว ตัดยอดที่ความสูงประมาณ 180 ซม.	เคยตัดแต่งทำสาวเมื่อนานมาแล้ว (มากกว่า 6 ปี)
ผลผลิตต่อไร่	1,000 กก./ไร่	882 กก./ไร่	500 กก./ไร่	125 กก./ไร่	1,800 กก./ไร่	1,000 กก./ไร่
ผลผลิตต่อต้น	2.53 กก./ต้น	1.50 กก./ต้น	1.95 กก./ต้น	0.53 กก./ต้น	3.30 กก./ต้น	1.10 กก./ต้น
การใส่ปุ๋ย	2 รอบ	2 รอบ	2 รอบ	2 รอบ	2 รอบ	2 รอบ
การใส่ปุ๋ยรอบที่1	มิ.ย.	มิ.ย.	มิ.ย.	มิ.ย.	มิ.ย.	มิ.ย.
การใส่ปุ๋ยรอบที่2	ส.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ก.ย.	ส.ค.	ส.ค.
สูตรปุ๋ยที่ใส่รอบที่ 1	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)

ตารางที่ 11 รายละเอียดการจัดการแปลงที่ทำการศึกษา 4 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่สลอง (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่สลอง (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างช้าง (akc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc) (ต่อ)

ปริมาณปุ๋ยที่ใส่รอบที่ 1	30 กระสอบ (1,500 กก.)	25 กระสอบ (1,250 กก.)	2 กระสอบ (100 กก.)	1 กระสอบ (50 กก.)	100 กก.	100 กก.
ปริมาณปุ๋ยต่อไร่ที่ใส่รอบที่ 1	37.5 กก./ไร่	73.5 กก./ไร่	25 กก./ไร่	12.5 กก./ไร่	20	10
สูตรปุ๋ยที่ใส่รอบที่ 2	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	15-15-15 ผสม 46-0-0 อัตราส่วน 1:1	13-13-21	13-13-21	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)
ปริมาณปุ๋ยที่ใส่รอบที่ 2	30 กระสอบ (1,500 กก.)	25 กระสอบ (1,250 กก.)	2 กระสอบ (100 กก.)	1 กระสอบ (50 กก.)	100 กก.	100 กก.
ปริมาณปุ๋ยต่อไร่ที่ใส่รอบที่ 2	37.5 กก./ไร่	73.5 กก./ไร่	25 กก./ไร่	12.5 กก./ไร่	20	10
ปุ๋ยคอก	ไม่ใส่	ไม่ใส่	ขี้วัว 1 ถึง ต่อต้น น้ำหมักเศษอาหาร / ฮอร์โมนไข่ ฟ่น 2.5 ลิตร/ไร่/ปี	ขี้วัว 250 กก./ไร่ ขี้ไก่เดือน ต้นละ 1-2 กก. จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 5 ลิตร/ไร่/ปี	ปุ๋ยอินทรีย์ กทม.	ปุ๋ยอินทรีย์ กทม.

ผลจากการศึกษาพบว่า ลักษณะทางกายภาพของสภาพแปลงทั้ง 6 แปลง มีการปลูกภายใต้ไม้ร่มเงา ซึ่งชนิดไม้ร่มเงาแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดพรรณไม้ที่อยู่ในแปลง โดยในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่สลอง (mslc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นไม้ป่าท้องถิ่น ได้แก่ ก่อแป้น ทะโล้ ขวาว และกำลังเสือโคร่ง มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 18.35 เซนติเมตร ความสูง 1,297.78 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 77 ต้น ในแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่สลอง (mslnc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นไม้ป่าผสมไม้ผลเมืองหนาว ได้แก่ กางหลวง พลัม และมะคาเดเมีย มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 24.78 เซนติเมตร ความสูง 751 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 149 ต้น แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างขาง (akc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นไม้ผลเมืองหนาว ได้แก่ พืช มะนาวหวาน และอะโวคาโด มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 15.04 เซนติเมตร ความสูง 293.33 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 171 ต้น แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นมะนาวหวาน มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 9.74 เซนติเมตร ความสูง 295.28 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 384 ต้น แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นไม้ป่าท้องถิ่น ได้แก่ กำลังเสือโคร่ง ขนุน มะคาเดเมีย มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 21.55 เซนติเมตร ความสูง 1,040.00 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 80 ต้น และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc) ชนิดไม้ให้ร่มเงาเป็นไม้ป่าผสมไม้ผลเมืองหนาว ได้แก่ กางขี้มอด มะขามป้อม และมะคาเดเมีย มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 15.20 เซนติเมตร ความสูง 900 เซนติเมตร จำนวนไม้ยืนต้นต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 64 ต้น ส่วนลักษณะทางกายภาพของต้นกาแฟทั้ง 6 แปลง พบว่ามีขนาดความโตต้นกาแฟที่ต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยในด้านของจำนวนประชากรต้นกาแฟ พบว่า แปลงปลูกกาแฟ wwnc มีจำนวนต้นต่อไร่สูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 908 ต้นต่อไร่ ส่วนด้านของขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร พบว่า แปลงปลูกกาแฟ mslnc มีขนาดความโตต้นเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 5.36 เซนติเมตร ส่วนในด้านขนาดความสูงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบจำนวนต้นกาแฟ (No.Coffeetree) ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร (D15) และความสูงต้นกาแฟ (Height) ในพื้นที่ที่ทำการศึกษ 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่สลอง (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่สลอง (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างช้าง (akc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc)

Loc	No.Coffeetree (tree/rai)	D15 (cm)	Height (cm)
mslc	618.67 ± 73.90 b	2.46 ± 0.22 d	180.20 ± 84.39
mslnc	576.00 ± 135.76 b	5.36 ± 1.37 a	160.80 ± 8.20
akc	213.33 ± 73.90 c	4.11 ± 1.28 abc	173.42 ± 69.54
aknc	213.33 ± 97.76 c	4.87 ± 0.70 ab	147.76 ± 23.25
wwc	550.40 ± 107.09 b	2.69 ± 0.59 cd	153.28 ± 18.64
wwnc	908.8 ± 152.80 a	3.36 ± 0.85 bcd	237.61 ± 16.79
chi-squared	18.707	17.032	8.0773
p-value	0.002179 **	0.00444 **	0.792 ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านกายภาพของขนาดเมล็ดกาแฟพบว่า แปลงปลูกกาแฟ wwc มีรูปทรงขนาดเมล็ดที่มีความยาวสูงสุด โดยมีความยาวของเมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 15.34 เซนติเมตร และส่งผลให้มีน้ำหนักของเมล็ดกาแฟต่อ 100 เมล็ด สูงสุด เท่ากับ 197.14 กรัม ส่วนในด้านขนาดความกว้าง และความหนา ด้านประคบพบว่า มีขนาดไม่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 13) ในด้านของการวิเคราะห์คุณภาพทางด้าน การชิมตามมาตรฐาน SCA พบว่า ทั้ง 6 แปลง พบว่าทั้ง 6 แปลงมีคะแนนการชงดื่มมากกว่า 80 คะแนน ถือว่า เป็นกาแฟที่มีคุณภาพมีลักษณะเป็นเอกลักษณ์ โดยพบว่า กาแฟในพื้นที่อ่างช้างมีคะแนนการชงดื่มสูงสุด ได้ 83 คะแนน แปลงที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่อ่างช้างได้คะแนน 84.5 โดยมีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์ได้แก่ กลิ่น Citrus และLemon คาดว่าเอกลักษณ์ที่ได้มาจากระบบการปลูกในพื้นที่ซึ่งปลูกภายใต้ไม้ร่มเงามะนาวหวาน (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบขนาดเมล็ดกาแฟผลสด ได้แก่ ขนาดความยาว ความกว้าง ความหนาแน่นประภ และ น้ำหนักผลกาแฟ 100 เมล็ด ของแปลงที่ทำการทดสอบ 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างทอง (akc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc)

Location	length (mm)	wide (mm)	think (mm)	Weight100s. (g)
แปลงได้รับรางวัล (mslc)	14.65 ± 0.36 b	12.00 ± 0.28	13.14 ± 0.49	152.14 ± 9.16 c
แปลงไม่ได้รับรางวัล (mslnc)	13.91 ± 1.11 c	11.51 ± 0.75	12.69 ± 0.94	137.91 ± 30.33 e
แปลงได้รับรางวัล (akc)	14.80 ± 1.24 b	12.69 ± 1.03	12.85 ± 1.35	148.89 ± 23.69 d
แปลงไม่ได้รับรางวัล (aknc)	13.04 ± 0.67 d	11.48 ± 0.28	12.26 ± 0.94	112.00 ± 23.08 f
แปลงได้รับรางวัล (wwc)	15.34 ± 0.84 a	13.31 ± 1.70	14.41 ± 0.87	197.14 ± 41.92 a
แปลงไม่ได้รับรางวัล (wwnc)	14.81 ± 1.54 b	12.21 ± 1.41	13.37 ± 1.04	162.00 ± 49.70 b
chl-Square	11.096	7.2436	2.7494	8.1276
p-value	0.01122 *	0.06452 ns	0.4319 ns	0.04345 *

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ตารางที่ 14 ร้อยละของขนาดเมล็ดกาแฟตามเกรด และผลคะแนนการชงดื่มตามมาตรฐาน SAC ของแปลงที่ทำการศึกษา 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างขาง (akc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc)

Characteristic	Plot					
	mslc	mslnc	akc	aknc	wwc	wwnc
Seed size AA (6.90 มม.) (%)	22.35	18.18	24.75	23.66	27.72	39.34
Seed size A (6.12 มม.) (%)	46.3	50.47	53	47.18	52.15	58.58
Seed size B (5.43 มม.) (%)	23.7	25.46	18.3	24.66	17.93	2.1
Seed size XY (4.57 มม.) (%)	7.7	5.89	3.9	4.5	2.21	0
Final Score	80.5	80.5	84.5	83	81	81.25
Notes 1 Wet Aroma	Oat, Milk, Chocolate Milk, Floral	Almond, Milk, Caramel, Sugarcane	Citrus, Lemon	Almond, Chocolate, Sugarcane	Honey, Syrup, Dark Chocolate, Caramel	Musty, Sugarcane, Chocolate

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดกาแฟ ได้แก่ Trigonelline, Caffeic acid และ Chlorogenic acid ของแปลงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 แปลงพบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดของพื้นที่อื่นหรือเมล็ดจากต่างประเทศ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีในเมล็ดกาแฟ ของแปลงที่ทำการศึกษา 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่สลอง (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่สลอง (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างช้าง (akc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc)

Location	Trigonelline (mg/g)	Caffeic acid (mg/g)	Chlorogenic acid (mg/g)
แปลงได้รับรางวัล (mslc)	4.97	5.94	24.27
แปลงไม่ได้รับรางวัล (mslnc)	4.89	4.99	24.32
แปลงได้รับรางวัล (akc)	5.04	5.31	21.17
แปลงไม่ได้รับรางวัล (aknc)	4.46	5.41	19.41
แปลงได้รับรางวัล (wwc)	4.12	5.76	20.90
แปลงไม่ได้รับรางวัล (wwnc)	4.92	7.08	27.34

ในด้านของข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีในดิน ของแปลงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 แปลง พบว่า แปลง aknc ดินมีความเป็นกรดมากที่สุดอยู่ที่ 5.06 ส่วนแปลง mslc มีปริมาณอินทรีย์วัตถุภายในแปลงสูงที่สุด รวมถึงปริมาณไนโตรเจน เนื่องจากระบบปลูกในพื้นที่เป็นการปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ป่าธรรมชาติส่งผลให้มีการสะสมปริมาณซากพืชที่เยอะ ในด้านปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม พบมากที่สุดในพื้นที่แปลง wwc (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีในดิน ของแปลงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่แม่ฮ่องสอน (mslnc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่อ่างทอง (akc), แปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่ (aknc), แปลงปลูกกาแฟที่ได้รางวัลจากการประกวดในพื้นที่วาวี (wwc) และแปลงปลูกกาแฟที่ไม่ได้รับรางวัลในพื้นที่วาวี (wwnc)

Treatment	pH	OM(%)	N (%)	P(mg/kg)	K(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Mg(mg/kg)	S (mg/kg)
akc	5.48 ± 0.23 b	5.66 ± 0.05 b	0.28 ± 0.00 b	57.00 ± 0.46 c	244.54 ± 11.33 b	707.59 ± 24.16 c	134.67 ± 4.66 b	79.98 ± 1.49 a
aknc	5.06 ± 0.10 v	6.47 ± 0.10 b	0.32 ± 0.00 b	19.78 ± 0.97 d	69.63 ± 0.05 d	83.85 ± 11.59 e	18.22 ± 2.57 d	66.73 ± 4.57 b
mplc	5.15 ± 0.11 c	12.39 ± 5.22 a	0.62 ± 0.26 a	13.26 ± 3.54 d	219.73 ± 27.25 b	274.70 ± 194.18 d	59.65 ± 28.91 c	22.78 ± 2.51 e
mslnc	5.60 ± 0.23 b	4.21 ± 0.17 b	0.21 ± 0.01 b	86.59 ± 1.01 bc	138.61 ± 6.54 c	347.34 ± 8.18 d	64.52 ± 3.13 c	28.98 ± 1.63 d
wwc	6.17 ± 0.09 a	4.61 ± 0.36 b	0.23 ± 0.02 b	180.72 ± 44.43 a	454.83 ± 57.33 a	2,087.76 ± 150.56 a	168.73 ± 15.14 a	37.35 ± 2.62 c
wwnc	5.55 ± 0.06 b	4.19 ± 1.25 b	0.21 ± 0.06 b	114.66 ± 3.75 b	265.33 ± 17.32 b	1,086.18 ± 86.24 b	120.01 ± 6.27 b	28.51 ± 2.24 d
F value	19.11	6.112	6.153	35.93	68.92	143.5	49.49	227.2
p-value	***	**	**	***	***	***	***	***

2.2 ทดสอบวิธีการจัดการสวนกาแฟและวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์กาแฟคุณภาพสูง (Premium Coffee)

จากการสำรวจแปลงปลูกกาแฟ ที่มีลักษณะการจัดการสวนที่ดี ได้แก่ มีการตัดแต่งกิ่งแบบหนัก (ทำสาว) ในช่วงปี 1 – 2 ปีที่ผ่านมา มีใส่ปุ๋ยบำรุงต้น มีกำจัดวัชพืช เปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้รับการตัดแต่ง โดยได้คัดเลือกแปลงศึกษา จำนวน 2 แปลง ทำการคัดเลือกแปลงที่มีระบบการปลูก และอายุต้นกาแฟใกล้เคียงกัน ในการศึกษาครั้งนี้ทั้ง 2 แปลง มีอายุต้นกาแฟอยู่ที่ 7 -15 ปี โดยทำการศึกษาในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงหาวัว จากการเก็บข้อมูลสอบถามเรื่องการจัดการแปลงของเกษตรกรเจ้าของแปลง เนื่องจากทั้ง 2 แปลง เป็นเจ้าของคนเดียวกันจึงมีการจัดการแปลงที่เหมือนกัน ได้แก่ อายุต้นปลูกพร้อมๆ กัน สูตรปุ๋ยที่ใช้รวมถึงปริมาณการใช้เหมือนกัน แตกต่างกันเพียงเรื่องการตัดแต่งตัดแต่งกิ่ง โดยแปลงที่มีการตัดแต่งและการจัดการดูแลต้นที่ดีที่ดี ส่วนอีกหนึ่งแปลงไม่มีการตัดแต่งกิ่ง เนื่องจากเกษตรกรเจ้าของแปลงไม่มีเวลาเพียงพอในการจัดการสวน โดยจากการศึกษาพบว่า แปลงที่มีการจัดการตัดแต่งกิ่งเดิมที่ต้นมีลักษณะสูงให้ผลผลิตน้อยโดยมีผลผลิตผลสดอยู่ที่ 1,100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเฉลี่ยต้นละ 2 กิโลกรัม จึงได้ทำการตัดแต่งกิ่งแบบหนัก (ทำสาว) ในปี 2565 และทำการตัดแต่งกิ่งกระโดงที่เกิดขึ้นมาใหม่ ให้เหลือเพียง 1 - 3 กิ่งหลัก ปัจจุบันต้นกาแฟสามารถให้ผลผลิตได้ 1,800 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ยต้นละ 3.3 กิโลกรัม หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.67 ซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดแต่ง 2.2 กิโลกรัมต่อต้น (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 รายละเอียดการจัดการแปลงที่ทำการศึกษา 2 แปลง ได้แก่ แปลงที่มีการตัดแต่งจัดการที่ดี (www) และแปลงที่ไม่มีการตัดแต่ง (wwnc)

รายละเอียดการจัดการแปลง	แปลงที่ทำการศึกษา	
	แปลงตัดแต่งวารี (WWC)	แปลงไม่ตัดแต่งวารี (WWNC)
ระการปลูก	วนเกษตร	ได้ร่มเงาป่า
อายุต้นกาแฟ	7-14	7-15
ขนาดพื้นที่(ไร่)	5	10
ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล	1,260	1,250
จำนวนต้นกาแฟต่อไร่	550	908
การตัดแต่ง	ตัดแต่งทำสาวเมื่อ 2 ปีที่แล้ว ตัดยอดที่ความสูงประมาณ 180 ซม.	เคยตัดแต่งทำสาวเมื่อนานมาแล้ว (มากกว่า 6 ปี)
ผลผลิตเชอร์รี่ก่อนตัด (กก./แปลง)	5,500	10,000
ผลผลิตเชอร์รี่หลังตัด (กก./แปลง)	9,000	-
ผลผลิตเชอร์รี่ที่เพิ่มหลังตัด (กก./แปลง)	3,500	-
ผลผลิตต่อไร่ที่เพิ่มหลังตัด (กก./ไร่)	700	-
ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	1,800	1,000
ผลผลิตต่อต้น (กก.)	3.3	1.1
สูตรปุ๋ยที่ใช้	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)	14-4-4 (ปุ๋ยมี om 20%)
ปริมาณที่ใช้ (กก./ไร่)	100	100
ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยอินทรีย์ กทม.	ปุ๋ยอินทรีย์ กทม.
ปริมาณที่ใช้ (กก./ไร่)	100	100
การใส่ปุ๋ยรอบที่1	มิ.ย.	มิ.ย.
การใส่ปุ๋ยรอบที่2	ส.ค.	ส.ค.
การตัดแต่ง	ตัดแต่งกิ่งกระโดงที่แตกใหม่ทุกปี/ตัดแต่งไม้ ร่มเงา	ไม่ตัดแต่ง
หมายเหตุ	ถ้าไม่ตัดต้นโทรม/ยืนต้นตาย	

จากการวางแผนปลูกศึกษาลักษณะทางกายภาพในแปลงขนาด 25 ตารางเมตร จำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละแปลง จากการศึกษพบว่า ทั้ง 2 แปลงปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ยืนต้น โดยแปลงที่มีการตัดแต่งกิ่งแบบหนัก (ทำสาว) พบชนิดไม้ร่มเงาในพื้นที่ ได้แก่ กำลังเสือโคร่ง ขนุน มะคาเดเมีย มีจำนวนไม้ร่มเงาเฉลี่ยเท่ากับ 256 ต้นต่อไร่ ความสูงไม้ร่มเงาเฉลี่ยเท่ากับ 995 เซนติเมตร ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร ของไม้ร่มเงาเฉลี่ยเท่ากับ 17.8 เซนติเมตร ส่วนแปลงที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง พบชนิดไม้ร่มเงาในพื้นที่ ได้แก่ มะขามป้อม มะคาเดเมีย กางเขินมอด มีจำนวนไม้ร่มเงาเฉลี่ยเท่ากับ 192 ต้นต่อไร่ ความสูงไม้ร่มเงาเฉลี่ยอยู่ที่ 690 เซนติเมตร ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม้ร่มเงาเท่ากับ 11.9 เซนติเมตร

ทางด้านลักษณะทางกายภาพของต้นกาแฟในพื้นที่พบว่าขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร ของต้นกาแฟทั้ง 2 แปลง มีขนาดความโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของจำนวนประชากรต้นกาแฟ และความสูงของต้นกาแฟ โดยแปลงที่ไม่มีการตัดแต่งต้น

กาแฟมีจำนวนประชากรต้นกาแฟเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 908 ต้นต่อไร่ และมีความสูงต้นกาแฟเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 237 เซนติเมตร (ตารางที่ 18) เมื่อศึกษาทางด้านลักษณะทางกายภาพของขนาดเมล็ดกาแฟผลสดของทั้ง 2 แปลง พบว่า มีขนาดผลในด้านขนาดความกว้าง ความยาว ความหนาแน่นประภ และน้ำหนักผล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 19) และเมื่อทำการคัดแยกขนาดสารกาแฟตามเกรด พบว่า แปลงที่มีการตัดแต่งกิ่ง มีขนาดสารกาแฟเกรด A (6.12 มม.) ขึ้นไป อยู่ที่ร้อยละ 79.87 มีคะแนนการชั่งตวงจากการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน SCA อยู่ที่ 81 คะแนน ส่วนแปลงที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง มีขนาดสารกาแฟเกรด A (6.12 มม.) ขึ้นไป อยู่ที่ร้อยละ 97.92 มีคะแนนการชั่งตวงจากการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน SCA อยู่ที่ 81.25 คะแนน เนื่องจากแปลงที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่งมีการติดผลผลิตต่อต้นที่น้อยทำให้สามารถมีสารอาหารไปเลี้ยงผลผลิตได้เยอะทำให้มีสัดส่วนของร้อยละขนาดสารกาแฟเกรด A ที่สูง (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของต้นกาแฟแปลงที่มีการจัดการตัดแต่งกาแฟ กับแปลงที่ไม่มีการจัดการตัดแต่งต้นกาแฟ ได้แก่ จำนวนต้นกาแฟต่อไร่ (No.), ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร (d.15) และความสูงต้น (Height)

Characteristics	location		p-value
	wwc	wwnc	
Na. (coffee tree / rai)	550.4 ± 106.88	908.8 ± 152.96	0.002633 **
d.15 (cm.)	2.69 ± 0.60	3.36 ± 0.85	0.1908 ns
Height (cm.)	153.28 ± 18.64	237.61 ± 16.79	6.808e-05 ***

Values followed by the same letter in a row did not difference, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns= non-significant

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของขนาดเมล็ดกาแฟแปลงที่มีการตัดแต่งจัดการที่ดี (wwc) และแปลงที่ไม่มีการตัดแต่ง (wwnc)

Characteristics	wwc	wwnc	p-value
Length (mm)	15.34 ± 0.84	14.81 ± 1.54	0.4609 ns
wide (mm)	13.31 ± 1.70	12.21 ± 1.41	0.2651 ns
think (mm)	14.41 ± 0.87	13.37 ± 1.04	0.09082 ns
weight (g)	1.97 ± 0.42	1.62 ± 0.50	0.4609 ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, ns= non-significant

ตารางที่ 20 ร้อยละของขนาดเมล็ดกาแฟตามเกรด และผลคะแนนการชงดื่มตามมาตรฐาน SCA ของแปลงที่ทำการศึกษา ได้แก่ แปลงที่มีการตัดแต่งจัดการที่ดี (wwc) และแปลงที่ไม่มีการตัดแต่ง (wwnc)

Characteristic	Plot	
	wwc	wwnc
Seed size AA (6.90 มม.) (%)	27.72	39.34
Seed size A (6.12 มม.) (%)	52.15	58.58
Seed size B (5.43 มม.) (%)	17.93	2.1
Seed size XY (4.57 มม.) (%)	2.21	0
Final Score	81	81.25
Notes : Wet Aroma	Honey, Dark Chocolate, Caramel Syrup	Musty, Sugarcane, Chocolate

จากการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีในดินของทั้ง 2 แปลง พบว่า มีความแตกต่างกันในด้านของปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ โดยพบมากในแปลงกาแฟที่มีการตัดแต่งกิ่ง (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีในดิน ของแปลงที่ทำการศึกษาทั้ง 2 แปลง ได้แก่ แปลงที่มีการตัดแต่งจัดการที่ดี (wwc) และแปลงที่ไม่มีการตัดแต่ง (wwnc)

Treatment	wwc	wwnc	p-value
pH	6.17 ± 0.09	5.55 ± 0.06	***
OM (%)	4.61 ± 0.36	4.19 ± 1.25	ns
N (%)	0.23 ± 0.02	0.21 ± 0.06	ns
P (mg/kg)	180.72 ± 44.43	114.66 ± 3.75	ns
K (mg/kg)	454.83 ± 57.33	265.33 ± 17.32	**
Ca (mg/kg)	2,087.76 ± 150.56	1,086.18 ± 86.24	***
Mg (mg/kg)	168.73 ± 15.14	120.01 ± 6.27	**
S (mg/kg)	37.35 ± 2.62	28.51 ± 2.24	*

2.3 การสำรวจและวิเคราะห์ปัจจัยที่กระทบต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของกาแฟ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพแวดล้อมและองค์ประกอบของสวนกาแฟ เช่น ร่มเงา ความลาดชัน ชนิดไม้การจัดการสวนต่างๆ

จากการสำรวจและคัดเลือกพื้นที่สวนกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ซึ่งเป็นแปลงที่ทำการศึกษามาต่อเนื่องจากปี 2566 ได้ทำการวางแผนตัวอย่างเพื่อทำการศึกษาด้านกาแฟในระบบการปลูกที่แตกต่างกันจำนวน 5 ระบบ ได้แก่ การปลูกกาแฟภายใต้ระบบวนเกษตร (AGFS), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NS), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKS) และการปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS) ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกแปลงศึกษา ได้ทำการคัดเลือกแปลงปลูกต้นกาแฟที่มีอายุใกล้เคียงกันใกล้เคียงกัน โดยมีอายุต้นกาแฟเฉลี่ยอยู่ที่ 4 – 5 ปี จากการศึกษาที่การวัดขนาดความโตภายใน 1 รอบปี พบว่า ด้านการเจริญเติบโตของต้นกาแฟทางด้านลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านการเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร โดยในแปลง FS มีการเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงสุดอยู่ที่ 0.51 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลง PS, AGFS, NS และ PKS มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอยู่ที่ 0.49, 0.46, 0.34 และ 0.24 ตามลำดับ ส่วนในด้านการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นพบว่าการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 จำนวนความหนาแน่นของประชากรต้นกาแฟในแต่ละแปลง (No.stem) ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร ที่เพิ่มขึ้นใน 1 รอบปี (Dimeter) ขนาดความสูงต้นกาแฟที่เพิ่มขึ้นใน 1 รอบปี (Height)

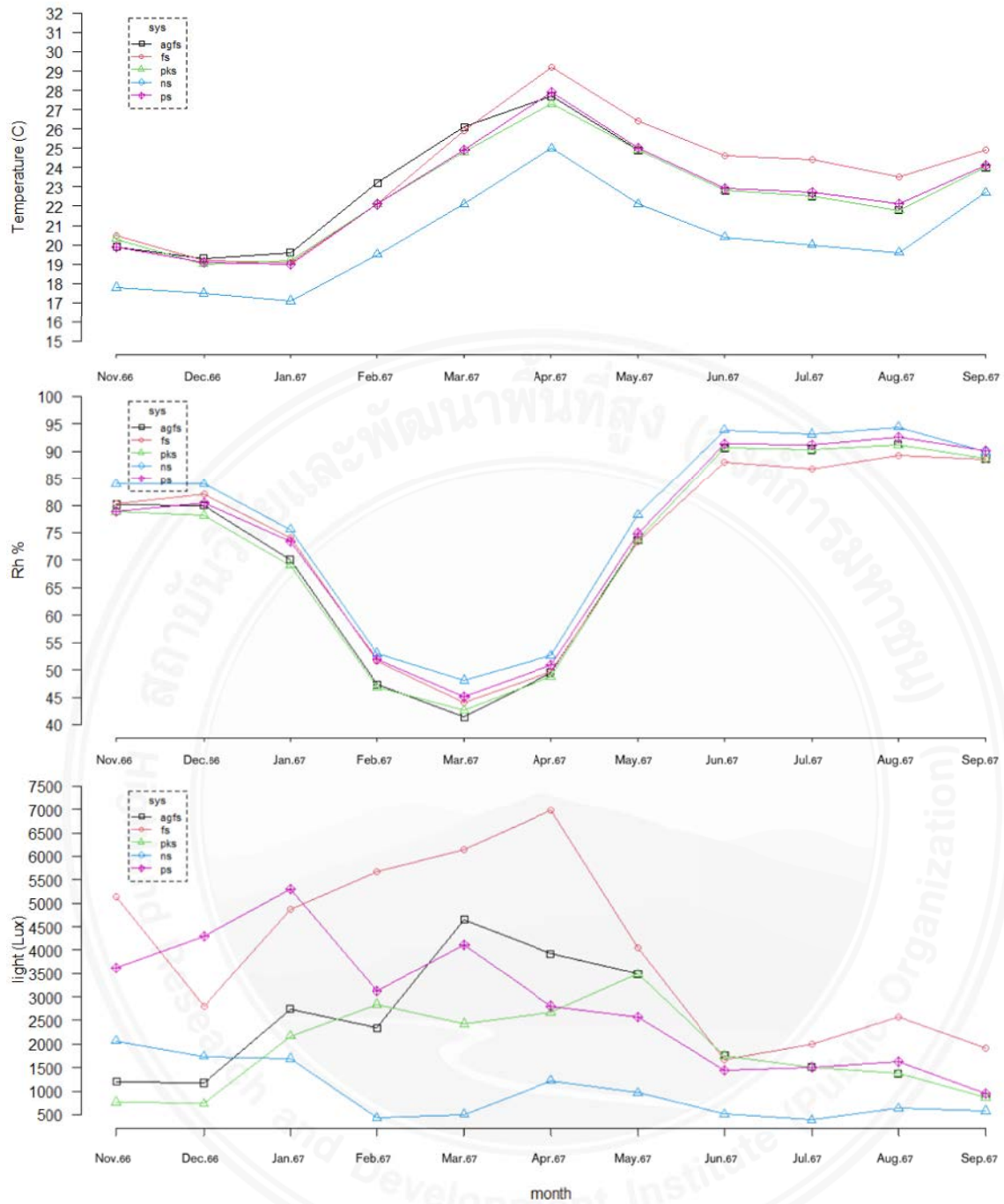
Location	No.stem $\pm$ SD	Dimeter (cm.) $\pm$ SD	Height (m.) $\pm$ SD
AGFS	217.33 $\pm$ 34.02 ab	0.46 $\pm$ 0.08 a	0.59 $\pm$ 0.63
FS	208.00 $\pm$ 50.12 ab	0.51 $\pm$ 0.08 a	0.14 $\pm$ 0.07
NS	394.67 $\pm$ 36.30 a	0.34 $\pm$ 0.09 b	0.34 $\pm$ 0.07
PKS	432.00 $\pm$ 41.76 a	0.24 $\pm$ 0.02 b	0.35 $\pm$ 0.05
PS	142.67 $\pm$ 59.37 b	0.49 $\pm$ 0.10 a	0.16 $\pm$ 0.04
chi-squared	11.262	9.6349	7.5552
p-value	0.02377 *	0.04705 *	0.1093 ns

ด้านของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการเก็บข้อมูล พบว่า แปลงปลูกกาแฟภายใต้ระบบวนเกษตร (AGFS) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 22.89 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 72.99 และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 2,275.18 LUX แปลงปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 23.62 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 73.45 และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 3,980.55 LUX แปลงปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 20.35 องศาเซลเซียส

เซียล ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 76.98 และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 977 LUX แปลงปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKS) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 22.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 60.21 และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 2,001 LUX แปลงปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 22.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ที่ 74.61 และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 2,849.82 LUX (ตารางที่ 23) (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 23 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี (Tem) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Rh) และข้อมูลความเข้มแสงเฉลี่ย (Light) ของแปลงที่ทำการศึกษาทั้ง 5 แปลง

Location	Tem (°C)	Rh	Light (lux)
agfs	22.89 ± 2.70	72.99 ± 18.73	2,275.18 ± 1,265.77
fs	23.62 ± 3.15	73.45 ± 17.03	3,980.55 ± 1,883.86
ns	20.35 ± 2.45	76.98 ± 17.67	977.00 ± 606.99
pks	22.73 ± 3.45	60.21 ± 15.18	2,001.00 ± 878.36
ps	22.70 ± 2.73	74.61 ± 17.66	2,849.82 ± 1,393.15

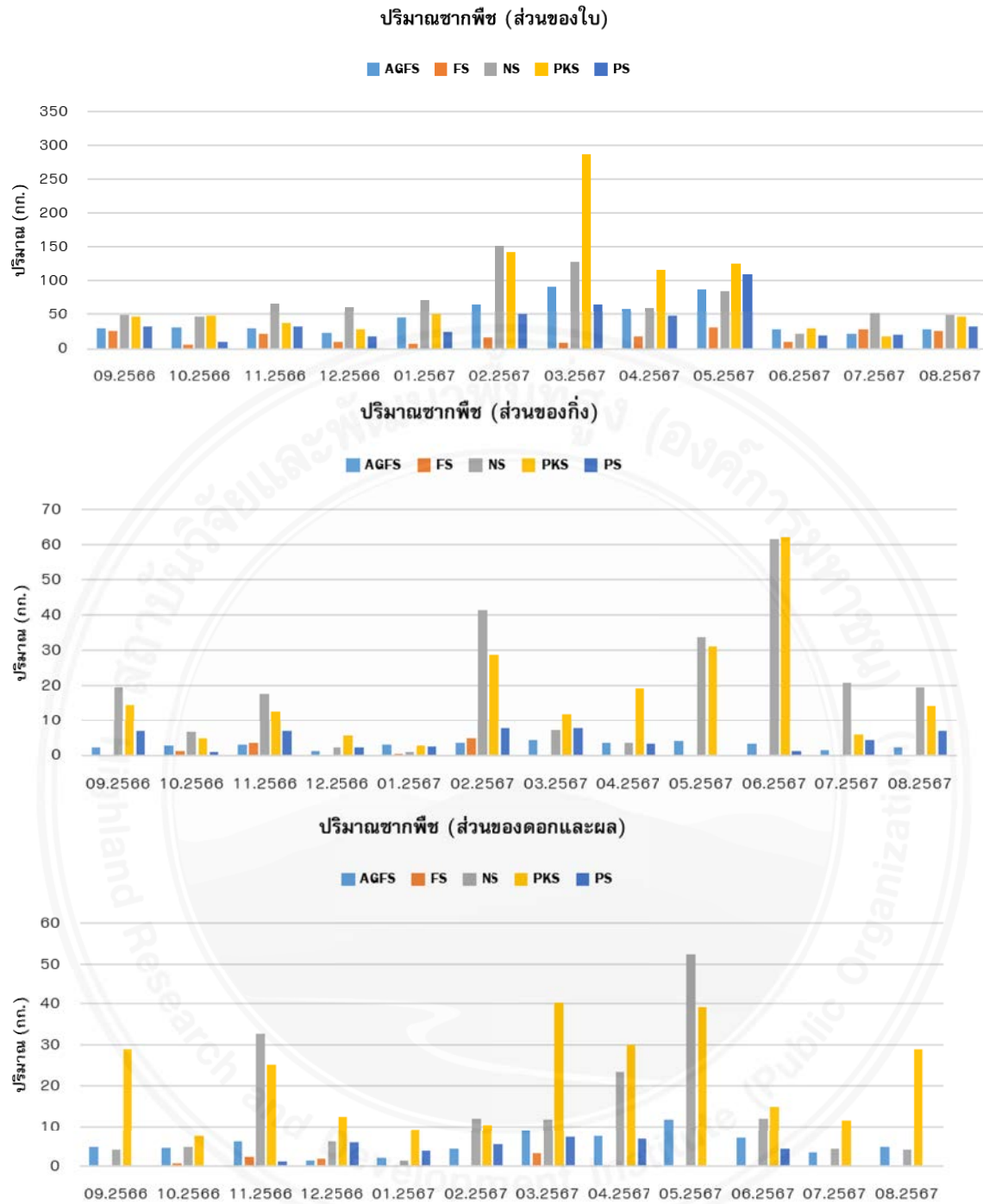


ภาพที่ 5 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี (Tem) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Rh) และข้อมูลความเข้มแสงเฉลี่ย (Light) ของแปลงที่ทำการศึกษากันทั้ง 5 แปลง

ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในรอบปี พบว่า ในส่วนของใบ กิ่ง และดอกผล พบมากที่สุดในระบบปลูกได้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (ns), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (pks) เนื่องจากไม้ร่มเงาของทั้ง 2 แปลง เป็นไม้ที่มีขนาดใหญ่ มีทรงพุ่มที่มีขนาดใหญ่กว่าอีก 3 แปลง ส่งผลให้มีการร่วงหล่นของใบ กิ่ง และดอกผลที่มากกว่า (ตารางที่ 24) ในด้านของปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในแต่ละระบบ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในซากพืชนั้น ในระบบการปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (พลัม) มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด เท่ากับร้อยละ 2.08 รองลงมา ได้แก่ ระบบปลูกกลางแจ้ง ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาไม้ป่าธรรมชาติ ระบบวนเกษตร และระบบภายใต้ร่มเงาสนสามใบ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 1.80, 1.35, 1.02 และ 0.94 ตามลำดับ (ตารางที่ 25) ส่วนปริมาณธาตุอาหารในดินพบว่าในพื้นที่ระบบปลูกได้ร่มเงาป่าธรรมชาติ และใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ มีความเป็นกรดมากกว่าระบบอื่นๆ อาจเนื่องจากการทับถมของปริมาณซากพืชที่มากเกิดกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดมากกว่าระบบอื่นๆ แต่อื่นใดนั้นความเป็นกรดขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการแปลงด้วยอีกทาง ส่วนปริมาณธาตุอาหารนั้น พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่มีความแตกต่างกันในแต่ละแปลงได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี พบมากในแปลงระบบวนเกษตร ส่วนซัลเฟอร์พบมากในแปลงระบบปลูกกลางแจ้ง (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 24 ข้อมูลปริมาณซากพืชในแต่ละระบบในรอบ 1 ปี ของแปลงที่ทำการศึกษาในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (agfs), ระบบปลูกกลางแจ้ง (fs), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (ns), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (pks) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (ps)

Sys	Leaf (kg/rai)	Branch (kg/rai)	Fruit (kg/rai)	All (kg/rai)
AGFS	44.69 ± 24.89 ab	2.87 ± 1.02 c	5.59 ± 2.94 b	53.15 ± 27.95 c
FS	17.36 ± 8.97 b	1.66 ± 0.81 c	1.12 ± 0.65 c	18.83 ± 8.78 c
NS	70.28 ± 36.05 a	19.66 ± 18.24 a	15.17 ± 14.04 ab	104.00 ± 46.35 ab
PKS	81.00 ± 77.18 a	17.86 ± 16.56 ab	21.62 ± 11.80 a	120.48 ± 87.04 a
PS	38.58 ± 27.56 ab	4.20 ± 2.92 b	2.98 ± 2.93 bc	45.71 ± 28.05 bc
chl-squared	25.531	32.868	38.966	35.888
p-value	***	***	***	***



ภาพที่ 6 ปริมาณซากพืชของส่วนต่างๆในรอบปี ได้แก่ส่วนของใบ กิ่ง และดอกผล

ตารางที่ 25 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในแต่ละระบบ ในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (agfs), ระบบปลูกกลางแจ้ง (fs), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (ns), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (pks) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (ps)

Sys	pH	N (%)	P (mg/kg)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	C (%)
agfs	4.19 ab	1.02 ab	149.51	1.49	1.43 ab	0.07 ab	29.85 ab
fs	5.42 ab	1.80 ab	353.76	1.49	2.56 a	0.17 a	27.81 ab
ns	4.40 ab	1.35 ab	288.40	1.43	1.44 ab	0.12 ab	29.52 ab
pks	3.96 b	0.94 b	410.95	1.40	0.97 b	0.04 b	30.17 a
ps	6.41 a	2.08 a	394.61	1.35	2.07 ab	0.15 ab	25.42 b
chl-squared	13.524	13.5	8.5192	1.1541	12.881	11.484	12.433
p-value	**	**	ns	ns	*	*	*

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ตารางที่ 26 ปริมาณธาตุอาหารในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (agfs), ระบบปลูกกลางแจ้ง (fs), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (ns), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (pks) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (ps)

Chemical composition	Coffee cultivation system					chi-squared	p-value
	agfs	fs	ns	pks	ps		
pH	5.37 ab	5.56 a	5.15 c	5.18 bc	5.42 a	10.177	*
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	93.14 a	38.25 b	76.57 ab	72.63 ab	82.73 ab	9.1	*
OM (%)	7.79	5.86	12.39	7.70	4.18	9.5	ns
N (mg/kg)	0.39	0.29	0.62	0.38	0.21	9.8799	ns
P (mg/kg)	56.00 a	8.93 ab	13.26 ab	7.04 b	23.84 ab	12.033	*
K (mg/kg)	690.68 a	336.18 ab	219.73 b	334.01 ab	531.43 ab	12.133	*
Ca (mg/kg)	1,046.42 a	449.17 b	274.70 b	550.67 b	542.17 b	9.3333	*
Mg (mg/kg)	224.80 a	151.47 ab	59.65 b	200.26 a	152.74 ab	9.1	*
Na (mg/kg)	0.33	0.20	0.36	3.21	2.76	3.2489	ns
Fe (mg/kg)	47.87	44.25	51.42	58.42	18.82	8.4902	ns
Mn (mg/kg)	79.41 a	41.22 b	26.12 b	75.01 a	73.87 a	10.883	**
Zn (mg/kg)	1.42 a	0.79 ab	1.18 ab	0.98 ab	0.61 b	10.761	*
Cu (mg/kg)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	ns
B (mg/kg)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	2.04	ns
S (mg/kg)	16.42 b	31.84 a	22.78 ab	18.12 ab	16.03 b	12.57	*
C (%)	3.27	2.78	5.21	3.50	1.98	9.2081	ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ในด้านของความเป็นร่มเงาในพื้นที่พบว่า ระบบวนเกษตร มีระดับความเป็นร่มเงาพื้นที่อยู่ที่ 33 – 58 % ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ มีระดับความเป็นร่มเงาพื้นที่อยู่ที่ 58 – 73 % ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ มีระดับความเป็นร่มเงาพื้นที่อยู่ที่ 53 – 76 % และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว มีระดับความเป็นร่มเงาพื้นที่อยู่ที่ 19 – 40 % (ตารางที่ 27)

คุณภาพของเมล็ดกาแฟในด้านลักษณะทางกายภาพ พบว่า ด้านขนาดไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างทางด้านน้ำหนักของเมล็ดกาแฟ โดยเมล็ดกาแฟจากระบบการปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติมีน้ำหนักเมล็ดสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 กรัมต่อเมล็ด รองลงมาได้แก่ ระบบวนเกษตร ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ และระบบกลางแจ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49, 1.46, 1.13

และ 1.03 กรัมต่อเมล็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 28) เมื่อเทียบกับในด้านผลผลิตกาแฟต่อไร่ พบว่า กาแฟที่ปลูกในระบบร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,552 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 29) ส่วนคุณภาพการชงดื่ม นั้น พบว่า ทั้ง 5 ระบบมีคุณภาพการชงดื่มที่มีคะแนนมากกว่า 80 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นกาแฟที่มีลักษณะพิเศษตามมาตรฐาน Specialty Coffee Association (SCA) โดยระบบที่ได้คะแนนสูงที่สุดคือ ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว ได้ 83.25 คะแนน มีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ ได้แก่ Vanilla / Caramel / Milk / Citrus / Orange peel / Honey (ตารางที่ 30) ซึ่งปริมาณผลผลิต หรือคุณภาพกาแฟนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็นจำนวนต้นในพื้นที่ สภาพแวดล้อม และการจัดการดูแล

ตารางที่ 27 ร้อยละความเป็นร่มเงาในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (agfs), ระบบปลูกกลางแจ้ง (fs), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (ns), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (pks) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (ps)

Condition	% Shade	
	Average	95 % CI
AGFS	45.82 ± 3.83	33.57 - 58.06
FS	0 ± 0	0
NFS	66.08 ± 6.79	58.50 - 73.65
PKFS	65.01 ± 10.05	53.24 - 76.78
TFOS	30.32 ± 3.00	19.84 - 40.79

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของขนาดเมล็ดกาแฟในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

Sys	Seed Size			
	Length (mm)	Wide (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)
agfs	14.40 ± 0.34	11.81 ± 0.28	13.07 ± 0.22	1.49 ± 0.09 a
fs	13.16 ± 0.35	10.56 ± 0.29	12.06 ± 0.43	1.03 ± 0.07 b
ns	14.68 ± 0.08	11.96 ± 0.23	13.17 ± 0.41	1.52 ± 0.10 a
pks	13.43 ± 0.70	11.01 ± 1.37	11.97 ± 0.61	1.13 ± 0.18 b
ps	14.75 ± 0.72	13.09 ± 2.69	12.76 ± 0.61	1.46 ± 0.20 a
chi-squared	9.0667	5.5667	8.5	9.8333
p-value	ns	ns	ns	*

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ตารางที่ 29 ปริมาณผลผลิตกาแฟในแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

Sys	Yield (kg/rai)
agfs	473.33 ± 80.93 b
fs	372.00 ± 172.84 bc
ns	238.67 ± 18.90 bc
pks	178.67 ± 8.33 c
ps	2,552.00 ± 272.35 a
chi-squared	12
p-value	*

ตารางที่ 30 ร้อยละของขนาดเมล็ดกาแฟตามเกรด และผลคะแนนการชงดื่มตามมาตรฐาน SCA ของแปลงปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

Sys	Size.AA (6.90mm) %	Size.A (6.12mm) %	Size.B (5.43mm) %	Size.XY (4.57mm) %	Final Score	Notes:Wet Aroma
agfs	10.41	54.13	27.8	7.66	82.25	Vanilla / Butter / Milk / Honey / Almond
fs	9.47	35.64	35.64	21.46	82	Milk Chocolate / Floral / Cinnamon / Herb
ns	5.06	55.81	33.84	5.32	82.5	Green Namame / Citrus / Almong / Caramel
pks	3.26	60.21	28.82	7.71	81	Namame Milk / Vanilla / Hazenut / Almond / Milk / Caramel
ps	24.67	47.7	22.45	5.16	83.25	Vanilla / Caramel / Milk / Citrus / Orange peel / Honey

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อมใน 5 ระบบปลูก ที่ส่งผลต่อผลผลิตกาแฟ โดยปัจจัยที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ แบ่งเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมส่วนเหนือดิน 8 ปัจจัย และปัจจัยสภาพแวดล้อมคุณสมบัติดิน 16 ปัจจัย รวม 24 ปัจจัย จากการระบุความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกาแฟกับตัวแปรอิสระด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) จากปัจจัยสภาพแวดล้อม 24 ปัจจัย คงเหลือปัจจัยที่มี

ความสัมพันธ์ต่อผลผลิตกาแฟ 15 ปัจจัย โดยแบ่งเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมส่วนเหนือดิน 5 ปัจจัย (ตารางที่ 31) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน 10 ปัจจัย (ตารางที่ 31) โดยในแต่ละปัจจัย ทำให้ได้โมเดลสมการที่ใช้ในการระบุปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตกาแฟ และสามารถแทนค่าตามแต่ละปัจจัย ที่โมเดลได้คัดเลือกไว้ เพื่อประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟได้

จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมส่วนเหนือดิน พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อผลผลิตกาแฟ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตกาแฟ ได้แก่ ปริมาณซากพืช ปริมาณแสง และความเป็นรุ่มเงา อาจกล่าวได้ว่า การปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาไม้ป่าที่มีต้นไม้ในพื้นที่ มีผลดีกับผลผลิตกาแฟ เนื่องจากการชดเชยปริมาณซากพืชทำให้มีการย่อยสลายและคืนธาตุอาหารสู่ดิน รวมทั้งมีการบดบังร่มเงาของไม้เรือนยอดชั้นบน แต่หากมีการบดบังร่มเงาที่มากเกินไปอาจส่งผลลบต่อผลผลิต

คุณสมบัติทางเคมีของดิน โมเดลได้คัดเลือกปัจจัยที่มีผลกับผลผลิตกาแฟมา 10 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตกาแฟ ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซีย ปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตกาแฟที่เพิ่มขึ้น และ Clemente et al. (2015) พบว่าการมีไนโตรเจนกับโพแทสเซียมที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตของกาแฟอาราบิก้าได้ ซึ่งโพแทสเซียมมีส่วนช่วยในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต รวมถึงมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2558) และช่วยให้ผลผลิตกาแฟเพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณคาเฟอีน ฟีนอล และปริมาณน้ำตาลในเมล็ดกาแฟ (Clemente et al., 2015) ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตกาแฟ ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซีย โซเดียม สังกะสี คาร์บอน และซิลเวอร์ ในด้านของแคลเซียมอาจเนื่องด้วยต้นกาแฟนั้นชอบลักษณะดินในพื้นที่ปลูกที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย การมีแคลเซียมในปริมาณที่มากจึงส่งผลทางลบกับผลผลิตกาแฟเนื่องจากทำให้ค่าดินมีลักษณะที่มีความเป็นด่าง

ตารางที่ 31 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกาแฟ (กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปัจจัยสภาพแวดล้อมบางประการในพื้นที่ปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบปลูก ด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM)

กลุ่มตัวแปรอิสระ	ค่าเฉลี่ย	Coefficients	P-value
(a) glm (formula = total yield ~ $X_1 + X_2 + \dots + X_n$, family = poisson (link=identity))			
AIC : 169.75 $R^2 = 0.9221$			
(a) ปัจจัยสภาพแวดล้อมบางประการ			
(X_1) ปริมาณซากพืช (kg./rai)	821.20	-2.459	<0.01**
(X_2) อุณหภูมิ (C)	22.43	3.270e+03	> 0.05
(X_3) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)	74.13	1.657e+03	> 0.05
(X_4) ปริมาณแสง (Lux)	2391.25	-7.533e-01	> 0.05
(X_5) ความเป็นรุ่มเงา (%)	61.44	-2.596e+01	>0.05.

ตารางที่ 32 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกาแฟ (กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปัจจัยสภาพแวดล้อมธาตุอาหารในดินของดินในพื้นที่ปลูกกาแฟทั้ง 5 ระบบปลูก ด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM)

กลุ่มตัวแปรอิสระ	ค่าเฉลี่ย	Coefficients	P-value
(b) glm (formula = total yield ~ $X_1 + X_2 + \dots + X_n$, family = poisson (link=identity))			
AIC : 183.73 $R^2 = 0.9417$			
(b) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน			
(X_1) n	0.38	2437.627	> 0.05
(X_2) p	21.81	-53.025	> 0.05
(X_3) k	422.40	2.091	> 0.05
(X_4) ca	572.62	5.960	> 0.05
(X_5) mg	157.78	-25.628	> 0.05.
(X_6) na	1.37	-104.966	> 0.05
(X_7) mn	59.12	7.102	> 0.05
(X_8) zn	0.99	-1799.958	> 0.05.
(X_9) c	3.35	-732.640	> 0.05.
(X_{10}) s	21.04	-77.122	> 0.05.

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาแนวทางการเพิ่มมูลค่าการผลิตกาแฟตามแนวทาง BCG Model ด้วยการวิเคราะห์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นกาแฟในระบบการปลูกที่แตกต่างกัน

3.1 ศึกษาการกักเก็บและการปลดปล่อยคาร์บอนในระบบการผลิตกาแฟ

จากการสำรวจและคัดเลือกพื้นที่สวนกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ได้ทำการวางแผนตัวอย่างเพื่อทำการศึกษากักเก็บคาร์บอนของต้นกาแฟในระบบการปลูกที่แตกต่างกันจำนวน 5 ระบบ ได้แก่ การปลูกกาแฟภายใต้ระบบวนเกษตร (AGFS), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NF), การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKS) และการปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS) ซึ่งเป็นแปลงเดียวกันกับกิจกรรมข้างต้น โดยได้ทำการศึกษากักเก็บคาร์บอนในรอบ 1 ปี ของแต่ละระบบ จากการศึกษาพบว่า ในทั้ง 5 ระบบ ต้นกาแฟมีการกักเก็บมวลชีวภาพไม่แตกต่างกัน โดยระบบ PS มีการกักเก็บเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 0.08 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ AGFS, PKS, NS และ FS มีการกักเก็บเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06, 0.05, 0.04 และ 0.04 ตันต่อไร่ ตามลำดับ หรือมีการกักเก็บคาร์บอนในต้นกาแฟอยู่ที่ 0.04, 0.03, 0.02, 0.02 และ 0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 33) ส่วนการกักเก็บในไม้ยืนต้น พบว่า ระบบ AGFS มีการกักเก็บเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 7.47 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ PKS, PS และ NS มีการกักเก็บเฉลี่ยอยู่ที่ 3.02, 0.07 และ -5.88 ตันต่อไร่ ตามลำดับ หรือมีการกักเก็บคาร์บอนในต้นกาแฟอยู่ที่ 3.66, 1.48, 0.04 และ -2.88 ตัน

คาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 34) ซึ่งสาเหตุที่แปลง NS มีการกักเก็บมวลชีวภาพ และคาร์บอนดินลบ เป็นไปตามธรรมชาติ เนื่องจากแปลง NS เป็นแปลงที่ปลูกภายใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ ซึ่งต้นไม้ในพื้นที่มีขนาดใหญ่ ทำให้มีร่มตายตามธรรมชาติ หรือมีการหักของลำต้น ทำให้ในฤดูกาลปี 2566 / 2567 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ยืนต้นลดลง ดังนั้นจึงควรมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องระยะยาวเพื่อให้ทราบถึงพลวัตในกระบวนการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละระบบ และหากทำการไม่นับรวมต้นไม้ที่มีการหักล้ม หรือล้มตาย พบว่าแปลง NS มีการกักเก็บมวลชีวภาพอยู่ที่ 9.47 ตันต่อไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 4.46 ตันคาร์บอนต่อไร่ ในด้านการปลดปล่อยคาร์บอนนั้น เนื่องจากการเก็บข้อมูลค่อนข้างยากต่อการประเมินต่อไร่ ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการเก็บข้อมูลเป็นภาพรวมรายแปลงที่ทำการทดสอบ จากการศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนเบื้องต้นจากกิจกรรมต่างๆในการจัดการแปลง ได้แก่ การใช้ยานพาหนะในการเข้าไปจัดการดูแล การใช้เครื่องตัดหญ้า การใช้ปุ๋ยในการบำรุงต้น และการเก็บผลผลิตกาแฟเชอร์รี่เพื่อมาแปรรูปเป็นกาแฟกะลา ซึ่งพบว่า แปลง NS มีการปลดปล่อยคาร์บอนอยู่ที่ 2.4223 ตันคาร์บอน รองลงมาได้แก่ แปลง PS, AGFS, PKS และ FS การปลดปล่อยคาร์บอนอยู่ที่ 1.5763, 1.3393, 1.3243 และ 1.0453 ตันคาร์บอน การที่แปลง NS มีการปลดปล่อยสูงสุดเกิดจากกิจกรรมจากการใช้ยานพาหนะเนื่องจากแปลง NS มีขนาดใหญ่กว่าแปลงอื่นๆ ทำให้มีการใช้ยานพาหนะที่สูงกว่า (ตารางที่ 35) ซึ่งหากทำการหักลบกันแล้วพบว่าในระบบการปลูกกาแฟ AGSF, PKS และ NS (กรณีไม่มีการล้มตายของไม้ยืนต้น) พบว่ามีการกักเก็บที่มากกว่าการปลดปล่อยในแต่ละกิจกรรม ซึ่งสามารถเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมเกษตรกรเพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบจำนวนต้นต่อพื้นที่ ค่าเฉลี่ยความสูง ความโตต้น พื้นที่หน้าตัดของพรรณไม้ ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของ ต้นกาแฟ ในปี 2566 และปี 2567 ในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

Parameter	แปลงศึกษา 5 ระบบปลูกกาแฟ					Chi-squared	P-value
	AGFS	FS	NS	PKS	PS		
จำนวนต้นหลัก	217 ^{ab}	208 ^{ab}	395 ^{ab}	432 ^a	142.67 ^b	11.262	*
จำนวนต้นรวมแตกนาง	866.67 ^{ab}	657.33 ^{ab}	458.6 ^b	617.3 ^{ab}	1,538.67 ^a	12.9	*
ความสูงต้น ปี 66 (ม.)	1.74 ^a	1.52 ^{ab}	1.13 ^{ab}	0.94 ^b	1.61 ^{ab}	12.79	*
ความโตต้น ปี 66 (ซม.)	2.96 ^{ab}	3.00 ^{ab}	2.34 ^{ab}	1.72 ^b	3.60 ^a	12.833	*
พื้นที่หน้าตัดต้นไม้ ปี 66 (ตรม./ไร่)	0.70 ^{ab}	0.55 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.16 ^b	1.82 ^a	12.367	*
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ปี 66 (ตัน/ไร่)	0.28 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.06 ^b	0.55 ^a	13.233	*
ปริมาณกักเก็บคาร์บอน ปี 66 (ตัน/ไร่)	0.14 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.03 ^b	0.27 ^a	13.233	*
ความสูงต้น ปี 67 (ม.)	2.33 ^a	1.66 ^{ab}	1.48 ^{ab}	1.29 ^b	1.77 ^{ab}	12.414	*
ความโตต้น ปี 67 (ซม.)	3.42 ^{ab}	3.51 ^{ab}	2.67 ^{ab}	1.96 ^b	4.09 ^a	12.433	*
พื้นที่หน้าตัดต้นไม้ ปี 67 (ตรม./ไร่)	0.89 ^{ab}	0.71 ^{ab}	0.27 ^{ab}	0.20 ^b	2.35 ^a	12.433	*
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ปี 67 (ตัน/ไร่)	0.34 ^{ab}	0.24 ^{ab}	0.13 ^{ab}	0.11 ^b	0.63 ^a	13.033	*
ปริมาณกักเก็บคาร์บอน ปี 67 (ตัน/ไร่)	0.17 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.06 ^{ab}	0.05 ^b	0.31 ^a	13.033	*
ปริมาณมวลชีวภาพในรอบ 1 ปี (ตัน/ไร่)	0.06	0.04	0.04	0.05	0.08	9.6333	ns
ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในรอบ 1 ปี (ตัน/ไร่)	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	9.6333	ns

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบจำนวนต้นต่อพื้นที่ ค่าเฉลี่ยความสูง ความโตต้น พื้นที่หน้าตัดของพรรณไม้ ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ยืนต้น ในปี 2566 และปี 2567 ในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

Parameter	แปลงศึกษา 5 ระบบปลูกกาแฟ				Chi-squared	P-value
	AGFS	NS	PKS	PS		
จำนวนต้นหลัก	45.33	70.67	80.00	74.67	5.5324	ns
จำนวนต้นรวมแตกนาง	56.00	97.33	90.67	76.00	2.5783	ns
ความสูงต้น ปี 66 (ม.)	6.90 ab	11.06 ab	13.77 b	3.42 a	9.9744	*
ความโตต้น ปี 66 (ซม.)	12.17 ab	19.38 a	22.07 a	8.43 b	8.4359	*
พื้นที่หน้าตัดต้นไม้ ปี 66 (ตรม./ไร่)	1.58 ab	4.15 a	4.82 a	0.53 b	9.0513	*
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ปี 66 (ตัน/ไร่)	20.52 ab	87.66 a	73.51 a	1.01 b	9.4615	*
ปริมาณกักเก็บคาร์บอน ปี 66 (ตัน/ไร่)	10.05 ab	42.93 a	36.00 a	0.49 b	9.4615	*
ความสูงต้น ปี 67 (ม.)	24.13 ab	34.17 ab	45.98 a	10.98 b	10.385	*
ความโตต้น ปี 67 (ซม.)	40.45 ab	60.29 a	75.14 a	26.61 b	8.4359	*
พื้นที่หน้าตัดต้นไม้ ปี 67 (ตรม./ไร่)	5.26 ab	12.27 ab	14.58 a	1.72 b	9.5641	*
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ปี 67 (ตัน/ไร่)	27.99 ab	81.78 a	76.53 a	1.08 b	9.359	*
ปริมาณกักเก็บคาร์บอน ปี 67 (ตัน/ไร่)	13.71 ab	40.05 a	37.48 a	0.53 b	9.359	*
ปริมาณมวลชีวภาพในรอบ 1 ปี (ตัน/ไร่)	7.47 a	-5.88 c	3.02 ab	0.07 b	6.2821	*
ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 1 ปี (ตัน/ไร่)	3.66 a	-2.88 c	1.48 ab	0.04 b	6.2821	*

Values followed by the same letter in a row did not difference, * = $p < 0.05$, ns= non-significant

ตารางที่ 35 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมการดูแลแปลง ในปี 2566 / 2567 ในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ ได้แก่ ระบบวนเกษตร (AGFS), ระบบปลูกกลางแจ้ง (FS), ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ (NFS), ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ (PKFS) และระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (PS)

กิจกรรมการปลดปล่อยคาร์บอน	แปลงศึกษา 5 ระบบปลูกกาแฟ				
	agfs	fs	ns	pks	ps
การใช้รถยนต์ (tonCo2eq)	0.545	0.233	0.909	0.545	0.262
การใช้มอเตอร์ไซค์ (tonCo2eq)	0.589	0.306	1.178	0.589	1.060
การใช้เครื่องตัดหญ้า (tonCo2eq)	0.039	0.118	0.177	0.024	0.118
การใช้ปุ๋ย (tonCo2eq)	0.166	0.388	0.158	0.166	0.136
การแปรรูปกาแฟเชอร์รี่ (ไม่เกิน 3 ต้น/ไร่) (tonCo2eq)	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
รวมทุกกิจกรรม (tonCo2eq)	1.3393	1.0453	2.4223	1.3243	1.5763

3.2 ศึกษาและพัฒนาปุ๋ยหมักชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปกาแฟเพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพิ่มผลผลิตกาแฟ

จากการศึกษาวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปกาแฟได้แก่ เปลือกกาแฟเชอร์รี่ และเปลือกกาแฟกะลา มาทำเป็นปุ๋ยหมัก จึงได้นำวัสดุดังกล่าวมาทำการศึกษาเพื่อดูประสิทธิภาพในการใช้งานกับพืช และสัดส่วนที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ โดยชนิดพืชที่นำมาศึกษาเป็นพืชระยะขึ้นได้แก่ผักพินเล่ พืชระยะยาวได้แก่ต้นกล้ากาแฟ โดยมีการให้น้ำ 3 เวลา ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน และเย็น ในปริมาณที่เท่ากัน จากการศึกษา พบว่า ผักพินเล่ มีการตอบสนองเติบโตดีกับทรีทเมนต์ T5 (ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีการตอบสนองที่ดีในด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความยาวใบ น้ำหนักรวม และน้ำหนักส่วนเหนือดิน รองลงมาได้แก่ทรีทเมนต์ที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ ส่วนทรีทเมนต์ที่มีการใช้ส่วนผสมของปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟพบว่า มีสัดส่วนของปริมาณรากหรือส่วนใต้ดินที่เยอะเนื่องจากวัสดุจากเปลือกกาแฟมีการระบายน้ำที่ดีพืชเลยเจริญเติบโตในส่วนใต้ดินเพื่อหาน้ำในการเจริญเติบโต แตกต่างจากเปลือกเชอร์รี่ที่มีการอุ้มน้ำที่ดีกว่าทำให้เหมาะสมกับพืชตระกูลผักกึนใบที่ต้องการใช้น้ำปริมาณที่มาก (ตารางที่ 36) ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟซึ่งทำการศึกษาเมื่อต้นกล้ากาแฟมีอายุครบ 6 เดือน หรือ 180 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตที่ดีกับวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่เช่นเดียวกับผักพินเล่ ไม่ว่าจะเป็นขนาดความโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นบริเวณคอราก ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ (ตารางที่ 37) และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุปลูกในแต่ละทรีทเมนต์ พบว่าทรีทเมนต์ที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ที่สูงกว่าในทรีทเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีส่วนทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากที่สุด (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักพินเล่ อายุ 40 วัน (H'= ความสูง, W.C.= ความกว้างทรงพุ่ม, R.L.= ความยาวราก, N.L.= จำนวนใบ, L.L.= ความยาวใบ, T.W.= น้ำหนักรวม, ABG.W= น้ำหนักส่วนเหนือดิน, BLG.W= น้ำหนักส่วนใต้ดิน และ Rate.BLG.W= ร้อยละของปริมาณน้ำหนักส่วนใต้ดิน)

Trt	H' (cm)	W.C. (cm)	R.L. (cm)	N.L. (cm)	L.L. (cm)	T.W. (g)	ABG.W (g)	BLG.W. (g)	Rate.BLG.W (%)
T1 [ดินทราย (Control)]	5.53 c	5.96 d	14.85 bcd	10 d	4.52 c	4.17 c	2.80 c	1.37 bc	35.36 a
T2 [ดินทราย + ใส่ปุ๋ยเคมี 15 – 15 – 15 อัตรา 3 กรัม]	9.44 b	13.19 c	20.18 a	14 c	7.69 b	29.26 c	24.38 c	4.88 a	17.04 b
T3 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเขอร์รี่ อัตราส่วน 1 / 3]	15.96 a	21.36 b	17.08 abc	21 ab	11.12 a	81.06 b	77.93 b	3.13 ab	3.81 c
T4 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเขอร์รี่ อัตราส่วน 1 / 2]	15.58 a	20.66 b	19.45 ab	20 b	11.79 a	73.30 b	70.21 b	3.09 abc	4.34 c
T5 [ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเขอร์รี่ 100 เปอร์เซ็นต์]	18.02 a	24.55 a	14.43 cd	24 a	11.58 a	113.98 a	110.57 a	3.41 ab	3.02 c
T6 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกลา อัตราส่วน 1 / 3]	6.24 c	6.17 d	15.18 bcd	7 d	4.13 c	3.09 c	2.30 c	0.79 c	28.48 a
T7 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกลา อัตราส่วน 1 / 2]	5.24 c	5.83 d	18.12 abc	7 d	3.96 c	4.42 c	3.12 c	1.30 bc	37.68 a
T8 [ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกลา 100 เปอร์เซ็นต์]	5.49 c	4.45 d	12.19 d	7 d	4.14 c	2.96 c	0.91 c	2.05 bc	38.38 a
F value	35.69	58.35	2.741	29.7	42.18	21.78	22.99	2.741	17.1
p-value	***	***	*	***	***	***	***	*	***

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ อายุ 180 วัน (D0 ความโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นบริเวณคอราก, Height= ความสูงต้น, no.leaf= จำนวนใบ, leaf.wide.= ความกว้างใบ, leaf.lenght= ความยาวใบ)

Treatment	D0 (mm)	Height (cm)	no.leaf (cm)	leaf.wide (cm)	leaf.lenght (cm)
T1 [ดินทราย (Control)]	2.24 ± 0.23 c	12.23 ± 3.42 b	3.67 ± 0.58 b	2.50 ± 1.73 b	2.67 ± 0.76 b
T2 [ดินทราย + ใส่ปุ๋ยเคมี 15 – 15 – 15 อัตรา 3 กรัม]	2.07 ± 0.15 c	8.43 ± 1.16 b	4.00 ± 0.00 b	1.67 ± 0.29 b	2.70 ± 1.21 b
T3 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ อัตราส่วน 1 / 3]	4.72 ± 0.77 a	21.17 ± 2.84 a	7.00 ± 1.00 a	7.63 ± 0.71 a	14.00 ± 1.00 a
T4 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ อัตราส่วน 1 / 2]	4.60 ± 0.28 a	21.20 ± 3.36 a	7.33 ± 0.58 a	6.67 ± 0.76 a	12.33 ± 1.26 a
T5 [ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ 100 เปอร์เซ็นต์]	3.78 ± 0.95 b	17.40 ± 3.17 a	7.00 ± 1.00 a	6.67 ± 0.58 a	12.00 ± 2.00 a
T6 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกะลา อัตราส่วน 1 / 3]	2.29 ± 0.29 c	9.83 ± 4.37 b	4.00 ± 1.00 b	3.50 ± 2.18 b	7.83 ± 8.04 ab
T7 [ดินทราย + ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกะลา อัตราส่วน 1 / 2]	2.08 ± 0.05 c	10.67 ± 1.15 b	3.33 ± 0.58 b	2.50 ± 0.87 b	4.63 ± 2.97 b
T8 [ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟกะลา 100 เปอร์เซ็นต์]	2.53 ± 0.18 c	8.50 ± 2.60 b	3.33 ± 0.58 b	1.73 ± 1.97 b	2.87 ± 2.39 b
F value	17.84	10.18	18.01	10.55	6.328
p-value	***	***	***	***	**

ตารางที่ 38 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ และเปลือกกาแฟกะลา ในแต่ละทรีทเมนต์ที่ทำการทดลอง

Treatment	pH	OM (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
T1	7.240 ± 1.022	0.393 ± 0.042 b	0.020 ± 0.002 b	6.930 ± 0.638 c	20.342 ± 7.716 c	0.021 ± 0.002 c	16.275 ± 1.101 c	4.393 ± 1.410 b
T2	6.740 ± 0.607	0.453 ± 0.050 b	0.023 ± 0.002 b	74.150 ± 16.893 c	231.317 ± 83.583 bc	0.020 ± 0.003 c	17.417 ± 2.216 c	5.567 ± 1.190 b
T3	7.420 ± 0.078	6.313 ± 0.231 ab	0.316 ± 0.011 ab	473.813 ± 71.951 a	1,373.500 ± 288.554 ab	0.446 ± 0.055 ab	998.917 ± 162.442 ab	31.533 ± 1.452 ab
T4	7.443 ± 0.164	20.849 ± 16.156 a	1.042 ± 0.808 a	588.247 ± 165.054 a	2,189.458 ± 1,267.043 a	0.573 ± 0.176 a	1,386.500 ± 601.270 a	49.207 ± 22.472 a
T5	7.740 ± 0.056	3.613 ± 2.508 b	0.181 ± 0.125 b	81.230 ± 23.650 c	319.167 ± 86.726 bc	0.151 ± 0.030 c	120.508 ± 47.566 c	35.643 ± 7.299 ab
T7	7.687 ± 0.067	2.780 ± 0.176 b	0.139 ± 0.009 b	54.000 ± 4.532 c	231.933 ± 5.893 bc	0.155 ± 0.023 c	96.592 ± 1.169 c	31.770 ± 0.839 ab
T8	7.410 ± 0.010	12.901 ± 0.423 ab	0.645 ± 0.021 ab	273.097 ± 41.404 b	1,084.167 ± 102.510 abc	0.368 ± 0.022 b	488.333 ± 48.563 bc	27.503 ± 43.181 ab
F value	1.885	3.329	3.343	24.31	5.737	19	11.65	2.708
p-value	ns	*	*	***	**	***	***	*

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟอะราบิกาคุณภาพของโครงการหลวง ซึ่งในกิจกรรมนี้สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น

1. การศึกษาคัดเลือกและทดสอบสายพันธุ์กาแฟคุณภาพโครงการหลวงของต้นกาแฟชุดที่ 3 (ปลูกปี พ.ศ. 2560) เป็นต้นกาแฟที่มาจากแหล่งพันธุ์ห้วยน้ำขุน และแหล่งพันธุ์วาวี โดยคัดเลือกจากต้นแม่ที่มีลักษณะทรงต้นที่ดี ด้านทานโรคราสนิม ให้ผลผลิตดี และมีคุณภาพการชงดื่มที่ดีเยี่ยม ซึ่งจากการคัดเลือกในฤดูกาล พ.ศ. 2566 / 2567 ได้จำนวน 3 หมายเลข ได้แก่ เบอร์ HNK5, HNK9 และ WW5 ซึ่งทั้ง 3 เบอร์ เตรียมทำการเพาะขยายกล้าพันธุ์กาแฟคุณภาพสำหรับแจกจ่ายแก่เกษตรกร และเตรียมขึ้นทะเบียนพันธุ์ในอนาคต

2. การศึกษาการเจริญเติบโตสายพันธุ์กาแฟคุณภาพโครงการหลวงที่ระดับความสูงต่างกัน 3 ระดับ เป็นการต่อยอดในกิจกรรมที่ 1 โดยนำต้นแม่พันธุ์ที่คัดเลือกจากมูลนิธิโครงการหลวงและสวพส. (ต้นกาแฟชุดที่ 1) จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ RPF-C3, RPF-C4, A-7, และ A-10 โดยทำการปลูกทดสอบการเจริญเติบโต การติดผลผลิต และการพบโรคแมลงที่เข้าทำลายต้นกาแฟในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยพบว่า กาแฟสายพันธุ์ RPF-C4 มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ จากการปลูกในแต่ละระดับความสูง ดังนั้นกาแฟสายพันธุ์ RPF-C4 จึงเหมาะสมกับการปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 900-1,400 เมตร รองลงมาคือ สายพันธุ์ RPF-C3 และสายพันธุ์อื่นๆ

3. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการสวนสำหรับการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพกาแฟ ในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พบว่าการคัดเลือกพื้นที่ปลูก และการจัดการ มีผลต่อเอกลักษณ์ของกลิ่นและรสชาติ กาแฟ หากมีการจัดการดูแลสวนที่ดีสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตกาแฟได้ รวมถึงต้นกาแฟที่โทรม หรือสูงหากมีการตัดแต่งดูแล สามารถเพิ่มผลผลิตกาแฟได้ถึง ร้อยละ 66 ทำให้ตัวเกษตรกรสามารถมีรายได้เพิ่มขึ้นได้ และเมื่อดูในด้านของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลผลิตนั้น พบว่ามีหลายปัจจัย หลายตัวแปรที่ส่งผลต่อผลผลิตกาแฟ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยภายใน ได้แก่ ตัวพันธุ์กรรมของต้นพันธุ์กาแฟ และปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ปริมาณธาตุอาหารในดิน ล้วนมีผลต่อผลผลิตกาแฟ ซึ่งจากการศึกษครั้งนี้ได้โมเดลในการทำนายผลผลิตกาแฟ 2 โมเดล ได้แก่ ปัจจัยสภาพแวดล้อมส่วนเหนือดิน และปัจจัยทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของดิน ซึ่งในอนาคตหากมีการเก็บตัวอย่างปัจจัยสภาพแวดล้อมที่หลายมิติขึ้น และมีจำนวนซ้ำที่เพียงพอ อาจทำให้ได้โมเดลที่สามารถคำนวณผลผลิตกาแฟที่แม่นยำยิ่งขึ้น

4. การศึกษาแนวทางการเพิ่มมูลค่าการผลิตกาแฟตามแนวทาง BCG Model ด้วยการวิเคราะห์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นกาแฟในระบบการปลูกที่แตกต่างกันที่ทำการศึกษาในแปลงปลูกกาแฟในระบบการปลูกที่แตกต่างกันจำนวน 5 ระบบ ได้แก่ การปลูกกาแฟภายใต้ระบบวนเกษตร การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกกลางแจ้ง การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าธรรมชาติ การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกภายใต้ร่มเงาป่าสนสามใบ และการปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว พบว่าการปลูกกาแฟในระบบการปลูกที่มีไม้ร่มเงาไม้ยืนต้นในระบบนั้น มีการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น และลดลงตามพลวัตเนื่องจากพืชมีการเจริญเติบโตขึ้น และมีการล้มตาย หรืออาจเกิดจากสาเหตุที่มนุษย์เป็นผู้กระทำไม่ว่าจะเป็นการตัดสร้างไม้ในพื้นที่ ตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้มีแสงส่องถึงยังต้นกาแฟ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า

การปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาไม้ยืนต้น แม้จะมีปริมาณผลผลิตที่น้อยกว่าการปลูกในระบบที่มีแสงส่องถึงเต็มที่ แต่พบว่ามีความหนาแน่นของดินที่ต่ำกว่า และในด้านการกักเก็บคาร์บอนในรอบปีนั้น มีการกักเก็บคาร์บอนที่เพียงพอต่อการชดเชยการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมต่างๆ ในการดูแลแปลงของเกษตรกร ในทางกลับกันแปลงกลางแจ้งนั้นพบว่าหากเป็นต้นกาแฟเพียงชนิดเดียว มีการกักเก็บคาร์บอนไม่เพียงพอต่อการปลดปล่อยจากกิจกรรมต่างๆ ในการดูแลแปลง และอีกหนึ่งแนวทางใน

5. การลดการทิ้งของเสียจากวัสดุเปลือกกาแฟสามารถนำมาพัฒนาเป็นปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟเซอร์รีเพื่อนำกลับไปใช้ในแปลงได้ เนื่องจากมีคุณภาพที่ดีสามารถช่วยด้านการเจริญเติบโตของพืช สามารถเพิ่มผลผลิตได้ สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน และเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการลดต้นทุน และลดการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ 1 ตัน มีปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน (N) 20.77 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส (P) 1.27 กิโลกรัม และโพแทสเซียม (K) 3.87 กิโลกรัม ส่วนทางด้านปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ พบว่า มีลักษณะการระบายน้ำดีทำให้อุ้มน้ำได้ปริมาณน้อยไม่เหมาะกับการปลูกผักที่ต้องการใช้น้ำในปริมาณมาก ซึ่งเหมาะกับการนำไปปรับปรุงดินที่มีลักษณะแน่น ให้มีลักษณะโปร่งและร่วนซุยขึ้น หรืออาจนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ หรือในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้