บทที่ 4
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาชนิดไม้ร่มเงาที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ รวมถึงการเพิ่มมูลค่าจากการดูดซับ CO_2 ในระบบการปลูกกาแฟ

การศึกษาชนิดไม้ร่มเงามีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ รวมถึงการเพิ่มมูลค่าจากการดูดซับ CO_2 ในระบบการปลูกกาแฟ ผลการศึกษาจากการเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น 45 แปลง เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟส่วนใหญ่มีการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ยืนต้นชนิดๆ ซึ่งบริบทการปลูกในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามพรรณไม้ดั่งเดิมและการทำการเกษตรก่อนที่จะปรับเปลี่ยนมาปลูกกาแฟ โดย ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟมีการปลูกร่วมกับไม้ป่าท้องถิ่น และชา (เมี่ยง) สถานีฯ อ่างขาง ปลูกร่วมกับไม้ผลและไม้ผลเมืองหนาว เช่น พลัม อะโวคาโด ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย มีการปลูกแบบผสมผสานคือ คือปลูกร่วมกับป่าไม้ท้องถิ่นผสมกับไม้ผล โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง จะมีความคล้ายคลึงกับ สถานีฯ อ่างขาง ในเรื่องของการปลูกร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว คือพลัมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะแก่การปลูก และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี ปลูกกาแฟร่วมกับไม้ท้องถิ่น ไม้ผล และไม้ผลเมืองหนาว ผสมผสานกันไปเช่น อะโวคาโด พลัม แมคคาเดเมีย เป็นต้น (ภาพที่ 1) นอกจากนั้นในเรื่องของการจัดการแปลงเกษตรกรที่ปลูกกาแฟร่วมกับป่าไม้ท้องถิ่นมักจะมีการใส่ปุ๋ยที่น้อยกว่าระบบอื่น หรือใส่เพียง ครั้งเดียว ในรอบ 1 ปี ถึงแม้ว่าจะใช้ต้นทุนในการปลูกกาแฟน้อยแต่ในเรื่องของผลผลิตกลับน้อยตามการจัดการของเกษตรกร และนอกจากนั้นยังรวมไปถึงการตัดแต่งกาแฟอีกด้วย (ตารางที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 1-5)

ด้านผลผลิตกาแฟ ชนิดไม้ร่มที่มีผลต่อผลผลิตกาแฟหากประเมินจากผลผลิตที่มากที่สุด ตั้งแต่ 1,000 kg/rai ขึ้นไปนั้น พลัมและท้อ หรือไม้ผลเมืองหนาว นับเป็นพืชที่มีผลทำให้กาแฟมีผลผลิตมากที่สุด อาจเกิดเนื่องจากพื้นที่ที่สามารถปลูก พลัมและท้อ ได้นั้นต้องมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะแก่การปลูก ซึ่งส่งผลดีต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตกาแฟ โดยพื้นที่สถานีฯ อ่างขาง และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง มีผลผลิตกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับพืชสองชนิดข้างต้นค่อนข้างมากกว่าพื้นที่อื่น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้จากผลผลิตกาแฟและรายได้จากชนิดไม้ร่มเงาที่มากกว่า แต่บางพื้นที่มีการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณมากขึ้นและจำนวนครั้งการใส่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 1-5)

ด้านรสชาติการชงดื่มของกาแฟในแต่ละพื้นที่มีคะแนนตั้งแต่ 79.75-82.50 คะแนน ระบบไม้ท้องถิ่น (ก่อ เนียง หว้า จันทร์ทองเทศ และแค) มีแนวโน้มทำให้คะแนนรสชาติชงดื่มที่มากกว่าไม้ร่มเงาชนิดอื่น มีคะแนน 80.00-82.25 คะแนน ถึงแม้ว่าจะมีคะแนนด้านรสชาติชงดื่มที่มากกว่าแต่หากจัดประเภทแล้วนั้นยังอยู่ในเกรดพรีเมี่ยม (80.00-84.00 คะแนน) เช่นเดียวกันกับการปลูกร่วมกับไม้ร่มเงาชนิดอื่น ทั้งนี้ความแตกต่างของคะแนนอาจเกิดจากการจัดการแปลงของเกษตรกร การใส่ปุ๋ย การดูแล สภาพภูมิอากาศ ระบบปลูกที่แตกต่างกัน ซึ่งพืชบางชนิดสามารถช่วยในการเสริมธาตุอาหารให้กับต้นกาแฟได้จากเศษใบไม้ที่ร่วงหล่นและย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ถึงแม้ว่าปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อรสชาติกาแฟ แต่ปัจจัยหลักก็คือกระบวนการแปรรูปของเกษตรกร ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ตัวอย่างกาแฟจากการแปรรูปแบบเปียก

(Wet Process) เท่านั้น ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์รสชาติกาแฟที่แท้จริงในแต่ละพื้นที่ได้ (ตารางที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 1-5)

การดูดซับ CO_2 ในระบบการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ช่วยในการดูดซับปริมาณก๊าซได้มากกว่าการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลบางชนิดเพียงอย่างเดียว โดยระบบปลูกกาแฟร่วมกับไม้ท้องถิ่นมีปริมาณการดูดซับ CO_2 อยู่ที่ 111.69-142.65 tCO_2e/rai ระบบปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลมีปริมาณการดูดซับ CO_2 อยู่ที่ 68.81-106.89 tCO_2e/rai ระบบปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาวมีปริมาณการดูดซับ CO_2 อยู่ที่ 76.61-91.90 tCO_2e/rai และระบบปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผสมผสานมีปริมาณการดูดซับ CO_2 อยู่ที่ 118.27-147.78 tCO_2e/rai ทั้งนี้การดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และอายุของไม้ในแปลงกาแฟอีกด้วย (ตารางที่ 4-8)

ระบบไม้ท้องถิ่น ระบบไม้ผล

ระบบไม้ผลเมืองหนาว ระบบไม้ผสมผสาน

ภาพที่ 1 ภาพระบบการปลูกกาแฟที่แตกต่างกัน

การศึกษาชนิดไม้ร่มเงาที่มีผลต่อผลผลิตกาแฟ ผลการศึกษาพื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ชนิดไม้ร่มเงาที่พบคือชาอัสสัมและไม้ท้องถิ่น โดยกาแฟมีผลผลิตปริมาณ 236.67-388.67 kg/rai ด้านคุณภาพการชงดื่มกาแฟมีรสชาติชงดื่ม 79.75-82.25 คะแนน และมีผลตอบแทนจากกาแฟและไม้ร่มเงา 7,086.96-11,666.67 บาท/ไร่

พื้นที่สถานีฯ อ่างขาง ชนิดไม้ร่มเงาที่พบได้แก่ พลัม พีช มะนาวหวาน และอะโวคาโด โดยแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับพลัมผสมท้อ ผลผลิตมีแนวโน้มมากที่สุด มีปริมาณ 1,153.33 kg/rai รองลงมาคืออะโวคาโดผสมมะนาวหวาน และอะโวคาโด มีปริมาณ 403.33 และ 381.67 kg/rai ตามลำดับ ด้านคุณภาพการชงดื่มแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับพลัมผสมท้อ รสชาติชงดื่มมีแนวโน้มมากที่สุดคือ 79.50-80.75 คะแนน รองลงมาคือ อะโวคาโดผสมมะนาวหวาน และอะโวคาโด มีคะแนน 79.50-80.50 และ 80.00-80.25 คะแนน ตามลำดับ และผลตอบแทนจากกาแฟและไม้ร่มเงา แปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับอะโวคาโดผสมมะนาวหวานมีผลตอบแทนมากที่สุดอยู่ที่ 33,443.33 บาท/ไร่ รองลงมาคือ พลัมผสมท้อ และอะโวคาโดอยู่ที่ 29,699.61 และ 8,100.53 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตางรางที่ 1)

พื้นที่ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย ชนิดไม้ร่มเงาที่พบได้แก่ ก่อ อะโวคาโด และเนียง โดยแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับก่อผสมเนียง ผลผลิตมีแนวโน้มมากที่สุดมีปริมาณ 503.33 kg/rai รองลงมาคือ อะโวคาโดและอะโวคาโดผสมเนียง มีปริมาณ 441.66 และ 366.66 kg/rai ตามลำดับ ด้านคุณภาพการชงดื่มแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับก่อผสมเนียง รสชาติชงดื่มมีแนวโน้มมากที่สุดคือ 80.25-82.25 คะแนน รองลงมาคืออะโวคาโดผสมเนียง และอะโวคาโดมีคะแนน 80.25-81.75 และ 79.75-81.00 คะแนน ตามลำดับ และผลตอบแทนจากกาแฟและไม้ร่มเงา แปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับก่อและเนียงมีผลตอบแทนมากที่สุดอยู่ที่ 14,063.89 บาท/ไร่ รองลงมาคือ อะโวคาโด และอะโวคาโดผสมเนียงอยู่ที่ 12,500.00 และ 9,350.00 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตางรางที่ 1)

พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ชนิดไม้ร่มเงาที่พบได้แก่ พลัม อบเชย หว้า และก่อ โดยแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับพลัมผสมอบเชย ผลผลิตมีแนวโน้มมากที่สุดมีปริมาณ 1,293.33 kg/rai รองลงมาคือ พลัม และหว้าผสมก่อ มีปริมาณ 1,000 และ 750 kg/rai ตามลำดับ ด้านคุณภาพการชงดื่มแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับหว้าผสมก่อ รสชาติชงดื่มมีแนวโน้มมากที่สุดคือ 80.00-82.50 คะแนน รองลงมาคือ พลัม และพลัมผสมอบเชยมีคะแนน 81.00-82.25 คะแนนเท่ากัน และผลตอบแทนจากกาแฟและไม้ร่มเงา แปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับพลัมผสมอบเชยมีผลตอบแทนมากที่สุดอยู่ที่ 38,240.74 บาท/ไร่ รองลงมาคือ พลัม หว้าผสมก่ออยู่ที่ 20,072.22 และ 20,000.00 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตางรางที่ 1)

พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี ชนิดไม้ร่มเงาที่พบได้แก่ อะโวคาโด แมคคาเดเมีย จันทร์ทองเทศแค พลัม และนางพญาเสือโคร่ง โดยแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับอะโวคาโดผสมแมคคาเดเมีย ผลผลิตมีแนวโน้มมากที่สุดมีปริมาณ 381.00 kg/rai รองลงมาคือ จันทร์ทองเทศผสมแค และพลัม แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่งผสมกัน มีปริมาณ 363.33 และ 180.00 kg/rai ตามลำดับ ด้านคุณภาพการชงดื่มแปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับจันทร์ทองเทศผสมแค รสชาติชงดื่มมีแนวโน้มมากที่สุดคือ 80.75-82.50 คะแนน รองลงมาคือ อะโวคาโดผสมแมคคาเดเมีย และพลัม แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่งผสมกัน มีคะแนน 81.00-81.75 และ 80.75-81.00 คะแนนตามลำดับ และผลตอบแทนจากกาแฟและไม้ร่มเงา แปลงกาแฟที่มีการปลูกร่วมกับอะโวคาโดผสมแมคคาเดเมียมีผลตอบแทนมากที่สุดอยู่ที่ 11,714.62 บาท/ไร่ รองลงมาคือ

จันทร์ทองเทศผสมแค และพลัม แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่งผสมกันอยู่ที่ 10,900.00 และ 5,400.00 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตางรางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลชนิดไม้ร่มเงาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ คะแนนรสชาติชงดื่ม และผลตอบแทน

Area	Type Shade Trees	Shade Trees	Yield (kg/rai)	Cupping Score	Income (bath/rai)
PM	Local Trees 1	*Camellia sinensis* var. *assamica*	236.67	80.00-80.75	7,086.96
	Local Trees 2	*Camellia sinensis* var. *assamica*	253.33	79.75-80.75	7,600.00
	Local Trees 3	*Camellia sinensis* var. *assamica*	388.67	80.75-82.25	11,666.67
P-value			ns		
AK	Temperate fruit	*Prunus domestica.*, *Prunus persica*.	1,153.33	79.50-80.75	29,699.61
	Fruit trees 1	*Citrus limettioides* Tan., *Persea americana* Mill.	403.33	79.50-80.50	33,443.33
	Fruit trees 2	*Persea americana* Mill.	381.67	80.00-80.25	8,100.53
P-value			ns		
MLN	Local trees	*Lithocarpus* sp., *Archidendron pauciflorum*	503.33	80.25-82.25	14,063.89
	Fruit trees	*Persea americana* Mill.	441.66	79.75-81.00	12,500.00
	Mix trees	*Persea americana* Mill., *Archidendron pauciflorum*	336.66	80.25-81.75	9,350.00
P-value			ns		
MSL	Local trees	*Syzygium cumini*, *Lithocarpus* sp.	750.00	80.00-82.50	20,000.00
	Temperate fruit	*Prunus domestica*	1,000.00	81.00-82.25	20,072.22
	Mix trees	*Prunus domestica*, *Cinnamomum verum* J.Presl.	1,293.33	81.00-82.25	38,240.74
P-value			ns		
WW	Local trees	*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke, *Sesbania grandiflora* (L.) Pers.	363.33	80.75-82.50	10,900.00
	Fruit trees	*Persea americana* Mill., *Macadamia integrifolia*.	381.00	81.00-81.75	11,714.62
	Mix trees	*Prunus domestica*, *Macadamia integrifolia.*, *Prunus cerasoides*.	180.00	80.75-81.00	5,400.00
P-value			ns		

หมายเหตุ : ชนิดไม้ร่มเงาเป็นชนิดไม้หลักที่พบในแปลง

ความสัมพันธ์ของไม้ร่มเงา คุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม ผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ และผลตอบแทน ปัจจัยของไม้ร่มเงาการศึกษาใช้ข้อมูลของความหนาแน่นของไม้ร่มเงาในแปลง ผลการศึกษาพบว่า ด้านคุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม ระบบไม้ผสมผสาน (เนียง อะโวคาโด พลัม อบเชย แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับกลิ่นหอมในกาแฟอย่างมากมีค่า -0.878 นอกจากนั้นระบบไม้อื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม เช่นเดียวกันกับ ผลผลิตและผลตอบแทน แต่หากพิจารณาถึงความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มมากที่สุดพบว่า ระบบไม้ผสมผสาน (เนียง อะโวคาโด พลัม อบเชย แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง) และไม้ผล (มะนาวหวาน อะโวคาโด แมคคาเดเมีย) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตกาแฟน้อยมีค่า -0.335 และ -0.345 และผลตอบแทน ระบบไม้ผล (มะนาวหวาน อะโวคาโด แมคคาเดเมีย) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับรายได้น้อยมีค่า 0.444 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของไม้ร่มเงา คุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม ผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ และผลตอบแทน

Variable	Local Trees	Fruit trees	Temperate fruit	Mix trees
Fragrance	0.257	-0.267	0.024	-0.878**
Flavor	-0.155	-0.042	-0.118	-0.373
Aftertaste	-0.011	-0.010	-0.118	-0.302
Acidity	-0.171	-0.434	0.255	0.069
Body	-0.436	0.062	-0.118	0.000
Balance	-0.182	-0.254	0.394	-0.180
Overall	0.064	0.140	0.271	-0.316
Yield	-0.184	-0.335	0.272	-0.345
Income	-0.143	0.444	0.233	-0.327

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ความสัมพันธ์ของธาตุอาหารในดิน คุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม และผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ จากการตรวจเอกสารการหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพทางด้านรสชาติเพิ่มเติมธาตุอาหารในดินมีผลต่อคุณภาพด้านรสชาติชงดื่มได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณมวลชีวภาพของต้นกาแฟทั้งหมด และปริมาณผลผลิตกาแฟ ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นกรดในกาแฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสมดุลในกาแฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่านำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับรสชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นกรดในกาแฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และความเป็นกรดด่างมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นกรดในกาแฟ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของธาตุอาหารในดิน คุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม และผลผลิตกาแฟเชอร์รี่

Variable	Fragrance	Flavor	Aftertaste	Acidity	Body	Balance	Overall	Yield
BD	0.185	-0.280	-0.187	-0.377*	-0.286	-0.315*	-0.140	-0.097
EC	-0.073	-.390**	-0.152	-0.303*	-0.267	-0.108	-0.180	-0.287
pH	-0.235	0.131	-0.021	0.305*	0.188	0.018	0.043	0.009
OM	0.021	0.203	0.118	0.235	0.261	0.031	0.059	-0.199
P	-0.271	-0.078	-0.149	-0.136	0.041	-0.267	-0.271	-0.063
K	-0.071	-0.156	-0.191	0.180	0.207	0.026	-0.143	0.005
Ca	-0.104	-0.046	-0.103	-0.094	0.184	-0.035	0.061	0.252
Mg	-0.003	-0.165	-0.169	-0.036	0.139	0.005	-0.052	0.009
Na	-0.019	-0.013	0.013	0.028	-0.004	-0.064	-0.109	0.044
TBM	-0.058	0.222	0.057	0.239	-0.032	0.131	0.044	-0.229

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ผลการศึกษาคุณภาพของเมล็ดกาแฟพื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ความยาวกาแฟกะลาในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่น 1 และ 3 มีค่ามากที่สุดมีค่า 12.23 และ 12.15 mm และระบบไม้ป่าท้องถิ่น 2 มีค่าน้อยที่สุดมีค่า 11.98 mm ความกว้างกาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่น 3 และ 1 มีค่ามากที่สุดมีค่า 8.50 และ 8.49 mm และระบบไม้ป่าท้องถิ่น2 มีค่าน้อยที่สุดมีค่า 8.36 mm ความหนากาแฟกะลา ในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่น2 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่น 1 และ 3 มีค่า 5.20, 4.98 และ 4.97 mm ตามลำดับ และน้ำหนักกาแฟกะลา 100 เมล็ด ในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่น 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่น 1 และ 2 มีค่า 22.02, 21.62 และ 21.07 g (ตารางที่ 4)

พื้นที่สถานีฯ อ่างขาง ผลการศึกษา ความยาวกาแฟกะลาในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ผล 2 มีค่ามากที่สุดมีค่า 12.12 mm รองลงมาคือระบบระบบไม้ผล 1 และไม้ผลเมืองหนาวมีค่า 11.63 และ 11.17 mm ตามลำดับ ความกว้างกาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ผล 1 มีค่ามากที่สุดมีค่า 8.66 mm รองลงมาคือระบบไม้ผล 2 และระบบไม้ผลเมืองหนาว มีค่า 8.28 และ 8.28 mm ตามลำดับ ความหนากาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยระบบไม้ผล 1 มีค่ามากที่สุดมีค่า 4.98 mm รองลงมาคือระบบไม้ผล 2 และระบบไม้ผลเมืองหนาวมีค่า 4.81 และ 4.73 mm ตามลำดับ และน้ำหนักกาแฟกะลา 100 เมล็ด ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยระบบไม้ผล 1 มีค่ามากที่สุดมีค่า 25.74 g รองลงมาคือระบบไม้ผล 2 และระบบไม้ผลเมืองหนาว มีค่า 23.64 และ 22.43 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นที่ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย ผลการศึกษา ความยาวกาแฟกะลาในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่ามากที่สุดมีค่า 11.95 mm รองลงมาคือระบบไม้ผสมผสาน และระบบไม้ผลมีค่า 11.77 และ 11.28 mm ตามลำดับ ความกว้างกาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นและระบบผสมผสานมีค่ามากที่สุดมีค่า 8.41 และ 8.37 mm และระบบไม้ผลมีค่าน้อยที่สุดมีค่า 8.16 mm ความหนากาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่ามากที่สุดมีค่า 5.28 mm รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ผลมีค่า 5.22 และ 5.06 mm ตามลำดับ และน้ำหนักกาแฟกะลา 100 เมล็ด ในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่ามากที่สุดมีค่า 22.28 g รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ผลมีค่า 22.29 และ 18.45 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ผลการศึกษา ความยาวกาแฟกะลาในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ผลเมืองหนาวมีค่ามากที่สุดมีค่า 11.04 mm รองลงมาคือระบบไม้ผสมผสานและระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่า 10.79 และ 10.75 mm ตามลำดับ ความกว้างกาแฟกะลาในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01) โดยระบบไม้ผลเมืองหนาวมีค่ามากที่สุดมีค่า 8.01 mm รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่นและระบบผสมผสานมีค่า 7.99 และ 7.92 mm ตามลำดับ ความหนากาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่ามากที่สุดมีค่า 4.88 mm รองลงมาคือระบบไม้ผลเมืองหนาวและระบบผสมผสานมีค่า 4.75 และ 4.70 mm ตามลำดับ และ

น้ำหนักกาแฟกะลา 100 เมล็ด ในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ผลเมืองหนาวมีค่ามากที่สุดมีค่า 18.11 g รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่นและระบบผสมผสานมีค่า 17.54 และ 17.35 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี ผลการศึกษา ความยาวกาแฟกะลาในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ผลมีค่ามากที่สุดมีค่า 11.07 mm รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่า 10.89 และ 10.68 mm ตามลำดับ ความกว้างกาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ผลมีค่ามากที่สุดมีค่า 7.89 mm รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่นและระบบผสมผสานมีค่า 7.76 และ 7.74 mm ตามลำดับ ความหนากาแฟกะลา ในแต่ละระบบมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่ามากที่สุดมีค่า 4.50 mm รองลงมาคือระบบไม้ผลและระบบผสมผสานมีค่า 4.45 และ 4.41 mm ตามลำดับ และน้ำหนักกาแฟกะลา 100 เมล็ด ในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ผลมีค่ามากที่สุดมีค่า 17.80 g รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ป่าท้องถิ่นมีค่า 17.57 และ 16.36 g ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพของเมล็ดกาแฟในแต่ละระบบการปลูก

Area	Type Shade Trees	Length (mm)	Wide (mm)	Think (mm)	Weight 100 seed (g.)
PM	Local Trees 1	12.23±0.59^{a}	8.49±0.36^{a}	4.98±0.30	21.62±0.45
	Local Trees 2	11.98±0.69^{b}	8.36±0.58^{b}	5.02±0.35	21.07±0.98
	Local Trees 3	12.15±0.53^{a}	8.50±0.43^{a}	4.97±0.31	22.02±0.98
P-value		**	**	ns	ns
AK	Temperate fruit	11.17±0.62^{c}	8.28±0.56^{b}	4.73±0.36^{c}	22.43±0.39^{b}
	Fruit trees 1	11.63±0.64^{b}	8.66±0.49^{a}	4.98±0.39^{a}	25.74±1.13^{a}
	Fruit trees 2	12.12±0.84^{a}	8.28±0.47^{b}	4.81±0.40^{b}	23.64±0.34^{b}
P-value		**	**	**	*
MLN	Local trees	11.95±0.88^{a}	8.41±0.52^{a}	5.28±0.36^{a}	22.28±0.17
	Fruit trees	11.25±0.91^{c}	8.16±0.55^{b}	5.06±0.38^{c}	18.45±2.26
	Mix trees	11.77±1.12^{b}	8.37±0.73^{a}	5.22±0.50^{b}	22.09±9.65
P-value		**	**	**	ns
MSL	Local trees	10.75±0.74^{b}	7.99±0.49	4.88±0.33^{a}	17.54±1.23
	Temperate fruit	11.04±0.94^{a}	8.01±0.56	4.75±0.40^{b}	18.11±0.78
	Mix trees	10.79±0.80^{b}	7.93±0.50	4.70±0.36^{b}	17.35±0.73
P-value		**	ns	**	ns
WW	Local trees	10.68±0.73^{c}	7.76±0.42^{b}	4.50±0.31^{a}	16.36±0.32
	Fruit trees	11.07±0.94^{a}	7.89±0.62^{a}	4.45±0.40^{ab}	17.80±7.76
	Mix trees	10.89±0.81^{b}	7.74±0.53^{b}	4.41±0.32^{b}	17.57±1.84
P-value		**	**	**	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณการดูดซับ CO_2 รวมในแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง ผลการศึกษาในแต่ระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยระบบไม้ป่าท้องถิ่น 1 มีปริมาณการดูดซับ CO_2 มากที่สุดมีค่า 142.28 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบไม้ป่าท้องถิ่น 2 และระบบไม้ป่าท้องถิ่น 3 มีค่า 139.19 และ 138.29 tCO_2e/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง

Diameter	Type Shade Trees			P-value
	Local Trees 1	Local Trees 2	Local Trees 3	
Number of shade tree (rai)	56.89	195.56	88.89	ns
Mean of height Shade (m)	12.94	6.51	6.45	ns
Mean of Diameter Shade (cm)	22.05	13.27	15.44	ns
Mean of Canopy Shade (cm)	544.20	300.87	453.09	ns
AGB in Shade (t/rai)	25.03	21.16	26.09	ns
BGB in Shade (t/rai)	7.01	5.93	7.30	ns
CO_2 in Shade (tCO_2e/rai)	58.74	49.66	61.23	ns
Number of coffee tree (rai)	458.67	567.11	673.78	ns
Mean of height coffee (m)	2.27^a	1.74^b	2.51^a	*
Mean of Diameter coffee (cm)	3.84	3.34	4.83	ns
Mean of Canopy coffee (cm)	140.72	145.40	161.27	ns
AGB in coffee (t/rai)	0.52^b	0.50^b	1.07^a	*
BGB in coffee (t/rai)	0.15^b	0.14^b	0.30^a	*
CO_2 in coffee (tCO_2e/rai)	1.22^b	1.18^b	2.51^a	*
CO_2 in soil (tCO_2e/rai)	82.32	88.35	74.55	ns
Total CO_2 in System (tCO_2e/rai)	142.28	139.19	138.29	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

ปริมาณการดูดซับ CO_2 รวมในแปลงกาแฟพื้นที่สถานีฯ อ่างขาง ผลการศึกษาในแต่ระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยระบบไม้ผลเมืองหนาว มีปริมาณการดูดซับ CO_2 มากที่สุดมีค่า 76.61 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบไม้ผล 2 และระบบไม้ผล 1 มีค่า 73.43 และ 68.81 tCO_2e/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

Diameter	Type Shade Trees			P-value
	Temperate fruit	Fruit trees 1	Fruit trees 2	
Number of shade tree (rai)	96.00	314.67	136.89	ns
Mean of height Shade (m)	3.77	2.92	3.54	ns
Mean of Diameter Shade (cm)	8.18	6.45	6.29	ns
Mean of Canopy Shade (cm)	307.50	234.99	253.19	ns
AGB in Shade (t/rai)	4.36	4.21	2.30	ns
BGB in Shade (t/rai)	1.22	1.18	0.64	ns
CO_2 in Shade (tCO_2e/rai)	10.22	9.87	5.41	ns
Number of coffee tree (rai)	666.67	311.11	714.67	ns
Mean of height coffee (m)	2.16	1.83	2.31	ns
Mean of Diameter coffee (cm)	3.68	3.92	3.95	ns
Mean of Canopy coffee (cm)	148.94	150.77	172.53	ns
AGB in coffee (t/rai)	0.78	0.75	0.37	ns
BGB in coffee (t/rai)	0.22	0.10	0.21	ns
CO_2 in coffee (tCO_2e/rai)	1.82	0.86	1.76	ns
CO_2 in soil (tCO_2e/rai)	64.56	58.08	66.26	ns
Total CO_2 in System (tCO_2e/rai)	76.61	68.81	73.43	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

ปริมาณการดูดซับ CO_2 รวมในแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย ผลการศึกษาในแต่ระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบผสมผสานมีปริมาณการดูดซับ CO_2 มากที่สุดมีค่า 147.78 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบไม้ท้องถิ่นและระบบไม้ผลมีค่า 111.69 และ 83.86 tCO_2e/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย

Diameter	Type Shade Trees			P-value
	Local Trees	Fruit trees	Mix trees	
Number of shade tree (rai)	48.00	69.33	76.44	ns
Mean of height Shade (m)	11.75	9.46	11.10	ns
Mean of Diameter Shade (cm)	20.31	20.59	20.70	ns
Mean of Canopy Shade (cm)	706.21	847.66	634.37	ns
AGB in Shade (t/rai)	11.06	14.20	24.15	ns
BGB in Shade (t/rai)	3.09	3.97	6.76	ns
CO_2 in Shade (tCO_2e/rai)	25.95	33.33	56.66	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

ตารางที่ 7 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย (ต่อ)

Number of coffee tree (rai)	1,210.67	888.89	823.11	ns
Mean of height coffee (m)	2.76^{a}	1.93^{b}	2.26^{ab}	*
Mean of Diameter coffee (cm)	4.13^{a}	3.30^{b}	3.66^{ab}	*
Mean of Canopy coffee (cm)	142.07^{c}	159.83^{b}	184.26^{a}	**
AGB in coffee (t/rai)	1.68^{a}	0.73^{b}	0.92^{ab}	*
BGB in coffee (t/rai)	0.47^{a}	0.20^{b}	0.26^{ab}	*
CO_2 in coffee (tCO_2e/rai)	3.93^{a}	1.70^{b}	2.15^{ab}	*
CO_2 in soil (tCO_2e/rai)	81.81^{ab}	48.83^{b}	88.97^{a}	*
Total CO_2 in System (tCO_2e/rai)	111.69	83.86	147.78	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

ปริมาณการดูดซับ CO_2 รวมในแปลงกาแฟพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ผลการศึกษาในแต่ระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ท้องถิ่นมีปริมาณการดูด CO_2 มากที่สุดมีค่า 132.06 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ผลเมืองหนาวมีค่า 122.66 และ 91.90 tCO_2e/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

Diameter	Type Shade Trees			P-value
	Local Trees	Temperate fruit	Mix trees	
Number of shade tree (rai)	69.34^{b}	76.44^{b}	183.11^{a}	*
Mean of height Shade (m)	9.54	3.06	6.11	ns
Mean of Diameter Shade (cm)	25.69	6.57	18.57	ns
Mean of Canopy Shade (cm)	492.05	305.45	408.97	ns
AGB in Shade (t/rai)	21.70	2.97	20.52	ns
BGB in Shade (t/rai)	6.08	0.83	5.74	ns
CO_2 in Shade (tCO_2e/rai)	50.93	6.98	48.16	ns
Number of coffee tree (rai)	835.55	1045.33	860.44	ns
Mean of height coffee (m)	1.47	1.74	1.68	ns
Mean of Diameter coffee (cm)	2.71	3.56	3.71	ns
Mean of Canopy coffee (cm)	111.76	158.30	161.33	ns
AGB in coffee (t/rai)	0.49	0.85	0.78	ns
BGB in coffee (t/rai)	0.14	0.22	0.24	ns
CO_2 in coffee (tCO_2e/rai)	1.15	1.99	1.82	ns
CO_2 in soil (tCO_2e/rai)	79.97	82.94	72.69	ns
Total CO_2 in System (tCO_2e/rai)	132.06	91.90	122.66	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

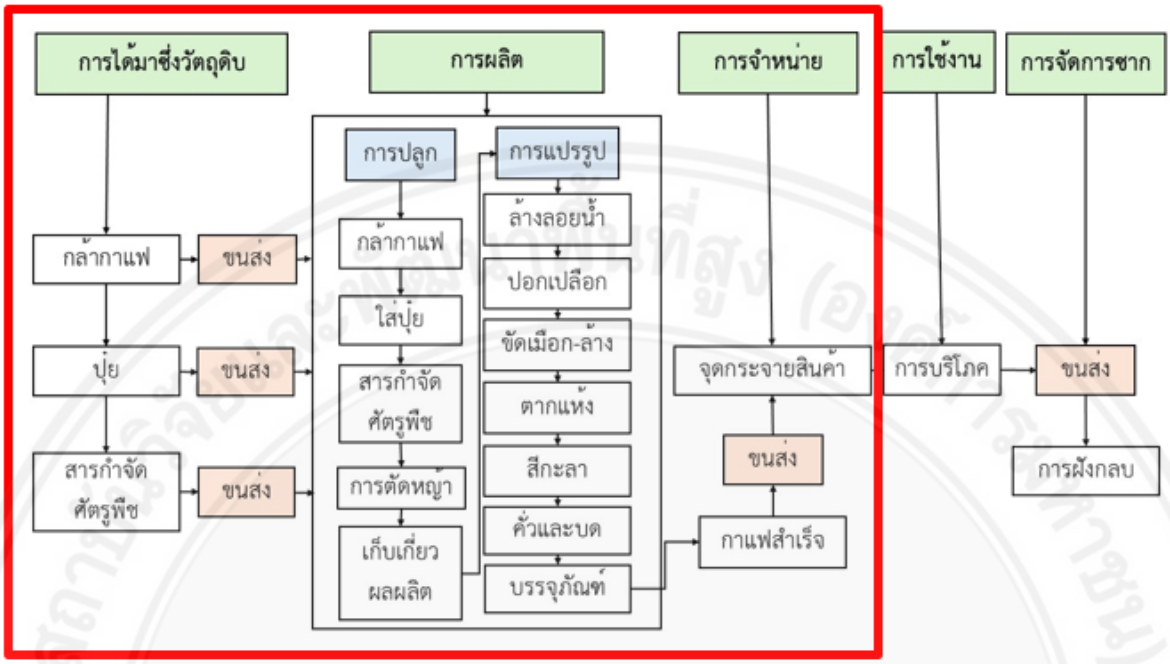
ปริมาณการดูดซับ CO_2 รวมในแปลงกาแฟพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ผลการศึกษาในแต่ระบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยระบบไม้ท้องถิ่นมีปริมาณการดูดซับ CO_2 มากที่สุดมีค่า 142.65 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบผสมผสานและระบบไม้ผลมีค่า 118.27 และ 106.89 tCO_2e/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี

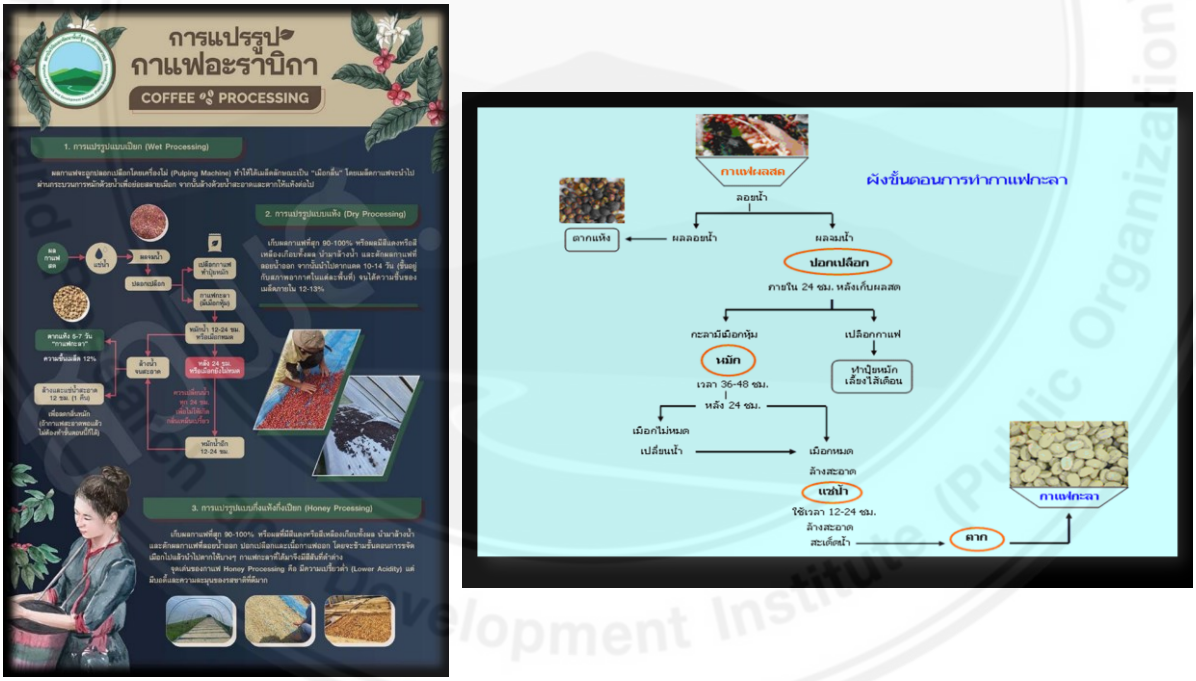
Diameter	Type Shade Trees			P-value
	Local Trees	Fruit trees	Mix trees	
Number of shade tree (rai)	87.11[ab]	49.78[b]	138.67[a]	*
Mean of height Shade (m)	10.38	6.20	5.77	ns
Mean of Diameter Shade (cm)	28.06	16.52	12.97	ns
Mean of Canopy Shade (cm)	579.42	540.35	371.57	ns
AGB in Shade (t/rai)	28.29	5.55	12.12	ns
BGB in Shade (t/rai)	7.92	1.56	3.40	ns
CO_2 in Shade (tCO_2e/rai)	66.38	13.04	28.44	ns
Number of coffee tree (rai)	1,329.78	1,287.11	1,440.00	ns
Mean of height coffee (m)	2.18	1.83	1.80	ns
Mean of Diameter coffee (cm)	3.18[a]	2.99[a]	2.38[b]	ns
Mean of Canopy coffee (cm)	161.92	148.37	144.97	ns
AGB in coffee (t/rai)	1.04	0.92	0.69	ns
BGB in coffee (t/rai)	0.29	0.26	0.19	ns
CO_2 in coffee (tCO_2e/rai)	2.44	2.17	1.63	ns
CO_2 in soil (tCO_2e/rai)	73.83	88.20	91.69	ns
Total CO_2 in System (tCO_2e/rai)	142.65	106.89	118.27	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) AGB = มวลชีวภาพเหนือดิน BGB = มวลชีวภาพใต้ดิน

2. การศึกษาการปลดปล่อยและดูดซับก๊าซ CO_2 ตลอดห่วงโซ่การผลิตกาแฟ (ตั้งแต่กระบวนการปลูก กระบวนการแปรรูป และในผลิตภัณฑ์กาแฟ)



ภาพที่ 2 แผนภาพกระบวนการผลิต (Flowchart) ของกระบวนการผลิตกาแฟ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการแปรรูปกาแฟแบบเปียก (Wet process)

การปลดปล่อย CO_2 ของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตกาแฟ พบว่า Scope 1 การปล่อยโดยตรง (Direct Emissions) ซึ่งรวมถึง การใส่ปุ๋ย เชื้อเพลิงฟอสซิล และกิจกรรมอื่น ๆ เป็นแหล่งการปลดปล่อย CO_2 ที่สุด มีค่า 208.74 kgCO_2e/rai หรือ ร้อยละ 90.72 ของการปล่อยทั้งหมด Scope 2 การปล่อยทางอ้อมจากพลังงาน (Indirect Emissions from Purchased Energy) หลักๆ คือ ไฟฟ้า มีการปล่อย CO_2 มีค่า 4.58 kgCO_2e/rai หรือ ร้อยละ 1.99 Scope 3 การปล่อยทางอ้อมอื่น ๆ (Value Chain) ซึ่งรวมถึง การขนส่งต่างๆ และวัสดุที่ใช้ในกระบวนการ มีการปลดปล่อย CO_2 มีค่า 16.78 kgCO_2e/rai หรือ ร้อยละ 7.29 เมื่อรวมทุกขั้นตอน การปลดปล่อย CO_2 ทั้งหมดจากการปลูกและจัดการแปลงกาแฟเฉลี่ย 220.15 kgCO_2e/rai (ตารางที่ 10)

การปลดปล่อย CO_2 มากที่สุดคือ การใส่ปุ๋ย เชื้อเพลิงฟอสซิล ที่เป็นการปลดปล่อยทางตรง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการปลดปล่อย CO_2 ดังนั้น การปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยและพลังงานในขั้นตอนนี้จะช่วยลดการปลดปล่อย CO_2 ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 10 ข้อมูลกิจกรรมการปลูกและจัดการแปลงกาแฟ

Data	GHG kgCO_2e/rai	%
Scope 1 (Fertilizer, oil, gas etc.)	208.74	90.72
Scope 2 (Electricity)	4.58	1.99
Scope 3 (Transport, matter etc.)	16.78	7.29
Sum		**100**

จากข้อมูลการปลดปล่อย CO_2 ในแปลงกาแฟแต่ละพื้นที่ปลูกกาแฟ พบว่า ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 แตกต่างกันไปตามปริมาณผลผลิตและการจัดการในแต่ละพื้นที่ โดยปริมาณผลผลิตกาแฟอยู่ในช่วง 125 – 875 กิโลกรัมต่อไร่ พื้นที่ที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง มีปริมาณเฉลี่ย 516.67 กิโลกรัม/ไร่ และ ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวงมีปริมาณเฉลี่ย 502.08 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพื้นที่ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยงมีปริมาณเฉลี่ย 216.90 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 11)

การปลดปล่อย CO_2 ในแต่ละขั้นตอน การใส่ปุ๋ยและเชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดในทุกพื้นที่ โดยอยู่ในช่วง 16.37 – 646.26 kgCO_2e/rai พื้นที่ที่การปลดปล่อย CO_2 มากที่สุดคือ ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวงมีปริมาณเฉลี่ย 435.69 kgCO_2e/rai และพื้นที่ที่มีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 น้อยที่สุดคือ ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยงมีปริมาณเฉลี่ย 85.63 kgCO_2e/rai การใช้พลังงานไฟฟ้าปลดปล่อย CO_2 อยู่ในช่วง 0.27 – 19.24 kgCO_2e/rai พื้นที่ที่มีค่าการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุดคือ ศูนย์ฯ แม่ลาน้อยมีปริมาณเฉลี่ย 10.80 kgCO_2e/rai และพื้นที่ที่มีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 น้อยที่สุดคือศูนย์ฯ ป่าเมี่ยงมีปริมาณเฉลี่ย 1.33 kgCO_2e/rai และการขนส่งและการปลดปล่อยทางอ้อมอื่นๆ มีการปลดปล่อย CO_2 อยู่ในช่วง

3.01 – 91.56 kgCO_2e/rai โดยพื้นที่ศูนย์ฯ แม่ลาน้อย มีปริมาณเฉลี่ย 35.15 kgCO_2e/rai ซึ่งมีการปลดปล่อย CO_2 (ตารางที่ 11)

การปลดปล่อย CO_2 ทั้งหมดรวมการปล่อยทั้งหมดต่อไร่อยู่ในช่วง 19.65 – 656.22 kgCO_2e/rai พื้นที่ที่มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดคือศูนย์ฯ แม่ปูนหลวงมีปริมาณเฉลี่ย 446.49 kgCO_2e/rai ส่วนพื้นที่ที่มีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำสุดคือศูนย์ฯ ป่าเมี่ยงมีปริมาณเฉลี่ย 94.29 kgCO_2e/rai (ตารางที่ 11)

การปลดปล่อย CO_2 ต่อหน่วยผลผลิตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.28-2.66 kgCO_2e/unit พื้นที่ที่มีค่าการปลดปล่อย CO_2 ต่อหน่วยสูงสุดคือศูนย์ฯ แม่ปูนหลวงมีปริมาณเฉลี่ย 1.60 kgCO_2e/unit พื้นที่ที่มีค่าการปลดปล่อย CO_2 ต่อหน่วยต่ำสุดคือโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลองมีปริมาณเฉลี่ย 0.74 kgCO_2e/unit (ตารางที่ 10)

จากข้อมูลพบว่า ศูนย์ฯ แม่ปูนหลวง มีการปลดปล่อย CO_2 ต่อไร่และต่อหน่วยผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ปุ๋ย ขณะที่ศูนย์ฯ ป่าเมี่ยง มีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำสุด เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวปลูกกาแฟร่วมกับไม้ท้องถิ่นในพื้นที่มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่มากส่งผลให้มีการใส่ปุ๋ยที่น้อยลงและชุมชนมีวิสาหกิจแปรรูปกาแฟในชุมชน ส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบที่น้อยกว่าพื้นที่อื่น ดังนั้นแนวทางในการลดการปลดปล่อย CO_2 ควรมุ่งเน้นไปที่ การปรับปรุงการใช้ปุ๋ยและสารเคมีให้เหมาะสม การใช้พลังงานทดแทนในกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ การจัดการขนส่งและโลจิสติกส์เพื่อลดการปล่อยจากเชื้อเพลิง (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ข้อมูลการปลดปล่อย CO_2 ในแปลงกาแฟในแต่ละพื้นที่

Areas	Yield	Areas	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Sum	Product
	(kg/rai)	(rai)	----------(kgCO_2e/rai)----------				(kgCO_2e /unite)
PM	216.90	28.00	85.63	1.33	7.32	94.29	0.82
MLN	353.62	19.13	120.92	10.80	35.15	166.86	1.02
MPL	502.08	20.40	435.69	2.80	8.01	446.49	1.60
MSL	516.67	13.50	140.17	7.31	31.47	178.94	0.74
WW	325.93	27.67	198.46	2.83	12.89	214.19	1.37
Max	875.00	50.00	646.26	19.24	91.56	656.22	2.66
Min	125.00	3.00	16.37	0.27	3.01	19.65	0.28

หมายเหตุ : PM = ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง MLN = ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย MPN = ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปูนหลวง MSL = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง WW = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี

จากผลการศึกษาข้างต้นกิจกรรมการปลูกกาแฟมีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ย 220.15 kgCO_2e/rai/y โดยหากเปรียบเทียบกับการดูดซับ CO_2 ในรอบปีจากงานวิจัยปี 2567 มีค่าเฉลี่ย 480.00 kgCO_2e/rai/y จากผลการศึกษาการปลูกกาแฟภายใต้สภาพไม้ร่มเงานั้นการดูดซับ CO_2 มีปริมาณที่มากกว่าการปลดปล่อย CO_2 แนวทางการลดการปลดปล่อย CO_2 คือการปรับเปลี่ยนสูตรปุ๋ยเคมีและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในแปลงกาแฟ เนื่องจากกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในการผลิตกาแฟคือ การใช้ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่สูงมากเมื่อเทียบกับการใช้พลังงาน

ผลการวิจัยนี้มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการกำหนดนโยบายและแนวทางการจัดการแปลงกาแฟอย่างยั่งยืนในอนาคต โดยควรเน้นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี หรือการหันไปใช้วิธีการจัดการดินและบำรุงพืชที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่า เช่น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการหมักอย่างเหมาะสม เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การดูแลต้นกาแฟจากการใส่ปุ๋ยรอบแรกนั้นเกษตรกรมักจะใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เนื่องจากต้องการดูแลต้นกาแฟโดยเฉพาะใบกาแฟให้กลับมาผลัดใบมากขึ้น เกษตรกรบางรายอาจจะเพิ่มปุ๋ยอีกสูตรเข้าไปเช่น 15-15-15 หรือ 13-13-21 แต่ในเกษตรกรบางราย มีการใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 และ 21-0-0 ในรอบแรกของการใส่ปุ๋ย ซึ่งปุ๋ย 2 สูตรนี้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างมากเนื่องจาก ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีจะเปลี่ยนรูปเป็นไนตรัสออกไซด์ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก หลังจากการใส่ปุ๋ยรอบแรกแล้วเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยอีกครั้งเมื่อต้นกาแฟเริ่มติดผลโดยมักจะใส่ปุ๋ยสูตรเคมี 15-15-15 และ 13-13-21 แต่เกษตรกรบางยังมีการใส่ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ทั้ง ๆ ที่ต้นกาแฟกำลังจะให้ผลผลิต ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีหน้าที่บำรุงใบของพืชเป็นหลัก ในขณะที่การสะสมอาหารของพืชมักจะเกิดจากธาตุโพแทสเซียมมากกว่า โดยสาเหตุอีกส่วนหนึ่งของแปลงกาแฟของเกษตรกรดอยช้างมีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 จากการใส่ปุ๋ยที่มาก จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร อาจสรุปได้ว่าแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก เกษตรกรควรมีการปลับเปลี่ยนสูตรปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ การใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมตามค่าวิเคราะห์ดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วน หรือการพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ เช่น การวิจัยและพัฒนาพันธุ์พันธุ์กาแฟที่มีความต้องการปุ๋ยน้อยลง แต่ยังคงให้ผลผลิตที่ดี เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรในอนาคต นอกจากนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดอบรมการจัดการแปลง การใส่ปุ๋ยและผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยแก่เกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ให้มีความรู้และความเชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น

นอกจากงานวิจัยการศึกษาการปลดปล่อย CO_2 ที่เกิดขึ้นแล้ว สวพส. ยังมีการศึกษาการดูดซับ CO_2 ของต้นกาแฟในระบบปลูกที่แตกต่างกัน โดยศึกษาระบบการปลูกที่ต่างกัน 5 ระบบ พบว่า การปลูกกาแฟภายใต้ระบบปลูกใต้ร่มเงาป่าไม้ท้องถิ่น มีการสะสมมากที่สุดอยู่ที่ 40.11 tCO_2e/rai รองลงมาคือ ระบบไม้สนสามใบ ระบบวนเกษตร ระบบไม้ผลเมืองหนาว และระบบปลูกกลางแจ้ง มีการสะสมอยู่ที่ 37.53, 13.18, 0.84 และ 0.12 tCO_2e/rai นอกจากนั้นยังศึกษาพบว่าการสะสม CO_2 ในรอบปีผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณการสะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48 tCO_2e/rai/y (สิทธิเดช และกฤษณะ, 2567)

จากผลการศึกษาของ Ratchawat *et al*. (2017) ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า ในจังหวัดชุมพร โดยศึกษากาแฟคั่วและกาแฟบด ขอบเขตของการศึกษาได้แก่ การปลูกกาแฟโรบัสต้า และการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดจาดเมล็ดกาแฟโรบัสต้า แต่ไม่รวมการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 180 ชุดเกี่ยวกับการปลูกกาแฟโรบัสต้าได้มาจากแบบสอบถามและการสำรวจภาคสนาม ขณะที่ข้อมูลการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดได้มาจากการสำรวจภาคสนามจากกลุ่มธุรกิจชุมชน ซึ่งมีขั้นตอนตั้งแต่ การเตรียมดิน การเพาะปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว จากนั้นจะเป็นกระบวนการผลิตกาแฟคั่วและบด เริ่มตั้งแต่ การกะเทาะเปลือก การหมักและล้าง การอบแห้ง การขัด การคั่วและการบดกาแฟ หลังจากนั้นจะทำการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าการผลิตกาแฟคั่วและกาแฟบดมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 1.67 และ 1.69 $kgCO_2e$/kg โดยจากการศึกษายังพบว่า ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมการผลิตกาแฟ

คือก๊าซไนตรัสออกไซด์ซึ่งมาจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไป และขั้นตอนการคั่วและบดกาแฟจากการใช้ไฟฟ้าและแอลพีจี ดังนั้นการลดการใช้ปุ๋ยและใช้เตาที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 43 %

จากผลการศึกษาของ de los and Bartl (2018) ทำการศึกษาการคั่วกาแฟ 2 แบบจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และการใช้ไฟฟ้าท้องถิ่น ขอบเขตการศึกษา ศึกษาแค่เฉพาะกระบวนการภายในโรงงานหรือกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตที่กำหนด โดยจะไม่คำนึงถึงการขนส่งหรือการใช้งานผลิตภัณฑ์หลังจากการผลิตเสร็จสิ้น โดยจะศึกษากระบวนการคั่วกาแฟได้แก่ การคัดเลือก การสี และการคั่วกาแฟ หลังจากนั้นจะใช้ SimaPro และ Eco-Invent ในการคำนวณคาร์บอนฟุตฟริ้นต์ต่อไป ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการคั่วกาแฟด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการใช้ไฟฟ้าท้องถิ่น มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 0.318 และ 0.744 $kgCO_2e/kg$ และจากการศึกษายังพบว่าขั้นตอนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงสุดเกิดจากขั้นตอนการคั่วกาแฟ

3. การศึกษาวิธีการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากเปลือกกาแฟ (Cascara)

การศึกษาวิธีการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากเปลือกกาแฟ (Cascara) การแปรรูปกาแฟในแต่ละกระบวนการมีความแตกต่างในเรื่องสารสำคัญหลังจากการล้างในกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ในส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ถึงแม้ว่ากรรมวิธีที่ 1 มีเพียงน้ำสะอาดที่ใช้ในการล้างเปลือกกาแฟแต่เพียงพอสำหรับลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไม่มีการปนเปื้อนจากแหล่งปลูกหรือแม้กระทั่งกระบวนการเก็บและขนส่ง แต่บางพื้นที่นั้นไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะสามารถป้องกันการปนเปื้อนได้จริง โดยการล้างเปลือกกาแฟโดยใช้สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite) ที่ใช้กำจัดเชื้อราในผักและผลไม้ สามารถช่วยให้เปลือกกาแฟลดการปนเปื้อนได้ และยังมีปริมาณสารสำคัญคงเหลืออยู่ โดยเป้าหมายของการต่อยอดงานวิจัยนี้ เพื่อใช้ในการใช้ผลิตเป็น เครื่องดื่มสุขภาพ (Coffogenic Drink) หรือเป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารเสริมและผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เนื่องจากมีศักยภาพในการลดระดับไขมันไม่ดี (LDL) และช่วยป้องกันโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ เปลือกผลกาแฟไม่ใช่เพียงวัสดุเหลือทิ้ง แต่เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณค่าต่อสุขภาพและสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มจากการใช้ประโยชน์จากเปลือกกาแฟดังกล่าว

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกกาแฟทั้ง 3 กรรมวิธี ก่อนอบมีสีน้ำตาลอ่อน และมีกลิ่นหมักเปรี้ยวของผลไม้สด และหลังอบมีสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นหอมหวานของผลไม้ กลิ่นเปรี้ยวของผลไม้สดลดลงเช่นเดียวกันทั้ง 3 กรรมวิธี (ตารางที่ 12 และภาพที่ 4)

ตารางที่ 12 ข้อมูลทางกายภาพของเปลือกกาแฟ

Treatment	ก่อนอบ		หลังอบ	
	สี	กลิ่น	สี	กลิ่น
T1	สีน้ำตาลอ่อน	เปรี้ยวของผลไม้สด	สีน้ำตาลเข้ม	- หอมผลไม้ - กลิ่นเปรี้ยวลดลง
T2	สีน้ำตาลอ่อน	เปรี้ยวของผลไม้สด	สีน้ำตาลเข้ม	- หอมผลไม้ - กลิ่นเปรี้ยวลดลง
T3	สีน้ำตาลอ่อน	เปรี้ยวของผลไม้สด	สีน้ำตาลเข้ม	- หอมผลไม้ - กลิ่นเปรี้ยวลดลง

หมายเหตุ : กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำสะอาด
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยสาร A, B (สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite))
กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีน

ภาพที่ 4 ลักษณะเปลือกกาแฟก่อนและหลังทำการทดลองแต่ละกรรมวิธี

ลักษณะทางเคมี พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีปริมาณมากที่สุดมีค่า 9.72 และ 9.57 mg/g และกรรมวิธีที่ 3 มีปริมาณน้อยที่สุดมีค่า 8.98 mg/g และความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี DPPH ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยกรรมวิธีที่ 1 มีแนวโน้มมากที่สุดมีค่า 2,171.33 µmolTE/100 g รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 และ 2 ตามลำดับ มีค่า 1,743.33 และ 1,509.33 µmolTE/100 g ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ปริมาณโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี DPPH ในแต่ละกรรมวิธี

Treatment	Total polyphenol (as gallic acid) (mg/g)	Total Antioxidant (trolox) (µmolTE/100 g)
T1	9.72±0.09 [a]	2,171.33±116.36
T2	9.57±0.30 [a]	1,509.33±113.59
T3	8.98±0.10 [b]	1,743.33±442.75
P-value	*	ns

หมายเหตุ : กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำสะอาด
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยสาร A, B (สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite))
กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีน
* มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

การปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรค ทุกกรรมวิธีไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ Escherichia coli และ Salmonella spp. (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเปลือกกาแฟ

Treatment	Escherichia coli (MPN/g)	Salmonella spp. (in 25 g)
T1	<3.0	Not Detected
T2	<3.0	Not Detected
T3	<3.0	Not Detected

หมายเหตุ : กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำสะอาด
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยสาร A, B (สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite))
กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีน
<3.0 MPN/g และ Not Detected หมายถึงไม่พบหรือไม่มีปริมาณในตัวอย่าง

ข้อมูลการต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตพบว่า การใช้สารสำคัญในการช่วยล้างกาแฟถึงแม้จะช่วยลดการปนเปื้อนและลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนลงได้ แต่หากมองในเรื่องของต้นทุนการผลิตทำให้ต้นทุนมากขึ้น 420.48-670.48 บาท/กิโลกรัม จากวิธีการแปรรูปแบบธรรมดา 354.48 บาท/กิโลกรัม โดยกาแฟเชอร์รี่ 1 กิโลกรัม เมื่อผ่านการปอกเปลือกและตากแห้งแล้วจะได้เปลือกกาแฟแห้ง (Cascara) เพียง 50 กรัม และราคาขายตามท้องตลาดในพื้นที่ศึกษา 1,250 บาท/กิโลกรัม (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนที่ใช้ในการแปรรูปกาแฟ

List	Treatment		
	T 1	T 2	T 3
ต้นทุนในการผลิตชาเปลือกกาแฟ (บาท/กก.)	354.48	670.48	420.48
ผลตอบแทน (บาท/กก.)	1,250	1,250	1,250

หมายเหตุ : กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำสะอาด
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยสาร A, B (สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite))
กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีน
ข้อมูลราคาขายเปลือกกาแฟในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น

4. การทดสอบสายพันธุ์กาแฟที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง

4.1 คัดเลือกพันธุ์ที่ให้รสชาติเป็นเอกลักษณ์ ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรคและแมลง

จากการศึกษาคัดเลือกพันธุ์ที่ให้รสชาติเป็นเอกลักษณ์ ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรคและแมลงทั้งสิ้น 3 สายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์ที่ 1 เกอิชา (Geisha) สายพันธุ์ที่ 2 จาวา (Java) และสายพันธุ์ที่ 3 เซรีน่า (Syrina) (ตารางที่ 16-18 และภาพที่ 5-7) ศึกษาลักษณะของต้นกาแฟทุกเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี ในด้านของความสูง ขนาดทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และการเข้าทำลายของโรคและแมลง พบว่า ความสูงของต้นกาแฟในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยสายพันธุ์เกอิชามีความสูงที่สุดเฉลี่ย 214.20 cm รองลงมาคือสายพันธุ์จาวา และเซรีน่ามีค่า 144.10 และ 110.20 cm ตามลำดับเช่นเดียวกันกับขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยสายพันธุ์เกอิชามีขนาดทรงพุ่มกว้างที่สุดเฉลี่ย 170.20 cm รองลงมาคือสายพันธุ์จาวา และเซรีน่ามีค่า 112.15 และ 83.35 cm ตามลำดับ และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของต้นกาแฟในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยสายพันธุ์เกอิชามีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมากที่สุดเฉลี่ย 3.11 cm รองลงมาคือสายพันธุ์จาวา และเซรีน่ามีค่า 2.29 และ 2.14 cm ตามลำดับ (ตารางที่ 19 และภาพที่ 8-9)

ตารางที่ 16 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์เกอิชา

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	เกอิชา
3. แหล่งที่มาและประวัติสายพันธุ์	จังหวัดน่าน
4. ลักษณะประจำทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 cm
4.2 ลักษณะต้น	ล้าต้น (main stem) เป็นล้าต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะ แตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะ เป็นกิ่งนอน ขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้ จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตก ออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนล้าต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 170-190 cmความสูงต้นเฉลี่ย 214 cm
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 8.5 cm ยาวเฉลี่ย 18 cm ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีเขียว
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 10.8 mm ยาวเฉลี่ย 16.4 mm มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 1,800 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 9.5–12.0 mm เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้ เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลานีออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน

ต้นกาแฟ สายพันธุ์เกอิชา

ภาพที่ 5 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์เกอิชา

ตารางที่ 17 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์จาวา

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	จาวา
3. แหล่งที่มาและประวัติสายพันธุ์	จังหวัดน่าน
4. ลักษณะประจำทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 cm
4.2 ลักษณะต้น	ลำต้น (main stem) เป็นลำต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะ แตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะ เป็นกิ่งนอน ขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้ จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตก ออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนล้าต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 140–160 cmความสูงต้นเฉลี่ย 154 cm
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบเรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 7.5 cm ยาวเฉลี่ย 16.5 cm ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีน้ำตาล
4.4 ลักษณะดอก	ดอกมีสีขาว เกิดรอบๆ ข้อของกิ่งนอน ตาดอกจะเกิดในช่วงฤดูแล้ง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผสมตัวเอง แต่อาจเกิดการผสมข้ามได้ 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 11.6 mm ยาวเฉลี่ย 15.1 mm มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 2,000 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 9.0–11.8 mm เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้ เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลานีออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน

ต้นกาแฟ สายพันธุ์จาวา

ภาพที่ 6 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์จาวา

ตารางที่ 18 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์เซรีน่า

ประเภท	คุณลักษณะ
1. ชนิดพืช	กาแฟ
2. ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์	เซรีน่า
3. แหล่งที่มาและประวัติสายพันธุ์	จังหวัดน่าน
4. ลักษณะประจำทางพฤกษศาสตร์	
4.1 ลักษณะราก	เป็นระบบรากแก้ว และมีรากแขนงแตกออกจากรากแก้ว ประมาณ 4-8 ราก รากแขนง และมีรากฝอยแตกออกมาอีก เป็นรากสำหรับดูดอาหาร รากชนิดนี้ ประมาณ 60-80% แผ่กระจายในระดับผิวดินลึกประมาณ 20 cm
4.2 ลักษณะต้น	ล้าต้น (main stem) เป็นล้าต้นเจริญเติบโตมาจากรากแก้ว มีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ที่โคนใบมีตา 2 ชนิด คือ ตาบนและตาล่าง ตาบนจะ แตกกิ่งออกมาเป็นกิ่งแขนงที่ 1 (Primary branch) เป็นกิ่งลักษณะ เป็นกิ่งนอน ขนานกับพื้นดินมีข้อและปล้อง แต่ละข้อของกิ่งแขนงนี้ จะมีกลุ่มตาดอกที่จะติดดอกเป็นผลกาแฟต่อไป ส่วนตาล่างจะแตก ออกเป็นกิ่งตั้ง (sucker) กิ่งตั้งจะตั้งตรงขึ้นไปเหมือนล้าต้น ไม่ติดดอก มีขนาดความกว้างทรงพุ่มอยู่ที่ 130-150 cm ความสูงต้นเฉลี่ย 110 cm
4.3 ลักษณะใบ	ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ปลายใบเรียวแหลม ตรงกลางใบกว้าง ผิวใบไม่เรียบ ใบเกิดที่ข้อเป็นคู่ตรงข้ามกัน ปากใบอยู่ด้านท้องใบ ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 8.5 cm ยาวเฉลี่ย 17 cm ใบเป็นมันสีเขียวเมื่อแก่ ใบอ่อนมีสีน้ำตาลอมแดง
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 11.8 mm ยาวเฉลี่ย 15.3 mm มีเปลือกและเนื้อฉ่ำน้ำห่อหุ้มเมล็ดแข็งอยู่ภายใน เมื่อสุกมีรสหวาน เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีแดง ถึงแดงเข้ม ปริมาณผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 2,100 กรัมต่อต้น
4.6 ลักษณะเมล็ด	เมล็ดมีลักษณะด้านหนึ่งโค้ง ด้านหนึ่งแบนเรียบและมีร่องตรงกลาง ด้านเรียบประกบกันอยู่ 2 เมล็ด ยาวประมาณ 9.0–12.0 mm เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้ เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลานีออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee) มีสีเขียวขี้ม้า หรือสีเขียวอ่อน

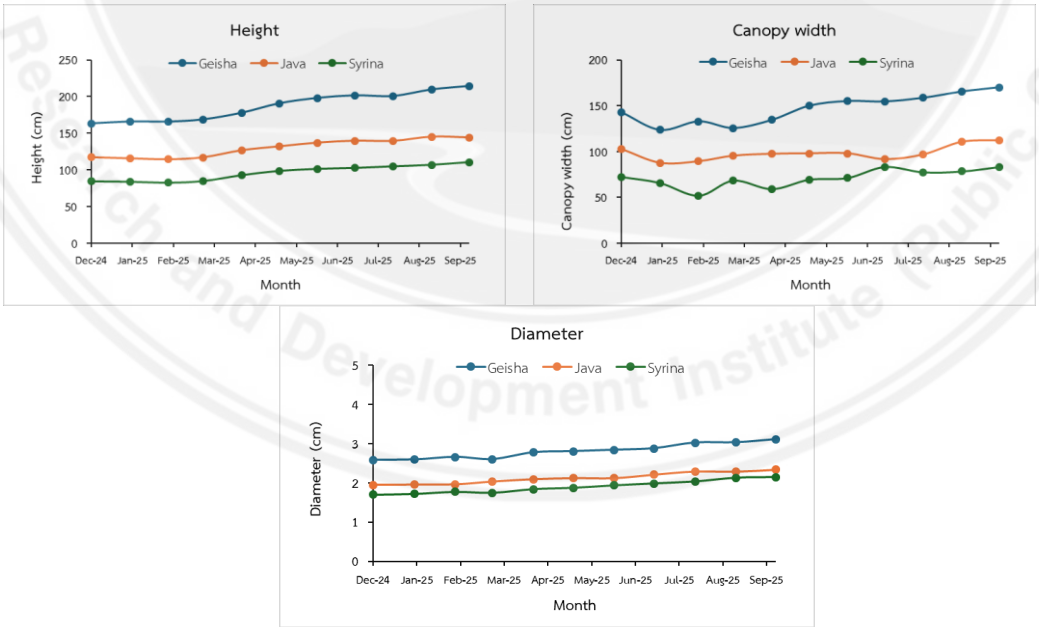
ต้นกาแฟ สายพันธุ์เซรีน่า

ภาพที่ 7 ลักษณะต้นกาแฟของต้นกาแฟสายพันธุ์เซรีน่า

ตารางที่ 19 ลักษณะความโตของกาแฟแต่ละสายพันธุ์

Parameter	Species			Mean	P-value
	Geisha	Java	Syrina		
Height (cm)	214.20±22.34[a]	144.10±21.76[b]	110.20±10.37[c]	156.17	**
Canopy (cm)	170.20±27.00[a]	112.15±16.08[b]	83.35±12.87[c]	121.90	**
Diameter (cm)	3.11±0.39[a]	2.29±0.31[b]	2.14±0.21[b]	2.51	**
n	10	10	10		

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)



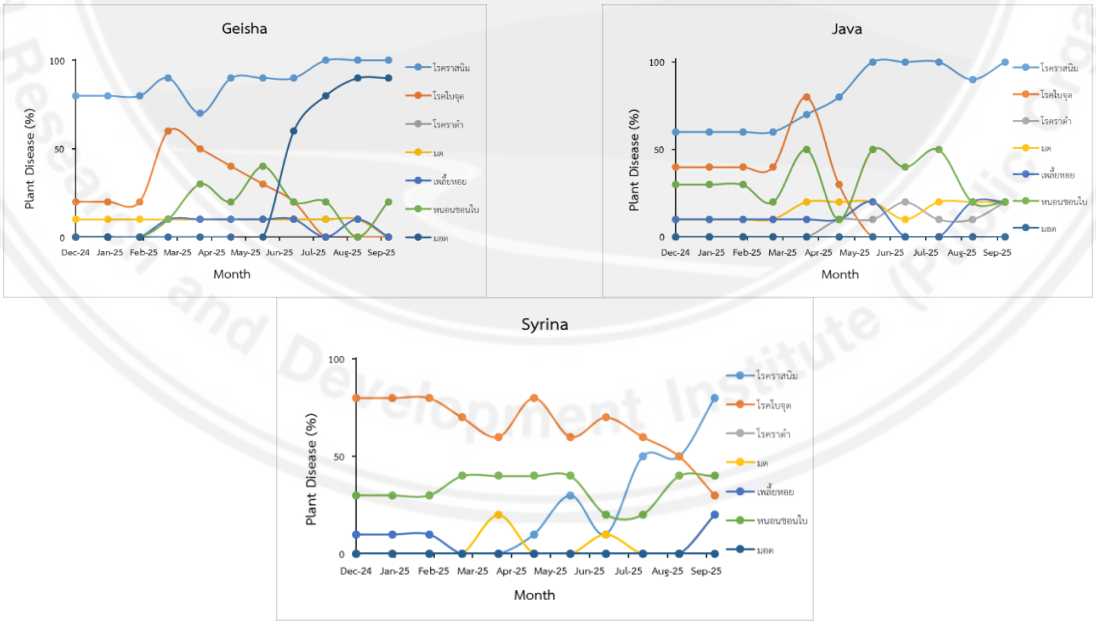
ภาพที่ 8 ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือนของกาแฟทั้ง 3 สายพันธุ์

การเข้าทำลายของโรคและแมลงทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า มีการระบาดและปริมาณที่พบแตกต่างกันออกไป โดยโรคราสนิม *Helmileia vastatrix* พบมากที่สุดในต้นกาแฟสายพันธุ์เกอิชามากถึง 88.18 % รองลงมาคือสายพันธุ์จาวา และเซรีน่าพบ 80.00 และ 20.90 % ตามลำดับ โรคใบจุดตากบพบมากสุดในต้นกาแฟสายพันธุ์เซรีน่ามากถึง 65.45 % รองลงมาคือสายพันธุ์จาวา และเกอิชาพบ 24.54 และ 23.63 % ตามลำดับ ราดำ *Capnodium* sp. ทั้ง 3 สายพันธุ์พบเพียง 1.81-7.27 % หรือ เฉลี่ย 5.15 % มีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยหากเปรียบเทียบกับ 2 โรคที่พบข้างต้น (ราสนิม ใบจุดตากบ) ราดำเกิดจากมีการเข้าทำลายต้นกาแฟโดยแมลงกลุ่มปากดูด ได้แก่ เพลี้ยหอยสีเขียว ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ซึ่งมีมดบางชนิดที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับเพลี้ยหอย เป็นพาหะที่นำเพลี้ยหอยเข้าทำลายต้นกาแฟ (ลักขิกา และคณะ, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับการพบมด 4.45–15.45 % และเพลี้ยหอยที่พบเพียง 4.54-10.90 % (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ข้อมูลการพบเปอร์เซ็นโรคเฉลี่ยในต้นกาแฟแต่ละสายพันธุ์

Disease / Insect	Species			Mean	P-value
	Geisha (%)	Java (%)	Syrina (%)		
ราสนิม *Helmileia vastatrix*	88.18±9.36^{a}	80.00±17.58^{a}	20.90±26.44^{b}	63.03	**
ใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola*	23.63±19.20^{b}	24.54±25.36^{b}	65.45±14.99^{a}	37.87	**
ราดำ *Capnodium* sp.	6.36±4.81	7.27±7.50	1.81±5.75	5.15	ns
มด Solenopsis geminate.	9.08±2.87^{b}	15.45±4.98^{a}	4.54±7.82^{b}	9.69	**
เพลี้ยแป้ง Planococcus lilacinus (Cockerell)	5.45±4.98	10.90±6.68	4.54±6.56	6.96	ns
หนอนชอนใบ Zeuzera coffeae Nietner.	14.54±13.05^{b}	31.81±13.36^{a}	33.63±7.71^{a}	26.66	**
มอด *Hypothenemus hampei*	29.09±39.19^{a}	0.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{b}	9.69	**
n	10	10	10	10	

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 9 การเข้าทำลายของโรคและแมลงรายเดือนในแต่ละสายพันธุ์กาแฟ

4.2 ทดสอบสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตกับพื้นที่สูงต่างกัน 4 ระดับ

ทำเตรียมกล้ากาแฟจำนวน 8 สายพันธุ์ (ที่ได้จากการคัดเลือกต้นกาแฟแม่พันธุ์ในชุดที่ 2 และ 3 โดยทำการปลูกสายพันธุ์ละ 20 ต้นต่อพื้นที่ ในช่วงฤดูฝน ปีการเพาะปลูก 2569 ดังนี้

(1) สายพันธุ์กาแฟรหัส B1 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2566)
(2) สายพันธุ์กาแฟรหัส B2 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2566)
(3) สายพันธุ์กาแฟรหัส B13 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2566)
(4) สายพันธุ์กาแฟรหัส HNK5 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2567)
(5) สายพันธุ์กาแฟรหัส HNK9 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2567)
(6) สายพันธุ์กาแฟรหัส WW5 (สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือก ปี 2567)
(7) สายพันธุ์กาแฟ เกอิชา
(8) สายพันธุ์กาแฟ จาวา

นำกล้ากาแฟปลูกทดสอบการเจริญเติบโตในพื้นที่สูงต่างกัน ในพื้นที่โครงการหลวง และพื้นที่สวพส. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับความสูงในแต่ละละดับความสูง ทั้งด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณภาพและรสชาติของกาแฟ สำหรับการส่งเสริมให้กับเกษตรกรใช้ประโยชน์ต่อไป (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 กล้ากาแฟทั้ง 8 สายพันธุ์สำหรับการเพาะปลูกทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่สูงต่างๆ

5. การทดสอบการจัดการแปลงกาแฟด้วยเทคโนโลยี IoT

กิจกรรมนี้เป็นการเริ่มต้นเก็บข้อมูลปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของกาแฟ โดยวิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ด้วยการใช้เครื่องมืออย่างง่ายในการบันทึก และวิเคราะห์ และจะดำเนินการต่อเนื่องจากการใช้ค่าของปัจจัยที่ได้ ไปกำหนดเป็นค่าที่ต้องควบคุมและจัดการด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย หรือ Smart farming ในปีต่อไป ทั้งนี้ ผลการศึกษา พบว่าในแปลงกาแฟ ผลวิเคราะห์ดินทางกายภาพของเคมีของแปลงทั้ง 2 กรรมวิธี ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบฯ แม่สลอง พบว่า ดินบน (0-15 cm) ความหนาแน่นรวมของ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณสังกะสี ปริมาณแมงกานีส ปริมาณเหล็ก ปริมาณทองแดง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และร้อยละความอิ่มตัวเบสในดิน ไม่มีความแตกต่างกันต่างสถิติ ยกเว้นปริมาณการเติมปูนในแปลงเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกันกับดินล่าง (15-30 cm) ความแตกต่างกันของค่าวิเคราะห์กายภาพและเคมีในดินไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดินดังกล่าวเป็นผลการวิเคราะห์ดินก่อนที่จะทำการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการแปลงด้วย IoT การที่ดินดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันจึงเหมาะแก่การเป็นแปลงที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากไม่มีปัจจัยความแตกต่างกันก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง

Parameter	Depth	MSL		P-value
	(cm)	IoT plot	Conservation plot	
BD	0-15	0.92±0.12	0.97±0.05	ns
(Mg/m^3)	15-30	0.97±0.09	1.04±0.12	ns
pH	0-15	4.27±0.20	4.18±0.25	ns
	15-30	4.69±0.24	4.28±0.30	ns
EC	0-15	0.05±0.01	0.07±0.01	ns
(dS/m)	15-30	0.08±0.01	0.06±0.02	ns
LR	0-15	1,433.66±62.69	1,926.66±63.18	*
(kg/rai)	15-30	1,478.66±189.97	1,792.00±63.63	ns
OM	0-15	6.21±3.44	6.84±0.49	ns
(%)	15-30	6.33±1.09	5.96±1.64	ns
P	0-15	4.00±1.63	11.00±3.74	ns
(mg/kg)	15-30	8.00±0.81	11.00±7.78	ns
K	0-15	191.66±28.76	217.66±30.07	ns
(mg/kg)	15-30	283.66±64.34	239.66±110.05	ns
Ca	0-15	186.66±150.20	325.00±295.87	ns
(mg/kg)	15-30	99.33±63.27	261.33±304.97	ns
Mg	0-15	83.00±2.82	71.33±42.40	ns
(mg/kg)	15-30	57.66±33.08	59.66±43.94	ns
Na	0-15	15.66±2.35	20.00±6.68	ns
(mg/kg)	15-30	19.33±4.02	13.66±2.62	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 21 ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง (ต่อ)

Parameter	Depth	MSL		P-value
	(cm)	IoT plot	Conservation plot	
Zn	0-15	1.46±0.75	0.90±0.14	ns
(mg/kg)	15-30	1.66±0.47	1.33±1.20	ns
Mn	0-15	23.33±8.95	22.66±4.64	ns
(mg/kg)	15-30	24.66±15.86	26.33±6.59	ns
Fe	0-15	79.66±16.00	86.33±23.89	ns
(mg/kg)	15-30	78.33±4.49	93.66±32.83	ns
Cu	0-15	0.30±0.08	0.36±0.09	ns
(mg/kg)	15-30	0.30±0.14	0.26±0.09	ns
CEC	0-15	20.00±4.54	25.66±1.24	ns
($cmol^+/kg$)	15-30	19.33±2.05	23.33±2.87	ns
BS	0-15	7.50±0.57	7.66±3.89	ns
(%)	15-30	8.07±3.34	6.99±4.49	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ผลวิเคราะห์ดินทางกายภาพของเคมีของแปลงทั้ง 2 กรรมวิธี ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบฯ วาวี พบว่า ดินบน (0-15 cm) ความหนาแน่นรวมของ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณการเติมปูน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณสังกะสี ปริมาณแมงกานีส ปริมาณเหล็ก ปริมาณทองแดง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และร้อยละความอิ่มตัวเบสในดิน ไม่มีความแตกต่างกันต่างสถิติ เช่นเดียวกันกับดินล่าง (15-30 cm) ความแตกต่างกันของค่าวิเคราะห์กายภาพและเคมีในดินไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น ความเป็นกรดด่าง ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดินดังกล่าวเป็นผลการวิเคราะห์ดินก่อนที่จะทำการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการแปลงด้วย IoT การที่ดินดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันจึงเหมาะแก่การเป็นแปลงที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากไม่มีปัจจัยความแตกต่างกันก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี

Parameter	Depth	WW		P-value
	(cm)	IoT plot	Conservation plot	
BD	0-15	0.88±0.13	0.84±0.10	ns
(Mg/m^3)	15-30	0.91±0.08	0.89±0.08	ns
pH	0-15	4.36±0.13	4.69±0.16	ns
	15-30	4.18±0.12	4.86±0.14	*
EC	0-15	0.09±0.02	0.07±0.02	ns
(dS/m)	15-30	0.06±0.01	0.07±0.08	ns
LR	0-15	1,837±456.75	1,389.33±167.484	ns
(kg/rai)	15-30	1,747.33±109.81	1,344.33±219.63	ns

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ (*P*<0.05) ** มีความแตกต่างทางสถิติ (*P*<0.01) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P*>0.05)

ตารางที่ 22 ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี (ต่อ)

Parameter	Depth (cm)	WW		P-value
		IoT plot	Conservation plot	
OM (%)	0-15	8.02±1.08	9.21±2.32	ns
	15-30	5.71±1.33	7.94±2.91	ns
P (mg/kg)	0-15	36.66±24.11	56.33±70.57	ns
	15-30	37.66±25.48	52.00±67.20	ns
K (mg/kg)	0-15	197.33±64.71	281.00±95.25	ns
	15-30	158.66±74.84	363.00±71.05	*
Ca (mg/kg)	0-15	535.00±411.07	1,317.66±647.75	ns
	15-30	329.66±170.22	1,574.00±376.89	*
Mg (mg/kg)	0-15	168.33±93.48	181.66±57.99	ns
	15-30	112.33±43.43	254.00±36.12	*
Na (mg/kg)	0-15	21.33±4.92	18.66±1.69	ns
	15-30	16.00±16.32	19.33±3.29	ns
Zn (mg/kg)	0-15	3.00±1.63	3.33±1.69	ns
	15-30	1.66±0.47	3.66±0.94	ns
Mn (mg/kg)	0-15	96.00±67.54	89.33±63.41	ns
	15-30	60.33±15.45	126.33±78.12	ns
Fe (mg/kg)	0-15	129.33±35.97	119.00±64.35	ns
	15-30	103.33±22.48	107.00±53.16	ns
Cu (mg/kg)	0-15	4.33±249	6.66±3.09	ns
	15-30	5.33±0.47	9.00±3.55	ns
CEC ($cmol^+/kg$)	0-15	31.66±6.94	39.00±5.09	ns
	15-30	34.33±2.35	37.66±7.36	ns
BS (%)	0-15	8.52±3.59	13.08±5.67	ns
	15-30	5.64±2.78	16.96±1.85	*

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ดินบน (0-15 cm) และดินล่าง (15-30 cm) แปลงทดสอบ IoT และแปลงทดสอบแบบเกษตรกรมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบฯ วาวี ดินบน (0-15 cm) แปลงทดสอบ IoT มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง แปลงทดสอบแบบเกษตรกรความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง และดินล่าง (15-30 cm) แปลงทดสอบ IoT มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง แปลงทดสอบแบบเกษตรกรความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง (ตารางที่ 23)

จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์พบว่า ส่วนใหญ่ในดินบนและดินล่างมีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง ส่วนใหญ่ในชั้นดินบนจะมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าในชั้นดินล่าง เนื่องจากดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่า (บรรณพิชญ์, 2551) ในดินเขตร้อนเป็นดินที่มีพัฒนาการตัวในดินสูง อัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในสภาพอากาศร้อนชื้น (วีคำ และคณะ, 2563) ดินส่วนใหญ่ในที่ดอนมีการพัฒนาการสูง มีอัตราการชะละลายสูง และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (อัญชลี, 2553) การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้

ท้องถิ่นไปเป็นพื้นที่เกษตรส่งผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่นปริมาณอินทรียวัตถุ ลดลงส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชในดินลดลง ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น ความพรุนรวมของดินลดลง นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนสภาพป่าเพื่อไปใช้ทางการเกษตรส่งผลต่อการหมุนเวียนธาตุอาหารซึ่งสะสมอยู่ในมวลชีวภาพของพืช และเมื่อมีการนำออกจากพื้นที่ จึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารด้วยส่งผลต่อระบบสำรองอาหารของพืชลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

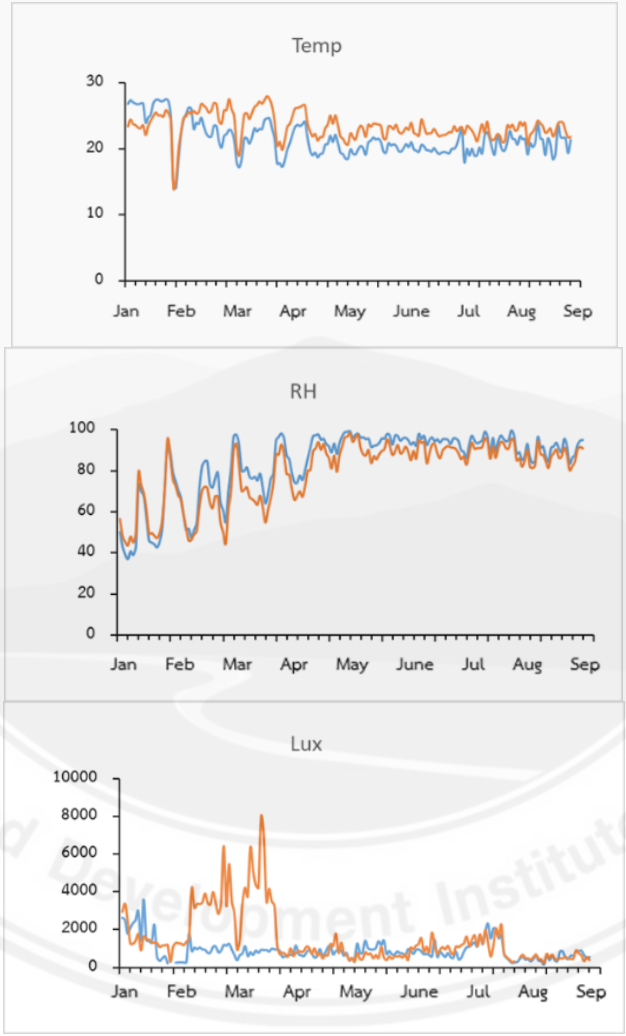
ตารางที่ 23 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงเกษตรกร รายแปลง

Code	Depth (cm)	Type	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.k (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	BS (%)	Sum	Soil fertility
MSL01	0-15	IoT	10.35 (3)	6 (1)	213 (3)	26 (3)	8.17 (1)	11	moderate
MSL01	15-30	IoT	7.72 (3)	7 (1)	254 (3)	22 (3)	6.51 (1)	11	moderate
MSL02	0-15	IoT	6.37 (3)	4 (1)	211 (3)	19 (2)	6.76 (1)	10	moderate
MSL02	15-30	IoT	6.26 (3)	8 (1)	224 (3)	19 (2)	4.99 (1)	10	moderate
MSL03	0-15	IoT	1.92 (2)	2 (1)	151 (3)	15 (2)	7.56 (1)	9	moderate
MSL03	15-30	IoT	5.03 (3)	9 (1)	373 (3)	17 (2)	12.72 (1)	10	moderate
MSL04	0-15	Nature	6.32 (3)	10 (2)	200 (3)	24 (3)	12.94 (1)	12	moderate
MSL04	15-30	Nature	8.24 (3)	21 (2)	389 (3)	27 (3)	13.25 (1)	12	moderate
MSL05	0-15	Nature	7.51 (3)	7 (1)	193 (3)	27 (3)	3.65 (1)	11	moderate
MSL05	15-30	Nature	4.43 (3)	2 (1)	127 (3)	20 (3)	2.92 (1)	11	moderate
MSL06	0-15	Nature	6.69 (3)	16 (2)	260 (3)	26 (3)	6.39 (1)	12	moderate
MSL06	15-30	Nature	5.23 (3)	10 (2)	203 (3)	23 (3)	4.81 (1)	12	moderate
WW01	0-15	IoT	7.10 (3)	35 (3)	248 (3)	35 (3)	13.6 (1)	13	high
WW01	15-30	IoT	3.88 (3)	11 (2)	184 (3)	36 (3)	6.17 (1)	12	moderate
WW02	0-15	IoT	9.55 (3)	67 (3)	106 (3)	38 (3)	5.93 (1)	13	high
WW02	15-30	IoT	7.01 (3)	72 (3)	57 (1)	36 (3)	1.99 (1)	11	moderate
WW03	0-15	IoT	7.43 (3)	8 (1)	238 (3)	22 (3)	6.02 (1)	11	moderate
WW03	15-30	IoT	6.26 (3)	30 (3)	235 (3)	31 (3)	8.75 (1)	13	high
WW04	0-15	Nature	8.55 (3)	11 (2)	233 (3)	34 (3)	8.24 (1)	12	moderate
WW04	15-30	Nature	6.17 (3)	2 (1)	282 (3)	47 (3)	14.35 (1)	11	moderate
WW05	0-15	Nature	6.76 (3)	2 (1)	196 (3)	46 (3)	9.97 (1)	11	moderate
WW05	15-30	Nature	5.61 (3)	7 (1)	455 (3)	29 (3)	18 (1)	11	moderate
WW06	0-15	Nature	12.33 (3)	156 (3)	414 (3)	37 (3)	21.04 (1)	13	high
WW06	15-30	Nature	12.06 (3)	147 (3)	352 (3)	37 (3)	18.51 (1)	13	high

หมายเหตุ : MSL = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และ WW = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี

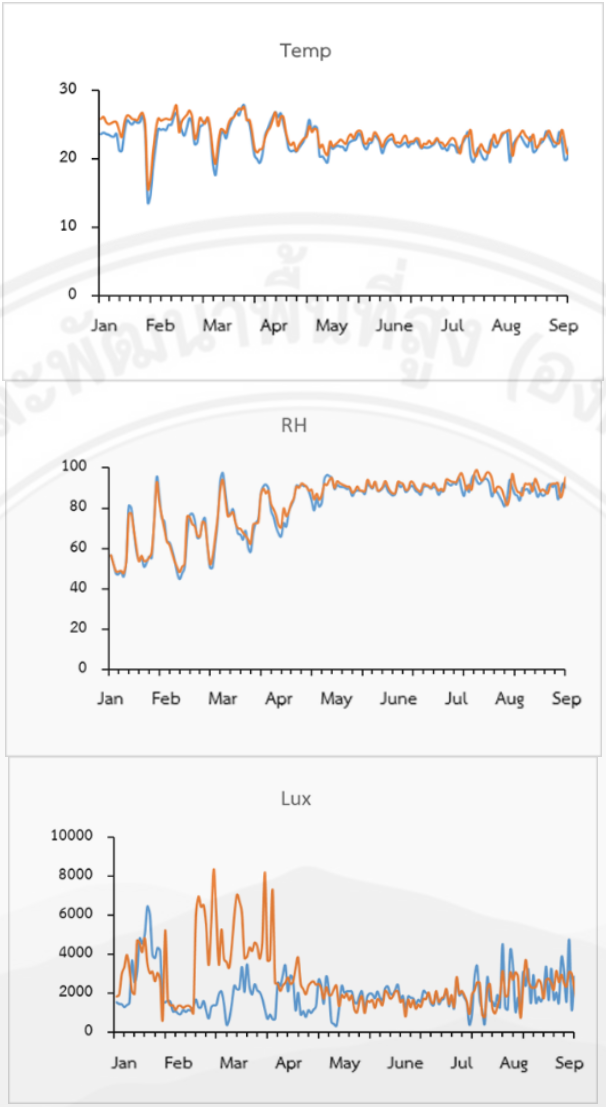
ปัจจัยสภาพแวดล้อมจากการเก็บข้อมูลผ่าน Data logger ในแปลงทดสอบเทคโนโลยี IoT ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง พบว่า มีอุณหภูมิต่ำสุด 13.99 องศาเซลเซียล สูงสุด 28.02 องศาเซลเซียล เฉลี่ย 21.43 องศาเซลเซียล ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุด 37.13 % สูงสุด 99.80 % เฉลี่ย 84.04 % และมีปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำสุด 220.64 LUX สูงสุด 8,005.04 LUX เฉลี่ย 917.63 LUX (ภาพที่ 11) และ พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี พบว่า มีอุณหภูมิต่ำสุด 13.65 องศาเซลเซียล สูงสุด 27.82 องศาเซลเซียล เฉลี่ย 22.78 องศาเซลเซียล ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุด 44.01 % สูงสุด 99.14 % เฉลี่ย 81.20 % และมีปริมาณความเข้มแสงต่ำสุด 342.97 LUX สูงสุด 8,362.24 LUX เฉลี่ย 2,012.26 LUX ความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้น และแสง ส่วนหนึ่งมาจากสภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน และปัจจัยอื่นที่เกิดขึ้นบนพื้นที่นั้นๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอย่างยิ่ง โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นโดยตรง (ภาพที่ 12)

ข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมจากการบันทึกด้วย Data logger ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง



ภาพที่ 11 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี (Tem) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Rh) และข้อมูลความเข้มแสงเฉลี่ย (Lux) ของแปลงที่ทำการศึกษาในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง

ข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมจากการบันทึกด้วย Data logger ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี



ภาพที่ 12 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี (Tem) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (Rh) และข้อมูลความเข้มแสงเฉลี่ย (Lux) ของแปลงที่ทำการศึกษาในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี

การเข้าทำลายของโรคและแมลงในแปลงทดสอบพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง พบว่ามีการระบาดและปริมาณที่พบแตกต่างกันออกไป โดยโรคราสนิม *Helmileia vastatrix* พบมากที่สุดในแปลงเกษตรกรมากถึง 83.33 % และแปลง IoT 66.67 % โรคใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola* พบเพียง 3.33 % เช่นเดียวกันกับโรคราดำ *Capnodium* sp. ทั้ง 2 วิธีการพบเพียง 3.33 % หรือ เฉลี่ย 1.67 % ซึ่งมีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยหากเปรียบเทียบกับโรคราสนิม ราดำเกิดจากมีการเข้าทำลายต้นกาแฟโดยแมลงกลุ่มปากดูด ได้แก่ เพลี้ยหอย ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ซึ่งมีมดบางชนิดที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับเพลี้ยหอย เป็นพาหะที่นำเพลี้ยหอยเข้าทำลายต้นกาแฟ (ลักขิกา และคณะ, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับการพบมด 3.33-10.00 % หรือ เฉลี่ย 6.67 % และเพลี้ยหอยที่ไม่พบในแปลงทดสอบทั้ง 2 กรรมวิธี ในส่วนของหนอนชอนใบพบในแปลงเกษตรกรมากถึง 16.67 % และไม่พบการระบาดในแปลง Iot พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ไม่พบการระบาดของเพลี้ยหอยและมอดจากการเลือกแปลงทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ข้อมูลเปอร์เซ็นการพบโรคและแมลงเฉลี่ยในแปลงทดสอบพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง

Disease / Insect	Type		Mean	P-value
	IoT plot (%)	Conservation plot (%)		
ราสนิม *Helmileia vastatrix*.	66.67±33.99	83.33±4.71	75.00	ns
ใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola*.	3.33±4.17	3.33±4.17	3.33	ns
ราดำ *Capnodium* sp.	3.33±4.71	0.00±0.00	1.67	ns
มด *Solenopsis geminate*.	10.00±8.16	3.33±4.71	6.67	ns
เพลี้ยแป้ง *Planococcus lilacinus* (Cockerell)	-	-	-	-
หนอนชอนใบ *Zeuzera coffeae* Nietner.	0.00±0.00	16.67±16.96	8.33	ns
มอด *Hypothenemus hampei*.	-	-	-	-
n	10	10	10	

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

การเข้าทำลายของโรคและแมลงในแปลงทดสอบพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี พบว่ามีการระบาดและมีปริมาณที่พบแตกต่างกัน โดยโรคราสนิม *Helmileia vastatrix* พบมากที่สุดในแปลงเกษตรกรมากถึง 86.67 % และแปลงระบบ IoT เท่ากับ 66.67 % โรคใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola* พบเพียง 1.11-4.89 % หรือ เฉลี่ย 3.00 % เช่นเดียวกันกับโรคราดำ *Capnodium* sp. ทั้ง 2 วิธีการพบเพียง 10.00-11.11 % หรือ เฉลี่ย 10.56 % ซึ่งมีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยหากเปรียบเทียบกับโรคราสนิม ราดำเกิดจากมีการเข้าทำลายต้นกาแฟโดยแมลงกลุ่มปากดูด ได้แก่ เพลี้ยหอย ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ซึ่งมีมดบางชนิดที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับเพลี้ยหอย เป็นพาหะที่นำเพลี้ยหอยเข้าทำลายต้นกาแฟ (ลักขิกา และคณะ, 2562) สอดคล้องกับการพบมด 8.89-10.00 % หรือ เฉลี่ย 9.44 % และเพลี้ยหอยที่พบในแปลงเกษตรกรมากถึง 42.22 % และในแปลง Iot 27.78 % ในส่วนของหนอนชอนใบพบการระบาด 8.89 % ทั้ง 2 แปลงทดสอบ และมอดที่มีการพบน้อยมากเพียง 1.11-2.22 % หรือ เฉลี่ย 1.67 % (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ข้อมูลเปอร์เซ็นการพบโรคและแมลงเฉลี่ยในแปลงทดสอบพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี

Disease / Insect	Type		Mean	P-value
	IoT plot (%)	Conservation plot (%)		
ราสนิม *Helmileia vastatrix*.	66.67±7.20	86.67±9.42	76.76	*
ใบจุดตากบ *Cercospora coffeicola*.	4.89±1.01	1.11±1.57	3.00	*
ราดำ *Capnodium* sp.	10.00±7.20	11.11±7.86	10.56	ns
มด *Solenopsis geminate*.	8.89±1.57	10.00±5.44	9.44	ns
เพลี้ยแป้ง *Planococcus lilacinus* (Cockerell)	27.78±20.78	42.22±29.86	35.00	ns
หนอนชอนใบ *Zeuzera coffeae* Nietner.	8.89±10.34	8.89±5.67	8.89	ns
มอด *Hypothenemus hampei*.	2.22±1.57	1.11±1.57	1.67	ns
n	10	10	10	

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ในแปลงทดสอบพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง พบว่าแปลง IoT ปริมาณมากที่สุดอยู่ที่ 1,293.33 kg/rai และแปลงเกษตรกรมีปริมาณ 1,000 kg/rai ซึ่งแปลง IoT มีปริมาณผลผลิตกาแฟเชอร์รี่มากกว่า 29.33 % ในส่วนของพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี พบว่าแปลง IoT ปริมาณมากที่สุดอยู่ที่ 325.66 kg/rai และแปลงเกษตรกรมีปริมาณ 214.33 kg/rai ซึ่งแปลง IoT มีปริมาณผลผลิตกาแฟเชอร์รี่มากกว่า 51.94 % (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ข้อมูลปริมาณผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ในแปลงทดสอบแต่ละพื้นที่

Area	Type		Mean	P-value
	IoT plot (kg/rai)	Conservation plot (kg/rai)		
MSL	1,293.33±867.23	1,000.00±0.00	1,146.67	ns
WW	325.66±137.415	214.33±156.07	270.00	ns
n	3	3	3	

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ** มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) MSL = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และ WW = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี

ต้นทุนการผลิตกาแฟในพื้นที่ศึกษาแปลง IoT โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ แม่สลอง ทั้งหมด 5,778.33 บาท/ไร่ มีรายได้ทั้งหมด 38,800.00 บาท/ไร่ และมีกำไร 33,021.67 บาท/ไร่ และแปลงเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตทั้งหมด 3,461.33 บาท/ไร่ รายได้ทั้งหมด 30,000 บาท/ไร่ และมีกำไร 26,538.67 บาท/ไร่ หรือมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการใช้ข้อมูล IoT 24.42 % และพื้นที่วาวีต้นทุนการผลิตกาแฟแปลง IoT ทั้งหมด 4,048.65 บาท/ไร่ รายได้ทั้งหมด 9,770.00 บาท/ไร่ และมีกำไร 5,721.35 บาท/ไร่ และแปลงเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตทั้งหมด 1,896.62 บาท/ไร่ รายได้ทั้งหมด 6,430.00 บาท/ไร่ และมีกำไร 4,533.38 บาท/ไร่ หรือมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการใช้ข้อมูล IoT 26.20 % (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ข้อมูลต้นทุนในผลิตกาแฟในแปลงทดสอบแต่ละพื้นที่

	Area/List	Type	
		IoT plot	Conservation plot
MSL	- ต้นทุนการผลิตกาแฟ (บาท/ไร่)	4,438.33	3,461.33
	- ต้นทุนจากการใช้ IoT (บาท/ไร่)	1,340.00	-
	- รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่)	5,778.33	3,461.33
	- รายได้ (บาท/ไร่)	38,800.00	30,000.00
	- กำไร (บาท/ไร่)	33,021.67	26,538.67
WW	- ต้นทุนการผลิตกาแฟ (บาท/ไร่)	2,695.64	1,896.62
	- ต้นทุนจากการใช้ IoT (บาท/ไร่)	1,353.01	-
	- รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่)	4,048.65	1,896.62
	- รายได้ (บาท/ไร่)	9,770.00	6,430.00
	- กำไร (บาท/ไร่)	5,721.35	4,533.38

หมายเหตุ : MSL = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และ WW = โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี

การใช้เทคโนโลยี Iot ขั้นต้นจากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปัจจัยสภาพแวดล้อม หรือ Data logger ทำให้ได้ซึ่งข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง ทำให้ทราบข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมของแปลงทดสอบระบบ IoT โดยในแปลงทดสอบควรมีปริมาณแสงประมาณ 36,000 Lux หากมีปริมาณที่น้อยเกินไปอาจทำให้เกิดความชื้นสะสมที่มากและทำให้มีแนวโน้มให้เกิดโรคพืชที่เกี่ยวข้องกับเชื้อราได้มาก เช่น โรคราสนิม โรคเน่าดำ แอนแทรคโนส เป็นต้น นอกจากนั้นการช่วยให้คำแนะนำกับเกษตรกรให้มีการตัดแต่งไม้ให้ร่มเงาในพื้นที่ปลูกกาแฟ (IoT) ให้มีการตัดแต่งเพิ่มเติมให้มีแสงสว่างที่เหมาะสม นอกจากนี้ การตรวจวัดข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินทั้ง 2 ศูนย์พบว่า มีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง-สูง จึงทำการแนะนำการใช้ปูนในแปลง (IoT) เนื่องจากในดินมีค่า pH ที่เป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก (4.18-4.69) ปูนมีส่วนประกอบของแคลเซียม โดยแคลเซียมมีส่วนช่วยให้กาแฟติดดอกออกผลได้ดียิ่งขึ้น (จิราภรณ์, 2563) การเข้าทำลายของโรคและแมลงเนื่องจากมีการเข้าเก็บข้อมูลในเรื่องโรคและแมลงทำให้มีการป้องกันโรคและแมลงได้อย่างทันท่วงที จากผลการศึกษาการเข้าทำลายของโรคและแมลง พบว่าแปลง IoT มีแนวโน้มพบปริมาณการเข้าลายน้อยกว่าจากการติดตามและจัดการด้วยข้อมูลจาก Data logger และข้อมูลการส่งเสริมเกษตรกร และในส่วนของผลผลิตกาแฟพบว่าแปลง IoT มีปริมาณผลผลิตที่มากกว่า ในส่วนของผลผลิตพื้นที่แม่สลอง และวาวีที่มีปริมาณที่น้อยกว่ากันมาก จากการสัมภาษณ์เกษตรกรปีเพาะปลูก 2568 กาแฟพื้นที่วาวีมีปริมาณผลผลิตกาแฟที่น้อยลง ปัจจัยหลักเกิดจากสภาวะอากาศที่แปรปรวน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลปริมาณแสงที่พื้นที่วาวีมีความเข้มแสงที่มากกว่าแม่สลอง ส่งผลต่อสุขภาพของต้นกาแฟโดยตรงทำให้ปริมาณผลผลิตกาแฟมีปริมาณลดลง ในส่วนพื้นที่แม่สลองพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ปลูกในสภาพร่มเงาของไม้ชนิดต่างๆ และสวนใหญ่ต้นกาแฟยังมีอายุเฉลี่ยน้อยกว่า ทำให้กาแฟยังให้ผลผลิตมากกว่ากาแฟในพื้นที่วาวี

การใช้เทคโนโลยี IoT ทั้งสองพื้นที่ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตรวมสูงกว่าการผลิตแบบเดิมของเกษตรกร เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการนำระบบ IoT มาใช้ในการจัดการแปลงผลิต อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์รายได้และกำไร แสดงให้เห็นว่าการใช้ IoT ช่วยเพิ่มรายได้จากการผลิตกาแฟในทั้งสองพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ โดยในพื้นที่แม่สลองการผลิตด้วย IoT ให้รายได้และกำไรสูงกว่าการผลิตแบบเกษตรกร อย่างชัดเจน ขณะที่ในพื้นที่วาวี แม้ระดับรายได้รวมจะต่ำกว่าพื้นที่แม่สลองแต่การใช้ IoT ยังคงให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่าวิธีการผลิตแบบเกษตรกร

ในระยะต่อไป จะดำเนินการติดตั้งระบบ IoT เพื่อการปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของกาแฟ รวมถึงการเน้นการการผลิตกาแฟคุณภาพสูงหรือที่เรียกว่า Specialty Coffee บนพื้นที่สูง เป็นกระบวนการที่ละเอียดอ่อนและต้องพึ่งพาปัจจัยต่างๆ เช่น ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิที่ลดลง ทำให้ต้นกาแฟอาราบิกา เจริญเติบโตช้าลง มีช่วงเวลาสะสมสารอาหารและสารให้กลิ่นรส (Flavor Precursors) ที่ยาวนานขึ้น ก่อให้เกิดรสชาติที่ซับซ้อนและมีคุณภาพสูง แต่ในขณะเดียวกัน ภูมิประเทศบนพื้นที่สูงก็มีความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อมเฉพาะถิ่นสูง ไม่ว่าจะเป็นความชื้นสัมพัทธ์ในระดับแปลงปลูก สภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) หรือปริมาณแสงแดดที่ได้รับในแต่ละจุด การบริหารจัดการแบบดั้งเดิมที่อาศัยการสังเกตด้วยสายตาหรือการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มจึงไม่เพียงพออีกต่อไป เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีความสม่ำเสมอและเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพ เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) จึงจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในฐานะเครื่องมือหลักของ เกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) ที่เปลี่ยนจากการ การผลิตตามธรรมชาติ เป็นการการผลิตด้วยการจัดการตามข้อมูล โดยใช้ระบบเซ็นเซอร์อัจฉริยะ ในทุกจุดที่สำคัญของแปลงปลูกกาแฟ ทำการตรวจวัดปัจจัยทางจุลสภาพอากาศ (Microclimate) และสภาพดินอย่างต่อเนื่องแบบเรียลไทม์ ข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้ถูกรวบรวม ส่งผ่านเครือข่ายไปยัง คลาวด์แพลตฟอร์ม เพื่อการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว ทำให้

เกษตรกรสามารถตัดสินใจดำเนินการได้อย่างทันท่วงที เช่น การใช้ระบบให้น้ำอัตโนมัติเมื่อเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินบ่งชี้ถึงภาวะขาดน้ำในโซนราก หรือการปรับสูตรการให้ปุ๋ยเฉพาะจุดเมื่อพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเริ่มเบี่ยงเบนไปจากช่วงที่เหมาะสม (pH 5.5-6.0) การใช้ IoT จึงช่วยลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของธรรมชาติ เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ทั้งน้ำ ปุ๋ย และแรงงาน และที่สำคัญที่สุดคือการยกระดับความสม่ำเสมอของคุณภาพเมล็ดกาแฟ ในแต่ละฤดูเก็บเกี่ยว

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและมูลค่าของกาแฟอะราบิกาคุณภาพภายใต้ระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงและ BCG โมเดล จากผลการศึกษาสามารถสรุปโดยแบ่งเป็นหัวการศึกษาดังนี้

1. การศึกษาชนิดไม้ร่มเงาที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ รวมถึงการเพิ่มมูลค่าจากการดูดซับ CO_2 ในระบบการปลูกกาแฟ ด้านผลผลิตกาแฟ ชนิดไม้ร่มที่มีผลต่อผลผลิตกาแฟหากประเมินจากผลผลิตที่มากที่สุด โดยอ้างอิงตั้งแต่ 1,000 kg/rai ขึ้นไป พลัมและท้อ หรือไม้ผลเมืองหนาว นับเป็นพืชที่มีผลทำให้กาแฟมีผลผลิตมากที่สุด ทำให้มีรายได้ในส่วนของผลผลิตกาแฟและรายได้จากชนิดไม้ร่มเงาที่มากกว่าพืชชนิดอื่น ด้านรสชาติการชงดื่มของกาแฟในแต่ละพื้นที่มีคะแนนตั้งแต่ 79.75-82.50 คะแนน ระบบไม้ท้องถิ่น (ก่อ เนียง หว้า จันทร์ทองเทศ และแค) มีแนวโน้มทำให้คะแนนรสชาติชงดื่มที่มากกว่าไม้ร่มเงาชนิดอื่น มีคะแนน 80.00-82.25 คะแนน ความสัมพันธ์ของไม้ร่มเงา คุณภาพทางด้านรสชาติชงดื่ม ผลผลิตกาแฟเชอร์รี่ และผลตอบแทน ระบบไม้ผสมผสาน (เนียง อะโวคาโด พลัม อบเชย แมคคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับกลิ่นหอมในกาแฟมีค่า -0.878 และยังมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลผลิตกาแฟมีค่า -0.345 และระบบไม้ผล ระบบไม้ผล (มะนาวหวาน อะโวคาโด แมคคาเดเมีย) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับรายได้มีค่า 0.444 และการดูดซับ CO_2 ในแปลงกาแฟรวม ทั้ง 4 ระบบ ระบบไม้ท้องถิ่นและผสมผสานมีแนวโน้มการดูดซับ CO_2 ที่มากกว่าระบบอื่นๆ โดยมีการดูดซับ CO_2 รวมอยู่ในช่วง 111.69-142.65 tCO_2e/rai รองลงมาคือระบบผสมผสาน ไม้ผล และไม้ผลเมืองหนาว มีค่า 118.27 - 147.78, 68.81 - 106.89, 76.61 - 91.90 tCO_2e/rai ตามลำดับ จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว นอกจากจะได้ผลผิตกาแฟที่เพิ่มขึ้นแล้วเกาตรกรยังมีรายได้เข้ามา 2 ทางนอกจากนั้นยังมีความสามารถในการดูดซับ CO_2 ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ในระยาวควรมีการปลูกไม้ใหญ่หรือไม้ท้องถิ่นเสริมเข้ามาเพื่อเป็นร่มไม้เงาถาวรและก่อให้เกิดระบบนิเวศสีเขียว และยังเป็นเตรียมแปลง เตรียมความพร้อม สำหรับรับมือสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2. การศึกษาการปลดปล่อยและดูดซับก๊าซ CO_2 ตลอดห่วงโซ่การผลิตกาแฟ (ตั้งแต่กระบวนการปลูก กระบวนการแปรรูป และในผลิตภัณฑ์กาแฟ) มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนอยู่ในช่วง 19.65 – 656.22 $kgCO_2e$/rai/y หรือเฉลี่ย 220.15 $kgCO_2e$/rai/y เปรียบเทียบกับการดูดซับ CO_2 ในรอบปีมีค่าเฉลี่ย 480.00 $kgCO_2e$/rai/y จากผลการศึกษาการปลูกกาแฟภายใต้สภาพไม้ร่มเงานั้นการดูดซับ CO_2 มีปริมาณที่มากกว่าการปลดปล่อย CO_2 จากผลการศึกษาการจัดการแปลงกาแฟตลอดห่วงโซ่การผลิตกาแฟโดยเฉลี่ยการปลดปล่อยยังไม่มากเกินกว่าปริมาณการดูดซับ โดยปัจจัยที่ส่งผลให้การปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุดเกิดจากการ ใส่ปุ๋ย นอกจากนั้นเกษตรกรบางรายต้องมีการแปรรูปนอกพื้นที่แปลงปลูกอาจทำให้เกิดการปลดปล่อย CO_2 จากการขนส่งเคลื่อนย้ายมากขึ้น แนวทางการลดการปลดปล่อย CO_2 คือการลดปริมาณการใช้ปุ๋ย และส่งเสริมให้เกิดวิสาหกิจแปรรูปกาแฟในท้องถิ่น

3. การศึกษาวิธีการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากเปลือกกาแฟ (Cascara) การแปรรูปในกรรมวิธีที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันสถิติ การแปรรูปแบบน้ำสะอาดหรือน้ำแปล่าของเกษตรกรทำให้ไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค แต่บางพื้นที่นั้นไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะสามารถป้องกันการปนเปื้อนได้จริง โดยการล้างเปลือกกาแฟโดยใช้สาร KMS หรือสารในกลุ่มโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (Potassium Metabisulphite)

ที่ใช้กำจัดเชื้อราในผักและผลไม้ สามารถช่วยให้เปลือกกาแฟลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคได้ และยังมีปริมาณโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นคงเหลือ 8.98-9.57 mg/g และ 1,509.00-1,743.33 μmolTE/100 g ตามลำดับ การแปรรูปโดยใช้สารล้างและทำความสะอาดถึงแม้จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนและคงเหลือสารสำคัญไว้ แต่ในแง่ของต้นทุนการผลิตทำให้เพิ่มต้นทุนขึ้นมา ทั้งนี้ต้องมีการทดลองในหลายพื้นที่เนื่องจากแหล่งที่มาของน้ำในการแปรรูปต่างกันอาจมีการปนเปื้อนที่แตกต่างกันออกไป

4. การทดสอบสายพันธุ์กาแฟที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง

4.1 การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ ให้ผลผลิตสูง และทนทานต่อโรคและแมลง พบว่าสายพันธุ์เกอิชามีความสูง ขนาดทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด 214.20, 170.20 และ 3.11 cm ตามลำดับ ขณะที่สายพันธุ์เซรีน่ามีแนวโน้มการเกิดโรคและแมลงน้อยที่สุด 0.00-65.45 % อย่างไรก็ตามผลผลิตของทั้ง 3 สายพันธุ์ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพรสชาติการชงดื่ม โดยมีแนวโน้มที่สามารถวิเคราะห์ผลผลิตได้ในผลผลิตในฤดูกาลผลิต 2568/69

4.2 การทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่สูงแต่ละระดับความสูง อยู่ในระหว่างการเพาะกล้า และบำรุงรักษาเพื่อใช้ในการปลูกทดสอบกาแฟทั้ง 8 สายพันธุ์ ได้แก่ (1) สายพันธุ์กาแฟรหัส B1 (2) สายพันธุ์กาแฟรหัส B2 (3) สายพันธุ์กาแฟรหัส B13 (4) สายพันธุ์กาแฟรหัส HNK5 (5) สายพันธุ์กาแฟรหัส HNK9 (6) สายพันธุ์กาแฟรหัส WW5 (7) สายพันธุ์กาแฟ เกอิชา (8) สายพันธุ์กาแฟ จาวา

5. การทดสอบการจัดการแปลงกาแฟด้วยเทคโนโลยี IoT การเข้าทำลายของโรคและแมลงโดยเฉพาะโรคราสนิม การติดตั้ง IoT ลดการเข้าทำลายของโรคประมาณ 16.66-20.00 % เช่นเดียวกันกับเพลี้ยแป้งลดการเข้าทำลายประมาณ 14.44 % ในด้านของผลผลิตการติดตั้ง IoT ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 29.33-51.94 % และในเรื่องของต้นทุนและรายได้การใช้ข้อมูล IoT มีรายได้เพิ่มขึ้น 24.42-26.20 % ผลการศึกษาพบว่าการติดตั้งเครื่องมือ IoT สามารถใช้ข้อมูลในการจัดการแปลงกาแฟได้ถึงแม้จะมีต้นทุนในการผลิตที่เพิ่มขึ้น แต่หากมองในแง่รายได้ที่เพิ่มขึ้น และสามารถจัดการปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในแปลงได้อย่างทันท่วงที นับว่าเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่ควรนำมาใช้ในแปลงปลูกกาแฟ