

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

สายพันธุ์กาแฟอาราบิกาส่งเสริมปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง และสวพส. มีความหลากหลายของสายพันธุ์ ผลผลิตที่เกษตรกรแปรรูปและจำหน่าย ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ที่แท้จริงได้ ทำให้มีความแตกต่างด้านคุณภาพการชิม ซึ่งการแข่งขันในตลาดกาแฟจะเน้นเรื่องคุณภาพที่มีเอกลักษณ์ด้านรสชาติที่เฉพาะ ในระยะที่ผ่านมาโครงการหลวงมีการใช้สายพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่หลากหลาย ส่งผลต่อการจัดการด้านคุณภาพของผลผลิต และสายพันธุ์กาแฟที่มีคุณภาพด้านรสชาติยังมีจำกัด สำหรับการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก รวมถึงการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคุณภาพ ดังนั้นมูลนิธิโครงการหลวง และ สวพส. จึงได้รวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่มีคุณภาพดีในด้านการเจริญเติบโต การทนทานต่อโรคและแมลงศัตรูกาแฟ รวมถึงคุณภาพการชิมที่ดีหรือมีเอกลักษณ์รสชาติ และทดสอบการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในพื้นที่ความสูงแตกต่างกัน สำหรับนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการสนับสนุนให้เกษตรกรปลูกทดแทนสายพันธุ์เดิมอย่างต่อเนื่อง สร้างความยั่งยืนต่ออาชีพ และรายได้ของเกษตรกร

นอกจากนี้การปลูกกาแฟบนพื้นที่สูงนั้นเกี่ยวข้องกับอาชีพของเกษตรกรจำนวนมากและเป็นรายได้หลักของหลายชุมชน แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้แปลงปลูกกาแฟ และผลผลิตกาแฟได้รับผลกระทบอย่างหนัก (Läderach et al., 2010; Schroth et al., 2009) นอกจากทางด้านสภาพอากาศที่แปรปรวน ในด้านการจัดการดูแลสวนกาแฟบางแห่ง ยังขาดการจัดการดูแลสวนที่เหมาะสมส่งผลให้ต้นกาแฟโทรมและผลผลิตลดลง จึงมีความจำเป็นต้องมีการนำองค์ความรู้เข้าไปจัดการในการดูแลฟื้นฟูแปลงที่ทรุดโทรม รวมถึงประเทศไทยกำลังเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เพื่อความยั่งยืนด้านรายได้ และรักษาสีเขียวของเกษตรกรบนพื้นที่สูง โดยการเสริมมูลค่าเพิ่มจากระบบการปลูกกาแฟที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางการพัฒนาของ BCG Economy Model

### 4.2 ทฤษฎี

1) สายพันธุ์กาแฟ (พงษ์ศักดิ์, 2561) สายพันธุ์กาแฟอาราบิกาที่สำคัญ แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

(1) อาราบิกาแท้ ได้แก่ สายพันธุ์คาทูรา ทิปิก้า บลูเมาเทน เบอร์บอน โดยสายพันธุ์เหล่านี้มีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ แต่มีข้อด้อยคือ อ่อนแอต่อโรคราสนิม ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเก็บผลผลิตเพื่อจำหน่ายได้ การจัดการสวนที่ดีจึงต้องมีการเพิ่มต้นทุนด้านการจัดการโรคและแมลง จึงนิยมปลูกกันน้อยลง

(2) กลุ่มสายพันธุ์ที่เกิดจากการผสมข้าม เช่น คาติมอร์ (Catimor) เป็นสายพันธุ์ที่ได้มาจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ คาทูราผลสีแดง CIFIC 19/1 ซึ่งเป็นต้นแม่ และ ไฮบริด เดอ ติมอร์ CIFIC 832/1 ซึ่งเป็นต้นพ่อ และการผสมกลับ (Backcross) ระหว่างลูกผสมทำให้ลูกผสมที่ได้มีความต้านทานต่อโรคราสนิม ซึ่งได้จากพันธุ์ไฮบริด เดอ ติมอร์ ลักษณะทรงต้นเตี้ย ผลผลิตสูง การใช้เลขหมาย CIFIC 19/1 และ CIFIC 832/1 ถูกกำหนดโดยนักปรับปรุงพันธุ์พืชที่ ศูนย์วิจัยโรคราสนิมนานาชาติ (Centro de Investigacao das Ferrgens de Cafeeiro, CIFIC) มานพ และคณะ (2551) ได้รายงานผลการวิจัยและพัฒนากาแฟอาราบิกาของกรมวิชาการเกษตร สามารถคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี ต้นเตี้ย ข้อสั้น ให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ มีคุณภาพและต้านทานโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถคัดเลือกได้ 3 สายพันธุ์ ที่ต้านทานต่อโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28, Catimor CIFIC 7963-51-7 และ Catimor CIFIC 7963-661-36 และ

เปรียบเทียบสายพันธุ์ (ใช้เมล็ด F8 จากต้นคัดเลือก) จำนวน 3 สายพันธุ์ กับพันธุ์เปรียบเทียบ 7 พันธุ์ โดยสายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 ให้ผลผลิตต่อต้น และสารกาแฟเกรด A สูงสุด เมื่อทดสอบสายพันธุ์คัดเลือก 3 สายพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ Caturra ในพื้นที่ปลูก 4 แห่ง สามารถคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม คือ สายพันธุ์ Catimor CIFIC 7963-13-28 ลักษณะเด่น คือ ต้านทานโรคราสนิมสูง ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟดิบ (green bean) เฉลี่ย 5 ปี สูงถึง 215 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ Caturra, Bourbon และ Typica ที่เกษตรกรปลูกทั่วไป คุณภาพการชิม (cup quality taste) อยู่ระดับ 6.5 -7.0 คะแนน (จาก 10 คะแนน) สิทธิเดช และสุมานี (2563) รายงานผลการคัดเลือกและผลิตเมล็ดพันธุ์กาแฟอาราบิก้าคุณภาพของโครงการหลวง ในปี พ.ศ. 2563 สามารถคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟที่มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตที่ดีในชุดที่ 1 จำนวน 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อ่างช้าง (AK) จำนวน 3 เบอร์ พันธุ์อินทนนท์ (IN) จำนวน 2 เบอร์ โดยส่งวิเคราะห์คุณภาพการชิมซ้ำในปี 2562 ในพันธุ์จากป่าเมี่ยง (PM) และพันธุ์จากตีนตึก (TT) นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟ 20 ตัวอย่าง ส่งวิเคราะห์คุณภาพทางด้านรสชาติ (Cup test) พบว่าทั้ง 20 ตัวอย่าง ในแหล่งพันธุ์ป่าเมี่ยง (PM) 10 ตัวอย่าง และแหล่งพันธุ์ตีนตึก (TT) 10 ตัวอย่าง อยู่ในกลุ่มคุณภาพดีเยี่ยม ส่วนชุดที่ 2 ที่รวบรวมในปี พ.ศ. 2559 เริ่มให้ผลผลิตในปี 2563/64 ยังไม่สามารถวิเคราะห์คุณภาพการชิมได้ สิทธิเดช และสุมานี (2564) สามารถคัดเลือกสายพันธุ์กาแฟที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพด้านการชิมที่ดีเยี่ยมจำนวน 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อ่างช้าง (AK) เบอร์ A5/A7/A10 พันธุ์อินทนนท์ (IN) เบอร์ A42/A58 พันธุ์ตีนตึก (TT) เบอร์ B1/B4/ B9/B19 และพันธุ์ป่าเมี่ยง (PM) เบอร์ B27/B29/B36/B40 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านรสชาติ พบว่าอยู่ในเกณฑ์คะแนนคุณภาพดีเยี่ยม

## 2) โรคและแมลงศัตรูกาแฟ

พื้นที่ปลูกกาแฟทางภาคเหนือของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้น โดยปลูกมากที่สุดคือจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ แต่ปัญหาสำคัญที่พบคือ โรคและแมลงศัตรูกาแฟ และจากสภาพอากาศที่แปรปรวน อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้น หรือภาวะฝนทิ้งช่วง ทำให้เกิดปัญหาการระบาดของโรค และแมลง ซึ่งสร้างความเสียหายในแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรเป็นอย่างมาก โดยแมลงที่พบการระบาด ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) ตัวหนอนเจาะลำต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera: Cerambycidae) เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) และเพลี้ยอ่อน *Toxoptera* sp. (Hemiptera: Aphididae) (ปิยะวรรณ และเยาวลักษณ์, 2557) ในด้านของโรคที่พบการระบาด ได้แก่ โรคน้ำแตรโคนส เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum coffeanum*, โรคราดำ เกิดจากเชื้อรา *Capnodium* sp. และโรคราสนิม เกิดจากเชื้อรา (*Helmieia vastatrix*) ซึ่งโรคราสนิมถือเป็นโรคที่มีความรุนแรงต่อต้นกาแฟ ลักษณะอาการครั้งแรกจะเห็นเป็นจุดสีเหลืองบริเวณด้านในของใบและเกิดกับใบแก่ก่อน จุดสีเหลืองบนใบจะขยายโตขึ้นเรื่อย ๆ สีของแผลจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มหรือสีส้ม ไบร่ง และกิ่งแห้งในเวลาต่อมา ต้นที่เป็นโรครุนแรงใบจะร่วงเกือบหมดต้น

## 3) คุณภาพกาแฟ

คุณภาพกาแฟ สามารถแบ่งจำแนกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ (ขนาด) รสสัมผัส (คุณภาพของการชิม) และคุณลักษณะทางเคมี (Cheng et al., 2016)

### (1) ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่

**ขนาดเมล็ดกาแฟ** การที่มีเมล็ดขนาดใหญ่อาจทำให้เพิ่มมูลค่าของราคาเมล็ดกาแฟได้ แต่ในด้านรสชาตินั้นเมล็ดกาแฟที่มีขนาดใหญ่ไม่จำเป็นต้องมีรสชาติที่ดีกว่าเสมอไป แต่การที่มีเมล็ดขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกัน มีผลต่อการคั่วเมล็ดกาแฟ เนื่องจากเมล็ดที่มีขนาดเล็กมักสุกก่อนเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ ส่งผลให้เกิดระดับการคั่วของเมล็ดไม่เท่ากัน (Wintgens, 2009) ซึ่งเกณฑ์การแบ่งเกรดที่เป็นมาตรฐานในปัจจุบัน ใช้ขนาดความกว้างของขนาดเมล็ดกาแฟเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเกรด สำหรับเกณฑ์การแบ่งในประเทศไทย ได้แบ่งขนาดของเมล็ดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรซึ่งกำหนดโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้กำหนดมาตรฐานขนาดเมล็ดกาแฟไว้ 7 ขนาด คือ ขนาดของเมล็ดใหญ่กว่า  $>7.14$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 1) ขนาดเมล็ด  $6.75 - <7.14$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 2) ขนาดเมล็ด  $6.35 - <6.75$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 3) ขนาดเมล็ด  $5.95 - <6.35$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 4) ขนาดเมล็ด  $5.56 - <5.95$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 5) ขนาดเมล็ด  $4.76 - <5.56$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 6) และขนาดเมล็ดน้อยกว่า  $4.76$  มิลลิเมตร (รหัสขนาด 7) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561)

**สีของเมล็ดกาแฟ (Green beans)** เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพความสดของเมล็ดกาแฟ และความชื้นของเมล็ดกาแฟ รวมถึงความเสียหายและข้อบกพร่องของเมล็ด โดยทั่วไปสีของเมล็ดกาแฟมักเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกกาแฟ เช่น การปลูกในที่สูงเมล็ดกาแฟมักมีสีเขียวอมฟ้า และหากปลูกในดินที่ขาดสังกะสีเมล็ดกาแฟอาจกลายเป็นสีเทาอ่อน (Wintgens, 2009)

### (2) รสสัมผัส (การชิม)

การประเมินทางรสสัมผัสหรือการชิมนั้น เมล็ดกาแฟที่มีขนาด และลักษณะที่ดี รวมถึงไม่มีข้อบกพร่องของเมล็ด ไม่จำเป็นต้องมีรสชาติที่ดีเสมอไป (Wintgens, 2009) เนื่องจากคุณภาพของเมล็ดกาแฟมีหลายปัจจัยที่มีส่งผลต่อรสชาติ ทั้งทางด้านสายพันธุ์ และปัจจัยสภาพแวดล้อมในแหล่งปลูก ด้วยเหตุนี้การตัดสินคุณภาพกาแฟ ที่มีเรื่องรสชาติมาเกี่ยวข้อง รวมถึงการคั่วกาแฟ เพื่อวิเคราะห์กลิ่น รสสัมผัส และความเปรี้ยวในเมล็ด กลุ่มคนที่ชิมเพื่อประเมิน ต้องผ่านการฝึกอบรม ซึ่งได้รับการกำหนดโดยองค์กรกาแฟระหว่างประเทศ International Coffee Organization (ICO)

### (3) คุณลักษณะทางเคมี

ในเมล็ดกาแฟมีสารประกอบทางเคมีหลายชนิด และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในระหว่างช่วงที่เมล็ดมีการพัฒนา โดยสารที่พบหลักๆ ได้แก่

**คาเฟอีน** เป็นสารที่ไม่มีกลิ่น มีรสขม เป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่ส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟ คาเฟอีนเป็นสารที่มีฤทธิ์กระตุ้น ละลายได้ง่ายในสารอินทรีย์ทั่วไป ยกเว้นไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ ละลายน้ำได้ร้อยละ 2 ในน้ำเย็น อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และละลายได้ร้อยละ 18 ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และละลายได้ดีมากในคลอโรฟอร์ม (พัชนี, 2542) คาเฟอีนในเมล็ดกาแฟอาราบิกามีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่  $0.8 - 1.4$  โดยปริมาณคาเฟอีนน้อย ๆ สะสมในระหว่างการพัฒนาเมล็ด Geromel et al. (2008) พบว่า ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดมีการเก็บสะสมเพิ่มสูงสุดอยู่ที่ 214 วัน และลดลงเมื่อนานถึง 281 วัน เมล็ด

กาแฟจัดเป็นพืชที่เป็นแหล่งของคาเฟอีนมาก นอกจากนี้ลักษณะของพื้นที่ปลูกกาแฟ มีความสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ วรรณภา และดรณี (2560) พบว่า ปริมาณคาเฟอีนมีปริมาณลดลง เมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น

**ไทรโกเนลลีน (Trigonelline)** เป็นสารอัลคาลอยด์ในเมล็ดกาแฟ มีปริมาณมากเป็นอันดับสอง รองจากคาเฟอีน ไทรโกเนลลีนเป็นสารตั้งต้นให้เกิดกลิ่น ช่วยส่งเสริมกลิ่นและรสของกาแฟให้ดีขึ้น ในเมล็ดกาแฟอาราบิกานั้นมีปริมาณไทรโกเนลลีนที่สูงกว่ากาแฟโรบัสต้า โดยมีปริมาณสารอยู่ที่ 0.8 - 1.82 % และ 0.7 - 1.24 % ตามลำดับ (Bichoet et al., 2013) และสำหรับการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงานั้นสามารถช่วยเพิ่มปริมาณไทรโกเนลลีนได้ ส่งผลให้การปลูกภายใต้ร่มเงามีปริมาณไทรโกเนลลีนมากกว่าการปลูกกลางแจ้ง (Vaast et al., 2006)

**กรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acids) (CGAs)** เป็นกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกที่แสดงคุณลักษณะหลายอย่าง ในระหว่างการคั่ว CGAs ส่วนใหญ่ย่อยสลายเป็นกรด caffeic แลคโตนและอนุพันธ์ฟีนอลอื่น ๆ ผ่านปฏิกิริยาของ Maillard และ Strecker ซึ่งส่งผลให้เกิดความขม ความฝาด และกลิ่นหอมเพิ่มขึ้น (Upadhyay and Mohan Rao, 2013) CGAs ในกาแฟอาราบิก้ามีการสูญเสีย CGA เกิดหลังจากการคั่วระดับอ่อน (คั่วจนเมล็ดกาแฟมีสีน้ำตาลอ่อน) และหลังจากการคั่วเมล็ดกาแฟระดับเข้ม (คั่วจนเมล็ดกาแฟมีสีน้ำตาลเข้ม) มีการสูญเสีย CGA เท่ากับ 60.9 % และ 96.5 % ตามลำดับ สอดคล้องกับในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่พบการสูญเสียอยู่ที่ 59.7 % ถึง 98 % ตามลำดับ (Trugo and Macrae, 1984 ).

**ซูโครส (Sucrose)** เป็นสารตั้งต้นของกลิ่นหอม สลายตัวอย่างรวดเร็วในระหว่างการคั่วและก่อตัวเป็นสารประกอบระเหย และไม่ระเหย ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในเมล็ดกาแฟ เป็นซูโครสมากกว่า 90 % (Knopp et al., 2006) ปริมาณซูโครสนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด และสายพันธุ์ของกาแฟ ในกาแฟอาราบิก้ามีปริมาณซูโครสอยู่ที่ 7.4 - 11.1 % ซึ่งสูงกว่ากาแฟโรบัสต้าที่มีปริมาณซูโครสอยู่ที่ 4.05 - 7.05 % (Tran et al., 2016)

**ลิพิด (Lipids)** ในเมล็ดกาแฟนั้น มีไขมันอยู่ในเมล็ดกาแฟ อยู่ระหว่าง 7 ถึง 17 % ประกอบไปด้วย ไตรเอซิลกลีเซอรอล (70-80 %) ไดเทอร์พีนและกรดไขมัน (15-18.5%) สารประกอบความเข้มข้นต่ำอื่น ๆ ที่มีส่วนช่วย 0.1-3.2% ของไขมันทั้งหมด และไขกาแฟ (0.1-0.3 %) ของน้ำหนักเมล็ดกาแฟทั้งหมด บางครั้งสูญเสียจากกระบวนการแปรรูปเมล็ด เช่น การขัด ล้าง หรือการแยกคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟ (Kurzrock and Speer, 2001) ไขมันในกาแฟทำให้น้ำมันสัมผัสและความรู้สึกในการชิมเครื่องดื่มมีรสชาติ (Oestreich-Janzen, 2010)

#### 4) ส่วนประกอบของผลกาแฟ และสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูป

เมล็ดกาแฟนั้นเป็นเมล็ดของผลกาแฟ (seed) โดยที่ไม่ได้มีส่วนใดเกี่ยวข้องกับถั่วแต่อย่างใด แต่ที่เรียกว่า Bean นั้นเนื่องจากมีลักษณะคล้ายคลึงกับ เมล็ดถั่วนั่นเอง (Eira et al., 2006)

**ผิว/เปลือก** โดยสีของผิวจะแตกต่างกันตามชนิดของกาแฟ หรือระดับความสุกของกาแฟ ซึ่งเริ่มจากสีเขียวไปจนถึงสีแดงเมื่อผลกาแฟสุก นับได้ว่าเป็นเนื้อเยื่อชั้นแรกที่คอยปกป้องเมล็ดกาแฟ



**เมือก/เนื้อเยื่อ** หรือที่เราเรียกกันว่าเมือก เป็นชั้นเนื้อเยื่อห่อหุ้มกะลาไว้ มีลักษณะลื่นและหวาน ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด เช่น น้ำตาล และโปรตีน ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการโปรเสกกาแฟ โดยที่สารอินทรีย์เหล่านี้จะเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ หรืออื่นๆ ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งจะทำให้เกิดสารอินทรีย์อื่นๆที่ส่งผลต่อรสชาติของกาแฟ เช่น กรดอะซิติก

**Parchment หรือ กะลา กาแฟ** หรือเรียกกันว่ากะลา โดยจะเป็นชั้นในสุดของผลกาแฟ ทำหน้าที่ปกป้องเมล็ดกาแฟที่อยู่ด้านในทั้งก่อนและหลังจากการโปรเสก ภายหลังจากการโปรเสกเสร็จสิ้น กะลาจะมีลักษณะคล้ายกับกระดาก

**Silver Skin เยื่อหุ้มเมล็ด** เป็นเนื้อเยื่อบางๆห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ และเป็นจุดเริ่มต้นของเมล็ดกาแฟ

**Green Beans เอนโดสเปิร์ม หรือ กาแฟสาร** เป็นส่วนที่ใช้สะสมอาหารสำหรับเอ็มบริโอซึ่งเป็นส่วนที่สะสมสารอาหารต่างๆที่จะถูกนำไปใช้โดยเอ็มบริโอสำหรับการเจริญเติบโตเป็นต้นกาแฟต้นใหม่ และยังเป็นส่วนสำคัญต่อรสชาติของกาแฟ เพราะสารอินทรีย์ที่ถูกสะสมไว้สำหรับเอ็มบริโอจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นรสชาติของกาแฟระหว่างกระบวนการคั่ว

ซึ่งในกระบวนการผลิตกาแฟนั้นจะมีส่วนเหลือทิ้ง เช่น เปลือกกาแฟเขียว เปลือกกาแฟกะลา และกากกาแฟ โดยจากการค้นคว้าและวิจัยเบื้องต้น พบว่า ในกากกาแฟมีปริมาณน้ำมันคงเหลืออยู่ค่อนข้างสูง ซึ่งน้ำมันจากกากกาแฟประกอบด้วยไตรอซิลลิเซอร์อล (Triacylglycerol) และไดเทอร์พีนส์ (Diterpenes) คิดเป็นร้อยละ 78 และ 15 ตามลำดับ (Barbosa et al., 2014) โดยเฉพาะไดเทอร์พีนส์จัดเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อระบบทางชีววิทยา ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) และฤทธิ์เชิงหน้าที่ (Functional properties) สวสพ. ร่วมกับนักวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงสุขภาพ คือสเปรย์ระงับกลิ่นปากจากสารสกัดน้ำมันจากกากกาแฟ ซึ่งสามารถใช้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์ และมีมูลค่าทางการตลาดต่ำ รวมถึงการนำกากกาแฟที่ใช้แล้วมาสกัดน้ำมัน เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมัน เพื่อเพิ่มช่องทางตลาดและมูลค่าจะส่วนต่างๆ ของกาแฟได้ ซึ่งเป็นการนำสิ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปกาแฟกลับมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า ในขณะที่เอกชนบางส่วน นำเปลือกกาแฟผลสดไปทำชา แต่เนื่องจากความต้องการบริโภคมีน้อย จึงมีข้อจำกัดในทางการตลาดเช่นเดียวกับการสกัดสารอนุมูลอิสระในเมือกกาแฟ ก็ยังมีโอกาสทางการตลาดน้อย เนื่องจากต้องใช้วิธีการที่เฉพาะและมีคู่แข่งทางการตลาดมากในปัจจุบัน และอีกหนึ่งแนวทางในการพัฒนาประยุกต์ใช้สิ่งเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปกาแฟนั้น คือการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นการลงทุนที่มีต้นทุนต่ำ และใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ปลูกกาแฟ ช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมี ที่มีราคาสูงขึ้นมาก ซึ่งเปลือกกาแฟเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่เหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปกาแฟ ซึ่งมีศักยภาพสามารถดูดซับสารชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้ (Oliveira et al., 2008; Oliveira et al., 2008) และสามารถผลิตเป็นปุ๋ยหมักชีวภาพได้ เปลือกกาแฟอุดมไปด้วยอินทรีย์วัตถุ (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิกนิน) และสารอาหารเคมี เช่น ไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) นอกจากนี้เปลือกกาแฟยังมีสารประกอบทุติยภูมิ เช่น คาเฟอีน แทนนิน และโพลีฟีนอล ดังนั้นเปลือกกาแฟและเยื่อกาแฟจึงเป็นวัสดุชนิดหนึ่งมีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาเป็นปุ๋ยหมัก สามารถทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนด้วยปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟได้ ซึ่งมีส่วนช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินกาแฟ การดูดซึมสารอาหารในใบ อัตราการเจริญเติบโตของกิ่งก้าน และเพิ่มผลผลิตได้มากถึง 14% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ (Santos

et al., 2008) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟยังช่วยยับยั้งมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในชนบท และเป็นการพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืนเชิงนิเวศอีกด้วย (Dzung et al., 2013)

### 5) ลักษณะทางภูมิศาสตร์และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟอาราบิกา

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ มีผลทางอ้อมต่อลักษณะของสังคมพืช แต่มีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาพภูมิอากาศ และคุณสมบัติของดิน (นิวัติ, 2534) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟอาราบิกา ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมพื้นฐานของแปลงปลูก ได้แก่

**ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล** ในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลูกกาแฟอาราบิกาทางภาคเหนือของไทย โดยปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป และจากการศึกษาของ นริศ และคณะ (2539) พบว่า ระดับความสูงของพื้นที่ปลูกกาแฟที่เพิ่มสูงขึ้น มีผลให้คุณภาพของเมล็ดกาแฟด้านน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

**ทิศด้านลาด** โดยทิศด้านลาดมีผลต่อการได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ปริมาณฝนและลม ทิศด้านลาดที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟคือ ทิศเหนือ เนื่องจากกาแฟได้รับแสงที่พอดีไม่ได้รับความร้อนที่สูงเกินไป เพราะไม่ได้รับแสงตลอดทั้งวัน ทิศทางรองลงมาได้แก่ ทิศตะวันออก ส่วนทิศตะวันตก ส่วนทางด้านทิศใต้ ไม่เหมาะสมเป็นแหล่งปลูกกาแฟ เนื่องจากกาแฟได้รับแสงทั้งวัน แต่ถ้าหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ควรมีต้นไม้เพื่อบังร่มเงาให้ต้นกาแฟเพื่อป้องกันแสงแดดที่จัดเกินไป (โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, 2530)

**ทิศทางของลม** เนื่องจากกาแฟมีระบบรากตื้น พื้นที่ปลูกจึงไม่ควรมีลมแรงอาจทำให้ต้นกาแฟโค่นล้มหรือเอียงจนเกิดความเสียหายต่อระบบราก อาจส่งผลให้ต้นกาแฟชะงักการเจริญเติบโต รวมทั้งยังทำให้มีการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น จนต้นกาแฟมีอาการขาดน้ำ (โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, 2530)

**ความชื้นสัมพัทธ์** มีผลให้กาแฟสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีความจำเป็นในช่วงที่มีการติดดอก โดยหากมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ จะทำให้ติดดอกอยู่ในช่วงพักตัว และเลิกพักตัวเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง (โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, 2530)

**แสง** มีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เนื่องจากเป็นกระบวนการพื้นฐานที่ทำให้พืชได้มาซึ่งพลังงาน เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นสารประกอบอินทรีย์ในพืช แสงนั้นถือว่าเป็นปัจจัยโดยตรงในการควบคุมกระบวนการพื้นฐานในการเจริญเติบโตของพืช จนได้ผลรวมออกมาในรูปการเจริญและการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง นอกจากนี้แสงยังมีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของพืชด้วย เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของเมล็ด การออกดอก เป็นต้น (สังคม, 2547) พืชแต่ละชนิดนั้นมีความต้องการแสงแตกต่างกัน กาแฟนั้นจัดเป็นพืชกึ่งร่มกึ่งแจ้ง เป็นพืชที่ต้องการแสงที่มีการพรางหรือลดความเข้มของแสงลงแล้ว พืชชนิดนี้นิยมปลูกในที่ร่มที่มีแสงแดดรำไร โดยความเข้มแสงที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอยู่ที่ระดับความเข้มแสง 600  $\mu\text{mol}$  (Cannell, 1985) หรือถ้าเป็นร้อยละของความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอยู่ที่ร้อยละ 62 (Muliasari, 2015)

**อุณหภูมิ (Temperature)** มีความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่พืชเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอก ติดผล การสังเคราะห์แสง การหายใจ และการพักตัว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวัน จาก

อุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกกลางคืน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช โดยส่วนใหญ่แล้ว อุณหภูมิกกลางคืนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชมากกว่าอุณหภูมิกลางวัน ถ้าอุณหภูมิกลางวันสูงกว่าอุณหภูมิกกลางคืน การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชจะลดลง การที่อุณหภูมิกกลางคืนต่ำกว่าอุณหภูมิกลางวัน ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการพัฒนาการดีกว่าการที่อุณหภูมิกกลางคืนเท่ากับอุณหภูมิกกลางคืน โดยทั่วไปอุณหภูมิกกลางคืนที่เหมาะสมมักต่ำกว่า อุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสม ประมาณ 10 องศาเซลเซียส ในด้านอุณหภูมิที่มีผลต่อการผลิตกาแฟนั้น Craparo (2015) ได้ศึกษาและสร้างสมการทำนายพบว่าการที่มีอุณหภูมิต่ำสุดในรอบปี หากมีการเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้มีการลดลงของผลผลิตกาแฟ  $21.92 \pm 2.70$  กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกาแฟ อยู่ระหว่าง 20 – 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟ โดยปริมาณแสงและอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 45 องศาเซลเซียส) การสังเคราะห์แสงของกาแฟจะลดลงอย่างสมบูรณ์ ทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของกาแฟลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมกับกาแฟอาราบิกาในตอนกลางวันอยู่ที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกกลางคืนควรอยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส (โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนา กาแฟบนที่สูง, 2530; Cannell, 1985; DaMatta et al., 2007; Bote and Struik, 2011)

**ดิน (Soil)** เป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากดินทำหน้าที่เป็นวัสดุค้ำยันหรือที่ยึดเหนี่ยว หรือที่ยึดเกาะของรากพืช เป็นแหล่งความชื้นหรือแหล่งน้ำของพืช ให้อากาศเพื่อการหายใจของรากพืช และให้แร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของพืช (จิราภรณ์, 2557) ดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วย อนินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุ น้ำใน ดิน และอากาศในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2541) ซึ่งดินมีสมบัติทางกายภาพและเคมีของ ดิน ได้แก่ เนื้อดิน และความชื้นในดิน ที่มีส่งผลกระทบต่อทางตรงและทางอ้อมต่อการเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชแต่ระดับความสำคัญที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของ พืชแต่ละชนิด การแลกเปลี่ยนแทนที่ประจุที่อยู่ในดินที่ส่งผลให้เกิดผลดี และผลเสียต่อดินในพื้นที่หนึ่งๆ แตกต่างกันไป (นงคราญ, 2549) ดินที่เหมาะสมกับการปลูกกาแฟ ควรมีความลึกของหน้าดินประมาณ 1.5 เมตร ดินควรมีลักษณะร่วนซุย มีสีแดงหรือน้ำตาล มีการระบายน้ำดี เนื้อดินไม่ละเอียดเกินไป มีการระบายอากาศดี มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง และสามารถเก็บความชื้นในดินได้มาก หรือมีอินทรีย์วัตถุสูง กาแฟชอบดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย และดินที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกกาแฟเมื่อมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 4.5 – 6.5 (อักษร และพัฒน์พันธุ์, 2537)

**น้ำ (Water)** เป็นส่วนประกอบสำคัญของพืช โดยพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 75-90 % น้ำมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช นับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอก จนกระทั่งออกผล ถ้าพืชขาดน้ำอย่างมากเป็นเวลานานจะทำให้พืชถึงตายได้ ในด้านของการขาดน้ำของต้นกาแฟ ทำให้ต้นกาแฟเกิดความเครียด การได้รับน้ำส่งผลให้ตาดอกที่แก่เต็มที่พันธุ์ระยแพะตัว และดอกบาน แต่ส่งผลให้เมล็ดกาแฟแต่ละรุ่นสุกแก่ไม่พร้อมกัน (Drinnan and Menzel, 1995) สำหรับกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทยนั้นต้องการปริมาณน้ำฝนต่อปีเฉลี่ยอยู่ที่ 1,700 – 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นหากมีการปลูกในแหล่งที่มีฝนตกหนัก ควรคำนึงถึงระบบระบายน้ำ ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำฝนค่อนข้างน้อย ควรมีการป้องกันการสูญเสียน้ำไปจากดิน (โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนา กาแฟบนที่สูง, 2530) ฝนนั้นมีผลต่อการติดดอกออกผลของกาแฟ จำนวนวันที่ฝนตกมีผลต่อขนาดเมล็ดกาแฟ ถ้ามีการตกในช่วงเวลาที่เหมาะสม 10 – 17 สัปดาห์หลังดอกบาน มักส่งผลให้เมล็ดสมบูรณ์ เนื่องจากเป็นช่วงที่กาแฟต้องการน้ำมากที่สุดในการพัฒนาเมล็ด ในทางกลับกันหากเกิดมีภัยแล้งเมล็ดจะไม่

ขยายขนาดเป็นเวลา 1 เดือน และคงอยู่ในสภาพหัวเข็มหมุดนาน 3 เดือน เมื่อได้รับฝนถึงจะมีการพัฒนาเมล็ดต่อ ซึ่งปริมาณน้ำหมักเมล็ดที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่กาแฟได้รับได้รับเพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 100 % FC (พริมลักษณ์ และคณะ, 2548)

## 6) BCG Model กับห่วงโซ่การผลิตกาแฟ

BCG Model เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม ที่จะพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติไปพร้อมกัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) ระบบเศรษฐกิจชีวภาพ มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เชื่อมโยงกับ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คำนึงถึงการนำวัสดุต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และทั้ง 2 เศรษฐกิจนี้ อยู่ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน โดยเปลี่ยนข้อได้เปรียบที่ไทยมีจากความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม ให้เป็นความสามารถในการแข่งขันด้วยนวัตกรรม เพื่อให้เกิดเศรษฐกิจ BCG ที่เติบโต แข่งขันได้ในระดับโลก เกิดการกระจายรายได้ลงสู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ ชุมชนเข้มแข็ง มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน

การพัฒนาธุรกิจกาแฟตลอดห่วงโซ่การผลิตในปัจจุบันนั้นมีการนำหลัก BCG มาใช้ เช่น ด้านเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) โดยการใช้แก้วกาแฟและหลอดสำหรับเครื่องดื่มที่ทำจากไบโอพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ในเวลาสั้น รวมถึงการสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นสินค้าหรือ upcycling เช่น เฟอร์นิเจอร์เครื่องใช้ต่างๆ และสินค้าต่างๆ เช่น วัสดุปลูกต้นไม้ ถาดรองแก้วกาแฟ ที่ทำจากเปลือกกาแฟกะลา เป็นต้น ซึ่งเป็นการช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตามแนวทางเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) โดยการจัดการของเสียจากกระบวนการต่างๆ ตั้งแต่ต้นน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการจัดการน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูป และการจัดการของเหลือใช้จากเปลือกกาแฟผลสด และเปลือกกาแฟกะลา เป็นต้น

## 7) การกักเก็บ และการปลดปล่อยคาร์บอนกับระบบการปลูกกาแฟ

แนวทางหนึ่งในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวนั้นสามารถดำเนินการได้ 4 รูปแบบ คือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อบริการสาธารณะ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบริเวณเส้นทางสัญจร การเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่ออรรถประโยชน์ และการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชน (ธีรายุ และคณะ, 2563) ซึ่งกาแฟเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อเศรษฐกิจชุมชนได้ เนื่องจากกาแฟสามารถปลูกภายใต้ร่มเงาของไม้ยืนต้นอื่นๆ ได้ โดยการปลูกกาแฟอะราบิกาในไทยนั้นมีการปลูกหลายรูปแบบ ได้แก่ การปลูกกาแฟแบบเชิงเดี่ยว การปลูกร่วมกับไม้ผล การปลูกร่วมกับไม้ยืนต้น หรือการปลูกกาแฟภายใต้ร่มไม้ป่าธรรมชาติ ซึ่งรูปแบบการปลูกกาแฟภายใต้ร่มไม้ป่าธรรมชาตินั้น ส่งผลให้เมล็ดกาแฟมีคุณภาพในด้านขนาดของเมล็ดดีกว่าการปลูกรูปแบบอื่น และยังสามารถช่วยสร้างรายได้เพิ่มจากการเก็บของป่า หรือนำเศษไม้ไปทำฟืนอีกด้วย เป็นการลดการใช้สารเคมี ลดต้นทุนในการผลิตกาแฟ รวมถึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการอนุรักษ์ป่า อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และระบบนิเวศเอาไว้ได้ เป็นแนวทางในการช่วยให้มีการอยู่ร่วมกันระหว่างคน

กับป่า (วิษณุภาส และคณะ, 2560; วารุณี และคณะ 2553; ประชา และคณะ, 2560; Bote and Struik, 2011)

กาแฟจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณคาร์บอนในระบบการเกษตร โดยกักเก็บคาร์บอนไว้ เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) (Coltri et al., 2013) และเชื่อว่าพื้นที่เกษตรกรรมเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO<sub>2</sub> ได้ในปริมาณมาก (Albrecht and Kandji, 2003) ดังนั้นกาแฟจึงเป็นพืชทางเลือกหนึ่งเพื่อความยั่งยืนทางการเกษตร และเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่มีการพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกันภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)

การทราบถึงการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกาแฟนั้น มีแนวโน้มความจำเป็นอย่างหนึ่ง เนื่องจากสามารถช่วยในการจัดการ และบรรเทาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศในห่วงโซ่อุปทานทางการเกษตรได้ และมีการยอมรับในภาคส่วนกาแฟระหว่างประเทศ โดยบริษัทเอกชนบางแห่งเริ่มประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในห่วงโซ่อุปทานกาแฟของตน โดยใช้การประเมินวงจรการผลิตกาแฟ และวิธีการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น การประเมินวงจรในระบบการแปรรูปกาแฟที่ละลายน้ำได้ ซึ่งดำเนินการโดย Nestlé ระบุว่ากาแฟคั่ว 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 35.0 kg. CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>-e) ตลอดวงจรการผลิต (Humbert et al., 2009) รายงานของ Tchibo (2008) พบว่าในวงจรการผลิตกาแฟนั้นเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซคาร์บอน 8.4 kg CO<sub>2</sub>-e kg<sup>-1</sup> โดยสามารถแบ่งได้เป็นเกิดขึ้นจากการคั่วกาแฟ 55 % เกิดขึ้นระหว่างการเพาะปลูกและการแปรรูปในฟาร์ม และระหว่างการบริโภค 30 % ส่วนที่เหลืออีก 15 % เป็นผลจากการขนส่ง การแปรรูป และการกำจัดของเสีย ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ไม่รวมการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักกาแฟและการสร้างน้ำเสียที่เกี่ยวข้อง (Van Rikxoort et al. 2014) ซึ่งในการวิเคราะห์ของทั้ง Nestlé และ Tchibo ไม่ได้พิจารณาถึงประโยชน์เชิงบวกที่เกิดขึ้นจากการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศกาแฟประเภทต่างๆ เนื่องจากกระบวนการผลิตกาแฟมีตั้งแต่ระบบกลางแจ้งไปจนถึงภายใต้ร่มเงาของป่า (Moguel and Toledo 1999; Somarriba et al., 2004) ซึ่งปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในพืชพรรณอาจแตกต่างกันอย่างมาก ตัวอย่างเช่น Hergoualc'h et al. (2012) รายงานการกักเก็บคาร์บอนในการปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวพบว่ามีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 14.1 Mg ha<sup>-1</sup> เมื่อเทียบกับการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาไม้ Inga พบว่ามีการกักเก็บคาร์บอนในระบบอยู่ที่ 32.4 Mg ha<sup>-1</sup> ดังนั้นประเภทของระบบที่ผลิตกาแฟจึงมีความเกี่ยวข้องอย่างชัดเจนกับผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศโดยรวม

## 8) การวิเคราะห์คำนวณข้อมูลต่างๆ

### พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ หรือ Basal area (BA)

พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ หรือ Basal area (BA) เป็นค่าเชิงปริมาณที่สำคัญมากในการบอกถึงการปกคลุมของต้นไม้ในพื้นที่ป่า ซึ่งบอกถึงความหนาแน่น และยังเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index, IVI) ของพันธุ์ไม้ และนอกจากนี้แล้ว ค่าพื้นที่หน้าตัดยังใช้บอกถึงปริมาณมวลชีวภาพได้อีกด้วยการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด (Basal area) มีดังนี้

$$BA = \frac{\pi DBH^2}{4}$$

เมื่อ  $BA =$  พื้นที่หน้าตัด

$dbh =$  เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก

### ดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้

ดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) เป็นการรวบรวมค่าความร่ำรวยและความสม่ำเสมอของชนิด (Species richness and evenness) ไว้ให้อยู่เป็นค่าเดียวกันเพื่อใช้ในการประเมินเปรียบเทียบความหลากหลายระหว่างสังคม ซึ่งดัชนีความหลากหลายของแชนนอนวีเนอร์ (Shannon – Wiener Index) มีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยมีสูตรการคำนวณค่าดัชนี Shannon-Wiener Index :  $H'$  ดังนี้ (Shannon and Wiener, 1949)

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

โดย  $H' =$  ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener Index Diversity

$P_i =$  สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นของชนิดนั้น  $i$  ต่อจำนวนต้นไม้ทั้งหมด

$S =$  จำนวนชนิดพันธุ์ที่พบในสังคม

$\Sigma =$  ผลรวมจำนวนชนิดไม้ทุกชนิด

$\ln =$  ลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithms) หรือลอการิทึมแบบเนเปียร์ (Napierian logarithms) ค่าลอการิทึม ( $\log$ ) ที่เป็นฐานธรรมชาติที่มีฐานเป็น  $e$  ซึ่งเขียนว่า  $\log_e$  เขียนแทนด้วย  $\ln$

### การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ในพื้นที่ที่เป็นนิเวศวิทยาของต้นกาแฟ โดยการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ (Importance value index, IVI) ของชนิดไม้แต่ละชนิดในสังคม เพื่อหาชนิดไม้เด่นที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวดัชนีชี้วัด (Indicator) ของแต่ละสังคมพืชได้ โดยเกิดจากผลรวมของค่าความสัมพันธ์ทั้งสามคือ ค่าความหนาแน่นสัมพันธ์ (Relative density, RD) ค่าความถี่สัมพันธ์ (Relative frequency, RF) และค่าความเด่นสัมพันธ์ (Relative dominance, RDo) (Whittaker, 1970) โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) = ความหนาแน่นสัมพันธ์ (RD) + ความถี่สัมพันธ์ (RF) + ความเด่นสัมพันธ์ (RDo)

โดย RD, RF และ RDo หาได้จาก

**ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์ (Density: D)** คือ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดของชนิดพันธุ์ ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสำรวจ

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{จำนวนชนิดพันธุ์ A ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง}}{\text{หน่วยพื้นที่ทั้งหมดของแปลงที่สำรวจ}}$$

จากนั้นนำความหนาแน่นที่ได้ไปคำนวณหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) โดย

$$\text{RD (\%)} = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์} \square \square 100}{\text{ผลรวมของความหนาแน่นของทุกชนิดไม้}}$$

**ความถี่ของชนิดพันธุ์ A (Frequency: F)** คือ ค่าความบ่อยครั้งของชนิดพันธุ์ไม้ใดไม้หนึ่ง ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง เป็นการบ่งบอกถึงการกระจายของชนิดพรรณพืชในสังคมพืชนั้น มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$F = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดพันธุ์ A ปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \times 100$$

จากนั้นนำความถี่ที่ได้ไปคำนวณหาความถี่สัมพัทธ์ (Relative Frequency: RF) โดย

$$\text{RF} = \frac{\text{ความถี่ของชนิดพันธุ์ A}}{\text{ผลรวมของความถี่ทุกชนิดพันธุ์}} \times 100$$

**ความเด่น (Dominance: Do)** คือความมีอิทธิพลของชนิดพันธุ์ไม้ในสังคมพืช นิยมวัดกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ ความเด่นในด้านคลุมพื้นที่ของเรือนยอด ความเด่นในด้านพื้นที่หน้าตัด (BA) และความเด่นทางด้านมวลพอกษ์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ความเด่นในด้านพื้นที่หน้าตัด

$$\text{Do} = \frac{\text{ผลรวมพื้นที่หน้าตัดของชนิดพันธุ์} \square}{\text{พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของชนิดไม้ที่ทำการสำรวจทั้งหมด}}$$

จากนั้นนำความเด่นที่ได้ไปคำนวณหาความเด่นสัมพัทธ์ (Relative Dominance: RDo)

$$\text{RDo} = \frac{\text{ความเด่นของชนิดไม้หนึ่ง}}{\text{ความเด่นรวมของชนิดไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

ทั้งนี้ ผลรวมของค่า RD, RF และ RDo ในไม้ยืนต้นจะมีค่าเท่ากับ 300

### การคำนวณมวลชีวภาพของต้นกาแพ

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นกาแพ โดยใช้สมการของ Segura et al. (2006)

$$\text{Log}_{10}(\text{BT}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{d15}) + c * \text{Log}_{10}(\text{h})$$

$$\text{โดย d15} = \text{ขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 15}$$

เซนติเมตร

$h$  = ความสูงต้นกาแฟ

$a$  = -1.113

$b$  = 1.578

$c$  = 0.581

