วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 4 (1): 41-55 (2563)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ ที่ปลูกภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำ ในเขตพื้นที่โครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริบ้านขุนแตะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

พีรพันธ์ ทองเปลว[1*] กฤษณะ ทองศรี[1]
ธีรานนท์ ปาสุธรรม[1] สุธีระ เหิมฮึก[1] เนตรนภา อินสลุด[1] และวิชญ์ภาส สังพาลี[1]

รับต้นฉบับ: 6 พฤษภาคม 2563 ฉบับแก้ไข: 23 พฤษภาคม 2563 รับลงพิมพ์: 26 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

การศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการและของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ ที่ปลูกในระบบวนเกษตรภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำที่มีการฟื้นฟูตามธรรมชาติ โดยทำการวางแปลงขนาด 20 x 20 เมตร แล้วเลือกต้นแม่ไม้กาแฟจำนวน 17 ต้น และวางแปลงตัวอย่างกล้าไม้ ขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อสุ่มกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ ในแปลงตัวอย่าง ดำเนินการช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2561 ผลการศึกษาพบว่าการกระจายของกล้ากาแฟแปรผันตามระยะการเติบโต โดยระยะแรกคือ ใบผีเสื้อมีการกระจายตัวแบบปกติในลักษณะความสูงต้น ลักษณะน้ำหนักต้นแห้ง และลักษณะน้ำหนักรากแห้ง ส่วนกล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริงมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบไม่ปกติในทุกลักษณะสัณฐานวิทยาที่ทำการศึกษา ในส่วนของความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ร่มเงาจากความสูงจากพื้นป่าในแปลงศึกษา พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยบนเรือนยอดต้นกล้า มีเปอร์เซ็นต์ร่มเงาเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ในทรงพุ่มกาแฟต้นแม่ และบนเรือนยอดกาแฟต้นแม่ ตามลำดับ และการกระจายระหว่างกลุ่มของตัวอย่างกล้ากาแฟอาราบิก้าในแต่ละระยะ พบว่า ความสูงต้น ความยาวราก ขนาดความโตที่ระดับคอราก น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักรากแห้ง และความเขียวใบ ไม่มีการกระจายแบบเดียวกันในทุกคู่ของกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ทราบว่าในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของระยะกล้าทั้ง 3 ระยะ มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน แต่ส่วนของพื้นที่ใบเฉพาะ พบว่ามีการกระจายแบบเดียวกันในกล้าไม้ทั้ง 3 ระยะ นั้นคือเมื่อกล้ากาแฟเจริญไปในแต่ละระยะ ส่วนพื้นที่ใบเฉพาะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นได้ว่ากล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในระบบวนเกษตรภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำ มีลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการที่มีความแตกต่างกันออกไปเช่นเดียวกับการปลูกในพื้นที่กาแฟเชิงเดี่ยว เนื่องจากความต้องการด้านนิเวศวิทยาของพืชคล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: ลักษณะสัณฐานวิทยา กล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ ระบบวนเกษตร พื้นที่ใบเฉพาะ

[1]สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: thongplew_mju82@outlook.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 4 (1): 41-55 (2563)

ORIGINAL ARTICLE

Some Morphological Characteristics of Three Seedling Stages of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) Planted under Lower Montane Forest Condition in Khuntae Royal Initiative Project Area, Chom Thong district, Chiang Mai province

Pheeraphan Thongplew[1]*, Krissana Thongsri[1],
Teeranon Pasutham[1], Sutheera Hermhuk[1], Nednapa Insalud[1] and Witchaphart Sungpalee[1]

Received: 6 May 2020 Revised: 23 May 2020 Accepted: 26 May 2020

ABSTRACT

This study was conducted to observe some morphological characteristics during three developmental stages of coffee seedling found in agroforestry system under natural reforestation of lower montane forest. To collect data, a 20 m x 20 m plot were established and 17 mature coffee individuals were selected within this plot. The seedling quadrat of 1 m x 1 m was set up under each selected individual mature coffee, and Arabica coffee seedlings were randomly selected for data collecting during June 2018. The study found that the distribution of coffee seedling varied with seedling stages, whereby during the butterfly leaf stage, the normal distribution was observed for shoot length, shoot dry weight and root dry weight. During the butterfly leaf-true leaf stage and true leaf stage, seedling distribution appeared as a non-normal distribution for all of the morphological characteristics included in the study. When considered percentage of shading, it was found to be statistically different among the different canopy levels with the seedlings canopy level having the highest average shading, followed by the mature Arabica tree level and the top of mature Arabica coffee tree level having the lowest percentage of shading. Furthermore, examination of the distribution among groups of Arabica seedling samples in each stage indicated that shoot length, root length, root growth rate, shoot dry weight, root dry weight and leaf greenness had different distribution for every pair of samples. This result suggested that there were different degrees of changes in growth during the three seedling stages. On the specific leaf area, however, similar distribution pattern was observed among the Arabica coffee seedlings in all three seedling stages. In other word, there was no change in specific leaf area though out the different seedling stages, indicating that the Arabica coffee seedlings planted under agroforestry system within the lower montane forest are variable in terms of their morphological characteristics, which are also apparent among coffee seedlings found in monoculture system, which may be explained by their similarity in ecological niche.

Keywords: morphological characteristics, three seedling stages of Arabica coffee, agroforestry system, specific leaf area

[1]Program in Agronomy Faculty of Agricultural Production Maejo University

*Corresponding Author, E-mail: thongplew_mju82@outlook.com

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ที่นิยมบริโภคทั้งต่างประเทศและในประเทศ โดยปลูกมากบริเวณภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า (Arabica, *Coffea arabica* L.) ปลูกมากบริเวณภาคเหนือ ขณะที่ภาคใต้เป็นแหล่งปลูกกาแฟโรบัสต้า (Robusta, *Coffea robusta* L.Linden) ที่สำคัญของประเทศ (Highland Coffee Research and Training Center, 1994) การที่กาแฟอาราบิก้าสามารถปลูกในพื้นที่ภาคเหนือได้ดี เป็นเพราะพื้นที่มีสภาพอากาศและภูมิประเทศที่เหมาะสมแก่ผลผลิต ซึ่งในปัจจุบันกระแสความนิยมการบริโภคกาแฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีความต้องการใช้เมล็ดกาแฟเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่ากาแฟที่เกษตรกรสามารถขายได้ในตลาดสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหากเปรียบเทียบกับประเทศในภูมิภาคอาเซียนแล้ว ไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกกาแฟอันดับที่ 3 รองจากประเทศเวียดนาม และอินโดนีเซีย โดยแนวโน้มการผลิตกาแฟอาราบิก้าของโลกในปัจจุบันมุ่งสู่การผลิตในเชิงระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เป็นการสนับสนุนปลูกในพื้นที่ใต้เรือนยอดป่าซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่เน้นปลูกเชิงเดี่ยว ตลอดจนมีระบบการรับรองมาตรฐานการผลิตเข้ามากำหนดมาตรฐาน เช่น มาตรฐานกาแฟอินทรีย์ (Angkasith, 2002) แต่การผลิตกาแฟและการขยายพื้นที่ปลูกยังคงมีอัตราสูงขึ้นทั้ง 2 ชนิด และจำเป็นต้องปลูกภายใต้ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความสูงระดับน้ำทะเล เป็นต้น โดยเฉพาะการปลูกกาแฟร่วมกับพืชอื่น ๆ เพื่อลดปริมาณความเข้มแสงและปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Suteekanjanothai and Chiarawipa, 2017)

ปัจจุบันมีการศึกษาการปลูกกาแฟในสภาพป่าธรรมชาติ โดยระบุว่าสามารถให้ผลผลิตและคุณภาพของกาแฟทั้งในด้านกลิ่นและรสชาติที่ดีกว่าการปลูกกาแฟในสภาพกลางแจ้ง รวมไปถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งในด้านการมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงและธาตุอาหารอย่างเพียงพอต่างเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของกาแฟ นอกจากนี้การปลูกกาแฟในสภาพใต้ร่มเงาจะทำให้เมล็ดกาแฟมีระยะเวลาการสะสมอาหารได้มากขึ้นและสุกช้ากว่าการปลูกในสภาพกลางแจ้ง (Nesper, 2017) โดยธรรมชาติแล้วกาแฟอาราบิก้าเป็นพืชที่ปรับตัวเข้ากับสภาพร่มเงาได้ดี ใบกาแฟมีความสามารถสังเคราะห์แสงในที่แสงน้อยได้ดีกว่ากลางแจ้ง (Thaisantad *et al*., 2000) กาแฟเป็นพืชที่ควรปลูกโดยมีไม้บังร่ม (Shade plant) แม้แต่ในป่าที่กาแฟขึ้นตามธรรมชาติ โดยกาแฟที่ปลูกในร่มเงาจะมีอายุยืนยาว ใบกาแฟจะมีสีเขียวจัดเนื่องจากใบมีการสะสมของคลอโรฟิลล์ในปริมาณมาก หากต้นกาแฟได้รับแสงแดดปริมาณมากเปอร์เซ็นต์คลอโรฟิลล์ในใบมีน้อย และกาแฟมีการคายน้ำจากใบมากทำให้มีอาการใบเหี่ยวเฉา ส่งผลให้ให้ต้นกาแฟมีอัตราการเติบโตช้าลง (Bosselmann *et al*., 2009) โดยการปลูกกาแฟในระบบการปลูกชิดและภายใต้เรือนยอดป่านั้น มีผลทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตที่เกิดร่มเงาซึ่งกันและกัน ช่วยลดความเข้มแสง ทำให้ต้นกาแฟมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น และยังทำให้บริเวณของพื้นที่ปลูกมีความชื้นเพิ่มขึ้น (Yimyam, 2000)

โดยภายใต้สภาพที่แสงเป็นปัจจัยจำกัด ต้นกาแฟมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อปรับตัวและแสดงออกทางสรีรวิทยาได้แตกต่างกันหลายลักษณะ (Chiarawipa and Sirikantayakul, 2015) และเมื่อกาแฟปลูกในสภาพที่มีพืชมากกว่าสองชนิดขึ้นไป มักทำให้มีการปรับตัวลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของพืชปลูก โดยเฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของใบ เช่น พื้นที่ใบ ปลายใบ มุมใบ ความกว้างและยาวใบ ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งบ่งบอกถึงลักษณะการตอบสนองและการปรับตัวของพืชในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (Suteekanjanothai *et al*., 2017) ดังนั้น การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ (ซึ่งเป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่รวดเร็ว และเป็นช่วงที่กล้ากาแฟมีการตั้งตัว และทนต่อสภาพแวดล้อมได้) ที่ปลูกภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำอาจทำให้ทราบถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงระยะของกล้ากาแฟ เพื่อเป็นองค์ความรู้ทางนิเวศวิทยาและการปลูกกาแฟอาราบิก้าในระบบวนเกษตร ซึ่งอาจเป็นข้อมูลสนับสนุนการลดพื้นที่ปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวในภาคเหนือของประเทศได้

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา (study area)

ตั้งอยู่ในพื้นที่ ดอยสองเมีย (สองเมือง) ตำบลดอยแก้ว อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณบ้านขุนแตะ เขตป่าอุทยานแห่งชาติออบหลวง มีความสูง 1,199 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง แปลงศึกษาอยู่ภายใต้โครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริบ้านขุนแตะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่)

2. การเก็บข้อมูล (data collection)

2.1 การเก็บข้อมูลกาแฟ

1) วางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร เพื่อคัดเลือกต้นแม่ไม้กาแฟ (mature coffee trees) โดยคัดเลือกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (Size class) จำนวน 8 ขนาด ได้แก่ ขนาด 3.1-4, 4.1-5, 5.1-6, 6.1-7, 7.1-8, 8.1-9, 9.1-10, 10.1-11 และ 11.1-12 เซนติเมตร ตามลำดับ

2) วางแปลงขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ภายใต้ต้นแม่กาแฟตัวอย่าง และทำการสุ่มต้นกล้ากาแฟ 3 ระยะ คือ ระยะใบผีเสื้อ (Butterfly stage) ระยะใบผีเสื้อใบจริง (True leaf-butterfly leaf) และระยะใบจริง (True leaf) ตามลำดับ โดยสุ่มเลือก 5 ต้นต่อระยะ รวมทั้งหมด 15 ต้น โดยกำหนดให้เป็น ระยะใบผีเสื้อ (A, B และC) ระยะใบผีเสื้อใบจริง (D, E และ F) และระยะใบจริง (G, H และI) (Figure 1)

3) ทำการนับจำนวนใบผีเสื้อ และใบจริงในแต่ละระยะของต้นกล้า วัดขนาดลำต้นของต้นกล้าโดยใช้เวอร์เนียเทอร์โมพสาสติกแบบดิจิตอล และนำเครื่องวัดค่าคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus) วัดใบของต้นกล้ากาแฟเพื่อประเมินความเขียวใบ โดยวัดค่าทุกคู่ใบแล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้นกล้า (Table 1) นำตัวอย่างที่ได้มาเข้าตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 72 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จแล้วทำการตัดแยกรากและลำต้นส่วนเหนือดิน แล้วชั่งน้ำหนักจดบันทึกและนำตัวอย่าง

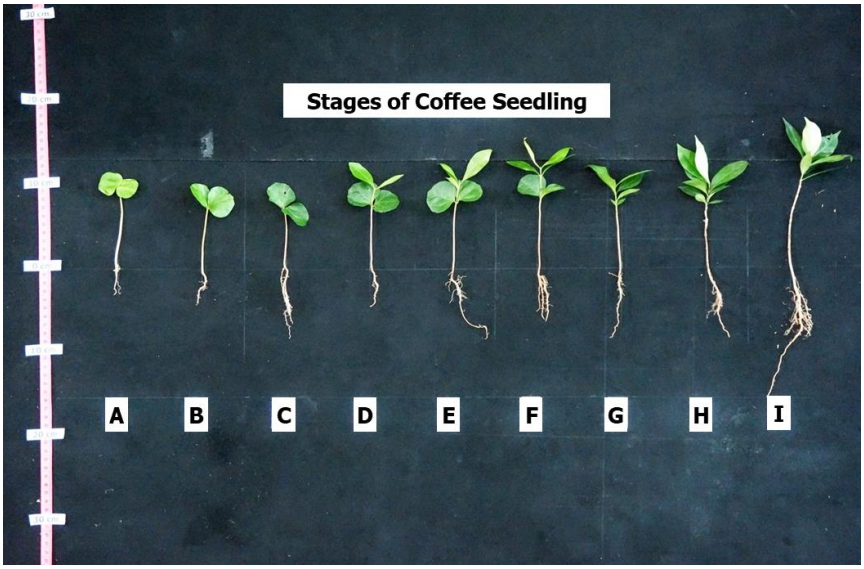

Figure 1 Seedling stages of Arabica coffee under lower montane forest condition in study area

Table 1 Morphological characteristics of seedling stages of Arabica coffee (assessment and methods)

Morphological characteristics	Methods
Shoot length (cm)	Shoot length was measured at from the base of shoot to the tip of the last leaf.
Root length (cm)	Root length was measure from the root-shoot junction to the tip of the longest root.
Stem diameter; D_0 (mm)	Stem diameter was measured at middle of seedling stem using a digital vernier caliper.
Leave dry weight (g) Stem dry weight (g) Root dry weight (g)	Leaves, shoots and roots taken then oven dried at 72 ^{o}C for 105 hours and dry weight were measured by using digital balance.
Leaf greenness values (SPAD)	The leaf greenness values were measured in each leaf (seedlings) using a SPAD-502 chlorophyll meter (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan).
Specific leaf area; SLA (cm^{-2} g^{-1})	Leaf area were analyzed by ImageJ program from leave dry and specific leaf area (SLA) were calculated by LA / LW.

ต้นกล้าอบที่อุณหภูมิ 105 ^{O}C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักจดบันทึกน้ำหนักแห้ง

2.2 การเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อม

1) วัดค่าความเข้มแสง (light intensity) โดยใช้เครื่องวัดระดับแสง (Lux/Fc Light Meter) วัดบริเวณเรือนยอดต้นกล้า และพื้นที่โล่งแจ้งพร้อมกัน โดยวัด 3 ครั้งต่อแปลงตัวอย่างกล้าไม้ตลอดจนวัดระดับแสงบริเวณเรือนยอดและภายใต้ทรงพุ่มของกาแฟต้นแม่ โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่โล่งแจ้งในขณะนั้น และระดับแสงบริเวณเรือนยอดของต้นกล้า ระดับแสงบริเวณ

เรือนยอดกาแฟต้นแม่ และในทรงพุ่มของกาแฟต้นแม่ ตามลำดับ

2) ทำการถอนต้นกล้าตัวอย่าง วัดความสูงและความยาวราก และนำใส่ถุงกระดาษโดยถุงจะเขียนรายละเอียดของข้อมูล เช่น ชื่อต้นแม่ ระยะของต้นกล้าลำดับต้น (ต้นที่ 1-5)

3) ทำการวัดพื้นที่ใบด้วยการแสกนใบทุกใบของกล้ากาแฟด้วยเครื่องแสกน จากนั้นประเมินพื้นที่ใบแห้งด้วยโปรแกรม Image J เพื่อใช้คำนวณพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area) ซึ่งสัดส่วนของพื้นที่ใบ (cm^2) และน้ำหนักใบ (g)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ความผันแปรด้านสัณฐานวิทยาบางประการของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะเพื่อหาการกระจายตัวของลักษณะสัณฐานด้วย Histogram และทดสอบการกระจายแบบปกติ (Normality test) ของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ ด้วยวิธี Shapiro-Wilk normality test จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ร่มเงาด้วยวิธี Kruskal-Wallis Test และเปรียบเทียบการกระจายระหว่างกลุ่มตัวอย่างกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ ด้วยวิธี Two-Sample Kolmogorov-Smirnov test

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการของกล้ากาแฟอาราบิก้า

จากการสุ่มตัวอย่างกล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำพบว่า **ความสูงต้น**ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.86±1.40, 14.42±1.81 และ 18.26±2.79 เซนติเมตร ตามลำดับ **ความยาวราก** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 5.30±2.71, 8.67±2.83 และ 10.45±4.15 เซนติเมตร ตามลำดับ **ขนาดความโตที่ระดับคอราก** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 1.73±0.57, 1.32±0.24 และ 1.65±0.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ **น้ำหนักแห้งต้น** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 0.078±0.018, 0.141±0.016 และ 0.202±0.053 กรัม ตามลำดับ **น้ำหนักแห้งราก** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 0.016±0.081, 0.039±0.016 และ 0.081±0.068 กรัม ตามลำดับ **ความเขียวใบ** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 36.82±8.96, 42.74±5.02 และ 45.92±4.34 ตามลำดับ **พื้นที่ใบเฉพาะ** ในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีค่าเฉลี่ย 230.57±40.25, 275.87±49.22 และ 277.69±53.55 เซนติเมตร$^{-2}$ กรัม$^{-1}$ ตามลำดับ (Table 2)

2. ความผันแปรด้านสัณฐานวิทยาบางประการของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ

2.1 การกระจายของความสูงต้นของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีความสูงต้นสูงสุดในชั้นความสูง 10.0-12.5 เซนติเมตร รองลงมาคือชั้นความสูง 12.5-15.0, 15.0-17.5, 17.5-20.0, 7.5-10.0, 20.0-22.5, 22.5-25.0, 25.0-27.5, 5.0-7.5, 2.5-5.0 และ 27.5-30.0 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความสูงกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของความสูงของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีความสูงต้นสูงสุดในชั้น

ความสูง 10.0-12.5 เซนติเมตร กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความสูง 12.5-15.0 เซนติเมตร และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความสูง 15.0-17.5 เซนติเมตร

Table 2 Quantitative data of some morphological characteristics

Independence variables	Data	Seedling stages of Arabica coffee			
		Butterfly stage	True leaf-butterfly leaf	True leaf	Average
Shoot length (cm)	Average	10.86	14.42	18.26	14.51
	Maximum	13.90	25.40	27.90	22.40
	Minimum	7.40	4.20	12.00	7.87
Root length (cm)	Average	5.30	8.67	10.45	8.14
	Maximum	13.70	17.50	28.00	19.73
	Minimum	1.40	4.00	4.00	3.13
Stem diameter; D_0 (mm)	Average	1.73	1.32	1.65	1.57
	Maximum	2.90	2.10	2.80	2.60
	Minimum	0.60	0.90	1.10	0.87
Stem dry weight (g)	Average	0.0781	0.1414	0.2020	0.1405
	Maximum	0.1188	0.3787	0.5654	0.3543
	Minimum	0.0397	0.0177	0.0624	0.0399
Root dry weight (g)	Average	0.0161	0.0393	0.0813	0.0456
	Maximum	0.0469	0.0845	0.4340	0.1885
	Minimum	0.0027	0.0102	0.0129	0.0086
Leaf greenness values (SPAD)	Average	36.82	42.74	45.92	41.83
	Maximum	56.80	56.10	56.90	56.60
	Minimum	10.70	24.30	32.30	22.43
Specific Leaf Area (cm^{-2} g^{-1})	Average	230.57	275.87	277.69	261.38
	Maximum	452.79	428.75	433.56	438.37
	Minimum	103.25	185.83	202.06	163.71

2.2 การกระจายของความยาวรากของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีความยาวรากสูงสุดในชั้นความยาว 7.0-10.5 เซนติเมตร หากพิจารณาตามความยาวรากของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของความยาวรากของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีความยาวรากสูงสุดในชั้นความยาว 3.5-7.0 เซนติเมตร กล้าระยะใบจริง-ใบผีเสื้อ พบมากที่สุดที่ชั้นความยาว 7.0-10.5 เซนติเมตร และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความยาว 7.0-10.5 เซนติเมตร

2.3 การกระจายของขนาดความโตที่ระดับคอรากของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีขนาดความโตสูงสุดในชั้นขนาดความโต 1.0-1.5 มิลลิเมตร หากพิจารณาตามขนาดความโตที่ระดับคอรากของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของขนาดความโตที่ระดับคอรากของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีความยาวโตสูงสุดในชั้นขนาดความโต 1.5-2.0 มิลลิเมตร กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นขนาดความโต 1.0-1.5 มิลลิเมตร และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความโต 1.0-1.5 มิลลิเมตร

2.4 การกระจายของน้ำหนักแห้งต้นของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดในชั้นน้ำหนัก 0.05-0.10 กรัม เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของน้ำหนักแห้งต้นของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดในชั้นน้ำหนัก 0.05-0.10 กรัม กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และ กล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นน้ำหนัก 0.10-0.15 และ 0.05-0.10 กรัม ตามลำดับ

2.5 การกระจายของน้ำหนักแห้งรากของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ โดยรวมแล้วมีน้ำหนักแห้งรากสูงสุดในชั้นน้ำหนัก 0.00-0.05 กรัม หากพิจารณาตามน้ำหนักแห้งรากของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของน้ำหนักแห้งรากของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีน้ำหนักแห้งรากสูงสุดในชั้นน้ำหนัก 0.00-0.05 กรัม กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นน้ำหนัก 0.00-0.05 กรัม และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นน้ำหนัก 0.05-0.10 กรัม

2.6 การกระจายของความเขียวใบของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีความเขียวใบสูงสุดในชั้นความเขียว 40-45 เมื่อพิจารณาตามความเขียวใบของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายของความเขียวใบของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีความเขียวใบสูงสุดในชั้นความเขียว 35-40 กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความเขียว 40-45 และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นความเขียว 45-50 (Figure 2)

2.7 การกระจายของพื้นที่ใบเฉพาะของกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ โดยรวมมีพื้นที่ใบเฉพาะสูงสุดในชั้นพื้นที่ 220-250 เซนติเมตร^{2} กรัม$^{-1}$ เมื่อพิจารณาตามพื้นที่ใบเฉพาะของกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ พบว่าการกระจายพื้นที่ใบเฉพาะของกล้าระยะใบผีเสื้อ มีพื้นที่ใบเฉพาะสูงสุดในชั้นพื้นที่ 220-250 เซนติเมตร^{2} กรัม$^{-1}$ กล้าระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นพื้นที่ 220-250 เซนติเมตร^{2} กรัม$^{-1}$ และกล้าระยะใบจริง พบมากที่สุดที่ชั้นพื้นที่ 220-250 เซนติเมตร^{2} กรัม$^{-1}$ (Figure 3)

3. การทดสอบการกระจายแบบปกติ (Normality test) ของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ

จากการทดสอบการกระจายแบบปกติด้วยวิธี Shapiro-Wilk เพื่อทดสอบว่าลักษณะทางสัณฐานใดของกล้ากาแฟอาราบิก้าในระยะใบผีเสื้อ ระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) และการกระจายตัวแบบไม่ปกติ (Non-normal distribution) ผลการทดสอบ แสดงลักษณะความสูงต้นของกล้ากาแฟอาราบิก้าในระยะใบผีเสื้อมีการกระจายแบบปกติ ส่วนของระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริงมีการกระจายแบบไม่ปกติ

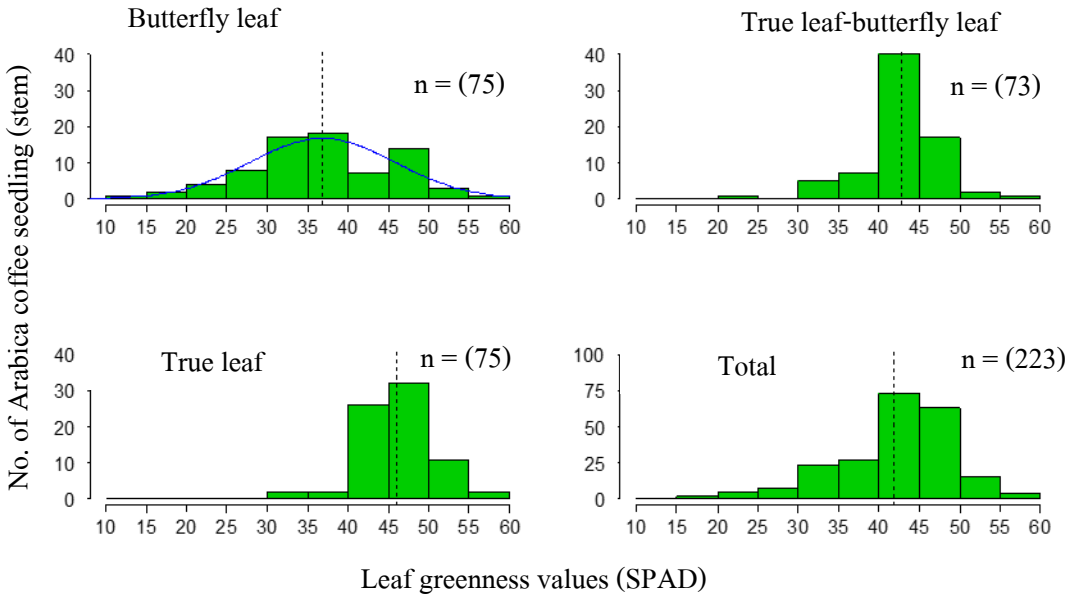

Figure 2 Variation of leaf greenness values (SPAD) of Arabica coffee seedling three stages

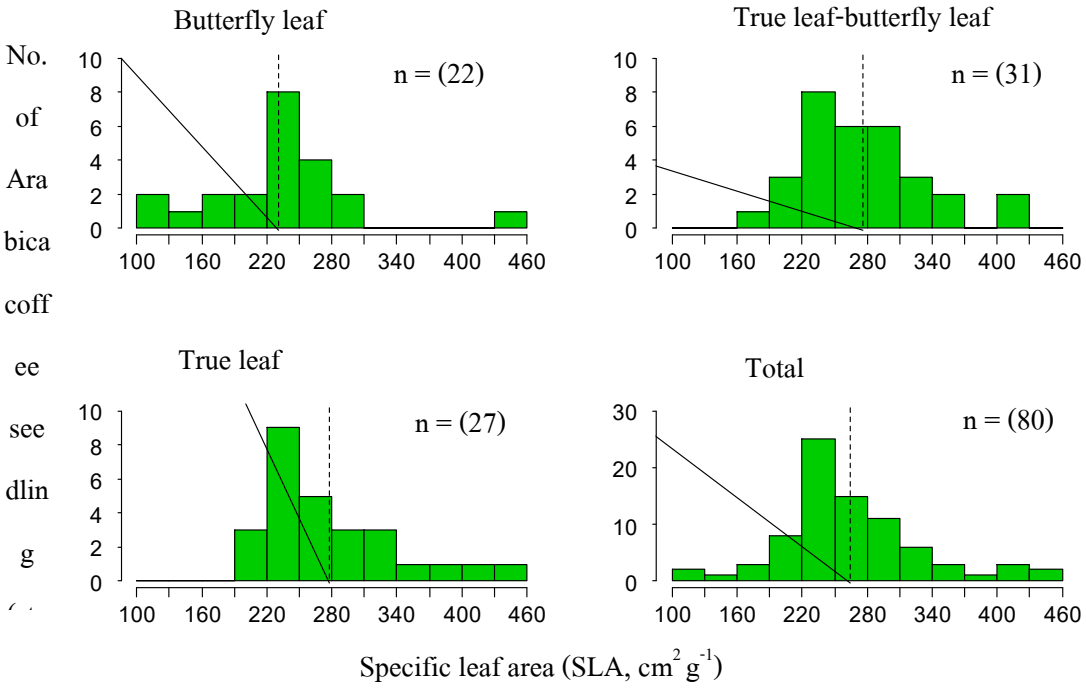

Figure 3 Variation of specific leaf area of Arabica coffee seedling three stages

ความยาวราก มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติในกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ เช่นเดียวกับลักษณะขนาดความโตที่ระดับคอรากที่มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติในกล้ากาแฟทั้ง 3 ระยะ น้ำหนักแห้งต้น ของกล้ากาแฟอาราบิก้าในระยะใบผีเสื้อ มีการกระจายแบบปกติ ส่วนระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริงมีการกระจายแบบไม่ปกติ ลักษณะน้ำหนักแห้งราก มีการกระจายแบบไม่ปกติในกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ ลักษณะความเขียวใบ ของกล้ากาแฟอาราบิก้าใน

ระยะใบผีเสื้อ มีการกระจายแบบปกติ ส่วนของระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริงมีการกระจายแบบไม่ปกติ ลักษณะพื้นที่ใบเฉพาะ มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติในกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ ขณะที่ความสูงต้น น้ำหนักแห้งต้น และความเขียวใบของกล้ากาแฟอาราบิก้าในระยะใบผีเสื้อ ที่มีการกระจายแบบปกติ (Table 3)

จากการทดสอบการกระจายตัวของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้ากาแฟ ว่ามีลักษณะสัณฐานบางลักษณะในบางระยะมีการกระจายแบบปกติ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่น้อยได้แก่ และเมื่อพิจารณาลักษณะสัณฐานวิทยาในกล้ากาแฟอาราบิก้าแต่ละระยะที่มีกระจายแบบไม่ปกติ พบว่ามีสัดส่วนที่มากกว่าซึ่งอาจเกิดจากการปรับตัวทางด้านสัณฐานวิทยาของใบ เนื่องจากใบที่อยู่ในร่มเงามีขนาดใหญ่กว่าใบที่อยู่ในสภาพกลางแจ้ง เป็นผลมาจากการเพิ่มพื้นที่ใบในการรับแสงเพิ่มมากขึ้นภายใต้สภาวะจำกัด (Franck and Vaast, 2009) จากรายงานของ Alemu and Boke (2017) ที่ศึกษากล้ากาแฟอาราบิก้าพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกันแต่มีสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกัน นั้นมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้แก่ ความสูงต้น ความยาวใบ จำนวนใบและพื้นที่ใบ แตกต่างกันตามแต่ละสายพันธุ์ โดยพบว่าความสูงของกล้ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกว้างของใบ และ ความยาวใบของกล้ากาแฟอาราบิก้ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความกว้างของใบ Kufa and Burkhardt (2015) รายงานว่ากล้ากาแฟอาราบิก้าในสภาพกลางแจ้ง ส่งผลให้พื้นที่ใบเฉพาะ (SLA) และสัดส่วนระหว่างมวลใบแห้งทั้งหมดกับมวลแห้งทั้งหมดของต้นกล้า หรือ Leaf mass ratio (LMR) ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกล้ากาแฟอาราบิก้าในสภาพร่มเงา แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของมวลของใบ แทนที่การเจริญเติบโตในส่วนอื่น ๆ เนื่องจากมีความต่างทางสายพันธุ์ แต่หากเป็นพันธุ์เดียวกันแล้วมีความแตกต่างอาจเกิดเนื่องจากการปรับตัวของกล้ากาแฟเอง หรือมีความเชื่อมโยงจากต้นแม่ (Phylogenetic and microenvironment)

4. เปอร์เซ็นต์ความเป็นร่มเงา

จากการเก็บข้อมูลด้านเปอร์เซ็นต์ร่มเงาที่ส่องถึงบนเรือนยอดต้นกล้า บนเรือนยอดกาแฟต้นแม่และในทรงพุ่มกาแฟต้นแม่ และทำการทดสอบด้วยวิธี Kruskal-Wallis Test พบว่าเปอร์เซ็นต์ร่มเงามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Figure 4) โดยบนเรือนยอดต้นกล้ามีเปอร์เซ็นต์ร่มเงาเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ในทรงพุ่มกาแฟต้นแม่ และบนเรือนยอดกาแฟต้นแม่ ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ร่มเงาเฉลี่ยที่ 99.38, 98.88 และ 95.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเมื่อพิจารณาถึงค่าสูงสุดของทั้ง 3 จุดการวัดแล้ว พบว่ามีค่าสูงสุด 99.60, 99.64 และ 99.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าต่ำสุด 99.08, 80.78 และ 97.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 4) สอดคล้องกับ Chiarawipa and Sirikantayakul (2015) ที่กล่าวว่าสภาพกลางแจ้งมีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 953.47 – 1,355.73 μmol m^{-2} s^{-1} ซึ่งสูงกว่าสภาพร่มเงาบริเวณทรงพุ่มของต้นกาแฟโรบัสตาตลอดทั้งวันโดยมีเปอร์เซ็นต์ร่มเงาสูงกว่าอยู่ในช่วง 78.61 – 90.82 เปอร์เซ็นต์

Table 3 The result of normality test by Shapiro-Wilk normality test. Abbreviates indicated for shoot length (SL), root length (RL), basal diameter (D_0), stem dry weight (STW), root dry weight (RDW), leaf greenness value (LGV), and specific leaf area (SLA), respectively.

Seedling stages		Shapiro-Wilk normality test						
		SL (cm)	**RL (cm)**	**D_0 (mm)**	**SDW (g)**	**RDW (g)**	**LGV**	**SLA (cm^{-2} g^{-1})**
Butterfly leaf	**W**	0.9858	0.92472	0.96288	0.97756	0.98514	0.88657	0.88657
	P-value	0.5678	0.00026	0.02703	0.2039	0.5286	0.01616	0.01616
	Sig.	**ns**	***	*	**ns**	**ns**	*	*
True leaf-butterfly leaf	**W**	0.92698	0.91446	0.93118	0.93031	0.94955	0.92659	0.92659
	P-value	0.0004	0.0001	0.00063	0.00057	0.005477	0.03544	0.03544
	Sig.	***	***	***	***	***	*	*
True leaf	**W**	0.94764	0.88482	0.93165	0.85918	0.96915	0.90727	0.90727
	P-value	0.003711	5.45×10^{-6}	0.00055	6.58×10^{-7}	0.06394	0.01969	0.01969
	Sig.	**	***	***	***	*	*	*
Total	**W**	0.94502	0.93664	0.95023	0.79482	0.93849	0.94619	0.94619
	P-value	1.81×10^{-7}	3.04×10^{-8}	5.93×10^{-7}	2.20×10^{-6}	4.45×10^{-8}	0.002099	0.002099
	Sig.	***	***	***	***	***	**	**

Remark; Significantly level; * p ,< 0.01, ** p < 0.05, *** p < 0.001

W = Shapiro-Wilk normality test

ซึ่ง Thaisantad *et al*. (2000) กล่าวว่า ระดับความรุนแรงของอาการเกิดโรคต่าง ๆ ของกาแฟที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งนั้นมีระดับความรุนแรงที่สูงกว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา เนื่องจากระยะห่างของต้นกาแฟเชิงเดี่ยวที่เป็นชนิดเดียวกันและชิดกันมาก โดยกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาสูงมากกว่าสภาพกลางแจ้งและร่มเงาปานกลางจะพบศัตรู ได้แก่ ใบจุดสาหร่าย และแมลงกัดใบและมีอาการขาดธาตุแมกนีเซียมไม่ต่างจากที่ร่มเงาปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามระดับความรุนแรงของอาการเกิดโรคต่าง ๆ ของกาแฟที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งนั้นมีระดับความรุนแรงที่สูงกว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา ซึ่ง Soto-Pinto *et al*. (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางนิเวศวิทยาของกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาป่าพบว่าเปอร์เซ็นต์ร่มเงาและความหนาแน่นของต้นกาแฟส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตของกาแฟที่ดีที่สุดในช่วงของเปอร์เซ็นต์ร่มเงาที่ 40 -50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การปลูกกาแฟใต้เรือนยอดที่มีปริมาณความเข้มของแสงไม่มากยังส่งผลต่อการเติบโต และผลผลิตของกาแฟได้ดีกว่าพื้นที่ปลูกเชิงเดี่ยว (Sungpalee *et al*., 2017)

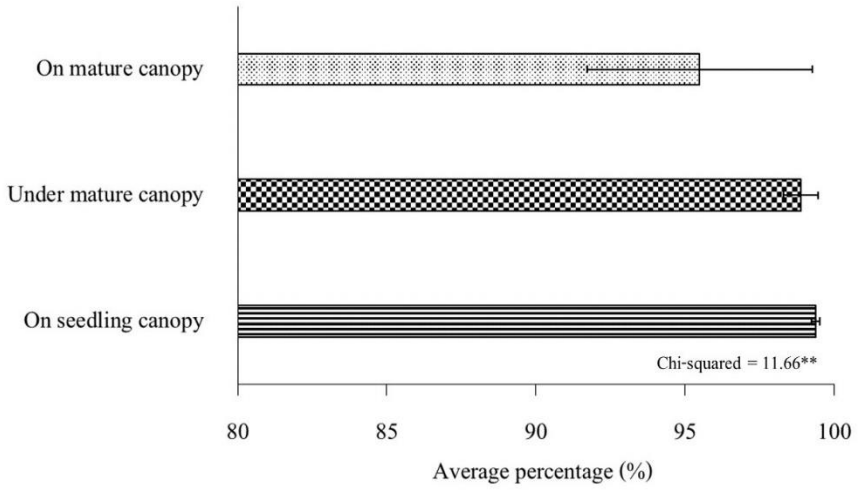

Figure 4 Percentage of shade in study area (** $p < 0.01$)

5. การเปรียบเทียบการกระจายระหว่างกลุ่มตัวอย่างกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะ

จากการทดสอบการกระจายระหว่างกลุ่มตัวอย่างกล้ากาแฟอาราบิก้าในแต่ละระยะ ด้วยวิธี Two-Sample Kolmogorov-Smirnov test สามารถจับกลุ่มเพื่อทดสอบการกระจายจากระยะกล้าได้จำนวน 3 คู่ ได้แก่ 1) ระยะใบผีเสื้อ และใบผีเสื้อ-ใบจริง 2) ระยะใบผีเสื้อ และระยะใบจริง และ 3) ใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง พบว่าความสูงต้น ความยาวราก ขนาดความโตที่ระดับคอราก น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักรากแห้ง และความเขียวใบ ไม่มีการกระจายแบบเดียวกันในทุกคู่ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดสอบทำให้ทราบว่าในแต่ละช่วงการเติบโตของระยะกล้าทั้ง 3 ระยะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน ยกเว้นพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area, SLA) ที่พบว่ามีการกระจายแบบเดียวกันในกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ นั้นคือเมื่อกล้ากาแฟเจริญไปในแต่ละระยะ พื้นที่ใบเฉพาะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป (Table 4)

อย่างไรก็ตาม Suteekanjanothai and Chiarawipa (2017) ได้ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยต่อลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบกาแฟ พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันระหว่างปริมาณปุ๋ย โดยเฉพาะค่าพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ ส่วน Worku and Astatkie (2010) รายงานว่าสภาพความเครียดจากการขาดน้ำของกล้ากาแฟอาราบิก้าส่งผลต่อพื้นที่ใบเฉพาะ (SLA) ลดลง ในขณะที่น้ำหนักแห้งรวมและความสูงต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Chiarawipa and Sirikantayakul (2015) กล่าวว่าลักษณะของแผ่นใบของต้นกาแฟโรบัสต้าในสภาพร่มเงามีลักษณะสีเขียวเข้ม และมีใบขนาดใหญ่ แต่กลับมีน้ำหนักน้อยกว่าสภาพกลางแจ้ง นอกจากนี้ในสภาพร่มเงาใบกาแฟมีการปรับตัวด้านลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ เช่น แผ่นใบบางลงเพื่อลดการบังแสงในทรงพุ่ม หรือการขยายขนาดแผ่นใบเพื่อให้สามารถได้รับแสงเพิ่มขึ้น รวมถึงการปรับเอนเอียงเข้าหาแสงและขยายขนาดพื้นที่ใบที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Willey (2016) ที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ใบเฉพาะ (SLA) นั้นเป็นดัชนีบ่งบอกถึงลักษณะการเรียงตัวที่สามารถบ่งบอกถึงความหนาบางและความหนาแน่นของใบ

Table 4 Comparing distribution between sample groups of Arabica seedling in three stages by Two-Sample Kolmogorov-Smirnov tests (D).

Variables	Seedling stages	Two-Sample Kolmogorov-Smirnov test			
		D	P-value	Sig.	Alpha
Shoot length (cm.)	B & TB	0.65863	2.30×10^{-14}	***	0.001
	B & T	0.92000	2.20×10^{-16}	***	0.001
	TB & T	0.49973	1.89×10^{-8}	***	0.001
Root length (cm)	B & TB	0.58265	2.47×10^{-11}	***	0.001
	B & T	0.64000	9.12×10^{-14}	***	0.001
	TB & T	0.28493	0.004925	**	0.01
Stem diameter; D_0 (mm)	B & TB	0.53187	1.63×10^{-14}	***	0.001
	B & T	0.24000	0.026600	*	0.05
	TB & T	0.40457	1.10×10^{-5}	***	0.001
Stem dry weight (g)	B & TB	0.66155	1.73×10^{-14}	***	0.001
	B & T	0.78667	2.20×10^{-16}	***	0.001
	TB & T	0.30155	0.002394	**	0.01
Root dry weight (g)	B & TB	0.74301	2.20×10^{-16}	***	0.001
	B & T	0.85333	2.20×10^{-16}	***	0.001
	TB & T	0.40785	9.04×10^{-6}	***	0.001
Leaf greenness values	B & TB	0.48858	4.27×10^{-8}	***	0.001
	B & T	0.61333	1.12×10^{-12}	***	0.001
	TB & T	0.36603	9.91×10^{-5}	***	0.001
Specific Leaf Area ($cm^2 g^{-1}$)	B & TB	0.34604	0.091750	ns	-
	B & T	0.32492	0.117200	ns	-
	TB & T	0.14934	0.904400	ns	-

Remark: B = Butterfly leaf, TB = True leaf-butterfly leaf, T = True leaf

* p ,< 0.01, ** p < 0.05, *** p < 0.001

ที่มีผลต่อการกระจายและการส่องผ่านของแสงในทรงพุ่มของพืชซึ่งอาจส่งผลต่อผลผลิตของกาแฟ เมื่อกล้ากาแฟอาราบิก้า พัฒนามาเป็นต้นที่สามารถให้ผลผลิต ส่วน Debela and Struik (2011) รายงานว่า กาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาพบว่ามีน้ำหนักของผลและคุณภาพของเมล็ดดีกว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง เนื่องจากการปลูกกาแฟในสภาพร่มเงานั้นส่งผลให้ขนาด

เมล็ดกาแฟมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากผลกระทบของ แสง อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสุกของเมล็ดกาแฟ รวมถึงลักษณะทางชีวเคมีของกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงานั้น ส่งผลให้มีปริมาณคาเฟอีน (Caffeine) และกรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acid) ตลอดจนคุณภาพทางด้านการชิม ที่มีแนวโน้มสูงกว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง ทั้งนี้ลักษณะสัณฐานข้างต้นที่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ระยะอาจส่งผลต่อการพัฒนาเป็นระยะไม้รุ่น (sapling) และแม่ไม้ที่สามารถให้ผลผลิตของปริมาณเมล็ดกาแฟได้ดีในอนาคตโดยเฉพาะขนาดความโต และความสูงของกล้ากาแฟที่มีความแตกต่างกันในข้างต้น

สรุป

ลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของกล้ากาแฟอาราบิก้า 3 ระยะการเติบโต มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยกล้ากาแฟในระยะใบผีเสื้อมีการกระจายตัวแบบปกติทางด้านความสูงต้น ลักษณะน้ำหนักต้นแห้ง และลักษณะน้ำหนักรากแห้ง ส่วนกล้ากาแฟอาราบิก้าในระยะใบผีเสื้อ-ใบจริง และระยะใบจริง พบว่ามีการกระจายตัวแบบไม่ปกติในทุกลักษณะสัณฐานวิทยาที่ทำการศึกษา มีเพียงลักษณะของพื้นที่ใบเฉพาะเท่านั้นที่มีการกระจายเป็นแบบเดียวกันในกล้าไม้ทั้ง 3 ระยะ

จากการทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ร่มเงา พบว่าเปอร์เซ็นต์ร่มเงามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยบนเรือนยอดต้นกล้า มีเปอร์เซ็นต์ร่มเงาเฉลี่ยสูงสุด และจากการทดสอบการกระจายระหว่างกลุ่มของกล้ากาแฟอาราบิก้าในแต่ละระยะ พบว่าเกือบทุกลักษณะสัณฐานที่ศึกษาไม่มีการกระจายแบบเดียวกันในทุกคู่ของกลุ่มตัวอย่าง แสดงว่าในแต่ละช่วงการเติบโตของระยะกล้าทั้ง 3 ระยะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามส่วนของพื้นที่ใบเฉพาะนั้น พบว่ามีการกระจายแบบเดียวกันในกล้ากาแฟอาราบิก้าทั้ง 3 ระยะ กล่าวคือเมื่อกล้ากาแฟเจริญไปในแต่ละระยะพื้นที่ใบเฉพาะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบว่า การปลูกกล้ากาแฟอาราบิก้าในระบบวนเกษตรภายใต้สภาพป่าดิบเขาระดับต่ำ ส่งผลให้กล้าไม้มีลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการที่มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งไม่แตกต่างจากภายใต้สภาพการปลูกเชิงเดี่ยว

ดังนั้น การส่งเสริมปลูกกาแฟด้วยระบบวนเกษตรภายใต้ป่าดิบเขามีผลต่อการเติบโตและการตั้งตัวเพื่อเป็นต้นแม่กาแฟที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าการปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์พื้นที่ป่าอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Alemu, I. D. and D. S. Boke. 2017. Morphological Characterization of Coffee (*Coffea arabica* L.) Landraces at Seedling Stage Collected from GUJI Zones. **Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics** 30(2): 9-18.

Angkasith, P. 2002. **Coffee production status and potential of organic Arabica coffee in Thailand**. Available source: http://www.fao.org/3/x6938e/x6938e05.htm#bm5.4**,** April, 17, 2020.

Bosselmann, S. K., K. Dons, T. Oberthur, C. S. Olsen, A. Raebild and H. Usma. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in small holder

coffee agroforestry systems in Southern Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 129:253–260.

Chiarawipa, R. and C. Sirikantayakul. 2015. Phenotypic plasticity in Robusta coffee trees in a mixed orchard system. **Agricultural Science Journal** 46(Supply 3): 433-436. (*in Thai*)

Debela, A. and P.C. Struik. 2011. Effects of Shade on Growth, Production and Quality of Coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry** 3(11): 336-341.

Franck, N. and P. Vaast. 2009. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. **Trees** 23(4):761–769.

Highland Coffee Research and Training Center. 1994. **Highland Arabica coffee production**. Chiang Mai University, Chiang Mai province.

Kufa, T. and J. Burkhardt. 2015. Physiological Growth Response in Seedlings of Arabica Coffee Genotypes under Contrasting Nursery Microenvironments. **Plant** 3(5): 47-56**.**

Nesper, M., C. Kueffer, S. Krishnan, C. G. Kushalappa, and J. Ghazoul. 2017. Shade tree diversity enhances coffee production and quality in agroforestry systems in the Western Ghats. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 247: 172–181.

Soto-Pinto, L., L. Perfectob, J. Castillo-Hernandez and J. Caballero-Nieto. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 80: 61–69.

Sungpalee, W., P. Techanant, S. Hermhuk. C. Atnaseo, N. Insalud and K. Sri-ngernyuang. 2017. Variation in Arabica coffee bean sizes under different planting patterns, Wawee Sub-district, Mae Suai District, Chiang Rai Province**. Khon Kaen Agriculture Journal** 45 (supply 1): 1,281-1,086.

Suteekanjanothai, P. and R. Chiarawipa. 2017. Changes in morpho-physiological characteristics of Robusta coffee leaves under full sun and shaded conditions. pp. 97-103. *In* **Proceedings of 55th Kasetsart University Annual Conference: Plants**. 31 January - 3 February 2017. Kasetsart University, Bangkok. (*in Thai*)

Suteekanjanothai, P., R. Chiarawipa, B. Somboonsuke and C. Sirikantayakul. 2017. Effects of Chemical and Organic Fertilizer Application on Vegetative Growth of Robusta Coffee Saplings in a Rubber Plantation. **Songklanakarin Journal of Plant Science** 4(4): 25-31. (*in Thai*)

Thaisantad, N., T. Promwong, N. Yimyam, W. Boonma and P. Kham-on. 2000. Incidence of Coffee pests in open and shaded system. **Journal of Agriculture** 16(1): 65-77. (*in Thai*)

Willey, N. 2016. **Environmental Plant Physiology**. Garland Science, New York.

Worku, M. and T. Astatkie. 2010. Growth responses of arabica coffee (*Coffea arabica* L.) varieties to soil moisture deficit at the seedling stage at Jimma, Southwest Ethiopia. **Journal of Food Agriculture and Environment** 8(1): 195-200.

Yimyam, N. 2000. Appropriate plat density per unit area of Arabica coffee. **Journal of Agriculture** 16(2): 158-169. (*in Thai*)