

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาการเสียบยอดและทดสอบปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิกา (*Coffea arabica* L.) ซึ่งสามารถแสดงผลและวิจารณ์ผลการทดลองตามการทดลองต่างๆ ได้ ดังนี้

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาเปอร์เซ็นต์การเสียบติดและอัตราการรอดชีวิตของ กาแฟอาราบิกาเปอร์เซ็นต์การเสียบติดและอัตราการรอดชีวิต ของการเสียบยอดกาแฟ

จากการศึกษาการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนและกิ่งแก่ พบว่า การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การเสียบติดมากที่สุด คือ 92.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ คือ 60.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) สำหรับอัตราการรอดชีวิตหลังจากเสียบยอด 10 สัปดาห์ พบว่า การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด คือ 62.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ที่มีอัตราการรอดชีวิตเพียง 43.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องจากยอดอ่อนมีเนื้อเยื่อเจริญที่ทำให้เนื้อเยื่อประสานกันได้เร็วกว่าเนื้อเยื่อที่แก่จึงทำให้เสียบติดได้ง่ายและสามารถแตกยอดได้เร็ว ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Mshihiri et al. (2012) ซึ่งได้ศึกษาการเสียบยอดกาแฟอาราบิกาบ้นต้นดอกกาแฟโรบัสตาอายุ 6 เดือน โดยใช้ยอดอ่อน ในประเทศแทนซาเนีย พบว่า มีอัตราการเสียบติดมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ หลังการเสียบยอด 16 สัปดาห์ ต้นกล้ากาแฟที่ผ่านการเสียบยอดสามารถทนทานต่อความแห้งแล้งในสภาพแปลงปลูกกาแฟอาราบิกาในฤดูร้อนมากกว่าต้นกล้าที่ไม่เสียบยอด

ตารางที่ 2 แสดงผลของการเสียบติดและอัตราการรอดชีวิตของการเสียบยอดกาแฟอาราบิกา แบบกิ่งอ่อนและกิ่งแก่ หลังจากเสียบยอด 10 สัปดาห์

วิธีการเสียบยอด	การเสียบติด (%)	อัตราการรอดชีวิต (%)
การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อน	92.4a	62.8a
การเสียบยอดแบบกิ่งแก่	60.3b	43.1b
F-test	**	**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)

อัตราการแตกยอดในช่วงระยะเวลาต่างๆ หลังจากเสียบยอด

จากข้อมูลหลังจากทำการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนและกิ่งแก่ พบว่า ช่วงระยะเวลา 1-15 วัน หลังจากเสียบยอด (DAG) การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีการแตกยอดใหม่ได้เร็วและมากที่สุดคือ 53.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ที่มีจำนวนการแตกยอดเพียง 10.3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 16-30 DAG พบว่า การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีจำนวนการแตกยอดมากที่สุดคือ 32.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ ที่มีจำนวนการแตกยอดที่ 29.1 เปอร์เซ็นต์ และการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ ในช่วงระยะเวลา 31-4 DAG มีการแตกยอดมากที่สุด 20.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนที่มีจำนวนการแตกยอดเพียง 7.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนสามารถแตกยอดใหม่ได้ดีและเร็วกว่าการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ และมีเปอร์เซ็นต์การแตกยอดใหม่ได้มากกว่าการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ ทั้งนี้เนื่องจากกิ่งอ่อนมีเนื้อเยื่อเจริญมากกว่ากิ่งแก่ ทำให้เนื้อเยื่อประสานกันได้เร็ว ในส่วนเนื้อเยื่อที่ไม่แตกยอดหรือตายนั้น นันทิยา (2553) ได้กล่าวไว้ว่า เซลล์ท่อน้ำท่ออาหารของยอดพันธุ์และต้นตอที่ยังไม่เชื่อมติดกันอาจตายได้เนื่องจากอาหารสะสมในต้นไม่เพียงพอ หรือเกิดการขาดน้ำ ส่งผลให้เสียบยอดไม่ติด

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การแตกยอดในช่วงระยะเวลา 1-15, 16-30 และ 31-45 วัน หลังจากการเสียบยอดกาแฟอาราบิก้าแบบกิ่งอ่อนและกิ่งแก่

วิธีการเสียบยอด	ช่วงระยะเวลา (วัน)		
	1-15	16-30	31-45
การเสียบยอดแบบกิ่งอ่อน	53.2a	32.1a	7.2b
การเสียบยอดแบบกิ่งแก่	10.3b	29.1b	20.8a
F-test	**	**	**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)



ภาพที่ 1 ต้นกาแฟอาราบิก้าที่ทำการเสียหายแบบต่างๆ

หมายเหตุ

A) เสียหายแบบกึ่งอ่อน B) เสียหายแบบกึ่งแก่ C) ต้นกาแฟอาราบิก้าหลังจากเสียหายแบบกึ่งอ่อน 2 เดือน D) ต้นกาแฟอาราบิก้าหลังจากเสียหายแบบกึ่งแก่ 2 เดือน E) การออกดอกของกาแฟอาราบิก้าที่เสียหายแบบกึ่งอ่อน

ผลการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอาราบิกา จากการเสียบยอดและเพาะเมล็ด

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิกาหลังจากเสียบยอด แบบกิ่งอ่อน แบบกิ่งแก่ และต้นกล้าจากเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 ปี มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

ความสูงของต้นกาแฟ

ผลการเปรียบเทียบความสูงของต้นกาแฟอาราบิกาที่เกิดจากการขยายพันธุ์ทั้ง 3 แบบ พบว่า ต้นที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีความสูงต้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 45.2 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าเพาะเมล็ดและการเสียบยอดแบบกิ่งแก่ ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย คือ 35.3 และ 30.2 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ความกว้างทรงพุ่มของต้นกาแฟ

ผลการเปรียบเทียบความกว้างทรงพุ่มของต้นกาแฟอาราบิกาที่เกิดจากการขยายพันธุ์ทั้ง 3 แบบ พบว่า ต้นที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 44.6 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเสียบยอดแบบกิ่งแก่และต้นกล้าเพาะเมล็ดซึ่งมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย คือ 25.1 และ 33.9 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

จำนวนใบกาแฟต่อต้น

ผลการเปรียบเทียบจำนวนใบต่อต้นของต้นกาแฟอาราบิกาที่เกิดจากการขยายพันธุ์ทั้ง 3 แบบ พบว่าการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 33.2 ใบต่อต้น ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าจากการเพาะเมล็ด และต้นที่เสียบยอดแบบกิ่งแก่ ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นคือ 27.5 และ 19.5 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

จำนวนกิ่งแขนงของต้นกาแฟ

ผลการศึกษาจำนวนกิ่งแขนงของต้นกาแฟอาราบิกาที่เกิดจากการขยายพันธุ์ทั้ง 3 แบบ พบว่า ต้นที่เสียบยอดแบบกิ่งแก่มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด คือ 2 กิ่งต่อต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับต้นที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อน ซึ่งมีจำนวนกิ่งแขนงเท่ากับ 1.67 กิ่งต่อต้น แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ด ซึ่งไม่พบกิ่งแขนง (ตารางที่ 4)

เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นกาแฟ

ผลการเปรียบเทียบเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นกาแฟที่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการเสียบยอดแบบกิ่งอ่อน กิ่งแก่ และต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ด พบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของกาแฟอาราบิก้าที่ทำการขยายพันธุ์ทั้ง 3 แบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นว่ากาแฟอาราบิก้าที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อนมีแนวโน้มการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นได้ดีมากกว่าการเสียบยอดแบบกิ่งแก่และต้นกล้าจากการเพาะเมล็ดอีกทั้งสามารถออกดอกและติดผลในปีแรกหลังจากทำการปลูก (ภาพที่ 2) ส่วนขนาดของผลกาแฟจะมีขนาดเล็ก ทำให้ไม่ได้คุณภาพ และบางเมล็ดมีลักษณะฝ่อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นตอที่นำมาเสียบยอดสะสมธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการนำไปสร้างเมล็ดให้สมบูรณ์ ควรทำการปลิดผลทิ้งในปีแรกเพื่อให้ต้นกาแฟนำธาตุอาหารไปบำรุงลำต้นให้พร้อมต่อการออกดอกและติดผลในปีถัดไป ซึ่งสอดคล้องกับ Nur and Gutta (1999) ได้เสียบยอดโดยใช้ยอดอ่อนกาแฟ “อาราบิก้า” บนต้นตอกาแฟ “โรบัสตา” พบว่า ในปีที่ 3 หลังจากปลูกต้นกาแฟที่ผ่านการเสียบยอดสามารถให้ผลผลิตที่มากกว่าต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ด และไม่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟแต่อย่างใด จากการทดลองการเสียบยอดกาแฟอาราบิก้าดังกล่าว ผลที่ได้สามารถควบคุมการกลายพันธุ์ และรักษาสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าให้บริสุทธิ์ อีกทั้งสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการปลูกกาแฟอาราบิก้าต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 4 แสดงการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อน แบบกิ่งแก่ และต้นกล้าจากการเพาะเมล็ด

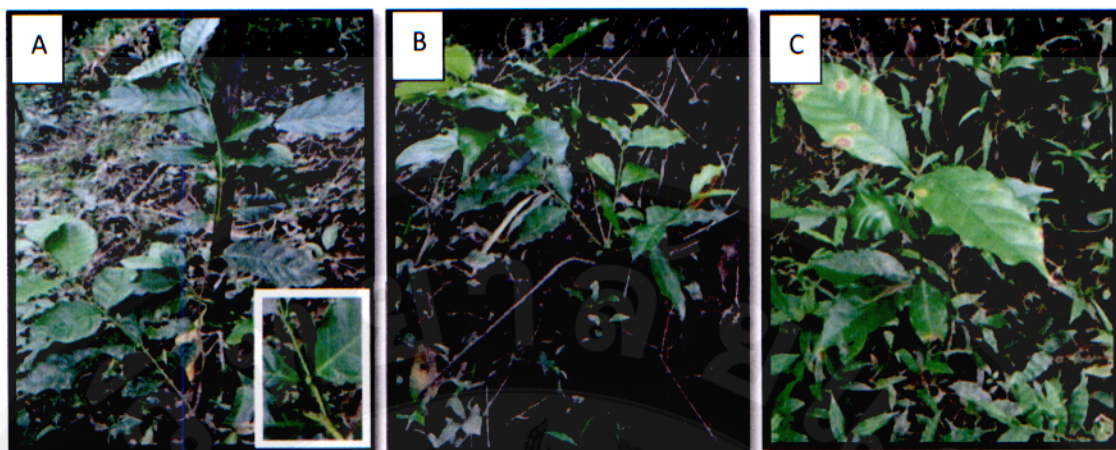
สิ่งทดลอง	ความสูง ของต้น (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่ง)	จำนวนใบ ต่อต้น (ใบ)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (มม.)
ต้นกาแฟที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อน	45.2a	44.6a	1.6a	33.2a	4.9
ต้นกาแฟที่เสียบยอดแบบกิ่งแก่	30.2b	25.1b	2.0a	19.5c	3.9
ต้นกล้าจากการเพาะเมล็ด	35.3b	33.9ab	0.0b	27.5b	4.6
F-Test	**	*	*	**	ns

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)



ภาพที่ 2 แสดงต้นกาแฟอาราบิกาล้างจากปลูกเป็นเวลา 1 ปี

หมายเหตุ A) กาแฟอาราบิกาที่เสียบยอดแบบกิ่งอ่อนที่กำลังติดผล B) กาแฟอาราบิกาที่เสียบยอดแบบกิ่งแก่ C) ต้นกาแฟอาราบิกาจากการเพาะเมล็ด

ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟดิบ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟดิบ เมล็ดกาแฟอาราบิกาจากการทดลองมีช่วงเวลาในการออกดอกจะอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมของปีถัดไป นำเมล็ดกาแฟดิบมาตรวจสอบหาปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนระหว่างเมล็ดกาแฟดิบที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และเมล็ดที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไปจากเกษตรกรตำบลป่าเมี่ยง พบว่า ปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนในเมล็ดกาแฟดิบที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณสูงคือ 904.33 และ 695.61 มิลลิกรัมตามลำดับ ส่วนเมล็ดกาแฟดิบที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไปมีปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนต่ำกว่าเมล็ดกาแฟดิบที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์คือ 548.11 และ 451.27 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนในเมล็ดกาแฟดิบโดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อ 1 กิโลกรัมเมล็ดกาแฟดิบ พบว่า ปริมาณคาเฟอีนที่พบในเมล็ดกาแฟดิบระหว่างการปลูกแบบอินทรีย์และแบบเคมีคิดเป็น 0.9 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณไตรโกโนลีนที่พบในเมล็ดกาแฟดิบระหว่างการปลูกแบบอินทรีย์และแบบเคมีคิดเป็น 0.6 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับรายงานของ Belitz and Grosch (1999) ได้วิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนโดยเฉลี่ยของสายพันธุ์กาแฟอาราบิกา คือ 1.2 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไตรโกโนลีน คือ 0.6-1.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนที่พบมากในกาแฟอาราบิกาที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์บ่งบอกถึงสารตั้งต้นในการสร้างกลิ่นและ

รสชาติของกาแฟที่มีมากกว่ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกแบบเคมีซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟและความพึงพอใจให้ผู้บริโภคเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนและไตรโกโนลีนที่พบในเมล็ดกาแฟดิบของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และใช้ปุ๋ยเคมี

ตัวอย่าง เมล็ดกาแฟดิบ	คาเฟอีน (mg/100g)	ไตรโกโนลีน (mg/100g)
ใช้ปุ๋ยอินทรีย์	904.33	695.61
ใช้ปุ๋ยเคมี	548.11	451.27

หมายเหตุ ส่งวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการกลางคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า

การศึกษานิตและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า โดยเปรียบเทียบการให้ปุ๋ย 3 ชนิด คือ ปุ๋ยมูลวัว อัตรา 1, 2 และ 3 กิโลกรัมต่อต้น ปุ๋ยแฉะ อัตรา 1, 2 และ 3 กิโลกรัมต่อต้น และปุ๋ยมูลไส้เดือน 100, 200 และ 300 กรัมต่อต้น เปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย (control) เป็นระยะเวลา 1 ปี (กรกฎาคม 2557-มิถุนายน 2558) แบ่งใส่ปุ๋ยจำนวน 4 ครั้ง ต่อปี มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

ความสูงของต้นของกาแฟอาราบิก้า

การศึกษานิตและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า พบว่า มีผลต่อความสูงของต้น คือ ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม มีความสูงของต้นสูงที่สุด คือ 56.3 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม ซึ่งมีความสูงต้นเท่ากับ 53.2 เซนติเมตร และรองลงมาคือต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน 200 กรัม ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม ปุ๋ยมูลไส้เดือน 300 กรัม ไม่ใส่ปุ๋ย (control) ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม และปุ๋ยแฉะ 2 กิโลกรัม ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 42.9, 41.8, 36.7, 36.3, 29.4, 25.7 และ 25.7 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้อยสุดคือต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม คือ 24.0 เซนติเมตร (ภาพที่ 3)

ความกว้างของทรงพุ่มของกาแฟอาราบิก้า

การศึกษาชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า พบว่า ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม มีความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุด คือ 43.1 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 35.6 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน 200 กรัม ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม ปุ๋ยมูลไส้เดือน 300 กรัม ไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม ปุ๋ยแฉะ 2 กิโลกรัม ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม ซึ่งมีความกว้างทรงพุ่ม เท่ากับ 34.9, 32.3, 32.1, 27.3, 26.9, 26.9 และ 25.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีความกว้างทรงพุ่มเล็กที่สุด คือ ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม คือ 25.3 เซนติเมตร (ภาพที่ 4)

จำนวนใบกาแฟต่อต้น

การศึกษาชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า พบว่า ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม มีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดคือ 33 ใบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม ซึ่งมีจำนวนใบ เท่ากับ 22 ใบต่อต้น รองลงมาคือต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม ปุ๋ยมูลไส้เดือน 2 และ 3 กรัม ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม ปุ๋ยแฉะ 1 และ 2 กิโลกรัม และต้นกาแฟที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีจำนวนใบเท่ากับ 19.4, 17.4, 14.6, 14.4, 13.6, 12.8 และ 8.8 ใบต่อต้น ตามลำดับ และต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม มีจำนวนใบน้อยที่สุด 6.20 ใบต่อต้น (ตารางที่ 6)

จำนวนกิ่งแขนงของต้นกาแฟ

การศึกษาชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า พบว่า ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุดที่ 5.6 กิ่ง ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม และต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน 200 กรัม มีกิ่งแขนง 3.0 และ 2.8 กิ่งต่อต้น รองลงมาคือต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม (2.4) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม (1.7) ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม (1.4) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 300 กรัม (0.6) กิ่งต่อต้น ตามลำดับ และไม่พบกิ่งแขนงในต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยแฉะ 2 และ 3 กิโลกรัม และต้นกาแฟที่ไม่ใส่ปุ๋ย (Control) (ตารางที่ 6)

เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นกาแฟ

การศึกษาชนิดและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้า พบว่า มี ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม มีผลให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดคือ 5.90 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับทุกสิ่งทดลอง คือ ต้นกาแฟที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว 1

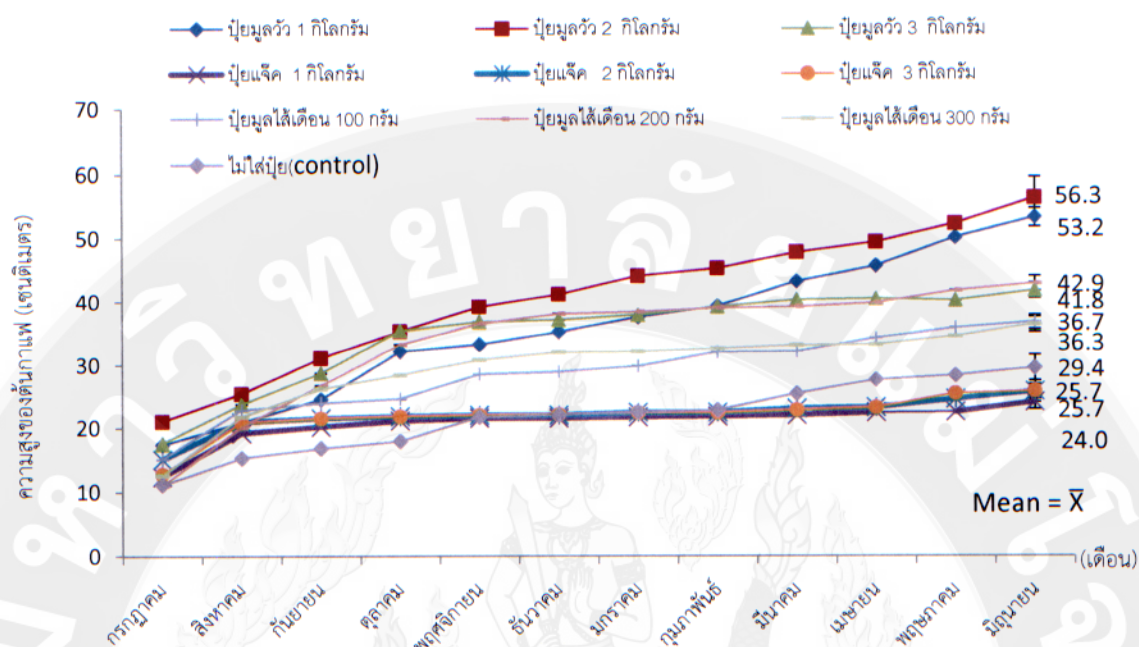
กิโลกรัม (4.1) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม (4.0) ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม (4.0) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 300 กรัม (3.8) ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม (3.7) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 200 กรัม (3.5) ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม (3.3) ไม่ใส่ปุ๋ย และ ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม (3.0) มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแพ

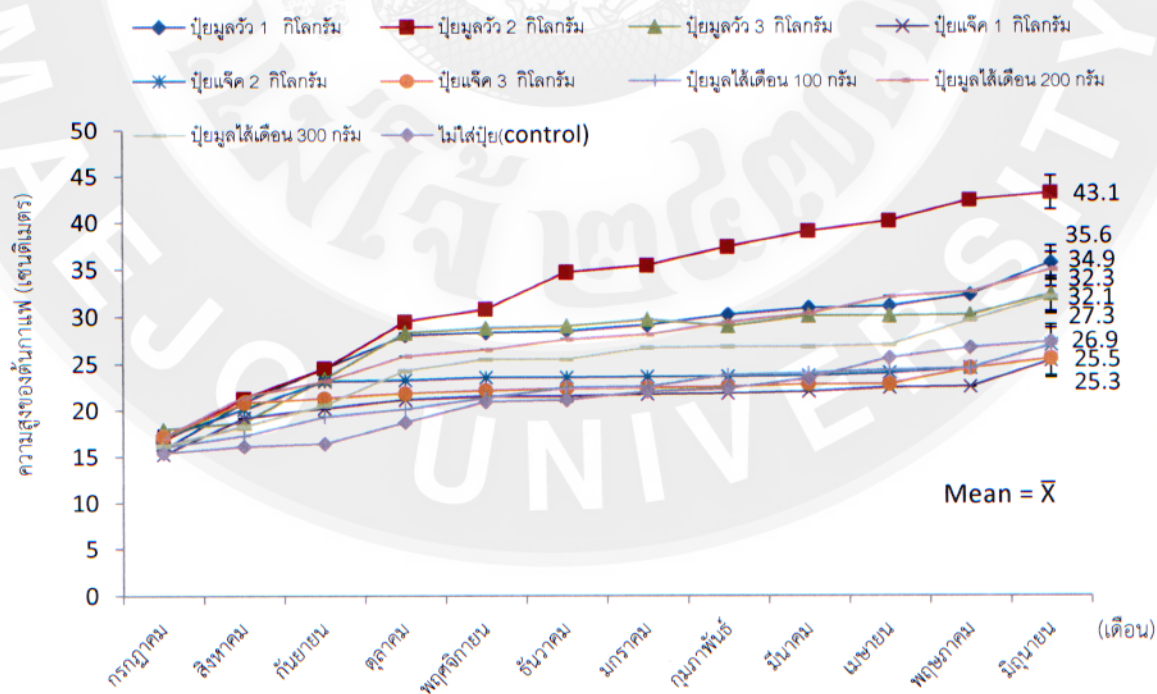
การศึกษานิตและอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแพอาราบิก พบว่า การใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแพอาราบิก (ตารางที่ 6)

จากข้อมูลข้างต้นการใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัมต่อต้น มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อนทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินทำให้ดินมีความชุ่มชื้น และส่งผลให้ต้นพืชสามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดีในฤดูร้อน (ภาพที่ 3 และ 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Hashemimajd et al. (2004) ได้กล่าวไว้ว่าการใส่ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยมูลไส้เดือนช่วยลดความหนาแน่นของดิน (soil bulk density) และความหนาแน่นอนุภาคดิน (particle density) อีกทั้งยังส่งเสริมความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) และยังสอดคล้องกับรายงานของ สุริยา (2554) ซึ่งได้ศึกษาภูมิปัญญาของเกษตรกรผู้ปลูกกาแพอาราบิกในจังหวัดแม่ฮ่องสอนในปี 2553-2554 โดยเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยคอก สำหรับกาแพต้นเล็กใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 0.5-0.8 กิโลกรัมต่อต้น และ 1.5-2 กิโลกรัมต่อต้นในกาแพต้นใหญ่ โดยแบ่งใส่ 1-2 ครั้งต่อปี ในช่วงฤดูฝน (ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม) ทำให้กาแพจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงในฤดูร้อนและฤดูฝน แต่เจริญเติบโตช้าในช่วงฤดูหนาว นอกจากนี้ Emerson et al. (2004) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของกาแพอาราบิกในประเทศบราซิล พบว่า การศึกษาการเจริญเติบโตระยะเวลา 12 เดือน จะมีการเจริญเติบโตในสภาพอากาศที่อุณหภูมิอบอุ่นถึงอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูฝน 78 เปอร์เซ็นต์ คือช่วงเดือน เมษายน ถึงเดือนสิงหาคม และมีการเจริญเติบโตในสภาพอากาศที่แห้งแล้งของฤดูหนาว 22 เปอร์เซ็นต์ คือช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนมีนาคมในปีถัดไป ในการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในฤดูต่างๆ ยังพบว่า ยอดของกาแพอาราบิกจะเจริญเติบโตช้าในสภาพอากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว แม้จะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามฤดูกาลก็ตาม แต่จะเจริญเติบโตเร็วในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน (DaMatta et al., 1999)

อย่างไรก็ตามการปลูกกาแพภายใต้สภาพร่มเงามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งกาแพที่เติบโตในสภาพร่มเงายังสามารถย่นระยะเวลาการสุกแก่ของผล (Marta et al., 2011; Barros et al., 1997)



ภาพที่ 3 แสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นในแต่ละเดือน
ของกาแฟอาราบิก้าในระยะ เวลา 1 ปี



ภาพที่ 4 แสดงการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มของต้นกาแฟอาราบิก้าในระยะเวลา 1 ปี

ตารางที่ 6 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟอาราบิกาเป็นระยะเวลา 1 ปี

สิ่งทดลอง	ความสูง ของต้น (เซนติเมตร)	ความกว้าง ทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	จำนวนใบต่อ ต้น (ใบ)	จำนวนกิ่ง ต่อต้น (กิ่ง)	เส้นผ่าศูนย์กลาง ลำต้น (มิลลิเมตร)	ปริมาณ คลอโรฟิลล์(SPAD)
ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม	53.2b	35.6b	14.4bc	2.4b	4.1b	29.4
ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม	56.3a	43.1a	33.0a	5.6a	5.9a	31.6
ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม	41.8c	32.3bc	19.4bc	3.0ab	4.0b	25.9
ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม	24.0f	25.3d	13.6bc	1.4b	3.3b	28.4
ปุ๋ยแฉะ 2 กิโลกรัม	25.7e	26.9d	12.8bc	0.0b	3.0b	36.8
ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม	25.7e	25.5d	6.2c	0.0b	3.7b	30.7
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100 กรัม	36.7d	26.9d	22.0ab	1.7b	4.0b	26.9
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 200 กรัม	42.9c	34.9c	17.4bc	2.8ab	3.5b	32.3
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 300 กรัม	36.3d	32.1c	14.6bc	0.6b	3.8b	30.9
ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	29.4e	27.3d	8.8d	0.0b	3.0b	27.5
F-Test	**	**	**	**	**	ns

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P\leq 0.01$)

ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและภายหลังการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณ ไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ในดินก่อนการทดลอง พบว่า มีปริมาณธาตุอาหาร ดังนี้ 2.08, 11.00 และ 130.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 7) และธาตุอาหารในดินหลังการทดลอง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง (ตารางที่ 8) โดยพบว่า ในการใส่ปุ๋ยมูลวัว 2 และ 3 กิโลกรัม ต่อดัน และปุ๋ยแฉะ 1 และ 2 กิโลกรัมต่อดัน มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลองต่ำกว่าปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดลอง ได้แก่ การใส่ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม ปุ๋ยมูลไส้เดือน 2 กิโลกรัม และไม่ใส่ปุ๋ย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการดูดซึมธาตุอาหารของต้นกาแฟในสภาพดินดังกล่าวต่างกัน และวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับ Atiyeh et al. (2000) ได้ทำการทดลองผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของพืชในกระถางและในดิน พบว่า ปุ๋ยหมักสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ส่วนปุ๋ยมูลไส้เดือนปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปไนเตรท ซึ่งปุ๋ยหมักและปุ๋ยมูลไส้เดือนสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลอง

ตัวอย่างดิน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	อินทรีย์วัตถุ (OM) (%)	ไนโตรเจน (N) (mg/kg)	ฟอสฟอรัส (P) (mg/kg)	โพแทสเซียม (k) (mg/kg)
ดิน	6.20	4.15	2.08	11.00	130.00
ปุ๋ยมูลวัว	8.60	15.00	1.00	0.60	0.90
ปุ๋ยแฉะ	7.00	30.00	1.30	2.00	1.20
ปุ๋ยมูลไส้เดือน	7.56	25.09	0.34	2.80	1.25

หมายเหตุ ปริมาณธาตุอาหารในมูลวัวและปุ๋ยจากมูลไส้เดือนดินส่งดินวิเคราะห์ ณ สำนักวิจัย และพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 และปุ๋ยแฉะจากบริษัท Natural Agriculture Co.Ltd.

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์แบ่งใส่ 3 เดือนต่อครั้ง จำนวน 4 ครั้ง ในระยะเวลา 1 ปี

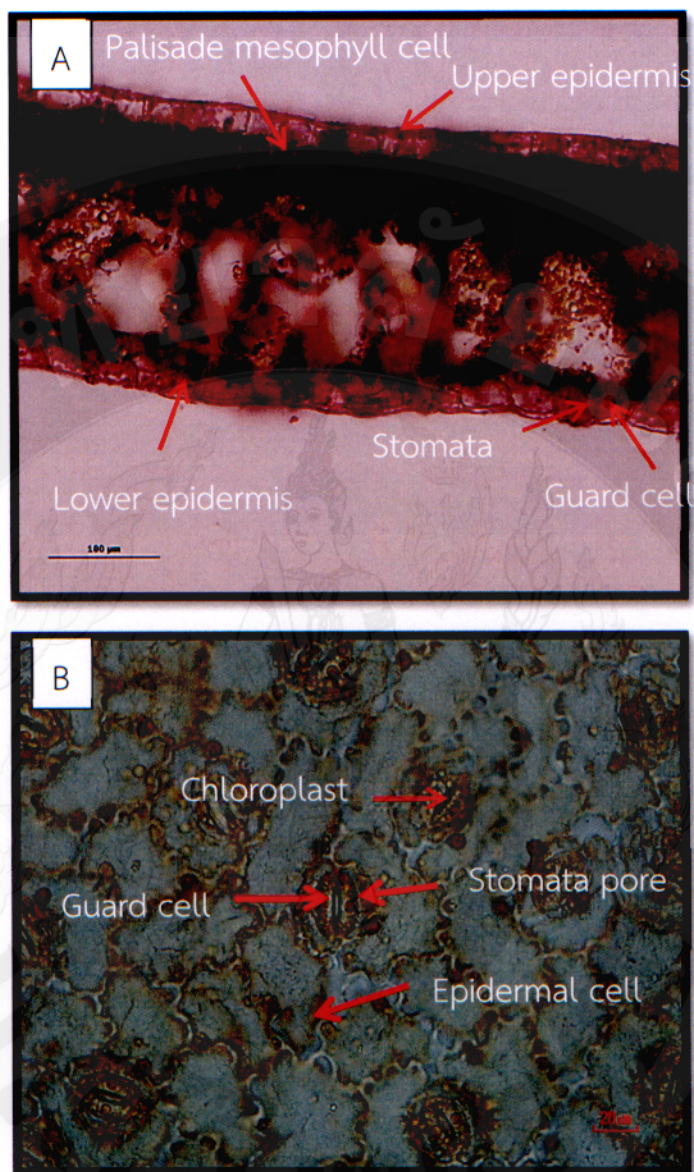
สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	อินทรีย์วัตถุ (OM) (%)	ไนโตรเจน N (mg/kg)	ฟอสฟอรัส P (mg/kg)	โพแทสเซียม k (mg/kg)
ปุ๋ยมูลวัว 1 กิโลกรัม	6.0	3.19	1.59	36	155
ปุ๋ยมูลวัว 2 กิโลกรัม	6.1	5.02	2.51	25	198
ปุ๋ยมูลวัว 3 กิโลกรัม	6.3	4.43	2.2	27	262
ปุ๋ยแฉะ 1 กิโลกรัม	6.6	5.25	2.62	84	22
ปุ๋ยแฉะ 2 กิโลกรัม	6.7	5.63	2.81	724	153
ปุ๋ยแฉะ 3 กิโลกรัม	6.5	2.74	1.37	316	131
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 1 กรัม	6.3	2.62	1.31	30	319
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 2 กรัม	5.6	2.94	1.48	14	68
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 3 กรัม	6.0	2.53	1.26	11	270
ไม่ใส่ปุ๋ย (control)	5.6	3.82	1.91	112	112

หมายเหตุ วิเคราะห์ดินโดย สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

ผลการทดลองที่ 4 ศึกษาลักษณะปากใบ และการเปิด-ปิดปากใบ กาแฟอาราบิก้าที่ปลูกภายใต้ร่มเงาและกลางแจ้ง

ลักษณะปากใบ จำนวนปากใบ ความกว้าง และความยาวปากใบ

การศึกษาลักษณะของปากใบกาแฟอาราบิก้า พบว่า ลักษณะของปากใบส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณตำแหน่งใต้ท้องใบ (ภาพที่ 5) กาแฟอาราบิก้าที่ปลูกกลางแจ้งมีจำนวนปากใบมากที่สุด คือ 12.2 ปากใบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงา คือ 9.5 ปากใบ ส่วนความกว้าง และความยาวปากใบกาแฟอาราบิก้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของจำนวนปากใบขึ้นอยู่กับปริมาณแสงและสภาพแวดล้อมเป็นตัวควบคุมการพัฒนาของปากใบ (Woodward, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความหนาแน่นของปากใบของกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งกับกาแฟที่ปลูกในที่ร่มในประเทศบราซิล พบว่า ความหนาแน่นจำนวนปากใบของกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งมีมากกว่ากาแฟที่ปลูกในที่ร่ม (Pompelli, 2010) จำนวนปากใบที่มีมากในกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งส่งผลให้เกิดการปรุงอาหารสูง จึงทำให้ต้นกาแฟอาราบิก้าเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี แต่ทั้งนี้การติดผลมากทำให้ต้นกาแฟเสื่อมโทรมได้เร็วกว่ากาแฟที่ปลูกในที่ร่มเงา ส่วนกาแฟที่ปลูกในที่ร่มเงามีการปรุงอาหารต่ำ เนื่องจากปริมาณแสงแดดน้อย ความต้องการปุ๋ยจึงน้อย และสภาพร่มเงามีความสำคัญต่อกาแฟที่ปลูกในเขตร้อนเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถรักษาความสมดุลของการเจริญเติบโต การปรุงอาหาร และการใช้ธาตุอาหารที่มีความคงที่ เพื่อป้องกันกิ่งแห้งตาย (Die back) ในฤดูร้อน นอกจากนี้ยังรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่ได้นาน (สันต์, 2542)



ภาพที่ 5 ลักษณะปากใบและตำแหน่งของปากใบกาแฟอาราบิกา

หมายเหตุ

A) ภาพตัดขวางใบกาแฟอาราบิกา และ B) ลักษณะของปากใบบริเวณใต้ท้องใบกาแฟอาราบิกา

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบจำนวนปากใบ ความกว้างปากใบ และความยาวของปากใบต่อหน่วยพื้นที่ (microscopic filed) ระหว่างกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในที่ร่มเงาและกลางแจ้ง

ลักษณะ ของปากใบ	จำนวน ปากใบ	ความกว้างปากใบ (μm)	ความยาวปากใบ (μm)
กาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงา	9.52b	127.5	150.4
กาแฟที่ปลูกกลางแจ้ง	12.2a	133.3	149.6
F-Test	**	ns	ns

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)
 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ช่วงเวลาการเปิด-ปิดปากใบกาแฟ

การศึกษากาแฟการเปิด-ปิดของปากใบกาแฟอาราบิก้าโดยแบ่งเป็น 6 เวลา คือ 6.00, 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 นาฬิกา และเวลากลางคืน (ไม่มีแสง) พบว่า ในเวลา 9.00 นาฬิกา มีปากใบเปิดมากที่สุด คือ 54.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าเวลา 15.00 นาฬิกา มีปากใบเปิด คือ 36.9 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงเวลา 12.00, 18.00 และ 6.00 นาฬิกา มีปากใบเปิด 19.1, 18.6, 1.0 และ 17.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปากใบเปิดน้อยที่สุดในช่วงเวลากลางคืน คือ 5.5 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6 และตารางที่ 10)

นอกจากนี้ยังพบว่า ปากใบปิดมากที่สุดในเวลากลางคืนมีปากใบปิด คือ 94.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 6.00, 18.00 และ 12.00 นาฬิกา ซึ่งมีปากใบปิด คือ 82.3, 81.3 และ 80.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่า 15.00 นาฬิกา มีปากใบปิด 62.8 เปอร์เซ็นต์ และปากใบกาแฟอาราบิก้าปิดน้อยที่สุดในเวลา 9.00 นาฬิกา มีปากใบปิด 42.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

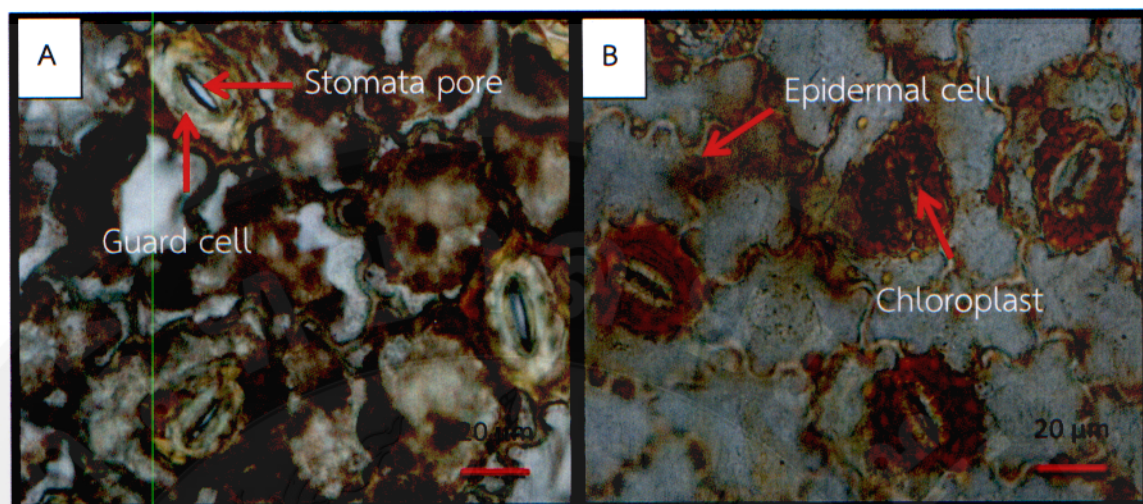
การเปิด-ปิดปากใบในช่วงเดือนกันยายน 2559 มีปากใบเปิดมากที่สุดในเวลา 9.00 นาฬิกา จากการสังเกตลักษณะปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 5) พบว่า ปากใบมีลักษณะเปิดเพียงเล็กน้อย เนื่องจากใบกาแฟได้รับแสงค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะความหนาแน่นของจำนวนปากใบขึ้นอยู่กับปริมาณแสงและสภาพแวดล้อมเป็นตัวควบคุมการพัฒนาของปากใบ (Woodward, 1998) ปากใบจะค่อยๆ เปิดเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น ทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากอุณหภูมิสูงเกิน 35 องศาเซลเซียส ปากใบจะปิด ทั้งนี้อาจเกิดจากการลดการคายน้ำเพื่อป้องกันการเกิดใบไหม้ และ

ต้นแห้งตายเนื่องจากสภาวะขาดน้ำ และหากอุณหภูมิต่ำลงปากใบจะปิด เพื่อป้องกันเนื้อเยื่อถูกทำลาย สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเปิดของปากใบคือช่วงเช้า (วิไลภรณ์, 2556) กลไกการเปิด-ปิดของปากใบ ควบคุมโดยความแตกต่างของแรงดันเต่งระหว่างเซลล์คุม เมื่อแรงดันเต่งภายในของเซลล์คุมมากกว่าเซลล์รอบเซลล์คุม ปากใบจะเปิด เมื่อแรงดันเต่งภายในของเซลล์คูน้อยกว่าเซลล์รอบเซลล์คุม ปากใบจะปิด (พวงผกา, 2548) การศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นและสามารถปรับใช้ในการพ่นธาตุอาหารทางใบเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตที่มีคุณภาพ

ตารางที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปิด-ปิดปากใบของกาแฟอาราบิกาลดเดือนกันยายน พ.ศ. 2559

สิ่งทดลอง (เวลา)	จำนวนปากใบ Stomata (%)	
	ปากใบ เปิด	ปากใบ ปิด
6.00น.	17.66c	82.33a
9.00 น.	57.40a	42.59c
12.00 น.	19.18c	80.87a
15.00 น.	36.95b	62.85b
18.00 น.	18.61c	81.38a
กลางคืน (ไม่มีแสง)	5.55c	94.44a
F-Test	**	**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ตัวอักษรไม่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01)



ภาพที่ 6 ลักษณะการเปิด-ปิดปากใบของกาแฟอาราบิก้า

หมายเหตุ

A) ปากใบเปิด (Open stomata) และ B) ปากใบปิด (Closed stomata)