บทที่ 6
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง
สารแอนติออกซิแดนซ์กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

6.1 ผลการทดสอบนัยสำคัญความแตกต่างของสารแอนติออกซิแดนซ์ต่อพันธุ์ชา

จากการทดสอบนัยสำคัญความแตกต่างของสารแอนติออกซิแดนซ์ อันได้แก่สาร EGC EC และ EGCG ในชาพันธุ์อัสสัม พันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 โดยสรุปจากบทที่ 4 พบว่า บนพื้นที่อำเภอฝาง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชาทั้ง 3 พันธุ์ ในทั้ง 3 ฤดูกาล ยกเว้น สาร EC ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ระหว่างชาพันธุ์อัสสัมกับชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว สำหรับพื้นที่ดอยแม่สลอง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชาอัสสัมกับชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ในทั้ง 3 ฤดูกาล แต่สารทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันระหว่างชาพันธุ์อู่หลงกับชิงชิง เบอร์ 12 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ส่วนพื้นที่แม่จอนหลวง สาร EC ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 เช่นเดียวกับในสาร EGCG ที่ไม่มีความแตกต่างกันในชาทั้ง 3 พันธุ์ ในทั้ง 3 ฤดูกาล ยกเว้น สาร EGC และ EC ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ระหว่างชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว และพื้นที่อ่างขาง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชาทั้ง 3 พันธุ์ ในทั้ง 3 ฤดูกาล ยกเว้น สาร EGC ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างชาพันธุ์อู่หลงกับชาพันธุ์อัสสัมกับชิงชิง เบอร์ 12 ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาทั้ง 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

6.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่างต่อสภาพแวดล้อมในการปลูกชาทั้ง 4 สถานที่

ผลการวิเคราะห์ โดยสรุปจากบทที่ 5 พบว่า สารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชามีความสัมพันธ์ต่อสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา ทั้งนี้พบว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศของทั้ง 4 สถานที่ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน ยกเว้น พิกัดความสูงและฤดูกาล ที่ส่งผลต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา โดยที่ระดับความสูง 1,200 เมตร ให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.86 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าที่ระดับความสูง 500 และ 1,000 เมตร ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 และ 4.71 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความสูง 1,400 เมตร มีปริมาณสารน้อยที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 3.32 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ขณะเดียวกันความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ลดต่ำลง มีผลให้ใบชามีปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารแอนติออกซิแดนซ์เพิ่มสูงขึ้น และพบว่าภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์สูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.09 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูหนาวและฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 และ 3.08 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบว่า สภาพของดินที่ปลูกชาในทั้ง 4 สถานที่นั้น มีผลต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา ซึ่งพบว่าที่ระดับความสูง 500 เมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนในดินต่ำกว่าที่ระดับความสูง 1,400 เมตร แต่มีปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมสูงกว่า ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา ที่ระดับความสูง 500 เมตร โดยเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.36 มก./ก. น้ำหนักแห้ง มีมากกว่าที่ระดับความสูง 1,400 เมตร ที่มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.32 มก./ก. น้ำหนักแห้ง สำหรับที่ระดับความสูง 1,000 - 1,200 เมตร พบว่า สภาพของดินมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน โดยให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.79 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข. ภาพผนวกที่ 1-3)

6.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์ต่อพันธุ์และสภาพแวดล้อมนั้น ได้นำทั้ง 2 ปัจจัยนี้ คือ พันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา มาศึกษาร่วมกันเพื่อดูความสัมพันธ์ที่มีต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา โดยการรวมทั้ง 4 สถานที่ ภายใต้สภาพแวดล้อมในทั้ง 3 ฤดูกาล อันได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว และอธิบายผลร่วมกัน แล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม หลังจากนั้นจึงมาจัดกลุ่มเพื่อหาความคล้ายคลึงกันของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้วยวิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) แล้วนำผลของการจัดกลุ่มมาแนะนำในการปลูกและเก็บใบชาต่อไป ซึ่งผลการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

6.3.1. การวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 6.0 ระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาทั้ง 3 พันธุ์กับสภาพแวดล้อมที่ปลูกชาในทั้ง 4 สถานที่ โดยศึกษาด้านภูมิอากาศ และด้านดินใน 3 ฤดูกาล แล้วทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ดังต่อไปนี้

โดยกำหนดให้สารแอนติออกซิแดนซ์ EGCG ที่มีความสำคัญที่สุดเป็นตัวแปรตาม (Y) และปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็นตัวแปรอิสระ ได้แก่ พิกัดความสูง (X_1) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (X_2) อุณหภูมิ (X_3) ความชื้นใบชา (X_4) ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (X_5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (X_6) ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน (X_7) ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดิน (X_8) ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดิน (X_9) สาร EGC (X_{10}) และสาร EC (X_{11}) ซึ่งจะได้สมการการถดถอย ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Y = -2.333 + 7.196X_1 - 0.007X_2 + 0.530X_3 - 0.121X_4 - 0.250X_5$$
$$- 0.153X_6 + 11.956X_7 + 0.436X_8 + 0.652X_9 - 0.520X_{10} + 1.430X_{11}$$

พร้อมทั้งแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (b) ในตารางที่ 8 ผลปรากฏว่าได้ค่า F = 5.66 Sig.F = .0001 หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination, R^2) ปรากฏว่า R^2 มีค่าเท่ากับ .564 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปร (การเปลี่ยนแปลง) ของตัวแปรตาม (สาร EGCG) ได้ร้อยละ 56.4 ในบรรดาตัวแปรอิสระทั้ง 11 ตัวแปร และมี 3 ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ อุณหภูมิ (X_3) ธาตุโพแทสเซียมในดิน (X_9) และสาร EC (X_{11}) นอกจากนี้ สาร EGC (X_{10}) ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 91, 90 และ 79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่ ความชื้นใบชา (X_2) ธาตุฟอสฟอรัสในดิน (X_8) และธาตุไนโตรเจนในดิน (X_7) ตามลำดับ โดยตัวแปรอิสระที่มีผลในเชิงบวกต่อสาร EGCG คือ อุณหภูมิ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน และสาร EC ในขณะที่ตัวแปรอิสระที่มีผลในเชิงลบต่อสาร EGCG ได้แก่ ความชื้นใบชา และสาร EGC

จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 11 ตัวแปรต่อตัวแปรตาม (สาร ECGC) สามารถอธิบายได้ว่า อุณหภูมิ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม และสาร EC ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสาร EGCG เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ความชื้นในใบชาและสาร EGC เพิ่มสูงขึ้น กลับส่งผลให้สาร EGCG ลดน้อยลง ดังนั้น เมื่อต้องการปริมาณสาร EGCG ให้มีปริมาณที่สูง ควรเก็บในช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ความชื้นใบชาลดลง ขณะเดียวกันในช่วงนี้ต้องบำรุงต้นด้วยการใส่ธาตุอาหารลงในดิน ซึ่งได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม ซึ่งจะส่งผลให้สาร EGC ลดลง ในขณะที่สาร EC และ EGCG จะเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 แสดงค่าสัมประสิทธ์ของการถดถอยพหุคูณของสาร EGCG บนค่าพิกัดความสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นใบชา ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดิน ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดิน สาร EGC และสาร EC จากการวิเคราะห์รวมทั้ง 4 สถานที่

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (b)	ค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์การถดถอย (Beta)	ค่าสถิติ t	Sig. t
ค่าคงที่ : Constant	-2.333	-	-0.289	0.774
X_1 : พิกัดความสูง	0.0007	0.077	0.305	0.761
X_2 : ความชื้นสัมพัทธ์	-0.007	-0.039	-0.207	0.837
X_3 : อุณหภูมิ	0.530	0.839	3.372	0.001**
X_4 : ความชื้นใบชา	-0.121	-0.285	-1.733	0.089
X_5 : ความเป็นกรด-ด่าง	-0.250	-0.048	-0.304	0.762
X_6 : อินทรีย์วัตถุ	-0.153	-0.036	-0.181	0.856
X_7 : ไนโตรเจน	11.956	0.205	1.280	0.206
X_8 : ฟอสฟอรัส	0.436	0.218	1.683	0.098
X_9 : โพแทสเซียม	0.650	0.317	2.634	0.01**
X_{10} : สาร EGC	-0.520	-0.359	-3.163	0.012*
X_{11} : สาร EC	1.430	0.510	2.956	0.004**

$R = 0.751$, $R^2 = 0.564$, $R^2_{adj} = 0.464$, SSE = 258.54, F = 5.66, Sig.F = 0.0001

* Significant 0.05, ** Significant 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6.3.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีผลในเชิงบวกต่อสาร EGCG คือ อุณหภูมิ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน และสาร EC ในขณะที่ตัวแปรอิสระที่มีผลในเชิงลบต่อสาร EGCG ได้แก่ ความชื้นใบชา และสาร EGC หลังจากนั้นจึงมาจัดกลุ่มเพื่อหาความคล้ายคลึงกันของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้วยวิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) แล้วนำผลของการจัดกลุ่มมาเพื่อแนะนำในการปลูกและเก็บใบชาต่อไป ซึ่งผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม ได้แสดงผลในรูปของ Dendrogram (ภาพที่ 31) ที่ระยะความคล้ายคลึง (Similarity Index) 0.6 สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและดิน ได้ทั้งหมด 7 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ซึ่งได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อู่หลงและพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 สามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน บนพื้นที่แม่จอนหลวงและอ่างขาง และยังสามารถตอบสนองความคล้ายคลึงของพันธุ์ชาทั้ง 3 ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาว บนพื้นที่อ่างขางได้อีกด้วย พร้อมกันนั้นชาพันธุ์อัสสัม สามารถตอบสนองความคล้ายคลึงได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน บนพื้นที่ดอยแม่สลอง และภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว บนพื้นที่แม่จอนหลวง โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.62 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 6.62 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูงโดยประมาณ 1,000 – 1,400 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 70.90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 20.01 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 71.71 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.58 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 5.66 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.31 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.56 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.81 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 2 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝน บนพื้นที่ดอยแม่สลอง ในขณะที่บนพื้นที่อำเภอฝาง ชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ก็สามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนด้วยเช่นกัน โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.36 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 1.36 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 500 – 1,000 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 84.68 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 25.53 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เฉลี่ย 74.29 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.88 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.16 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 1.04 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.92 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 3 พบว่า พันธุ์ชาจีน คือ พันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 สามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาว บนพื้นที่อำเภอฝาง ดอยแม่สลองและแม่จอนหลวง ในขณะที่บนพื้นที่แม่จอนหลวง ยังสามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนด้วยเช่นกัน โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.86 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 4.86 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 500 – 1,200 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 68.40 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 17.7 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 66.17 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.78 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.62 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 4.65 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.94 เปอร์เซ็นต์

ในขณะที่กลุ่ม 4 ชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน บนพื้นที่ดอนแม่สลอง โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 9.33 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 9.33 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 1,000 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 88.04 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 24.0 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 80.36 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 5.85 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 5.28 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.27 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 3.78 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 6.43 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 5 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ สามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน บนพื้นที่อำเภอฝาง โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 11.16 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 11.16 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 500 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 65.60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 28.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 64.09 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 5.62 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 3.73 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 3.16 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.85 เปอร์เซ็นต์

ในขณะที่กลุ่ม 6 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝน บนพื้นที่อ่างขาง โดยมีค่า EGCG เฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.07 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เฉลี่ยเท่ากับ 1.07 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 1,400 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 92.79 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 20.17 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 68.15 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.23 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 5.70 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.31 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.31 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 1.29 เปอร์เซ็นต์

และเช่นเดียวกับกลุ่ม 7 ที่พบว่า ชาพันธุ์อัสสัม ตอบสนองได้ดี ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝน บนพื้นที่อำเภอฝาง โดยมีค่า EGCG เท่ากับ 4.47 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสาร EGCG เท่ากับ 4.47 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยประมาณ 500 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เท่ากับ81.36 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เท่ากับ 26.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เท่ากับ 77.24 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เท่ากับ 5.80 อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 6.30 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 1.17 เปอร์เซ็นต์

จากการจัดกลุ่มเพื่อหาความคล้ายคลึงกันของสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้วยวิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) และนำผลของการจัดกลุ่มมาแนะนำในการปลูกและเก็บใบชานั้น พบว่า กลุ่มที่น่าสนใจ คือ กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่มีความหลากหลายของพันธุ์ หมายความว่า สามารถที่จะปลูกได้ทั้ง 3 พันธุ์ อันได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 และภายใต้สภาพแวดล้อมของภูมิประเทศและภูมิอากาศที่ครอบคลุม ซึ่งหมายความว่า สามารถที่จะปลูกต้นชาได้ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่มีพิกัดความสูง อยู่ระหว่าง 1,000 – 1,400 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เฉลี่ย 67.88 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เฉลี่ย 21.45 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เฉลี่ย 68.41 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เฉลี่ย 4.46 อินทรีย์วัตถุ เฉลี่ย 5.58 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เฉลี่ย 0.30 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เฉลี่ย 1.72 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เฉลี่ย 2.30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถที่จะเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อมในทั้ง 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ซึ่งจากสภาพแวดล้อมเช่นนี้ ส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยเฉพาะสาร EGCG เฉลี่ย 6.62 มก./ก. น้ำหนักแห้ง สำหรับกลุ่มอื่นๆ นั้น พบว่ามีความหลากหลายของพันธุ์และสภาพแวดล้อมเช่นกัน เพียงแต่มีความหลากหลายน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์มากน้อยแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายของพันธุ์และสภาพแวดล้อมจากการจัดกลุ่มนี้ ช่วยเป็นแนวทางในการแนะนำเกษตรกรและปรับปรุงสวนชา เพื่อให้ได้ใบชาที่มีคุณภาพ (ภาคผนวก ข. ตารางผนวกที่ 1-2)

6.4 การวิจารณ์ผลการศึกษาพันธุ์กับสภาพแวดล้อมในการปลูกชารวมทั้ง 4 สถานที่

กิตติพันธ์ (2543) กล่าวว่า ช่วงอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของต้นชา (optimum temperature) อยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระ คือ อุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กับสาร EGCG ในเชิงบวก หมายความว่า อุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นในฤดูร้อน จะส่งผลให้มีปริมาณสาร EGCG ในใบชาเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 6 ในส่วนของสาร EGCG ที่พบว่าในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสารสูงกว่าในฤดูฝนและฤดูหนาว

ธาตุอาหารในดิน ก็เป็นตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับสาร EGCG ในเชิงบวก หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม ก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยธาตุไนโตรเจนมีบทบาทในการสร้างความเจริญเติบโตของต้นชา จากการศึกษาของ Philip *et al.* (1987) พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในปริมาณที่สูงทำให้ปริมาณของสารคาเฟอีนในชาดำเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย N:K ที่เหมาะสม เท่ากับ 1:0.83 จะทำให้สารชีวเคมี ได้แก่ โพลีฟีนอล คาเทชินและกรดอะมิโน มีปริมาณเท่ากับ 29.3, 21.8 และ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ ไนโตรเจนมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในใบชา สำหรับธาตุฟอสฟอรัส มีความจำเป็นในการสร้างระบบรากให้แข็งแรงและมีปริมาณรากมาก และธาตุโพแทสเซียม มีบทบาทสำคัญในการสร้างความแข็งแรงให้กับทุกส่วนของชา (สัณห์, 2535) และช่วยควบคุมระบบการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณกรดอะมิโน สารโพลีฟีนอล และคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้น (Wu *et al*., 1995) ส่วนการศึกษาของ Ruan *et al*. (1998) พบว่า การใส่ปุ๋ย K และ Mg ทำให้เกิดการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น โดยที่ธาตุทั้ง 2 นี้ จะไปทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase เพิ่มสูงขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยในรูปของ Sulphur คือ K_2SO_4 และ $MgSO_4$ เป็นประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นไม่เพียงแต่ธาตุ K และ Mg เท่านั้น ยังพบอีกว่า Sulphate ก็มีบทบาทสำคัญต่อการสะสมกรดอะมิโนในใบชา เช่นเดียวกับ Ruan *et al*. (1999) ที่ศึกษาผลของธาตุ K และ Mg ต่อองค์ประกอบทางคุณภาพที่ของชาแต่ละชนิด พบว่า ธาตุ K และ Mg ทำให้ปริมาณกรดอะมิโนและสารคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้นในชาทั้ง 3 ชนิด (Black Tea,

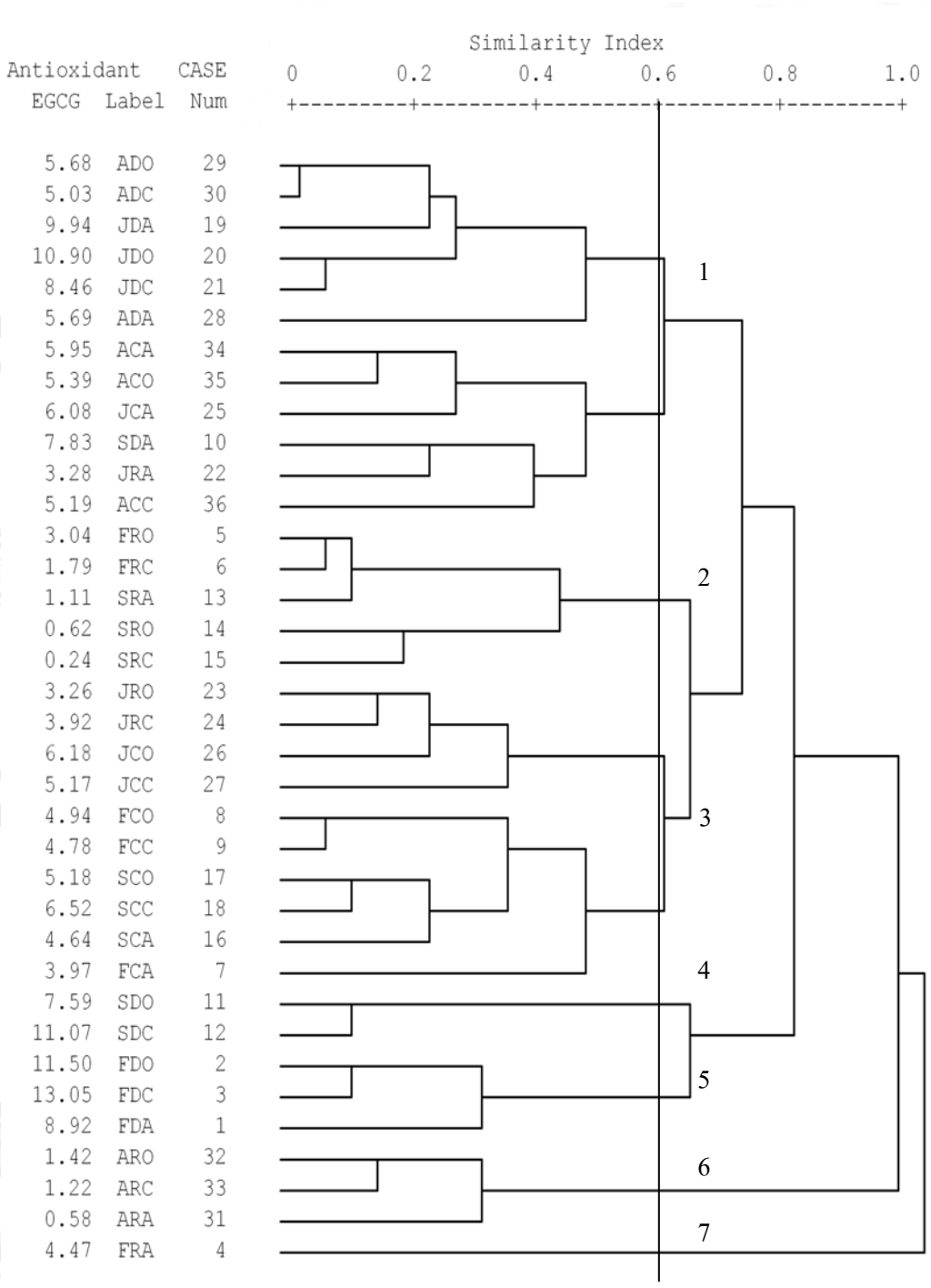
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Oolong Tea และ Green Tea) และพบว่าธาตุ K มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารโพลีฟีนอลในใบชาและการเพิ่มขึ้นของสาร theaflavins และ thearubigins ในน้ำชาดำ ซึ่งธาตุอาหารในดินทั้ง 3 ตัวนี้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ธาตุโพแทสเซียม มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือธาตุฟอสฟอรัสและธาตุไนโตรเจน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.93, 2.02 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาเพิ่มสูงขึ้น ในทั้ง 4 สถานที่ ดังนั้น สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญนอกเนื่องจากพันธุ์ และสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศ คือ การจัดการสวนชา เพื่อให้ได้ใบชาที่มีคุณภาพ ควรทำการบำรุงดินโดยการใส่ธาตุอาหารลงในดินเพื่อต้นชาจะได้นำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่างๆ และเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารแอนติออกซิแดนซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Stage	Clusters Combined		Coefficient	Stage Cluster 1st Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	29	30	.671324	0	0	12
2	10	33	1.567263	0	0	10
3	20	21	1.728750	0	0	19
4	11	12	1.899253	0	0	11
5	5	6	2.245570	0	0	15
6	32	35	2.698087	0	0	14
7	8	9	2.970630	0	0	20
8	2	3	3.204031	0	0	15
9	17	25	3.833492	0	0	18
10	10	13	4.001832	2	0	21
11	11	15	4.124128	4	0	16
12	19	29	5.129361	0	1	19
13	23	26	5.251832	0	0	22
14	32	34	5.424788	6	0	17
15	2	5	5.643293	8	5	25
16	11	14	5.978050	11	0	24
17	31	32	6.098702	0	14	27
18	17	18	6.143680	9	0	23
19	19	20	6.235453	12	3	27
20	7	8	6.373763	0	7	25
21	10	22	7.131205	10	0	24
22	23	24	7.374978	13	0	26
23	16	17	8.365555	0	18	31
24	10	11	10.668914	21	16	30
25	2	7	11.816346	15	20	28
26	23	27	11.978276	22	0	32
27	19	31	12.705972	19	17	29
28	1	2	14.256601	0	25	33
29	19	28	14.313311	27	0	34
30	10	36	15.792295	24	0	31
31	10	16	16.417709	30	23	32
32	10	23	17.101261	31	26	33
33	1	10	18.296127	28	32	34
34	1	19	20.545736	33	29	35
35	1	4	29.473110	34	0	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 31 Dendrogram ของกลุ่มตัวอย่างใบชารวมทั้ง 4 สถานที่ จากการวิเคราะห์ 9 ปัจจัย 3 ฤดูกาล และ 3 พันธุ์ ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

F = พื้นที่ฝาง S = พื้นที่ดอยแม่สลอง J = พื้นที่แม่จอนหลวง A = พื้นที่อ่างขาง

D = ฤดูร้อน R = ฤดูฝน C = ฤดูหนาว

A = พันธุ์อัสสัม O = พันธุ์อู่หลง C = พันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved