

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์กับสภาพแวดล้อม

ในบทที่ 4 ได้มีการทดสอบนัยสำคัญความแตกต่างของสารแอนติออกซิแดนซ์ อันได้แก่ สาร EGC EC และ EGCG ต่อหาพันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ้มหลงและชิงชิง เบอร์ 12

สำหรับบทนี้มีความจำเป็นที่จะต้องนำสภาพแวดล้อมมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง สารแอนติออกซิแดนซ์กับสภาพแวดล้อมทั้ง 4 พื้นที่ โดยศึกษาด้านภูมิอากาศ อันได้แก่ พิกัดความ สูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นใบชา และด้านดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็น ด่าง อินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารในดิน อันได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม ที่มีผลต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ ภายใต้สภาพแวดล้อมใน 3 ฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดู หนาว ผลการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

#### 5.1. ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมในการปลูกชาแถบจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

##### 5.1.1 พื้นที่ศูนย์บริการวิชาการเชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง

ที่ระดับความสูง 500 เมตรจากระดับน้ำทะเล ภายใต้สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดัง ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ้มหลงและชิงชิง เบอร์ 12 และค่าเฉลี่ยของพิกัดความ สูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นใบชา ใน 3 ฤดูกาล อันได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พบว่า พิกัดความสูงโดยเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ระหว่าง 510-520 เมตร สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมของอำเภอฝาง ได้รับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 65.60, 82.81 และ 86.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวัดอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิลดลงตามฤดูกาล จากฤดูร้อนที่มี อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส รองลงมา เป็นฤดูฝนและฤดูหนาว เท่ากับ 26.6 และ 16.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสำหรับความชื้นใบชา พบว่า ในฤดูฝนมีความชื้นใบชาสูงที่สุดและ สูงกว่าฤดูร้อนและฤดูหนาว คือ 75.77, 64.09 และ 59.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับดิน ตามตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทั้ง 3 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน ทั้งนี้พบว่า พื้นที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ก่อนข้างเป็นกรดอ่อนๆ โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.55-6.64 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.42 สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า ดินที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ช่วงฤดูฝน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 4.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าฤดูร้อนและฤดูหนาว ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 และ 4.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดเป็นด่างแบบผกผัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.56 (ตารางที่ 7) นั่นคือ เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า ธาตุไนโตรเจนในดินที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันตามฤดูกาล โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์ สำหรับธาตุฟอสฟอรัส พบว่า ดินในช่วงฤดูฝน มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.22 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าดินในฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.86 และ 3.16 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม ที่พบว่า ดินในช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้อยที่สุดและน้อยกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.04 2.76 และ 2.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.1.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่างต่อสภาพแวดล้อมที่ปลูกชาบนพื้นที่อำเภอฝาง

ตามตารางที่ 6 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อนสาร EGC มีปริมาณน้อยที่สุดเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.80 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูฝน ปริมาณสารมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.88 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูหนาว ปริมาณสารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 23 ก.)

สำหรับสาร EC พบว่า ในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณสารมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.26 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูฝนและฤดูร้อน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.17 และ 1.37 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 23 ข.)

สำหรับสาร EGCG พบว่า ในช่วงฤดูร้อนมีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 11.16 มก./ก. น้ำหนักแห้ง แล้วลดต่ำลงในช่วงฤดูฝน เฉลี่ยเท่ากับ 3.10 มก./ก. น้ำหนักแห้ง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 4.56 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 23 ก.) ผลจากการวิเคราะห์สาร EGC และ EGCG ในใบชา พบว่า สาร EGC มีความสัมพันธ์กับสาร EGCG แบบผกผัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.28 (ตารางที่ 7) นั่นคือ เมื่อปริมาณสาร EGC เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณสาร EGCG ลดต่ำลง

5.1.1.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์รวมทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ สาร EGC EC และ EGCG ต่อพันธุ์ชากับสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Cluster Analysis) และแสดงผลในรูปของ Dendrogram (ภาพที่ 24) พบว่าที่ระยะความคล้ายคลึง (Similarity Index) 0.6 สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและดินบนพื้นที่อำเภอฝาง ได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้

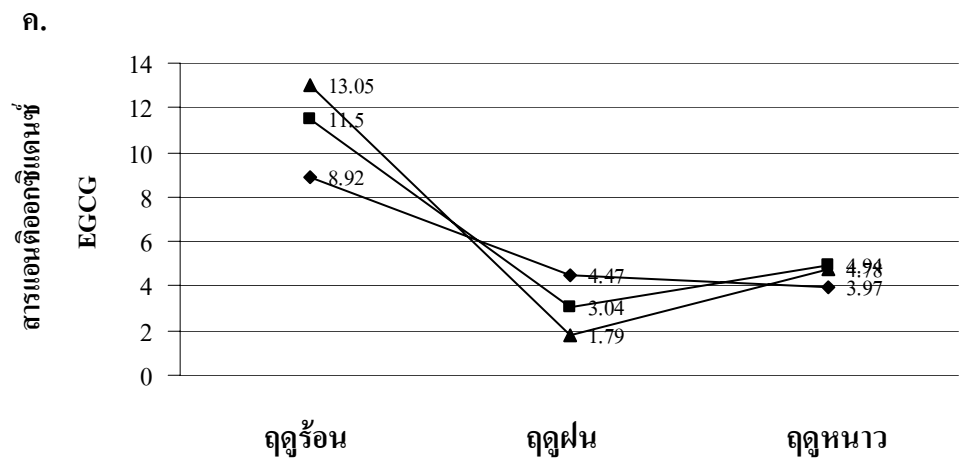
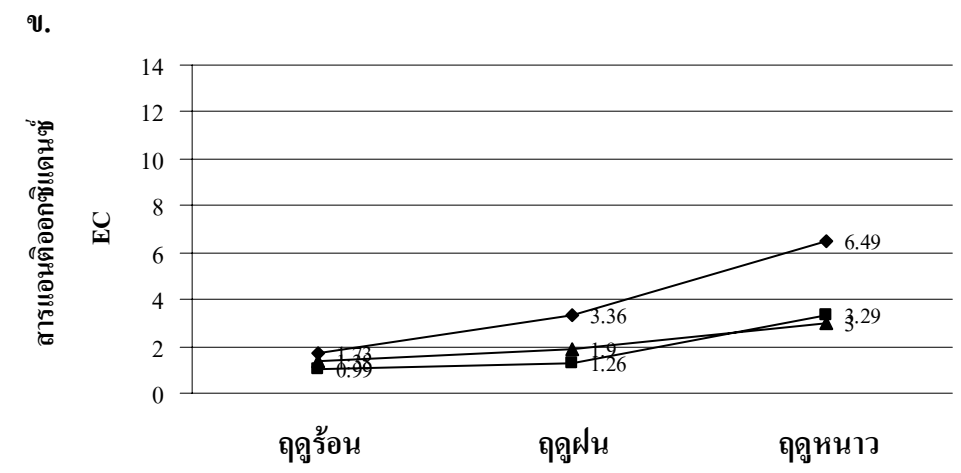
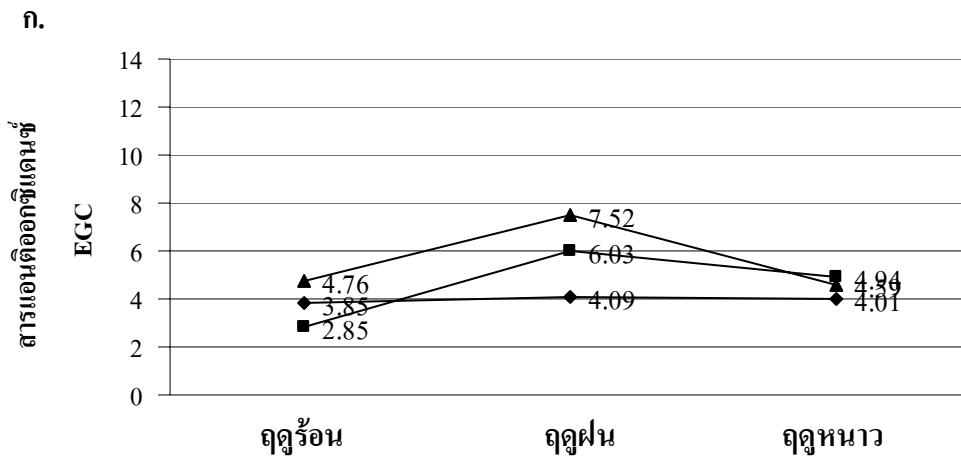
กลุ่ม 1 พบว่า ชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ตอบสนองความคล้ายคลึงกัน ทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ทั้ง 3 คือ EGC EC และ EGCG ประมาณ 4.67 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.67 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 การวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับบทที่ 4 โดยที่ชาทั้ง 2 พันธุ์คือ พันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 513.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 77.02 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 27.15 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 71.64 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.88 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 3.75 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 1.88 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.76 เปอร์เซ็นต์

เช่นเดียวกับกลุ่ม 2 ที่พบว่า ชาทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ ชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ยังสามารถตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดีในฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยประมาณ 4.26 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า หากเก็บใบชาให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.26 มก./ก. น้ำหนักแห้ง จะเก็บชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ในช่วงฤดูหนาว ทั้งนี้สอดคล้องกับบทที่ 4 โดยที่ชาทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 513.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 90.6 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 15.25 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 58.02 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 5.49 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.09 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.21 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 4.02 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 3.42 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 3 พบว่า ชาพันธุ์อัสสัมตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยประมาณ 4.40 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.40 มก./ก. น้ำหนักแห้ง จะเก็บชาพันธุ์อัสสัมเท่านั้น ทั้งนี้สอดคล้องกับบทที่ 4 ที่พบว่า ชาพันธุ์อัสสัม มีความแตกต่างกับชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ซึ่งความแตกต่างของพันธุ์มีผลต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาด้วย และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 520 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 79.66 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 22.76 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 69.16 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 5.83 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 5.39 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.23 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.34 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 1.31 เปอร์เซ็นต์

เช่นเดียวกับกลุ่ม 4 ที่ชาพันธุ์อัสสัม ยังสามารถตอบสนองได้ดีในช่วงฤดูร้อน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ โดยประมาณ 4.83 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.83 มก./ก. น้ำหนักแห้ง จะเก็บชาพันธุ์อัสสัมในช่วงฤดูร้อนเท่านั้น โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง เท่ากับ 520 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เท่ากับ 55.79 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เท่ากับ 30.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เท่ากับ 55.79 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เท่ากับ 6.64 อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 3.66 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 2.47 เปอร์เซ็นต์

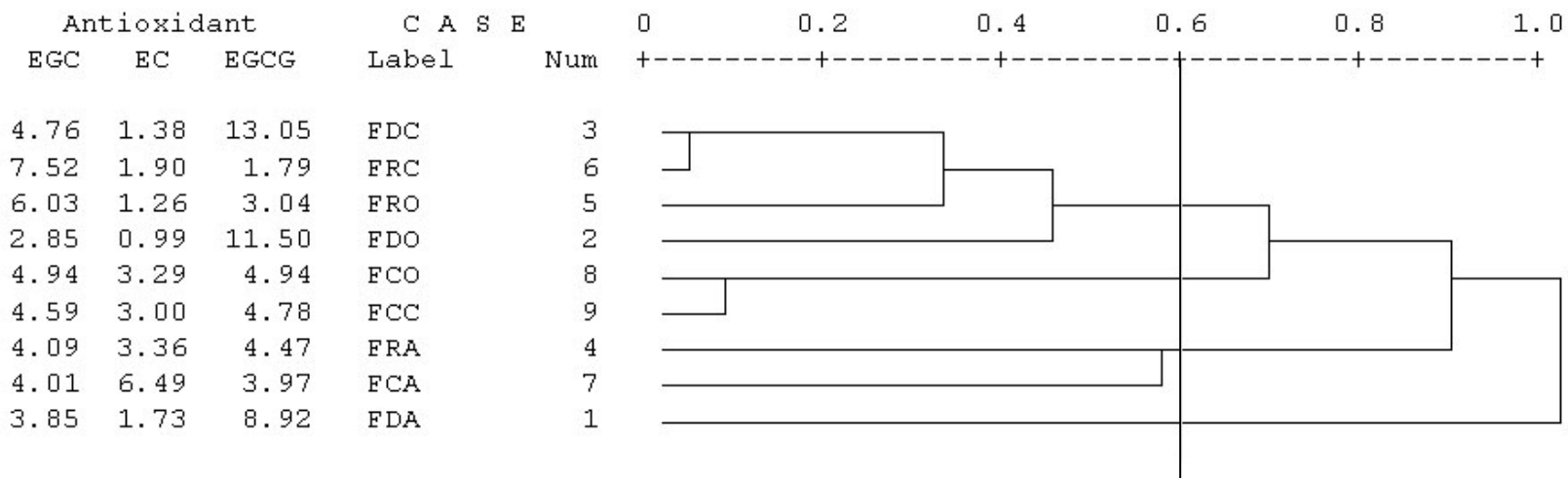
สรุปแล้ว กลุ่มที่น่าสนใจ ที่เหมาะสมกับการแนะนำในการปรับปรุงสวนชาและเก็บเกี่ยวใบชา นั้น น่าจะเป็นกลุ่มที่ 1 เนื่องจากความหลากหลายของพันธุ์ นั่นคือ สามารถที่จะปลูกได้ถึง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อุหลงและพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 และเมื่อเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว จะส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.67 มก./ก. น้ำหนักแห้ง โดยอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่มีพิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 513.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เฉลี่ย 77.02 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 27.15 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เฉลี่ย 71.64 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เฉลี่ย 4.88 อินทรีย์วัตถุ เฉลี่ย 3.75 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เฉลี่ย 1.88 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เฉลี่ย 2.76 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มอื่น ไม่มีความหลากหลายของพันธุ์และมีความจำกัดของสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 23 แสดงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ ได้แก่ EGC (ก.) EC (ข.) และ EGCG (ค.) ในใบชา ทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม (◆) พันธุ์อุ้มหลง (▲) และพันธุ์ซิงซิง เบอร์ 12 (●) จากการเก็บใน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว บนพื้นที่ศูนย์บริการวิชาการ เชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตร

Stage	Clusters Combined		Coefficient	Stage Cluster 1 <sup>st</sup> Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	6	5.475204	0	0	3
2	8	9	6.199100	0	0	6
3	3	5	10.872705	1	0	4
4	2	3	12.760396	0	3	6
5	4	7	14.994850	0	0	7
6	2	8	16.597439	4	2	7
7	2	4	20.572237	6	5	8
8	1	2	22.707237	0	7	

Similarity Index



ภาพที่ 24 Dendrogram ของกลุ่มตัวอย่างใบชาในพื้นที่ศูนย์บริการวิชาการเชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง จากการวิเคราะห์ 9 ปัจจัย 3 ฤดูกาล และ 3 พันธุ์ ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา  
 F = พื้นที่ฝาง D = ฤดูร้อน R = ฤดูฝน C = ฤดูหนาว A = พันธุ์อัสสัม O = พันธุ์อุ๋หลง C = พันธุ์ชิงชิง 12

### 5.1.2 พื้นที่คอยแม่สลอง

ที่ระดับความสูง 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ภายใต้สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ้มหลงและชิงชิง เบอร์ 12 และค่าเฉลี่ยของพิกัด ความสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นใบชา ใน 3 ฤดูกาล อันได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พบว่า พิกัดความสูง โดยเฉลี่ยของชาทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ระหว่าง 1,033-1,045 เมตร สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่า จากชาทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมคอยแม่สลอง ได้รับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลงตามฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 90.36, 86.98 และ 55.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากก่อนการเก็บตัวอย่างใบชาในช่วงฤดูร้อน เกิดฝนตกจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ฤดูร้อน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง เช่นเดียวกับ อุณหภูมิที่พบว่า ในฤดูร้อนของพื้นที่คอยแม่สลองมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีก 3 พื้นที่ จากการวัดอุณหภูมิ ในอากาศ พบว่า ใบชาทั้ง 3 พันธุ์ มีระดับอุณหภูมิลดต่ำลงจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.00, 23.00 และ 17.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสำหรับความชื้นใบชา พบว่า ความชื้นใบชาเพิ่มขึ้นจากฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.13, 72.79 และ 79.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับดิน ตามตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทั้ง 3 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า พื้นที่ปลูกชา ทั้ง 3 พันธุ์ค่อนข้างเป็นกรดอ่อนๆ โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 4.57-5.93 และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.46 สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า ดินที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.60 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.20 และ 5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ธาตุไนโตรเจนในดินที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.26 เปอร์เซ็นต์ สำหรับธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่า ดินที่ปลูกชาในช่วงฤดูฝน มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 2.59 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินที่ปลูกชาในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 2.49 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า ลดลงจากฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 4.67 และ 3.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่างต่อสภาพแวดล้อมที่ปลูกชาบนพื้นที่คอยแม่สลอง

ตามตารางที่ 6 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสาร EGC น้อยที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.02 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูฝน ปริมาณสารมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 9.26

มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.68 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 25 ก.)

สำหรับสาร EC พบว่า ซาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.04 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ในช่วงฤดูร้อน ที่มีสารเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.15 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูฝน มีปริมาณสารน้อยที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.11 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 25 ข.)

สำหรับสาร EGCG พบว่า ซาทั้ง 3 พันธุ์ นั้นคือ ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 8.83 มก./ก. น้ำหนักแห้ง แล้วลดต่ำลงในช่วงฤดูฝน เฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.66 มก./ก. น้ำหนักแห้ง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงฤดูหนาว เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.45 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 25 ค.)

5.1.2.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์รวมทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ สาร EGC EC และ EGCG ต่อพันธุ์ชากับสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Cluster Analysis) และแสดงผลในรูปของ Dendrogram (ภาพที่ 26) ที่ระยะความคล้ายคลึง (Similarity Index) 0.6 สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและดินบนพื้นที่ดอยแม่สลอง ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 พบว่า ซาพันธุ์อุ้งหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ตอบสนองความคล้ายคลึงกันได้ดีในทั้ง 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ทั้ง 3 คือ EGC EC และ EGCG ประมาณ 4.91 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.91 มก./ก. น้ำหนักแห้ง จะเก็บซาพันธุ์อุ้งหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ในช่วงฤดูร้อนก่อน แล้วตามด้วยฤดูหนาวและฤดูฝน แต่ภายใต้สภาพแวดล้อมในทั้ง 3 ฤดูกาล มีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังนี้ พิกัดความสูงโดยเฉลี่ย 1033.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 79.46 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 20.67 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 70.21 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 5.65 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 5.4 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.28 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 3.75 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 4.89 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 2 พบว่า ซาพันธุ์อัสสัม ตอบสนองได้ดีในฤดูหนาวเท่านั้น โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 4.68 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.68 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บซาพันธุ์อัสสัมเท่านั้น และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิ

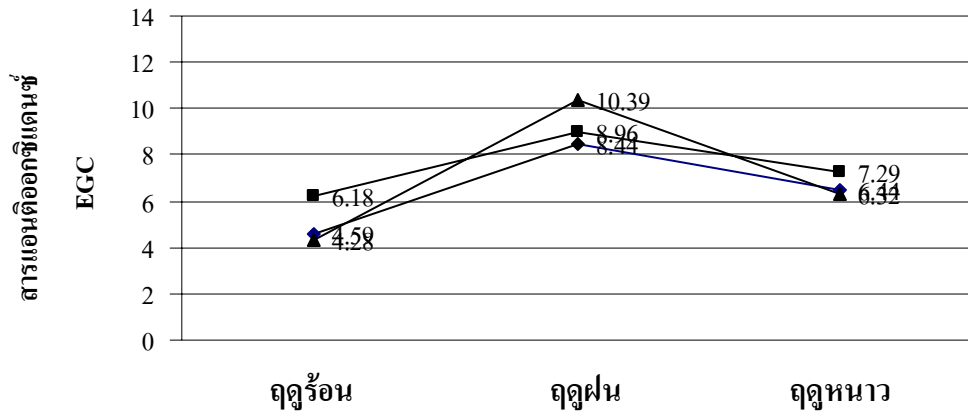


ประเทศและภูมิภาคนี้ พิกัดความสูง เท่ากับ 1,045 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เท่ากับ 50.18 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เท่ากับ 19.0 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เท่ากับ 60.44 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เท่ากับ 5.41 อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 5.50 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.18 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 6.53 เปอร์เซ็นต์

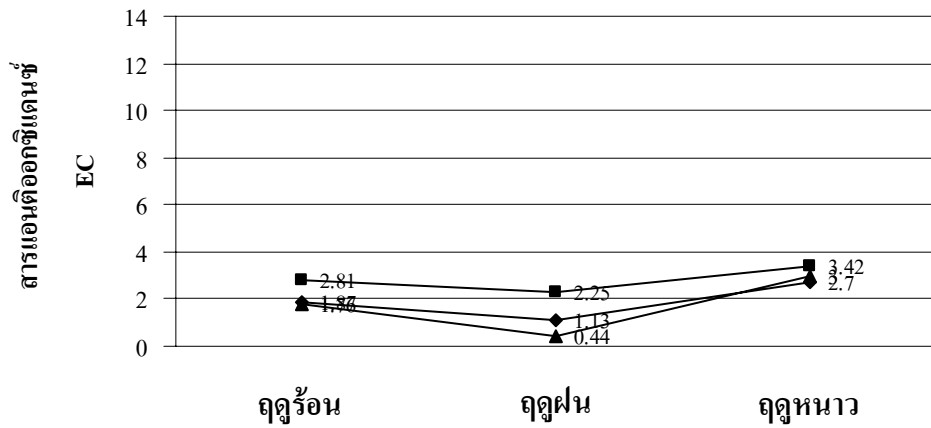
เช่นเดียวกับกลุ่ม 3 ที่พบว่า ชาพันธุ์อัสสัม ยังสามารถตอบสนองได้ดีทั้งฤดูร้อนและฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 3.56 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 3.56 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อัสสัมเท่านั้น และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิภาคนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,045 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 86.35 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 28.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 66.52 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.91 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.75 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.23 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.13 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.64 เปอร์เซ็นต์

สรุปแล้ว กลุ่มที่น่าสนใจ ที่เหมาะสมกับการแนะนำในการปรับปรุงสวนชาและเก็บเกี่ยวใบชา นั้น น่าจะเป็นกลุ่มที่ 1 เนื่องจากความหลากหลายของพันธุ์ นั่นคือ สามารถที่จะปลูกได้ถึง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อุหลงและพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 และเมื่อเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อมในทั้ง 3 ฤดูกาล คือ ช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว จะมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ เฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.91 มก./ก. น้ำหนักแห้ง โดยอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่มีพิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,033.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เฉลี่ย 79.46 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เฉลี่ย 20.67 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เฉลี่ย 70.71 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เฉลี่ย 5.65 อินทรีย์วัตถุ เฉลี่ย 5.40 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เฉลี่ย 0.28 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เฉลี่ย 3.75 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เฉลี่ย 4.89 เปอร์เซ็นต์

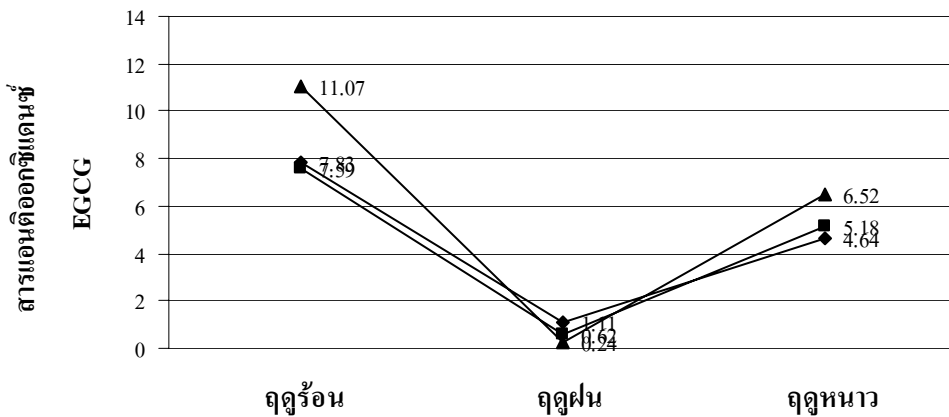
ก.



ข.

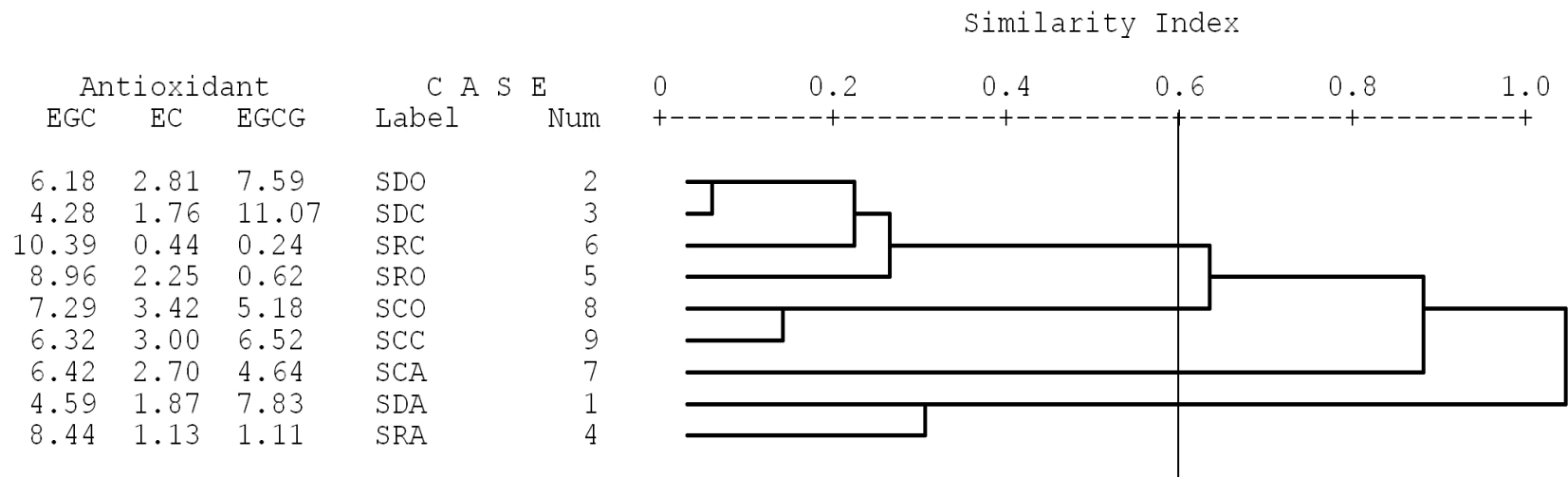


ค.



ภาพที่ 25 แสดงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ ได้แก่ EGC (ก.) EC (ข.) และ ECGG (ค.) ในใบชา ทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม (◆) พันธุ์อุ้มหวาง (▲) และพันธุ์ชิงชัง เบอร์ 12 (●) จากการเก็บใบ 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว บนพื้นที่คอกแม่สลอง จังหวัด เชียงราย ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร

Stage	Clusters Combined		Coefficient	Stage Cluster 1 <sup>st</sup> Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	2	3	2.056807	0	0	3
2	8	9	4.332854	0	0	6
3	2	6	6.028869	1	0	4
4	2	5	7.827602	3	0	6
5	1	4	7.827602	0	0	8
6	2	8	15.313964	4	2	7
7	2	7	21.003290	6	0	8
8	1	2	25.073700	5	7	0



ภาพที่ 26 Dendrogram ของกลุ่มตัวอย่างใบชาในพื้นที่คอกแม่สอง จากการวิเคราะห์ 9 ปัจจัย 3 ฤดูกาล และ 3 พันธุ์ ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

S = พื้นที่แม่สอง D = ฤดูร้อน R = ฤดูฝน C = ฤดูหนาว A = พันธุ์อัสสัม O = พันธุ์อุ๋หลง C = พันธุ์ชิงชิ่ง 12

### 5.1.3 พื้นที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง

ที่ระดับความสูง 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล ภายใต้สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์อัสสัม พันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 และค่าเฉลี่ยของพิกัด ความสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นใบชา ใน 3 ฤดูกาล อันได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พบว่า พิกัดความสูง โดยเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ระหว่าง 1,247-1,265 เมตร สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่า ได้รับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจากฤดูร้อนไปยังฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 55.14 และ 62.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าในช่วงฤดูฝน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงที่สุด เท่ากับ 79.41 เปอร์เซ็นต์ จากการวัดอุณหภูมิ พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมของแม่จอนหลวง มีอุณหภูมิลดต่ำลงจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 28.67, 20.50 และ 15.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสำหรับความชื้นใบชา พบว่า ในช่วงฤดูฝนของชาทั้ง 3 พันธุ์ มีความชื้นใบชาสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 77.75 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฤดูร้อน เฉลี่ยเท่ากับ 66.20 เปอร์เซ็นต์ และฤดูหนาว มีความชื้นใบชาต่ำที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 60.23 เปอร์เซ็นต์

สำหรับดิน ตามตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทั้ง 3 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า พื้นที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ก่อนข้างเป็นกรด โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 3.74-5.03 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า จากทั้ง 3 ฤดูกาล ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่แตกต่างกันมาก แต่กลับพบว่าชาพันธุ์อัสสัมให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 6.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าชาพันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 ที่มีค่าเฉลี่ย 4.22 และ 4.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากสภาพแปลงปลูกชาพันธุ์อัสสัม (ภาพที่ 12) พบว่า มีซากพืชปกคลุมบริเวณโคนต้น ซึ่งน่าจะส่งผลให้ดินบริเวณนี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนในดินสูง และจากการวิเคราะห์ใบชา พบว่า มีปริมาณธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 3.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าธาตุโพแทสเซียมและธาตุฟอสฟอรัส ที่มีปริมาณเท่ากับ 1.51 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนลดต่ำลงจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 0.28, 0.25 และ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจน พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนในดินมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตาม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ +0.83 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ ) (ตารางที่ 7) นั่นคือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นทำธาตุไนโตรเจนในดินเพิ่มสูงขึ้นด้วย สำหรับธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่าในชาทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณธาตุเพิ่มขึ้นตามฤดูกาล โดยฤดูหนาว มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.19 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฤดูฝน เฉลี่ยเท่ากับ 3.96 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อน มีค่าเฉลี่ยน้อย

ที่สุด เท่ากับ 0.94 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่า ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.52 (ตารางที่ 7) นั่นคือ ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลง และสำหรับธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า ในชาทั้ง 3 พันธุ์ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด รองลงมาคือ ฤดูร้อนและฤดูฝน โดย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 2.84 และ 2.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.1.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่างต่อสภาพแวดล้อมที่ปลูกชาบนพื้นที่แม่จอนหลวง

ตามตารางที่ 6 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสาร EGC น้อยที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.85 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูฝน มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.38 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูหนาว โดยมีปริมาณสารเฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.01 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 27 ก.)

สำหรับสาร EC พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสารน้อยที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.46 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูหนาว มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.81 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูฝน โดยมีปริมาณสารเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.20 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 27 ข.)

สำหรับสาร EGCG พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 9.77 มก./ก. น้ำหนักแห้ง แล้วลดต่ำลงในช่วงฤดูฝน เฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 มก./ก. น้ำหนักแห้ง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงฤดูหนาว เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.81 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 27 ค.)

5.1.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์รวมทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ EGC EC และ EGCG ต่อพันธุ์ชา กับสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Cluster Analysis) และแสดงผลในรูปของ Dendrogram (ภาพที่ 28) ที่ระยะความคล้ายคลึงกัน (Similarity Index) 0.6 สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและดินบนพื้นที่แม่จอนหลวง ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 พบว่า ชาพันธุ์อุ้งหลง ตอบสนองได้ดีทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ทั้ง 3 คือ EGC EC และ EGCG ประมาณ 4.72 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.72 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อุ้งหลงเท่านั้น และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย

1,247 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 78.34 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 17.25 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 70.5 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.72 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.23 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.18 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 4.0 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 1.7 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 2 พบว่า ชาพันธุ์อุ๋หลง ตอบสนองได้ดีในฤดูร้อน และมีความคล้ายคลึงกับชาพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 ที่สามารถตอบสนองได้ดีในทั้ง 3 ฤดูกาล โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 4.64 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.64 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อุ๋หลงและชิงชิง เบอร์ 12 การวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับบทที่ 4 โดยที่ชาทั้ง 2 พันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ ยกเว้น ในช่วงฤดูหนาว ที่พบว่ามีค่าแตกต่างระหว่างพันธุ์ทั้ง 2 ต่อสาร EGC เท่านั้น แต่ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,256 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 62.23 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 21.59 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 68.29 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.26 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 4.47 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 4.1 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 2.33 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 3 พบว่า ชาพันธุ์อัสสัม ตอบสนองได้ดีทั้ง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 5.26 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 5.26 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อัสสัมเท่านั้น ทั้งนี้สอดคล้องกับบทที่ 4 ที่พบว่า ชาพันธุ์อัสสัมมีความแตกต่างกับชาพันธุ์อุ๋หลงและชิงชิง เบอร์ 12 และควรเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,264 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 71.74 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 21.67 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 67.61 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.67 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 6.72 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.33 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.63 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 3.90 เปอร์เซ็นต์

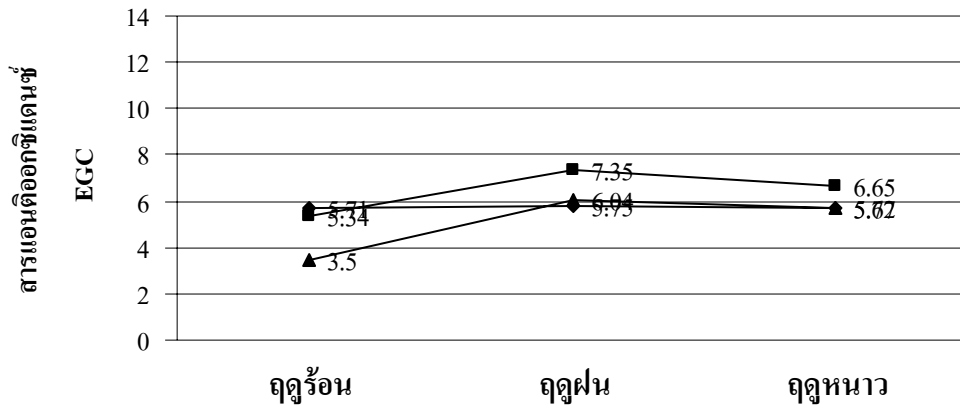
สรุปแล้ว กลุ่มที่น่าสนใจ ที่เหมาะสมกับการแนะนำในการปรับปรุงสวนชาและเก็บเกี่ยวใบชานั้น น่าจะเป็นกลุ่มที่ 2 เนื่องจากความหลากหลายของพันธุ์ นั่นคือ สามารถที่จะปลูกได้ถึง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อุ๋หลงและพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 และเมื่อเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อมในทั้ง 3

ฤดูกาล คือ ช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว จะส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ เฉลี่ย โดยรวมเท่ากับ 4.64 มก./ก. น้ำหนักแห้ง โดยอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่มีพิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,256 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เฉลี่ย 62.23 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เฉลี่ย 21.59 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เฉลี่ย 68.29 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เฉลี่ย 4.26 อินทรีย์วัตถุ เฉลี่ย 4.47 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เฉลี่ย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เฉลี่ย 4.10 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เฉลี่ย 2.33 เปอร์เซ็นต์

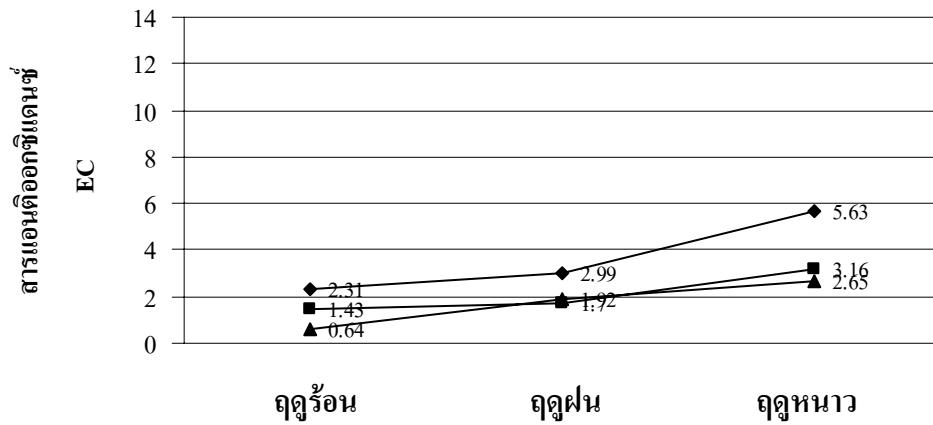
#### 5.1.4 พื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

ที่ระดับความสูง 1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเล ภายใต้สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์อัสสัม พันธุ์อุหลงและชิงชิง เบอร์ 12 และค่าเฉลี่ยของพิกัดความสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นใบชา ใน 3 ฤดูกาล อันได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พบว่า พิกัดความสูง โดยเฉลี่ยของชาทั้ง 3 พันธุ์อยู่ระหว่าง 1,372-1,438 เมตร สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่า ได้รับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจากฤดูร้อนไปยังฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 39.92 และ 77.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า ในช่วงฤดูฝน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงที่สุด เท่ากับ 95.73 เปอร์เซ็นต์ จากการวัดอุณหภูมิ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในชาทั้ง 3 พันธุ์ลดต่ำลงตามฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ย 28.33, 20.17 และ 15.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และในส่วนของความชื้นใบชา พบว่าลดลงจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 72.62, 68.15 และ 66.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

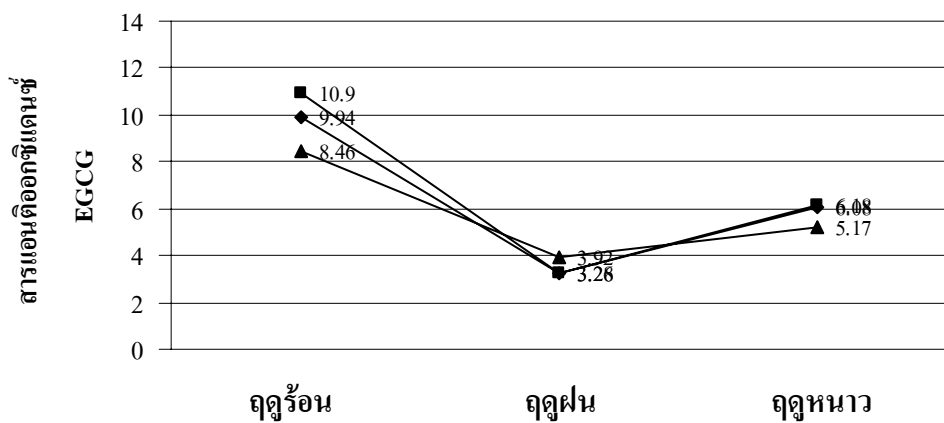
ก.



ข.



ค.

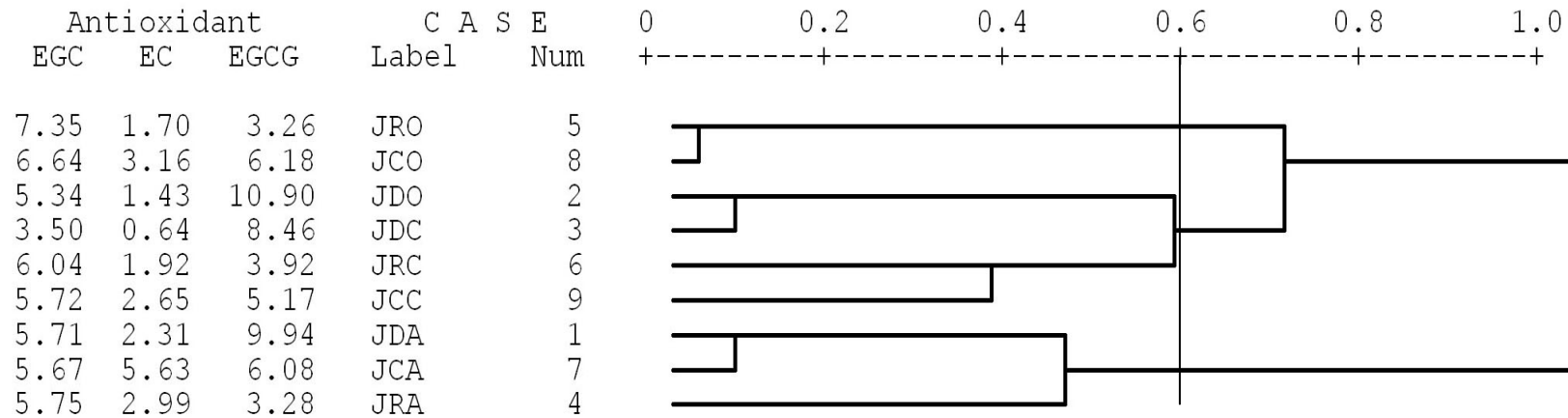


ภาพที่ 27 แสดงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ ได้แก่ ECG (ก.) EC (ข.) และ EGCG (ค.) ในใบชา ทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม (◆) พันธุ์อุ้มหลง (▲) และพันธุ์ซิงเบอ 12 (●) จากการเก็บใบชา 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว บนพื้นที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร



Stage	Clusters Combined		Coefficient	Stage Cluster 1 <sup>st</sup> Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	2	3	3.448922	0	0	5
2	1	7	4.670065	0	0	5
3	5	8	4.762066	0	0	4
4	4	5	10.019455	0	3	6
5	1	2	12.153952	2	1	6
6	1	4	14.225360	5	4	8
7	6	9	20.180086	0	0	8
8	1	6	26.827131	6	7	0

Similarity Index



ภาพที่ 28 Dendrogram ของกลุ่มตัวอย่างชาไปนในพื้นที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง จากการวิเคราะห์ 9 ปัจจัย 3 ฤดูกาล และ 3 พันธุ์ ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

J = พื้นที่แม่จอนหลวง D = ฤดูร้อน R = ฤดูฝน C = ฤดูหนาว A = พันธุ์อัสสัม O = พันธุ์อุหลง C = พันธุ์ชิงชัง 12

สำหรับดิน ตามตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพันธุ์ทั้ง 3 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์วัตถุ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า พื้นที่ปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ ค่อนข้างเป็นกรดอ่อน โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 3.78-4.99 และมีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า ดินในช่วงฤดูหนาว ของชาทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ฤดูร้อน เท่ากับ 5.99 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดคือ ฤดูฝน เท่ากับ 5.70 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า ธาตุไนโตรเจนในดิน ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์ระดับความสูงและธาตุไนโตรเจน พบว่า ระดับความสูงและธาตุไนโตรเจนในดินมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตาม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +0.81 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ ) (ตารางที่ 7) นั่นคือ เมื่อระดับความสูงลดต่ำลงทำให้ธาตุไนโตรเจนในดินลดลงด้วย สำหรับธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่า ในชาทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นตามฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 0.08, 0.31 และ 1.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม ที่พบว่า มีปริมาณธาตุเพิ่มขึ้นตามฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เฉลี่ยเท่ากับ 1.14, 1.29 และ 2.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมในดิน พบว่า ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมในดินมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตาม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +0.59 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 7) นั่นคือ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลงทำให้ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินลดลงด้วยเช่นกัน

#### 5.1.4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่างต่อสภาพแวดล้อมที่ปลูกชาบนพื้นที่อ่างขาง

ตามตารางที่ 6 พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูฝน มีปริมาณสาร EGC น้อยที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.11 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ฤดูหนาว ปริมาณสารมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.29 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ในฤดูร้อน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.66 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 29 ก.)

สำหรับสาร EC พบว่า ในฤดูหนาว มีปริมาณสารเฉลี่ยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 2.63 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูร้อน เฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.12 ในขณะที่ฤดูฝน พบว่า ปริมาณสารมีค่าเฉลี่ยรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 0.38 มก./ก. น้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 29 ข.)

สำหรับสาร EGCG พบว่า ชาทั้ง 3 พันธุ์ ในช่วงฤดูหนาว มีปริมาณสารสูงที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.51 มก./ก. น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ฤดูร้อน มีปริมาณสาร เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.47 มก./ก.

น้ำหนักแห้ง และในช่วงฤดูฝน มีปริมาณสารน้อยที่สุด เฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.07 มก./ก. (น้ำหนักแห้ง ภาพที่ 29 ค.)

5.1.4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างสารแอนติออกซิแดนซ์รวมทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ EGC EC และ EGCG ต่อพันธุ์ชากับสภาพแวดล้อมที่ปลูกชา โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Cluster Analysis) และแสดงผลในรูปของ Dendrogram (ภาพที่ 30) ที่ระยะความคล้ายคลึง (Similarity Index) 0.6 สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและดินบนพื้นที่อ่างขาง ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 พบว่า ชาพันธุ์อัสสัมและอุหลง ตอบสนองความคล้ายคลึงกัน ได้ดีในทั้ง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 3.50 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 3.50 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อัสสัมและอุหลง ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาวก่อน ตามด้วยฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ โดยเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน ดังนี้ พิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1,428.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยเฉลี่ย 66.75 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 21.85 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา โดยเฉลี่ย 66.55 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน โดยเฉลี่ย 4.64 อินทรีย์วัตถุ โดยเฉลี่ย 6.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โดยเฉลี่ย 0.36 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉลี่ย 0.30 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม โดยเฉลี่ย 0.87 เปอร์เซ็นต์

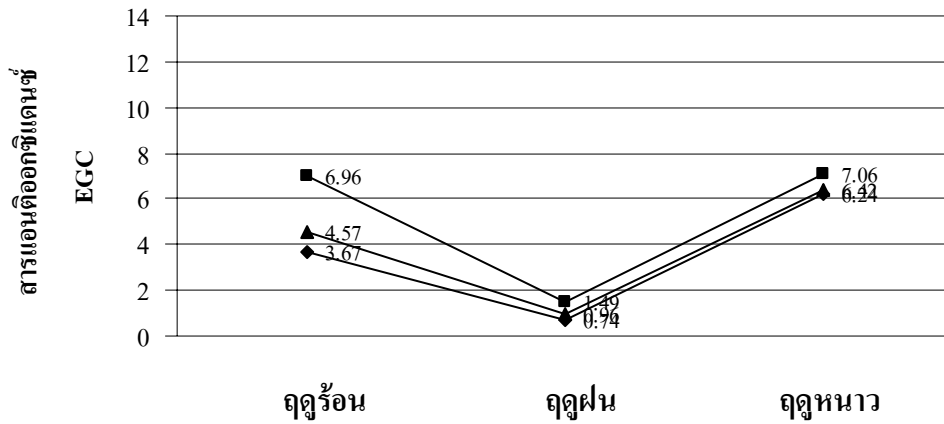
สำหรับกลุ่ม 2 พบว่า ชาพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 ตอบสนองได้ดีในฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 0.86 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 0.86 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 เท่านั้น และควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝน โดยมีสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง เท่ากับ 1,372 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เท่ากับ 95.73 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เท่ากับ 20.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เท่ากับ 78.44 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เท่ากับ 4.31 อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 4.75 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.33 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 2.87 เปอร์เซ็นต์

สำหรับกลุ่ม 3 พบว่า ชาพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 ตอบสนองได้ดีในฤดูหนาว โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของสารแอนติออกซิแดนซ์ ประมาณ 4.54 มก./ก. น้ำหนักแห้ง หมายความว่า เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.54 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 เท่านั้น ซึ่งควรเก็บภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาว โดยมีสภาพแวดล้อมทาง

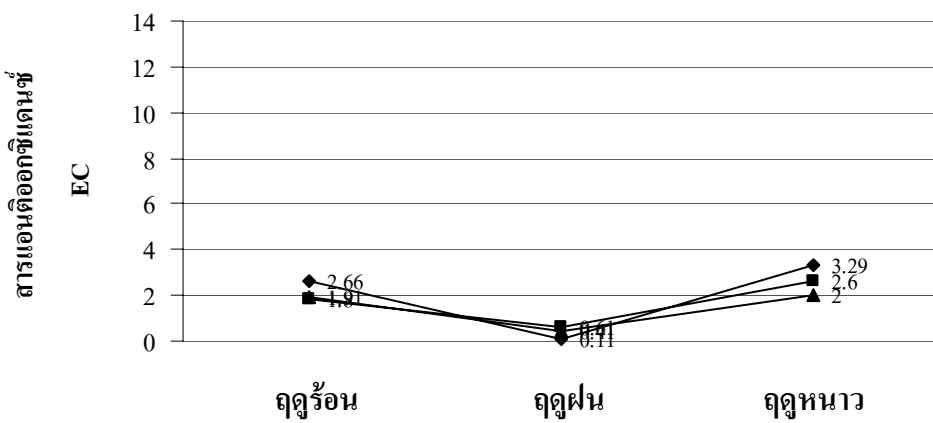
ภูมิประเทศและภูมิอากาศ ดังนี้ พิกัดความสูง เท่ากับ 1,372 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เท่ากับ 94.25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เท่ากับ 10.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เท่ากับ 66.92 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เท่ากับ 3.78 อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 5.87 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.19 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 5.05 เปอร์เซ็นต์

สรุปแล้ว กลุ่มที่น่าสนใจ ที่เหมาะสมกับการแนะนำในการปรับปรุงสวนชาและเก็บเกี่ยวใบชา นั้น น่าจะเป็นกลุ่มที่ 1 เนื่องจากความหลากหลายของพันธุ์ นั่นคือ สามารถที่จะปลูกได้ถึง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อุหลงและพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 และเมื่อเก็บใบชาภายใต้สภาพแวดล้อม ในทั้ง 3 ฤดูกาล โดยเก็บในช่วงฤดูหนาวก่อน ตามด้วยฤดูร้อนและฤดูฝน จะส่งผลให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 3.50 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่มีพิกัดความสูง โดยเฉลี่ย 1428.5 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เฉลี่ย 66.75 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ เฉลี่ย 21.85 องศาเซลเซียส ความชื้นใบชา เฉลี่ย 66.55 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เฉลี่ย 4.64 อินทรีย์วัตถุ เฉลี่ย 6.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน เฉลี่ย 0.36 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส เฉลี่ย 0.30 เปอร์เซ็นต์ และธาตุโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.87 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มอื่น ไม่มีความหลากหลายของพันธุ์และมีความจำกัดของสภาพแวดล้อม

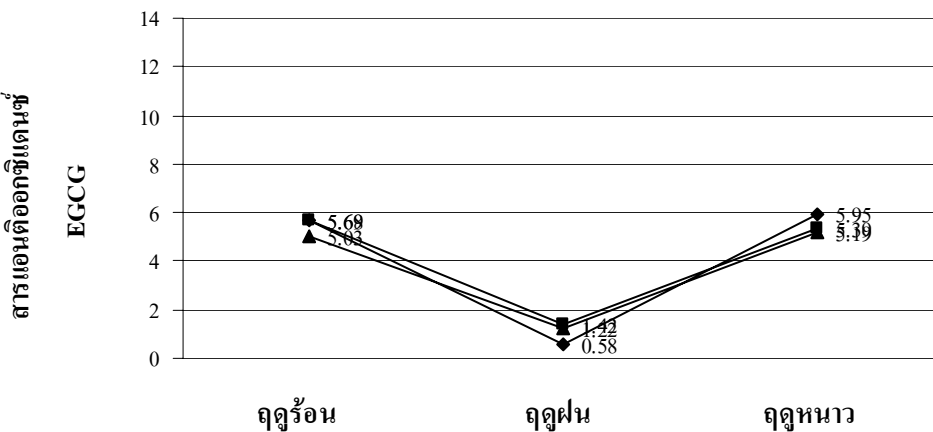
ก.



ข.

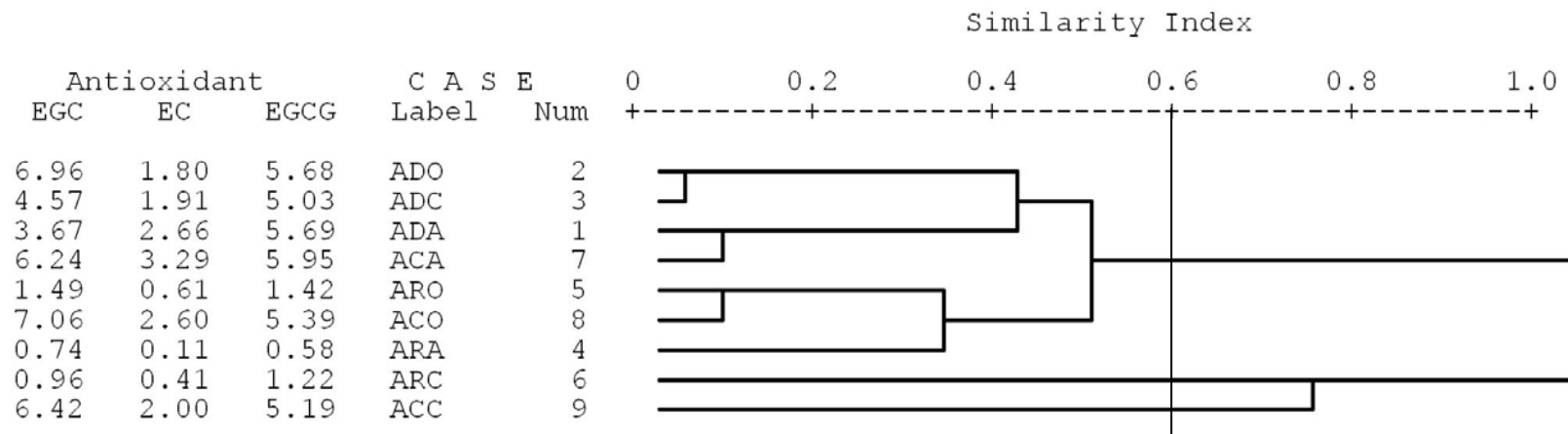


ค.



ภาพที่ 29 แสดงปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ ได้แก่ EGC (ก.) EC (ข.) และ EGCG (ค.) ในใบชาทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม (◆) พันธุ์อู่หลง (▲) และพันธุ์ชิงชัง เบอร์ 12 (●) จากการเก็บใน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว บนพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 เมตร

Stage	Clusters Combined		Coefficient	Stage Cluster 1 <sup>st</sup> Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	2	3	3.448922	0	0	5
2	1	7	4.670065	0	0	5
3	5	8	4.762066	0	0	4
4	4	5	10.019455	0	3	6
5	1	2	12.153952	2	1	6
6	1	4	14.225360	5	4	8
7	6	9	20.180086	0	0	8
8	1	6	26.827131	6	7	0



ภาพที่ 30 Dendrogram ของกลุ่มตัวอย่างใบชาในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จากการวิเคราะห์ 9 ปัจจัย 3 ฤดูกาล และ 3 พันธุ์ ต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

A = พื้นที่อ่างขาง D = ฤดูร้อน R = ฤดูฝน C = ฤดูหนาว A = พันธุ์อัสสัม O = พันธุ์อุหลง C = พันธุ์ชิงชัง 12

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของพันธุ์และค่าเฉลี่ยของพิกัดความสูงจากระดับน้ำทะเล เปรอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นใบชาตัวอย่าง จาก 4 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์บริการวิชาการเชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง คอยแม่สลอง สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ใน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ๋หลง และพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12 จาก 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูกาล	พิกัดความสูง (เมตร)				ความชื้นสัมพัทธ์ (%)				อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				ความชื้นใบชา (%)			
		อัสสัม	อุ๋หลง	ชิงชิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ๋หลง	ชิงชิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ๋หลง	ชิงชิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ๋หลง	ชิงชิง12	ค่าเฉลี่ย
ฝาง	ร้อน	520	517	510	<b>515.67</b>	55.79	63.27	77.74	<b>65.60</b>	30.50	29.00	26.00	<b>28.50</b>	55.79	67.46	69.02	<b>64.09</b>
	ฝน	520	517	510	<b>515.67</b>	81.36	78.71	88.36	<b>82.81</b>	26.50	28.58	25.00	<b>26.69</b>	77.24	74.44	75.64	<b>75.77</b>
	หนาว	520	517	510	<b>515.67</b>	77.95	90.00	91.20	<b>86.38</b>	19.00	15.50	15.00	<b>16.50</b>	61.08	57.28	58.76	<b>59.04</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>520</b>	<b>517</b>	<b>510</b>	<b>515.67</b>	<b>71.70</b>	<b>77.33</b>	<b>85.77</b>	<b>78.26</b>	<b>25.33</b>	<b>24.36</b>	<b>22.00</b>	<b>23.90</b>	<b>64.70</b>	<b>70.70</b>	<b>67.81</b>	<b>66.30</b>
แม่สลอง	ร้อน	1045	1034	1033	<b>1037.33</b>	95.00	84.48	91.60	<b>90.36</b>	24.00	25.00	23.00	<b>24.00</b>	79.24	76.48	84.24	<b>79.93</b>
	ฝน	1045	1034	1033	<b>1037.33</b>	77.67	87.54	95.72	<b>86.98</b>	25.50	21.50	22.00	<b>23.00</b>	75.36	71.68	71.32	<b>72.79</b>
	หนาว	1045	1034	1033	<b>1037.33</b>	50.18	62.27	55.15	<b>55.87</b>	19.00	15.50	17.00	<b>17.17</b>	60.44	56.80	60.74	<b>59.13</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>1045</b>	<b>1034</b>	<b>1033</b>	<b>1037.33</b>	<b>74.28</b>	<b>78.10</b>	<b>80.82</b>	<b>77.73</b>	<b>22.80</b>	<b>20.67</b>	<b>20.67</b>	<b>21.39</b>	<b>71.68</b>	<b>68.32</b>	<b>72.10</b>	<b>66.30</b>
แม่จอนหลวง	ร้อน	1264	1247	1265	<b>1258.67</b>	54.21	56.16	55.05	<b>55.14</b>	29.00	27.50	29.50	<b>28.67</b>	67.70	63.41	67.49	<b>66.20</b>
	ฝน	1264	1247	1265	<b>1258.67</b>	95.73	87.18	55.48	<b>79.41</b>	20.50	20.50	20.50	<b>20.50</b>	78.12	75.80	79.34	<b>77.75</b>
	หนาว	1264	1247	1265	<b>1258.67</b>	62.27	69.50	56.00	<b>62.59</b>	15.50	14.00	17.50	<b>15.67</b>	57.00	65.20	58.48	<b>60.23</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>1264</b>	<b>1247</b>	<b>1265</b>	<b>1258.67</b>	<b>70.74</b>	<b>70.95</b>	<b>55.51</b>	<b>65.73</b>	<b>21.67</b>	<b>20.67</b>	<b>22.50</b>	<b>21.61</b>	<b>67.61</b>	<b>68.14</b>	<b>68.44</b>	<b>68.06</b>
อ่างขาง	ร้อน	1438	1419	1372	<b>1409.67</b>	37.20	42.79	39.78	<b>39.92</b>	27.20	28.40	29.40	<b>28.33</b>	70.74	71.25	74.07	<b>72.62</b>
	ฝน	1438	1419	1372	<b>1409.67</b>	95.46	87.18	95.73	<b>92.79</b>	19.50	20.50	20.50	<b>20.17</b>	59.20	66.80	78.44	<b>68.15</b>
	หนาว	1438	1419	1372	<b>1409.67</b>	61.50	76.33	94.25	<b>77.36</b>	19.00	16.50	10.50	<b>15.33</b>	69.48	61.84	66.92	<b>66.08</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>1438</b>	<b>1419</b>	<b>1372</b>	<b>1409.67</b>	<b>64.72</b>	<b>68.77</b>	<b>76.59</b>	<b>70.02</b>	<b>21.90</b>	<b>21.80</b>	<b>20.13</b>	<b>21.28</b>	<b>66.47</b>	<b>66.63</b>	<b>73.14</b>	<b>68.75</b>

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของพันธุ์และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ เปอร์เซ็นต์ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในดิน จาก 4 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์บริการวิชาการเชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง ดอยแม่สลอง สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ใน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ้มหลง และพันธุ์ซิงซิง เบอร์ 12 จาก 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูกาล	ความเป็นกรด-ด่าง				อินทรีย์วัตถุ (%)				ธาตุไนโตรเจน (%)				ธาตุฟอสฟอรัส (%)				ธาตุโพแทสเซียม (%)			
		อัสสัม	อุ้มหลง	ซิงซิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ้มหลง	ซิงซิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ้มหลง	ซิงซิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ้มหลง	ซิงซิง12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุ้มหลง	ซิงซิง12	ค่าเฉลี่ย
ฝาง	ร้อน	6.64	4.69	5.53	<b>5.62</b>	3.66	3.71	3.82	<b>3.73</b>	0.19	0.24	0.23	<b>0.22</b>	2.50	4.42	2.56	<b>3.16</b>	2.47	3.06	3.02	<b>2.85</b>
	ฝน	5.80	4.55	4.74	<b>5.03</b>	6.30	3.47	4.01	<b>4.69</b>	0.21	0.19	0.21	<b>0.20</b>	0.11	0.39	0.15	<b>0.22</b>	1.17	1.57	3.37	<b>2.04</b>
	หนาว	5.86	5.79	5.19	<b>5.61</b>	4.49	4.10	4.09	<b>4.23</b>	0.24	0.21	0.20	<b>0.22</b>	0.56	5.61	2.42	<b>2.86</b>	1.45	3.33	3.50	<b>2.76</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>6.10</b>	<b>5.01</b>	<b>5.15</b>	<b>5.42</b>	<b>4.82</b>	<b>3.76</b>	<b>3.79</b>	<b>4.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.21</b>	<b>0.21</b>	<b>0.21</b>	<b>1.06</b>	<b>3.47</b>	<b>1.71</b>	<b>2.08</b>	<b>1.70</b>	<b>2.65</b>	<b>3.30</b>	<b>2.55</b>
แม่สลอง	ร้อน	4.57	5.76	5.93	<b>5.42</b>	5.05	5.19	5.36	<b>5.20</b>	0.25	0.27	0.27	<b>0.26</b>	0.09	3.86	3.69	<b>2.55</b>	2.78	7.06	5.80	<b>5.21</b>
	ฝน	5.25	5.69	5.14	<b>5.36</b>	4.44	5.19	5.36	<b>5.00</b>	0.21	0.32	0.29	<b>0.27</b>	0.16	5.60	2.02	<b>2.59</b>	2.49	3.43	5.58	<b>3.83</b>
	หนาว	5.41	5.69	5.71	<b>5.60</b>	5.50	5.76	5.53	<b>5.60</b>	0.21	0.28	0.28	<b>0.26</b>	0.18	2.40	4.90	<b>2.49</b>	6.53	2.46	5.01	<b>4.67</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>5.08</b>	<b>5.71</b>	<b>5.59</b>	<b>5.46</b>	<b>5.00</b>	<b>5.38</b>	<b>5.42</b>	<b>5.26</b>	<b>0.22</b>	<b>0.29</b>	<b>0.28</b>	<b>0.26</b>	<b>0.14</b>	<b>3.95</b>	<b>3.54</b>	<b>2.54</b>	<b>3.93</b>	<b>4.32</b>	<b>5.46</b>	<b>4.57</b>
แม่จอนหลวง	ร้อน	4.73	4.25	3.86	<b>4.28</b>	6.83	4.19	4.69	<b>5.24</b>	0.34	0.26	0.25	<b>0.28</b>	0.76	1.42	0.63	<b>0.94</b>	3.76	1.68	3.08	<b>2.84</b>
	ฝน	4.38	4.41	4.28	<b>4.36</b>	6.66	4.23	4.75	<b>5.21</b>	0.33	0.19	0.22	<b>0.25</b>	0.46	3.71	6.90	<b>3.69</b>	4.42	1.51	2.36	<b>2.76</b>
	หนาว	4.91	5.03	3.74	<b>4.56</b>	6.68	4.23	4.71	<b>5.21</b>	0.33	0.17	0.23	<b>0.24</b>	0.66	4.29	7.63	<b>4.19</b>	3.53	1.89	4.44	<b>3.29</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>4.67</b>	<b>4.56</b>	<b>3.96</b>	<b>4.40</b>	<b>6.72</b>	<b>4.22</b>	<b>4.72</b>	<b>5.22</b>	<b>0.33</b>	<b>0.21</b>	<b>0.23</b>	<b>0.26</b>	<b>0.63</b>	<b>3.14</b>	<b>5.05</b>	<b>2.94</b>	<b>3.90</b>	<b>1.69</b>	<b>2.96</b>	<b>2.96</b>
อ่างขาง	ร้อน	4.91	4.99	4.81	<b>4.90</b>	6.82	5.62	5.54	<b>5.99</b>	0.49	0.28	0.31	<b>0.36</b>	0.01	0.05	0.18	<b>0.08</b>	1.04	0.81	1.57	<b>1.14</b>
	ฝน	3.96	4.41	4.31	<b>4.23</b>	6.76	5.59	4.75	<b>5.70</b>	0.41	0.28	0.25	<b>0.31</b>	0.28	0.31	0.33	<b>0.31</b>	0.79	0.20	2.87	<b>1.29</b>
	หนาว	4.59	4.93	3.78	<b>4.43</b>	6.76	5.78	5.87	<b>6.10</b>	0.40	0.32	0.32	<b>0.35</b>	0.03	1.12	2.19	<b>1.11</b>	1.17	1.17	5.05	<b>2.46</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>4.49</b>	<b>4.78</b>	<b>4.30</b>	<b>4.52</b>	<b>6.78</b>	<b>5.66</b>	<b>5.39</b>	<b>5.94</b>	<b>0.43</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.34</b>	<b>0.11</b>	<b>0.49</b>	<b>0.90</b>	<b>0.50</b>	<b>1.00</b>	<b>0.73</b>	<b>3.16</b>	<b>1.63</b>



**ตารางที่ 6** ค่าเฉลี่ยของพันธุ์และค่าเฉลี่ยของสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาตัวอย่าง จาก 4 สถานที่ ได้แก่ศูนย์บริการวิชาการเชียงใหม่ 3 อำเภอฝาง คอยแม่  
 สลองสถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ใน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อุหลง และพันธุ์ชิงชิง เบอร์ 12  
 จาก 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

สถานที่	ฤดูกาล	EGC (มก./ก.น้ำหนักแห้ง)				EC (มก./ก.น้ำหนักแห้ง)				EGCG (มก./ก.น้ำหนักแห้ง)			
		อัสสัม	อุหลง	ชิงชิง 12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุหลง	ชิงชิง 12	ค่าเฉลี่ย	อัสสัม	อุหลง	ชิงชิง 12	ค่าเฉลี่ย
ฝาง	ร้อน	3.85	2.85	4.76	<b>3.80</b>	1.73	0.99	1.38	<b>1.37</b>	8.92	11.50	13.05	<b>11.16</b>
	ฝน	4.09	6.03	7.52	<b>5.88</b>	3.36	1.26	1.90	<b>2.17</b>	4.47	3.04	1.79	<b>3.10</b>
	หนาว	4.01	4.94	4.59	<b>4.51</b>	6.49	3.29	3.00	<b>4.26</b>	3.97	4.94	4.78	<b>4.56</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>3.97</b>	<b>4.61</b>	<b>5.62</b>	<b>4.73</b>	<b>3.86</b>	<b>1.85</b>	<b>2.06</b>	<b>2.60</b>	<b>5.79</b>	<b>6.49</b>	<b>6.54</b>	<b>6.27</b>
แม่สลอง	ร้อน	4.59	6.18	4.30	<b>5.02</b>	1.87	2.81	1.76	<b>2.15</b>	7.83	7.59	11.07	<b>8.83</b>
	ฝน	8.44	8.96	10.39	<b>9.26</b>	1.13	2.25	0.44	<b>1.27</b>	1.11	0.62	0.24	<b>0.66</b>
	หนาว	6.44	7.29	6.32	<b>6.68</b>	2.70	3.42	3.00	<b>3.04</b>	4.64	5.18	6.52	<b>5.45</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>6.49</b>	<b>7.48</b>	<b>7.00</b>	<b>6.99</b>	<b>1.90</b>	<b>2.83</b>	<b>1.73</b>	<b>2.15</b>	<b>4.53</b>	<b>4.46</b>	<b>5.94</b>	<b>4.98</b>
แม่จอนหลวง	ร้อน	5.71	5.34	3.50	<b>4.85</b>	2.31	1.43	0.64	<b>1.46</b>	9.94	10.90	8.46	<b>9.77</b>
	ฝน	5.75	7.35	6.04	<b>6.38</b>	2.99	1.70	1.92	<b>2.20</b>	3.28	3.26	3.92	<b>3.49</b>
	หนาว	5.67	6.65	5.72	<b>6.01</b>	5.63	3.16	2.65	<b>3.81</b>	6.08	6.18	5.17	<b>5.81</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>5.71</b>	<b>6.45</b>	<b>5.09</b>	<b>5.75</b>	<b>3.64</b>	<b>2.10</b>	<b>1.74</b>	<b>2.49</b>	<b>6.43</b>	<b>6.78</b>	<b>5.85</b>	<b>6.35</b>
อ่างขาง	ร้อน	3.67	6.96	4.57	<b>5.07</b>	2.66	1.80	1.91	<b>2.12</b>	5.69	5.68	5.03	<b>5.47</b>
	ฝน	0.74	1.49	0.96	<b>1.06</b>	0.11	0.61	0.41	<b>0.38</b>	0.58	1.42	1.22	<b>1.07</b>
	หนาว	6.24	7.06	6.42	<b>6.57</b>	3.29	2.60	2.00	<b>2.63</b>	5.95	5.39	5.19	<b>5.51</b>
	ค่าเฉลี่ย	<b>3.55</b>	<b>5.17</b>	<b>3.98</b>	<b>4.23</b>	<b>2.02</b>	<b>1.67</b>	<b>1.44</b>	<b>1.71</b>	<b>4.07</b>	<b>4.16</b>	<b>3.81</b>	<b>4.02</b>

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 9 กับสารแอนติออกซิแดนซ์ ได้แก่ EGC EC และ EGCG จากการศึกษาทั้ง 4 สถานที่

Factor	Tea Leaves Moisture (%)	Altitude (m.)	RH%	Temperature (oC)	pH soil	O.M.%	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	EGC (mg/g.DryWt)	EC (mg/g.DryWt)	EGCG (mg/g.DryWt)
Tea Leaves Moisture (%)	1.00											
Altitude (m.)	0.12	1.00										
RH%	0.32	-0.25	1.00									
Temperature (oC)	0.53	-0.12	-0.28	1.00								
pH soil	-0.15	-0.72**	0.04	0.02	1.00							
O.M.%	0.14	0.88**	-0.23	-0.16	-0.56	1.00						
Nitrogen (%)	0.09	0.81**	-0.30	0.01	-0.45	0.83**	1.00					
Phosphorus (%)	-0.23	-0.21	0.10	-0.47	0.30	-0.43	-0.52	1.00				
Potassium (%)	-0.009	-0.17	0.14	-0.21	0.51	-0.15	-0.35	0.59*	1.00			
EGC (mg/g.DryWt)	0.15	-0.01	-0.09	-0.19	0.19	-0.18	0.06	0.12	0.26	1.00		
EC (mg/g.DryWt)	-0.44	-0.25	-0.32	-0.37	0.38	-0.18	-0.08	0.15	0.46	-0.17	1.00	
EGCG (mg/g.DryWt)	-0.16	-0.14	-0.44	-0.31	0.19	-0.24	-0.09	0.18	0.31	-0.28	0.03	1.00

\* Significant 0.05      \*\* Significant 0.01

## 5.2 การวิจารณ์ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมในการปลูกชาแถบจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา

กิตตะและศุภนารถ (2543) กล่าวว่า ชาเป็นไม้ยืนต้น สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่สูง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยประมาณ 200-2000 เมตร พื้นที่อำเภอฝาง ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยประมาณ 500 เมตร โดยมีสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่พบว่า เพิ่มขึ้นตามฤดูกาล ในขณะที่อุณหภูมินั้นลดลงตามฤดูกาลจากฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาวตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 28.50, 26.69 และ 16.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ดอยแม่สลอง ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยประมาณ 1,000 เมตร โดยมีสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จากการบันทึกพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลงตามฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.36, 86.98 และ 55.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ อาจจะเป็นเนื่องจากก่อนการเก็บตัวอย่างใบชาในช่วงฤดูร้อน เกิดฝนตกจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ฤดูร้อน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่พบว่า ในฤดูร้อนของพื้นที่ดอยแม่สลองมีอุณหภูมิต่ำ จากการรายงานของ กิตติพันธ์ (2543) ที่กล่าวว่า ชาที่ปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป มีอากาศเย็น จะทำให้ผลผลิตใบชาที่ได้มีคุณภาพสูง ใบชามีกลิ่นและรสชาติดี ส่วนพื้นที่แม่จอนหลวง ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยประมาณ 1,200 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เพิ่มขึ้นจากฤดูร้อนไปยังฤดูหนาว ในขณะที่อุณหภูมิก็ลดลงตามฤดูกาล ในกรณีของพื้นที่อำเภอฝาง ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยประมาณ 1,400 เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เพิ่มขึ้นจากฤดูร้อนไปยังฤดูหนาว ในขณะที่อุณหภูมิก็ลดลงตามฤดูกาล เช่นเดียวกับสภาพทางด้านภูมิอากาศในพื้นที่อำเภอฝางและแม่จอนหลวง ที่ระดับความสูง 500 และ 1,200 เมตร ตามลำดับ ที่พบว่ามีแนวโน้มทางด้านภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน จากสภาพภูมิอากาศดังกล่าว จึงสามารถกล่าวได้ว่า ชาพันธุ์ต่างๆ ที่ศึกษาอยู่ ปลูกอยู่ในพื้นที่ที่สามารถขึ้นได้ดี แต่ความแปรปรวนของสารนั้น ฤดูกาลน่าจะเป็นสิ่งที่กำหนด

สำหรับสภาพของดินที่ปลูกชา จากการรายงานของ Eden (1976) ที่รายงานว่า ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกชา ควรเป็นดินกรดเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับสภาพดินบนพื้นที่อำเภอฝาง จากการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างแล้ว พบว่า ดินมีความเป็นกรดเล็กน้อยเช่นกัน ทั้งนี้ความเป็นกรดของดินมีผลต่ออินทรีย์วัตถุในดินด้วย โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินนั้น ส่วนใหญ่จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อ pH ของดินเป็นกรดอย่างอ่อน แต่ถ้าช่วง pH ของดินเป็นกรดรุนแรง เป็นผลทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดินดำเนินไปค่อนข้างจำกัด (สรสิทธิ์, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์วัตถุกับความเป็นกรด

เป็นค่าในดินบนพื้นที่อำเภอฝาง โดยมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.56 หมายความว่า เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง สภาพดินบนพื้นที่ดอยแม่สลอง จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างแล้ว พบว่า ดินมีความเป็นกรดเล็กน้อยเช่นกัน ทั้งนี้พบว่า สภาพของดินบนพื้นที่ดอยแม่สลองมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับบนพื้นที่อำเภอฝาง ที่ระดับความสูง 500 เมตร จากการรายงานของ Fung *et al.* (2001) ที่พบว่า การปลูกชาในดินที่มี pH 3 และ 3.5 ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นชาดีและแข็งแรง ซึ่งสอดคล้องกับสภาพดินบนพื้นที่แม่จอนหลวง จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างแล้ว พบว่า ดินมีความเป็นกรดอ่อนเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนพื้นที่แม่จอนหลวง พบว่า สภาพของดินที่เป็นกรด แต่ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบริเวณที่ปลูกชา โดยเฉพาะชาพันธุ์อัสสัมที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง จากการรายงานของ Grice (1986) อ้างโดย Bonheure and Willson (1992) ที่รายงานว่า การใช้หญ้าคลุมโคนต้นชาดีกว่าวิธีการใช้ถุงพลาสติกสีดำคลุม ซึ่งจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับต้นชา และเมื่อนำใบชามาวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 3.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าธาตุโพแทสเซียมและธาตุฟอสฟอรัส ที่มีปริมาณเท่ากับ 1.51 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากสภาพแปลงปลูกชาพันธุ์อัสสัม (ภาพที่ 12) พบว่า มีซากพืชปกคลุมบริเวณโคนต้น ซึ่งน่าจะส่งผลให้ดินบริเวณนี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุไนโตรเจนในดินสูง เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์สารได้จากปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่ออกมาโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน โดยส่วนใหญ่เป็นเศษซากอินทรีย์สูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นมวลชีวอีก 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการหมุนเวียนและการแปรรูปของไนโตรเจน (ศุภมาส, 2529 อ้างโดย มุกดา, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุกับธาตุไนโตรเจนในดินบนพื้นที่แม่จอนหลวง โดยมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตาม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +0.83 หมายความว่า เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นทำให้ธาตุไนโตรเจนในดินเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้รูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินก็เป็นส่วนสำคัญ เช่นเดียวกับ Ruan *et al.* (2000) ได้ศึกษารูปที่เป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนและแหล่งของธาตุฟอสฟอรัส โดยใส่ปุ๋ย  $\text{NH}_4^+$  ร่วมกับหินฟอสฟอรัส และปุ๋ย  $\text{NO}_3^-$  ร่วมกับหินฟอสฟอรัส ในดินที่ปลูกชา พบว่า ดินที่ใส่ปุ๋ย  $\text{NH}_4^+$  ทำให้ดินบริเวณ rhizosphere มี pH ลดต่ำลงและมีการสะสมธาตุฟอสฟอรัส แต่ไม่พบว่ามี การสะสมธาตุฟอสฟอรัสในดินที่ใส่ปุ๋ย  $\text{NO}_3^-$  และพบว่าค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.5 ส่งผลให้ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในสารละลายดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งต้นชามีการตอบสนองต่อการดูดไนเตรทได้น้อยมาก (Wu *et al.*, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจนกับธาตุฟอสฟอรัสในดินบนพื้นที่แม่จอนหลวง โดยมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.52 หมายความว่า

ว่า เมื่อปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินเพิ่มสูงขึ้นทำให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลง จากสภาพแปลงปลูกชาทั้ง 3 พันธุ์ บนพื้นที่อ่างขาง (ภาพที่ 20-22) จะพบว่า ดินมีสภาพเป็นดินลูกรัง หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า ดินแดง (อัสนีย์, 2534) โดยที่ดินลูกรังจะเกิดบริเวณที่มีสภาพเป็นกรด ซึ่งพบมากบริเวณภูเขาและบนพื้นที่สูง (ธีระชาติ, 2528) นอกจากความสูงของพื้นที่ที่ทำให้พบว่าดินมีสภาพเป็นกรดแล้ว ยังพบอีกว่าความสูงของพื้นที่ที่มีผลต่อธาตุไนโตรเจนในดินด้วย จากการรายงานของ Jamakie (1999) ที่รายงานว่า ระดับความสูงที่ลดต่ำลงทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงและแสงแดดที่ร้อนจัด มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียแอมโมเนียจากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดิน (มุกดา, 2544) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vlek and Stump (1978) อ้างโดย มุกดา (2544) ที่รายงานว่า การระเหยของแอมโมเนียในช่วงระยะเวลา 5 ชั่วโมงนั้น เพิ่มขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตั้งแต่ 0-6 องศาเซลเซียส ซึ่งวัดการสูญเสียจากสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียได้ 16 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การระเหยของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับธาตุไนโตรเจนในดิน โดยมีความสัมพันธ์กันแบบแปรตาม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +0.81 หมายความว่า เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดินมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ไพโรจน์ (2532) รายงานว่า ปริมาณของคาเทชินที่มีอยู่ในยอดชาที่เก็บมานั้น มีปริมาณของสาร EGCG สูงที่สุดประมาณ 9-13 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสาร EGC ที่มีปริมาณสารประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง ในขณะที่สาร EC มีปริมาณของสารน้อยที่สุดประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับผลจากการวิเคราะห์สารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัสสัม พันธุ์อุ๋หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ที่มีปริมาณสาร EGCG สูงที่สุด รองลงมาคือ EGC และ EC ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.41, 5.34 และ 2.24 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Roberts (1962) อ้างโดย Robertson (1992) โดยกล่าวว่า ในยอดชาเขียว พบว่ามีสารประกอบของ polyphenolic โดยเฉพาะกลุ่มของสารคาเทชิน (flavan-3-ols) ที่พบว่ามีมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และสารในกลุ่มนี้ยังพบอีกว่ามี ปริมาณของ EGCG มากที่สุด รองลงมาคือ EGC และ EC ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลจากการวิเคราะห์สารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชาทั้ง 3 พันธุ์

กฤษณา (2542) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของชาแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ แหล่งปลูก ระดับความสูงของไร่ชา ดินฟ้าอากาศ ฤดูกาลเก็บใบชา ใบอ่อน ใบแก่ อย่างไรก็ตาม สารประกอบหลักจะเป็นอย่างเดียวกัน เพียงแต่จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป เช่นเดียวกับการรายงานของ TRIEA (1953) และ Ramaswamy (1964) อ้างโดย Eden (1976) ที่รายงานว่า จากการวิเคราะห์ปริมาณสารคาเทชินและกิจกรรมของเอนไซม์ในใบชา พบว่าปริมาณของสารคาเทชินและ

กิจกรรมของเอนไซม์ในช่วงฤดูร้อน มีปริมาณสูงมาก และในช่วงฤดูร้อนนี้ยังส่งผลให้คุณภาพของชาดีกว่าในช่วงฤดูฝนด้วย จากการวิเคราะห์สารแอนติออกซิแดนซ์โดยวิธีการจัดกลุ่มพันธุ์ (Cluster analysis) ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและด้านดิน เพื่อเก็บใบชาให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีความคล้ายคลึงกันและความหลากหลายมากที่สุด แต่ไม่จำเป็นจะต้องมีปริมาณสารมากที่สุด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า จากการจัดกลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและด้านดินบนพื้นที่อำเภอฝาง ที่ส่งผลต่อสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบชา พบว่า เมื่อเก็บใบชาให้มีความหลากหลายมากที่สุด เพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบเฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.67 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน และชาพันธุ์อัสสัม ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ส่วนพื้นที่ดอยแม่สลอง ที่ระดับความสูง 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบเฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.91 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พื้นที่แม่จอนหลวง ที่ระดับความสูง 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล เมื่อต้องการเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบเฉลี่ยรวมโดยประมาณ 4.64 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อู่หลงและชิงชิง เบอร์ 12 ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พื้นที่อ่างขาง ที่ระดับความสูง 1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเล เมื่อเก็บใบชาเพื่อให้มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในใบเฉลี่ยรวมโดยประมาณ 3.50 มก./ก. น้ำหนักแห้ง ควรเก็บชาพันธุ์อัสสัมและอู่หลง ภายใต้สภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว