การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 2 ฤดูกาลและสภาพการขาดน้ำระยะสั้น

Phytochemical Content Evaluation of Holy Basil Germplasm in Two Seasons and Short-Term Water Deficit

อรสา กาญจนเจริญนนท์[1] สุกัญญา อัปกาญจน์[1] ณัฐริกา เหลาคำ[1] อัครชัย โสมกุล[2] จักรพงศ์ ภิญโญ[3] และอัญมณี อาวุชานนท์[1*]

Orasa Kanjanajaroennon[1], Sukanya Appagan[1], Nattarika Laokam[1], Akarachai Somkul[2], Jukkrapong Pinyo[3] and Anyamanee Auvuchanon[1*]

Received: March 16, 2023
Revised: May 16, 2023
Accepted: June 9, 2023

Abstract: Holy basil is a popular vegetable and it is produced all year round. There is a diversity of holy basil cultivars in Thailand and most of Thai holy basils are landraces. Holy basil cultivars were collected by the Tropical Vegetable Research Center and there has been no phytochemical evaluation. Fourteen holy basil germplasm accessions and five commercial cultivars were planted in field conditions and their phytochemical profiles were evaluated in two seasons. There were genotype by environment interactions of phytochemical traits. For holy basil in two seasons, green leaf holy basil OC-063 and red leaf OC-194 had not different in beta-carotene content and total chlorophyll. Green leaf holy basil OC-024, OC-057, OC-063, OC-195 and red leaf OC-194 had high phenolic compounds in both seasons. Moreover, phytochemicals were evaluated under short water deficit for 3, 6 and 9 days. The results showed that holy basil response to water deficit stress was independent of leaf color. Water deficit did not affect beta-carotene content in most holy basil accessions while some accessions had an increase in beta-carotene and a decrease in chlorophyll a and Chlorophyll b due to a water deficit. Phenolic compounds, in most holy basil accessions decreased when they were under water deficit for 3 days but phenolic compounds increased after 9 days of water deficit.

Keywords: Beta-carotene, chlorophyll, phenolic compound, water stress, drought

บทคัดย่อ: กะเพราเป็นพืชผักที่นิยมของผู้บริโภคจึงมีการเพาะปลูกตลอดทั้งปี กะเพราในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์แต่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ได้รับการเก็บรวบรวมไว้โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน และยังไม่มีการศึกษาสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมเหล่านั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[1] Horticulture Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus
[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[2] Tropical Vegetable Research and Development Center, Horticulture Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus
[3] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[3] Animal Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus
*Corresponding author : agrana@ku.ac.th

จึงปลูกเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ในสภาพแปลง เพื่อประเมินสารพฤกษเคมีใน 2 ฤดูกาล พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อสารพฤกษเคมี แต่มีกะเพราสองหมายเลขที่มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทั้งสองฤดูกาลคือ กะเพราเขียว OC-063 และ กะเพราแดง OC-194 กะเพราที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงทั้งสองฤดูกาลประกอบด้วยกะเพราใบเขียว OC-024, OC-057, OC-063, OC-195 และ ใบสีแดง OC-194 นอกจากนี้ ยังประเมินสารพฤกษเคมีในสภาพขาดน้ำระยะสั้นเป็นเวลา 3, 6 และ 9 วัน พบว่า กะเพรามีการปรับตัวเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นไม่ขึ้นกับสีใบของกะเพรา โดยกะเพราส่วนใหญ่การขาดน้ำไม่มีผลต่อปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ส่วนกะเพราที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำ มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและคลอโรฟิลล์ บีลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบกะเพราส่วนใหญ่ลดลงเมื่อขาดน้ำ 3 วัน แต่เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำระยะเวลา 9 วัน สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เบต้าแคโรทีน คลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก ความเครียดจากการขาดน้ำ แห้งแล้ง

คำนำ

กะเพรา (Holy Basil) เป็นผักสวนครัวและพืชสมุนไพรที่นิยมมากชนิดหนึ่ง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายประเภท ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในไทยและมีการส่งออกไปยังกลุ่มสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น และสิงคโปร์มากกว่า 200 ตัน/ปี (Srikachar *et al*., 2017) กะเพราอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน ฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสารพฤกษเคมีเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Hakkim *et al*., 2007; Mondal *et al*., 2009; Keawsaard, 2012) Wangcharoen and Morasuk (2007) รายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกะเพราขาวและกะเพราแดง เป็น 12.60±1.02 และ 19.46±1.97 มิลลิกรัมกรดแกลลิกของสารสกัดตัวอย่าง และปริมาณสารฟีนอลิกมีปฏิสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ

ในประเทศไทยมีการปลูกกะเพราทั้งกะเพราแดงและกะเพราขาว นอกจากกะเพราจะใช้ในการปรุงประกอบอาหารแล้ว กะเพรา ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในยาสมุนไพรไทยหลายตำรับ เช่น ยาประสะกะเพรา ยาเลือดงาม เป็นต้น (Nambuddee *et al*., 2020) และมีรายงานของ DOAE (2016, 2017, 2019) พบว่า พื้นที่ปลูกกะเพราของประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2558 มีเนื้อที่เพาะปลูก 6,873 ไร่ ผลผลิตรวม 12,359 ตัน ต่อมาในปี 2559 มีเนื้อที่เพาะปลูก 7,100 ไร่ ผลผลิตรวม 12,816 ตัน และในปี 2561 มีเนื้อที่เพาะปลูก 7,374 ไร่ ผลผลิตรวม 12,123 ตัน ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปีและเกิดภัยแล้งที่ยาวนานขึ้น ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตกะเพรา จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตรข้างต้นยังแสดงให้เห็นว่า พื้นที่เพาะปลูกกะเพราเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณผลผลิตกลับลดลง เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตแล้ว สภาพแวดล้อมที่ร้อนและแห้งแล้งยังมีผลกระทบต่อปริมาณของสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ในพืชด้วย Huqail *et al*. (2020) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและความเครียดจากการขาดน้ำของโหระพา พบว่า เมื่อโหระพาได้รับความเครียดดังกล่าวทำให้ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์รวม และสารฟลาโวนอยด์ลดลง และ Alishah *et al*. (2006) ศึกษาผลของความเครียดจากการรับน้ำต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการและลักษณะทางเคมีของโหระพา โดยให้ความเครียดจากการได้รับน้ำ 100, 90, 80, 70 และ 50% ของค่าความชื้นความจุสนาม ในสภาพกระถางเมื่อมีใบจริง 4-6 ใบ เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ

การเจริญเติบโต และน้ำหนักสดผลผลิตลดลงตามลำดับ อีกทั้งยังมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม มีปริมาณลดลงตามลำดับด้วย

ปี 2563 ประเทศไทย มีปริมาณฝนรวมเฉลี่ย 1,528.8 มิลลิเมตร สูงกว่าปี 2562 แต่ยังต่ำกว่าค่าปกติถึง 58.9 มิลลิเมตร ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์แล้งจัด (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2564) จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศดังกล่าวอาจมีผลกระทบต่อผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของกะเพราเช่นกัน ดังนั้นถ้าหากมีพันธุ์กะเพราที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาเพื่อให้สามารถเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและมีสภาพแห้งแล้ง โดยยังคงให้ผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในปริมาณสูงได้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้ผลิตกะเพราของประเทศไทย ในงานวิจัยนี้จึงได้ประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในเชื้อพันธุกรรมกะเพราที่เก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ในสภาพฤดูปลูกและสภาพการขาดน้ำที่ต่างกัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้กะเพราที่สามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและแห้งแล้งได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชทดลอง

เตรียมกล้ากะเพรา โดยการเพาะเมล็ดเชื้อพันธุกรรมกะเพราจำนวน 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ได้แก่ OC-024 จาก ชัยนาท OC-029 จากนครสวรรค์ OC-057 และ OC-072 จากราชบุรี OC-063 จากลพบุรี OC-064 จากเลย OC-080 และ OC-081 จากสงขลา OC-094 จากพังงา OC-133 จากแพร่ OC-135 จากพิษณุโลก OC-186 จากหนองคาย OC-194 และ OC-195 จากอุดรธานี พันธุ์การค้าคือ R.HB-CT, HB-CT, SP2, BNg และ EW-KT เมื่อกล้ากะเพรามีอายุ 30 วัน จึงย้ายลงแปลงปลูก หมายเลข/พันธุ์ละ 4 ต้น โดยมีระยะปลูก 1x1.2 เมตร ให้น้ำด้วยสปริงเกอร์แบบหัวฉีดด้านเดียวทุกเช้าและเย็น ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตราส่วน 2 กรัม/ต้น ทุกๆ 7-10 วัน และฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและกำจัดวัชพืชเมื่อมีการระบาด เมื่อต้นกะเพราเจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 45-60 วัน) แล้วทำการศึกษาสารพฤกษเคมีในใบกะเพราใน 2 ช่วงเวลา คือช่วงเดือนธันวาคม (H1) และ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (H2) และนอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลของความแล้งระยะสั้นโดยได้ศึกษาในช่วงเดือนธันวาคม โดยการทดลองนี้ประกอบด้วย ชุดควบคุมรดน้ำปกติ (ชุดควบคุม) งดให้น้ำ 3 วันก่อนเก็บเกี่ยว (3DH1) งดให้น้ำ 6 วันก่อนเก็บเกี่ยว (6DH1) และ งดให้น้ำ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยว (9DH1) ซึ่งรดน้ำปกติ คือ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นสนาม (100% field water capacity; 100% FC) โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD (Completely Randomized Design)

การวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม โดยสุ่มใบกะเพราตำแหน่งคู่ที่ 4 นับจากยอดลงมา ตัวอย่างละ 0.1 กรัม ทำหมายเลข/พันธุ์ละ 4 ซ้ำ โดยใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย acetone : hexane อัตราส่วน 4 : 6 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นตัวอย่างด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 13,600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำตัวอย่างมาเขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer จากนั้นนำส่วนใสไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัม/100 กรัม FW) ด้วยวิธีการของ (Nagata and Yamashita, 1992)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method ของ (Thaipong *et al*., 2005) นำตัวอย่างใบกะเพราสดคู่ที่ 4 นับจากยอดลงมา ตัวอย่างละ 1 กรัม ทำหมายเลข/สายพันธุ์ละ 6 ซ้ำ โดยใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นตัวอย่างด้วยเครื่อง homogenizer นำสารสะลาย

ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นดูดสารสกัดที่เป็นส่วนใส ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย methanol ปริมาตร 120 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น deionized ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร (ผสมให้เข้ากัน) เติมสารละลาย 0.75N Folin-Ciocalteu ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลาย 1.0 นอร์มอล sodium carbonate ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเขย่าทุกๆ 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 725 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิค /100 กรัม FW) ด้วยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance ของกะเพราในทุกสภาพแวดล้อม และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ประเมินอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้วยการ Combined ANOVA โดยการทดสอบ Homogeneity variance ด้วย Fmax ถ้า Fmax น้อยกว่า 6 จึงทำการ Combined ANOVA

วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) บนพื้นฐาน correlation matrix ของลักษณะสารพฤกษเคมี

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินปริมาณของสารพฤกษเคมีของใบกะเพราที่เก็บเกี่ยวจากสองฤดูกาล

ประเมินสารพฤกษเคมีของใบกะเพรา ในเชื้อพันธุกรรมกะเพรา จำนวน 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 สายพันธุ์ โดยสามารถแยกตามสีของใบได้ดังนี้ กะเพราใบสีเขียว ได้แก่ OC-024, OC-029, OC-063, OC-064, OC-080, OC-094, OC-133, OC-135, OC-186, OC-195, BNg และ EW-KT ใบสีเขียวปนแดง ได้แก่ OC-057, OC-072 ใบสีแดงปนเขียว ได้แก่ OC-081, SP2 และใบสีแดง ได้แก่ OC-194 เมื่อประเมินสารพฤกษเคมีของใบกะเพรา ที่เก็บเกี่ยวจากสองฤดูกาล คือ ฤดูกาลที่ 1 เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม 2562 และฤดูกาลที่ 2 เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 พบว่าปริมาณของสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และสารประกอบฟีนอลิก ของกะเพราแต่ละหมายเลข/สายพันธุ์มีความแตกต่างกันในทั้งสองฤดูกาล (Table 1) และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างหมายเลข/สายพันธุ์กะเพรากับสภาพแวดล้อม (Table 1) ซึ่งปริมาณสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมที่นำมาทดสอบ มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม และเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ย 0.952 และ 0.734 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ย 3.786 และ 2.978 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีค่าเฉลี่ย 1.302 และ 1.116 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีค่าเฉลี่ย 5.088 และ 4.093 mg/100g FW และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่าเฉลี่ย 4,055.9 และ 5,163.8 mg GAE/100g FW ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสองฤดูกาล (Table 2) กะเพราที่ปลูกจากสองฤดูกาลนั้นส่วนใหญ่มีปริมาณสารพฤกษเคมีไม่แตกต่างกัน โดยมีเพียง 5 หมายเลข/สายพันธุ์ ประกอบด้วยหมายเลข OC-024, OC-057, OC-195 และพันธุ์การค้า HB-CT และ BNg ที่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมลดลงเมื่อปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่ากะเพราแดง SP2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่ากะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 มีปริมาณสารฟีนอลิกที่สูงขึ้น ได้แก่ เชื้อพันธุกรรมหมายเลข OC-029, OC-072, OC-080, OC-081, OC-094, OC-133, OC-135 และ OC-186 และพันธุ์การค้า HB-CT, BNg และEW-KT เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีในใบกะเพราที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ต่างกัน คือในเดือนธันวาคมและเดือนกุมภาพันธ์ เป็นผลจากอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกันในช่วงการเจริญเติบโต

และให้ผลผลิตของกะเพรา จากรายงานของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนธันวาคม 2562 สูงสุด 31.4 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ 2563 สูงสุด 34.2 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 20.8 องศาเซลเซียส เดือนกุมภาพันธ์จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนธันวาคมประมาณ 3 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงทำให้สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และความชื้นในอากาศเปลี่ยนแปลงไป จึงส่งผลทำให้กะเพรามีการสร้างสารพฤกษเคมีดังกล่าวแตกต่างกันระหว่างการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมและเดือนกุมภาพันธ์ เช่นเดียวกับการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเครียดจากน้ำที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในใบโหระพาของ Huqail *et al.* (2020) พบว่าเมื่อโหระพาได้รับอุณหภูมิที่ 25, 35 , 45 และ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์รวมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น เมื่อประเมินปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม เปรียบเทียบระหว่างเชื้อพันธุกรรมที่เก็บรวบรวมไว้โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อนเทียบกับพันธุ์การค้าพบว่า ปริมาณเบต้า-แคโรทีนมีปริมาณเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.84 กับ 0. mg/100 g FW ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวมของเชื้อพันธุกรรมมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์การค้าอย่างชัดเจน รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเชื้อพันธุกรรมที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์มีปริมาณสูงกว่าพันธุ์การค้าที่เปรียบเทียบ โดยเฉพาะเชื้อพันธุกรรมกะเพราหมายเลข OC-057 (Table 2) มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณสารพฤกษเคมีทั้งเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม และสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่าสูงสุดไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมหรือกุมภาพันธ์ กะเพราหมายเลข OC-057 จึงมีศักยภาพในการเป็นเชื้อพันธุกรรมที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเพาะปลูกและใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ principal component analysis (PCA) จากข้อมูลสารพฤกษเคมีเพื่อหาตัวประกอบหลักบนพื้นฐาน correlation coefficient (PC) 1 และ 2 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ทั้งหมด 79.27 เปอร์เซ็นต์ โดย PC1 อธิบายได้ 43.27 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแปรปรวนจากปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน และปริมาณคลอโรฟิลล์ของกะเพราที่เก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 0DH2-B, 0DH2-Cha, 0DH2-Chb, 0DH2-Total ส่วน PC2 อธิบายได้ 36.00 เปอร์เซ็นต์ มีความแปรปรวนจาก 0DH1-B, 0DH1-Cha, 0DH1-Chb, 0DH1-Total จากกะเพราที่เก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 1 ส่วนความแปรปรวนที่เกิดจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอธิบายได้ทั้ง PC1 และ PC2 จาก Scatter plot (Figure 1) จะเห็นได้ว่าเชื้อพันธุกรรมหมายเลข OC-057 มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม (H1) ส่วนหมายเลข OC-094 มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ (H2) เชื้อพันธุกรรมที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงทั้งสองฤดูกาล ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC057, OC-063, OC-194 และ OC-195 มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ระหว่าง 5,053-5,735 mg GAE/100 g FW ซึ่งเชื้อพันธุกรรมเหล่านี้ รวบรวมมาจากกะเพราในเขตภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นกะเพราใบเขียวมีเพียง OC-194 เท่านั้นที่เป็นกะเพราใบแดง เชื้อพันธุกรรมที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมสูง ได้แก่ หมายเลข OC-072, OC-080, OC-081, OC-133, OC-135 และ SP2 ซึ่งกะเพราพันธุ์การค้า SP2 ที่มีลักษณะใบแดงปนเขียวยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ด้วย ซึ่งเชื้อพันธุกรรมกะเพราที่นำมาศึกษาครั้งนี้ มีความหลากหลายของสีใบ และปริมาณสารพฤกษเคมีในเชื้อพันธุกรรมขึ้นกับสายพันธุ์เป็นหลัก เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงประกอบด้วยทั้งสายพันธุ์ใบสีเขียว ใบแดงปนเขียว และใบสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ รัชนีกร (2564) ที่พบว่าปริมาณสารพฤกษเคมีของใบกะเพราที่สูงมีทั้งกะเพราใบสีเขียวและใบสีแดงหรือม่วงเข้ม

Agricultural Science and Management J. 7 (1) : 104-115 (2024)

Table 1 Mean square of beta-carotene content, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll and phenolic compounds of holy basil in two environments

Source	df	Beta-carotene	Chlorophyll-a	Chlorophyll-b	Total chlorophyll	Source	df	Phenolic compounds
Line	18	0.131**	2.895**	0.291**	4.125**	Line	18	6639392**
Env	1	1.793**	27.463**	1.321**	37.581**	Env	1	69965547**
Line x Env	18	0.146**	2.236**	0.205*	3.271**	Line x Env	18	1704465**
MSE	114	0.059	0.652	0.113	1.149	MSE	191	54905
CV (%)		28.888	23.886	27.800	23.350	CV (%)		34.512

* means were significant differences at $p < 0.05$

** means were significant differences at $p < 0.01$

Table 2 Mean of beta-carotene content, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll (mg/100 g FW) and phenolic compounds GAE/100 g FW) of holy basil from two harvesting times (H1: harvesting in December, H2: harvesting in February)

accessions	Beta-carotene		Chlorophyll-a		Chlorophyll-b		Total chlorophyll		Phenolic compound	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
OC-024	1.204	0.582	4.723	2.176	1.562	0.847	6.285	3.023	5053.8	5258.6
OC-029	1.003	0.729	3.918	2.575	1.409	0.931	5.327	3.506	4915.3	5655.3
OC-057	1.490	0.835	5.770	3.561	2.037	1.335	7.807	4.896	5735.9	5655.3
OC-063	0.810	0.639	3.432	2.246	1.234	0.850	4.666	3.096	5283.3	5608.0
OC-064	1.066	0.684	4.014	3.020	1.393	1.282	5.407	4.302	4814.1	5428.8
OC-072	0.721	0.832	4.313	3.528	1.312	1.309	5.625	4.837	3273.0	4357.6
OC-080	0.996	0.739	3.882	3.319	1.395	1.186	5.276	4.506	2560.2	4600.7
OC-081	0.817	0.690	3.675	3.049	1.354	1.173	5.029	4.222	2938.4	4248.8
OC-094	1.075	0.971	4.337	4.209	1.476	1.478	5.812	5.688	1793.5	4333.2
OC-133	0.589	0.870	3.165	3.429	1.454	1.226	4.619	4.655	4308.9	5577.3
OC-135	0.959	0.768	3.888	3.589	1.319	1.404	5.207	4.993	3634.6	5432.6
OC-186	0.821	0.638	3.330	2.563	1.094	0.961	4.423	3.524	3200.0	5171.6
OC-194	0.769	0.612	3.141	2.231	1.173	0.879	4.314	3.110	5165.3	5596.5
OC-195	1.061	0.554	3.952	2.145	1.324	0.857	5.276	3.002	5224.3	5542.7
R.HB-CT	0.610	0.706	2.730	3.117	0.956	1.199	3.687	4.315	4355.1	4966.8
HB-CT	1.281	0.750	4.433	2.931	1.316	1.088	5.749	4.019	3452.5	5154.9
SP2	0.726	0.904	2.144	3.765	0.716	1.374	2.861	5.139	4621.8	5249.6
BNg	1.210	0.691	4.361	2.673	1.320	0.990	5.681	3.663	3358.9	5186.9
EW-KT	0.872	0.757	2.719	2.445	0.895	0.824	3.614	3.269	3373.0	5087.1
Mean	0.952	0.734	3.786	2.978	1.302	1.116	5.088	4.093	4055.9	5163.8
MSE	0.098	0.020	0.792	0.373	0.148	0.078	2.523	0.762	47031.6	62778.7
Fmax	4.853		2.124		1.904		3.311		1.335	
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
$LSD_{(L/H)}$	0.406		1.348		0.561		1.788		317.394	
LSD_{L}	0.369	0.168	1.048	0.719	0.453	0.328	1.871	1.028	296.274	342.298

** Means were significant difference at $p < 0.01$

$LSD_{(L/H)}$ LSD value of Line x Harvesting time

LSD_{L} LSD value of Lines harvested in December and February

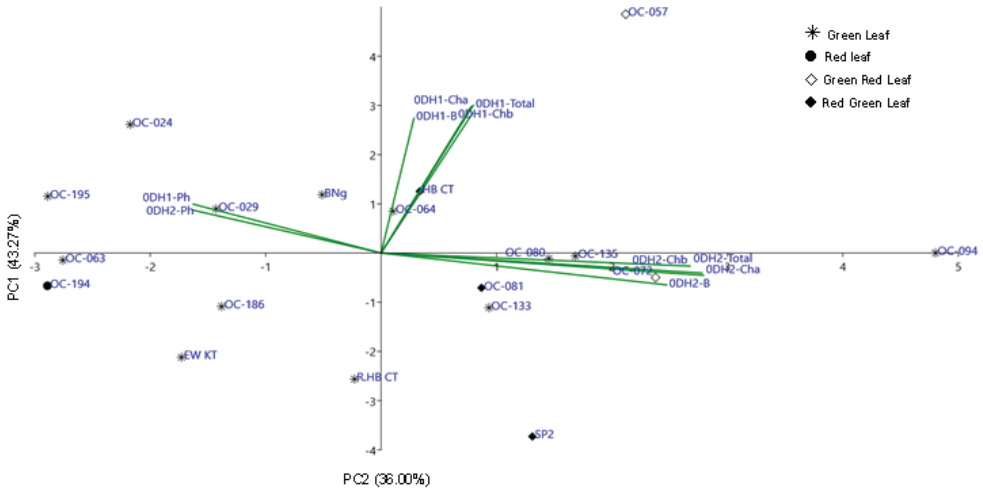

Figure 1 Scatter plot of Principal Component Analysis (PCA) based on correlation coefficient

การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีในกะเพราที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลและได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นก่อนเก็บเกี่ยวต่างกัน

กะเพราในสภาพแปลงปลูกที่ ได้รับความเครียดจากการขาดน้ำที่ 3, 6 และ 9 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม พบมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างเชื้อพันธุกรรมกับการขาดน้ำต่อปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ซึ่งปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในใบกะเพรามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่องดการให้น้ำ อย่างไรก็ตาม กะเพราจำนวน 7 หมายเลข และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ ที่ปริมาณเบต้า-แคโรทีนไม่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการงดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการงดน้ำ คือ OC-024, OC-029, OC-064, OC-081, OC-094, OC-135, OC-195, BNg และ EW-KT กะเพราจำนวน 5 หมายเลข และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่สูงขึ้น เมื่องดน้ำจำนวน 9 วัน เปรียบเทียบกับกะเพรา ก่อนการงดน้ำ คือ OC-072, OC-080, OC-133, OC-186, OC-194, R.HB-CT และ SP2 โดยกะเพราหมายเลข OC-080 มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น จาก 0.996 mg/100 g FW เป็น 1.729 mg/100 g FW เมื่องดให้น้ำเป็นเวลา 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับกะเพราหมายเลข OC-057 ที่งดให้น้ำ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในภาพรวม พบว่า กะเพราหมายเลข OC-057 มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูงทั้งการให้น้ำปกติและงดให้น้ำเป็นเวลา 6 และ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม (Table 3)

การตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นของสารประกอบฟีนอลิกของกะเพราแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบกะเพรา จำนวน 13 หมายเลขลดลงเมื่อกะเพราขาดน้ำ 3 วัน และจำนวน 6 หมายเลขที่สารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อขาดน้ำต่อไปจนครบ 6 วัน ส่วนกะเพรา OC-057 แม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด แต่เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน ปริมาณสารดังกล่าวลดลงและแตกต่างจากกะเพราที่ได้น้ำปกติอย่างมีนัยสำคัญ กะเพราที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อขาดน้ำ คือ กะเพรา OC-029 และพันธุ์การค้า SP2 สารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกันแม้จะงดน้ำ 3 และ 6 วัน อย่างไรก็ตาม เชื้อพันธุกรรมกะเพรา 5 หมายเลข คือ OC-029, OC-064, OC-072, OC-080, OC-081และพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ BNg เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำระยะเวลา 9 วัน สามารถกระตุ้นให้กะเพราะมี

สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบกับการไม่งดน้ำ ในขณะที่เชื้อพันธุกรรมกะเพรา 6 หมายเลขที่เมื่องดน้ำ 9 วัน ปรับตัวกลับมามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบไม่แตกต่างจากกะเพราที่ไม่งดน้ำ ส่วนกะเพราพันธุ์การค้าจำนวน 4 สายพันธุ์จาก 5 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบลดลงอย่างมากจากกะเพราที่ไม่งดน้ำเปรียบเทียบกับกะเพราที่งดน้ำไป 9 วัน ดังรายงานของ Sarker and Oba (2018) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์รวมของใบ *Amaranthus tricolor* เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์รวมลดลง เมื่อได้รับสภาพความแล้งมากขึ้น (Figure 2)

Table 3 Mean of beta-carotene content (mg/100 g FW) and phenolic compounds (mg GAE/100 g FW) of holy basil under short water deficit

Accessions	Beta-carotene content (mg/100 g FW)				Phenolic compounds (mg GAE/100 g FW)			
	0DH1	3DH1	6DH1	9DH1	0DH1	3DH1	6DH1	9DH1
OC-024	1.204	0.851	1.204	1.094	5053.8	4274.3	4791.4	5003.9
OC-029	1.003	0.902	0.881	1.103	4915.3	4688.4	4751.8	5212.5
OC-057	1.490	1.059	1.477	1.589	5735.9	4650.0	4715.9	4559.8
OC-063	0.810	0.676	1.291	1.103	5283.3	4219.2	5153.6	4855.4
OC-064	1.066	1.132	1.075	1.079	4814.1	4357.6	3921.1	5390.4
OC-072	0.721	1.106	0.871	1.207	3273.0	2207.6	2019.3	4698.0
OC-080	0.996	0.930	1.068	1.729	2560.2	2698.7	1846.5	3514.1
OC-081	0.817	0.962	0.966	1.051	2938.4	2675.6	2263.7	3319.6
OC-094	1.075	0.921	1.297	1.381	1793.5	1826.9	2889.6	1536.8
OC-133	0.589	0.942	0.974	1.295	4308.9	2491.0	3845.6	3274.8
OC-135	0.959	0.907	0.834	1.065	3634.6	2248.7	3725.3	3580.7
OC-186	0.821	0.808	1.041	1.199	3200.0	2301.2	3547.4	3244.1
OC-194	0.769	1.000	0.789	1.235	5165.3	5347.4	4342.2	5267.5
OC-195	1.061	0.899	1.188	1.163	5224.3	4293.5	5014.1	3177.5
R.HB CT	0.610	1.059	1.090	1.271	4355.1	3305.1	2486.4	2925.4
HB CT	1.281	1.123	1.509	1.082	3452.5	2875.6	2998.4	1937.4
SP2	0.726	0.940	1.156	1.224	4621.8	4693.5	4389.6	2705.3
BNg	1.210	1.336	1.097	1.250	3358.9	2943.5	2459.5	3702.3
EW KT	0.872	0.866	1.146	1.134	3373.0	1819.2	1621.2	2533.8
CV (%)	22.023				CV (%)	6.494		
$LSD_{(L/H)}$	0.387				$LSD_{(L/H)}$	320.640		
$F\text{-test}_{(L/H)}$	**				$F\text{-test}_{(L/H)}$	**		

** Means were significant difference at $p < 0.01$

$LSD_{(L/H)}$ LSD value of Line x Harvested from drought stress

การงดน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวกะเพรามีผลต่อความเขียวใบกะเพรา โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และจำนวนวันของการงดน้ำ แต่มีเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 6 หมายเลข คือ OC-063, OC-072, OC-080, OC-133, OC-186 และ OC-195 กะเพราพันธุ์การค้า คือ R.HB-CT, SP2 และ EW-KT ที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมระหว่างก่อนการงดน้ำและหลังงดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน กะเพรา3 หมายเลขมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อขาดน้ำ 3 วัน 4 หมายเลขเมื่อขาดน้ำ 6 วันและ 3 หมายเลขที่

ขาดน้ำ 9 วัน การปรับตัวของกะเพราเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นไม่ขึ้นกับสีใบของกะเพรา เนื่องจากกะเพราหมายเลข OC-057 ที่มีสีใบเขียวแดง ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมโดยไม่งดให้น้ำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.807 mg/100 g FW และงดให้น้ำ 3 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง จากนั้นจึงปรับตัวเมื่องดน้ำเป็นเวลา 6 วันก่อนเก็บเกี่ยวมีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 6.963 mg/100 g FW และไม่แตกต่างทางสถิติเมื่องดน้ำต่อไปเป็นเวลา 9 วัน กะเพราใบสีแดง OC-194 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ 4.314 mg/100 g FW และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่องดน้ำ 6 วันเหลือเพียง 2.526 mg/100 g FW (Figure 2) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์ บี ยังพบว่า กะเพรา OC-057 เมื่อปลูกสภาพให้น้ำปกติมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บีสูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับกะเพราเขียว OC-024 อย่างไรก็ตาม เมื่องดการให้น้ำกะเพรามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์ บี เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เชื้อพันธุกรรมที่ตอบสนองต่อความแล้ง 3 วันด้วยการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ลดลงเช่นกันคือ OC-024, OC-029, OC-057, OC-063, OC-094, OC-135, OC-186 และ OC-195 ส่วนกะเพราที่ปรับตัวได้ดีเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำคือ OC-080 เนื่องจากทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างใบกะเพราที่ไม่ขาดน้ำและกะเพราที่ขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วันซึ่งการศึกษาครั้งนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์ บี ที่ลดและเพิ่มเนื่องจากการขาดน้ำ โดยคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี เมื่อกะเพราได้รับน้ำปกติมีความสัมพันธ์กันที่ค่า r=0.902** เมื่อกะเพราขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน มีค่าสหสัมพันธ์เป็น 0.963**, 0.961** และ 0.863** ตามลำดับ

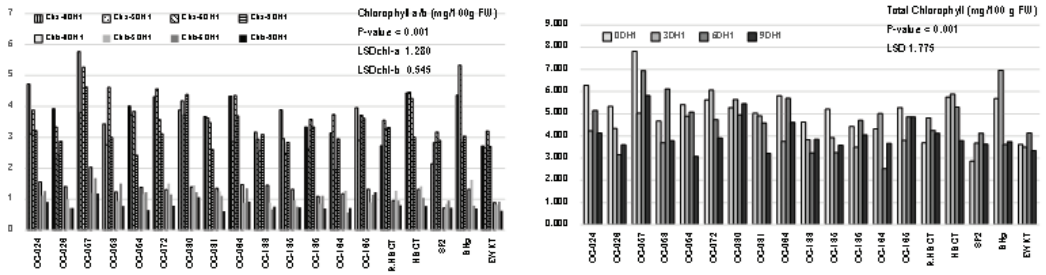

Figure 2 Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content of holy basil under short water deficit for 0, 3, 6 and 9 days

จากการประเมินสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมกะเพราจำนวน 14 หมายเลข เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าจำนวน 5 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมร่วมกับการงดน้ำและเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ได้กะเพราที่สามารถเพาะปลูกแล้วให้ผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในปริมาณสูงในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบันของประเทศไทย ผลการประเมินพบว่ามีเชื้อพันธุกรรมกะเพราที่น่าสนใจที่สามารถใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมที่มีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงซึ่งกะเพราที่มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-057, OC-064, OC-080 และ OC-094 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-057, OC-072, OC-080 และ OC-094 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-029, OC-057, OC-063, OC-064, OC-194 และ OC-195 ตามลำดับ

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และสารประกอบฟีนอลิก ของกะเพราแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันในทั้งสองฤดูกาล และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์กะเพรากับสภาพแวดล้อม ซึ่งมีกะเพรา 5 หมายเลข ที่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่ากะเพรา 11 หมายเลข ที่เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณสารฟีนอลิกที่สูงขึ้น จากรายงานของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนธันวาคม 2562 สูงสุด 31.4 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ 2563 สูงสุด 34.2 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 20.8 องศาเซลเซียส เดือนกุมภาพันธ์จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนธันวาคมประมาณ 3 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นปัญหาสำคัญต่อการเกษตร โดยมีผลกระทบต่อสารพฤกษเคมีของพืช (Malumpong, 2019) ซึ่ง Huqail *et al.* (2020) รายงานว่าเมื่อพืชได้รับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานยิ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์รวมลดลง Barickman *et al.* (2021) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำและปริมาณ CO_2 สูงทำให้ใบโหระพาสูญเสียเม็ดสีในใบ โดยการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม และเม็ดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง ซึ่งจะเห็นได้ว่ากะเพราหมายเลข OC-057 มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณสารพฤกษเคมีทั้งสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และรวม และสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่าสูงสุด ไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมหรือกุมภาพันธ์ จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเพาะปลูกและใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และเมื่อกะเพราได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในใบกะเพรามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่องดการให้น้ำ ทั้งนี้กะเพรามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและคลอโรฟิลล์ บี เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่ขึ้นอยู่กับสีใบของกะเพรา ซึ่งมีบางหมายเลขสามารถปรับตัวต่อสภาพการขาดน้ำโดยที่เมื่อขาดน้ำ 3 วัน มีปริมาณสารพฤกษเคมีลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ 9 วัน Alishah *et al.* (2006) พบว่า ความเครียดจากน้ำของ purple basil (*Ocimum basilicum*) โดยให้น้ำเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ได้รับความเครียด และให้น้ำ 90, 80,70 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความจุความชื้นสนามแล้วเมื่อได้รับความเครียด 6 สัปดาห์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ลดลงเมื่อได้น้ำลดลง แต่การศึกษาผลของความเครียดจากน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของ basil (*Ocimum basilicum* L.) 5 สายพันธุ์ของ Iakovos *et al.* (2020) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อได้รับน้ำ 40, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลดลงเมื่อได้น้ำเพิ่มขึ้น ส่วนการตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นของสารประกอบฟีนอลิกของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยเมื่อขาดน้ำ 3 และ 6 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง และเพิ่มขึ้นเมื่อขาดน้ำ 9 วัน สารประกอบฟีนอลิกในโหระพาสูงที่ได้รับน้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ (Muhammad *et al.*, 2012)

สรุป

เชื้อพันธุกรรมที่มีความเสถียรภาพพันธุ์ของสารพฤกษเคมีเมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ต่างกันคือ กะเพราเขียวหมายเลข OC-057 และOC-063 และกะเพราแดงหมายเลข OC-194 กะเพราส่วนใหญ่ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนไม่ต่างกันระหว่างกะเพราที่ให้น้ำปกติกับการขาดน้ำที่ยาวนานขึ้น ส่วนกะเพราที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นนั้นมีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การขาดน้ำยังส่งผลต่อการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และไม่พบความเสถียรภาพของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเมื่อกะเพราขาดน้ำในทุกระยะในหมายเลข/สายพันธุ์ เชื้อพันธุกรรมส่วนใหญ่ตอบสนองต่อการขาดน้ำด้วยการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อขาดน้ำยาวนานขึ้นซึ่งต่างจากพันธุ์การค้าที่มีปริมาณสารที่ลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

รัชนีกร นามบุดดี. 2564. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและฤดูกาลเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารทุติยภูมิของกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. 2564. สภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ.2563. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://climate.tmd.go.th/content/file/2031 (13 มิถุนายน 2565).

Alishah, H.M., R. Heidari, A. Hassani and A.A. Dizaji. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Biological Sciences 6: 763-767.

Barickman, T.C., O.J. Olorunwa, A. Sehgal, C.H. Walne, K.R. Reddy and W. Gao. 2021. Yield, physiological performance and phytochemistry of basil (*Ocimum basilicum* L.) under temperature stress and elevated CO_2 concentrations. Plants (Basel) 10(6): 1072.

DOAE. 2016. Holy Basil in 2016. (Online): Available Source: https://production.doae.go.th (July 21, 2021).

DOAE. 2017. Holy Basil in 2017. (Online): Available Source: https://production.doae.go.th (July 21, 2021).

DOAE. 2019. Holy Basil in 2019. (Online): Available Source: https://production.doae.go.th (July 21, 2021).

Hakkim, F.L., C.G. Shankar and S. Girija. 2007. Chemical composition and antioxidant property of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems, and inflorescence and their *in vitro* callus cultures. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55(22): 9109-9117.

Huqail, A.A., R.M.E. Dakak, M.N. Sanad, R.H. Badr, M.M. Ibrahim, D. Soliman and F. Khan. 2020. Effects of climate temperature and water stress on plant growth and accumulation of antioxidant compounds in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leafy vegetable. Hindawi Scientifica 2020: 12.

Iakovos, K., G. Menexes, P.E. Georgiou and C. Dordas. 2020. Effect of water stress on the physiological characteristics of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. Agronomy 10(7): 1029.

Keawsaard, S. 2012. *Ocimum sanctum* Linn. and free radical scavenging activity. Journal of Science Ladkrabang 21(2): 54-65.

Malumpong, C. 2019. Principles of Plant Breeding. Bangkok: Kasetsart University Press. 342 p.

Mondal, S., B.R. Mirdha and S.C. Mahapatra. 2009. The science behind sacredness of tulsi (*Ocimum sanctum* Linn.). Indian Journal of Physiology and Pharmacology 53: 291-306.

Muhammad, M.K., A.H. Muhammad and S.A. Alfie. 2012. Variations in basil antioxidant contents in relation to deficit irrigation. Journal of Medicinal Plants Research 6(11): 2220-2223.

Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39(10): 925-928.

Nambuddee, R., P. Rithichai and Y. Jirakiattikul. 2020. Morphological characterization and grouping of holy basil (*Ocimum sanctum* L.). In: The 18th National Horticultural Congress. doi: 10.14457/KU.res.2020.14 p.6

Sarker, U. and S. Oba. 2018. Drought stress enhances nutritional and bioactive compounds, phenolic acids and antioxidant capacity of Amaranthus leafy vegetable. BMC Plant Biology 18: 258. https://doi.org/10.1186/s12870-018-1484-1

Srikachar, S., K. Damra, A. Siriudom, N. Satyasai, S. Chaulit and P. Kanchanakesorn. 2017. Combined pest control technology in holy basil/sweet basil. (Online): Available Source: https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2652 (July 21, 2021).

Thaipong, K., U. Boonprakob, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 36(4): 254-257.

Wangcharoen, W. and W. Morasuk. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of holy basil. Songklanakarin Journal of Science and Technology 29(5): 1407-1415.