การใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาเพื่อเป็นดัชนีการคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในฝรั่ง

Use of Morphological and Physiological Characters as Selection Index for Drought Tolerance in Guava

นมัสการ เสงี่ยมศรี [1*] และ อุณารุจ บุญประกอบ [1]

Namasakarn Sa-ngieamsri [1*] and Unaroj Boonprakob [1]

Received 23 January 2020, Accepted 30 April 2020

ABSTRACT

Drought condition in Thailand has increased severely due to global warming. Breeding for drought tolerant cultivars is necessary to use in production or as a rootstock. The objective of this study was to find a suitable screening method based on morphological and physiological changes. Two drought tolerant guava (Psidium guajava) cultivars: 'Keenok Neuadaeng' and 'Peunmuang Phetchabun' and two drought susceptible cultivars: 'KU Guard no.1' and 'Yellow Bhutan' were tested in this study. The cultivars were divided into 1) normal condition (control) and 2) water deficit condition (drought) by using fifteen month-old seedlings in an 8 inch pot. The experiment was a completely randomized design (CRD) with 6 replications. The results showed significant difference in increased stem length, shoot fresh weight, leaf water content and leaf relative water content. These traits could be used as a selection index for screening drought tolerance. 'Peunmeuang Phetchabun' was the hightest drought tolerant cultivar.

Keywords: Drought stress, Fruit tree, Drought tolerant screening

บทคัดย่อ

ปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นเนื่องจากสภาวะโลกร้อน จึงต้องมีการปรับปรุงพันธุ์พืชทนทานต่อสภาวะแล้งเพื่อใช้ในการผลิตหรือเป็นต้นตอ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาวิธีเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ฝรั่งที่ทนทานต่อสภาวะแล้ง โดยประเมินจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยา การทดลองเลือกใช้ฝรั่ง (Psidium guajava) ทนแล้งสองพันธุ์ คือ 'ขี้นกเนื้อแดง' และ 'พื้นเมืองเพชรบูรณ์' ฝรั่งไม่ทนแล้งสองพันธุ์ คือ 'KU Guard no.1' และ 'Yellow Bhutan' จัดสิ่งทดลองเป็น 1) สภาวะปกติได้รับน้ำตามความต้องการ (กลุ่มให้น้ำปกติ) และ 2) สภาวะขาดน้ำ (กลุ่มแล้ง) เลือกใช้ต้นฝรั่งจากการเพาะเมล็ดอายุประมาณ 15 เดือน ทดลองในกระถาง 8 นิ้ว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ การทำซ้ำจำนวน 6 ครั้ง การทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสูงลำต้นที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสด

[1*]สาขาวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Division of Plant Breeding, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture KamphaengSaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel. 09-1859-6591, E-mail address: s.namasakarn@yahoo.co.th, lsnsd.faith@gmail.com

ส่วนเหนือดิน ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ซึ่งลักษณะเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกพันธุ์ฝรั่งทนทานสภาวะแล้งได้ พันธุ์ ‘พื้นเมืองเพชรบูรณ์’ แสดงลักษณะทนสภาวะแล้งดีที่สุด

คำสำคัญ: ความเครียดจากสภาวะแห้งแล้ง ไม้ผลยืนต้น วิธีทดสอบพันธุ์ทนแล้ง

คำนำ

ฝรั่ง (Psidium guajava Linn.) อยู่ในวงศ์ (Family) Myrtaceae เป็นไม้ผลยืนต้นในเขตร้อนและร้อนชื้นที่มีความนิยมปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย แต่เนื่องจากปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2558 – 2559 พบว่าปริมาณฝนตกน้อยและต่ำกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือนประมาณ 8 – 11% (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) ทำให้เกิดสภาพความแห้งแล้งที่มีความรุนแรงที่สุดในรอบ 50 ปี ส่งผลให้การจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรอยู่ที่ 2% คิดเป็น 3,564 ล้านลูกบาศก์เมตร (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรทำให้เกิดความเสียหายต่อสวนฝรั่งในหลายจังหวัดทั่วประเทศ จากปัญหาดังกล่าวจึงนำมาสู่การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและสรีรวิทยาภายใต้สภาวะแห้งแล้งของฝรั่งเพื่อใช้เป็นดัชนีการคัดเลือกฝรั่งทนแล้ง พบรายงานว่าการเจริญเติบโตส่วนยอดและส่วนราก พื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในใบลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง ส่วนปริมาณโพรลีนและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นในสภาวะแล้งของไม้ผลหลายชนิด (Samperio *et al.*, 2015; Ibrahim *et al.*, 2014; Pérez-Pastor *et al.*, 2014; Mohawesh & Al-Abbsi, 2009; Chartzoulakis et al, 2002; Irving & Drost, 1987) ซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าสนใจในการนำมาทดลองต่อ จึงได้นำลักษณะดังกล่าวมาใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาเพิ่มเติมสำหรับใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ฝรั่งที่มีความทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งจำนวนมากจากแปลงรวบรวมพันธุ์ที่มีอยู่ เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์หรือเป็นต้นตอที่มีความสามารถในการทนต่อสภาวะแห้งแล้งต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของต้นฝรั่งเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเพื่อใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกพันธุ์ฝรั่งทนแล้งเลือกใช้ฝรั่งทนแล้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ และพันธุ์ ‘พื้นเมืองเพชรบูรณ์’ พันธุ์ไม่ทนแล้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ‘KU Guard no.1’ และพันธุ์ ‘Yellow Bhutan’ (มนตรี, 2559)

การเตรียมต้นฝรั่ง

เตรียมต้นฝรั่งโดยการเพาะเมล็ดลงถาดหลุดขนาด 104 หลุมที่ใส่วัสดุปลูกคือ พีทมอส หลังเพาะเมล็ด 2 เดือน เลือกต้นกล้าฝรั่งที่มีขนาดความสูงของแต่ละต้นใกล้เคียงกันและความสมบูรณ์ของต้นมากที่สุดทั้งหมดพันธุ์ละ 20 ต้น นำมาย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 4 นิ้ว มีวัสดุปลูกคือ ดิน ทราย แกลบ ขุยมะพร้าว และแกลบเผา ในอัตราส่วน 2:2:2:2:1 หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย (controlled release fertilizer) (13-13-13) ปริมาณ 1 กรัม เมื่อผ่านไป 3 เดือน ย้ายลงกระถางขนาด 8 นิ้ว หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยเคมี (15-15-15) ปริมาณ 1 กรัม เมื่อต้นฝรั่งปรับตัวได้และมีความสมบูรณ์ อายุประมาณ 15 เดือน จึงเริ่มทำการทดลอง

การประเมินอัตราการใช้น้ำของต้นฝรั่ง

ทำการประเมินปริมาณการใช้น้ำต่อวันของต้นฝรั่งเพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดปริมาณการให้น้ำในการทดลอง เลือกต้นฝรั่งทุกพันธุ์ พันธุ์ละ 12 กระถาง หาปริมาณการใช้น้ำของต้นฝรั่ง โดยเริ่มจากให้น้ำปริมาตร 2,000 มล. รอให้น้ำส่วนเกินไหลออกจากกระถางเป็นเวลาประมาณ 30 นาที

จากนั้นจึงนำกระถางต้นฝรั่งมาชั่งน้ำหนัก วันถัดไปให้ชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการให้น้ำในช่วงเวลา 7:00 น. เป็นเวลา 3 วัน นำมาเฉลี่ยการใช้น้ำในแต่ละวันด้วยสูตร น้ำหนักที่อิ่มตัวด้วยน้ำ – น้ำหนักก่อนรดน้ำ นำค่าน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณ (กรัม) มาเทียบเป็นปริมาตรโดยน้ำหนัก 1,000 กรัมเท่ากับน้ำปริมาตร 1,000 มล. ทำการวัดอัตราการใช้น้ำทุกสัปดาห์ในกลุ่มให้น้ำปกติ

การทดลองสภาวะแล้ง

จัดพันธุ์ฝรั่งทั้ง 4 พันธุ์ เป็น 1) สภาวะปกติได้รับน้ำตามความต้องการ คือประมาณ 1,000 มล. (กลุ่มให้น้ำปกติ) 6 กระถางและ 2) สภาวะขาดน้ำ (กลุ่มแล้ง) 6 กระถาง รวมจำนวนทั้งหมด 48 กระถาง โดยให้น้ำในกลุ่มแล้ง ดังนี้ ให้น้ำปริมาณ 50% ตามความต้องการ คือประมาณ 350 มล. ทุกวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นลดเหลือ 25% ตามความต้องการ คือประมาณ 80 มล. ทุกวันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จึงบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูล

1. ความสูงของยอดที่เพิ่มขึ้น (shoot length: SL)

วันเริ่มการทดลองให้วัดความสูงจากปลายยอดลงมาประมาณ 30 ซม. แล้วทำเครื่องหมายบันทึกความสูงที่เปลี่ยนแปลงทุกสัปดาห์ในช่วงงดการให้น้ำ จากปลายยอดถึงจุดที่ทำเครื่องหมายโดยใช้สายวัดหน่วยเป็นซม.

2. ค่าความเขียวใบ (leaf greenness value: LG)

วัดค่าความเขียวใบโดยใช้เครื่อง Chlorphyll meter SPAD-502 plus มีหน่วยเป็น SPAD UNIT ที่ใบคู่ที่ 6 แต่ละตัวอย่างในฝรั่งทุกพันธุ์ ในวันสุดท้ายของการจำกัดปริมาณน้ำ

3. พื้นที่ใบ (leaf area: LA)

วัดพื้นที่ใบฝรั่งคู่ที่ 6 ของแต่ละต้น โดยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter) ของบริษัท Li-cor รุ่น Li-3100 ประเทศสหรัฐอเมริกา มีหน่วยเป็น ตร.ซม. เก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายของการจำกัดปริมาณน้ำ

4. ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ (water content: WC)

การประเมินปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ ทำโดยการคำนวณผลต่างของน้ำหนักสด (fresh weight) และน้ำหนักแห้ง (dry weight) ของใบคู่ที่ 5 มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักสด เก็บตัวอย่างในวันสุดท้าย คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Water content [\%]} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

5. ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (relative water content: RWC)

การวัดปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบพืชคือ ชั่งน้ำหนักใบสด (fresh weight) จากนั้นทำการแช่ตัวอย่างใบในน้ำในที่มืด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักใบพืชอิ่มตัวด้วยน้ำเต็มที่ (saturated weight) และจึงนำตัวอย่างใบไปอบให้แห้งในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 วัน ชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight) ของใบ เก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายของการงดน้ำที่ 25% ใช้ใบคู่ที่ 5 มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อนำมาใช้คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Relative water content [\%]} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำ} - \text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

6. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนยอด (shoot fresh weight: SFW and shoot dry weight: SDW)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ตัดลำต้นสูงจากโคนต้นประมาณ 1 ซม. นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

7. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนราก (root fresh weight: RFW and root dry weight: RDW)

ส่วนรากที่เหลือจากการตัดเอาส่วนยอดนำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบ (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

8. ปริมาณโพรลีน (proline content: PC)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Bates *et al.* (1973) เก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายของการจำกัดปริมาณน้ำ ใช้ใบคู่ที่ 4 ชั่งใบฝรั่งประมาณ 1 กรัม บดในโกร่งด้วยไนโตรเจนเหลว เติมกรด Sulphosalicylic 3% ปริมาตร 10 มล. แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 7,500 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใส 2 มล. ใส่หลอดทดลอง เติมกรด Ninhydrin 2.5% ปริมาตร 4 มล. นำไปต้มในน้ำเดือด 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยแช่ในน้ำแข็ง เติม Toluene ปริมาตร 4 มล. เขย่า 1 นาที สารในหลอดทดลองจะแยกเป็น 2 ชั้น ดูดสารละลายส่วนบนใส่ในหลอดทดลองใหม่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร (เครื่อง UV/VIS Spectrometer ยี่ห้อ PG Instrument Ltd.) โดยมี Toluene เป็น blank เปรียบเทียบความเข้มข้นจาก standard curve ของโพรลีน มีหน่วยเป็น ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{Proline concentation} = \left[\frac{\frac{\mu g}{ml}\ \text{proline x ml toluene}}{115.5\ \frac{\mu g}{\mu mole}}\right] / \left[\frac{\text{g sample}}{5}\right]$$

9. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging: DPPH)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams *et al.* (1992) เก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายของการจำกัดปริมาณน้ำ ใช้ใบคู่ที่ 3 ชั่งตัวอย่างใบฝรั่งประมาณ 1 กรัม เติมเมทานอล ปริมาตร 10 มล. ปั่นตัวอย่างโดยเครื่องปั่นผสมสาร (homogenizer) แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 นาที ดูดส่วนใส ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติม DPPH ปริมาตร 1.9 มล. ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร โดยมีเมทานอล และ DPPH เป็น blank เปรียบเทียบความเข้มข้นจาก standard curve ของ Trolox คำนวณหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของตัวอย่างที่สนใจ โดยใช้สูตรดังนี้

DPPH radical scavenging [%] = [1- (As / A0)] x 100

As = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

A0 = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) การทำซ้ำ จำนวน 6 ครั้ง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยวิธี Factorial experiment โดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ชูศักดิ์, 2555)

ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อตรวจสอบหาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลงจากสภาวะขาดน้ำพบว่า ทางด้านสัณฐานวิทยา ความสูงที่เพิ่มขึ้น (SL) และน้ำหนักส่วนยอด (SFW) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มให้น้ำปกติมีค่าเฉลี่ยคือ 14.13 ซม. ซึ่งสูงกว่ากลุ่มแล้งมีค่าเฉลี่ยคือ 7.73 ซม. ลักษณะน้ำหนักส่วนยอดกลุ่มให้น้ำปกติมีค่าเฉลี่ยคือ 46.00 กรัม และกลุ่มแล้งมีค่าเฉลี่ยคือ 26.26 กรัม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของพื้นที่ใบ (LA) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (SDW) น้ำหนักสดส่วนใต้ดิน (RFW) และน้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน (RDW) การวิเคราะห์สถิติไม่พบความมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการให้น้ำและสายพันธุ์ (Table 1 and Table 2)

Table 1 Results of ANOVA showing sum of squares (SS) and probabilities (P) of morphological traits: shoot length (SL), leaf area (LA), and shoot fresh weight (SFW)

Source	df	SL		LA		SFW	
		SS	P	SS	P	SS	P
Treatments	1	409.60	< 0.05	3.00	0.89	3,897.00	< 0.05
Cultivars	3	250.10	< 0.05	1,450.00	< 0.05	5,837.00	< 0.05
Treatments x Cultivars	3	3.10	0.98	897.00	0.12	735.00	0.71
Error	32	641.90		4,573.00		16,882.00	

Table 2 Results of ANOVA showing sum of squares (SS) and probabilities (P) of morphological traits: shoot dry weight (SDW), root fresh weight (RFW), and root dry weight (RDW)

Source	df	SDW		RFW		RDW	
		SS	P	SS	P	SS	P
Treatments	1	339.90	0.06	597.00	0.06	11.30	0.48
Cultivars	3	689.90	0.07	1,838.00	< 0.05	179.60	0.07
Treatments x Cultivars	3	49.50	0.90	172.00	0.79	45.80	0.57
Error	32	2,822.80		5,168.00		723.50	

การวิเคราะห์ของข้อมูลด้านสรีรวิทยา พบว่าปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อพืช (WC) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อ กลุ่มให้น้ำปกติมีค่าเฉลี่ยคือ 63.30% สูงกว่ากลุ่มแล้งมีค่าเฉลี่ยคือ 57.84% ส่วนปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ กลุ่มให้น้ำปกติมีค่าเฉลี่ยคือ 93.47% และกลุ่มแล้งมีค่าเฉลี่ยคือ 76.00% แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าความเขียวใบเมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำ ในขณะที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพันธุ์กับลักษณะค่าความเขียวใบ ส่วนลักษณะปริมาณโพรลีนและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3 and Table 4)

Table 3 Results of ANOVA showing sum of squares (SS) and probabilities (P) of physiological traits: leaf greenness value (LG), water content (WC), and relative water content (RWC)

Source	df	LG		WC		RWC	
		SS	P	SS	P	SS	P
Treatments	1	99.20	0.10	298.30	< 0.05	3,054.20	< 0.05
Cultivars	3	427.10	< 0.05	98.40	0.07	240.40	0.36
Treatments x Cultivars	3	90.90	0.46	47.90	0.31	400.30	0.16
Error	32	1,091.50		407.30		2,292.80	

Table 4 Results of ANOVA showing sum of squares (SS) and probabilities (P) of physiological traits: proline content (PC), and DPPH radical scavenging (DPPH)

Source	df	PC		df	DPPH	
		SS	P		SS	P
Treatments	1	21.20	0.25	1	0.19	0.72
Cultivars	3	60.30	0.30	3	7.65	0.20
Treatments x Cultivars	3	15.00	0.81	3	6.30	0.27
Error	30	468.80		32	49.23	

ผลจากการทดลองพบลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกสายพันธุ์ฝรั่งทนทานต่อสภาวะแล้ง ได้แก่ ความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ จึงนำข้อมูลของกลุ่มให้น้ำปกติและกลุ่มแล้งมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มให้น้ำปกติและกลุ่มแล้ง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแปลผลการทดลองได้ดังนี้ ความสูงของต้นฝรั่งที่เพิ่มขึ้น พันธุ์ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ มีค่าความต่างใกล้เคียงกับกลุ่มให้น้ำปกติมากที่สุด และ ‘KU Guard no.1’ มีค่าน้อยที่สุด น้ำหนักส่วนเหนือดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบพันธุ์ ‘KU Guard no.1’ มีค่าสูงสุดและ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ มีค่าต่ำสุด ส่วนปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบและปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบพบพันธุ์ ’พื้นเมืองเพชรบูรณ์’ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ ‘Yellow Bhutan’ และ ‘KU Guard no.1’ มีความต่างระหว่างกลุ่มตามลำดับ (Table 5) ผลการทดลองและวิจารณ์

Table 5 Relative difference (%) between control and drought for shoot length (SL), shoot fresh weight (SFW), water content (WC) and relative water content (RWC)

Cultivars	SL	SFW	WC	RWC
Keenok Neuadaeng	67.9	50.3	94.5	82.0
Peunmeuang Phetchabun	52.2	57.8	95.5	92.1
KU Guard no.1	45.2	66.7	87.0	74.9
Yellow Bhutan	52.7	54.9	90.0	77.9

วิจารณ์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาเพื่อหาดัชนีสำหรับใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ฝรั่งทนแล้งพบดัชนีในการคัดเลือกที่ดี คือ ความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสดส่วนยอด ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ บางลักษณะยังไม่สามารถใช้แยกได้ชัดเจน เช่น การสะสมปริมาณโพรลีนในใบที่จะมีการแสดงออกเมื่อพืชอยู่ในสภาวะแล้งเป็นเวลานานในระยะหนึ่ง การทดลองนี้ให้สภาวะแล้ง 1 เดือน อาจเป็นระยะเวลาที่ไม่เพียงพอต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าวของพืช ซึ่งงานวิจัยของ Singh *et al.* (1997) ใช้เวลา 2 เดือน ในการศึกษาผลกระทบของความเครียดจากการขาดน้ำ พบว่าการสะสมโพรลีนในใบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสูงขึ้น เป็นต้น สำหรับการทดลองโดยใช้ดัชนีการคัดเลือกที่กล่าวข้างต้นพันธุ์ ‘พื้นเมืองเพชรบูรณ์’ เป็นสายพันธุ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาน้อยที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะแล้งหรือแสดงความทนทานต่อสภาวะแล้งได้ดีที่สุด ต่อมาคือพันธุ์ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ ‘Yellow Bhutan’ และ ‘KU Guard no.1’ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ระหว่างฝรั่งพันธุ์ทนแล้งคือพันธุ์ ‘ขี้นกเนื้อแดง’ และ

พันธุ์ ‘พื้นเมืองเพชรบูรณ์’ และฝรั่งพันธุ์ไม่ทนแล้ง คือพันธุ์ ‘KU Guard no.1’ และพันธุ์ ‘Yellow Bhutan’ พบว่าความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อใบ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของฝรั่งพันธุ์ทนแล้งมีมากกว่าฝรั่งพันธุ์ไม่ทนแล้งหรือมีการเปลี่ยนแปลงด้านสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาระหว่างฝรั่งพันธุ์ทนแล้งน้อยกว่าฝรั่งพันธุ์ไม่ทนแล้งเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง ซึ่งตรงกับลักษณะของสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อสภาวะแล้ง (Ibrahim *et al.*, 2014) ยกเว้นน้ำหนักส่วนยอดที่ฝรั่งพันธุ์ไม่ทนแล้งมีมากกว่า

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2559). *สรุปสภาวะอากาศทั่วไปในรอบที่ พ.ศ. 2559.* สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2560 สืบค้นจาก https://www.tmd.go.th.

ชูศักดิ์ จอมพุก. (2555). *สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R"* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 336). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนตรี สุวะเพชร. (2559). การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายใต้สภาวะแห้งแล้งของฝรั่ง. ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2559). *บันทึกเหตุการณ์การภัยแล้ง ปี 2558/2559.* สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2560 สืบค้นจาก http://www.thaiwater.net.

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, *39*(1), 205-207.

Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., Ikinci, A., & Tonkaz, T. (2014). The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. *The Scientific World Journal*, *2014*.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, *28*(1), 25-30.

Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., & Nastou, A. (2002). Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia horticulturae*, *95*(1-2), 39-50.

Irving, D. E., & Drost, J. H. (1987). Effects of water deficit on vegetative growth, fruit growth and fruit quality in Cox's Orange Pippin apple. *Journal of horticultural science*, *62*(4), 427-432.

Mohawesh, O. E., & Al-Absi, K. M. (2009). Physiological response of two apple genotypes to different water regimes under semiarid conditions. *Advances in Horticultural Science*, 158-165.

Pérez-Pastor, A., Ruiz-Sánchez, M. C., & Domingo, R. (2014). Effects of timing and intensity of deficit irrigation on vegetative and fruit growth of apricot trees. *Agricultural water management*, *134*, 110-118.

Samperio, A., Moñino, M. J., Vivas, A., Blanco-Cipollone, F., Martín, A. G., & Prieto, M. H. (2015). Effect of deficit irrigation during stage II and post-harvest on tree water status, vegetative growth, yield and economic assessment in 'Angeleno'Japanese plum. *Agricultural Water Management*, *158*, 69-81.

Singh, G., Rajan, S., Pandey, D., & Singh, A.K. (1997). Effect of soil-moisture stress on water relation by plant and cropping behaviour in guava (Psidium guajava). The Indian Journal of Agricultural Sciences, 67(7), 303-306