

ความหลากหลายทางลักษณะพื้นฐานของอ้อย 28 พันธุ์ จากแหล่งพันธุกรรมในประเทศไทย

Morphological Diversity of 28 Sugarcane Varieties from Thailand Germplasm

สุพรรณา ชินวรณ์¹ พิชัย บุตรสีภูมิ² และ อนูปงศ์ วงศ์ตามี^{2*}
Supansa Chinaworn¹, Pichai Boodseephum² and Anupong Wongtamee^{2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ชลบุรี 20110

¹Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of
Technology Tawan-Ok, Chonburi 20110, Thailand

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

²Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University,
Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: Email: anupongw@nu.ac.th

(Received: 1 April 2022; Accepted: 20 September 2022)

Abstract: The development of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties in Thailand is relying on a diversity of genetic resources. The morphological assessment of sugarcane varieties is necessary for future sugarcane breeding programs. Therefore, the objectives of this study were (1) to evaluate morphological diversity, and (2) to assess the cluster analysis of 27 morphological characters in 28 sugarcane varieties from five sources of variety: Kasetsart University (KU), Khon Kaen University (KKU), Suphan Buri Field Crops Research Center (SBFCRC), Khon Kaen Field Crops Research Center (KKFCRC) and Office of the Cane and Sugar Board (OCSB). This study was conducted in 2018 - 19 at the farmer's field in Bo Thong sub-district, Bang Rakam district, Phitsanulok. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with four replications. Each genotype was cultivated 8-m long plot, consisting of four rows subplots. The length between rows was 1.65 m. There were 16 plants in each row. Eight months after cultivation, 27 morphological characteristics were evaluated and recorded following DUS descriptors. Morphological relationships were clustered by using the agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis method. The results showed that the H_{sv} ranged 0.43 (OCSB) - 0.56 (KKFCRC). The cluster analysis based on morphotypes can be classified into 4 groups. The first cluster was the biggest group composed of 13 varieties from three sources (OCSB, SBFCRC and KU), followed by the second cluster composed of 12 varieties from five sources (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC and KU). The small groups were the third and fourth clusters composed of 2 and 1 varieties from only OCSB sources,

respectively. The morphological diversity data from this study can be used as a genetic resource for sugarcane. Therefore, an appropriate conservation strategy should be adopted for these genetic resources for breeding projects in the future.

Keywords: Sugarcane, morphological diversity, cluster analysis

บทคัดย่อ: การพัฒนาพันธุ์อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) ในประเทศไทยจำเป็นต้องอาศัยแหล่งพันธุกรรมที่หลากหลาย การประเมินลักษณะพื้นฐานของพันธุ์อ้อยจึงมีความสำคัญต่อกระบวนการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในอนาคต ดังนั้น ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐาน และ 2) เพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐานจำนวน 27 ลักษณะ ของพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์จากแหล่งพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่น้ำพุร้อนบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCBS) ดำเนินการในฤดูปลูกอ้อยปี 2561/62 ณ แปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงย่อยที่มีแถวอ้อยยาว 8 เมตร จำนวน 4 แถว โดยมีระยะระหว่างแถว 1.65 เมตร แต่ละแถวมี 16 ต้น ประเมินและบันทึกข้อมูลลักษณะทางพื้นฐานอ้อยจำนวน 27 ลักษณะ เมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนหลังปลูก ตาม DUS descriptors จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐานด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis จากผลการศึกษาพบว่า พันธุ์อ้อยมีค่า $H_{sv} = 0.43$ (OCBS) - 0.56 (KKFCRC) การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐาน สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มแรก ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCBS, SBFCRC และ KU) กลุ่มที่สอง ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCBS, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) กลุ่มที่สามและสี่ ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ ตามลำดับ จากข้อมูลความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐานวิทยาดังกล่าว มีความสำคัญอย่างมากต่อแหล่งพันธุกรรมอ้อย จึงควรมีกิจกรรมที่เหมาะสมในการอนุรักษ์พันธุ์อ้อยเหล่านี้ไว้ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในอนาคต

คำสำคัญ: อ้อย ความหลากหลายทางพื้นฐานวิทยา การวิเคราะห์จัดกลุ่มความสัมพันธ์

คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชไร่อุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะผลผลิตอ้อยใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล นอกจากนี้ในวงการการผลิตอ้อยและน้ำตาลเกี่ยวข้องกับการสร้างอาชีพและรายได้ให้กับประเทศไทยหลายแสนล้านบาทต่อปี ในปัจจุบันการผลิตอ้อย นอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อการผลิตน้ำตาลแล้ว ผลิตภัณฑ์ร่วมและของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล สามารถนำไปแปรรูปสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น กากน้ำตาลนำไปผลิตแอลกอฮอล์

การผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ รวมไปถึงการผลิตกระดาษชานอ้อย และการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น (Set-tow et al., 2020)

ตลอดระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้พัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการผลิตอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น เช่น พันธุ์อ้อย การจัดการระบบปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น แต่ยังไม่สามารถเพิ่มศักยภาพของผลผลิตได้เทียบเท่าต่างประเทศ โดยเฉพาะด้านพันธุ์อ้อย การปรับปรุงพันธุ์อ้อยจำเป็นต้องอาศัยแหล่งพันธุกรรมเริ่มต้นที่หลากหลาย ตลอดจนวิธีการและสภาพแวดล้อมในการคัดเลือก เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยด้วยวิธีดั้งเดิมใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานกว่าจะประสบผลสำเร็จให้ได้พันธุ์ที่ต้องการ ขั้นตอนเริ่มต้นเป็นหัวใจสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ ถ้าเป็นไปในทิศทางที่ดีส่งผลต่อขั้นตอนต่อไปด้วยเช่นกัน การเริ่มต้นกระบวนการการปรับปรุงพันธุ์นอกจากการกำหนดทิศทางหรือการตั้งวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนแล้ว การประเมินเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นที่ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำคัญไม่แตกต่างกัน เพราะเป็นปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกลักษณะพ่อแม่พันธุ์ สำหรับการสร้างประชากรลูกผสม และคัดเลือกเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ปัจจุบันการประเมินเชื้อพันธุกรรมอ้อยนิยมใช้การประเมินโดยลักษณะทางสัณฐานร่วมกับดีเอ็นเอ เพราะต้องการความแม่นยำในการประเมิน แต่อย่างไรก็ตามการประเมินโดยดีเอ็นเอมีต้นทุนสูง ประกอบกับต้องอาศัยความชำนาญของผู้ประเมิน ดังนั้น การประเมินเชื้อพันธุกรรมโดยลักษณะทางสัณฐานจึงเป็นวิธีการแรกที่น่าสนใจ การประเมินลักษณะทางสัณฐานสามารถประเมินได้ด้วยสายตาหรือการสัมผัส ส่วนใหญ่ใช้ในการศึกษาลักษณะภายนอกหรือโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่น สี ขนาด รูปร่าง เป็นต้น แต่ลักษณะที่ปรากฏออกมามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมร่วมด้วย การประเมินลักษณะทางสัณฐานสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะทางปริมาณ (quantitative traits) ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหน่อตอก เป็นต้น และลักษณะทางคุณภาพ (qualitative traits) ได้แก่ สีปล้อง รูปร่างหูใบ เป็นต้น (Powers and McSorley, 2000) ในอดีตการประเมินเชื้อพันธุกรรมอ้อยจากลักษณะทางสัณฐานให้ความสำคัญแก่ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบผลผลิตเป็นหลัก เช่น จำนวนลำตอก น้ำหนักลำ และค่าความหวาน เป็นต้น (Tippayawat *et al.*, 2012) แต่ปัจจัยที่เป็นตัวส่งเสริมผลผลิตอ้อยไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะดังกล่าวเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ ลักษณะที่ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรู ลักษณะที่ส่งเสริมการเกษตรกรรม และลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อการใช้เครื่องจักรกลเกษตร เช่น รถตัดอ้อย เป็นต้น และจากปัจจัยดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องประเมิน

ลักษณะทางสัณฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย เช่น ลักษณะทรงกอ ลักษณะการติดของกาบใบกับลำต้น เป็นต้น เพื่อให้พันธุ์ใหม่ที่ตรงตามวัตถุประสงค์การปรับปรุงพันธุ์มากที่สุด

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบที่หลากหลาย เช่น กรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นและสุพรรณบุรี) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) สถาบันการศึกษา (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น) และบริษัทเอกชน (บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด) เป็นต้น โดยแต่ละหน่วยงานมีฐานพันธุกรรมอ้อยที่หลากหลาย และมีสภาพแวดล้อมที่ใช้คัดเลือกพันธุ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน และ (2) เพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐานจำนวน 27 ลักษณะ ของพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์จากแหล่งพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB)

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการศึกษากับพันธุ์กรรมอ้อย

การประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอ้อย จำนวน 28 พันธุ์ ดำเนินการในช่วงฤดูปลูกอ้อย ปี พ.ศ. 2561/62 ณ แปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พิกัด 16.638642N, 100.150440E

รวบรวมพันธุ์อ้อยดีเด่นที่เกษตรกรนิยมปลูกและให้ผลผลิตสูงจากแหล่งปรับปรุงพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 28 พันธุ์ จากแหล่งปรับปรุงพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB) รายละเอียดดัง Table 1

Table 1. Sugarcane varieties from different germplasm in Thailand

Germplasm	No.	Varieties
KU	6	TBy27-0590, TBy28-0348, TBy30-0464, TBy30-0484, KPS 07-17-83 and KPS 07-21-4
KKU	4	KKU99-01, KKU99-02, KKU99-03 and KKU99-06
KKFCRC	3	KK07-250, KK07-599 and Khon Kaen 3
SBFCRC	3	U-thong 12, U-thong 84-10 and U-thong 15
OCSB	12	Kpk98-51, CSB07-184, CSB07-199, CSB08-72, CSB08-101, CSB09-10, CSB09-11, CSB09-15, CSB10-403, CSB10-458, CSB10-89 and LK92-11

KU, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus; KKU, Khon Kaen University; KKFCRC, Khon Kaen Field Crop Research Center; Suphan Buri Field Crop Research Center; OCSB, Office of The Cane and Sugar Board

การวางแผนการทดลอง การปลูก และการดูแลรักษา

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงย่อยที่มี 4 แถว แต่ละแถว ยาว 8 เมตร และมีระยะระหว่างร่อง 1.65 เมตร แต่ละแถว ปลูกอ้อยให้มีระยะระหว่างต้น 0.5 เมตร ได้จำนวนต้น อ้อย 16 ต้นต่อแถว เตรียมดินโดยลงรีปเปอร์เพื่อระเบิด ดินดาน หลังจากนั้นทำการไถด้วยจานไถ 24 จาน ปลูก อ้อยแบบแถวเดี่ยวด้วยรถปลูก ท่อนพันธุ์ที่ใช้เลือก ท่อนพันธุ์ที่ขนาดสม่ำเสมอที่สุด มีจำนวนตาสมบูรณ์สูง ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย ขณะลำเลียงลำอ้อย ลงปลูกมีการพันสารเคมีป้องกันการเข้าทำลายของ เชื้อราลงในท่อนพันธุ์ พร้อมฝังปุ๋ยเคมีสูตร 10 - 20 - 10 ปริมาณ 30 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับรองพื้นก่อนกลบดิน หลังจากนั้นมีการให้น้ำอ้อยตามร่องทันที หลังจากปลูก 2 วัน พันสารเคมีควบคุมวัชพืชก่อนงอกทั้งชนิดพืช ไบแคบและไบกว้าง เมื่อต้นอ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 สูตร 21 - 3 - 27 ปริมาณ 30 กิโลกรัม ต่อไร่ พร้อมกำจัดวัชพืชระหว่างร่องทั้งชนิดพืชไบแคบ และไบกว้าง

การประเมินและการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินและบันทึกข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน วิทยาของอ้อย เมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนหลังปลูก จำนวน 27 ลักษณะ ตาม DUS descriptors (Anonymous, 2009) ประกอบด้วย ทรงกอ (PGH) ขนที่กาบใบ (LSH) รูปร่าง ล้นใบ (LSSL) รูปร่างหูใบด้านใน (LSSIA) สีคอใบ

(LSCD) การโค้งของแผ่นใบ (LBC) ความกว้างของ แผ่นใบ (LBW) การจับของกาบใบ (PALIS) สีปล้องเมื่อ ไม่ถูกแสง (ICNS) สีปล้องเมื่อถูกแสง (ICES) ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (ID) รูปร่างลำ (IS) ความคด ของลำ (IZA) ร่องแตกลึกของลำ (IGC) ผิวเปลือกลำ (IRSA) ไชบนผิวลำ (IW) รูปร่างตา (NSB) ขนาดยอดตา (NSBT) ร่องบนตา (NBG) ฐานตา (NBC) ความกว้าง ของยอดตาถึงจุดกำเนิดราก (NBT) ปริมาณจุดกำเนิด ราก (NPG) ความกว้างของจุดกำเนิดราก (NWR) หน้าตัดของปล้อง (IC) ขนที่ตา (IP) จำนวนลำต่อกอ (PNMC) และความสูงต้น (PCH) (Table 2)

ประเมินความหลากหลายของประชากร จากลักษณะทางสัณฐาน โดยใช้ค่าความหลากหลาย Shannon's index (H') (Spellerberg and Fedor, 2003) จากสูตร ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

โดยที่ S = จำนวนชนิดความแตกต่างที่พบใน ลักษณะที่บันทึก

P_i = สัดส่วนของชนิดนั้นต่อจำนวนทั้งหมด

ในการพิจารณาความหลากหลายนี้ หาก $H' = 0$ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันของประชากร หรือไม่มีความหลากหลายในประชากร และเมื่อ $H' > 0$ แสดงว่าประชากรมีความหลากหลายมากขึ้น

Table 2. Morphological characteristics of sugarcane according to DUS descriptors by Anonymous (2009)

No.	Variable	Character and score
1	Plant: Growth habit, PGH	Erect (1), Semi-erect (2)
2	Leaf sheath: Hairiness, LSH	Absent (1), Sparse (3), Dense (5)
3	Leaf sheath: Shape of ligule, LSSL	Strap-shaped (1), Deltoid (2), Crescent-shaped (3), Arch (bow) shaped (4)
4	Leaf sheath: Shape of inner auricle, LSSIA	Incipient (1), Deltoid (2) Dentoid (3), Unciform (4), Calcariform (5), Lanceolate (6), Falcate (7)
5	Leaf sheath: Color of dewlap, LSCD	Green (1), Greenish-yellow (2), Yellow (3), Yellow-green (4), Brown (5), Purple (6)
6	Leaf blade: Curvature, LBC	Erect (1), Curved tip (2), Arched (3)
7	Leaf blade: Width, LBW	Narrow (< 3.0 cm) (3), Medium (3.0-5.0 cm) (5), Broad (>5.0 cm) (7)
8	Plant: Adherence of leaf sheath, PALS	Weak (self de-trashing) (3), Medium (semi clasping) (5), Strong (tight clasping) (7)
9	Internode: Color (Not exposed to sun), ICNS	Green (1), Green yellow (2), Green white (3), Yellow (4), Yellow green (5), Yellow white (6), Orange white (7), Greyed green (8), Greyed yellow (9)
10	Internode: Color (Exposed to sun), ICES	Green yellow group (1), Yellow green group (2), Yellow group (3), Greyed group (4), Brown group (5), Purple group (6)
11	Internode: Diameter, ID	Thin (<2.2 cm) (3), Medium (2.2 – 3.0 cm) (5), Thick (>3.0 cm) (7)
12	Internode: Shape, IS	Cylindrical (1), Tumescant (2), Bobbin shaped (3), Conoidal (4), Obconoidal (5), Curved (6)
13	Internode: Zig zag Alignment, IZA	Absent (1), Present (9)
14	Internode: Growth crack (Split), IGC	Absent (1), Present (9)
15	Internode: Rind surface appearance, IRSA	Smooth (1), Corky patches only (2), Ivory marks only (3), Corky patches and ivory marks present (4)
16	Internode: Waxiness, IW	Light (3), Medium (5), Heavy (7)
17	Node: Shape of bud, NSB	Ovate (1), Obovate (2), Oval (3), Round (4), Pentagonal (5), Rhomboid (6), Rectangular (7), Triangular pointed (8), Beaked (9)
18	Node: Size of bud (Measured from base of bud to the tip), NSBT	Small (6 mm or less) (3), Medium (6-9 mm) (5), Large (9 mm or more) (7)
19	Node: Bud groove, NBG	Absent (1), Shallow (3), Deep (5)
20	Node: Bud cushion (Space between bud base and leaf scar), NBC	Absent (1), Present (9)
21	Node: Bud tip in relation to growth ring, NBT	Below growth ring (1), Touching the ring (3), Above growth ring (5)
22	Node: Prominence of growth ring, NPG	Weak (Not swollen) (1), Strong (Swollen) (9)
23	Node: Width of root band (Opposite to bud), NWR	Narrow (3), Medium (5), Broad (7)
24	Internode: Cross-section, IC	Round (1), Oval (2)
25	Internode: Pithiness, IP	Absent (1), Present (9)
26	Plant: Number of millable canes (NMC) per stool, PNMC	Low (<3.0) (3), Medium (3.0 – 5.0) (5), High (5.1 – 7.0) (7), Very high (>7.0) (9)
27	Plant: Cane height, PCH	Short (<1.75 m) (3), Medium (1.75-2.5 m) (5), Tall (2.6 – 3.25 m) (7), Very tall (>3.25 m) (9)

จากนั้นจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางสัณฐานด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ร่วมกับ XLSTAT statistical software (Sudianto *et al.*, 2016) โดย AHC เป็นวิธีการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของลักษณะที่นำมาศึกษา 27 ลักษณะ ของพันธุ์ย่อยจำนวน 28 พันธุ์ ซึ่งคำนวณความเหมือนกัน (similarity) หรือความไม่เหมือนกัน (dissimilarity) ของลักษณะต่าง ๆ เมื่อกลุ่มย่อยที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุดของลักษณะต่าง ๆ ถูกรวมเข้าอยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกันแล้วคำนวณว่ากลุ่มย่อยใดมีระยะห่าง (distance coefficient) สั้นที่สุด หรือมีความคล้ายกันมากที่สุด หลังจากนั้นจึงรวมกลุ่มย่อยเหล่านั้นเข้าด้วยกัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

การประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน จำนวน 27 ลักษณะ โดยประเมินจากค่า H' ของแต่ละลักษณะ เมื่อพิจารณาความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน ทั้งภายในและระหว่างแหล่งพันธุ์ย่อย แสดงใน Table 3 ลักษณะทางสัณฐานทั้ง 27 ลักษณะที่ประเมินมีความแตกต่างของลักษณะย่อย และกระจายในทุกส่วนของต้นย่อย ได้แก่ ลำต้นปล้อง ข้อ และใบ โดยในแต่ละลักษณะมีความแตกต่างของรูปแบบของความแปรปรวน (H') โดยมีค่าระหว่าง 0.12 (รูปร่างลำใบ (LSSL) และสีคอใบ (LSCD)) ถึง 1.18 (สีปล้องเมื่อถูกแสง (ICES)) และมีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะเท่ากับ 0.69

ในการประเมินความหลากหลายในแต่ละลักษณะ พบว่า ลักษณะส่วนใหญ่ในการศึกษานี้พบความแปรปรวนของชนิดลักษณะย่อยในระดับปานกลางถึงระดับสูง (50 - 118 %) ยกเว้นในลักษณะรูปร่างลำใบ (LSSL = 12 %) สีคอใบ (LSCD = 12 %) ความสูงต้น (PCH = 17 %) รอยแตกลึกของปล้อง (IGC = 27 %) ขนที่กาบใบ (LSH = 39 %) และรูปร่างหูใบส่วนใน (LSSIA = 46 %) พบความแปรปรวนของชนิดลักษณะย่อยในระดับต่ำ (< 50 %) (Table 3)

ค่า H' จากการจัดกลุ่มย่อยตามแหล่งพันธุ์ (5 แหล่งพันธุ์) พบค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.43 (OCSB) ถึง 0.56 (KKFCRC) ทุกแหล่งพันธุ์แสดงค่า H' ในระดับปานกลาง (ประมาณ 50 %) เมื่อพิจารณาในแต่ละลักษณะของการจำแนกตามแหล่งพันธุ์ พบว่า ลักษณะรูปร่างลำใบ (LSSL) และสีคอใบ (LSCD) มีค่าน้อยสุด ($H_{SV} = 0.10$) ในทางตรงกันข้ามลักษณะสีปล้องเมื่อไม่ถูกแสง (ICNS) มีค่ามากที่สุด ($H_{SV} = 0.90$) (Table 3)

ในการประเมินความหลากหลายของลักษณะสัณฐาน โดยใช้ค่า Shannon's index (H') นั้น ถ้าค่า H' ในลักษณะใดมีค่าสูง แสดงว่าพบความแปรปรวนระดับสูงของชนิดลักษณะย่อยในลักษณะนั้น ๆ ซึ่งจากการศึกษานี้บ่งชี้ว่าประชากรของพันธุ์ย่อยทั้ง 28 พันธุ์มีรูปแบบและขนาดความแปรปรวนที่แตกต่างกัน ทั้งการประเมินในระดับพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ภายในแหล่งพันธุ์ เมื่อพิจารณาความหลากหลายในแต่ละลักษณะ พบความแปรปรวนในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gashaw *et al.* (2016) ที่ได้ทำการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์กรรมย่อยจำนวน 400 สายพันธุ์ จากลักษณะเชิงคุณภาพ 16 ลักษณะ ในประเทศเอธิโอเปีย พบว่า ลักษณะส่วนใหญ่มีความหลากหลายสูง ($H' > 0.70$) ยกเว้นลักษณะรอยแตกลึกในปล้อง (presence or absence of stalk corky cracks) มีค่าความหลากหลายต่ำที่สุด ($H' = 0.43$) นอกจากนี้พบรูปแบบและระดับความแปรปรวนของความหลากหลาย ๔ ที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ภายนอกแหล่งพันธุ์ จากการวิเคราะห์ความหลากหลายของลักษณะสัณฐานของพันธุ์ย่อยตามแหล่งพันธุ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย (H') ของแต่ละแหล่งพันธุ์ไม่สอดคล้องกับจำนวนประชากรพันธุ์ย่อยในแหล่งพันธุ์นั้น ๆ เช่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) มีจำนวนพันธุ์ย่อย ต่ำที่สุด แต่มีค่า H' สูงที่สุดในขณะทีสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB) มีจำนวนพันธุ์ย่อย มากที่สุด แต่กลับมีค่า H' ต่ำที่สุดในระดับความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานของพันธุ์ย่อยจากแหล่งพันธุ์ดังกล่าวที่แตกต่างกัน

Table 3. Estimates of H' , partitioning into within and between sources for 27 morphological characters in 28 sugarcane varieties

No.	Character code	H'	H_{SV}	Sources of varieties				
				KKU	KU	KKFCRC	OCSB	SBFCRC
1	Plant: Growth habit, PGH	0.49	0.32	0.29	0.05	0.40	0.49	0.34
2	Leaf sheath: Hairiness, LSH	0.39	0.32	0.24	0.24	0.28	0.39	0.38
3	Leaf sheath: Shape of ligule, LSSL	0.12	0.10	0.06	0.11	0.11	0.11	0.10
4	Leaf sheath: Shape of inner auricle, LSSIA	0.46	0.28	0.25	0.29	0.29	0.15	0.18
5	Leaf sheath: Color of dewlap, LSCD	0.12	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.09
6	Leaf blade: Curvature, LBC	0.59	0.44	0.46	0.45	0.41	0.43	0.38
7	Leaf blade: Width, LBW	0.79	0.53	0.50	0.52	0.55	0.56	0.48
8	Plant: Adherence of leaf sheath, PALS	0.70	0.54	0.55	0.56	0.52	0.59	0.46
9	Internode: Color (Not exposed to sun), ICNS	1.01	0.90	0.83	0.82	0.90	0.94	0.78
10	Internode: Color (Exposed to sun), ICES	1.18	0.86	0.81	0.72	0.93	0.94	0.80
11	Internode: Diameter, ID	0.87	0.71	0.62	0.57	0.69	0.75	0.80
12	Internode: Shape, IS	0.80	0.62	0.59	0.68	0.88	0.34	0.49
13	Internode: Zig zag Alignment, IZA	0.71	0.51	0.51	0.40	0.69	0.20	0.23
14	Internode: Growth crack (Split), IGC	0.27	0.23	0.19	0.32	0.23	0.20	0.11
15	Internode: Rind surface appearance, IRSA	0.50	0.41	0.41	0.40	0.47	0.32	0.28
16	Internode: Waxiness, IW	0.99	0.70	0.69	0.68	0.63	0.68	0.76
17	Node: Shape of bud, NSB	0.98	0.82	0.76	1.10	1.41	0.22	0.40
18	Node: Size of bud (Measured from base of bud to the tip), NSBT	0.90	0.57	0.40	0.48	0.54	0.36	0.69
19	Node: Bud groove, NBG	0.81	0.54	0.46	0.45	0.74	0.28	0.62
20	Node: Bud cushion (Space between bud base and leaf scar), NBC	0.99	0.85	0.88	0.76	0.77	0.60	0.75
21	Node: Bud tip in relation to growth ring, NBT	0.83	0.62	0.64	0.47	0.64	0.39	0.75
22	Node: Prominence of growth ring, NPG	0.95	0.74	0.72	0.41	0.60	0.58	0.71
23	Node: Width of root band (Opposite to bud), NWR	0.68	0.54	0.24	0.45	0.35	0.65	0.33
24	Internode: Cross-section, IC	0.83	0.57	0.56	0.45	0.74	0.25	0.28
25	Internode: Pithiness, IP	0.97	0.62	0.57	0.62	0.82	0.49	0.53
26	Plant: Number of millable canes (NMC) per stool, PNMC	0.65	0.58	0.52	0.47	0.50	0.43	0.56
27	Plant: Cane height, PCH	0.17	0.11	0.08	0.08	0.05	0.09	0.09
Average		0.69	0.52					
Mean $\pm$ SE				0.48 $\pm$ 0.06	0.47 $\pm$ 0.04	0.56 $\pm$ 0.06	0.43 $\pm$ 0.05	0.46 $\pm$ 0.05

H' : diversity index for each character calculated from entire data set; H_{SV} : average diversity index of each character for the 5 sources; H_{SV}/H' : proportion of diversity within source; and $(H' - H_{SV})/H'$: proportion of diversity between sources in relation to the total variation.

อาจจะเป็นผลมาจากระดับความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อ-แม่ ในกระบวนการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์ซึ่งพันธุ์ที่มาจาก OCSB มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อ-แม่ ในลักษณะเป็น Half-sib กัน โดยพันธุ์พ่อ-แม่ ที่นำมาจับคู่ได้แก่ K84-200 และ อีเหี่ยว นอกจากนี้ ต้นกำเนิดพันธุ์พ่อ-แม่เหล่านี้ก็มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันสูง (Chaisan, 2020) ในทางกลับกัน พันธุ์ที่มาจาก KKFCRC มีค่า H' สูงที่สุด อาจเป็นเพราะพันธุ์เหล่านั้นเกิดการปรับตัวของลักษณะต่าง ๆ ต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยความหลากหลายของลักษณะพื้นฐานระหว่างแหล่งพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าระดับความหลากหลายของลักษณะพื้นฐานจากแต่ละแหล่งพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากความใกล้ชิดของต้นกำเนิดแหล่งพันธุ์กรรมหรือจากการแลกเปลี่ยนแหล่งพันธุ์กรรมระหว่างกัน ซึ่งอาจส่งผลในระยะยาว ทำให้ฐานพันธุ์กรรมย่อยในอนาคตของไทยแคบลงเรื่อย ๆ และส่งผลต่อความสามารถในการปรับตัวของอ้อยต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนและการวิวัฒนาการของโรคและแมลงศัตรูต่าง ๆ ของอ้อยในอนาคต (Pinata *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม แม้ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นรูปแบบ และการกระจายตัวของความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐานในพันธุ์อ้อยในระดับปานกลาง จากทุกแหล่งพันธุ์ที่สำคัญของประเทศไทย แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละลักษณะพบว่า บางลักษณะในบางพันธุ์อ้อยมีความหลากหลายในระดับสูง ($H' > 0.90$) เช่น ในลักษณะ สีของปล้องเมื่อไม่ถูกแสง (ICNS) สีของปล้องเมื่อถูกแสง (ICES) การเคลือบผิวปล้อง (IW) รูปร่างตาอ้อย (NSB) ขนาดของตาอ้อย (NSBT) ฐานตาอ้อย (NBC) ลักษณะของวงเจริญ (NPG) และรอยแตก (IP) โดยลักษณะดังกล่าวนอกจากจะใช้เป็นลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ยังมีประโยชน์ในด้านการคัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการงอก เช่น รูปร่างตาอ้อย (NSB) ขนาดของตาอ้อย (NSBT) ฐานตาอ้อย (NBC) นอกจากนี้ลักษณะ รอยแตก (IP) ของปล้องยังเป็นลักษณะที่กำหนดคุณภาพของผลผลิตอ้อยด้วย

นอกจากนี้ ความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐานยังมีความสำคัญอย่างมากต่อแหล่งพันธุ์กรรมอ้อย ซึ่งควรมีวิธีการจัดการในการอนุรักษ์พันธุ์กรรมเหล่านี้ไว้อย่างเหมาะสม สำหรับเป็นฐานพันธุ์กรรมที่ใช้ในการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต (Gashaw *et al.*, 2016)

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐาน

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากลักษณะพื้นฐานจำนวน 27 ลักษณะ ด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster analysis (AHC) ของพันธุ์กรรมอ้อย 28 พันธุ์ สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ที่ค่าสัมประสิทธิ์ระยะห่างทางพันธุกรรม (distance coefficient) ของแต่ละคู่พันธุ์ เท่ากับ 0.18 (Figure 1) โดยกลุ่มแรก (I cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC และ KU) กลุ่มที่สอง (II cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) กลุ่มที่สาม และสี่ (III and IV cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ตามลำดับ จากแหล่งพันธุ์ OCSB จากการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐาน ด้วยวิธี AHC แสดงให้เห็นว่าทุกพันธุ์มีระดับความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง อาจเนื่องมาจากต้นกำเนิดพันธุ์อาจมาจากบรรพบุรุษเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน (Milligan *et al.*, 1990) นอกจากนี้ พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่ที่มาจากแหล่งพันธุ์เดียวกันถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเป้าหมายการคัดเลือกในลักษณะทางพื้นฐานเดียวกัน ทำให้พันธุ์กรรมอ้อยจากแต่ละแหล่งพันธุ์มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์อ้อยสูง (Thongpaiyai *et al.*, 2012)

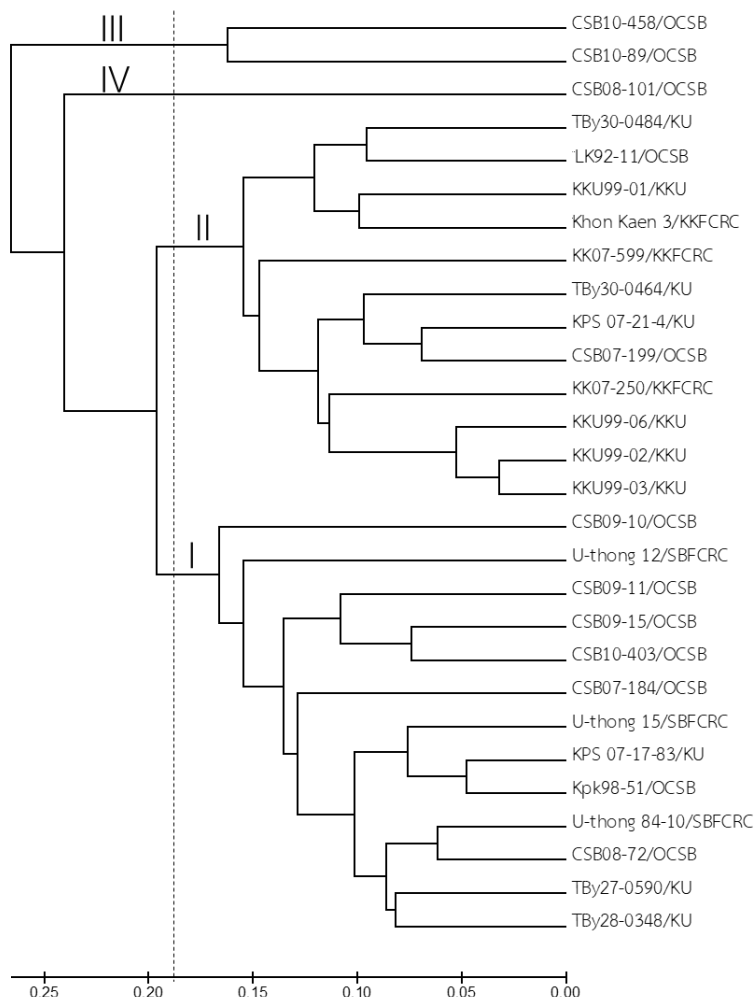


Figure 1. Clustering of 28 sugarcane varieties into four groups using 27 morphological characters

สรุป

ความหลากหลายของลักษณะพื้นฐาน 27 ลักษณะ จากพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์ พบค่าความหลากหลายตามการจำแนกแหล่งพันธุ์ (total H_{SV}) ใกล้เคียงกัน ($H' = 0.43$ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล; OCSB) ถึง 0.56 (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น; KKFCRC)) การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐาน (AHC) สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ที่ค่า distance coefficient เท่ากับ 0.18 โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นกลุ่มใหญ่ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC และ KU)

และ 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) ตามลำดับ พันธุ์อ้อยที่เหลือถูกจำแนกในกลุ่มที่สาม และสี่ ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ ตามลำดับ ดังนั้นในการสร้างลูกผสม เพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ลักษณะตามต้องการ ควรเลือกใช้ข้อมูลทั้งความหลากหลายของลักษณะดังกล่าว และข้อมูลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐานที่มีระยะห่างทางพันธุกรรมหรือมีค่า distance coefficient สูง เพื่อจะได้ลูกผสมที่มีการกระจายตัวของลักษณะดังกล่าวสูงสุด และอาจได้ลักษณะใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนสนับสนุนการวิจัยแบบมุ่งเป้า: อ้อย ประจำปีงบประมาณ 2560 รหัสโครงการ RDG60T0181 และประจำปีงบประมาณ 2562 รหัสโครงการ RDG62T0097 สำหรับงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท ธาอัส จำกัด สนับสนุนในส่วน of พื้นที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Anonymous. 2009. Specific DUS test guidelines for three notified crops. *Plant Variety Journal of India* 3(9): 42-54.
- Gashaw, E.T., F. Mekbib and A. Ayana. 2016. Genetic diversity among sugarcane genotypes based on qualitative traits. *Advances in Agriculture* 2016: Article ID 8909506, doi: 10.1155/2016/8909506.
- Milligan, S.B., K.A. Gravois, K.P. Bischoffk and F.A. Martin. 1990. Crop effects on genetic relationships among sugarcane traits. *Crop Science* 30(4): 927-931.
- Pinata, P., P. Songsri, N. Jongrungklang and P. Klomsa-ard. 2018. Genetic diversity of yield and agronomic traits in sugarcane germplasm 258 clones. *Prawarun Agricultural Journal* 15(2): 335-344. (in Thai)
- Powers, L.E. and R. McSorley. 2000. *Ecological Principles of Agriculture*. Delmar Thomson Learning of Albany. 456 p.
- Set-tow, S., P. Songsri, N. Jongrungklang and P. Jaisil. 2020. Evaluation of cane yield and agronomic traits of ratoon crops grown in a drought period of 16 rainfed advanced sugarcane clones. *King Mongkut's Agricultural Journal* 38(1): 42-51. (in Thai)
- Spellerberg, I.F. and P.J. Fedor. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' index. *Global Ecology and Biogeography* 12(3): 177-179.
- Sudianto, E., T.X. Neik, S.M. Tam, T.S. Chuah, A.A. Idris, K.M. Olsen and B.K. Song. 2016. Morphology of Malaysian weedy rice (*Oryza sativa*): Diversity, origin and implications for weed management. *Weed Science* 64(3): 501-512.
- Chaisan, T. 2020. Development and assessment of modern sugarcane varieties for suitable production areas in each region for increasing sugarcane production improvement. Full Report. The Thailand Research Fund, Bangkok. 325 p.
- Thongpaiyai, C., A. Wongpraneekul and P. Chatwachirawong. 2012. Genetic diversity and relationships among commercial sugarcane varieties in Thailand. *Khon Kaen Agriculture Journal* 40(Suppl. 3): 60-67. (in Thai)
- Tippayawat, A., W. Ponragdee and T. Sansayawichai. 2012. Characteristics of Thai sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) cultivars and potential for utilization. *Khon Kaen Agriculture Journal* 40(Suppl. 3): 53-59. (in Thai)