ความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการของบุกเนื้อทราย (*Amorphophallus muelleri* Blume) โดยการวิเคราะห์หลายตัวแปร

Genetic Diversity of Some Morphological Characteristics of *Amorphophallus muelleri* Blume Using Multivariate Analysis

ณัฐธิดา อินปิก[1] และ บุบผา คงสมัย[1]*

Nuttida Inpik[1] and Buppa Kongsamai[1*]

Received 14 June 2019, Accepted 30 August 2019

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate genetic diversity of 99 accessions of *A. muelleri*, which were collected from Sangkha Buri and Thong Pha Phum Districts in Kanchanaburi Province and 16 accessions of *A. campanulatus* using principal component and cluster analysis following Ward's method with squared Euclidean distance. It showed that the first and second components explained 62.00% of total variation. From the scatter plot between the first and second components using the principal component analysis, it showed that the variation of tuber size, leaflet arrangement, number of leaflet per plant and pseudostem smoothness could clearly distinguish the accessions of *A. muelleri* from those of *A. campanulatus. Amorphophallus* sp. was clearly classified into two clusters based on a cluster analysis with the cophenetic correlation coefficient of 0.68. It showed that the first cluster, all accessions of *A. campanulatus*, had a 2- 3 dichotomous branches and rough pseudostems. The second cluster, all of *A. muelleri*, was separated into 2 groups mainly according to the stem characteristics, tuber size, and weight. Within each group of the second cluster, it could be classified into 2 subgroups based mainly on the pseudostem, leaf, tuber size, and fresh color characteristics. The result from the study indicated that the collection of *A. muelleri* has moderately genetic diversity based on morphological traits, with the cophenetic correlation coefficient of 0.57. This information is very important for genetic improvement of *A. muelleri*.

Keywords: *Amorphophallus muelleri*, *A. campanulatus,* Clustering, Principal components, Morphological traits

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของบุกเนื้อทรายที่รวบรวมจากพื้นที่อำเภอสังขละบุรีและทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 99 accessions ร่วมกับบุกคางคกจำนวน 16 accessions โดยวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธีของวอร์ด (Ward's method) โดยใช้

[1*]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom, 73140 Thailand.

[*]Corresponding author: Tel. 0-3435-1887, Fax. 0-3435-1812, E-mail address:agrbuk@ku.ac.th

ค่า Euclidean distance พบว่า สององค์ประกอบแรกจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ 62.00% ของความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด จากรูปการกระจายตัวของตัวอย่างที่ศึกษาด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลต่อการจัดกลุ่มบุกเนื้อทรายแยกออกจากบุกคางคกคือ ลักษณะขนาดหัว การเรียงตัวของใบย่อย จำนวนใบย่อยต่อต้น และความเรียบของผิวลำต้นเทียม จากการวิเคราะห์จัดกลุ่มสามารถแบ่งกลุ่มบุกออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนด้วยค่า (cophenetic correlation coefficient) เท่ากับ 0.68 กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยบุกคางคกทั้งหมด มีลักษณะการเรียงตัวของใบ 2-3 ชั้น และผิวลำต้นขรุขระ ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นบุกเนื้อทรายทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งย่อยเป็น 2 กลุ่มย่อยที่มีความแตกต่างกันในลักษณะลำต้น ขนาดและน้ำหนักหัว แต่ละกลุ่มย่อยยังจำแนกออกได้อีก 2 กลุ่มตามลักษณะการเจริญเติบโตลำต้นเทียม ใบ ขนาดหัว และสีเนื้อหัว จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาภายในกลุ่มบุกเนื้อทรายอยู่ในระดับปานกลาง (cophenetic correlation coefficient = 0.57) ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์บุกเนื้อทรายต่อไป

คำสำคัญ: บุกเนื้อทราย บุกคางคก การจัดกลุ่ม องค์ประกอบหลัก ลักษณะสัณฐานวิทยา

คำนำ

บุกเนื้อทรายอาจเรียกว่า บุกคนโทหรือบุกไข่ พืชชนิดนี้จัดอยู่ในวงศ์ Araceae และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus muelleri* Blume หรือชื่อพ้องคือ *A. oncophyllus* Prain เป็นพืชหัวประเภทล้มลุก อายุหลายฤดูที่พบเจริญเติบโตทั่วไปในพื้นที่ป่าบริเวณทวีปเอเชีย อัฟริกา และแถบแปซิฟิก โดยเฉพาะทางภาคตะวันตกของประเทศไทย เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ตาก กาญจนบุรี ลำปาง แพร่ น่าน และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น บุกเนื้อทรายจัดเป็นบุกเพียงไม่กี่ชนิด (species) นอกเหนือจากบุกเขา บุกเหลือง และบุกเตียงหัวลม (มงคล, 2547; Hetterscheid & Ittenbach, 1996) ที่มีสารสำคัญคือกลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งจะแปรรูปเป็นผงวุ้นบุกที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมอาหารหลายชนิด และบรรจุเป็นแคปซูลเพื่อทำเป็นอาหารเสริมสุขภาพ เพื่อควบคุมน้ำหนักเนื่องจากจะทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว ช่วยควบคุมน้ำตาลและคอเลสเตอรอลและเพิ่มการขับถ่ายลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ลงได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2556; Behera & Ray, 2016) ทำให้บุกเนื้อทรายจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสำหรับพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการปลูกบุกมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องด้วยเป็นที่ต้องการของทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศมาก ทำให้มีการส่งเสริมการปลูกบุกเนื้อทราย เพื่อส่งเข้าโรงงานแปรรูปเบื้องต้นคือ บุกแผ่นแห้ง จากข้อมูลการสอบถามผู้แปรรูปบุกในพื้นที่จังหวัดตาก นั้นมีประมาณการว่า ปริมาณการรับซื้อหัวบุกเนื้อทรายหน้าโรงงานนั้นไม่น้อยกว่า 80 ตันต่อปี และมีพื้นที่ปลูกบุกเนื้อทรายมากกว่า 1,000 ไร่ โดยรวมแล้วคิดเป็นมูลค่าการส่งออกสินค้าแปรรูปประมาณ 300-400 ล้านบาท โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญคือจีนและญี่ปุ่น ส่วนมูลค่าการซื้อขายในประเทศประมาณ 100 ล้านบาท จึงทำให้ปริมาณผลผลิตหัวบุกยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงงานแปรรูปแผ่นบุกแห้ง ในแต่ละปี ประเทศไทยยังคงนำเข้าผงวุ้นบุกเพื่อการบริโภคและใช้ในงานวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในธุรกิจการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในด้านการแพทย์ ปีละไม่ต่ำกว่า 250 ตัน คิดเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า 100 ล้านบาท (อรวรรณ, 2540)

ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกบุกเพิ่มมากขึ้นในจังหวัดตาก แม่ฮ่องสอน และกาญจนบุรีซึ่งเป็นแหล่งปลูกบุกเนื้อทรายที่สำคัญของประเทศไทย แต่ปริมาณผลผลิตของบุกเนื้อทรายยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและไม่มีการคัดเลือกหรือพัฒนาพันธุ์บุกเพื่อส่งเสริมปลูกเชิงการค้าโดยตรง เนื่องจากยังไม่มีโครงการ

ปรับปรุงพันธุ์บุกเนื้อทรายอย่างจริงจัง หัวพันธุ์ได้มาจากส่วนหัวบนใบหรือหัวบุกขนาดเล็กที่เก็บรวบรวมจากป่าหรือจากแปลงปลูกเดิม การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากส่งผลต่อความสำเร็จของการคัดเลือกพันธุ์พืช ในการศึกษาหรือคัดเลือกพันธุ์พืช จำเป็นต้องพิจารณาหลายลักษณะพร้อมๆ กัน ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรเช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) และการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) เพื่อจัดกลุ่มพันธุ์ตามลักษณะสัณฐาน จึงเป็นวิธีเบื้องต้นที่ใช้สำหรับศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมก่อนการศึกษาในระดับจีโนมหรือโมเลกุล โดยจัดกลุ่มพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้ากลุ่มเดียวกัน จึงเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้เชื้อพันธุกรรมในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์พืช (Bhandari *et al.*, 2017)

เนื่องจากปี 2559-2561 ทีมวิจัยได้สำรวจเบื้องต้นในพื้นที่ปลูกบุกเนื้อทรายของจังหวัดกาญจนบุรีและแม่ฮ่องสอน พบว่า มีความหลากหลายของลักษณะทรงพุ่ม ลำต้น รวมถึงสีเนื้อหัวค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ โดยใช้ประชากรบุกเนื้อทรายที่รวบรวมจากอำเภอสังขละบุรีและทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี สำหรับศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate analysis) และได้ใช้ประชากรบุกคางคกที่ได้จากแหล่งจำหน่ายในจังหวัดปราจีนบุรี มาใช้ประกอบการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วย เพื่อทดสอบความถูกต้องในการจัดกลุ่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

1) พันธุ์พืชที่ใช้ศึกษา

หัวพันธุ์บุกเนื้อทรายที่รวบรวมจากแหล่งรับซื้อหัวบุกและแปลงผลิตบุกเนื้อทรายในอำเภอสังขละบุรีและทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 115 accessions เลือกเฉพาะหัวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-10 ซม. และบุกคางคกขนาดหัวใกล้เคียงกันกับบุกเนื้อทราย จำนวน 16 accessions ที่ได้จากแปลงจำหน่ายหัวพันธุ์พืชในจังหวัดปราจีนบุรีโดยเกษตรกรเป็นผู้รวบรวมพันธุ์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มตามความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะทางสัณฐานวิทยา

2) การปลูกและการดูแลรักษา

ปลูกหัวบุกในเข่งพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว ที่บรรจุด้วยวัสดุปลูกเต็มภาชนะปลูก วัสดุปลูกประกอบด้วย ดิน : ปุ๋ยหมัก : ขี้เถ้าแกลบ สัดส่วน 1:1:1 ฝังหัวพันธุ์บุกให้ลึกประมาณ 5-10 ซม. (26 มีนาคม 2560) วางภาชนะปลูกภายใต้โรงเรือนที่คลุมด้วยซาแลนที่พรางแสงประมาณ 50% ปูพื้นด้วยพลาสติกดำ เพื่อป้องกันวัชพืชขึ้นรบกวน ให้น้ำแบบพ่นฝอย (sprinkler irrigation) ทุก 3-4 วัน ในช่วงระยะแรก ประมาณ 15-20 นาทีต่อครั้ง ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ หลังจากนั้นให้น้ำทุกสัปดาห์จนถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือลำต้นเริ่มมีสีจางลง (29 กันยายน 2560) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 5-10 กรัม ต่อต้น 1 ครั้งเมื่อระยะที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นเต็มที่

3) การบันทึกข้อมูล

วัดลักษณะเชิงปริมาณจำนวน 8 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงต้น (ซม.) เป็นความสูงของส่วนที่เรียกว่า ลำต้นเทียมซึ่งอยู่เหนือดิน (pseudostem) วัดจากโคนต้นถึงโคนใบ ขนาดทรงพุ่ม (ซม.) วัดจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังปลายใบอีกด้านหนึ่ง ขนาดลำต้นเทียม (ซม.) วัดขนาดโคนต้นที่ระดับสูงเหนือพื้นดิน 15 ซม. จำนวนและขนาดใบย่อย (ซม.) เลือกใบย่อยที่ส่วนปลายสุด วัดความกว้างและความยาวของใบย่อย จำนวน 2 ใบต่อต้น และขนาดหัวใต้ดิน ชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว (ซม.)

ส่วนลักษณะเชิงคุณภาพ จำนวน 4 ลักษณะ คือ ลักษณะการจัดเรียงใบย่อย (คะแนน 1-3 สำหรับลักษณะ 1-, 2- และ 3- dichotomous branch ตามลำดับ) ลักษณะลายบนลำต้นเทียม (คะแนน 1-9) (Figure 1) ลักษณะผิวบนลำต้นเทียม (1 =ผิวเรียบ 2 =ผิวมีหนามสั้นๆ และ 3= ผิวมี

หนามยาว) และสีเนื้อหัวบริเวณใต้ผิวเปลือก (1=เหลือง 2= ชมพู 3= ส้ม และ 4= ขาว) (ดัดแปลงจาก Hetterscheid & Ittenbach (1996) และ Anil *et al.* (2011)

4) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย พิสัย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกลักษณะที่ศึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร ปรับค่าเฉลี่ยของตัวแปรให้มีหน่วยมาตรฐานโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อให้มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวน (variance) เท่ากับ 1 ก่อนวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค principal component analysis (PCA) (Everitt & Dunn, 2001) และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างลักษณะกับองค์ประกอบหลัก โดยใช้ Pearson correlation coefficient ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient) หรือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบ เฉพาะ principal components ที่มี Eigen values สูงกว่า 1.00 เท่านั้น ที่จะใช้สำหรับศึกษาความแปรปรวนของข้อมูลและใช้พิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจัดกลุ่มซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เกิน 0.20 ขึ้นไป ส่วนการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis) ใช้วิธีของวาร์ด (Ward's method) โดยใช้ค่า Euclidean distance และสร้าง dendrogram แสดงผลการจัดกลุ่มของ accessions ที่ศึกษา ในการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ใช้โปรแกรมชุดวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ STAR 2.0.1 (IRRI, 2014)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะการเจริญเติบโต

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ศึกษาในกลุ่มของบุกเนื้อทราย พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหัวกับขนาดลำต้นเทียม (0.678) ขนาดทรงพุ่ม (0.640) ความสูงลำต้นเทียม (0.468) และขนาดหัว (0.926) มีค่าปานกลางถึงสูง (Akoglu, 2018) ทำนองเดียวกับในกลุ่มของบุกคางคกพบว่า มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระดับปานกลางถึงสูงระหว่างลักษณะน้ำหนักหัวกับขนาดลำต้นเทียม (0.542) ความสูงลำต้นเทียม (0.607) และขนาดหัว (0.879) แสดงว่า การคัดเลือกลักษณะที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพในการให้ผลผลิตหรือการเจริญเติบโตของหัวบุก สามารถพิจารณาได้จากขนาดและความสูงของลำต้นเทียม และขนาดทรงพุ่มได้ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในลักษณะสัณฐานวิทยาทางลำต้นและใบของบุกเนื้อทรายร่วมกับบุกคางคก พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบของผิวลำต้นเทียมกับความยาวของใบย่อย และระหว่างความเรียบของผิวลำต้นเทียมกับรูปแบบการเรียงของใบย่อยนั้นมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.43 และ 0.95 ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) กล่าวคือ บุกเนื้อทรายจะมีผิวลำต้นเรียบจะมีขนาดใบย่อยใหญ่และการเรียงของใบย่อย 1 ระดับ ขณะที่บุกคางคกมีลักษณะลำต้นเทียมผิวขรุขระ มีขนาดใบย่อยเล็กจำนวนใบย่อยต่อต้นมาก และการเรียงใบย่อย 2-3 ระดับ (Table 1)

การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรม

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแสดงถึงความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อความแปรปรวนโดยรวมของแต่ละแกนขององค์ประกอบ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบหลักแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ในรูป linear combination ของตัวแปรเดิม หากจำนวนแกนองค์ประกอบหลักที่คำนวณได้น้อยกว่าจำนวนตัวแปรเดิม สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลส่วนใหญ่ได้เกือบเท่ากับตัวแปรเดิมทั้งหมด ก็อาจใช้องค์ประกอบหลักน้อยแกนแทนจำนวนตัวแปรเดิมในการอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลนั้นๆ ได้ และใช้ Eigenvalue ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนของตัวแปรภายในองค์ประกอบหลักนั้นในการกำหนดว่าควรจะใช้องค์ประกอบจำนวนเท่าใด โดยทั่วไปองค์ประกอบหลักที่มีค่ามากกว่า 1 จะถูกเลือกเก็บไว้ใช้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้อมูล (Kaiser, 1960; Venujayakanth *et al.*, 2017) จากการทดลองนี้พบว่า มีเพียงองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 เท่านั้นที่มี Eigenvalue มากกว่า 1 ซึ่ง

องค์ประกอบทั้งสองสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดเท่ากับ 62.0% (Table 2) โดยองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 นั้นมีค่า Eigenvalue เท่ากับ 4.39 และ 3.04 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 37.0 และ 25.0% ตามลำดับ องค์ประกอบหลักที่ 1 มีความสัมพันธ์กับลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม ความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย การจัดเรียงของใบ ขนาดและน้ำหนักหัวสูงกว่าลักษณะอื่นๆ ส่วนองค์ประกอบหลักที่ 2 มีความสัมพันธ์กับลักษณะลาย ความเรียบของผิว และความสูงของลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม การจัดเรียงใบย่อย และขนาดใบย่อยสูงกว่าลักษณะอื่นๆ (Table 2) หากพิจารณาภายในแต่ละองค์ประกอบหลักแล้ว พบว่า ลักษณะใดมีค่าสัมประสิทธิ์สูงก็แสดงว่า ลักษณะนั้นมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักนั้นๆ สูง และมีอิทธิพลต่อการจัดกลุ่มมากกว่าลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์ต่ำหรือมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ส่วนใหญ่มักพิจารณาจากตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 0.20 ขึ้นไป (Venujayakanth *et al.*, 2017)

การวิเคราะห์จัดกลุ่ม

การวิเคราะห์จัดกลุ่มโดยใช้ cluster analysis จากตัวอย่างบุกเนื้อทรายและบุกคางคกที่ใช้ในการวิเคราะห์ 115 accessions ทำให้เห็นโครงสร้างของกลุ่มได้ชัดเจนขึ้น โดย พบว่า สามารถจัดกลุ่มบุกเนื้อทรายและบุกคางคกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ (cophenetic correlation coefficient = 0.68) (Table 3) โดยทั้ง 2 กลุ่ม (clusters) มีลักษณะความเรียบของผิวลำต้นเทียม ขนาดและจำนวนใบย่อย การเรียงตัวของใบย่อย และน้ำหนักหัวแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Figure 2) สอดคล้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ใน cluster I มีลักษณะลำต้นผิวขรุขระ ขนาดทรงพุ่มใหญ่ ขนาดใบย่อยเล็ก จำนวนใบย่อยมาก การเรียงตัวของใบมากกว่า 1 ชั้น และขนาดหัวใหญ่ซึ่งเป็นลักษณะของบุกคางคก ส่วน cluster II เป็นบุกเนื้อทรายทั้งหมด ซึ่งมีความแตกต่างกันในลักษณะขนาดและจำนวนใบย่อย ลายบนลำต้น ขนาดลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม สีเนื้อหัว ขนาดและน้ำหนักหัว จึงสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ (groups) (cophenetic correlation coefficient = 0.57) และภายในแต่ละกลุ่มใหญ่ แบ่งย่อยได้อีก 2 กลุ่มย่อย (subgroups) ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษา โดย accessions ที่จัดอยู่ในกลุ่มใหญ่ที่ 1 มีลักษณะความสูงลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม ขนาดและจำนวนใบย่อย น้ำหนักและขนาดหัวที่เล็กหรือน้อยกว่ากลุ่มใหญ่ที่ 2 และสีเนื้อหัวมีสีเหลืองหรือชมพู ขณะที่ในกลุ่มใหญ่ที่ 2 สีเนื้อหัวมีสีส้มหรือชมพู

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายในกลุ่มบุกเนื้อทรายอยู่ในระดับปานกลาง และความแตกต่างระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่างๆ มีความแปรปรวนเพียงพอที่จะคัดเลือกเพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตได้ อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากผลผลิตแล้วปริมาณกลูโคแมนแนนก็มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารอาหารเช่นกัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางสัณฐานวิทยากับปริมาณกลูโคแมนแนนเพิ่มเติม เพื่อใช้ประกอบการคัดเลือกบุกเนื้อทรายที่มีปริมาณกลูโคแมนแนนสูงด้วยนอกเหนือจากลักษณะผลผลิต นอกจากนี้ประชากรบุกเนื้อทรายที่ใช้ในศึกษานี้เป็นการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเบื้องต้นและรวบรวมมาจากแหล่งเดียวเท่านั้น ดังนั้นการรวบรวมพันธุ์บุกเนื้อทรายจากพื้นที่อื่นๆ เช่น จังหวัดตากและแม่ฮ่องสอนอาจพบความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงขึ้น เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ปลูกมักเก็บรวบรวมมาจากพื้นที่ป่าหรือประชากรธรรมชาติที่ยังคงมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในหลายลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์บุกเนื้อทรายได้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการของประชากรบุกเนื้อทรายร่วมกับบุกคางคก จำนวน 115 ตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์

องค์ประกอบหลักและการจัดกลุ่ม พบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลต่อการจัดกลุ่มของบุกประกอบด้วย ลักษณะความเรียบของผิวลำต้นเทียม จำนวนใบย่อย ขนาดและน้ำหนักหัว ขนาดและความสูงของลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม และการจัดเรียงของใบย่อย โดยสามารถจัดแบ่งกลุ่มบุกเนื้อทรายและบุกคางคกออกจากกันได้อย่างชัดเจน และภายในกลุ่มของบุกเนื้อทรายก็สามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่มตามลักษณะความสูงของลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม ขนาดและจำนวนใบย่อย น้ำหนักและขนาดหัว และสีเนื้อหัว และพบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบย่อย ขนาดและความสูงลำต้นเทียม ขนาดทรงพุ่ม ขนาดและน้ำหนักหัวมีค่าสูงทั้งในกลุ่มบุกเนื้อทรายและบุกคางคก ซึ่งลักษณะเหล่านี้อาจใช้สำหรับพิจารณาคัดเลือกเพื่อเพิ่มขนาดหัวและผลผลิตของบุกเนื้อทรายได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2556). บุกเนื้อทราย. ใน *องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสู่การเป็น smart officer:สมุนไพรและเครื่องเทศ.* (น. 63-70.) กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี ส่วนส่งเสริมและเผยแพร่ กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร

มงคล เกษประเสริฐ. (2547). *บุกและการใช้ประโยชน์จากบุกในประเทศไทย:เอกสารวิชาการลำดับที่ 22/2547.* กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร.

ไตรรัตน์ สุนทรประภัสสร. (2540, 8 พฤศจิกายน). อนาคตจีน-อเมริกา. เดลินิวส

อรวรรณ วงษ์วานิช. (2540, 13 เมษายน). “บุกไข่” พืชใหม่ในอุตสาหกรรมทำวุ้น. *ข่าวสด*, น. 29.

Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish journal of emergency medicine*, *18*(3), 91-93.

Anil, S. R., Siril, E. A., & Beevy, S. S. (2011). Morphological variability in 17 wild elephant foot yam (Amorphophallus paeoniifolius) collections from southwest India. *Genetic resources and crop evolution*, *58*(8), 1263-1274.

Behera, S. S., & Ray, R. C. (2017). Nutritional and potential health benefits of konjac glucomannan, a promising polysaccharide of elephant foot yam, Amorphophallus konjac K. Koch: A review. *Food Reviews International*, *33*(1), 22-43.

Bhandari, H. R., Bhanu, A. N., Srivastava, K., Singh, M. N., & Shreya, H. A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants-an overview. *Adv. Plants Agric. Res*, *7*(3), 279-286.

Everitt, B. S., & Dunn, G. (2001). *Applied multivariate data analysis* (2nd ed.). London: Arnold.

Hetterscheid, W. L. A., & Ittenbach, S. (1996). Everything you always wanted to know about Amorphophallus, but were afraid to stick your nose into. *Aroideana*, *19*, 7-131.

International Rice Research Institute (IRRI). (2014). Statistical Tool for Agricultural Research Version 2.0.1. Biometrics and Breeding Informatics Plant Breeding, Genetics and Biotechnology Division.

Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, *20*(1), 141-151.

Osawaru, M. E., Ogwu, M. C., & Aiwansoba, R. O. (2015). Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in plants: a systematic overview. *University of Mauritius Research Journal*, *21*, 1-33.

Venujayakanth, B., Dudhat, A. S., Swaminathan, B., & Anurag, M. L. (2017). Assessing crop genetic diversity using principle component analysis: A Review. *Trends in Biosciences*, *10*(2), 523-528.

Table 1 Pearson's correlation coefficient among 12 qualitatively and quantitatively morphological traits of 99 and 16 accessions of *A. muelleri* (upper diagonal) and *A. campanalatus* (lower diagonal), respectively.

Variable[1/]	stempatn	stemdiam	stemht	canopwth	leaftwth	leaftlth	noleaft	pulbcol	tuberdiam	tuberwt
stempatn		0.085	0.068	0.004	-0.130	-0.006	0.125	-0.045	-0.007	-0.018
stemdiam	-0.151		**0.758**	**0.808**	0.189	0.288	**0.549**	0.287	**0.702**	**0.678**
stemht	-0.033	**0.588**		**0.753**	0.267	0.342	0.346	0.310	**0.481**	**0.468**
canopwth	-0.290	**0.656**	**0.518**		0.390	**0.412**	0.333	0.345	**0.659**	**0.640**
leaftwth	-0.387	0.029	0.128	0.128		0.335	-0.136	0.185	0.222	0.226
leaftlth	-0.133	0.028	0.468	0.333	**0.766**		-0.039	0.275	0.386	0.367
noleaft	-0.030	0.423	0.497	0.491	0.043	0.142		0.067	**0.412**	0.343
pulbcol	-0.068	**0.591**	0.369	0.319	0.042	-0.002	0.280		0.353	0.362
tuberdiam	-0.206	0.255	0.390	0.179	0.052	0.151	-0.082	-0.060		**0.926**
tuberwt	-0.248	**0.542**	**0.607**	0.286	-0.082	0.038	0.058	0.183	**0.879**	

Note: The underscore numbers mean significant difference at 0.05 level

[1/] stempatn= pseudostem pattern, skinrugh= skin rough, stemdim= pseudostem diameter, stemht = pseudostem height, canopwth= canopy width, leafwth= leaflet width, leaftlth= leaflet length, leafnum= leaflet number, leafpatn= leaflet pattern, pulbcol= pulb color, tuberdiam= tuber diameter, tuberwt= tuber weight

Table 2 Eigen values, percent of variance and cumulative variations obtained from principal components, of which their eigenvalue are larger than 1.

Variables[1/]	PC1	PC2	Total
stempatn	-0.18	-0.24	-0.42
skinrugh	-0.21	-0.44	-0.65
stemdiam	-0.42	0.05	-0.37
stemht	-0.28	0.35	0.07
canopwth	-0.34	0.31	-0.03
leaftwth	0.02	0.35	0.37
leaftlth	-0.04	0.43	0.39
leaftnum	-0.32	-0.11	-0.43
leafpatn	-0.26	-0.43	-0.69
pulbcol	-0.21	0.13	-0.08
tuberdiam	-0.41	0.04	-0.37
tuberwt	-0.41	0.00	-0.41
Eigen values	4.39	3.04	
Percent variance	0.37	0.25	
Cumulative variance	0.37	0.62	

Note: [1/] The abbreviation of each traits was previously explained in Table 1

Table 3 Mean and standard deviation of 12 traits based on cluster analysis by Ward's method with Euclidean distance.

Variables[1/]	Cluster1 (n=16)		Cluster 2 (n=99)							
			Group 1				Group 2			
			Subgroup 1.1		Subgroup 1.2		Subgroup 2.1		Subgroup 2.2	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
stempatn	6.25	2.05	1.88	1.63	2.50	1.69	3.09	2.29	4.17	2.41
skinrugh	2.56	0.51	1	0	1	0	1	0	1	0
stemdiam	35	9.67	16.53	4.61	20.10	3.87	33.63	5.16	27.92	5.27
stemht	70.12	22.46	57.0	14.48	70.04	12.23	96.13	11.78	83.17	14.14
canopwth	77.66	15.93	47.97	10.27	74.96	11.24	100.93	13.14	80.24	13.16
leaftwth	5.44	1.07	5.66	1.16	8.65	1.66	7.53	1.05	6.06	0.99
leaftlth	11.92	2.58	14.34	3.08	17.00	3.72	19.64	2.13	16.55	3.61
leaftnum	45.56	12.31	16.00	7.50	38.11	9.48	35.78	10.80	20.83	8.41
leafpatn	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
pulbcol	1.88	0.72	1.06	0.57	1.67	0.82	2.48	0.67	1.17	0.51
tuberdiam	12.60	2.38	6.83	1.56	9.95	1.48	12.25	1.47	9.00	1.82
tuberwt	799.94	427.61	147.38	96.36	292.38	142.11	695.78	232.53	376.33	158.28

Note: [1/]The abbreviation of 12 traits was previously explained in Table 1

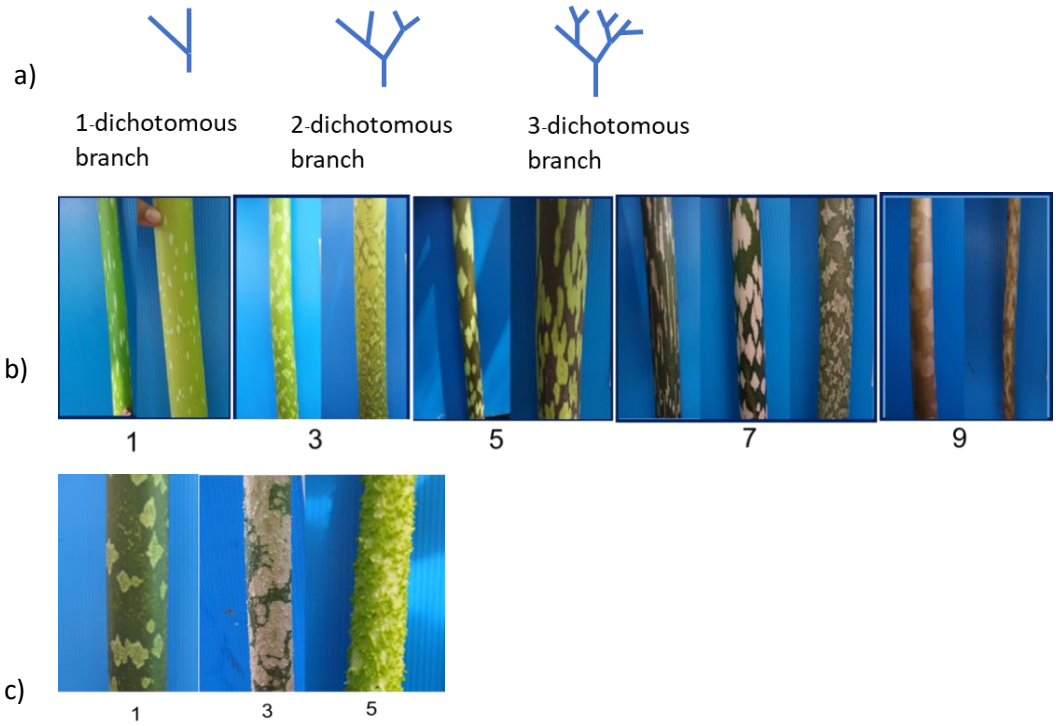

Figure 1 Scale of scores for a) leaf arrangement, b) and c) pseudostem variegation (or pattern) and roughness of *A. mumelleri* Blume and *A. campunulatus*, respectively

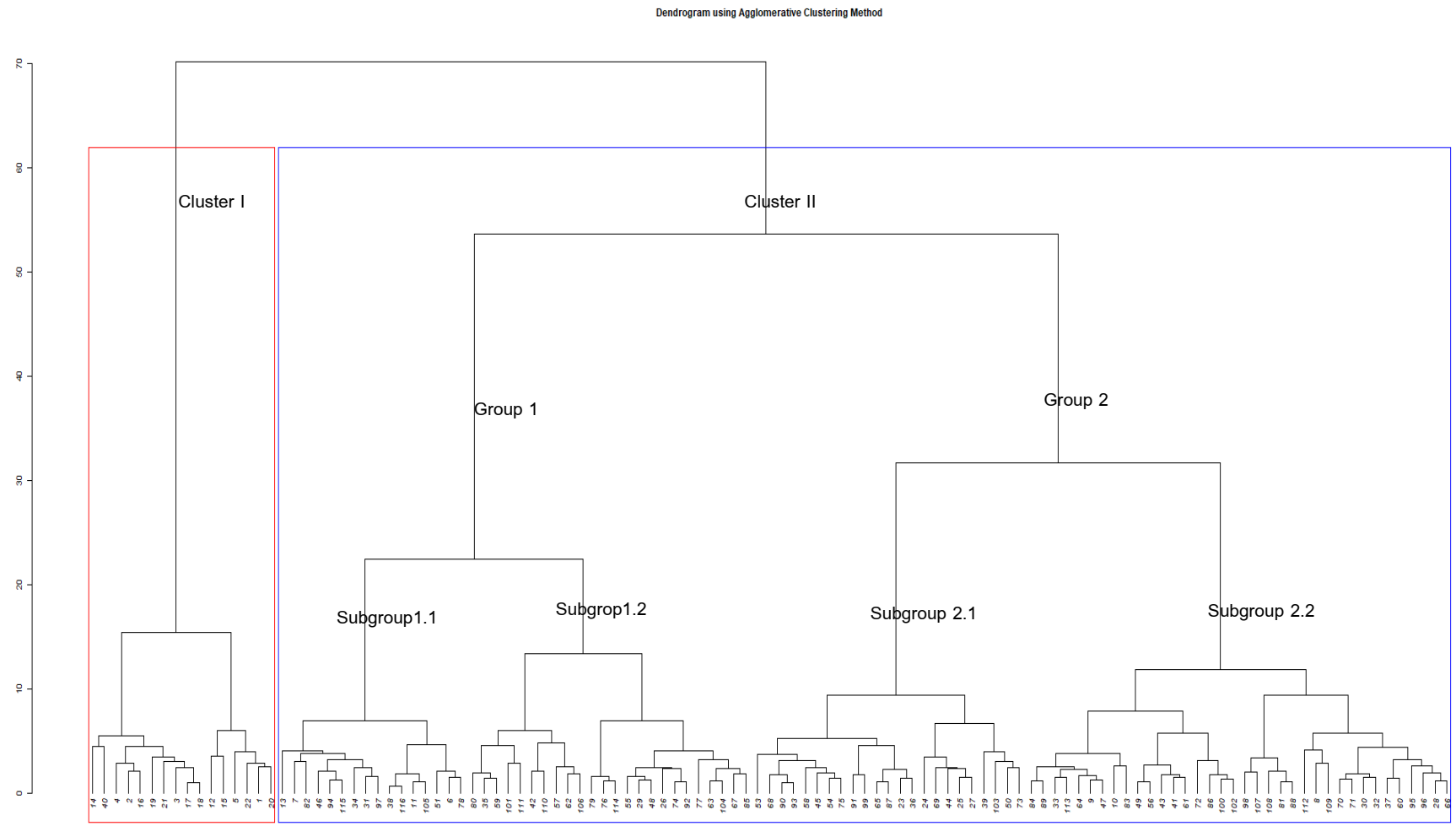

Figure 2 Cluster analysis by Ward linkage with Euclidean distance of 115 accessions of *A. muelleri* and *A. campanalatus*. Two main clusters were separated with the cophenetic correlation coefficient of 0.68