



สัณฐานวิทยาและการประเมินพันธุ์หอมแดงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์

Morphology and cultivars evaluation of shallot for improvement

ปภัสสร กุมภพาน¹, กมล ทิพโชติ¹, ศิวาพร ธรรมดี¹ และ จุฑามาส คุ่มชัย^{1*}

Papassorn Kumphapan¹, Kamon Thippachote¹, Siwaporn Thumdee¹ and Jutamas Kumchai^{1*}

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: หอมแดงเป็นพืชผักที่มีความสำคัญ นำมาบริโภคในครัวเรือนและอุตสาหกรรม ปลูกมากในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หอมแดงที่ปลูกในประเทศไทยไม่ทราบที่มาและสายพันธุ์ที่ชัดเจน การศึกษานี้จึงได้รวบรวมพันธุ์หอมแดงจากจังหวัดเชียงใหม่ (CMI) ชัยภูมิ (CPM) เชียงราย (CRI) ขอนแก่น (KKN) ลำพูน (LPN) แม่ฮ่องสอน (MSN) นครราชสีมา (NMA) เพชรบูรณ์ (PNB) พะเยา (PYO) ศรีสะเกษ (SSK) อุตรดิตถ์ (UTT) อินโดนีเซีย (IDO) และหอมแขกจากอินเดีย (IND) เพื่อประเมินความหลากหลายทางสัณฐานวิทยา โดยปลูกประเมินในฤดูหนาวปี 2565 จำนวน 27 เบอร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก ผลการทดลอง จำแนกสีของหัวได้ 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเหลืองส้ม และสีขาว ลักษณะของใบจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ ใบตั้งตรง และใบโค้งงอ หอมแดง IND01 มีความกว้างใบ จำนวนช่อดอก และความกว้างช่อดอกมากที่สุดเท่ากับ 9.68 มิลลิเมตร 4.5 ดอกต่อกอ และ 79.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างน้ำหนักหลังตากแห้งกับจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนหัว และเส้นรอบวงของหัว เท่ากับ 0.30, 0.22, 0.14, 0.49 และ 0.04 ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ NMA08 และ NMA09 มีน้ำหนักผลผลิตหลังตากแห้งสูง เท่ากับ 3,225.49 และ 3,356.23 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ NMA07 มีขนาดเส้นรอบวงของหัวเท่ากับ 12.14 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ NMA08 และ NMA09 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.88 ถึง 9.93 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม NMA07, NMA08 และ NMA09 มีค่าต่ำกว่าหอมแดง IND01 ดังนั้นหอมแดง NMA07, NMA08 และ NMA09 มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้น้ำหนักผลผลิตสูง จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์และส่งเสริมให้เกษตรกรไทยเพาะปลูกต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต; การคัดเลือก; รวบรวมพันธุ์

ABSTRACT: Shallot is an economically important vegetable. It is consumed in households and used as an industry raw material, and it has been cultivated most prevalently in Southeast Asia. The shallots that are grown in Thailand, however, remain unsettled about their origins and cultivars. This study aimed to collect shallots from Chiang Mai (CMI), Chaiyaphum (CPM), Chiang Rai (CRI), Khon Kaen (KKN), Lamphun (LPN), Mae Hong Son (MSN), Nakhon Ratchasima (NMA), Phetchabun (PNB), Phayao (PYO), Si Sa Ket (SSK), Uttaradit (UTT), Indonesia (IDO) and red onion from India (IND) for evaluating their morphological diversity. The 27 accessions were cultivated in the winter of 2022 with a randomized complete block design (RCBD). The result showed that the bulb colors were classified into red, orangish yellow, and white. Two types of leaf characteristics were identified, erect and intermediate leaves. Red onion (IND01) was found to have the largest leaf diameter, inflorescence number, and inflorescence width; of 9.68 millimeters, 4.5 Inflorescences per tiller, and 79.16 millimeters, respectively. The correlation coefficient (r) values of

* Corresponding author: tkkumm6@gmail.com

Received: date; October 9, 2023 Revised: date; December 12, 2023

Accepted: date; February 1, 2024 Published: date;

the relationship between yield weight after drying and the variables of leaves number, leaves length, leaves diameter, bulb number, and bulb circumference were 0.30, 0.22, 0.14, 0.49, and 0.04, respectively. NMA08 and NMA09 had yield weights after drying of 3,225.49 and 3,356.23 kilograms per rai, respectively. The bulb circumference of NMA07 was 12.14 centimeters and significantly different from those of NMA08 and NMA09, which ranged from 9.88 to 9.93 centimeters, respectively. Therefore, the NMA07, NMA08 and NMA09 shallot cultivars showed optimum growth and development and high yield weight which are suitable for further improvement and promotion to Thai farmers for future cultivation.

Keywords: growth; selection; collection

บทนำ

หอมแดงจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคในครัวเรือนอีกชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกมากในประเทศแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และเวียดนาม เป็นต้น (Sun et al., 2019) ประเทศไทยมีการเพาะปลูกหอมแดงมากในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หอมแดงเป็นทั้งพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศ มีกลิ่นหอมฉุนและให้รสเผ็ดร้อน ผู้บริโภคนิยมนำส่วนหัวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหาร (Markme, 2017) หอมแดงของไทยมีลักษณะเด่นอันเป็นเอกลักษณ์ คือ มีเปลือกนอกสีม่วงปนแดง เปลือกหนาและเหนียว ขนาดหัวใหญ่สม่ำเสมอ กลิ่นหอมฉุน มีรสหวาน และคุณภาพในการเก็บรักษายาวนาน (กฤษณ์, 2556) จากรายงานของ Mnayer et al. (2014) พบว่า หอมแดงมีกัมมะถันเป็นองค์ประกอบหลักจึงทำให้เกิดกลิ่นหอมฉุน (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2555) โดย Jones (1963) รายงานว่าสารสกัดจากหอมแดงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนี้หอมแดงยังประกอบไปด้วยสารประกอบประเภท flavonoid ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับหลอดเลือด และระบบทางเดินหายใจ (Ibbara et al., 2002)

หอมแดง (shallot) (*Allium ascalonicum* L.) มีชุดโครโมโซม ($2n=16$) จัดอยู่ในกลุ่ม *Aggregatum* group และหอมแขก (red onion) (*A. cepa* L.) มีชุดโครโมโซม ($2n=16$) จัดอยู่ในกลุ่ม *Common onion* group (Hao et al., 2011) หอมแดงและหอมแขกจัดอยู่ในวงศ์ *Alliaceae* เป็นพืชล้มลุกสองฤดู (biennial plant) และจัดเป็นพืชผสมข้าม (cross pollination crop) เนื่องจากเกสรเพศผู้พร้อมที่จะถ่ายละอองเรณูก่อนที่เกสรเพศเมียจะพร้อมรับการถ่ายละอองเรณู (protandry) (Kavitha and Reddy, 2018) จากการรายงานของ Shigyo et al. (1996) พบว่าหอมในกลุ่ม *aggregatum* group และ *common onion* group สามารถเกิดการผสมพันธุ์กันได้อย่างอิสระในธรรมชาติ ดังนั้นจึงทำให้มีพันธุ์กรรมที่หลากหลาย และสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อการพัฒนาพันธุ์ได้ ศิวพร และคณะ (2563) รายงานว่า ความเย็นสามารถกระตุ้นให้หอมแดงเกิดการสร้างตาดอก (vernalization) โดยนำหัวพันธุ์แช่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน เมื่อนำไปปลูกหอมแดงจะแทงช่อดอกในระยะเวลา 25 ถึง 26 วัน หลังปลูก การผลิตหอมแดงของเกษตรกรนิยมขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเพาะปลูกสั้น (Shigyo et al., 1996) แต่ในปัจจุบันได้มีการแนะนำให้เกษตรกรใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์มากขึ้น เนื่องจากการใช้หัวพันธุ์ติดต่อกันหลายรุ่นทำให้เกิดปัญหาสะสมของเชื้อโรค ดังนั้นการใช้เมล็ดพันธุ์ในการขยายพันธุ์จึงช่วยลดการเกิดปัญหาดังกล่าว (ณัฐธิดา และ เกวลิน, 2559)

ในปัจจุบันหอมแดงไทยประสบปัญหาทางด้านราคาตกต่ำ เนื่องจากหัวมีขนาดเล็กไม่เหมาะกับธุรกิจแปรรูปและร้านอาหาร พ่อค้าคนกลางจึงได้นำเข้าหอมแขกจากต่างประเทศ เนื่องจากหอมแขกมีข้อได้เปรียบด้านขนาดหัวที่ใหญ่ การจัดการระหว่างนำมาทำอาหารใช้เวลาสั้น ประหยัดต้นทุนแรงงานและเวลาในการจัดการ ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตามกลิ่นและรสชาติอันเป็นเอกลักษณ์ของหอมแดงที่ปลูกในประเทศไทยยังคงเป็นข้อได้เปรียบกว่าหอมแขก (วิโรจน์, 2566) อีกทั้งหอมแดงที่เพาะปลูกในประเทศไทยไม่ทราบที่มาและสายพันธุ์ที่ชัดเจน เนื่องจากการผลิตหอมแดงของเกษตรกรนิยมขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยซื้อหัวพันธุ์จากแหล่งเพาะปลูกต่าง ๆ สลับหมุนเวียนกันไป ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้รวบรวมพันธุ์หอมแดงจากพื้นที่เพาะปลูกสำคัญในประเทศไทย เพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา คัดเลือกพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์หอมแดงให้เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับเกษตรกรไทย

วิธีการศึกษา

รวบรวมพันธุ์หอมแดงจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ชัยภูมิ ขอนแก่น ลำพูน แม่ฮ่องสอน อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ พะเยา ศรีสะเกษ และนครราชสีมา จำนวน 24 เบอร์ หอมแดงจากอินโดนีเซีย 2 เบอร์ และหอมแขกจากอินเดีย 1 เบอร์ (Table 1) วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) รวมทั้งสิ้น 27 เบอร์ จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบไปด้วยหอมแดงจำนวน 32 ต้น โดยเลือกหัวหอมที่มีเส้นรอบวง 4.0 – 6.0 เซนติเมตร ที่ได้จากการปลูกขยายหัวพันธุ์ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง กันยายน ปี พ.ศ. 2565 (Figure 1) เพื่อใช้ปลูกประเมินพันธุ์หอมแดงในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคม ถึง เมษายน ปี พ.ศ. 2565 ถึง 2566 ณ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำหัวพันธุ์แช่ไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ก่อนปลูกประเมินพันธุ์ ใช้ระยะห่างระหว่างต้น 25 x 25 เซนติเมตร ให้น้ำผ่านระบบน้ำหยดทุกวัน ครั้งละ 45 นาที และให้ปุ๋ยผ่านระบบน้ำหยดสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ประกอบไปด้วยปุ๋ยสูตร 21-0-0 ปริมาณ 250 กรัม สูตร 13-0-46 ปริมาณ 130 กรัม สูตร 0-52-34 ปริมาณ 150 กรัม และธาตุอาหารรอง 5 กรัม ละลายในน้ำ 80 ลิตร บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามระบบ International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) ได้แก่ ลักษณะของใบ จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ เมื่อหอมมีอายุ 45 วัน หลังปลูก สำหรับจำนวนช่อดอก ความยาวก้านช่อดอก ความกว้างช่อดอก เมื่อหอมมีอายุ 90 วัน หลังปลูก ทางด้านสีของหัว จำนวนหัว เส้นรอบวงของหัว น้ำหนักผลผลิต และอัตราการติดเมล็ด เมื่อหอมอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวที่ 120 วัน หลังปลูก สำหรับการตัดแต่งผลผลิตทำได้โดยตัดรากให้ชิดกับลำต้น (basal plate) และตัดใบเหนือส่วนคอใบ (neck) 2.0 ถึง 3.0 เซนติเมตร และคัดหัวหอมที่มีก้านช่อดอกอยู่ด้านในทิ้ง เนื่องจากจัดเป็นผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คัดเลือกเบอร์ที่มีลักษณะที่ดีทางพืชสวน ได้แก่ เบอร์ที่มีใบตั้งตรง เมื่อหอมมีอายุ 45 วัน หลังปลูก มีขนาดหัวใหญ่ 5 อันดับแรก (มีเส้นรอบวงของหัว 9.43 ถึง 13.83 เซนติเมตร) มีน้ำหนักผลผลิตดี 5 อันดับแรก (มีน้ำหนักผลผลิต 2401.14 ถึง 3137.02 กิโลกรัมต่อไร่) และมีจำนวนหัวมาก 3 อันดับแรก (มีจำนวนหัว 12.83 ถึง 15.62 หัวต่อกอ) เมื่อหอมอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวที่ 120 วัน หลังปลูก นำเบอร์ที่ผ่านการคัดเลือกผสมตัวเอง (self-pollination) และผสมข้าม (cross-pollination) (Table 2) การคัดเลือกดังกล่าวอ้างอิงจากข้อมูลจากการปลูกประเมินพันธุ์ในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคม ถึง เมษายน ปี พ.ศ. 2564 ถึง 2565 จากนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์แยกแต่ละเบอร์เพื่อนำไปปลูกทดสอบในฤดูกาลถัดไป การผสมตัวเองทำได้โดยใช้ถุงผ้าสีขาวคลุมที่ช่อดอกและปล่อยให้เกิดการผสมตัวเองภายในถุงที่คลุมช่อดอก และผสมข้ามทำได้โดยการตอนเกสรเพศผู้ในระยะดอกตูม (ก่อนกลีบดอกบาน 1 ถึง 2 วัน) เสร็จแล้วคลุมดอกย่อยที่ตอนด้วยหลอดใสที่ด้านหนึ่งปิดด้วยสำลี ถัดไป 3 ถึง 5 วัน ยอดเกสรเพศเมียจึงพร้อมผสม โดยนำเกสรเพศผู้จากเบอร์ที่ต้องการป้ายลงที่ยอดเกสรเพศเมีย เสร็จแล้วผูกเชือกเพื่อทำเครื่องหมายและคลุมดอกย่อยไว้เช่นเดิม นำหลอดคลุมดอกย่อยออกเมื่อมีการขยายขนาดของฐานรองกลีบดอก นั่นแปลว่าการผสมนั้นสำเร็จ แต่หากไม่สำเร็จดอกย่อยดังกล่าวจะเหี่ยวแห้งไป และคำนวณอัตราการติดเมล็ดได้จากสูตร อัตราการติดเมล็ด = (จำนวนดอกที่ติดเมล็ด / จำนวนดอกทั้งหมด) x 100



Figure 1 Bulb of shallot and red onion were cultivated in August to September, 2022: (A) CMI01; (B) CMI02; (C) CMI04; (D) CPM01; (E) CRI01; (F) IDO02; (G) IDO03; (H) KKN01; (I) LPN03; (J) LPN05; (K) MSN01; (L) NMA02; (M) NMA04; (N) NMA05; (O) NMA07; (P) NMA08; (Q) NMA09; (R) NMA10; (S) PNB01; (T) PNB02; (U) PYO01; (V) PYO04; (W) SSK03; (X) UTT02; (Y) UTT05; (Z) UTT07; (AA) IND01

ผลการศึกษา

การปลูกประเมินพันธุ์หอมแดงในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคม ถึง เมษายน ปี พ.ศ. 2565 ถึง 2566 ผลการศึกษาพบว่าสามารถจำแนกลักษณะของใบได้ 2 ประเภท ได้แก่ ใบโค้งงอ (intermediate) (Figure 2A) และใบตั้งตรง (erect) (Figure 2B) หอมแดงจากอินโดนีเซียทั้ง 2 เบอร์ IDO02 และ IDO03 มีลักษณะใบตั้งตรง (Figure 2B) ขณะที่หอมแดงจากไทยและหอมแขกจากอินเดีย (IND01) มีลักษณะใบโค้งงอ (Figure 2A) ลักษณะใบตั้งตรงทำให้การจัดการและการดูแลระหว่างเพาะปลูกง่ายกว่าใบโค้งงอเนื่องจากมีความเป็นระเบียบมากกว่า และมีแนวโน้มที่จะใช้ระยะปลูกละน้อยกว่า 25 x 25 เซนติเมตร สำหรับสีของหัวหอมสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ สีแดง (Figure 3A) สีเหลืองส้ม (Figure 3B) (PNB01) และสีขาว (Figure 3C) (CPM01 และ PNB02) โดยเบอร์ที่ไม่ได้กล่าวถึงในข้างต้นมีหัวหอมสีแดงทั้งหมด (Figure 3A) สีแดงของหัวหอมมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์รงควัตถุแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีลักษณะการถ่ายทอดเชิงปริมาณ Quantitative trait loci (QTLs) และถูกควบคุมโดยยีน *DFR*: dihydroflavonol 4-reductase และ *ANS*: anthocyanidin synthase โดยยีน *DFR* ควบคุมการแสดงออกลักษณะสีแดงของหัวหอม และยีน *ANS* ควบคุมการแสดงออกลักษณะสีชมพูของหัวหอม ซึ่งถ้าหากยีนเหล่านี้ไม่ทำงานจะมีผลยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน หัวหอมนั้นจะมีลักษณะเป็นสีเหลืองหรือขาว นอกจากนี้คุณภาพและปริมาณของแอนโทไซยานิน มีความแตกต่างกันในหอมแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพแวดล้อม แสง อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาผลผลิต (Choi et al., 2020) โดยในประเทศไทยนิยมบริโภคหัวหอมสีแดง ซึ่งเป็นลักษณะที่ตลาดต้องการ (กฤษณ์, 2556)

ผลการบันทึกจำนวนใบตอก ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนหัวตอก ขนาดเส้นรอบวงของหัวหอม อัตราการสูญเสีย น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง น้ำหนักผลผลิตหลังตากผึ่งลม จำนวนช่อดอกตอก ความยาวก้านช่อดอก และความกว้างช่อดอก พบว่าทุกเบอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ บันทึกข้อมูลจำนวนใบ ความยาวใบ และความกว้างใบ เมื่อมีอายุ 45 วัน หลังปลูก พบว่า CRI01 และ

NMA05 มีจำนวนใบ 39.89 และ 51.06 ใบต่อกอ ตามลำดับ โดย IND01, CPM01, PNB01 และ PNB02 มีจำนวนใบน้อยกว่า มีค่าอยู่ในช่วง 10.55 ถึง 21.66 ใบต่อกอ ความยาวใบของ IND01 มีค่าสูงเท่ากับ 62.55 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ IDO03, NMA07, NMA08, NMA09 และ PYO04 โดยมีความยาวใบอยู่ในช่วง 52.61 ถึง 55.52 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม IND01 มีค่ามากกว่า CPM01, PNB01 และ PNB02 ซึ่งมีความยาวใบอยู่ในช่วง 42.08 ถึง 49.80 เซนติเมตร สำหรับความกว้างใบ พบว่า IND01 มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดเท่ากับ 9.68 มิลลิเมตร รองลงมาคือ IDO02, IDO03, NMA07, NMA08, NMA09 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.88 ถึง 7.79 มิลลิเมตร ขณะที่ PNB01, PNB02 และ CPM01 มีค่าน้อยกว่าอยู่ในช่วง 5.15 ถึง 5.66 มิลลิเมตร (Table 3)

จำนวนหัวต่อกอหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมีอายุ 120 วัน หลังปลูก พบว่า NMA05 มีจำนวนหัวมากที่สุดเท่ากับ 12.31 หัวต่อกอ รองลงมาคือ IND01, NMA08 และ NMA09 มีค่าเท่ากับ 7.36 ถึง 8.45 หัวต่อกอ ขณะที่ NMA07, PNB01, PNB02 และ CPM01 มีจำนวนหัวน้อยกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.80 ถึง 4.56 หัวต่อกอ (Table 3) บันทึกน้ำหนักสดหลังตัดแต่ง ณ วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (ต้นหอมแดงมีอายุ 120 วัน หลังปลูก) พบว่า NMA05, PYO01, NMA07 และ IND01 มีอัตราการสูญเสียอยู่ในช่วง 25.59 ถึง 33.42 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ KKN01, CMI02, LPN03, NMA08 และ NMA09 มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดหลังตัดแตงน้อยกว่าอยู่ในช่วง 13.30 ถึง 18.03 เปอร์เซ็นต์ บันทึกขนาดเส้นรอบวงของหัวและน้ำหนักผลผลิตหลังตากฝัองลม 30 วัน หลังเก็บเกี่ยว พบว่า IND01 มีขนาดเส้นรอบวงของหัวมากที่สุดเท่ากับ 13.97 เซนติเมตร รองลงมาคือ NMA07 มีค่าเท่ากับ 12.14 เซนติเมตร ซึ่งมีความมากกว่า PNB01, PNB02, CPM01, NMA08 และ NMA09 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.17 ถึง 10.33 เซนติเมตร (Figure 4) NMA08 และ NMA09 มีแนวโน้มน้ำหนักผลผลิตหลังตากฝัองลมสูงเท่ากับ 3,225.49 และ 3,356.23 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ NMA07 และ IND01 มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 2,219.16 และ 2,224.26 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างน้ำหนักหลังตากฝัองลมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนใบ ความยาวใบ และจำนวนหัว มีค่าเท่ากับ 0.30, 0.22 และ 0.49 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างเส้นรอบวงของหัวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความกว้างใบ มีค่าเท่ากับ 0.56 และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนใบ มีค่าเท่ากับ -0.36 (Table 5) การสร้างหัวของหอมพบว่ามีความสัมพันธ์กับความยาวใบและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความยาววัน (Okporie and Ekpe, 2008) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าขนาดของหัวหอมมีปัจจัยส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนใบและความกว้างใบ น้ำหนักผลผลิตหลังตากฝัองลมมีปัจจัยส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนใบ ความยาวใบ และจำนวนหัว ดังนั้นหากต้องการคัดเลือกต้นหอมที่มีขนาดหัวใหญ่และให้น้ำหนักผลผลิตดีสามารถประเมินเบื้องต้นได้จากปัจจัยดังกล่าว

จำนวนช่อดอกต่อกอ ความยาวก้านช่อดอก และความกว้างช่อดอก เมื่อมีอายุ 90 วัน หลังปลูก พบว่า IND01 มีจำนวนช่อดอกและความกว้างช่อดอกมากที่สุด เท่ากับ 4.5 ดอกต่อกอ และ 79.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมา คือ CRI01, KKN01 และ NMA05 มีค่าอยู่ในช่วง 3.23 ถึง 3.78 ดอกต่อกอ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ LPN03, NMA07, NMA08 และ NMA09 มีค่าอยู่ในช่วง 1.17 ถึง 1.78 ดอกต่อกอ สำหรับความกว้างช่อดอก พบว่า CRI01, KKN0, NMA02, NMA07 และ UTT05 มีค่าอยู่ในช่วง 61.19 ถึง 63.81 มิลลิเมตร ซึ่งมีความมากกว่า NMA05 และ UTT02 มีค่าเท่ากับ 46.68 และ 48.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวก้านช่อดอก พบว่า IND01 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับ NMA09, UTT05 และ NMA10 มีค่าอยู่ในช่วง 82.67 ถึง 91.34 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าหอมแดงที่มีหัวสีเหลืองส้ม PNB01 และหัวสีขาว CPM01 และ PNB02 ไม่มีการแทงช่อดอก (Table 7) แม้ว่าจะนำหัวพันธุ์แช่ไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วันแล้วก็ตาม เป็นไปได้ว่าระยะเวลาในการได้รับความเย็นยังไม่เหมาะสมเพื่อชักนำให้เกิดการสร้างตาออก อีกทั้งสภาพแวดล้อมหลังปลูกมีผลอย่างมากต่อการแทงช่อดอก โดยในช่วงที่เริ่มมีการแทงช่อดอกอยู่ในระหว่างเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนเฉลี่ย 30/17 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566) ความต้องการอุณหภูมิเย็นเพื่อกระตุ้นการแทงช่อดอก (vernalization) ของหอมแตกต่างกันไปตามพันธุ์ อุณหภูมิระหว่าง 5 ถึง 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ถึง 120 วัน คือช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชักนำให้เกิดการสร้างตาออก อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่ทนต่อการแทงช่อดอกต้องการความเย็นนานขึ้น 154 ถึง 185 วัน การศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิต่อการแทงช่อดอกของหอมหัวใหญ่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นให้เกิด inflorescence primordial มีค่าอยู่ในช่วง 9 ถึง 13 องศาเซลเซียส (Khokhar, 2017)

จากการบันทึกอัตราการติดเมล็ดของหอมแดงและหอมแขก พบว่าผสมข้ามมีทั้งหมด 5 คู่ผสม ได้แก่ IND01 x PYO04, IND01 x UTT05, CMI02 x IND01, NMA05 x IND01, NMA09 x IND01 มีอัตราการติดเมล็ดเฉลี่ย 1.09 ถึง 3.26 เปอร์เซ็นต์ และผสมตัวเองมีทั้งหมด

6 เบอร์ ได้แก่ CMI02 ⊗, CRI01 ⊗, IDO03 ⊗, NMA10 ⊗, PYO04 ⊗, IND01 ⊗ มีอัตราการติดเมล็ดเฉลี่ย 1.09 ถึง 53.26 เปอร์เซ็นต์ (Table 6) ซึ่งทั้งสองมีอัตราการติดเมล็ดที่ค่อนข้างต่ำอันเป็นผลมาจากอุณหภูมิในช่วงที่พร้อมผสมเกสรอยู่ในระหว่างมีนาคม มีอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนเฉลี่ย 35/21 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566) ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม มีค่าอยู่ในช่วง 28 ถึง 32 องศาเซลเซียส Kavitha and Reddy, 2019) นอกจากนี้ Khokhar (2017) รายงานว่า อัตราการติดเมล็ดของหอมหัวใหญ่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยภายใน หรือ พันธุกรรม และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อายุของหัวพันธุ์ ขนาดของหัวพันธุ์ ความยาววันสภาพแวดล้อมหลังการปลูก อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหลังจากเริ่มมีการแทงดอกเป็นผลให้เกิดการแปรผันกลับ (devernalization) จาก floral state ไปสู่ vegetative state ซึ่งส่งผลให้ช่อดอกและเมล็ดผิดปกติ ดอกย่อยมีอัตราการติดเมล็ดต่ำส่งผลให้มีจำนวนเมล็ดลดลง อุณหภูมิ 28 ถึง 30 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษาหัวพันธุ์มีผลยับยั้งการพัฒนาของตาดอก

โดยทั่วไปแล้วหอมแดงที่ผลิตในช่วงฤดูหนาวมีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วง 70 ถึง 90 วัน หลังปลูก แต่การปลูกประเมินพันธุ์ในการทดลองนี้ได้ทำการปลูกทดสอบร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์หอมแดง ซึ่งเมล็ดพันธุ์หอมแดงมีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 120 วัน หลังปลูก ดังนั้นการปลูกประเมินพันธุ์ในครั้งนี้จึงเก็บเกี่ยวผลผลิตหอมแดงในช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ เมื่อมีอายุ 120 วัน หลังปลูก ยกเว้น CPM01, PNB01 และ PNB02 มีอายุเก็บเกี่ยว 80 วัน หลังปลูก เนื่องจากไม่มีการแทงช่อดอก จึงทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตเร็วกว่าเบอร์อื่น ๆ นอกจากจะใช้อายุเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์หลักแล้ว ยังใช้การประเมินลักษณะของต้นประกอบด้วย โดยหอมที่ถึงอายุเก็บเกี่ยวบริเวณคอ (neck) ของหอมจะอ่อนและล้มลง การสร้างหัวของหอมแดงเกิดขึ้นระหว่างเดือนธันวาคม ถึง กุมภาพันธ์ โดยในช่วงเวลานั้นจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทยมีความยาววันเฉลี่ย 11 ชั่วโมง (สมาคมดาราศาสตร์ไทย, 2565) และ (สมาคมดาราศาสตร์ไทย, 2566) และมีอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนเฉลี่ย 31/17 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565) และ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566) สอดคล้องกับการรายงานของ Khokhar (2017) กล่าวว่า ที่ความยาววัน 12 ชั่วโมง พบว่าหอมหัวใหญ่พันธุ์ Hagaz Red 2 ต้องการอุณหภูมิสะสม (growing degree days: GDD) เท่ากับ 482 GDD เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของหัวหอม (bulb initiation) โดยมีอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน เท่ากับ 30/15 องศาเซลเซียส ระยะปลูกที่มีความเหมาะสมเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม เนื่องจากความหนาแน่นของประชากรมีอิทธิพลต่อขนาดของหัวและปริมาณผลผลิต โดยจำนวนต้นหอมที่ปลูกต่อพื้นที่ที่มีความหนาแน่นมาก ส่งผลให้มีพื้นที่ใบมาก ทำให้เกิดการแข่งขันทั้งด้านธาตุอาหาร ปริมาณน้ำและแสง เป็นต้น ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและการพัฒนาไม่เต็มที่ หัวหอมที่ได้จึงมีขนาดเล็กและมีปริมาณผลผลิตต่ำ (Khokhar, 2017)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565) รายงานว่า ผลผลิตหอมแดงรวมทั้งประเทศในปี 2564 และ 2565 มีค่าเท่ากับ 2,694 และ 2,542 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ NMA08 และ NMA09 มีแนวโน้มผลผลิตที่ดีกว่า มีค่าเท่ากับ 3,225.49 และ 3,356.23 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีเบอร์ CMI02, NMA02, NMA05, SSK03 และ UTT02 มีน้ำหนักผลผลิตอยู่ในช่วง 2656.71 ถึง 2970.50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยในปี 2565 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2551) กำหนดเกณฑ์มาตรฐานขนาดของหัวหอมแดงเบอร์ 1 ว่าต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 เซนติเมตร หรือ มีเส้นรอบวงของหัวมากกว่า 9.42 เซนติเมตร โดยเบอร์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ NMA04, NMA08, CMI02, NMA09, CPM01, PNB01 มีค่าอยู่ในช่วง 9.54 ถึง 10.33 เซนติเมตร และ NMA07 มีค่าเท่ากับ 12.14 เซนติเมตร มาตรฐานเบอร์ 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 2.51 ถึง 3.00 เซนติเมตร มาตรฐานเบอร์ 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 2.01 ถึง 2.50 เซนติเมตร และมาตรฐานเบอร์ 4 มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1.00 ถึง 2.00 เซนติเมตร ผลผลิตหอมแดงในประเทศมีความหลากหลายของสีเปลือกและขนาดของหัว สำหรับขนาดหัวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากหอมแดงในปัจจุบันนอกจากจะนำมาประกอบอาหาร และแปรรูป ซึ่งถ้าหัวหอมมีขนาดเล็กจะทำให้เสียเวลาในการจัดการเมื่อนำมาทำอาหาร หรือผ่านกระบวนการแปรรูป จึงเป็นที่มาของการนำเข้าหอมแขกเพื่อมาทดแทนหอมแดงไทย แต่หอมแขกยังมีกลิ่นหอมฉุนไม่รุนแรงเท่ากับหอมแดง (วิโรจน์, 2566) ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์จึงมุ่งเน้นพัฒนาพันธุ์หอมแดงให้มีขนาดหัวใหญ่ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและอุตสาหกรรมแปรรูป



Figure 2 Leaf characteristics of shallot and red onion: (A) Intermediate leaves showed that the shallot from Thailand (CMI01, CMI02, CMI04, CPM01, CRI01, KKN01, LPN03, LPN05, MSN01, NMA02, NMA04, NMA05, NMA07, NMA08, NMA09, NMA10, PNB01, PNB02, PYO01, PYO04, SSK03, UTT02, UTT05, and UTT07) and red onion from India (IND01); (B) Erect leaves showed that the shallot from Indonesia (IDO02 and IDO03)

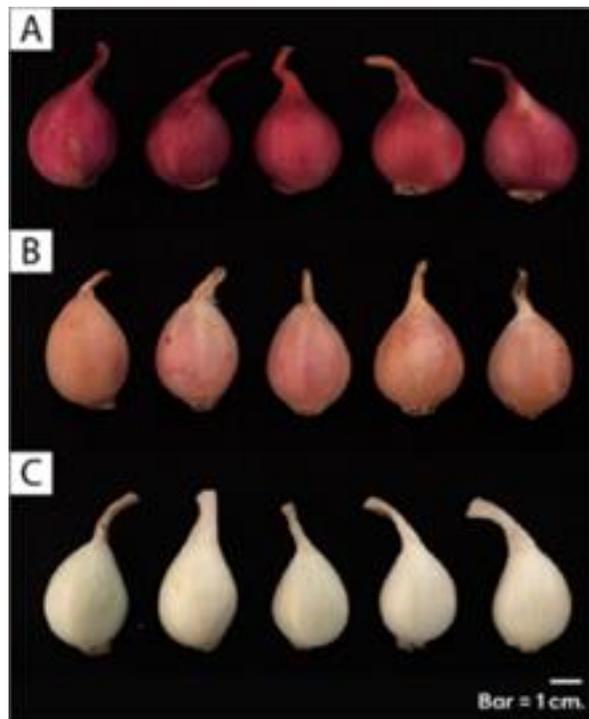


Figure 3 Bulb colors of shallot and red onion: (A) Red bulbs color, Chiang Mai (CMI01, CMI02, and CMI04), Chiang Rai (CRI01), Khon Kaen (KKN01), Lamphun (LPN03 and LPN05), Mae Hong Son (MSN01), Nakhon Ratchasima (NMA02, NMA04, NMA05, NMA07, NMA08, NMA09, and NMA10), Phayao (PYO01 and PYO04), Si Sa Ket (SSK03), Uttaradit (UTT02, UTT05, and UTT07), Indonesia (IDO02 and IDO03) and red onion from India (IND01); (B) Orangish yellow bulb color, Phetchabun (PNB01); (C) White bulbs color, Chaiyaphum (CPM01) and Phetchabun (PNB02)

Table 3 Leaf number, leaf length, leaf diameter, and bulb number of shallot and red onion

Code	Leaf number (leaf/tiller)	Leaf length (cm)	Leaf diameter (mm)	Bulb number (bulb/tiller)
CMI01	20.00±5.67 ^{g-k}	48.78±5.55 ^{bc}	6.00±0.33 ^{c-f}	6.04±0.84 ^{b-g}
CMI02	29.94±10.26 ^{b-h}	50.50±1.30 ^{bc}	5.96±0.79 ^{c-f}	6.86±1.31 ^{b-f}
CMI04	32.56±11.60 ^{b-g}	48.89±7.28 ^{bc}	4.62±0.58 ^f	6.05±1.75 ^{b-g}
CPM01	20.83±3.77 ^{g-k}	49.80±3.54 ^{bc}	5.66±0.54 ^{c-f}	4.56±0.17 ^{f-h}
CRI01	39.89±8.37 ^{ab}	47.38±4.22 ^{bc}	5.00±0.08 ^f	6.21±1.27 ^{b-g}
IDO02	28.56±2.26 ^{b-i}	48.15±3.55 ^{bc}	7.03±0.52 ^{b-d}	6.06±0.66 ^{b-g}
IDO03	37.89±8.63 ^{bc}	55.08±5.70 ^{ab}	7.18±0.73 ^{bc}	6.78±0.86 ^{b-f}
IND01	20.33±1.45 ^{g-k}	62.55±10.11 ^a	9.68±0.32 ^a	8.11±1.02 ^{b-c}
KKN01	32.00±5.20 ^{b-g}	50.32±7.02 ^{bc}	5.60±0.74 ^{c-f}	7.28±2.25 ^{b-e}
LPN03	13.50±1.80 ^{jk}	47.34±4.80 ^{bc}	5.58±0.90 ^{c-f}	4.72±1.75 ^{d-h}
LPN05	17.78±3.26 ^{h-k}	50.36±1.38 ^{bc}	5.81±0.31 ^{c-f}	5.09±0.25 ^{d-h}
MSN01	22.33±3.00 ^{f-k}	54.56±5.11 ^{ab}	5.84±0.17 ^{c-f}	4.58±0.08 ^{e-h}
NMA02	26.11±7.70 ^{c-j}	52.40±3.47 ^{a-c}	6.84±1.15 ^{b-e}	7.29±0.98 ^{b-e}
NMA04	24.17±1.76 ^{d-k}	46.55±3.08 ^{bc}	5.87±1.94 ^{c-f}	5.72±0.55 ^{c-g}
NMA05	51.06±2.69 ^a	53.36±2.93 ^{ab}	5.27±0.22 ^{d-f}	12.31±3.64 ^a
NMA07	13.67±0.10 ^{jk}	55.42±6.00 ^{ab}	7.79±1.00 ^b	2.80±1.00 ^h
NMA08	29.94±10.72 ^{b-h}	54.17±7.44 ^{ab}	6.93±1.04 ^{b-e}	7.36±0.67 ^{b-d}
NMA09	37.50±11.72 ^{b-d}	52.61±0.85 ^{a-c}	6.88±1.32 ^{b-e}	8.45±0.84 ^b
NMA10	36.17±6.77 ^{b-e}	54.50±1.71 ^{ab}	6.35±1.86 ^{b-f}	6.94±1.16 ^{b-f}
PNB01	21.66±7.77 ^{f-k}	45.18±4.74 ^{bc}	5.15±0.41 ^{ef}	4.25±0.58 ^{f-h}
PNB02	10.55±4.19 ^k	42.08±2.54 ^c	5.19±0.92 ^{ef}	4.03±0.65 ^{gh}
PYO01	38.89±4.85 ^{bc}	48.67±6.49 ^{bc}	5.26±1.20 ^{d-f}	6.15±2.48 ^{b-g}
PYO04	35.06±3.92 ^{b-f}	55.52±4.60 ^{ab}	5.64±0.78 ^{c-f}	6.82±0.90 ^{b-f}
SSK03	23.67±1.92 ^{e-k}	48.95±5.45 ^{bc}	5.67±0.77 ^{c-f}	6.34±0.69 ^{b-g}
UTT02	27.22±6.08 ^{b-j}	51.91±0.37 ^{a-c}	5.49±1.21 ^{c-f}	6.61±1.09 ^{b-g}
UTT05	15.78±3.43 ^{i-k}	54.93±11.71 ^{ab}	6.33±1.08 ^{b-f}	4.61±0.90 ^{e-h}
UTT07	23.92±3.58 ^{d-k}	53.97±3.11 ^{ab}	6.02±0.30 ^{c-f}	5.80±1.97 ^{b-g}
F-test	*	*	*	*
CV (%)	25.88	10.89	15.14	21.94

* Means followed by the same letter in the same column were not significantly different according to the Duncan test at $P \leq 0.05$

Table 4 Bulb circumference, fresh weight loss percentage, and yield after drying of shallot and red onion

Code	Bulb circumference (cm)	Fresh weight loss Percentage (%)	Yield weight after drying (kg/rai)
CMI01	8.97±0.45 ^{c-f}	19.08±2.96 ^{c-g}	2339.56±191.21 ^{c-j}
CMI02	9.86±0.78 ^{c-e}	14.79±0.49 ^{f-g}	2656.71±193.48 ^{a-g}
CMI04	8.46±1.07 ^{ef}	20.43±2.98 ^{c-g}	2449.07±265.26 ^{c-j}
CPM01	10.13±0.45 ^{c-e}	23.94±6.35 ^{b-d}	1924.10±120.60 ^{f-l}
CRI01	8.35±1.06 ^{ef}	22.21±3.03 ^{c-f}	1744.68±267.89 ^{i-l}
IDO02	8.75±1.20 ^{c-f}	23.68±4.21 ^{b-e}	2005.05±132.27 ^{e-k}
IDO03	9.11±0.59 ^{c-f}	20.30±3.69 ^{c-g}	2497.94±301.73 ^{b-i}
IND01	13.97±1.66 ^a	30.25±2.76 ^{ab}	2224.36±76.96 ^{c-k}
KKN01	8.39±0.23 ^{ef}	13.30±4.72 ^g	2345.31±283.96 ^{c-j}
LPN03	9.12±0.33 ^{c-f}	14.98±5.25 ^{f-g}	1700.57±201.45 ^{j-l}
LPN05	8.68±0.78 ^{d-f}	15.60±4.35 ^{d-g}	2444.36±246.03 ^{c-j}
MSN01	8.67±0.53 ^{d-f}	21.75±3.56 ^{c-g}	2124.70±51.20 ^{d-k}
NMA02	9.26±0.30 ^{c-f}	21.25±6.69 ^{c-g}	2869.33±471.84 ^{a-d}
NMA04	9.54±0.81 ^{c-e}	30.80±0.21 ^{ab}	2165.84±224.62 ^{d-k}
NMA05	7.69±0.33 ^f	33.42±1.18 ^a	2766.22±531.47 ^{a-e}
NMA07	12.14±2.00 ^b	25.59±2.03 ^{a-c}	2219.11±138.67 ^{c-k}
NMA08	9.67±0.29 ^{c-e}	15.60±2.87 ^{d-g}	3225.49±323.98 ^{ab}
NMA09	9.88±0.44 ^{c-e}	15.28±3.61 ^{e-g}	3356.23±334.78 ^a
NMA10	8.85±0.64 ^{c-f}	18.94±5.59 ^{c-g}	2328.92±525.78 ^{c-j}
PNB01	10.33±0.55 ^c	18.03±3.39 ^{c-g}	1802.67±83.31 ^{h-l}
PNB02	9.17±0.62 ^{c-f}	21.56±2.33 ^{c-g}	1194.94±1.7.08 ^l
PYO01	8.64±0.11 ^{d-f}	32.43±6.74 ^a	1487.85±412.47 ^{kl}
PYO04	9.31±0.18 ^{c-e}	19.53±6.99 ^{c-g}	2540.60±143.45 ^{b-h}
SSK03	9.14±0.47 ^{c-f}	18.64±5.92 ^{c-g}	2697.96±207.16 ^{a-f}
UTT02	8.94±0.31 ^{c-f}	18.41±5.98 ^{c-g}	2970.5±164.29 ^{a-c}
UTT05	9.22±1.17 ^{c-f}	20.50±3.40 ^{c-g}	2387.49±366.07 ^{c-j}
UTT07	9.10±0.56 ^{c-f}	31.69±3.20 ^{ab}	1884.45±513.92 ^{g-l}
F-test	*	*	*
CV (%)	8.58	20.15	17.22

* Means followed by the same letter in the same column were not significantly different according to the Duncan test at P≤0.05

Table 5 Correlation coefficient (r) of leaf number, leaf length, leaf diameter, bulb number, bulb circumference, and yield after drying of shallot and red onion

Trait	Leaf number (leaf/tiller)	Leaf length (cm)	leaf diameter (mm)	Bulb number (bulb/tiller)	Bulb circumference (cm)	Yield weight after drying (kg/rai)
Leaf number (leaf/tiller)	1					
Leaf length (cm)	0.21	1				
leaf diameter (mm)	-0.13	0.46**	1			
Bulb number (bulb/tiller)	0.68**	0.24*	0.05	1		
Bulb circumference (cm)	-0.36**	0.12	0.56**	-0.17	1	
Yield after drying (kg/rai)	0.30**	0.22*	0.14	0.49**	0.04	1

* mean correlation is significantly different at $P \leq 0.05$ level (2-tailed)

** mean correlation is significantly different at $P \leq 0.01$ level (2-tailed)

Table 6 Seed set of shallot and red onion in self-pollination and cross-pollination

Code	Seed set (%)	Code	Seed set (%)	Code	Seed set (%)
CMI02 ⊗	53.26	PYO04 ⊗	2.17	CMI02 × IND01	1.09
CRI01 ⊗	1.09	IND01 ⊗	20.65	NMA05 × IND01	1.09
IDO03 ⊗	1.09	IND01 × PYO04	3.26	NMA09 × IND01	1.09
NMA10 ⊗	43.48	IND01 × UTT05	3.26		

Table 7 Inflorescence number, scape length, and inflorescence width of shallot and red onion

Code	Inflorescence number (inflorescence /tiller)	Scape length (cm)	Inflorescence width (mm)
CMI01	1.42±0.42 ^{i-k}	73.50±8.50 ^{c-f}	58.02±1.00 ^{b-e}
CMI02	2.44±0.42 ^{e-h}	80.39±3.14 ^{b-d}	51.72±9.31 ^{c-f}
CMI04	2.060.79± ^{g-i}	76.06±5.00 ^{b-f}	53.76±11.52 ^{b-f}
CPM01	NA	NA	NA
CRI01	3.61±0.25 ^{bc}	75.56±2.62 ^{b-f}	63.02±8.93 ^{bc}
IDO02	2.17±0.17 ^{f-i}	69.89±10.92 ^{d-f}	54.90±9.90 ^{b-f}
IDO03	2.21±0.44 ^{f-i}	68.61±5.16 ^f	50.92±9.50 ^{d-f}
IND01	4.50±0.87 ^a	91.34±5.92 ^{ab}	79.16±2.96 ^a
KKN01	3.28±0.48 ^{b-d}	81.89±5.77 ^{a-c}	61.52±2.20 ^{b-d}
LPN03	1.17±0.17 ^k	78.62±183 ^{b-f}	53.44±7.17 ^{b-f}
LPN05	2.22±0.10 ^{f-i}	75.50±0.73 ^{b-f}	53.35±0.65 ^{b-f}
MSN01	1.25±0.25 ^{jk}	68.67±10.17 ^f	60.20±0.87 ^{b-d}
NMA02	1.51±0.32 ^{i-k}	82.57±8.36 ^{a-c}	63.54±3.65 ^b
NMA04	2.00±0.50 ^{h-j}	73.17±1.89 ^{c-f}	58.67±4.57 ^{b-e}
NMA05	3.78±0.86 ^b	69.28±6.51 ^{ef}	46.68±6.26 ^f
NMA07	1.67±0.58 ^{h-k}	74.67±1.00 ^{b-f}	61.19±2.43 ^{b-d}
NMA08	1.78±0.10 ^{h-k}	76.56±3.31 ^{b-f}	58.24±1.00 ^{b-e}
NMA09	1.78±0.77 ^{h-k}	84.47±2.19 ^{ab}	59.12±2.99 ^{b-e}
NMA10	2.81±0.20 ^{d-g}	82.67±4.50 ^{a-c}	53.18±4.57 ^{b-f}
PNB01	NA	NA	NA
PNB02	NA	NA	NA
PYO01	3.11±0.67 ^{b-e}	77.95±5.31 ^{b-f}	51.68±1.52 ^{c-f}
PYO04	2.89±0.69 ^{c-f}	79.05±6.84 ^{b-f}	54.31±5.22 ^{b-f}
SSK03	2.39±0.38 ^{e-h}	78.39±4.60 ^{b-f}	58.14±11.07 ^{b-e}
UTT02	2.11±0.19 ^{f-i}	79.78±2.52 ^{b-e}	48.77±7.51 ^{ef}
UTT05	1.89±0.25 ^{h-k}	83.11±7.46 ^{a-c}	63.81±7.32 ^b
UTT07	2.34±0.34 ^{f-h}	80.92±5.29 ^{b-c}	57.89±2.16 ^{b-f}
F-test	*	*	*
CV (%)	17.68	6.96	10.02

* Means followed by the same letter in the same column were not significantly different according to the Duncan test at P≤0.05

NA: not analysis

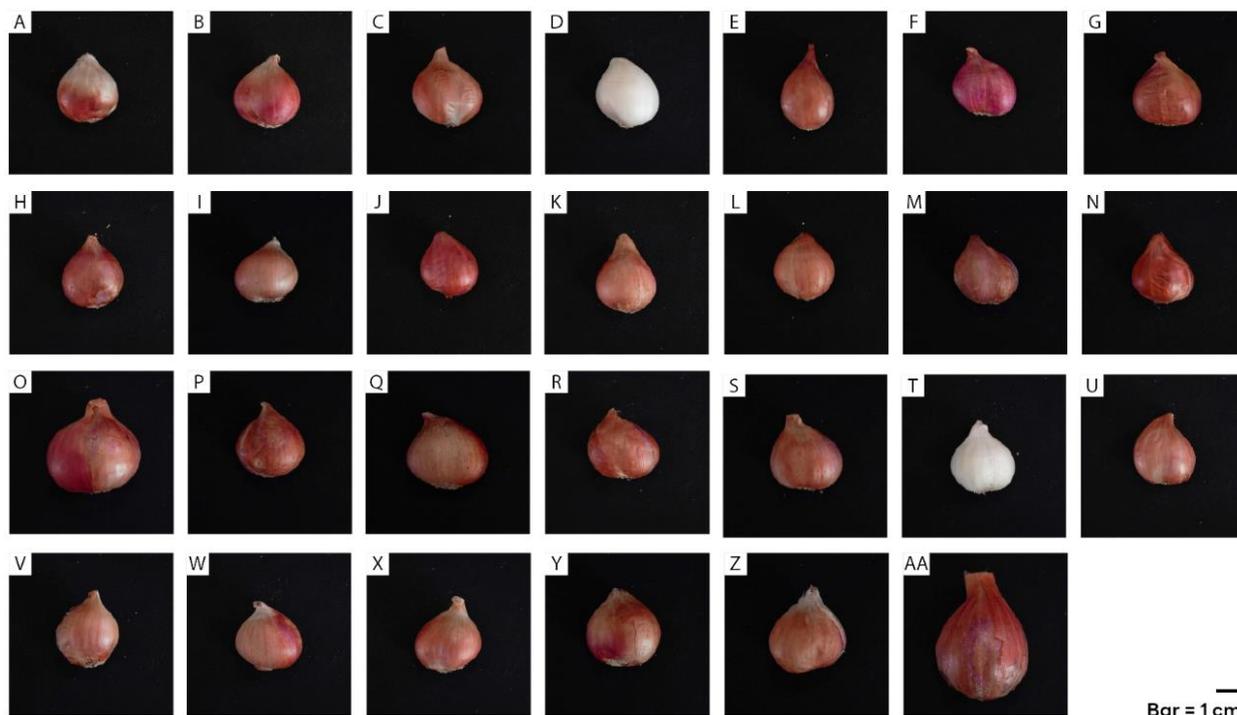


Figure 4 Bulb of shallot and red onion were cultivated in December, 2022 to April, 2023: (A) CMI01; (B) CMI02; (C) CMI04; (D) CPM01; (E) CRI01; (F) IDO02; (G) IDO03; (H) KKN01; (I) LPN03; (J) LPN05; (K) MSN01; (L) NMA02; (M) NMA04; (N) NMA05; (O) NMA07; (P) NMA08; (Q) NMA09; (R) NMA10; (S) PNB01; (T) PNB02; (U) PYO01; (V) PYO04; (W) SSK03; (X) UTT02; (Y) UTT05; (Z) UTT07; (AA) IND01

สรุป

การปลูกประเมินพันธุ์หอมแดงในครั้งนี้สรุปผลการศึกษาได้ว่า หอมแดงมีลักษณะสัณฐานวิทยาแตกต่างกัน สามารถจำแนกลักษณะของใบได้ 2 ประเภท ได้แก่ ใบตั้งตรง (erect) และใบโค้งงอ (intermediate) โดยหอมแดงจากอินโดนีเซียทั้ง 2 เบอร์ IDO02 และ IDO03 มีลักษณะใบตั้งตรง ขณะที่หอมแดงจากไทยและหอมแขกจากอินเดีย (IND01) มีลักษณะใบโค้งงอ สำหรับสีของหัวหอมสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ สีแดง สีเหลืองส้ม (PNB01) และสีขาว (CPM01 และ PNB02) เบอร์ที่ไม่ได้กล่าวถึงในข้างต้นมีหัวหอมสีแดงทั้งหมด น้ำหนักผลผลิตหลังตากแห้งของ NMA08 และ NMA09 มีแนวโน้มที่ดีกว่าผลผลิตหอมแดงรวมทั้งประเทศ โดยมีค่าเท่ากับ 3,225.49 และ 3,356.23 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ NMA07 และ IND01 มีขนาดเส้นรอบวงของหัวมากกว่าหอมแดงเบอร์อื่น ๆ และจัดอยู่ในมาตรฐานเบอร์ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.14 และ 13.97 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้นหอมแดง NMA07, NMA08 และ NMA09 มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้น้ำหนักผลผลิตสูง จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ โดยอาจจะผสมข้ามกับ IDO02, IDO03 และ IND01 เพื่อคุณภาพและส่งเสริมให้เกษตรกรไทยเพาะปลูกต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันหอมแดงที่เพาะปลูกในประเทศไทยไม่ทราบที่มาและสายพันธุ์ที่ชัดเจน เนื่องจากเกษตรกรนิยมซื้อหัวพันธุ์จากแหล่งเพาะปลูกต่าง ๆ สลับหมุนเวียนกันไป พันธุ์หอมแดงที่รวบรวมจากพื้นที่เพาะปลูกสำคัญในประเทศไทยมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นการจำแนกหอมแดงโดยใช้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับการประเมินลักษณะทางพันธุกรรม และยืนยันสายพันธุ์ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล โดยนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้ประกอบการคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์หอมแดง เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสูง มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่เพาะปลูกก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับเกษตรกรไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2565. ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด-ต่ำสุด และปริมาณฝน ของภาคเหนือ. แหล่งข้อมูล: http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566. ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด-ต่ำสุด และปริมาณฝน ของภาคเหนือ. แหล่งข้อมูล: http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- กฤษณ์ ลินวัฒนา. 2556. รายงานโครงการวิจัยกรมวิชาการเกษตร การจำแนกพันธุ์หอมแดงและหอมแดงลูกผสม. แหล่งข้อมูล: <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/292204>. ค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2566.
- จันทร์เพ็ญ แสงประกาย, เกศศิณี ตระกูลทิวากร, เพ็ญใจ ตั้งคณะกุล และชอติธดา เทียงพุก. 2555. ฤทธิ์ต้านการแบ่งเซลล์ของพืชบางชนิดที่เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงเขียวหวานต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 4(7): 23-36.
- ณัฐิกา วรรณรัตน์ และเกวลิน คุณาศักดากุล. 2559. การผลิตหอมแดงปลอดเชื้อไวรัสด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารเกษตร. 32(3): 347-356.
- วีโรจน์ ลักขณาอดิศร. 2566. เกษตรกรหอมแดงที่ศรีสะเกษกำลังเดือดร้อนเพราะหอมแขกจากต่างชาติทะลักเข้ามาตราคา. แหล่งข้อมูล: <https://www.moveforwardparty.org/news/16481>. ค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566.
- สมาคมดาราศาสตร์ไทย. 2565. ปรากฏการณ์ท้องฟ้า. แหล่งข้อมูล: <https://thaiastro.nectec.or.th/skyevnt/sunmoon/riset.html>. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- สมาคมดาราศาสตร์ไทย. 2566. ปรากฏการณ์ท้องฟ้า. แหล่งข้อมูล: <https://thaiastro.nectec.or.th/skyevnt/sunmoon/riset.html>. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ปริมาณผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตหอมแดง ประจำปี 2565. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/prcaidata/files/shallot%2065.pdf>. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. หอมแดง มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. แหล่งข้อมูล: <https://www.acfs.go.th/standard/download/shallot.pdf>. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- ศิวาพร ธรรมดี, จุฑามาส คุ่มชัย และเกวลิน คุณาศักดากุล. 2565. นวัตกรรมการผลิตดอกหอมแดงนอกฤดู ศูนย์เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการเกษตร ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://www.gosmartfarmer.com/innovation/2588>. ค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2566.
- Choi, Y.S., K. Sunggil, and L. Jundae. 2020. Construction of an onion (*Allium cepa* L.) genetic linkage map using genotyping-by-sequencing analysis with a reference gene set and identification of QTLs controlling anthocyanin synthesis and content. *Journal of Plants*. 9(616): 1-17.
- Hao, Q.V.U., M. Iwata, N. Yamukuchi, and M. Shigyo. 2011. Production of novel alloplasmic male sterile lines in *Allium cepa* harbouring the cytoplasm from *Allium roylei*. *Journal of Plant Breeding*. 130: 469-475.
- Ibbara, M., F. Perez-Vizcaino, A. Cogolludo, J. Duart, F. Zaragoza-Araez, and J.G. Lopez-Lopez. 2002. Cardiovascular effects of isorhamnetin and quercetin in isolated rat and porcine vascular smooth muscle and isolated rat atria. *Journal of Medicinal Plant and Natural Product Research*. 68: 307-310.
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI); European Cooperative Program for Crop Genetic Resources Networks (ECPGR); Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC). 2001. Descriptors for *Allium* (*Allium spp.*). Available: <http://www.biodiversityinternational.org>. Accessed Jul. 21, 2023.
- Jones, H.A. 1963. *Onion and their Allies* ed. Interscience Publishers, New York.

- Kavitha, S.J., and P.V.R. Reddy. 2018. Floral biology and pollination ecology of onion (*Allium cepa* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(6): 2081-2084.
- Kavitha, S.J., and P.V.R. Reddy. 2019. Influence of floral nectar quantity and quality on honey bee foraging activity in onion. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(3): 92-96.
- Khokhar, K.M. 2017. Environmental and genotypic effects on bulb development in onion. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 92(5): 448-454.
- Markme, S. 2017. Shallot (*Allium ascalonicum*) germplasm collection and genetic diversity study using SSR markers. Thesis. Maejo University, Chiang Mai.
- Mnayer, D., A.S. Fabiano-Tixier, E. Petitcolas, T. Hamieh, N. Nehme, C. Ferrant, X. Fernandez, and F. Chemat. 2014. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of six essential oils from the Alliaceae family. Journal of Molecular Diversity Preservation International. 19: 20034-20053.
- Okporie, E.O., and I.I. Ekpe. 2008. Effect of Photoperiod on the growth and bulbing of tropical onion (*Allium cepa* L.) varieties. World Journal of Agricultural Sciences. 4(1): 36-39.
- Shigyo, M., Y. Tashiro, S. Isshiki, and S. Miyazaki. 1996. Establishment of a series of alien monosomic addition lines of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) with extra chromosomes from shallot (*A. cepa* L. Aggregatum group). Journal of Genes and Genetic Systems. 71: 363-371.
- Sun, W., M.H. Shahrajabian, and Q. Cheng. 2019. The insight and survey on medicinal properties and nutritive components of Shallot. Journal of Medicinal Plant Research. 13(18): 452-457.