Agricultural Sci. J. 52 : 2 (Suppl.) : 122-125 (2021) ว. วิทย. กษ. 52 : 2 (พิเศษ) : 122-125 (2564)

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบ

Classification of Marigold Seeds with Image Analysis and Pattern Recognition Artificial Neural Network

พูนพัฒน์ พูนน้อย[1] และ ประนอม ยังคำมั่น[2]

Poonpat Poonnoy[1] and Pranom Yangkhamman[2]

Abstract

An air separator is unable to separate some immature marigold seeds from the mature ones because the weight of these seeds can be in the same range. The average seed weight is 0.003 g. In order to separate these seeds, visual inspection is carried out by experts. The experts typically remove the brown seeds from the black ones as they are considered immature. This process is labor-intensive and time-consuming. This study, therefore, aimed to develop an image analysis technique for the classification of immature and mature marigold seeds based on colors. A computer software was created with MATLAB to determine the histogram of 1,428 immature and 1,460 mature marigold seeds in HSV mode. The histogram data was paired with the types of seeds, totaling 2,888 datasets. Consequently, a pattern recognition artificial neural network (ANN) model was created. The inputs of the ANN were the histogram data, and the outputs were the types of seeds. The classification results were compared with the expert. It was found that the results obtained from the ANN model were in good agreement with the expert at the accuracy of 99.2% and 97.2%, respectively. Therefore, image analysis and ANN model were considered promising approaches for the automated classification of marigold seeds.

Keywords: classification, artificial neural network, image analysis, marigold seed

บทคัดย่อ

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญร่วมกับเครื่องคัดแยกด้วยลมเป่า เนื่องจากเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน น้ำหนักเฉลี่ย 0.003 กรัมต่อเมล็ด โดยทั่วไปแล้วหลังจากคัดด้วยเครื่องคัดแยกลมเป่าผู้เชี่ยวชาญจะแยกเมล็ดอ่อนออกจากเมล็ดแก่โดยพิจารณาจากสีเปลือก ซึ่งเมล็ดแก่มีสีเข้ม (ดำ) กว่าเมล็ดอ่อน (น้ำตาล) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้แรงงานและเวลามาก การศึกษานี้จึงพัฒนาวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดอกดาวเรืองอ่อนและแก่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา MATLAB ซึ่งตรวจวัดฮิสโทแกรมของเมล็ดอ่อน (1,428 ตัวอย่าง) และ เมล็ดแก่ (1,460 ตัวอย่าง) บนปริภูมิของสีแบบ HSV ค่าฮิสโทแกรมจะถูกจับคู่กับประเภทของเมล็ดพันธุ์ รวมชุดข้อมูลทั้งหมด 2,888 คู่ จากนั้นฝึกโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบเพื่อจำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ พบว่า วิธีนี้สามารถคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่และเมล็ดพันธุ์อ่อนได้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญที่ระดับความถูกต้องเท่ากับ 99.2 และ 97.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายใยประสาทเทียมจึงเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาเพื่อการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: การคัดแยก การวิเคราะห์ภาพถ่าย โครงข่ายใยประสาทเทียม เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

คำนำ

ดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta*) เป็นไม้ดอกที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรไทยทั่วทุกภาค ในปี พ.ศ. 2563 มีเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 2,931.75 ไร่ (ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร, 2564) ให้ผลผลิตเป็นดอกดาวเรือง 2,413,929.50 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) นำไปใช้ทำพวงมาลัยเพื่อไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์และใช้ประกอบพิธีในงานประเพณีทางศาสนา วันสำคัญ และงานมงคลต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินเดีย ลาว พม่า เวียดนาม เป็นต้น นอกจากนั้นดาวเรืองยังสามารถนำไปใช้เป็นไม้ประดับได้ด้วย ความต้องการใช้งานดาวเรืองทั้งสองลักษณะส่งผลต่อปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่สูงถึง 320 กิโลกรัมต่อปี (ดลมนัส, 2559) เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เพาะปลูกต้องการนั้นจะต้องตรงตามพันธุ์ มีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ สมบูรณ์และสุกแก่เต็มที่ มีอัตราการงอกและความแข็งแรงสูง

[1] หน่วยวิจัยระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อการเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Automatic Control System for Food and Agriculture Research Unit, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] Faculty of Agricultural production, Maejo University, Chiang Mai, 50290

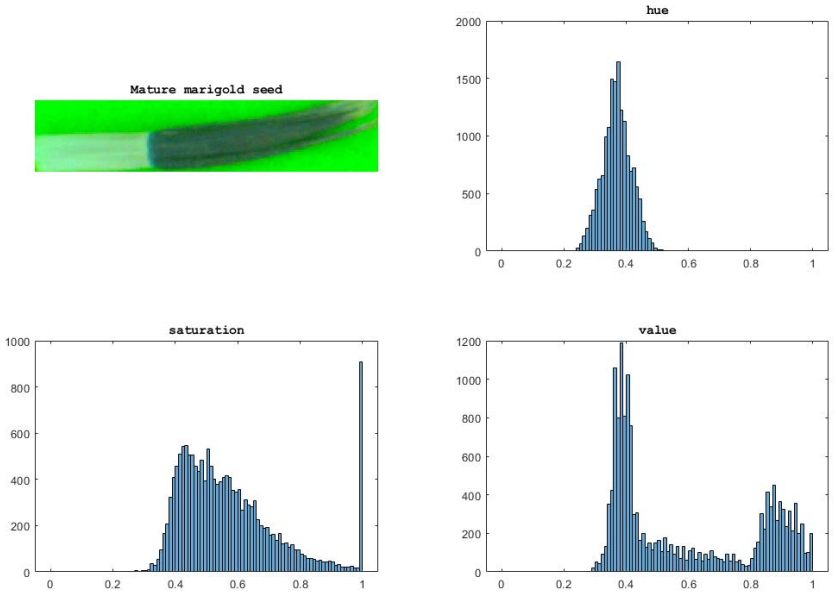
ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต้องจัดการปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองตั้งแต่แปลงเพาะปลูกต้นแม่พันธุ์ การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการเก็บรักษาระหว่างรอการจำหน่าย ซึ่งต้องใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้ตรงตามความต้องการของเกษตรกร ทั้งนี้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองยังมีความต้องการเครื่องมือที่มีความแม่นยำเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่เต็มที่และมีความสมบูรณ์ออกจาก สิ่งเจือปน เมล็ดอ่อนและเมล็ดแตกหัก

การคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่ออกจากเมล็ดพันธุ์อ่อนสามารถทำได้เพราะเมล็ดพันธุ์แก่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์อ่อน คือ เมล็ดพันธุ์แก่เต็มที่และสมบูรณ์นั้นมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำ รูปร่างแบนหนา ส่วนเมล็ดพันธุ์อ่อนและไม่สมบูรณ์มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลและรูปร่างแบนลีบ ดังนั้นการคัดแยกเมล็ดพันธุ์อ่อนออกจะใช้ลมเป่าออกเพราะเมล็ดพันธุ์อ่อนนี้บางส่วนมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดพันธุ์แก่เต็มที่และสมบูรณ์ แต่การใช้ลมเป่าไม่สามารถคัดแยกเมล็ดที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันแต่เป็นเมล็ดอ่อนที่มีสีเปลือกหุ้มสีน้ำตาลออกได้ ซึ่งลักษณะนี้จะมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดที่ต่ำ หรือ เมล็ดจะเก็บรักษาได้ไม่นานเท่ากับเมล็ดที่สุกแก่เต็มที่ ดังนั้นเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีสำหรับจำหน่าย ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต้องใช้แรงงานคนเพื่อคัดแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีสีอ่อนออก ซึ่งความสามารถในการคัดแยกเฉลี่ยต่อคนประมาณ 200 กรัมต่อวัน อนึ่งน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันตามขนาดและพันธุ์ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.0017 ถึง 0.0031 กรัมต่อเมล็ด (กรรณิการ์, 2541) โดยเฉลี่ยปริมาณการคัดแยกเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 64,000 ถึง 120,000 เมล็ดต่อวันต่อคน ความเร็วและความถูกต้องในการคัดแยกขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของแต่ละคน ความเหนื่อยล้าระหว่างการทำงานส่งผลต่อความเร็วและความถูกต้องในการคัดแยก ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจึงต้องการเครื่องมือสำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ตรงต่อความต้องการของเกษตรกร

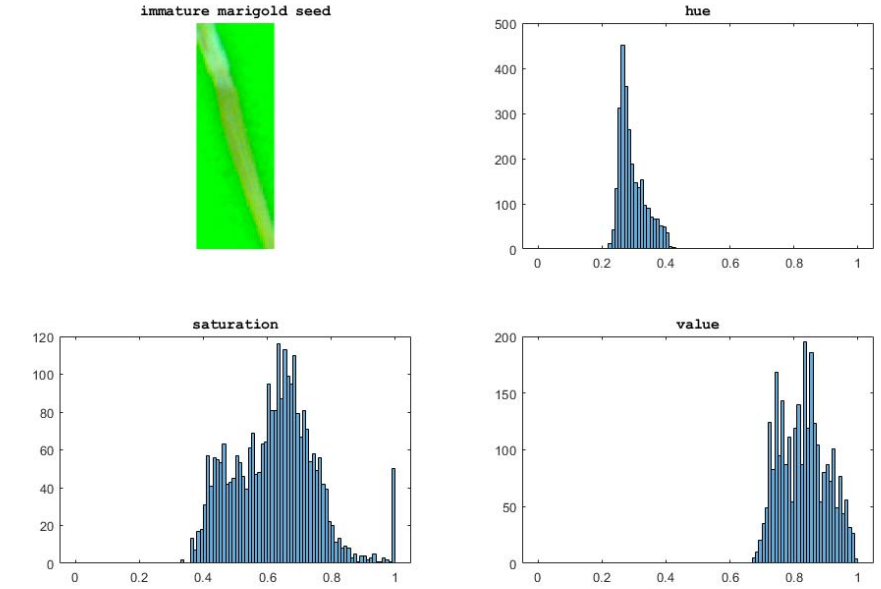
ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ระบบคอมพิวเตอร์วิชันในการคัดแยกผลิตผลทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเมล็ด เช่น ข้าว ถั่ว งา ข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเครื่องคัดแยกระบบคอมพิวเตอร์วิชันจะตรวจวัดสีของเมล็ดแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมล็ดที่มีสีในช่วงที่กำหนดจะเคลื่อนที่ลงไปในช่องรองรับ ส่วนเมล็ดหรือสิ่งเจือปนซึ่งมีสีแตกต่างจากที่กำหนดไว้จะถูกลมจากหัวฉีดเป่าออก ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาสมรรถนะของระบบคอมพิวเตอร์วิชันในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ในงานวิจัยนี้จึงทดสอบและประเมินความถูกต้องของการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยการวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายใยประสาทเทียม ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางพิจารณานำระบบคอมพิวเตอร์วิชันมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจำนวน 2,888 ตัวอย่าง ถูกคัดแยกเป็นสองกลุ่มโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มแรกเป็นเมล็ดแก่จำนวน 1,460 ตัวอย่าง กลุ่มที่สองเป็นเมล็ดอ่อนและสิ่งแปลกปลอมจำนวน 1,428 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (BASLER acA2500-14uc, Germany) ความละเอียด 2590×1942 พิกเซล ภาพดิจิทัลที่ได้ถูกประมวลผลด้วยภาษา MATLAB โดยโปรแกรมจะตรวจจับตำแหน่งของตัวอย่างแล้วตรวจวัดสีบนปริภูมิแบบ HSV ค่าของแต่ละองค์ประกอบที่วัดได้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โปรแกรมจะสร้างฮิสโทแกรมของแต่ละองค์ประกอบขนาด 100 ช่อง ขนาดช่องละ 0.01 ลักษณะของฮิสโทแกรมของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแสดงในFigure 1 ดังนั้นลักษณะของเมล็ดพันธุ์แต่ละเมล็ดถูกแปลงเป็นชุดของตัวเลขจำนวนทั้งสิ้น 300 ตัว ชุดตัวเลขนี้จับคู่กับประเภท (class) ของตัวอย่าง รวมชุดข้อมูลทั้งหมด 2,888 คู่ ชุดข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ ชุดข้อมูลสำหรับฝึก (train) จำนวน 1,444 ตัวอย่าง (50 เปอร์เซ็นต์) ชุดข้อมูลสำหรับทวนสอบ (validate) จำนวน 722 ตัวอย่าง (25 เปอร์เซ็นต์) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (test) จำนวน 722 ตัวอย่าง (25 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งโครงข่ายใยประสาทเทียมจะเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตโดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับฝึก ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้โครงข่ายใยประสาทเทียมมีความจำเพาะกับชุดข้อมูลสำหรับฝึก (overfitting) โปรแกรมจะประเมินสมรรถนะของโครงข่ายใยประสาทเทียมจากค่า cross entropy ของชุดข้อมูลทวนสอบ หากค่า cross entropy เพิ่มขึ้นต่อเนื่องกัน 6 ครั้งกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายใยประสาทเทียมจะหยุด และโปรแกรมจะเลือกใช้ค่า weight และ bias ที่ให้ค่า cross entropy ต่ำสุด



(a) Mature marigold seed



(b) Immature marigold seed

Figure 1 Characteristics and histogram of marigold seed

โครงข่ายใยประสาทเทียมที่ใช้จำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นแบบจดจำรูปแบบ (pattern recognition network) ที่มีชั้นซ่อน (hidden layer) จำนวน 1 ชั้น ภายในชั้นซ่อนมีปมประสาทเทียมตั้งแต่ 2 ถึง 100 ปม อินพุตของโครงข่ายใยประสาทเทียม คือ ฮิสโทแกรมของสีตรวจวัดได้ ส่วนเอาต์พุตคือประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง โครงข่ายใยประสาทเทียมถูกฝึกด้วยวิธี Scaled Conjugate Gradient เมื่อกระบวนการฝึกสิ้นสุดลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทดสอบความสามารถของโครงข่ายใยประสาทเทียมในการจำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยใช้ข้อมูลในชุดทดสอบ โครงข่ายใยประสาทเทียมที่จำแนกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองได้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญถือว่าเป็นโครงข่ายใยประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด ค่าความถูกต้อง (A) ในการจำแนกคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\% = \frac{n_{ANN}}{n_{exp}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ n_{ANN} คือ จำนวนของเมล็ดพันธุ์ที่คัดได้โดยโครงข่ายใยประสาทเทียม และ n_{exp} คือจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่คัดโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผล

การคัดแยกประเภทของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยโครงข่ายใยประสาทเทียมโดยพิจารณาค่าสีบนปริภูมิแบบ HSV ให้ผลที่แตกต่างกัน จำนวนปมประสาทในชั้นซ่อนมีผลต่อความถูกต้องในการคัดแยก โครงข่ายใยประสาทเทียมที่มีจำนวนปมประสาทในชั้นซ่อน 84 ปม คัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั้งหมด 722 ตัวอย่าง ประกอบไปด้วยเมล็ดพันธุ์แก่ จำนวน 365 ตัวอย่าง เมล็ดพันธุ์อ่อน จำนวน 357 ตัวอย่าง โดยโครงข่ายใยประสาทเทียมคัดแยกเมล็ดพันธุ์แก่ได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ 362 ตัวอย่าง (99.2 เปอร์เซ็นต์) คัดแยกเมล็ดพันธุ์อ่อนได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญ 347 ตัวอย่าง (97.2 เปอร์เซ็นต์)

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ามีเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่โครงข่ายใยประสาทเทียมคัดแยกได้ไม่ตรงกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 13 เมล็ด สำหรับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เชี่ยวชาญคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์แก่แต่โครงข่ายใยประสาทเทียมคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์อ่อนจำนวน 3 เมล็ด (0.8 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเข้มและอ่อนสลับกันโดยมีส่วนที่เป็นสีอ่อนมากกว่าคล้ายกับลักษณะปรากฏของเมล็ดพันธุ์อ่อน ส่วนเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผู้เชี่ยวชาญคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์อ่อนแต่โครงข่ายใยประสาทเทียมคัดแยกเป็นเมล็ดพันธุ์แก่จำนวน 10 เมล็ด (2.8 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะปรากฏเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดพันธุ์นี้มีลักษณะแบนลีบ ผู้เชี่ยวชาญจึงคัดออกแต่การคัดแยกด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายแบบ 2 มิติ และโครงข่ายใยประสาทเทียมไม่สามารถตรวจจับความหนาของเมล็ดได้ เมื่อนำวิธีการนี้ไปใช้สำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์จึงควรพิจารณาข้อจำกัดของเทคโนโลยีนี้

สรุป

โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบจดจำรูปแบบสามารถจำแนกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแก่ออกจากเมล็ดพันธุ์อ่อนได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาฮิสโตแกรมของสีบนปริภูมิแบบ HSV การวิเคราะห์ภาพถ่ายและโครงข่ายใยประสาทเทียมจึงเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาเพื่อการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยอัตโนมัติได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เอกะ อะโกร จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. รายงานสถิติทางการเกษตร. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://production.doae.go.th (14 เมษายน 2564)

กรรณิการ์ ทำมา. 2541. การปลูกทดสอบดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta*) 14 พันธุ์. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 21 หน้า.

ดลมนัส กาเจ. 2559. รวยด้วย “ดาวเรือง” ปลูก 20 ไร่กำไร 4 ล้าน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.komchadluek.net/news/agricultural/234323. (14 เมษายน 2564)

ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร. 2564. ดาวเรืองตัดดอก. สำนักงานเลขานุการกรม กรมส่งเสริมการเกษตร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/11/calendula.pdf (14 เมษายน 2564)