การกระจายตัวของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันของงา

Segregation in F_2 Population, Heritability and Correlation of Agronomic Traits and Oil Content in Sesame

อิทธิพล ขืมภูเขียว[1*] อยุธย์ คงปั้น[1/] เอกรินทร์ สารีพัว[1/] และปริญดา แซ็งขัน[1/]

Ittipon Khuimphukhieo[1*] Ayut Kongpun[1/] Eakrin Sarepoua[1/] Parinda Khaengkhan[1/]

Received 08 Feb 2019/Revised 18 Apr 2019/Accepted 06 Jun 2019

ABSTRACT

Sesame breeding to increase oil content and maintain acceptable agronomic traits is important to Thailand's agriculture. The objectives of this study were to evaluate segregation, broad sense heritability and phenotypic correlation on agronomic traits and oil content in F_2 population of KKU 1 x C-plus 2 and Mahasarakham 60 x Kanchanaburi. This study was carried out at Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University. The agronomic traits of individual plant selected were recorded and oil content was analyzed. The results showed that F_2 population of both crosses demonstrated continuous segregation for agronomic traits and oil content. The genetics of parent used affected the oil content distribution of F_2 population. The F_2 population that came from crossing between high oil content cultivars tend to have higher number of individual plants with high oil content than those coming from crossing between low oil content cultivars. The twenty-five breeding lines of KKU 1 x C-plus 2 and the twenty-seven breeding lines of Mahasarakham 60 x Kanchanaburi were chosen by their good agronomic traits and high oil content for continued selection in F_3 population. Heritability of agronomic traits and yield were low while heritability of oil content was moderate to relatively high. Significant positive correlation coefficients were found between oil content with branch/plant, length of capsule and yield/plant in KKU1 x C-plus 2. In contrast, correlation between oil content and agronomic traits for Mahasarakham 60 x Kanchanaburi in F_2 population was not found.

Key words: selection, yield, oil content, correlation

[1/] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000

[1/] Division of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin 46000

* Corresponding author: ittipon49@hotmail.com

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์งาเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมัน และมีลักษณะการเกษตรที่ดี มีความสำคัญต่อการเกษตรของประเทศไทย การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันในงาลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2 ของคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 และมหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี ดำเนินการวิจัย ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ทำการเก็บข้อมูลของต้นงาที่ถูกคัดเลือก และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน ผลการทดลอง พบว่า งาลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2 ของทั้ง 2 คู่ผสม มีการกระจายตัวของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันแบบต่อเนื่อง โดยอิทธิพลทางพันธุกรรมพ่อแม่ที่ใช้ มีผลต่อการกระจายตัวของลักษณะปริมาณน้ำมันในประชากรชั่วรุ่นที่ 2 และประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมันสูง มีแนวโน้มให้จำนวนต้นที่มีปริมาณน้ำมันสูงมากกว่าพ่อแม่พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ การคัดเลือกโดยพิจารณาลักษณะการเกษตรร่วมกับปริมาณน้ำมันเพื่อนำไปปลูกคัดเลือกในชั่วรุ่นที่ 3 ได้จำนวน 25 (มข 1 x C-plus 2) และ 27 สายพันธุ์ (มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี) พบว่าลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของงามีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างในระดับต่ำ ขณะที่ปริมาณน้ำมันมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง จำนวนกิ่งต่อต้น ความยาวฝัก และผลผลิตต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำมันของงาในประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ของคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 ในขณะที่ประชากรของคู่ผสม มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี ไม่แสดงลักษณะการเกษตรที่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในเมล็ดงา

คำสำคัญ: การคัดเลือก, ผลผลิต, ปริมาณน้ำมัน, สหสัมพันธ์

บทนำ

งา (*Sesamum indicum* L.) เป็นพืชน้ำมันที่มนุษย์ปลูกมาตั้งแต่สมัยโบราณ และปัจจุบันเป็นพืชที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้รับการยกย่องเป็นราชินีแห่งพืชน้ำมัน (queen of oil seeds) (Kurt, 2018) งามีสมบัติเป็นยาหลายประการ เช่น ช่วยลดคอเลสเตอรอลและความดันโลหิต เป็นต้น ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกและผลผลิตงาลดลง ทำให้มีปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยนำเข้าเมล็ดงาจากต่างประเทศจำนวน 12,120 ตัน คิดเป็นมูลค่า 12.3 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีผลผลิตเฉลี่ย 118 กก./ไร่ และในปี พ.ศ. 2560 มีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 106 กก./ไร่ หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 10.16 (FAO, 2019) ดังนั้น จึงควรหาแนวทางการเพิ่มผลผลิต เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกงาเพิ่มขึ้นในอนาคต เช่น การปรับปรุงพันธุ์งาเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งในปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ความสำคัญกับลักษณะคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เนื่องจากความตื่นตัวของผู้บริโภคที่มีต่อพืชอาหารเพื่อสุขภาพ น้ำมันในเมล็ดงามีความโดดเด่นเพราะส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (85%) โดยประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว 39% และเชิงซ้อน 46% (Anilakumar *et al*., 2010) ปัจจุบันมีการสกัดน้ำมันงาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เครื่องสำอาง สบู่ และยารักษาโรค ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์งาเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณน้ำมัน จึงมีผลดีต่อทั้งเกษตรกรในภาคการผลิตและภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ประโยชน์จากน้ำมันงา

การคัดเลือกพันธุ์พืชแบบสืบประวัติ (pedigree method) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเอง (self-pollination plant) อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จ เช่น การกระจายตัวของประชากรที่คัดเลือก อัตราพันธุกรรม และระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมของประชากรเพราะถ้าต้องการคัดเลือก

พันธุ์ดีเด่น (elite lines) จำเป็นต้องสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม เพื่อใช้คัดเลือกให้ได้พันธุ์ดีตามวัตถุประสงค์ ดังนั้นข้อมูลการกระจายตัวของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช รวมถึงอัตราพันธุกรรมที่แสดงถึงความสามารถของยีนต่อการแสดงออกของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนนั้น ๆ (กฤษฎา, 2551) และเป็นข้อมูลที่บ่งบอกความยากง่ายในการคัดเลือก เข็มพร (2558) รายงานว่า จำนวนฝักต่อต้น ความยาวข้อปล้อง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของงามีอัตราพันธุกรรมต่ำ อย่างไรก็ตามมีรายงานลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของงาที่มีอัตราพันธุกรรมสูง ได้แก่ ความยาวฝัก (Sumathi and Muralidharan, 2010) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (จักรกฤษณ์และอริยาภรณ์, 2558; อิทธิพลและคณะ, 2560; Teklu *et al*., 2014) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะมีความสำคัญต่อการคัดเลือกพันธุ์พืชในกรณีที่ลักษณะที่สนใจมีอัตราพันธุกรรมต่ำ ซึ่งการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวโดยตรงอาจไม่ประสบความสำเร็จ การคัดเลือกทางอ้อมผ่านลักษณะอื่นที่มีสหสัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าว และลักษณะนั้นมีอัตราพันธุกรรมสูงจึงมีโอกาสประสบความสำคัญมากกว่า อิทธิพลและคณะ (2560) รายงานว่า การปรับปรุงพันธุ์งาเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพควรคัดเลือกทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตต่อไร่ และมีอัตราพันธุกรรมมากกว่าผลผลิตต่อต้นและผลผลิตต่อไร่ อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีรายงานการศึกษาอัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะการเกษตรของงาอยู่ค่อนข้างมาก แต่การศึกษาดังกล่าวร่วมกับลักษณะปริมาณน้ำมันในเมล็ดงามีอยู่ค่อนข้างจำกัด

พ่อแม่พันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์ โดยทั่วไปจะเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นแตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมเพื่อให้ลักษณะดีเด่นของทั้ง 2 สายพันธุ์ ไปปรากฏในรุ่นลูก (กฤษฎา, 2551)

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการกระจายตัวของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ของงาคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 และคู่ผสม มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี 2) ศึกษาอัตราพันธุกรรม และ 3) ศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันของงาทั้ง 2 คู่ผสม เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์งาให้ได้ผลผลิตและปริมาณน้ำมันสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุกรรมพ่อแม่

พันธุ์งาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย 4 พันธุ์ ได้แก่ งาพันธุ์มข 1 งาพันธุ์ C-plus 2 งาพันธุ์มหาสารคาม 60 และงาพันธุ์พื้นเมืองกาญจนบุรี (Table 1) โดยได้รับความอนุเคราะห์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี โดยพ่อแม่ทั้ง 2 คู่ผสมมีลักษณะการเกษตรแตกต่างกัน (อิทธิพลและคณะ, 2561) ซึ่งมีลักษณะพอสังเขป ดังนี้ มข 1 เป็นพันธุ์อายุการเก็บเกี่ยวสั้น มีหลายฝักต่อมุมใบ และฝักแตก พันธุ์ C-plus 2 มีหนึ่งฝักต่อมุมใบ เมล็ดโต และเป็นพันธุ์ฝักไม่แตก พันธุ์มหาสารคาม 60 ให้ผลผลิตสูง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เมล็ดโต (อิทธิพลและคณะ, 2560) และฝักแตก และพันธุ์พื้นเมืองกาญจนบุรี ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลาง และมีเมล็ดขนาดเล็ก

การสร้างประชากร

ทำการสร้างประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 โดยปลูกพ่อแม่ทั้ง 4 พันธุ์ ในปลายฤดูฝน ปี พ.ศ. 2559/2560 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เมื่องาอายุประมาณ 30-35 วันหลังงอก งาจะเริ่มออกดอกพร้อมผสมเกสร จากนั้น ทำการผสมข้ามสายพันธุ์แต่ละคู่ผสมโดยวิธีเลียนแบบธรรมชาติ ดอกงาที่ได้รับการผสมจะพัฒนาเป็นฝักและพร้อมเก็บเกี่ยวหลังการผสม

ประมาณ 45-55 วัน หรือประมาณ 75-90 วัน หลังงอก ทำการเก็บเกี่ยวแยกแต่ละคู่ผสมได้ลูกผสม จำนวน 2 คู่ผสม ได้แก่ มข 1 x C-plus 2 และ มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี และทำการปลูกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 เพื่อผสมตัวเองในต้นฤดูฝน เมื่องาออกดอก ปล่อยให้ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ผสมตัวเอง และเก็บเมล็ดเพื่อปลูกทดสอบในชั่วรุ่นที่ 2 (F_2)

Table 1 Cultivar, type, grain color and source of four cultivars/lines of parent used in this study

No	Cultivars/lines	Types	Grain colors	Sources[1/]
1	KKU 1	Recommended	White	KKU
2	C-plus 2	Recommended	White	KU
3	Mahasarakham 60	Recommended	White	UBFCRC
4	Kanchanaburi	Landrace	black	UBU

[1/]UBU = Ubon Ratchathani University, UBFCRC = Ubon Ratchathani Field Crops Research Center, KKU = Khon Kaen University and KU = Kasetsart University

การประเมินลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2

ปลูกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2 และพันธุ์พ่อแม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2561 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 สิ่งทดลอง (พันธุ์แม่ พันธุ์พ่อ และลูกชั่วรุ่นที่ 2) ทำ 2 ซ้ำ ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 แปลงย่อยมีขนาด 50 ตร.ม. และพันธุ์พ่อแม่ แปลงย่อยมีขนาด 5 ตร.ม. ใช้ระยะปลูก 50 x 10 ซม. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ เมื่องามีอายุ 15 วันหลังงอก กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ก่อนใส่ปุ๋ย และครั้งที่ 2 เมื่องามีอายุ 30 วันหลังงอก ให้น้ำตามความเหมาะสมด้วยระบบสปริงเกอร์ ทำการคัดเลือกต้น F_2 ที่เจริญเติบโตได้ดี มีลักษณะทางการเกษตรดี ไม่ถูกทำลายโดยโรคและแมลง โดยทำเครื่องหมายกับต้นที่ได้รับการคัดเลือกไว้ แล้วบันทึกข้อมูลต้นที่ได้รับการคัดเลือกเป็นข้อมูลรายต้น สำหรับสายพันธุ์พ่อแม่ทำการบันทึกข้อมูล 10 ต้น/แปลงย่อย

การบันทึกข้อมูล

ลักษณะที่บันทึกข้อมูล ได้แก่ 1) ความสูงฝักแรก (ซม.) โดยวัดลำต้นหลักจากโคนต้นเหนือดินจนถึงบริเวณที่ติดฝักแรกในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต 2) ความสูงต้น (ซม.) โดยวัดลำต้นหลักจากโคนต้นเหนือดินจนถึงปลายยอดของลำต้นในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต 3) จำนวนกิ่งต่อต้น โดยนับจำนวนกิ่งทั้งหมดต่อต้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 4) จำนวนฝักต่อต้น โดยนับจำนวนฝักทั้งหมดต่อต้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 5) ความยาวฝัก (ซม.) โดยวัดความยาวฝักบริเวณกลางลำต้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 6) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) โดยสุ่มนับจำนวน 1,000 เมล็ด แล้วชั่ง 7) ผลผลิตต่อต้น (กรัม/ต้น) โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดต่อต้น 8) ปริมาณน้ำมัน โดยหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ทำการแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์โดยเก็บไว้ในตู้เก็บเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้ปลูกคัดเลือกต่อไปในชั่วรุ่นที่ 3 และส่วนที่ 2 นำเมล็ดไปสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันในเมล็ดงา โดยใช้โปรแกรม Statistic 8 และทำการวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense

heritability; h^2_b) ดังนี้

$$h^2_b = [\sigma^2_{F2} - (\sigma^2_{P1} + \sigma^2_{P2})/2]/\sigma^2_{F2}$$

เมื่อ σ^2_{F2} = ความแปรปรวนของประชากรชั่วรุ่นที่ 2

σ^2_{P1} = ความแปรปรวนของพันธุ์แม่

σ^2_{P2} = ความแปรปรวนของพันธุ์พ่อ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การกระจายตัวของผลผลิตและปริมาณน้ำมัน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการคัดเลือกในประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ซึ่งเป็นการคัดเลือกแบบรายต้น (individual selection) ดังนั้นข้อมูลลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันจึงเป็นรายต้น

งาคู่ผสม มข 1 x C-plus 2

ผลการคัดเลือกประชากรชั่วรุ่นที่ 2 โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตได้จำนวนทั้งหมด 84 สายพันธุ์ (breeding lines) พบว่ามีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.02 ก. มีการกระจายตัวระหว่าง 2.03 – 22.29 ก. (Figure 1) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดของงาทั้ง 84 สายพันธุ์ พบว่า มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย เท่ากับ 47.61% และมีการกระจายตัวระหว่าง 35.80 – 68.80% เมื่อคัดเลือกโดยพิจารณาลักษณะการเกษตรร่วมกับปริมาณน้ำมันของคู่ผสมดังกล่าวเพื่อนำไปปลูกทดสอบในประชากรชั่วรุ่นที่ 3 ได้จำนวน 25 สายพันธุ์ (Table 2) นอกจากนี้ พบว่า สายพันธุ์ KSU1601-1, KSU1601-25, KSU1601-45, KSU1601-51, KSU1601-76, KSU1601-79 และ KSU1601-99 มีทั้งผลผลิตและปริมาณน้ำมันมากกว่าพันธุ์พ่อแม่ โดยมีผลผลิตต่อต้นมากกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีกว่า เท่ากับ 16.91, 5.10, 9.87, 80.34, 29.29, 0.08 และ 23.95% ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดมากกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีกว่า เท่ากับ 1.10, 3.92, 35.67, 2.96, 0.91, 3.53 และ 10.65% ตามลำดับ

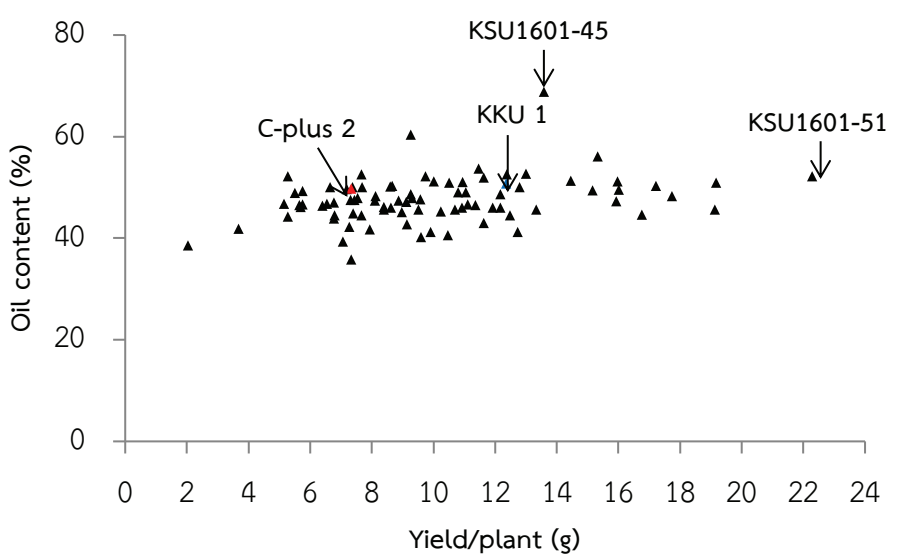

Figure 1 Oil content and yield/plant of the parental lines and the progenies of second-generation for KKU1 x C-plus 2

Table 2 Yield components and oil content of KKU 1, C-plus 2 and the selected progenies of second-generation for KKU 1 x C-plus 2

Cultivars/lines	Length of capsule (cm)	Capsule/ plant	1,000-grain weight (g)	Yield/plant (g)	Oil content (%)
KKU1	2.73	59.06	3.22	12.36	50.71
C-plus 2	3.33	68.87	3.13	7.35	49.64
KSU1601-1	3.30	37.00	3.20	14.45	51.27
KSU1601-9	3.30	73.00	3.04	8.66	50.28
KSU1601-12	3.00	29.00	3.16	5.27	52.21
KSU1601-15	3.10	55.00	3.20	11.63	51.94
KSU1601-19	3.00	89.00	2.84	10.01	51.09
KSU1601-23	3.20	67.00	3.04	9.75	52.10
KSU1601-25	3.50	66.00	3.36	12.99	52.70
KSU1601-26	3.50	56.00	3.12	16.01	49.50
KSU1601-32	3.00	59.00	3.20	12.80	50.07
KSU1601-45	3.30	72.00	2.68	13.58	68.80
KSU1601-49	3.00	70.00	3.24	15.93	47.26
KSU1601-51	3.20	123.00	2.96	22.29	52.21
KSU1601-52	3.10	42.00	3.16	9.27	60.35
KSU1601-57	3.30	61.00	3.56	15.17	49.38
KSU1601-58	3.20	86.00	3.28	17.22	50.25
KSU1601-59	3.30	98.00	3.12	17.73	48.20
KSU1601-76	2.70	114.00	3.00	15.98	51.17
KSU1601-77	3.50	48.00	3.80	10.94	51.01
KSU1601-79	3.00	72.00	2.80	12.37	52.50
KSU1601-80	3.00	48.00	3.32	10.51	50.93
KSU1601-84	3.00	94.00	2.96	19.13	45.62
KSU1601-89	3.00	47.00	3.00	11.46	53.62
KSU1601-94	2.70	76.00	2.76	13.34	45.56
KSU1601-99	3.50	103.00	3.00	15.32	56.11
KSU1601-100	3.30	103.00	3.28	19.16	50.91
Average[1/]	**3.06**	**56.57**	**3.20**	**10.02**	**47.61**

[1/] = Average value for the second-generation selected by considering agronomic traits of KKU 1 x C-plus 2

งาคู่ผสม มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี

ผลการคัดเลือกประชากรชั่วรุ่นที่ 2 โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตได้จำนวนทั้งหมด 81 สายพันธุ์ พบว่า ทั้ง 81 สายพันธุ์ มีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.09 ก. และมีการกระจายตัวระหว่าง 1.11 – 12.20 ก. (Figure 2) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดของงาทั้ง 81 สายพันธุ์ พบว่า มีปริมาณน้ำมันเฉลี่ยเท่ากับ 45.54% มีการกระจายตัวระหว่าง 27.83 – 58.16% เมื่อคัดเลือกโดยพิจารณาลักษณะการเกษตรร่วมกับปริมาณน้ำมันของคู่ผสมดังกล่าว เพื่อนำไปปลูกทดสอบในประชากรชั่วรุ่นที่ 3 ได้จำนวน 27 สายพันธุ์ (Table 3) นอกจากนี้ พบว่า สายพันธุ์ KSU1602-27, KSU1602-46, KSU1602-49, KSU1602-76 และ KSU1602-88 มีทั้งผลผลิตและปริมาณน้ำมันมากกว่าพ่อแม่ โดยมีผลผลิตต่อต้นมากกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีกว่า เท่ากับ 8.44, 6.45, 43.02, 13.13 และ 7.39% ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดมากกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีกว่า เท่ากับ 2.47, 7.11, 1.59, 1.86 และ 1.29% ตามลำดับ

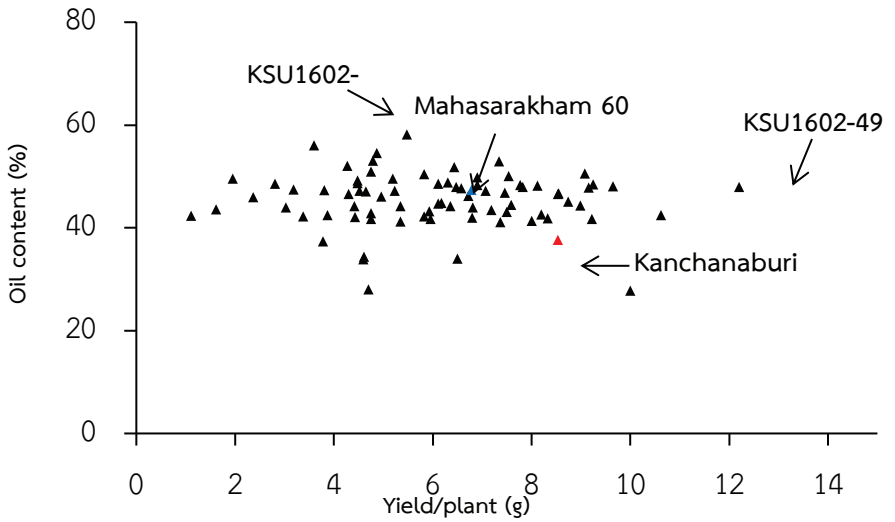

Figure 2 Oil content and yield/plant of the parental lines and the progenies of second-generation for Mahasarakham 60 x Kanchanaburi

ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ประชากรงาชั่วรุ่นที่ 2 ทั้ง 2 คู่ผสม มีการกระจายตัวของปริมาณน้ำมันแบบต่อเนื่อง (continuous distribution) แสดงว่า ลักษณะปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาเป็นลักษณะปริมาณ (quantitative trait) ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ (multiple genes) (Yasumoto and Katsuta, 2006) ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ของคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 มีจำนวนต้นที่มีปริมาณน้ำมันปริมาณสูง (50-70%) มากกว่าคู่ผสมมหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ในลักษณะปริมาณน้ำมัน โดยปริมาณน้ำมันของพ่อแม่ในคู่ผสมที่ 1 (มข 1 และ C-plus 2) มีมากกว่าพ่อแม่ในคู่ผสมที่ 2 (มหาสารคาม 60 และพื้นเมืองกาญจนบุรี) และพบว่า ทั้ง 2 คู่ผสม ส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงค่าปริมาณน้ำมันระดับปานกลาง (40-49%) (Figure 3)

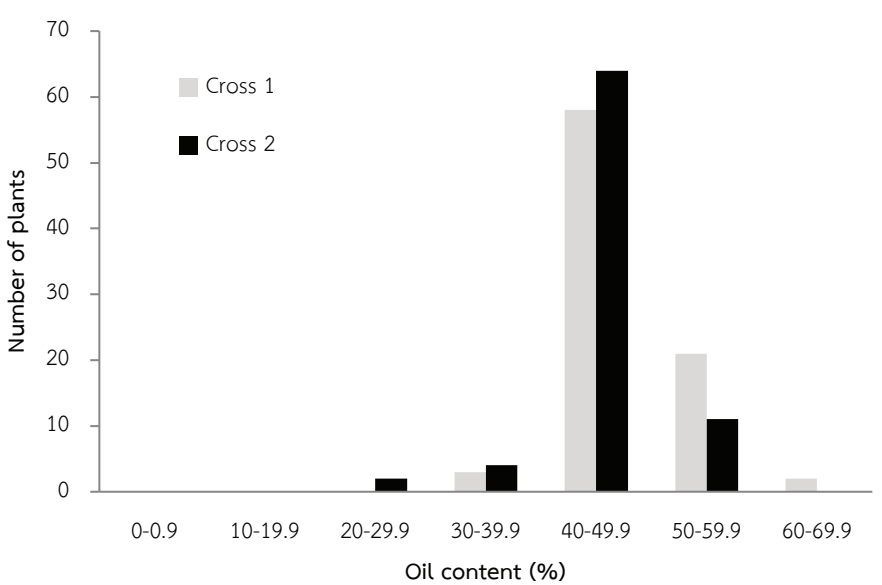

Figure 3 Distribution of oil content in F_2 population in between KKU 1 x C-plus 2 (Cross 1) and Mahasarakham 60 x Kanchanaburi (Cross 2)

Table 3 Yield components and oil content of Mahasarakham 60, Kanchanaburi and the selected progenies of second-generation for Mahasarakham 60 x Kanchanaburi

Cultivars/lines	Length of capsule (cm)	Capsule/ plant	1,000-grain weight (g)	Yield/ plant (g)	Oil content (%)
Mahasarakham 60	2.84	41.29	2.88	6.79	47.29
Kanchanaburi	2.75	43.94	2.74	8.53	37.64
KSU1602-2	3.00	30.00	3.16	6.11	48.57
KSU1602-4	2.70	38.00	3.20	6.30	48.93
KSU1602-8	3.00	37.00	3.20	8.55	46.72
KSU1602-13	2.60	30.00	3.04	7.53	50.16
KSU1602-19	3.00	32.00	2.40	4.87	54.63
KSU1602-23	2.80	26.00	2.88	4.79	53.07
KSU1602-27	3.20	47.00	3.00	9.25	48.46
KSU1602-36	2.50	53.00	2.80	7.46	46.89
KSU1602-38	2.50	51.00	2.84	7.07	47.31
KSU1602-40	-[2/]	35.00	3.08	8.12	48.25
KSU1602-44	3.20	34.00	3.24	6.90	49.92
KSU1602-45	3.00	36.00	3.04	7.34	53.02
KSU1602-46	3.00	63.00	2.72	9.08	50.65
KSU1602-49	3.00	40.00	2.88	12.20	48.04
KSU1602-50	2.50	32.00	3.08	5.82	50.54
KSU1602-54	2.70	35.00	3.64	5.48	58.16
KSU1602-58	3.70	34.00	3.36	7.77	48.37
KSU1602-63	2.70	34.00	3.28	6.43	51.84
KSU1602-76	2.70	47.00	3.08	9.65	48.17
KSU1602-78	3.00	28.00	3.20	6.90	48.31
KSU1602-83	2.50	26.00	2.68	4.27	52.11
KSU1602-88	3.00	47.00	2.64	9.16	47.90
KSU1602-90	2.50	43.00	3.00	8.53	46.67
KSU1602-92	3.00	25.00	2.76	4.75	51.04
KSU1602-94	2.70	42.00	2.68	8.98	44.40
KSU1602-96	2.50	35.00	2.40	3.59	56.06
KSU1602-99	3.00	29.00	3.00	5.19	49.59
Average[1/]	**2.83**	**37.46**	**2.83**	**6.09**	**45.54**

[1/] = Average value for the second-generation selected by considering agronomic traits of Mahasarakham 60 x Kanchanaburi

[2/] = Missing data

อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 0.72 (Table 4) พบว่า จำนวนกิ่งของคู่ผสมมหาสารคาม 60 x กาญจนบุรี (h^2_b = 0.32) ความสูงฝักแรกของคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 (h^2_b = 0.04) ความสูงต้น (h^2_b = 0.28 และ 0.34) ความยาวฝัก (h^2_b = 0.34 และ 0.15) จำนวนฝักต่อต้น (h^2_b = 0.30 และ 0.07) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (h^2_b = 0.32 และ 0.36) และผลผลิตต่อต้น (h^2_b = 0.16 และ 0) มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับรายงานของจักรกฤษณ์และอริยาภรณ์ (2558) ที่พบว่า ความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตของงามีอัตราพันธุกรรมต่ำ ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ แสดงว่ามีความไวต่ออิทธิพลของสภาพแวดล้อม การแสดงออกไม่คงที่จากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่ง (กฤษฎา, 2551) ทำให้คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ได้ยาก ต้องใช้วิธีคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยทดสอบรุ่นลูก หรือใช้วิธีการคัดเลือกหลาย ๆ แบบ และหลาย ๆ สภาพแวดล้อม (จักรกฤษณ์และอริยาภรณ์, 2558) และการคัดเลือกรายต้นในประชากรชั่วรุ่นที่ 2 จะไม่ได้ผลดี ควรคัดเลือกโดยอาศัยค่าเฉลี่ยของครอบครัว หรือ มีการทดสอบลูกในชั่วหลัง ๆ (Kesmala *et al*., 2004) ปริมาณน้ำมันของคู่ผสมมหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ในระดับปานกลาง (h^2_b = 0.44) ขณะที่จำนวนกิ่งต่อต้นและปริมาณน้ำมันของคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างค่อนข้างสูง (h^2_b = 0.60 และ 0.72 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับความสูงฝักแรกของคู่ผสมมหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี ที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (h^2_b = 0.66) ลักษณะปริมาณน้ำมันมีอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องมาจากผลของยีนมากกว่าสภาพแวดล้อม ดังนั้นสามารถคัดเลือกปริมาณน้ำมันเป็นรายต้นในประชากรชั่วที่ 2 ได้ ซึ่งวิธีการคัดเลือกที่เหมาะสม คือ การคัดเลือกแบบสืบประวัติ (pedigree method) เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับคัดเลือกลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูง (high heritability) อย่างไรก็ตาม การคัดเลือกด้วยวิธีดังกล่าวต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และใช้เวลานาน โดยเฉพาะการคัดเลือกลักษณะปริมาณน้ำมัน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้างสูง สิ้นเปลืองเวลา และแรงงานในการวิเคราะห์ ดังนั้นถ้าโครงการที่มีแรงงานและงบประมาณจำกัดอาจเลือกใช้วิธีการคัดเลือกแบบอื่น เช่น การคัดเลือกแบบเก็บรวมและการคัดเลือกแบบเมล็ดต่อต้น แต่หากต้องการใช้การคัดเลือกแบบสืบประวัติ การคัดเลือกในชั่วแรกๆ ($F_2 – F_4$) อาจพิจารณาเฉพาะลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะการเกษตร แล้วค่อยทำการคัดเลือกปริมาณน้ำมันในชั่วหลัง ๆ

Table 4 Broad-sense heritability estimates for agronomic traits and oil content of sesame

Traits	Broad-sense heritability (h^2_b)	
	KKU 1 x C-plus 2	Mahasarakham 60 x Kanchanaburi
Branch/plant	0.60	0.32
Height of rst capsule (cm)	0.04	0.66
Plant height	0.28	0.34
Length of capsule (cm)	0.34	0.15
Capsule/plant	0.30	0.07
1,000-grain weight (g)	0.32	0.36
Yield/plant (g)	0.16	0[1/]
Oil content (%)	0.72	0.44

[1/] Negative values are expressed as zero.

สหสัมพันธ์ของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมัน

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเกษตรกับปริมาณน้ำมันในประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ของงาคู่ผสมระหว่าง มข 1 x C-plus 2 พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้น (r=0.22; P0.05) ความยาวฝัก (r=0.33; P0.01) และผลผลิตต่อต้น (r=0.32; P0.01) มีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณน้ำมันของงา (Table 5) แสดงว่าปริมาณน้ำมันของงาในประชากรนี้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถ้าหากจำนวนกิ่งต่อต้น ความยาวฝัก และผลผลิตต่อต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Onginjo and Ayiecho (2009) ที่พบว่า ปริมาณน้ำมันมีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิตของงา ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์งาเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณน้ำมันในเมล็ดสามารถคัดเลือกไปพร้อม ๆ กันได้ สำหรับสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเกษตร พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้น (r=0.45) ความสูง (r=0.57) ความยาวฝัก (r=0.29) และจำนวนฝักต่อต้น (r=0.63) มีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตต่อต้นของงา (Table 5)

Table 5 Correlation coefficients (r) among agronomic traits and oil content of second-generation for KKU 1 x C-plus 2

Traits	Height of first capsule (cm)	Plant height (cm)	Length of capsule (cm)	Capsule/ plant	1,000-grain weight	Yield/ plant (g)	Oil content (%)
Branch/plant	0.15	0.12	0.09	0.63**	-0.13	0.45**	0.22*
Height of rst capsule (cm)		0.39**	0.07	-0.17	0.18	0.12	0.10
Plant height (cm)			0.19	0.23*	0.38**	0.57**	0.02
Length of capsule (cm)				0.03	0.33**	0.29**	0.33**
Capsule/plant					-0.26*	0.63**	0.17
1,000-grain weight						0.11	-0.10
Yield/plant (g)							0.32**

* and ** = Significant difference at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ level,

สำหรับงาคู่ผสม มหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี ไม่พบลักษณะการเกษตรที่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในเมล็ดงา (Table 6) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาสูงไม่ได้เกิดจากผลผลิตต่ำ ค่าสหสัมพันธ์ของ 2 ประชากรที่ศึกษามีความแตกต่างกัน เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์มีความผันแปรตามพันธุกรรมของพืชและสภาพแวดล้อมที่ศึกษา (เกียรติศักดิ์, 2553) สำหรับสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเกษตร พบว่า ความสูงต้น (r=0.23) ความยาวฝัก (r=0.35) จำนวนฝักต่อต้น (r=0.42) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (r=0.35) มีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตต่อต้นของงา (Table 6) จำนวนฝักต่อต้นเป็นลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญของงา เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิตของงา (Yol *et al*., 2010; Yingzhong and Yishou, 2002; Sumathi *et al*., 2007)

Table 6 Correlation coefficients (r) among agronomic traits and oil content of second-generation for Mahasarakham 60 x Kanchanaburi

Traits	Height of first capsule (cm)	Plant height (cm)	Length of capsule (cm)	Capsule/ plant	1,000-grain weight	Yield/ plant (g)	Oil content (%)
Branch/plant	-0.36**	0.17	0.08	0.67**	0.02	0.01	0.05
Height of rst capsule (cm)		0.51**	-0.02	-0.22*	0.07	0.07	0.17
Plant height (cm)			0.19	0.08	0.24*	0.23*	0.11
Length of capsule (cm)				0.22	0.23*	0.35**	-0.01
Capsule/plant					-0.03	0.42**	-0.00
1,000-grain weight						0.35**	0.11
Yield/plant (g)							-0.03

* and ** = Significant difference at *P*0.05 and *P*0.01 level, respectively

สรุปผลการทดลอง

การกระจายตัวของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมัน พบว่า งาลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2 ของทั้ง 2 คู่ผสม มีการกระจายตัวของลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันแบบต่อเนื่อง ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ที่มาจากพ่อแม่พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมันสูงมีแนวโน้มให้จำนวนต้นที่มีปริมาณน้ำมันสูงมากกว่าพ่อแม่พันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ และพบว่า ส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงค่าปริมาณน้ำมันระดับปานกลางทั้ง 2 คู่ผสม สำหรับการศึกษาอัตราพันธุกรรม พบว่า องค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อต้น มีอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับต่ำ ส่วนปริมาณน้ำมัน มีอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเกษตรและปริมาณน้ำมันในชั่วรุ่นที่ 2 ของทั้ง 2 คู่ผสม พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้น ความยาวฝัก และผลผลิตต่อต้น มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำมัน ในคู่ผสม มข 1 x C-plus 2 ในทางตรงกันข้ามกลับไม่พบลักษณะการเกษตรที่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันในคู่ผสมมหาสารคาม 60 x พื้นเมืองกาญจนบุรี นอกจากนี้พบว่าทั้ง 2 คู่ผสมมีความสูงต้น ความยาวฝัก และจำนวนฝักต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตต่อต้น

คำขอบคุณ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และพื้นที่ในการทำวิจัย ขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์งาในการศึกษาครั้งนี้ ขอบคุณ นายประณต จำรัสรักษ์ และนางสาวมะนีวัน เพ็ดไชพอน นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ช่วยบันทึกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2551. ปรับปรุงพันธุ์พืช พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 465 หน้า.

เกียรติศักดิ์ ฟั่นเพ็ง. 2553. การทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์น้ำมันของทานตะวัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เข็มพร สุดตะพันธ์. 2558. การทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตงา (*Sesamum indicum* L.).

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จักรกฤษณ์ ศรไชย และอริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2558. ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของงา (*Sesamum indicum* L.). *วารสารการเกษตรราชภัฏ*. 14: 56-61.

อิทธิพล ขึมภูเขียว ปริญดา แข็งขัน เอกรินทร์ สารีพัว และอรวรรณ รักสงฆ์. 2560. อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรและผลผลิตของงา (*Sesamum indicum* L.). *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*. 4: 1-9.

อิทธิพล ขึมภูเขียว ปริญดา แข็งขัน เอกรินทร์ สารีพัว และอรวรรณ รักสงฆ์. 2561. สมรรถนะการรวมตัวของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในงาลูกผสม. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*. 35: 1-10.

Anilakumar, K.R., A. Pal, F. Khanum and A.S. Bawa. 2010. Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds - An Overview. *ACS*. 75: 159-168.

FAO. 2019. Statistics. Available at: http://www.fao.org/faostat/en/#home accessed: 6 February 2019.

Kesmala, T., S. Jogloy, S. Wongkaew, C. Akkasaeng, N. Vorasoot and A. Patanothai. 2004. Heritability and phenotypic correlation of resistance to Peanut bud necrosis virus (PBNV) and agronomic traits in peanut. *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 26: 129–138.

Kurt, C. 2018. Variation in Oil Content and Fatty Acid Composition of Sesame Accessions from different origins. *Grasas Aceites*. 69: 1-9.

Onginjo, E.O. and P.O. Ayiecho. 2009. Genotypic variability in sesame mutant lines in Kenya. *African Crop Sci. J*. 17: 101-107.

Sumathi, P. and V. Muralidharan. 2010. Analysis of genetic variability association and path analysis the hybrids of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Tropical Agricultural Research and Extension*. 13: 63-67.

Sumathi, P., V. Muralidharan and N. Manivannan. 2007. Trait association and path coefcient analysis for yield and yield attributing traits in sesame (*Sesamum indicum* L). *Madras. Agric. J*. 94: 174-178.

Teklu, H.K., Kebede, S.A. and D.E. Gebremichael. 2014. Assessment of genetic variability genetic advance correlation and path analysis for morphological traits in sesame genotypes. *Asian J. Agri*. Res. 8: 181-194.

Yasumoto, S. and M. Katsuta. 2006. Breeding a High-Lignan-Content Sesame Cultivar in the Prospect of Promoting Metabolic Functionality. *JARQ*. 40: 123-129.

Yingzhong, Z., and W. Yishou. 2002. Genotypic correlations and path coefficient analysis in sesame. *Sesame and Safflower News*. 17: 10-12.

Yol, E., E. Karaman, S. Furat, and B. Uzun. 2010. Assessment of selection criteria in sesame by using correlation coefficients path and factor analyses. *AJCS*. 4: 598-602.