

ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ในประชากรอ้อยพลังงาน

Genetic Variance and Co-variance of Agronomic Traits in Energy-cane Breeding Population

ชบา ทองไผ่ใหญ่¹ พัชรินทร์ ตัญญา¹ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์¹

Chaba Thongpaiyai,¹ Patcharin Tanya¹ and Prasert Chatwachirawong¹

บทคัดย่อ

การทดลองดำเนินการที่ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2551 จนถึงตุลาคม พ.ศ. 2553 มีวัตถุประสงค์เป็นการศึกษาเพื่อตรวจสอบพันธุศาสตร์ปริมาณของประชากรอ้อยพลังงานที่ได้รับจากแผนงานปรับปรุงพันธุ์อ้อยชุด TBy (Tiphuyae and Banyang) แผนการทดลองแบบ 9x9 triple lattice ดำเนินการโดยประเมินในลักษณะทางการเกษตร 13 ลักษณะ ได้แก่ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักลำ จำนวนลำ ปริมาณเส้นใย ค่าบrix ค่าโพล จำนวนใบ พื้นที่ใบเดี่ยว พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า อัตราพันธุกรรมมีค่าสูงสุดในลักษณะพื้นที่ใบเดี่ยว และตามด้วยลักษณะผลผลิตอ้อย พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ ค่าบrix น้ำหนักลำ และจำนวนลำ ตามลำดับ การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ชี้ให้เห็นว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงสูงสุดต่อผลผลิตอ้อย คือ น้ำหนักลำ ในขณะที่ลักษณะทางการเกษตร 4 ลักษณะ ได้แก่ พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ ความยาวลำ จำนวนลำ และพื้นที่ใบเดี่ยว ได้แสดงอิทธิพลทางตรงที่เป็นผลบวกด้วย แต่ทั้งลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนใบมีอิทธิพลทางตรงเป็นลบกับผลผลิตอ้อย ค่าบrixที่มีอิทธิพลทางตรงเป็นบวกอย่างสูงกับค่าโพล แต่ปริมาณเส้นใยให้ผลในทิศทางตรงกันข้าม นอกจากนี้ยังพบว่า ผลผลิตอ้อย และค่าโพลมีอิทธิพลทางตรงเป็นบวกอย่างสูงกับผลผลิตน้ำตาล ดังนั้นวิธีการคัดเลือกโคลนอ้อยในประชากรอ้อยชุด TBy จึงควรคัดเลือก 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักลำ ความยาวลำ จำนวนลำ และพื้นที่ใบ เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย ในขณะที่ค่าโพลในอ้อยเป็นดัชนีที่ดีในการปรับปรุงปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลผลิตอ้อย

คำสำคัญ : อ้อย ผลผลิตอ้อย อัตราพันธุกรรม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

Abstract

The experiment was conducted at Sugar and Cane Industrial Promotion Center - Region I, Kanchanaburi province in September 2008 to October 2010. The objectives were studied to examine the quantitative genetics of energy-cane breeding population derived from the TBy's sugarcane breeding program. The 9x9 triple lattice design was evaluated for 13 agronomic traits, including stalk length (STKLN), stalk diameter (STKDIA), stalk weight (STKWT), stalk number (STKNO), fiber content (FIBER), brix value (BRIX), polarity (POL), leaf number (LFNO), single leaf area (SLFA), leaf area per unit land area (LFLA), cane yield (CYLD), commercial cane sugar (CCS), and sugar yield (SYLD). Results

¹ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus

showed that heritability had the highest in SLFA and followed by CYLD, LFLA, BRIX, STKWT, and STKNO, respectively. Path-coefficient analyses indicated that the largest direct positive effect on CYLD was STKWT whereas 4 agronomic traits (LFLA, STKLN, STKNO, and SLFA) were also showed direct positive effects. But, both STKDIA and LFNO had direct negative effect on CYLD. BRIX had direct positive effect on POL, but FIBER had the opposite direction. Finally, CYLD and POL had large positive direct influence on SYLD. Therefore, the clonal selection method in TBy's breeding population should be selection on 4 main agronomic traits, viz. stalk weight, stalk length, stalk number, and leaf area, for increasing cane yield. Whereas polarity in juice was a good index for improving sucrose content in cane yield.

Keywords : sugarcane, cane yield, heritability, path-coefficient

E-mail : toon_ctn@hotmail.com

คำนำ

อ้อย (*Saccharum spp.*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งอ้อยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลโดยตรง แล้วยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมในด้านอื่น ๆ เช่น การผลิตเอทานอล และใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาโดยใช้พ่อแม่ที่มีเชื้อพันธุกรรมที่ดีมาผสมพันธุ์เพื่อให้มีการถ่ายทอดลักษณะที่ดีไปยังลูกผสม เช่น นำลักษณะที่ดีเด่นบางลักษณะในอ้อยป่า (*S. spontaneum*) เข้าสู่อ้อยพันธุ์การค้า ปัจจุบันพบว่ามีปัญหาในด้านผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ต่ำ เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น พันธุ์อ้อยผลผลิตต่ำ ไม่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และอ่อนแอต่อโรคและแมลง โครงการปรับปรุงพันธุ์อ้อยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ได้อ้อยพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตและความหวานสูง และยังคงการให้อ้อย มีปริมาณเส้นใยในระดับสูงกว่าอ้อยน้ำตาลที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป การพัฒนาพันธุ์อ้อยให้เจริญเติบโตเร็วและมีปริมาณเส้นใยสูง จำเป็นต้องใช้พ่อแม่ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมมาจากอ้อยป่า (*S. spontaneum*) ไปผสมพันธุ์กับอ้อยน้ำตาล (*Saccharum spp.*) ที่มีลักษณะดีเด่นด้านผลผลิตและความหวาน โดยคาดหวังว่าจะได้พันธุ์อ้อยใหม่ที่มีลักษณะที่ดีเด่นของอ้อยทั้งสองชนิดรวมกัน จะต้องมียีนเฉพาะคือ ปริมาณเส้นใยสูงอีกด้วย เพื่อใช้เป็นพันธุ์อ้อยพลังงาน ดังนั้น ในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเชิงปริมาณที่มีอิทธิพลต่อผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของประชากรอ้อยพลังงานรวมทั้งศึกษาอัตราพันธุกรรม และสัมประสิทธิ์เส้นทาง เพื่อให้ทราบถึงโอกาสของความสำเร็จของการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรตามที่ต้องการ เป็นแนวทางสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์อ้อยที่ดีในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเขต 1 จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2551- เดือนตุลาคม 2553 วางแผนการทดลองแบบ 9x9 triple lattice ทำ 3 ซ้ำ มี 81 สิ่งทดลอง สามารถจำแนกพันธุ์อ้อยเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ คือ 1) กลุ่มพ่อแม่พันธุ์ 25 โคลน ที่ใช้เป็นพ่อแม่ของพันธุ์อ้อยพลังงาน 2) กลุ่มพันธุ์อ้อยพลังงาน 54 โคลน และ 3) กลุ่มพันธุ์มาตรฐาน 2 โคลน (K88-92 และ LK92-11) แปลงย่อยมีขนาด 7.5 ตารางเมตร (ระหว่างแถว 1.5 เมตร แถวยาว 5 เมตร) ปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์อ้อย 3 ตา จำนวน 15

ท่อนต่อแปลงย่อยเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยที่อายุ 10 เดือน และประเมินลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตอ้อย 13 ลักษณะ คือ ความยาวลำ (stalk length, STKLN, เซนติเมตร) วัดความยาวลำของลำอ้อยจากโคนถึงตำแหน่งจุดหักธรรมชาติ (เมื่อหักยอดออกแล้ว) โดยสุ่มต้นอ้อยที่เป็นตัวแทนจำนวน 5 ลำภายในแปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยว เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (stalk diameter, STKDIA, เซนติเมตร) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำที่กลางลำต้น โดยสุ่มวัดต้นอ้อยที่เป็นตัวแทนจำนวน 5 ลำภายในแปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยว น้ำหนักลำ (stalk weight, STKWT, กิโลกรัมต่อลำ) ซึ่งน้ำหนักลำ โดยสุ่มต้นอ้อยจำนวน 5 ลำภายในแปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยว จำนวนลำ (stalk number, STKNO, ลำต่อกอ) นับจำนวนลำในแต่ละแปลงย่อย ที่อายุเก็บเกี่ยว ปริมาณเส้นใย (fiber, เปอร์เซนต์) ค่าโพล (polarity, POL, เปอร์เซนต์) ซีซีเอส (commercial cane sugar, CCS) วิเคราะห์ตามวิธีการของสำนักคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ค่าบริกซ์ (brix, องศาบริกซ์) วัดค่าบริกซ์โดยใช้ hand refractometer สุ่มต้นอ้อยที่เป็นตัวแทนจำนวน 5 ลำภายในแปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยว จำนวนใบ (leaf number, LFNO, ใบต่อลำ) นับจำนวนใบเขียวจากตำแหน่งคอใบสูงสุดจนถึงใบที่มีสีเขียวมากกว่า 60 เปอร์เซนต์ โดยสุ่มต้นอ้อยจำนวน 5 ลำภายในแปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุเก็บเกี่ยว พื้นที่ใบเดี่ยว (single leaf area, SINLF, ตารางเซนติเมตรต่อใบ) วัดพื้นที่ใบโดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ สุ่มใบอ้อย 1 ใบ ที่เป็นตัวแทนภายในแปลงย่อย พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ (leaf area per unit land area, LFLA, ตารางเมตรต่อไร่) คำนวณจากพื้นที่ใบเดี่ยว ผลผลิตอ้อย (cane yield, CYLD, ตันต่อไร่) และผลผลิตน้ำตาล (sugar yield, SYLD, ตันต่อไร่) การวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรมจากรีเกรสชันของลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อแม่ (regression of off-spring on parent) ข้อมูลลักษณะปรากฏในลูกและในพ่อแม่ถูกบันทึกเพื่อนำไปคำนวณค่ารีเกรสชันระหว่างลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อแม่หรือแม่ (ค่าเฉลี่ย) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SAS (Statistical Analysis System)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินอัตราพันธุกรรมโดยวิธีรีเกรสชัน (off-spring on parent) พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบเดี่ยวให้ค่าอัตราพันธุกรรมสูงสุด (0.44) รองลงมาได้แก่ ผลผลิตอ้อย (0.26) พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ (0.20) ค่าบริกซ์ (0.15) น้ำหนักลำ (0.13) และจำนวนลำ (0.10) ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่า ลักษณะพื้นที่ใบเดี่ยวสามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้สูงกว่าลักษณะผลผลิตอ้อยและพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ (Table 1)

Table 1 Heritability of regression off-spring on parent among stalk length (STKLN), stalk diameter (STKDIA), stalk weight (STKWT), stalk number (STKNO), leaf number (LFNO), single leaf area (SINLF), leaf area per unit land area (LFLA), cane yield (CYLD), brix, fiber, pol, commercial cane sugar (CCS) and sugar yield (SYLD).

| Trait | STKLN | STKDIA | STKWT | STKNO | LFNO | SINLF | LFLA |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|
| Coefficient mid-parent | 0 | 0 | 0.13 | 0.10 | 0.01 | 0.44 | 0.20 |

| Trait | CYLD | BRIX | FIBER | POL | CCS | SYLD |
|------------------------|------|------|-------|-----|-----|------|
| Coefficient mid-parent | 0.26 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0 |

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตน้ำตาล ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลาง ลำ จำนวนลำ น้ำหนักลำ จำนวนใบ พื้นที่ใบเดี่ยว และพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ พบว่า ผลผลิตอ้อยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความยาวลำ และพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่า 0.46 และ 0.38 ตามลำดับ ส่วนจำนวนลำ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอ้อย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่า 0.30 (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ พร่อมพรรณ และคณะ (2540) ที่พบว่า ผลผลิตอ้อยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนลำ ความสูงลำต้น และจำนวนปล้อง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเป็น 0.60 0.63 และ 0.54 ตามลำดับ

Table 2 Correlation coefficient among cane yield (CYLD), sugar yield (SYLD), commercial cane sugar (CCS), stalk length (STKLN), stalk diameter (STKDIA), stalk number STKNO), stalk weight (STKWT), leaf number (LFNO), single leaf area (SINLF) and leaf area per unit land area (LFLA) .

| | CYLD | CCS | STKLN | STKDIA | STKNO | STKWT | LFNO | SINLF | LFLA |
|--------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| SYLD | 0.77** | 0.55** | 0.34** | 0.06 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | 0.24* | 0.01 ^{ns} | 0.10 ^{ns} | 0.12 ^{ns} |
| CYLD | | -0.09 ^{ns} | 0.46** | -0.04 ^{ns} | 0.30* | 0.14 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | -0.07 ^{ns} | 0.38** |
| CCS | | | -0.04 ^{ns} | 0.17 ^{ns} | -0.36** | 0.21 ^{ns} | 0.00 ^{ns} | 0.29* | -0.029* |
| STKLN | | | | -0.06 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.27* | 0.09 ^{ns} | -0.13 ^{ns} | 0.04 ^{ns} |
| STKDIA | | | | | -0.58** | 0.87** | -0.05 ^{ns} | 0.59** | -0.38** |
| STKNO | | | | | | -0.59** | 0.06 ^{ns} | -0.07** | 0.77** |
| STKWT | | | | | | | -0.03 ^{ns} | 0.55** | -0.41** |
| LFNO | | | | | | | | -0.13 ^{ns} | 0.30* |
| SINLF | | | | | | | | | -0.33** |

ns = non-significant

* = significant at P = 0.05

** = highly significant at P = 0.01

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตน้ำตาล ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส ค่าบริกซ์ ค่าโพล และปริมาณเส้นใย พบว่า ค่าบริกซ์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าโพล อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่า 0.55 แต่ค่าโพล มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณเส้นใย ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่า -0.02 ขณะที่ค่าโพลและผลผลิตอ้อยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่า 0.56 และ 0.77 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Correlation coefficient among cane yield (CYLD), sugar yield (SYLD), commercial cane sugar (CCS), brix, pol and fiber.

| | CYLD | CCS | BRIX | POL | FIBER |
|------|--------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| SYLD | 0.77** | 0.55** | 0.35** | 0.56** | -0.01 ^{ns} |
| CYLD | | -0.09 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | -0.06 ^{ns} | 0.07 ^{ns} |
| CCS | | | 0.51** | 0.99** | -0.12 ^{ns} |
| BRIX | | | | 0.55** | 0.00 ^{ns} |
| POL | | | | | -0.02 ^{ns} |

ns = non-significant

* = significant at P = 0.05

** = highly significant at P = 0.01

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์บาท พบว่า อิทธิพลทางตรงที่มีต่อผลผลิตอ้อยในทางบวก คือ น้ำหนักลำ (0.51) พื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ (0.37) ความยาวลำ (0.31) จำนวนลำ (0.24) และพื้นที่ใบเดี่ยว (0.11) ส่วนในทางลบ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (-0.26) และจำนวนใบ (-0.11) (Table 4) ซึ่งแตกต่างกับรายงานของ สันติ (2547) ซึ่งพบว่า จำนวนลำ เป็นลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงต่อ ผลผลิตอ้อย มากที่สุด และรายงานของ Kang *et al.* (1989) และ Milligan *et al.* (1990) ซึ่งพบว่า จำนวนลำ จะมีอิทธิพลทางตรงต่อ ผลผลิตอ้อย มากกว่า น้ำหนักลำ และจะเพิ่มความสำคัญมากขึ้นในอ้อยตอ ค่าบrixที่มีอิทธิพลทางตรงต่อค่าโพล เท่ากับ 0.55 ส่วนปริมาณเส้นใยมีอิทธิพลทางลบกับค่าโพล (-0.02) (Table 5) ในขณะที่ผลผลิตอ้อย และค่าโพลมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตน้ำตาลเท่ากับ 0.81 และ 0.61 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ สันติ (2547) ที่รายงานว่า ผลผลิตอ้อยมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตน้ำตาลสูงสุด ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีอิทธิพลทางตรงรองลงมา จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตอ้อย เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำตาลมากกว่าค่าโพล แต่ Milligan *et al.* (1990) รายงานว่า ผลผลิตอ้อย เป็นปัจจัยอันดับหนึ่งที่จะใช้ในการสนใจเกี่ยวกับผลผลิตน้ำตาล (Table 6)

Table 4 Path coefficient analysis among cane yield (CYLD), stalk length (STKLN), stalk diameter (STKDIA), stalk number (STKNO), stalk weight (STKWT), leaf number (LFNO), single leaf area (SINLF) and leaf area per unit land area (LFLA).

| รายละเอียดความสัมพันธ์ | ค่าสัมประสิทธิ์ |
|-------------------------|-----------------|
| อิทธิพลทางตรงกับ CYLD | |
| อิทธิพลทางตรงของ STKLN | 0.31 |
| อิทธิพลทางตรงของ STKDIA | -0.26 |
| อิทธิพลทางตรงของ STKNO | 0.24 |
| อิทธิพลทางตรงของ STKWT | 0.51 |
| อิทธิพลทางตรงของ LFNO | -0.11 |
| อิทธิพลทางตรงของ SINLF | 0.11 |
| อิทธิพลทางตรงของ LFLA | 0.37 |

Table 5 Path coefficient analysis among pol, brix and fiber.

| รายละเอียดความสัมพันธ์ | ค่าสัมประสิทธิ์ |
|------------------------|-----------------|
| อิทธิพลทางตรงกับ POL | |
| อิทธิพลทางตรงของ BRIX | 0.55 |
| อิทธิพลทางตรงของ FIBER | -0.02 |

Table 6 Path coefficient analysis among sugar yield (SYLD), cane yield (CYLD) and pol.

| รายละเอียดความสัมพันธ์ | ค่าสัมประสิทธิ์ |
|------------------------|-----------------|
| อิทธิพลทางตรงกับ SYLD | |
| อิทธิพลทางตรงของ CYLD | 0.81 |
| อิทธิพลทางตรงของ POL | 0.61 |

สรุปผลและเสนอแนะ

วิธีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์อ้อยพลังงานในประชากรอ้อยชุด TBy (Tiphuyae and Banyang) จึงควรคัดเลือกจาก 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักลำ ความยาวลำ จำนวนลำ และพื้นที่ใบ เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย ในขณะที่ค่าโพลในน้ำอ้อยเป็นดัชนีที่ดีในการปรับปรุงปริมาณน้ำตาลซูโครสในผลผลิตอ้อย

เอกสารอ้างอิง

- พร้อมพรรณ เสรีวิชัยสวัสดิ์ สุพิกา ศิระสุนทร และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2540. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 31 : 20-27.
- สันติ รอดเรือง. 2547. ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะเกษตรในประชากรอ้อยภายใต้พื้นที่ปลูก 3 สภาพแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Kang, M. S., O. Sosa and J. D. Miller. 1989. Path analysis for percent fiber, and cane and sugar yield in sugarcane. Crop Sci. 29 : 1481-1483.
- Milligan, S. B., K. A. Gravois, K. P. Bischoff and F. A. Martin. 1990. Crop effect on genetic relationships among sugarcane traits. Crop Sci. 30 : 927-931.