การปรับปรุงพันธุ์อ้อยชนิดใหม่เพื่อผลผลิตชีวมวลสูงภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำกัด โดยใช้เชื้อพันธุกรรมอ้อยป่า

Development of new type of sugarcane with high biomass productivity under adverse agricultural environments by using wild relatives.

Yoshifumi Terajima วีระพล พลรักดี อัมราวรรณ ทิพยวัฒน์ ทักษิณา ศันสยะวิชัย
แสงเดือน ชนะชัย Shin-ichi Tsuruta Pachakkil Babil Shin irei
Masumi Ebina Akira Sugimoto Hiroko Takagi
Yoshifumi Terajima Werapon Ponragdee Amarawan Tippayawat Takshina Sansayawichai
Sangdeun Chanachai Shin-ichi Tsuruta Pachakkil Babil Shin irei
Masumi Ebina Akira Sugimoto Hiroko Takagi

ABSTRACT

Sugarcane wild relatives collected in Thailand is an attractive germplasm that can be expected to improve sugarcane productivity and adaptability to adverse environment. This collaborative research aims to develop breeding techniques and new breeding materials for effective utilization of wild relatives for sugarcane breeding in the Northeast Thailand. In this study, we collected agronomic data of Thai *Erianthus* germplasm and selected promising breeding materials. To utilize early heading *E. arundinaceus* for sugarcane breeding, we developed delayed heading technique which enable intergeneric crossing between early heading *E. arundinaceus* and sugarcane breeding materials. Intergeneric F_1 hybrids between sugarcane and *E. arundinaceus* were developed in Japan and Thailand, and their basic agronomic traits and cytogenetic characteristics were evaluated. In Thailand, we selected promising breeding materials from intergeneric F_1 hybrids. Furthermore, we continued back crossing of interspecific hybrids which generated by crossing sugarcane and *Saccharum spontaneum*, and promising BC_1 and BC_2 clones were selected. These information and new materials which developed in this study will be important for sugarcane improvement of productivity and adaptability to adverse environment in Thailand.

Key word: Sugarcane, *Erianthus*, *Saccharum spontaneum*, Intergeneric hybrid, terspecific hybrid.

บทคัดย่อ

อ้อยป่าในประเทศไทยเป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมที่น่าสนใจและน่านำมาพัฒนาการผลิตอ้อยและการปรับตัวในสภาพแวดล้อมจำกัด โดยจุดประสงค์ในความร่วมมือของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์โดยการสร้างลูกผสมจากพันธุ์อ้อยป่าเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในการศึกษานี้ได้เก็บบันทึกลักษณะการเกษตรของเชื้อพันธุกรรม *Erianthus* ของไทยและคัดเลือกสายพันธุ์ดีเด่นเพื่อใช้เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยต่อไป

เนื่องจาก *E. arundinaceus* มีการออกดอกเร็ว ดังนั้นจึงต้องพัฒนาเทคนิคให้อ้อยป่า *E. arundinaceus* ออกดอกช้า เพื่อสามารถผสมพันธุ์กับอ้อยพันธุ์การค้าได้ การผสมข้ามสกุล (F_1 hybrids) ระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าและอ้อยป่า *E. arundinaceus* ได้พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย โดยเบื้องต้นทำการประเมินและจำแนกลักษณะการเกษตรที่ดี และในส่วนของประเทศไทย เราได้คัดเลือกลักษณะที่ดีของอ้อยป่า *Erianthus* นี้ผสมกับอ้อยพันธุ์การค้าจนได้ลูกผสมชั่วที่ 1

นอกจากนี้ยังทำการผสมกลับในอ้อยสกุลเดียวกันระหว่างอ้อยพันธุ์พง (*Saccharum spontaneum*) จนได้ลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1) และลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_2) และทำการคัดเลือก ซึ่งข้อมูลและลูกผสมที่ได้จากการพัฒนาในงานวิจัยนี้จะมีความสำคัญในการพัฒนาการผลิตอ้อยและการปรับตัวของอ้อยในสภาพจำกัดของประเทศไทย

คำหลัก : อ้อย, เลา, พง, ลูกผสมข้ามสกุล, ลูกผสมในสกุลเดียวกัน

คำนำ

สภาพแห้งแล้งในฤดูแล้งและความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญในการผลิตอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การพัฒนาอ้อยชีวมวลสูงสำหรับท้องถิ่นนี้ซึ่งมีความจำเป็นเพื่อการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืน ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากอ้อยป่าเพื่อสร้างลูกผสมในอ้อยชีวมวลสูงและเพื่อการปรับตัวที่ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมที่จำกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นและศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JIRCAS) จึงได้ร่วมมือในการเก็บรวบรวมพง (*S. spontaneum*) 500 พันธุ์, เลา (*Erianthus*) 151 พันธุ์ และอ้อยป่าอื่นๆ จากทั่วประเทศไทย

ในช่วงระยะสุดท้ายศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรระหว่างประเทศของญี่ปุ่นและศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นได้ประสบความสำเร็จจากการพัฒนาสร้างลูกผสมอ้อยชีวมวลสูงจากการใช้พง (*S. spontaneum*) บางสายพันธุ์

การพัฒนาอ้อยนี้ เรามีการประเมินศักยภาพของยีนและจีนัสของเลา (*Erianthus*) ซึ่งเลานี้เป็นหนึ่งในสกุล *Saccharum* complex โดยจะเป็นแหล่งยีนที่ดี การใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรม *Erianthus* ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการค้นหาความหลากหลายและจำแนกลักษณะดีเด่นของเชื้อพันธุ์ต่างๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาพันธุ์อ้อยโดยการใช้อ้อยป่ามาพัฒนาเทคนิคการผสมพันธุ์ข้ามสกุลและการคัดเลือกที่มีประสิทธิภาพยังมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยความร่วมมือนี้ได้ทำการประเมินและใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรมเครือญาติของอ้อยเพื่อพัฒนา

เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์และเชื้อพันธุ์สำหรับอ้อยรูปแบบใหม่ซึ่งจะให้ชีวมวลสูงและปรับตัวได้กว้างในสภาพแวดล้อมที่จำกัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

กิจกรรมที่ 1 : การประเมินและจำแนกลักษณะของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) ในประเทศไทย

1-ก) จำแนกสัณฐานวิทยา ประเมินลักษณะทางการเกษตร และเก็บบันทึกข้อมูลเป็นชุดฐานข้อมูล

การศึกษานี้เริ่มดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตั้งแต่ปี 2554–2557 โดยออกสำรวจและเก็บรวบรวม *Erianthus* และพันธุ์พื้นเมืองต่างๆ ทั่วประเทศไทย ในปี 2554 ทำการปลูกเชื้อพันธุ์ *Erianthus* จำนวน 150 สายพันธุ์ ซึ่งปลูกสายพันธุ์ละ 1 กอ จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นบันทึกลักษณะต่างๆ และประเมินลักษณะทางการเกษตร และเก็บเกี่ยวในปี 2555, 2556 และ 2557

1-ข) ประเมินความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) โดยการพัฒนาเครื่องหมาย *Erianthus* SSR โดยการใช้ข้อมูล genomic DNA ของ *E. arundinaceus* ของญี่ปุ่น และคัดเลือกจีโนมด้วยเครื่องหมาย SSR ในอ้อยป่า โดยใช้เครื่องหมาย SSR ประเมินความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) 150 สายพันธุ์ของไทย

1-ค) จำแนกลักษณะเด่นของเชื้อพันธุกรรมอ้อยป่า 150 สายพันธุ์ของไทย โดยใช้ผลการทดลองของ 1-ก) และ 1-ข) เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย

กิจกรรมที่ 2 : การพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโดยการใช้เชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*)

2-ก) ศึกษาพัฒนาการการออกดอกของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*)

ในการศึกษานี้ได้เริ่มดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตั้งแต่ปี 2554–2557 โดยใช้ *Erianthus* 5 พันธุ์ คือ ThE99–146, ThE01–77, ThE01–78, ThE02–83 และ ThE03–6 โดย *Erianthus* 5 พันธุ์นี้จะออกดอกเร็วกว่าอ้อยพันธุ์การค้า ซึ่งเป็นการยากต่อการผสมกันระหว่างอ้อยกับ *Erianthus* นี้ (Tagene *et al.*, 2012) วางแผนการทดลองแบบ split-split-plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก คือ ความยาววัน “day length (Photoperiodic treatment and Natural day length)” ปัจจัยรอง คือ ช่วงเวลาการไว้ตอ (มีนาคม–มิถุนายน) และปัจจัยย่อย คือ พันธุ์ (ThE99–146, ThE01–77, ThE01–78, ThE02–83 และ ThE03–6) แต่ละปัจจัยย่อยประกอบด้วย 1 แถว ต่อ 2 กอ ระยะระหว่างหลุม 50 เซนติเมตร โดยปลูกลงแปลงเมื่อ 27 มิถุนายน 2555 ปี 2556 และ 2557 ทำการเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคมเพื่อไว้ตอ และเก็บเกี่ยวในเดือนมิถุนายน สำหรับแปลงย่อยที่ต้องการศึกษาช่วงไว้ตอในเดือนมิถุนายนในการทดลองช่วงแสง (photoperiodic)

การชะลอการออกดอกด้วยความยาววัน จะใช้เวลาประมาณ 13 ชั่วโมง 30 นาที จากวันที่ 24 มิถุนายน-3 ตุลาคม ก่อนพระอาทิตย์ตก ส่วนการชักนำเพื่อกระตุ้นให้ออกดอกเร็วขึ้น โดยจะทำการลดช่วงแสงลง 2 นาที ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยเริ่มตั้งแต่ 4 ตุลาคม-15 ธันวาคม

2-ข) การพัฒนาและประเมินลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามสกุล (inter-generic hybrids) ระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าและเลา (*Erianthus*) โดยทำการประเมินลักษณะการเกษตรของลูกผสมข้ามสกุล (F_1) ในประเทศญี่ปุ่น ดำเนินการที่ JIRCAS-TARF ในปี 2555–2556 โดยประเมินลูกผสมข้ามสกุล จำนวน 33 พันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ ในระยะปลูก ระยะระหว่างแถว 1.4 เมตร และระยะระหว่างหลุม 0.3 เมตร ใน

วันที่ 22 พฤษภาคม 2555 ปลูก 5 กอต่อแปลงย่อย จำนวน 3 ซ้ำ วางแผนแบบ RCB และเก็บเกี่ยว 18-22 กุมภาพันธ์ 2556 ได้ประเมินตำแหน่งโครโมโซมของลูกผสมข้ามสกุลนี้ด้วยวิธี genomic in situ hybridization (GISH) ของ 17 ลูกผสมข้ามสกุล จากการจัดการต้องอาศัย nuclear DNA content และมีการประเมินลักษณะรากของลูกผสมข้ามสกุลของ "J08-12" และประเมินกับพ่อแม่พันธุ์ ในปี 2555 จากนั้นทำการประเมินลักษณะการเกษตรของลูกผสมข้ามสกุล (F_1) ในประเทศไทยเมื่อปี 2557 และ 2558 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ทำการประเมิน 14 ลูกผสมข้ามสกุล, อ้อยพันธุ์การค้า 9 พันธุ์, อ้อยอเนกประสงค์ (Multipurpose) 2 พันธุ์ และ *E. arundinaceus* 4 พันธุ์ ปลูกลงแปลงในเดือนมิถุนายน 2557 วางแผนแบบ RCB จำนวน 2 ซ้ำ ปลูก 5 กอ (หลุม) ต่อแปลงย่อย ระยะระหว่างแถว 1.4 เมตร และระยะระหว่างหลุม 0.5 เมตร ดูแลรักษาแปลงและเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม 2558 และเดือนธันวาคม 2558

<u>กิจกรรมที่ **3** : การประเมินอ้อย, อ้อยเครือญาติและลูกผสมภายใต้สภาพแวดล้อมการเกษตรที่แตกต่างกัน</u>

3-ก) การคัดเลือกสายพันธุ์ดีสำหรับการผลิตน้ำตาลและเยื่อใยจากประชากรลูกผสมกลับโดยใช้การผสมในสกุลเดียวกันระหว่างอ้อยกับพง (*S. spontaneum*)

การประเมินและคัดเลือกของประชากรลูกผสมกลับชั่วที่ 1 และ 2 (BC_1, BC_2) ของลูกผสมในสกุลเดียวกันหรือลูกผสมข้ามชนิด (interspecific hybrids) ระหว่างอ้อยกับพง (*S. spontaneum*) ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยลูกผสมกลับนี้พัฒนาการจากการผสมระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าและลูกผสมในสกุลเดียวกัน ได้ทำการประเมินลูกอ้อยโดยพิจารณาลักษณะการไว้ตอที่ดี, ผลผลิตน้ำตาล, ผลผลิตเยื่อใยและศึกษาการปรับตัวในสภาพพื้นที่จำกัดในระบบการปรับปรุงพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

ผลการทดลองและวิจารณ์

<u>กิจกรรมที่ **1** : การประเมินและจำแนกลักษณะของเครือญาติของอ้อย</u>

1-ก) เก็บรวบรวมชุดข้อมูลโดยการจำแนกลักษณะการเกษตร 10 ลักษณะของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) จำนวน 150 สายพันธุ์ โดยการบันทึกลักษณะประจำพันธุ์และสร้างฐานข้อมูล (ภาพที่ 1 และ 2) จากการศึกษาผลผลิตน้ำหนักแห้งของเชื้อพันธุกรรมเกิดความแปรปรวนอย่างกว้าง ผลปรากฏว่ามีสายพันธุ์จำนวนมากให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าอ้อยพันธุ์การค้าและหญ้าเนเปีย โดย *E. arundinaceus* แบบ 1 (type I) มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่า *E. arundinaceus* แบบ 2 และ 3 และ *E.* procerus

1-ข) จากการประเมินด้วยเครื่องหมาย SSR พัฒนาการและความหลากหลายของเลา (*Erianthus*) 150 สายพันธุ์ โดยมีพื้นฐานจาก 626 อัลลีล โดยสร้างเครื่องหมายไมโครเซทเทอไลท์ได้ 31 เครื่องหมาย (Tsuruta *et al*. 2017) ซึ่งข้อมูลความหลากหลายนี้สนับสนุนการจำแนกเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) โดยสอดคล้องกับข้อมูลทางสัณฐานวิทยา (Tagane *et al*. 2012).

1-ค) คัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีจากการประเมินลักษณะทางการเกษตรจากเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*) 150 สายพันธุ์ โดยใช้ฐานข้อมูลของ 1-ก (ตารางที่ 1) ซึ่งสายพันธุ์ดีเหล่านี้จะเป็นเชื้อพันธุ์ที่ดีในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ให้ความหวานสูง (บริกซ์สูง) นอกจากนี้ *Erianthus* ยังมีศักยภาพในการเป็นพืชพลังงาน เนื่องจากมีศักยภาพในการให้ผลผลิตชีวมวลสูง ดังนั้น

Erianthus จึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย

<u>กิจกรรมที่ **2 :** การพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโดยการใช้เชื้อพันธุกรรมเลา (***Erianthus***)</u>

2-ก) ศึกษาพัฒนาการการออกดอกของเชื้อพันธุกรรมเลา (*Erianthus*)

จากการศึกษาช่วงแสงในการชะลอการออกดอกของอ้อยป่า (*E. arundinaceus*) (ภาพที่ 3) ทำให้ได้พ่อพันธุ์อ้อยและทำให้มีโอกาสในการใช้เป็นพ่อพันธุ์เพื่อผสมพันธุ์อ้อยมากขึ้น ซึ่งเทคนิคการชะลอการออกดอกนี้ ทำให้เกิดการผสมข้ามสกุลระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าและอ้อยป่า (*E. arundinaceus*) ที่ออกดอกเร็ว โดยสามารถผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่ปลายเดือนพฤศจิกายน ถึงต้นเดือนมกราคม และสามารถขยายฐานพันธุกรรมเพื่อพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในประเทศไทยได้ (Tagane *et al*. 2011, Terajima *et al*. 2017)

2-ข) จากการศึกษานี้ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาลูกผสมข้ามสกุลชั่วที่ 1 (F_1 hybrids) ระหว่างอ้อยพันธุ์การค้ากับอ้อยป่า (*E. arundinaceus*) และได้เก็บข้อมูลพื้นฐานลักษณะการเกษตรและศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ที่ประเทศญี่ปุ่น (ภาพที่ 4) โดยลูกผสมข้ามสกุลนี้มีจำนวนลำที่มากกว่าพันธุ์แม่แต่หลายโคลนพันธุ์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำกว่าหรือเท่ากับพ่อแม่ อย่างไรก็ตามความหลากหลายทางพันธุกรรมของลักษณะพันธุ์เหล่านี้จะให้ผลผลิตดีและให้คุณภาพดี ดังนั้นการคัดเลือกและการใช้ประโยชน์ของลูกผสมนี้ซึ่งเป็นที่น่าสนใจสำหรับการปรับปรุงพันธุ์อ้อย

จากข้อมูลการวิเคราะห์ GISH การถ่ายทอดโครโมโซมของลูกผสมข้ามสกุลชั่วที่1 (F_1 hybrids) เป็นแบบ “n+n” อย่างไรก็ตามจำนวนโครโมโซมของ *Erianthus* ในลูกผสม F_1 hybrids จะแสดงความหลากหลายที่กว้างและมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างจำนวนโครโมโซมกับลักษณะทางการเกษตรในลูกผสมข้ามสกุล (ภาพที่ 5) การให้ผลผลิตมีความสัมพันธ์กับผลผลิตแห้ง, ขนาดลำ, จำนวนลำ, น้ำหนักลำและความยาวลำ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนโครโมโซม *Erianthus* แต่ขณะเดียวกันไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโครโมโซมกับคุณภาพของพันธุ์ ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลและปริมาณเส้นใย

รากของลูกผสมชั่วที่ 1 ให้รากในปริมาณมากและลึกกว่าพันธุ์แม่ (ภาพที่ 6) ผลการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นว่าการผสมข้ามสกุลระหว่างพันธุ์การค้าและอ้อยป่า *Erianthus* ซึ่งสามารถพัฒนาระบบรากในอ้อยพันธุ์การค้าได้ ในการศึกษานี้เราประสบความสำเร็จในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมข้ามชั่วที่ 1 ระหว่างอ้อยพันธุ์การค้าและ *E. arundinaceus* รวมทั้งการคัดเลือกเชื้อพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในประเทศไทย (ภาพที่ 7 และ 8) จากลูกผสมที่คัดเลือกได้แสดงค่าผลผลิตชีวมวลสูงในอ้อยตอมากกว่าอ้อยพันธุ์การค้า ลูกผสมข้ามสกุลมีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาพันธุ์เพื่อการผลิตและการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยในประเทศไทย

<u>กิจกรรมที่ **3 :** การประเมินอ้อย, อ้อยเครือญาติและลูกผสมภายใต้สภาพแวดล้อมการเกษตรที่แตกต่างกัน</u>

3-ก) อ้อยลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1) ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอ้อยพันธุ์การค้าในอ้อยปลูก แต่ลูกผสมบางโคลนพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลผลิตในอ้อยตอ เพราะมีศักยภาพในการไว้ตอได้ดีกว่าอ้อยพันธุ์การค้า (ตารางที่ 2) สำหรับผลผลิตน้ำตาล อ้อยลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1) ทุกโคลนพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติซึ่งให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลต่ำ แต่สายพันธุ์ BC04-229, BC04-627 และ BC04-768 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นใยสูงกว่าพันธุ์การค้า

ขนาดลำและปริมาณน้ำตาลของ BC_1 มากกว่าลูกผสม F_1 แต่ยังน้อยกว่าอ้อยพันธุ์การค้า (Ponragdee *et al.* 2013) แม้ว่าปริมาณน้ำตาลของ BC_2 จะน้อยกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 แต่ลูกผสมบางสายพันธุ์ให้ปริมาณน้ำตาล ใกล้เคียงกับพันธุ์ K88-92 (ตารางที่ 3), อ้อยลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_2) บางโคลนพันธุ์ คาดว่าจะให้ผลผลิตน้ำตาลเท่ากับหรือมากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 และ K88-92 ผลเหล่านี้สามารถยืนยันได้ว่าปริมาณน้ำตาล และผลผลิตน้ำตาลสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นได้จากการผสมกลับ เช่น อ้อยลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_2) ได้จากการผสมกลับของ BC_1 และอ้อยพันธุ์การค้า จะให้ผลดีกว่าอ้อยลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1)

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษานี้สามารถเก็บรวบรวมอ้อยป่า *Erianthus* และจำแนกลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะทางการเกษตรของ *Erianthus* ในประเทศไทยได้จำนวน 150 สายพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยของประเทศไทยได้ แต่โดยทั่วไป *Erianthus* จะออกดอกเร็ว ม่สามารถนำมาผสมกับอ้อยพันธุ์การค้าได้ แต่จากการพัฒนาเทคนิคการการชะลอการออกดอกของ *Erianthus* ทำให้สายพันธุ์ดังกล่าวออกดอกช้าลงเพื่อสามารถผสมกับอ้อยพันธุ์การค้าได้ ซึ่งเทคนิคนี้ทำให้ *Erianthus* และอ้อยพันธุ์การค้ามีโอกาสได้ผสมพันธุ์กันและถ่ายทอดลักษณะที่ดีสู่การพัฒนาพันธุ์อ้อยในประเทศ โดยลูกผสมข้ามสกุล (F_1) ระหว่างอ้อยพันธุ์การค้ากับ *Erianthus* ถูกพัฒนาขึ้นที่ประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่น โดยมีการประเมินลักษณะทางการเกษตรและการจำแนกพันธุ์ โดยในประเทศไทยได้คัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีจากลูกผสมข้ามสกุล (F_1) และยังทำการผสมกลับในลูกผสมในสกุลเดียวกันและมีการคัดเลือกได้ลูกผสมกลับชั่วที่ 1 และ 2 (BC_1, BC_2) ที่ดี ดังนั้นลูกผสม F_1 ข้ามสกุลและลูกผสมกลับเหล่านี้มีความสำคัญในการสร้างเชื้อพันธุ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์อ้อยในการผลิตและปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่จำกัดในประเทศไทย

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้อ้อยลูกผสมและสายพันธุ์ดีเด่นที่ใช้เป็นวัสดุ (materials) เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโดยพันธุ์เหล่านี้จะมีลักษณะทนต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัด
2. กลุ่มเป้าหมายที่จะนำอ้อยกลุ่มนี้ไปใช้ประโยชน์ คือ กลุ่มเกษตรกรที่มีพื้นที่แห้งแล้งหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการปลูกอ้อย
3. พื้นที่ที่เหมาะสมกับพันธุ์อ้อยเหล่านี้ คือ สภาพแวดล้อมที่จำกัด มีสภาพแห้งแล้ง หรือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการปลูกอ้อย
4. คำแนะนำในการนำอ้อยเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากอ้อยกลุ่มนี้เป็นอ้อยที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตชีวมวลสูง ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูง แต่ปริมาณน้ำตาลหรือค่าความหวานยังน้อย ควรต้องนำไปพัฒนาต่อหรือปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมกลับไปหาอ้อยพันธุ์หวานหรือผสมกลับไปหาอ้อยพันธุ์การค้า

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณกรมวิชาการเกษตรและศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JIRCAS) ที่มีความร่วมมือกันมาด้วยดีร่วม 20 ปี โดยมีการสนับสนุนงบประมาณและส่งนักวิจัยผู้เชียวชาญในงานวิจัยมาทำงานร่วมกันเพื่อต่อยอดงานวิจัยและพร้อมที่จะสร้างสรรค์งานวิจัยที่มีคุณภาพและจะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Ponragdee, W., S. Ohara, T. Sansayawichai, Y. Terajima, S. Tagane, A. Tippayawat, S. Ando, Y. Tarumoto and A. Sugimoto 2013. New type of high yielding sugarcane with lower sugar and higher fibre content suitable for stable co-production of sugar and ethanol in Northeast Thailand. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. **28**: BB17.

Tagane, S., Y. Terajima, Y. Shikina, M. Kyan, N. Makiya, S. Irei, K. Yamato, and A. Sugimoto 2011. Effects of day-length treatment and harvesting time on the flowering of *Erianthus arundinaceus* on Ishigaki Island, Japan. Trop. Agr. Develop. **55**: 44-50.

Tagane, S., W. Ponragdee, T. Sansayawichai, A. Sugimoto, and Y. Terajima 2012. Characterization and taxonomical note about Thai *Erianthus* germplasm collection: the morphology, flowering phenology and biogeography among *E. procerus* and three types of *E. arundinaceus*. Genet. Resour. Crop. Evol. **59**: 769–781.

Terajima, Y., S. Irei, S. Tagane, A. Sugimoto, H. Takagi and H. Hayashi 2017. Effects of ratooning time on photoperiod-induced delay of heading in Japanese *Erianthus arundinaceus*. Trop. Agr. Develop. **61**: 107-116

Tsuruta, S., Ebina, M., Terajima, Y., Kobayashi, M., Takahashi, W. 2017 Genetic variability in *Erianthus arundinaceus* accessions native to Japan based on nuclear DNA content and simple sequence repeat markers. *Acta Physiologiae Plantarum* DOI: 10.1007/s11738-017-2519-1

ภาคผนวก

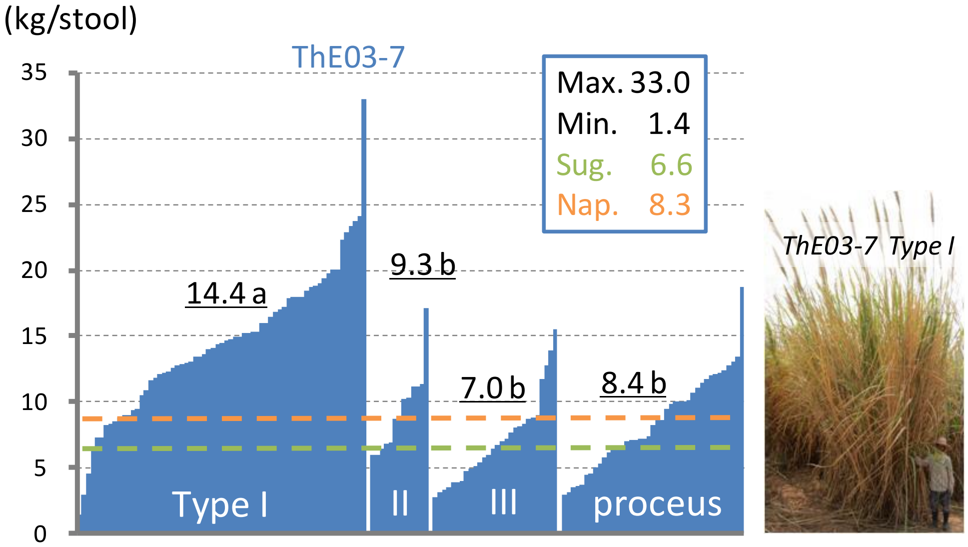

Figure 1 Dry matter yield of 150 Thai *Erianthus* germplasm

I: *E. arundinaceus* type I, II: *E. arundinaceus* type II, III: *E. arundinaceus* type III, Procerus: *E. procerus*, Sug.: Sugarcane variety, Nap: Napier grass.

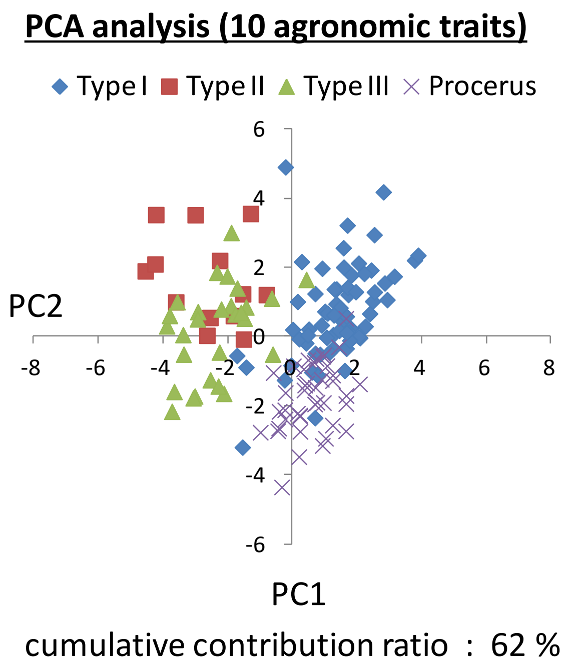

Figure 2 PCA analysis of 10 agronomic traits of 150 Thai *Erianthus* germplasm

I: *E. arundinaceus* type I, II: *E. arundinaceus* type II, III: *E. arundinaceus* type III, Procerus: *E. procerus*.

Traits	Candidate of breeding materials
Dry matter yielding	ThE03-7 (I), ThE10-6(II), ThE02-83(III)
No. of stalks	ThE03-2(I), ThE10-9(I), ThE00-9(P)
Stalk length	ThE99-54(I), ThE09-14(III), ThE10-6(II)
Stalk diameter	ThE02-89(II), ThE99-133(III), ThE01-46(I)
Rate of stalk part	ThE01-12(I), ThE98-4(III), ThE98-242(II)
Pithiness	ThE10-19(III), ThE10-18(III), ThE10-20(II)
Brix	ThE08-2(II), ThE01-15(P), Open6(III)

Figure 3 Promising breeding materials selected from 150 Erianthus germplasm.

I: *E. arundinaceus* type I, II: *E. arundinaceus* type II, III: *E. arundinaceus* type III, P: *E. procerus*

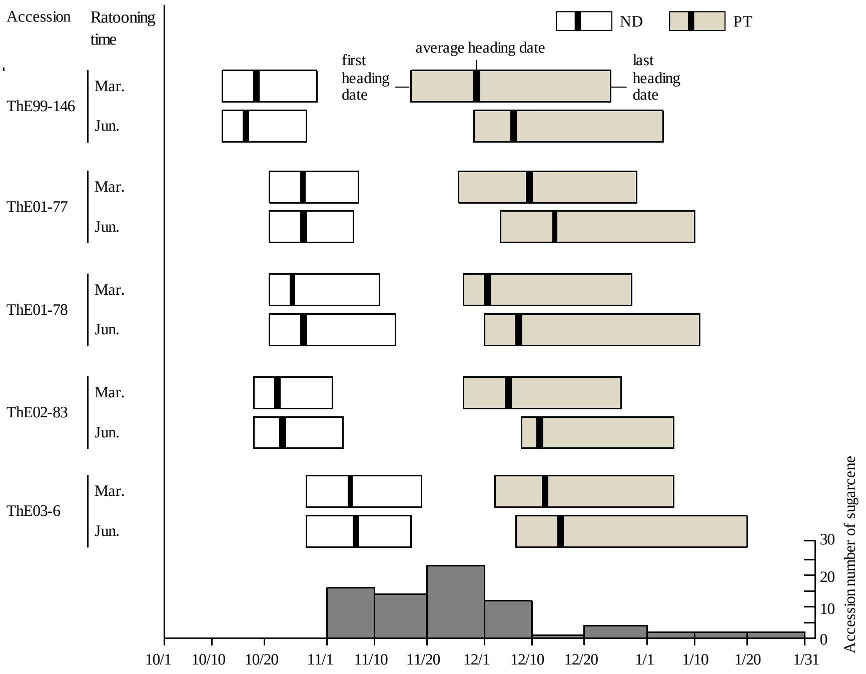

Figure 4 Effects of ratooning time and photoperiodic treatment on total heading periods of Thai early heading *E. arundinaceus* accessions in 2014.

ND and PT refer to natural daylength and photoperiodic treatment, respectively. The heading status of all heading stalks in each plot was recorded every Mondays. The histogram at the bottom of this figure indicates the distribution of the heading periods of KKFCRC’s sugarcane breeding materials (n=76) in KKFCRC’s experimental fields from October 2011 to January 2012 under ND.

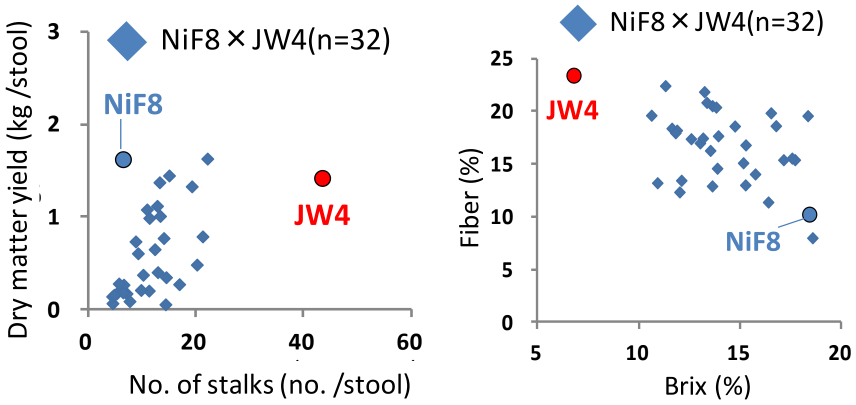

Figure 5 Agronomical traits of inter-generic hybrids obtained between *Saccharum* spp. hybrid (NiF8) and *E. arundinaceus* (JW4) in Japan.

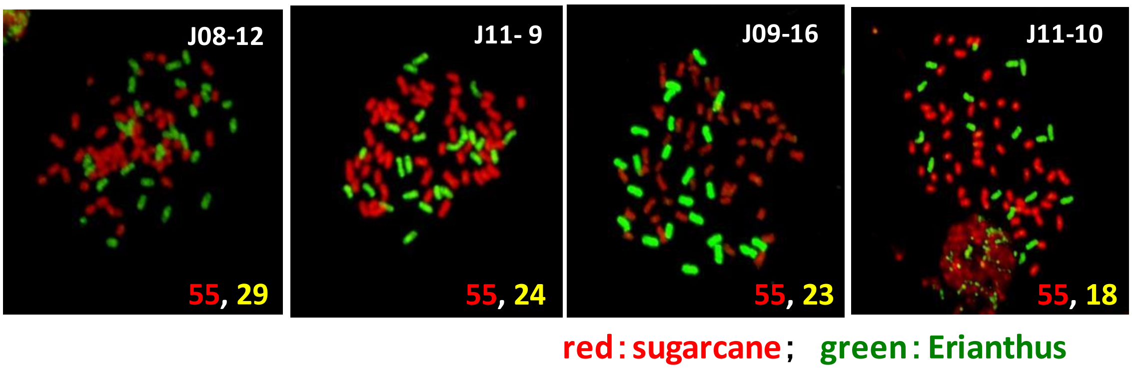

Figure 6 GISH analysis of intergeneric F_1 hybrids obtained between *Saccharum* spp. hybrid and *E. arundinaceus* in Japan. *Saccharum* chromosomes are visualized in red and *E.* arundinaceous chromosomes are visualized in green. The numbers written in right bottom corner indicate the number of chromosomes from each parent.

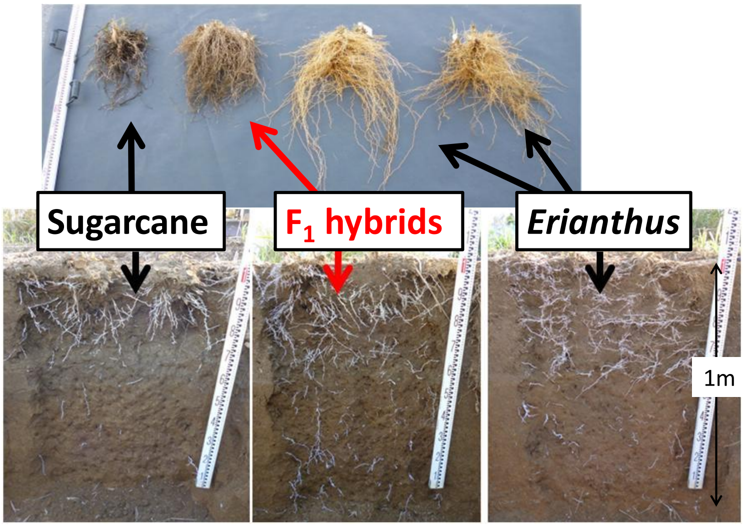

Figure 7 Root characteristics of intergeneric F_1 hybrid (J08-12) obtained between *Saccharum* spp. hybrid and *E. arundinaceus*.

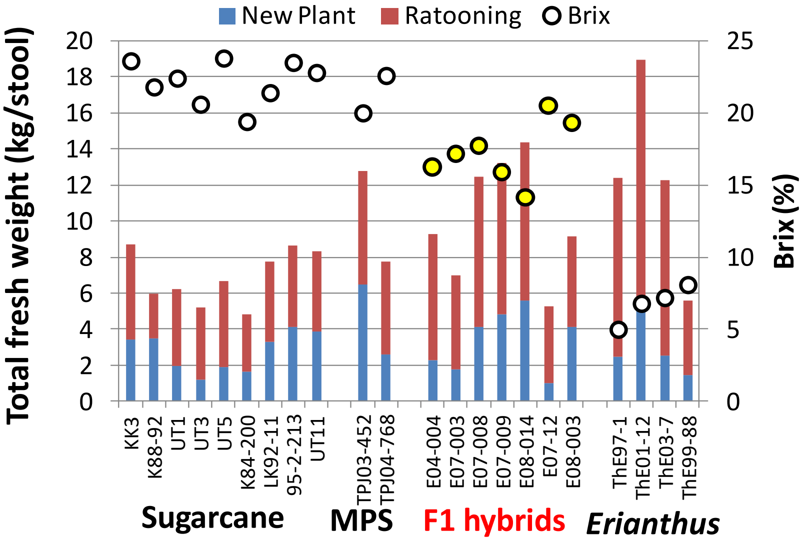

Figure 8 Total fresh weight and Juice Brix of selected intergeneric F_1 hybrids in Thailand. MPS: Multi Purpose Sugarcane varieties bred by interspecific crossing between sugarcane and *S. spontaneum*.

KK3 (sugarcane) | E07-003 (F1 hybrids) | E07-009 (F1 hybrids) | E08-14 (F1 hybrids)

Figure 9 The early growth traits of selected intergeneric F_1 hybrids on ratooning in KKFCRC field.

Table 1 Agronomic traits of BC_1 clones.

	Cane yield (t/ha)			Sugar yield (t/ha)			Fiber yield	Brix	Pol	Fiber
	Plant	Ratoon 1	average	Plant	Ratoon 1	average	(t/ha)	(%)	(%)	(%)
BC04-005	95 de	75 c	85 de	11.5 bcd	8.2	9.9 c	9.9 g	19.9 ab	16.2 abc	12.0 f
BC04-023	79 e	83 c	81 e	7.5 d	9.3	8.4 c	11.4 fg	19.2 bc	15.1 bcd	14.0 cde
BC04-120	117 a-d	89 abc	103 bc	8.9 cd	8.1	8.5 c	15.7 a-d	16.9 d	12.7 e	15.4 abc
BC04-229	131 a	113 a	122 a	9.3 cd	9.8	9.5 c	17.9 a	17.9 cd	12.6 e	14.6 bcd
BC04-264	112 a-d	92 abc	102 bcd	10.6 cd	9.8	10.2 bc	15.8 a-d	19.0 bc	15.0 bcd	15.7 ab
BC04-291	98 cde	87 bc	93 cde	9 cd	7.9	8.5 c	15.1 b-e	19.0 bc	14.2 de	16.3 a
BC04-588	101 b-e	99 abc	100 bcd	10 cd	9	9.5 c	14.3 cde	18.5 bc	14.3 cde	14.5 bcd
BC04-627	115 a-d	110 abc	113 ab	10.2 cd	9	9.6 c	17.2 ab	18.2 cd	13.3 de	15.3 abc
BC04-768	112 a-d	87 bc	99 bcd	11.8 bc	8	9.9 c	16.1 abc	20.0 ab	15.2 bcd	16.4 a
K88-92	119 abc	83 c	101 bcd	15.1 ab	9.3	12.2 ab	12.7 ef	20.1 ab	16.5 ab	12.6 ef
KK3	123 ab	82 c	102 bc	17.1 ab	9.8	13.5 a	13.3 def	21.1 a	17.7 a	13.3 def
CV(%)	11.7	15.2	13.3	21.9	16.6	20.1	14.9	6.7	11.0	7.9

Table 2 Agronomic traits of BC_2 clones in the early selection stage.

Variety/clone	Cane yield t/ha	Sugar yield t/ha	CCS	Millable stalk (ha)	Dia. (cm)	Fiber (%)
KK09-0512	38.8	3.71	9.6	62,981	2.4	14.2
KK09-0941	44.7	4.14	9.3	68,269	2.2	12.6
KK09-0857	39.9	4.55	11.7	45,192	2.6	11.1
KK09-0868	31.3	3.43	11.1	50,962	2.3	13.4
KK09-1301	41.0	3.80	9.1	51,675	2.3	12.3
KK09-0894	42.1	4.29	10.1	36,729	2.4	12.4
KK09-0939	50.9	6.46	12.6	63,438	2.6	11.2
KK88-92	27.5	3.16	11.5	37,019	3.0	9.5
KK3	30.4	4.51	14.4	48,804	3.0	10.9
LSD.05	**18.3**	**1.96**	**1.8**	**22,211**	**0.3**	**1.9**
CV (%)	**29.2**	**29.3**	**7.6**	**24.2**	**5.6**	**7.4**