การประเมินผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและลูกผสมข้ามชนิด

Yield and biomass evaluation in intra-specific and inter-specific hybrids of Jatropha

อนุรักษ์ อรัญญนาค[1*], พัชรินทร์ ตัญญะ[1], พรศิริ เลี้ยงสกุล[1] และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์[1]

Anuruck Arunyanark[1*], Patcharin Tanya[1], Ponsiri Liangsakul[1] and Peerasak Srinives[1]

บทคัดย่อ: สบู่ดำเป็นพืชที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาใช้ผลิตพลังงาน แต่ยังขาดพันธุ์ปลูกที่มีศักยภาพด้านผลผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวล ศึกษาอิทธิพลของการตัดฟันต้นต่อผลผลิตและชีวมวล และหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด โดยปลูกทดสอบสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด 13 สายพันธุ์ และสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด 19 สายพันธุ์ ในสภาพไร่เป็นเวลา 2 ปี เก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และน้ำหนักชีวมวล พบว่า พันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิด และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมากกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด การคัดเลือกสายพันธุ์พบว่า สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีศักยภาพสูงด้านผลผลิต แต่สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีศักยภาพสูงด้านชีวมวล การตัดฟันทำให้ผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด พบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด ($r = 0.84^{**}$ และ 0.88^{**}) และสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด ($r = 0.63^{**}$ และ 0.64^{**}) แสดงให้เห็นว่า สามารถคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมที่ให้ผลผลิตและชีวมวลสูงไปพร้อมกัน

คำสำคัญ: สบู่ดำ, ผลผลิต, ชีวมวล, ลูกผสมภายในชนิด, ลูกผสมข้ามชนิด

ABSTRACT: *Jatropha curcas* L. (jatropha) has received a great attention in renewable energy production. However, jatropha cultivar with high yield potential is lacking.. The objectives of this research were to assess the effect of genotype and environment on yield and biomass traits, study the effect of pruning on yield and biomass traits, and evaluate the relationship between yield and biomass in intra-specific hybrids of *J. curcas* and inter-specific hybrids between *J. curcas* and *J. integerrima*. Jatropha hybrid consisted of 13 intra-specific hybrids and 19 inter-specific hybrids were evaluated under field experiments during 2013-2015. Data were collected on fruit dry weight, seed dry weight, shelling percentage and biomass weight. The effect of genotype (G) and environment (E) were significant on yield and biomass traits, which was found in both intra-specific and inter-specific hybrids. However, effect of G x E interaction was found in intra-specific hybrids more than inter-specific hybrids. The highest fruit and seed yield were observed on intra-specific hybrid lines. Conversely, inter-specific hybrid lines gave the highest

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

* Corresponding author: agrara@ku.ac.th

biomass yield. The pruning increased yield and biomass of both hybrid jatropha. However, intra-specific hybrids had higher increment of yield and biomass than inter-specific hybrids. Moreover, there were positive correlations between biomass with fruit dry weight and seed dry weight both intra-specific (r=0.84** and 0.88**) and inter-specific hybrids (r=0.63** and 0.64**). The study suggested that selection of hybrid jatropha for yield and biomass could be done.
Keywords: *Jatropha curcas*, Yield, Biomass, Intra-specific hybrid, Inter-specific hybrid

บทนำ

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* Linn.) เป็นพืชพลังงานที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพเพาะปลูกได้กว้างขวาง และนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดสามารถใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล และนำกากเมล็ดที่เหลือมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตอาหารสัตว์ (Behera et al., 2010) สบู่ดำสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ปีแรกและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดได้อีกหลายปีหลังปลูก โดยในแต่ละปีจำเป็นต้องมีการตัดแต่งกิ่งและลำต้น เพื่อให้มีการเจริญเติบโตใหม่และให้ผลผลิตในปีถัดไป (Samsam, 2013) ดังนั้น ในแต่ละปีจึงมีชีวมวลของสบู่ดำจากลำต้น กิ่ง ใบ และเปลือกผลแห้งปริมาณมาก ในปัจจุบันการปลูกสบู่ดำยังไม่มีความยั่งยืนในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากสบู่ดำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ ดังนั้น ผู้ปลูกจึงได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่ำ การเพาะปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน จึงต้องมีการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิต รวมทั้งต้องพัฒนาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำให้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะจากชีวมวลของสบู่ดำที่อาจจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและชีวมวลอัดแท่ง (wood pellets) หรือสามารถนำเนื้อไม้ไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ หรือไม้อัด (Muakrong et al., 2014) เช่นเดียวกับไม้โตเร็วหลายชนิดที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา กระถินยักษ์ และกระถินเทพณรงค์ (มะลิวัลย์ และคณะ, 2553) เพื่อเพิ่มผลตอบแทนให้เกษตรกรผู้ปลูกสบู่ดำ

การปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน โดยวิธีสร้างลูกผสมจากสายพันธุ์พ่อและแม่ที่มีฐานพันธุกรรมแตกต่างกัน เช่น สบู่ดำสายพันธุ์ไทยกับสายพันธุ์ต่างประเทศ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาคุณภาพและปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้น (Tanya et al., 2011) นอกจากนี้ สบู่ดำยังสามารถผสมข้ามชนิดกับพืชในสกุลเดียวกันได้ (Thida One et al., 2014) การปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำด้วยวิธีสร้างลูกผสมข้ามชนิดกับเข็มปัตตาเวีย (*J. integerrima* Jacq.) ซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกัน จึงเป็นการขยายฐานพันธุกรรมของสบู่ดำให้มีการกระจายตัวกว้างขึ้น (Muakrong et al., 2014) และอาจคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ดั้งเดิม สบู่ดำเป็นพืชที่เมื่อปลูกแล้วสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายปี โดยมีการตัดฟันทรงพุ่มออกเกือบทั้งหมดแล้วปล่อยให้เจริญเติบโตใหม่ การตัดฟันต้นสบู่ดำจึงอาจมีผลกระทบต่อผลผลิตและชีวมวล (Santos et al., 2016) การคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำจึงควรมีการประเมินผลผลิตเมล็ดและชีวมวลทั้งก่อนและหลังการตัดฟัน นอกจากนี้ ลักษณะที่ใช้ในการคัดเลือกควรเป็นลักษณะที่มีประสิทธิภาพสามารถให้ผลการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ถูกต้อง โดยได้รับผลกระทบน้อยจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และให้ผลการคัดเลือกที่สอดคล้องกันในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถคัดเลือกได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ลักษณะผลผลิตและชีวมวลเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน ดังนั้น ในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำจึงควรปรับปรุงทั้งสองลักษณะไปพร้อมกัน แต่อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของสายพันธุ์และความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองลักษณะ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่องานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอิทธิพลของการตัดฟันต่อผลผลิตและชีวมวล ศึกษาอิทธิพลของการตัดฟันต้นต่อผลผลิตและชีวมวล และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตและชีวมวล ในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวีย

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง เพื่อปลูกทดสอบสบู่ดำลูกผสม 2 ประเภท ในสภาพไร่ ในแปลงทดลองที่ติดกัน ที่แปลงวิจัยสบู่ดำ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยปลูกทดสอบเป็นระยะเวลา 2 ปี พร้อมกันทั้งสองการทดลอง ระหว่าง พ.ย. 2556 – ต.ค. 2558 สบู่ดำลูกผสมประเภทที่ 1 คือ สบู่ดำลูกผสมภายในชนิด ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์สบู่ดำจากประเทศพม่า (Toungoo; T) สายพันธุ์จากประเทศเม็กซิโก (Mexico; M) และสายพันธุ์จากประเทศไทย (KU) จำนวน 13 สายพันธุ์ ได้แก่ T1xM2/17, T1xM2/22, T1xM2/24, T2x M2/8, T2x M2/13, T2x M2/19, T3x M2/9, T3x M2/10, KU27Ax M2/5, KU27Ax M2/10, KU27Bx M2/13, KU27Bx M2/18 และ KU33AxM2/3 สำหรับสบู่ดำลูกผสมประเภทที่ 2 คือ สบู่ดำลูกผสมกลับข้ามชนิดที่ได้จากการนำลูกผสมข้ามชนิดระหว่างสบู่ดำกับเข็มปัตตาเวียชั่วที่ 1 (*J. curcas* x *J. integerrima*; CI) ผสมกลับไปยังสบู่ดำ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท (Cn), แพร่ (P), โคราช (K), เม็กซิโก8 (M8) และ เม็กซิโก10 (M10) จนได้ลูกผสมกลับข้ามชนิดชั่วที่ 1 และคัดเลือกจนเหลือ 19 สายพันธุ์ คือ CnCI4(1)7, CnCI5(1)4, CnCI7(3)4, PCI6(1)3, PCI4(4)4, KCI1(2)4, KCI1(9)1, KCI9(4)1, KCI9(4)7, M8CI3(3)1, M8CI3(1)1, M8CI4(1)7, M8CI5(1)2, M10CI2(1)2, M10CI2(1)4, M10CI2(1)7, M10CI7(1)6, M10CI8(1)4 และ Unknown (ลูกผสมข้ามชนิดที่ไม่ทราบต้นพ่อ) ในแต่ละการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ randomized romplete block design จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อยมีจำนวน 10 ต้น ใช้ระยะปลูก 1x1.5 ม. ปลูกสบู่ดำลูกผสมด้วยต้นกล้าที่เตรียมโดยการปักชำอายุ 2 เดือน รองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 200 ก./ต้น ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่/ปี ให้น้ำทุกเดือนหรือขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ

ในปีที่ 1 เก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งในรอบ 1 ปี และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก โดยเก็บเกี่ยวผลสบู่ดำในช่วง 4 – 12 เดือนหลังปลูก เก็บผลสบู่ดำที่มีลักษณะผิวเปลือกสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้มจากทุกต้นในแต่ละแปลงย่อย จากนั้นนำมาตากแดด 4 – 7 วันจนแห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักผลแห้ง กะเทาะเปลือกสบู่ดำออกเพื่อชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้ง และคำนวณ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก (เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก = (น้ำหนักเมล็ดแห้ง / น้ำหนักผลแห้ง) x 100) จากนั้นทำการตัดฟันกิ่งและลำต้น ครั้งที่ 1 เมื่ออายุ 1 ปี หลังปลูก โดยตัดต้นสบู่ดำส่วนที่อยู่สูงเหนือพื้นดิน 30 ซม. แล้วสุ่มต้น 6 ต้นจากแต่ละแปลงย่อย นำลำต้น กิ่งและใบทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักสด บันทึกเป็นน้ำหนักสดชีวมวล จากนั้นปล่อยให้ต้นตอของสบู่ดำแตกกิ่งเจริญเติบโตใหม่ เก็บข้อมูลน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และคำนวณหา เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเช่นเดียวกับปีที่ 1 เมื่ออายุครบ 1 ปี จึงตัดฟันลำต้นเพื่อเก็บเกี่ยวชีวมวลในปีที่ 2 นำข้อมูลผลผลิตและชีวมวลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสองปี จากนั้นแยกวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละปี และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสองปีของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด พบความแตกต่างระหว่างปีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชีวมวล **(Table 1)** และพบความแตกต่างระหว่างปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในน้ำหนักผลแห้ง และน้ำหนักชีวมวล และพบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในน้ำหนักเมล็ดแห้ง และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก นอกจากนี้ พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในน้ำหนักผลแห้งและเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และพบอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในน้ำหนักเมล็ดแห้งและน้ำหนักชีวมวล สำหรับการศึกษาสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด พบว่าน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชีวมวลมีความแตกต่างกัน

Table 1 Mean squares from combined analysis of variance over two years of fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of intra-specific hybrids of *Jatropha curcas*.

Source of variance	df	Fruit dry weight		Seed dry weight		% Shelling		Biomass	
Year	1	581,693	**	217,547	**	243.70	*	351.33	**
Rep. within Year	6	9,223		4,312		36.70		5.63	
Genotype	12	11,254	**	2,626	*	34.46	*	3.40	**
Genotype x Year	12	10,519	**	2,907	*	41.36	**	2.62	*
Error	72	3,709		1,199		15.43		1.08	

*, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01.

Table 2 Mean squares from combined analysis of variance over two years of fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of inter-specific hybrids between *Jatropha curcas* and *J. integerrima*.

Source of variance	df	Fruit dry weight		Seed dry weight		% Shelling		Biomass	
Year	1	275,673	*	61,181	*	65.75		68.55	*
Rep. within Year	6	23,935		7,191		46.89		10.68	
Genotype	18	35,786	**	10,197	**	164.03	**	48.24	**
Genotype x Year	18	6,722		1,877		40.01		13.87	**
Error	108	7,559		2,040		23.87		4.63	

*, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01.

ระหว่างปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างปีในเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และพบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในทุกลักษณะที่ศึกษา แต่พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เฉพาะในน้ำหนักชีวมวลเท่านั้น

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการตัดฟันต้น มีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด แต่เมื่อพิจารณาจากค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะต่างๆ ที่ศึกษา พบอิทธิพลของพันธุกรรมต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมากกว่าสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด และพบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมากกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด นอกจากนี้ ยังพบว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสม สอดคล้องกับรายงานการวิจัยก่อนหน้าที่พบอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อลักษณะทางการเกษตรและลักษณะทางคุณภาพของสบู่ดำ (Tar et al., 2011; Senger et al., 2016) นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมากกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด

ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม

การแยกวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละปีของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด พบว่าในปีที่ 1 (2013/14) มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา (Table 3) น้ำหนักผลแห้งมีค่าระหว่าง 112.64 ถึง 276.61 ก./ต้น

Table 3 Fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of intra-specific hybrids of *Jatropha curcas* in 2013/14 and 2014/15.

Genotypes	Frist year (2013/14)								Second year (2014/15)							
	Fruit dry weight		Seed dry weight		% Shelling		Biomass		Fruit dry weight		Seed dry weight		% Shelling		Biomass	
	(g/plant)		(g/plant)				(kg/plant)		(g/plant)		(g/plant)				(kg/plant)	
T1xM2/17	140.00	cd	82.63	cd	59.03	a	1.53	bc	343.55	bc	190.69	a-d	54.65	cd	6.82	abc
T1xM2/22	171.50	bcd	93.16	abc	53.13	a-e	2.40	ab	299.38	bcd	179.67	b-e	61.38	a	4.70	de
T1XM2/24	153.50	cd	87.33	bcd	56.87	a-d	2.55	ab	273.47	cd	165.25	cde	60.32	ab	7.24	ab
T2xM2/8	149.00	cd	81.51	cd	54.91	a-d	2.23	ab	290.08	cd	156.89	de	54.64	cd	5.33	cd
T2xM2/13	174.15	bcd	91.71	bcd	51.89	b-e	2.55	ab	311.75	bcd	167.31	cde	53.73	d	6.40	a-d
T2xM2/19	156.53	cd	84.00	bcd	53.06	a-e	1.88	ab	454.13	a	247.61	a	54.75	cd	5.73	a-d
T3xM2/9	149.20	cd	83.36	bcd	56.88	a-d	0.65	c	305.69	bcd	174.43	b-e	56.63	bcd	5.45	cd
T3xM2/10	158.78	cd	90.61	bcd	57.77	abc	2.48	ab	268.88	cd	160.26	cde	59.52	ab	5.53	bcd
KU27AxM2/5	112.64	d	57.77	d	50.83	de	1.75	abc	402.69	ab	232.64	ab	57.64	a-d	7.36	a
KU27AxM2/10	148.13	cd	85.63	bcd	58.17	ab	1.63	abc	227.47	d	128.03	e	56.62	bcd	3.50	e
KU27BxM2/13	190.21	bc	107.40	abc	55.80	a-d	2.78	a	306.08	bcd	180.61	b-e	58.95	abc	6.21	a-d
KU27BxM2/18	232.67	ab	117.89	ab	51.31	cde	2.10	ab	302.59	bcd	176.68	b-e	58.08	a-d	4.88	de
KU33AxM2/3	276.61	a	126.89	a	46.47	e	2.00	ab	371.63	abc	218.95	abc	58.98	abc	5.15	cde
F-test	**		*		*		*		**		*		*		**	
Mean	170.22		91.53		54.32		2.04		319.80		183.00		57.38		5.71	
CV (%)	26.93		26.77		8.57		30.02		22.80		23.17		5.29		21.43	

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT).

ns, not significant at $P<0.05$; *, significant for $P<0.05$; **, significant for $P<0.01$.

Table 4 Fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass fresh weight of inter-specific hybrids between *Jatropha curcas* and *J. integerrima* in 2013/14 and 2014/15.

Genotypes	Frist year (2013/14)								Second year (2014/15)							
	Fruit dry weight (g/plant)		Seed dry weight (g/plant)		% Shelling		Biomass (kg/plant)		Fruit dry weight (g/plant)		Seed dry weight (g/plant)		% Shelling		Biomass (kg/plant)	
CnCl4(1)7	156.16	bcd	89.84	bcd	57.79	a	2.53	d-h	282.72	abc	160.73	ab	57.19	ab	4.81	def
CnCl5(1)4	160.88	bcd	73.50	cde	44.15	g	6.48	ab	286.38	abc	129.50	a-e	44.74	fgh	6.55	cde
CnCl7(3)4	178.13	bc	80.25	cde	46.20	d-g	4.80	bcd	287.75	abc	152.00	abc	52.35	a-d	7.88	bcd
PCl6(1)3	123.41	cde	56.34	d-g	46.58	d-g	1.90	fgh	112.40	ef	50.70	ef	43.99	ghi	2.59	f
PCl4(4)4	17+3.54	cde	89.25	bcd	49.96	b-g	4.23	b-f	266.15	a-d	127.25	a-e	47.56	d-g	3.07	ef
KCl1(2)4	40.43	ef	20.76	fg	50.58	a-g	4.20	b-f	149.30	c-f	86.63	b-f	58.65	a	1.55	f
KCl1(9)1	122.17	cde	63.04	def	51.43	a-g	4.65	bcd	310.40	ab	165.25	ab	53.15	a-d	11.46	ab
KCl9(4)1	214.29	ab	111.57	bc	52.46	a-f	3.25	d-g	234.85	a-e	122.92	a-e	52.72	a-d	3.99	ef
KCl9(4)7	266.19	a	129.39	ab	48.31	c-g	4.23	b-f	347.70	a	182.30	a	51.62	b-e	8.55	bc
M8Cl3(3)1	124.62	cde	57.71	def	45.29	fg	0.68	h	277.38	abc	109.03	a-e	38.85	hi	3.57	ef
M8Cl1(1)1	106.98	c-f	49.74	d-g	46.86	d-g	1.25	gh	211.10	a-e	79.00	c-f	37.68	i	2.23	f
M8Cl4(1)7	25.06	f	13.65	g	55.96	ab	1.38	gh	41.22	f	20.48	f	50.34	c-g	1.88	f
M8Cl5(1)2	122.19	def	61.48	def	54.21	abc	0.80	h	182.43	b-f	95.00	b-f	56.67	abc	1.32	f
M10Cl2(1)2	75.68	def	39.01	efg	51.07	a-g	4.25	b-e	116.47	def	58.95	def	50.52	c-f	2.19	f
M10Cl2(1)4	110.34	c-f	62.23	def	56.23	ab	2.08	e-h	195.85	b-e	100.58	b-e	51.37	b-e	4.36	def
M10Cl2(1)7	147.69	bcd	78.94	cde	53.37	a-d	2.80	d-h	216.28	a-e	101.33	b-e	47.68	d-g	6.60	cde
M10Cl7(1)6	279.21	a	158.44	a	57.85	a	5.88	abc	256.93	a-e	137.43	a-d	53.18	a-d	3.20	ef
M10Cl8(1)4	157.08	bcd	86.46	bcd	52.76	a-e	8.08	a	329.60	ab	161.45	ab	48.15	d-g	13.47	a
Unknown	137.73	bcd	66.80	de	45.98	efg	4.00	c-f	235.18	a-e	110.28	a-e	45.64	efg	3.71	ef
F-test	**		**		**		**		**		**		**		**	
Mean	143.25		73.07		50.90		3.55		228.43		113.20		49.58		4.89	
CV (%)	33.16		32.20		10.13		36.45		36.53		37.42		9.28		39.42	

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test (DMRT).

ns, not significant at P<0.05; *, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01.

น้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าระหว่าง 57.77 ถึง 126.89 ก./ต้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกมีค่าระหว่าง 46.47 ถึง 59.03 % และชีวมวลมีค่าระหว่าง 0.65 ถึง 2.78 กก./ต้น สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดสายพันธุ์ KU33AxM2/3 มีน้ำหนักผลแห้งสูงที่สุด 276.61 ก./ต้น และมีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด 126.89 ก./ต้น สายพันธุ์ T1xM2/17 มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสูงที่สุด 59.03 % และสายพันธุ์ KU27BxM2/13 มีปริมาณชีวมวลสูงที่สุด 2.78 กก./ต้น ในปีที่ 2 (2014/15) พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา โดยน้ำหนักผลแห้งมีค่าระหว่าง 227.47 ถึง 454.13 ก./ต้น น้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าระหว่าง 128.03 ถึง 247.61 ก./ต้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกมีค่าระหว่าง 53.73 ถึง 61.38 % และชีวมวลมีค่าระหว่าง 3.50 ถึง 7.36 กก./ต้น สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดสายพันธุ์ T2xM2/19 มีน้ำหนักผลแห้งสูงที่สุด 454.13 ก./ต้น และมีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด 247.61 ก./ต้น สายพันธุ์ T1xM2/22 มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสูงที่สุด 61.38 % และสายพันธุ์ KU27AxM2/5 มีปริมาณชีวมวลสูงที่สุด 7.36 กก./ต้น

ลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด ในปีที่ 1 พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และน้ำหนักชีวมวล **(Table 4)** โดยน้ำหนักผลแห้งมีค่าระหว่าง 25.06 ถึง 279.21 ก./ต้น น้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าระหว่าง 13.65 ถึง 158.44 ก./ต้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกมีค่าระหว่าง 44.15 ถึง 57.85 % และชีวมวลมีค่าระหว่าง 0.68 ถึง 8.08 กก./ต้น สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสายพันธุ์ M10CI7(1)6 มีน้ำหนักผลแห้งสูงที่สุด 279.21 ก./ต้น มีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด 158.44 ก./ต้น และมี เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสูงที่สุด 57.58 % และสายพันธุ์ M10CI7(1)4 มีปริมาณชีวมวลสูงที่สุด 8.08 กก./ต้น สำหรับในปีที่ 2 พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และน้ำหนักชีวมวล โดยน้ำหนักผลแห้งมีค่าระหว่าง 41.22 ถึง 347.70 ก./ต้น น้ำหนักเมล็ดแห้งมีค่าระหว่าง 20.48 ถึง 182.30 ก./ต้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกมีค่าระหว่าง 37.68 ถึง 58.65 % และชีวมวลมีค่าระหว่าง 1.32 ถึง 13.47 กก./ต้น สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสายพันธุ์ KCI9(4)7 มีน้ำหนักผลแห้งสูงที่สุด 347.70 ก./ต้น และมีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงที่สุด 182.30 ก./ต้น สายพันธุ์ KCI1(2)4 มี เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสูงที่สุด 58.65 % และสายพันธุ์ M10CI7(1)4 มีปริมาณชีวมวลสูงที่สุด 13.47 กก./ต้น

ลักษณะผลผลิตและชีวมวลมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด แสดงว่าสามารถใช้ลักษณะดังกล่าวในการปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำลูกผสมได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์สบู่ดำจากการศึกษาด้านพันธุกรรมและเทคโนโลยีโมเลกุล (Cai et al., 2010; Sunil et al. 2011; Thida One et al., 2014) และจากการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมที่มีศักยภาพด้านผลผลิตและชีวมวลสูง พบว่าสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีศักยภาพโดดเด่นด้านผลผลิตผลแห้งและเมล็ดแห้ง โดยเฉพาะสายพันธุ์ T2xM2/19 ซึ่งมีผลผลิตสูงที่สุดในปีที่ 2 สามารถคำนวณผลผลิตผลแห้งได้ถึง 484.10 กก./ไร่ และเมล็ดแห้งได้ถึง 263.95 กก./ไร่ ในขณะที่สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีศักยภาพโดดเด่นด้านชีวมวล โดยเฉพาะสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสายพันธุ์ M10CI7(1)4 ที่สามารถคำนวณปริมาณผลผลิตชีวมวลในปีที่ 2 ได้ถึง 14.36 ตัน/ไร่ ซึ่งมีผลผลิตชีวมวลสูงกว่าไม้โตเร็วประเภทอื่นๆ ที่มีรายงานในประเทศไทยหลายชนิด เช่น กระถินเทพา กระถินยักษ์ และยูคาลิปตัส (มะลิวัลย์ และคณะ, 2553; Chotchutima et al., 2013) เป็นต้น แสดงถึงโอกาสในการคัดเลือกสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสำหรับใช้เป็นพืชพลังงานชีวมวลที่มีศักยภาพสูงในอนาคต

อิทธิพลของการตัดฟันและประสิทธิภาพของลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม

การตัดฟันต้นสบู่ดำในปีที่ 1 (2013/14) มีผลให้น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชีวมวลเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 (2014/15) ทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด **(Figure 1)** ในขณะที่การตัดฟันไม่ส่งผลให้มี เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกแตกต่างกันในแต่ละปี ทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด โดยในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด พบว่าการตัดฟันมีผลให้น้ำหนัก

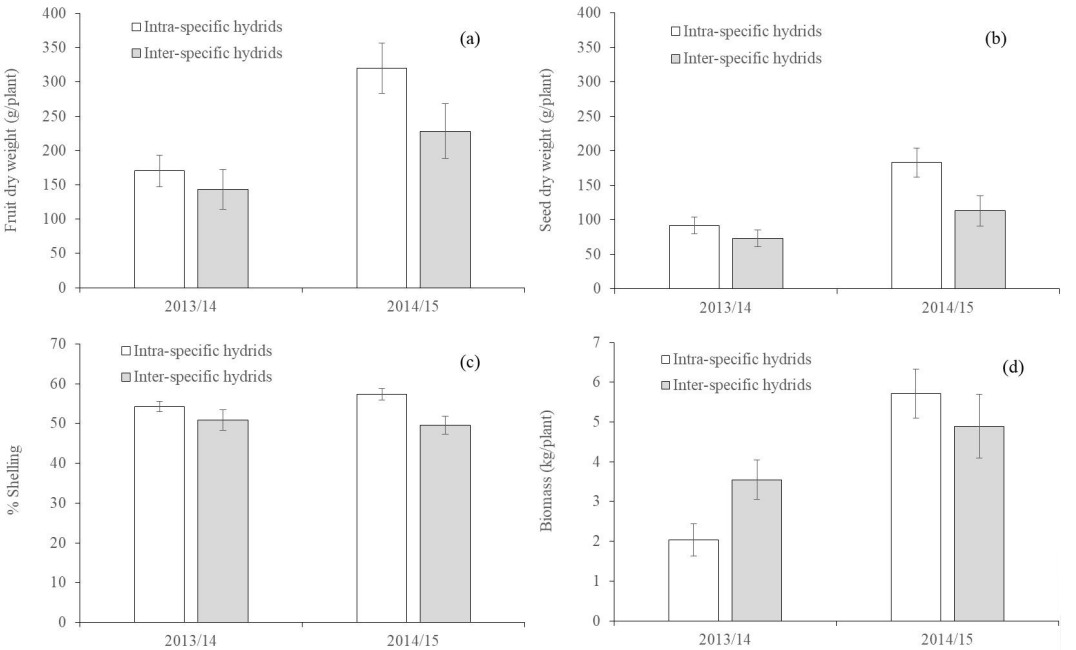

Figure 1 Comparison of fruit dry weight (a), seed dry weight (b), % shelling (c) and biomass (d) between intra-specific hybrid and inter-specific hybrid in 2013/2014 and 2014/2015. Error bars represent ± standard error of mean

ผลแห้งเพิ่มขึ้น 87.87 % น้ำหนักเมล็ดแห้งเพิ่มขึ้น 99.94 % และน้ำหนักชีวมวลเพิ่มขึ้น 180.33 % สำหรับในสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด พบว่าการตัดฟันมีผลให้น้ำหนักผลแห้งเพิ่มขึ้น 59.46 % น้ำหนักเมล็ดแห้งเพิ่มขึ้น 54.91 % และน้ำหนักชีวมวลเพิ่มขึ้น 37.85 % ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิด การตัดฟันทำให้ผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีการเพิ่มขึ้นสูงกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด นอกจากนี้ ในปีที่ 1 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกระหว่างสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ในปีที่ 2 ภายหลังการตัดฟัน พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีค่าสูงกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด สำหรับน้ำหนักชีวมวล พบว่าในปีที่ 1 สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด แต่ในปีที่ 2 สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักชีวมวลไม่แตกต่างกัน

การศึกษาที่ผ่านมามีการรายงานอิทธิพลของการตัดฟันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำที่แตกต่างกัน โดยบางรายงานการวิจัยกล่าวว่าการตัดฟันมีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำลดลง (Tjeuw et al., 2015) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การตัดฟันในปีที่ 1 ทำให้ผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ดังนั้น สบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดจึงอาจสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตและชีวมวลได้มากกว่าสองปี เนื่องจากระดับผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Samsam (2013) และ Santos et al. (2016) ที่รายงานว่าสบู่ดำที่ผ่านการตัดฟันมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าสบู่ดำที่ไม่ผ่านการตัดฟัน เนื่องจากการตัดฟันจะทำให้ให้ต้นสบู่ดำมีการเจริญเติบโตและแตกยอดเพิ่มจำนวนกิ่ง ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของสบู่ดำ (Santoso et al., 2016) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตและชีวมวลได้ก่อนรื้อแปลงปลูกใหม่จำเป็นต้องมีการทดสอบการเจริญเติบโต

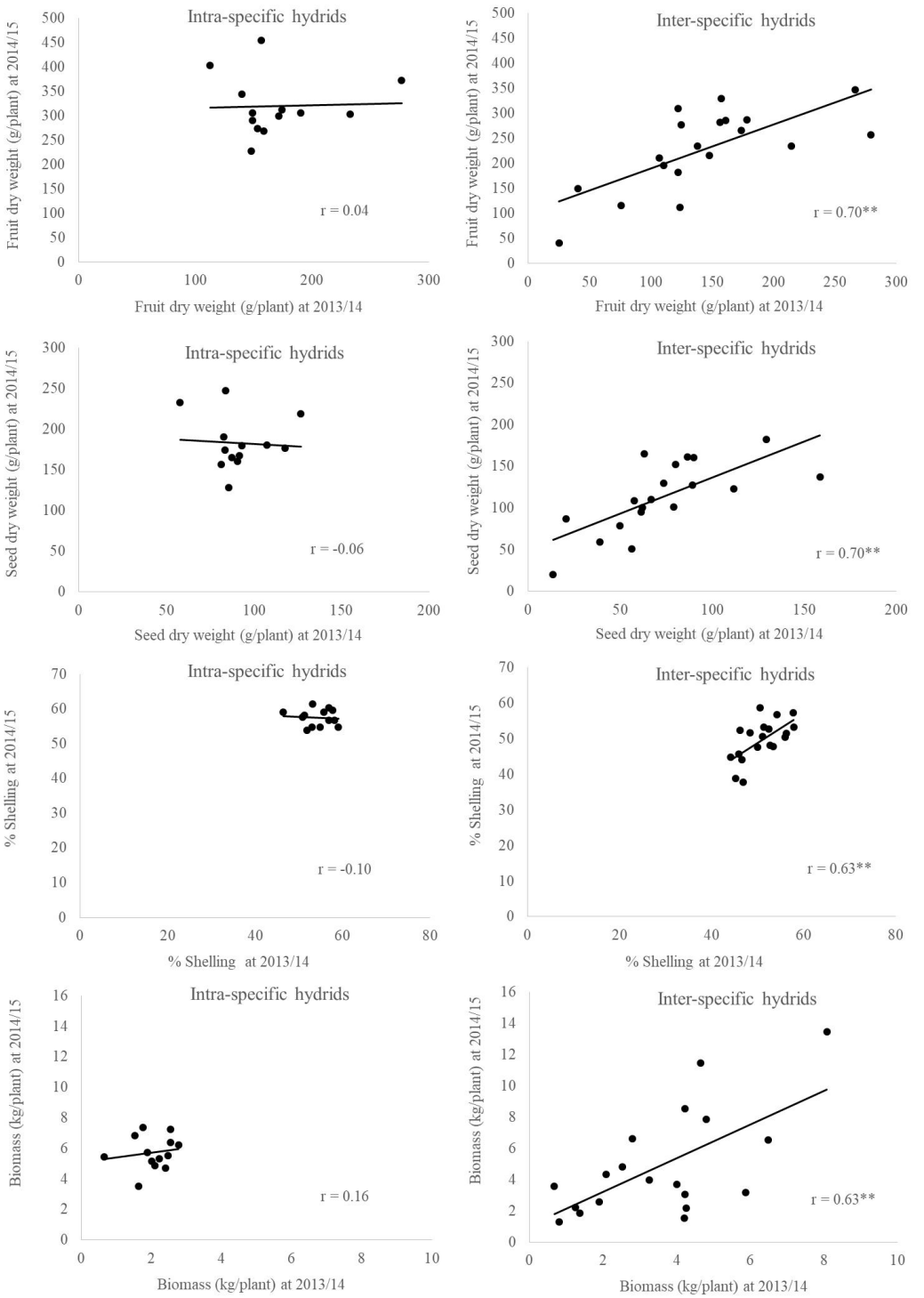

Figure 2 Genotypic performance in fruit dry weight, seed dry weight, % shelling and biomass of intra-specific hybrids (n = 13) and inter-specific hybrids (n = 19) in 2013/2014 and 2014/2015. r = correlation coefficients, **significant for P<0.01.

ปริมาณผลผลิตและชีวมวลภายหลังการตัดฟันในหลายรอบปีเสียก่อน

ลักษณะที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำ ควรเป็นลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถให้ผลการคัดเลือกที่เหมือนเดิมแม้ว่าสภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในสบู่ดำที่เป็นพืชมีอายุยาวหลายปี มีการเจริญเติบโตหลังปลูกและการเจริญเติบโตหลังการตัดฟัน จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (r) ของลักษณะระหว่างสองปี พบว่าลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และน้ำหนักชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างปีที่ 1 กับปีที่ 2 (Figure 2) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง -0.10 ถึง 0.16 แต่สำหรับสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดพบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างข้อมูลในปีที่ 1 และปีที่ 2 ในลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และน้ำหนักชีวมวล โดยมีค่าสหสัมพันธ์ 0.70**, 0.70**, 0.63** และ 0.63** ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลักษณะน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก และน้ำหนักชีวมวลเป็นลักษณะที่สามารถนำมาใช้คัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากให้ผลการคัดเลือกที่สอดคล้องกันทั้งหลังปลูกและหลังตัดฟัน อย่างไรก็ตาม การคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดโดยใช้ลักษณะผลผลิตและชีวมวลในช่วงหลังปลูกอาจให้ผลการคัดเลือกไม่สอดคล้องกับช่วงหลังตัดฟัน

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสม

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์รวมสองปีระหว่างลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิด พบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้ง (ไม่ได้แสดงผล) ทั้งในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด (r = 0.99**) และสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด (r = 0.97**) แสดงว่าสายพันธุ์ที่มีผลผลิตผลแห้งสูงจะมีผลผลิตเมล็ดแห้งสูงด้วย สำหรับสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดพบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้ง (r = 0.84**) (Figure 3) และระหว่าง

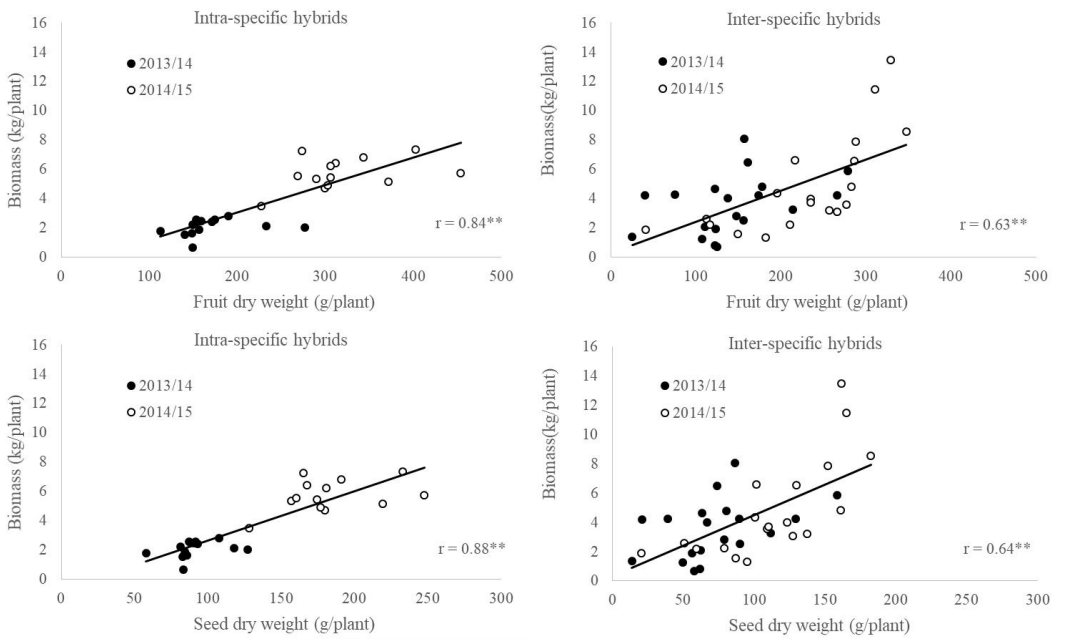

Figure 3 Relationship between biomass with fruit dry weight and seed dry weight of intra-specific hybrids (n = 13) and inter-specific hybrids (n = 19) in both 2013/14 and 2014/15. r = correlation coefficients, **significant for P<0.01.

น้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r = 0.88**) ในสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด พบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักผลแห้ง (r = 0.63**) และระหว่างน้ำหนักชีวมวลกับน้ำหนักเมล็ดแห้ง (r = 0.64**) จากรายงานก่อนหน้าพบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตของสบู่ดำกับผลผลิตเมล็ด และระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตเมล็ดของสบู่ดำ (Tar et al., 2011; Tjeuw et al., 2015) สำหรับในงานวิจัยนี้ พบความความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณชีวมวล แสดงว่าทั้งสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสายพันธุ์ที่มีผลผลิตชีวมวลสูงจะมีผลผลิตผลแห้งและเมล็ดแห้งที่สูงด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดจึงสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีผลผลิตและชีวมวลสูงไปพร้อมกัน

สรุป

พันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด สายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีศักยภาพสูงด้านผลผลิตผลแห้งและเมล็ดแห้ง ส่วนสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดมีศักยภาพสูงด้านชีวมวล การตัดฟันต้นสบู่ดำทำให้ผลผลิตและชีวมวลของสบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่สบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตและชีวมวลสูงกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตและชีวมวลในสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดมากกว่าสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด นอกจากนี้การใช้ลักษณะผลผลิตและชีวมวลเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์สบู่ดำลูกผสมข้ามชนิดสามารถให้ผลการคัดเลือกที่สอดคล้องกันทั้งหลังปลูกและหลังตัดฟัน แต่สำหรับสบู่ดำลูกผสมภายในชนิด การใช้ลักษณะผลผลิตและชีวมวลคัดเลือกสายพันธุ์อาจให้ผลการคัดเลือกที่ไม่สอดคล้องกันระหว่างหลังปลูกและหลังตัดฟัน ลักษณะชีวมวลมีความสัมพันธ์สูงกับการให้ผลผลิตของสบู่ดำลูกผสมภายในชนิดและสบู่ดำลูกผสมข้ามชนิด ในงานปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำลูกผสมทั้งสองชนิดจึงสามารถพัฒนาสายพันธุ์ที่มีผลผลิตและชีวมวลสูงไปพร้อมกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการทุน NSTDA Chair Professor ของ ประจำปี 2554 ภายใต้ความร่วมมือระหว่าง มูลนิธิสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์กับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นาที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์, เกษม หฤทัยธนาสันติ์, เอกพงษ์ ธนะวัติ, ศักดา พรมเลิศ และเอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน. น. 579-586. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48.วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. กรุงเทพมหานคร.

Behera, SK., P. Srivastava, R. Tripathi, J.P. Singh, and N. Singh. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass – A case study. Biomass and Bioenergy 34: 30–-41.

Cai, Y., D. Sun, W. Guojiang, and J. Peng. 2010. ISSR-based genetic diversity of *Jatropha curcas* germplasm in China. Biomass and Bioenergy. 34: 1739–1750.

Chotchutima, S., K. Kangvansaichol, S. Tudsri, and P. Sripichitt. 2013. Effect of Spacing on Growth, biomass yield and quality of Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) for Renewable Energy in Thailand. Journal of Sustainable Bioenergy System. 3: 48–56.

Muakrong, N., K. Thida One, P. Tanya, and P. Srinives. 2014. Interspecific jatropha hybrid as a new promising source of woody biomass. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 12: 17 – 20.

Samsam, C.I. 2013. Pruning Techniques for *Jatropha curcas* L. to Increase Seed Yield Production. MMSU Science and Technology Journal. 3: 59-68.

Santos, A.N.O., M.V. Folegatti, B.P. Lena, J.V. José, E.D.F. Júnior, J.P. Francisco, I.P.S. Andrade, and R.A. Sermarini. 2016. Irrigation history and pruning effect on growth and yield of jatropha on a plantation in southeastern Brazil. African Journal of Agricultural Research. 11: 5080-5091.

Santoso, B.B., I.G.M.A. Parwata, S. Susanto, and B.S. Purwoko. 2016. Yield performance of *Jatropha curcas* L. After pruning during five years production cycles in North Lombok dry land, Indonesia. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science. 5: 103-109.

Senger, E., M. Martin, E. Dongmeza, and J.M Montes. 2016. Genetic variation and genotype by environment interaction in *Jatropha curcas* L. germplasm evaluated in different environments of Cameroon. Biomass and Bioenergy. 91: 10-16.

Sunil, N., M. Sujatha, V. Kumar, M. Vanaja, S.D. Basha, and K.S. Varaprasad. 2011. Correlating the phenotypic and molecular diversity in *Jatropha curcas* L. Biomass and bioenergy. 35: 1085-1096.

Tanya, P., P. Taeprayoon, Y. Hadkam, and P. Srinives. 2011. Genetic diversity among Jatropha and Jatropha-Related Species Based on ISSR Markers. Plant Molecular Biology Reporter. 29: 252–264.

Tar, M.M., N. Nyi, P. Tanya, and P. Srinives. 2011. Genotype by environment interaction of Jatropha (*Jatropha curcas* L.) Grown from Seedlings vs Cuttings. Thai Journal of Agricultural Science. 44: 71-79.

Thida One, K., P. Tanya, N. Muakrong, K. Laosatit, and P. Srinives. 2014. Phenotypic and genotypic variability of F2 plants derived from *Jatropha curcas* x *integerrima* hybrid. Biomass and bioenergy. 67: 137-144.

Tjeuw, J., M. Slingerland, and K. Giller. 2015. Relationships among *Jatropha curcas* seed yield and vegetative plant components under different management and cropping systems in Indonesia. Biomass and bioenergy. 80: 128-139.