

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในสัปปะรด

Growth, Biomass and Carbon Storage of *Jatropha curcas* L.จุฬาลักษณ์ ขวัญเจริญศรี¹กิตติ เอกอำพน¹รุ่งเรือง พูลศิริ²Julaluck Khuncharoensri¹Kitti Akamphon¹Roongreang Poolsiri²¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมือง ขอนแก่น 40000

Faculty of Science, Khon Kaen University, Mueang, Khon Kaen 40000, Thailand

E-mail: gav3_@hotmail.com

²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

รับต้นฉบับ 17 กันยายน 2555

รับลงพิมพ์ 27 กันยายน 2555

ABSTRACT

Study on the growth, biomass and carbon storage in *Jatropha curcas* L. was carried out at the National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima province. The objective was to study the growth and carbon storage in the aboveground biomass of four varieties of 5-year-old *J. curcas* L. namely, Kamphaeng Saen, KUBP16, KUBP20 and KUBP74. A randomized complete block design was used with 3×2 m spacing. Tree dimensions (diameter at ground level, diameter at breast height and total height) were measured for aboveground biomass estimation using an allometric equation. The carbon concentration in each constituent part of *J. curcas* L. was analyzed using the Dumas or dry combustion method.

The results showed that Kamphaeng Saen had the largest diameter at ground level, diameter at breast height and height. KUBP20 had the greatest stem biomass while KUBP74 had the greatest branch and leaf biomass. KUBP74 had the greatest total biomass followed by KUBP16, KUBP20 and Kamphaeng Saen with values of 17.76, 16.29, 15.98 and 15.96 kg tree⁻¹, respectively. The carbon concentration in the biomass was not significantly different ($p>0.05$) either between varieties or between the tree parts. However, KUBP74 had more carbon storage in the total biomass than KUBP16, KUBP20 and Kamphaeng Saen with values of 7.88, 7.27, 7.15 and 7.12 kg C tree⁻¹, respectively. Nevertheless, the differences in the carbon storage were due to differences in the biomass rather than due to the carbon concentration in each tree part of *J. curcas* L.

Keywords: biomass, carbon storage, *Jatropha curcas* L.

บทคัดย่อ

การศึกษาการเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในสนูป่าครั้งนี้ได้ทำการศึกษา ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโต และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสนูป่า 4 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน KUBP16 KUBP20 และ KUBP74 ที่อายุ 5 ปี โดยมีแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ระยะปลูก 3×2 เมตร ดำเนินการศึกษาโดยทำการวัดมิติต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางซิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียอก และความสูงทั้งหมด เพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี พร้อมกันนี้ได้เก็บตัวอย่างส่วนต่างๆ ของสนูป่าเพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนโดยใช้วิธี Dumas หรือ dry combustion

ผลการศึกษา พบว่า พันธุ์กำแพงแสนมีการเติบโตมากที่สุดทั้งทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางซิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียอกและความสูง ในขณะที่ KUBP20 มีมวลชีวภาพส่วนลำต้นมากที่สุด ส่วน KUBP74 มีมวลชีวภาพส่วนกิ่ง และใบมากที่สุด โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดใน KUBP74 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน มีค่าเท่ากับ 17.76, 16.29, 15.98 และ 15.96 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างพันธุ์และส่วนต่างๆ ของสนูป่า แต่อย่างไรก็ตามสนูป่าพันธุ์ KUBP74 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมทั้งหมดสูงกว่า KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน โดยมีการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมดเท่ากับ 7.88, 7.27, 7.15 และ 7.12 กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนเป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลชีวภาพมากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของสนูป่า

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน สนูป่า

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกนั้นมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นในปัจจุบัน โดยปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยทั่วโลกได้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ยุคก่อนอุตสาหกรรม จาก 280 พีพีเอ็ม (ppm) ในปี ค.ศ. 1850 ขึ้นมาเป็น 365 พีพีเอ็ม ในปี ค.ศ. 1997 (Keeling and Whorf, 1998) โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นทั่วโลก 1.5 พีพีเอ็มต่อปี (JMA-WMO, 2000) ทั้งนี้ส่วนใหญ่แล้วเกิดขึ้นจากกิจกรรมในภาคส่วนต่างๆ ของมนุษย์ทั้งสิ้น เช่น กิจกรรมภาคพลังงาน (ร้อยละ 40) กิจกรรมภาคขนส่ง (ร้อยละ 27) กิจกรรมภาคอุตสาหกรรม (ร้อยละ 20) กิจกรรมภาคเกษตรกรรม (ร้อยละ 5) กิจกรรมภาคครัวเรือน (ร้อยละ 2) จะเห็นได้ว่า กิจกรรมจากภาคพลังงานมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

มากที่สุดเนื่องจากการเผาผลาญถ่านหินและเชื้อเพลิงฟอสซิล (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2553)

ปัจจุบันโลกมีอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่เพื่อเป็นหลักประกันความมั่นคงด้านพลังงานในระยะยาว สหภาพยุโรปได้ให้ความสำคัญในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยมีการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 81.5 ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพทั้งหมด ทำให้หลายประเทศต่างหันมาสนใจพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง สำหรับประเทศไทยมีศักยภาพและความพร้อมในการปลูกพืชพลังงาน (energy crops) เพื่อการผลิตไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทน และช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศอีกด้วย (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2553)

ในประเทศไทยมีการปลูกพืชพลังงานหลายชนิด เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และสบู่ดำ เป็นต้น สบู่ดำ เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความนิยมใช้เป็นพืชพลังงาน เนื่องจากสามารถเติบโตได้อย่างแพร่หลาย เป็นพืชที่ทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแห้งแล้งได้ดี แม้ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเพียง 300-1,000 มิลลิเมตรต่อปี จึงทำให้เติบโตได้ดีในเขตร้อน (Joker and Jepsen, 2003) สบู่ดำเป็นพืชในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Jatropha curcas* L. ชื่อสามัญ Physic nut สบู่ดำเป็นไม้ยืนต้น สูงประมาณ 2-7 เมตร มีอายุไม่น้อยกว่า 50 ปี เป็นไม้โตเร็ว สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ โดยนำเมล็ดไปผลิตเป็นไบโอดีเซล ซึ่งข้อดีอีกประการหนึ่งของการปลูกพืชพลังงาน คือ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ เนื่องจากพลังงานที่ได้มีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่นๆ เช่น น้ำมัน และถ่านหิน นอกจากนี้คาร์บอนที่ปล่อยออกสู่อากาศนั้นถือว่าเป็นการปลดปล่อยแบบชั่วคราว เนื่องจากพืชพลังงานมีวงจรในการผลิต สะสม และปลดปล่อยคาร์บอนที่ค่อนข้างสั้น (short carbon cycle) เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการสะสมของคาร์บอนที่ยาวนาน (long carbon cycle) กว่าด้วยเหตุนี้เองการปลูกพืชพลังงานจึงเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการลดปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยสู่บรรยากาศ และยังช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในส่วนของมวลชีวภาพ (biomass) โดยมวลชีวภาพของพืชสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเติบโต และความอุดมสมบูรณ์ในแง่ของผลผลิตต้นไม้ในพื้นที่ได้ ซึ่งมวลชีวภาพของต้นไม้จะมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ และพื้นที่ปลูก ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโตมวลชีวภาพ ตลอดจนการกักเก็บคาร์บอนของสบู่ดำ 4 พันธุ์ ที่ปลูก ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตั้งอยู่เลขที่ 298 บ้านปางอโศก ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ริมถนนมิตรภาพ หลักกิโลเมตรที่ 155 อยู่ในแนวละติจูดที่ 14.5 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 101 องศาตะวันออก ลักษณะดินในพื้นที่ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ เป็นดินชุดปากช่อง ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลิกมิก ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแข็ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานีสสะสมในดินล่าง พีเอช (pH) ของดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบน และเป็นกรดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันค่อนข้างต่ำ ลักษณะภูมิอากาศ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส มีลมพัดจัดตลอดปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 85 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000-1,200 มิลลิเมตรต่อปี

การวางแผนตัวอย่าง

ทำการศึกษาในแปลงปลูกสบู่ดำ จำนวน 4 พันธุ์ (variety) ได้แก่ กำแพงแสน KUBP16 KUBP20 และ KUBP74 ซึ่งปลูกจากเมล็ดเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 โดยมีแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (replication) ระยะปลูก 3×2 เมตร ขณะทำการศึกษาสบู่ดำมีอายุ 5 ปี

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 1.30 เมตร (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) โดยวัดทุกต้นในแปลงทดลอง
2. นำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมาจัดเรียงหาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เพื่อหาความกว้างของ

อันตรภาคชั้น (class interval) ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กำหนดให้มีจำนวน 5 อันตรภาคชั้น แล้วนำค่าจุดกึ่งกลางชั้นแต่ละอันตรภาคชั้นมาเลือกต้นที่จะตัดในแต่ละพันธุ์พันธุ์ละ 5 ต้น เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการประมาณหามวลชีวภาพ และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน

3. ตัดไม้ที่เป็นตัวแทน โดยต้องตัดลำต้นให้ชิดดิน แล้วทำการตัดทอนไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อนๆ โดยท่อนแรกยาว 30 เซนติเมตร ท่อนต่อไปยาวท่อนละ 1 เมตร จนหมดความสูงทั้งหมดของลำต้น ซึ่งน้ำหนักสดของแต่ละท่อนที่ตัดออก โดยแยกชิ้นเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ

4. รวบรวมตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้น แล้วสุ่มเก็บใส่ถุงกระดาษจำนวน 1 ถุงต่อ 1 ส่วน แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูล นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บในถุงกระดาษไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำตัวอย่างของแต่ละส่วนที่สุ่มเก็บในถุงกระดาษ มาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาร้อยละความชื้น จากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

จากนั้นเปลี่ยนน้ำหนักสดของตัวอย่างแต่ละต้นให้เป็นน้ำหนักแห้ง จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{\text{ร้อยละความชื้น} + 100}$$

โดยแยกเป็นมวลชีวภาพของลำต้น (stem biomass, W_s) มวลชีวภาพของกิ่ง (branch biomass, W_b) และมวลชีวภาพของใบ (leaf biomass, W_l)

2. ประมาณค่ามวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้ คือ ลำต้น กิ่ง และใบ มาวิเคราะห์หารูปแบบและสมการความสัมพันธ์กับมิติต่างๆ โดยใช้ allometric

relation ของ Kira and Shidei (1967) ซึ่งมีรูปแบบการดังนี้

$$Y = aX^b$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log a + b \log X$$

เมื่อ Y คือ มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ (กิโลกรัม)

X คือ ขนาดของลำต้น คือ ฟังก์ชันของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียออก (DBH) (เซนติเมตร) ฟังก์ชันของ parabolic volume ในรูป $D_0^2 H$ หรือ $DBH^2 H$ เมื่อ H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการ

3. การประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้เลือกสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, R^2) ที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุด และพิจารณาจากความเหมาะสม ความสะดวกในการปฏิบัติ เมื่อเลือกสมการประมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของไม้แต่ละชนิดได้แล้วก็นำไปประมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อพื้นดินทั้งหมดของไม้ที่ใช้ในการศึกษา

4. วิเคราะห์คาร์บอนในส่วนต่างๆ ของสับดูดา โดยนำตัวอย่างส่วนต่างๆ ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่ มาตัดทอนตัวอย่างให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำเข้าเครื่องบดให้เป็นผงละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 0.50 มิลลิเมตร ก่อนการวิเคราะห์คาร์บอนควรอบตัวอย่างพีชอีกครั้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาคาร์บอนทั้งหมดด้วยเครื่อง CHNS analyzer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น 2400 Series II CHNS/O Elemental Analyzer ด้วยวิธี Dumas หรือ dry combustion ความเข้มข้นของคาร์บอนในตัวอย่างที่วัดได้มีหน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง (percent carbon by dry weight)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนของสับดูดำแต่ละพันธุ์ที่ทำการศึกษาตามวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

การเติบโตของสับดูดำ

จากการศึกษาการเติบโตของสับดูดำทั้ง 4 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน KUBP16 KUBP20 และ KUBP74

ในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัด นครราชสีมา พบว่าการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ชิดดิน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของพันธุ์ กำแพงแสนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ KUBP20 KUBP16 และ KUBP74 ตามลำดับ ขณะที่การเติบโตทางความสูงมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในพันธุ์กำแพงแสน และ KUBP20 รองลงมาคือ KUBP16 และ KUBP74 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 โดยการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่การเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและการเติบโตทางความสูงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

Table 1 Growth of four *Jatropha curcas* L. varieties.

Variety	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Height (m)
Kamphaeng Saen	17.90	6.60	4.32
KUBP 16	16.37	5.92	3.90
KUBP 20	17.83	6.57	4.32
KUBP 74	16.85	5.78	3.78
F-value	5.82*	26.51**	29.63**

Remarks: ** = Highly significant difference at $p \leq 0.01$

* = Significantly different at $p \leq 0.05$

จากการศึกษาพบว่า สับดูดำที่ปลูกในพื้นที่เดียวกัน อายุเท่ากัน แต่พันธุ์แตกต่างกัน มีผลให้การเติบโตต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของพืชชั้นสูงนั้นมีอยู่ 2 ปัจจัย กระทำร่วมกัน คือ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม (genetic factors) และปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม (environment factors) เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปฏิภานดิน เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) โดยปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเป็นตัวควบคุมขนาดรูปร่าง สีสัณ การให้ผลผลิต ความต้านทานต่อโรคและแมลง ฯลฯ ของพืช ซึ่งถูกควบคุมโดยยีน (gene) ซึ่ง ฝ้ายวิจัยและพัฒนาบริษัท ลัดดา จำกัด (2551) พบว่าการเติบโตและน้ำหนักรวมของสับดูดำไม่ขึ้นกับระยะเวลาที่ปลูก

และการเติบโตของลำต้นแต่ละต้นขึ้นอยู่กับพันธุ์สับดูดำที่ปลูกและสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ นอกจากนี้วิธีการปลูกจากเมล็ดและกิ่งพันธุ์ก็มีผลต่อการเติบโตและผลผลิตของสับดูดำ (กาวิต, 2552) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของ พัทธราภรณ์ และ ฌัฐพงษ์ (2554) พบว่า พันธุ์ของสับดูดำที่แตกต่างกัน มีอัตราการเติบโตที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ หากสับดูดำมีแหล่งกำเนิดจากแหล่งเดียวกันก็จะไม่มีผลต่อความแตกต่างระหว่างพันธุ์ เพราะมีการกระจายตัวของพันธุกรรมน้อยมาก (ทุเรียน และคณะ, 2549)

ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมนั้น พบว่าพื้นที่ปลูกสับดูดำที่มีการให้น้ำตลอดทั้งปี สับดูดำจะให้

ผลผลิตได้ตลอดและไม่ทิ้งใบ แต่ถ้าไม่มีการจัดการให้น้ำ เมื่อหมดฤดูฝนเข้าสู่ฤดูแล้ง สนุ่ดำจะทิ้งใบ เพื่อความอยู่รอดทางธรรมชาติของสนุ่ดำแต่ไม่ตาย และถ้าหากสนุ่ดำได้รับน้ำก็จะแตกใบอ่อน พร้อมกับตาดอก (สมบัติ, 2548) เช่นเดียวกับ Achten *et al.* (2010) พบว่า สนุ่ดำสามารถเติบโตได้ดีแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะที่แห้งแล้ง รุนแรง และหากอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสนุ่ดำจะมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว และผลิตมวลชีวภาพที่สูงเมื่อเปรียบ

เทียบกับไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในป่าผลัดใบเขตร้อน แต่หากปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักเช่น แคดเมียม สนุ่ดำจะให้ผลผลิตได้ไม่ด้นัก (เพชรไพลิน และคณะ, 2552)

สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสนุ่ดำ

สมการความสัมพันธ์สำหรับการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนต่างๆ ของสนุ่ดำสามารถสรุปได้ ดังนี้ (Table 2)

Table 2 Allometric equations of aboveground biomass of four *Jatropha curcas* L. varieties.

Variety	Allometric equation	R ²
Kamphaeng Saen	$W_s = 0.2568(DBH^2H)^{0.5104}$	0.8586*
	$W_b = 0.0020(D_0^2H)^{1.2056}$	0.8051*
	$W_l = 0.0000002(D_0^2H)^{2.0206}$	0.8246*
KUBP 16	$W_s = 0.1420(DBH^2H)^{0.6390}$	0.9280**
	$W_b = 1.3704(DBH^2H)^{0.4524}$	0.8229*
	$W_l = 0.0227(DBH^2H)^{0.5830}$	0.8120*
KUBP 20	$W_s = 0.0169(D_0^2H)^{0.7600}$	0.9249**
	$W_b = 0.0041(D_0^2H)^{1.1031}$	0.9675**
	$W_l = 0.0080(D_0^2H)^{0.5068}$	0.8465*
KUBP 74	$W_s = 0.0009(D_0^2H)^{1.1876}$	0.9721**
	$W_b = 0.0013(D_0^2H)^{1.2984}$	0.8879*
	$W_l = 0.0153(D_0^2H)^{0.6631}$	0.8050*

Remarks: ** = Highly significant correlation at $p \leq 0.01$

* = Significant correlation at $p \leq 0.05$

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสนุ่ดำ

การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสนุ่ดำ ทั้ง 4 พันธุ์ จากสมการความสัมพันธ์ ดัง Table 2 พบว่า ในทุกพันธุ์ปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งมีมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นลำต้น และส่วนที่เป็นใบ ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3 ซึ่งในส่วนที่เป็นลำต้นมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดใน KUBP20 รองลงมาคือ

KUBP74 กำแพงแสน และ KUBP16 ตามลำดับ ส่วนที่เป็นกิ่งมีปริมาณมากที่สุดใน KUBP16 รองลงมาคือ KUBP74 กำแพงแสน และน้อยที่สุดใน KUBP20 ตามลำดับ ขณะที่ส่วนของใบมีปริมาณมากที่สุดใน KUBP74 รองลงมาคือ กำแพงแสน KUBP16 และ KUBP20 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดของ KUBP74 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมา

คือ KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน ตามลำดับ โดยมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในขณะที่มวลชีวภาพใน

ส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และรวมทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 3 Aboveground biomass of four *Jatropha curcas* L. varieties.

Variety	Aboveground biomass (kg tree ⁻¹)			
	Stem	Branch	Leaf	Total
Kamphaeng Saen	3.61	11.91	0.44	15.96
KUBP 16	3.28	12.61	0.40	16.29
KUBP 20	4.02	11.65	0.31	15.98
KUBP 74	3.87	12.28	1.61	17.76
F-value	1.40 ^{ns}	0.19 ^{ns}	82.37**	0.44 ^{ns}

Remarks: ** = Highly significant difference at $p \leq 0.01$

ns = Not significantly different at $p > 0.05$

จะเห็นได้ว่า พันธุ์ของสบู่ดำที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินแตกต่างกันด้วยเช่นเดียวกัน โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสบู่ดำ (ไม่รวมใบ) มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับใบและรากที่มวลชีวภาพค่อยๆ เพิ่มขึ้น และสบู่ดำมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแห้งแล้งได้ดี โดยไม่ต้องขยายระบบรากเพื่อที่จะได้รับน้ำ (Firdaus *et al.*, 2010) สอดคล้องกับการศึกษาของ สิริกานดา (2551) ที่พบว่า สบู่ดำพันธุ์กำแพงแสน (KP) มีปริมาณการผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงกว่าพันธุ์ไรสุวรรณเบอร์ 80 (SW 80) ทั้งในพื้นที่ดินเหนียวในไรสุวรรณวากกสกิจ (5.86 และ 3.97 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ) และในพื้นที่ดินร่วนปนทรายในสถานีวิจัยเขาหินซ้อน (5.42 และ 3.70 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ)

ดังนั้นพื้นที่ปลูกสบู่ดำจึงมีผลต่อปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะชนิดดินที่แตกต่างกัน และปัจจัยด้านภูมิอากาศของพื้นที่ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชิงชัย (2550) ที่พบว่า มวลชีวภาพของไม้โตเร็วมีความแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูกและปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อมวลชีวภาพ คือ ปริมาณน้ำฝน

รายปี โดยที่มวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมาก อย่างไรก็ตามการพัฒนาพันธุ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อมวลชีวภาพเช่นกัน

ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสบู่ดำ

ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสบู่ดำแต่ละพันธุ์พบว่า ร้อยละความเข้มข้นของคาร์บอนของแต่ละพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Table 4 กล่าวคือ กำแพงแสน และ KUBP16 มีร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุดในส่วนที่เป็นกิ่ง รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นลำต้น และส่วนที่เป็นใบ ตามลำดับ ส่วน KUBP20 มีร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุดในส่วนที่เป็นใบ รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นกิ่ง และส่วนที่เป็นลำต้น ตามลำดับ ขณะที่ KUBP74 มีร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุดในส่วนที่เป็นกิ่ง รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นใบ และส่วนที่เป็นลำต้น ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างพันธุ์และส่วนต่างๆ ของสบู่ดำ

Table 4 Carbon concentration of stem, branch, and leaf of four *Jatropha curcas* L. varieties.

Tree part	Carbon concentration (% dry weight)				F-value
	Kamphaeng Saen	KUBP 16	KUBP 20	KUBP 74	
Stem	44.59	44.08	44.63	43.98	1.07 ^{ns}
Branch	44.66	44.72	44.86	44.52	0.21 ^{ns}
Leaf	44.39	44.03	45.23	44.13	1.02 ^{ns}
F-value	0.10 ^{ns}	0.71 ^{ns}	1.94 ^{ns}	0.37 ^{ns}	

Remark: ns = Not significantly different at $p>0.05$

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสปีด้า มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Firdaus *et al.* (2010) พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในสปีด้า ที่อายุ 10, 17 และ 32 เดือน มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 46.2, 46.8 และ 46.9 ในขณะที่ Hellings *et al.* (2012) พบว่า ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในสปีด้า มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 42.20-45.48 และ Firdaus and Husni (2012) พบว่า ปริมาณคาร์บอนในสปีด้าเฉลี่ยที่อายุ 5 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 45.60 สอดคล้องกับการรวบรวมการศึกษาของสาพิศ (2550) พรรณไม้ในธรรมชาติและสวนป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพโดยเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 44-55 ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ปริมาณคาร์บอนในส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ของพรรณไม้ป่าชายเลนในจังหวัดชุมพร จำนวน 11 ชนิด มีปริมาณคาร์บอนในส่วนเหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง และใบ) เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 47.98, 47.68 และ 43.33 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ (คณะวนศาสตร์, 2551) ซึ่งโดยทั่วไปความสามารถในการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันตามชนิดไม้ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม (ประดิษฐ์ และคณะ, 2550)

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในสปีด้า

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสปีด้า 4 พันธุ์ ดังแสดงใน Table 5 พบว่า ในส่วนที่เป็นลำต้นของ KUBP20 มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคือ KUBP74 กำแพงแสน และ KUBP16 ตามลำดับ ในส่วนที่เป็นกิ่งมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด

ใน KUBP16 รองลงมาคือ KUBP74 กำแพงแสน และน้อยที่สุดใน KUBP20 ตามลำดับ ขณะที่ในส่วนที่เป็นใบมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดใน KUBP74 รองลงมาคือ กำแพงแสน KUBP16 และ KUBP20 ตามลำดับ และในส่วนที่มีการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดของ KUBP74 มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคือ KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน ตามลำดับ ซึ่งการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสปีด้า 4 พันธุ์ เป็นไปในทิศทางเดียวกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน กล่าวคือ การกักเก็บคาร์บอนในส่วนที่เป็นใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และเหนือพื้นดินทั้งหมด มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ นั่นๆ มากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพ กล่าวคือ ถ้าต้นไม้มีมวลชีวภาพมากก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากเช่นกัน ดังนั้น ไม่โตเร็วจึงสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมาก เมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ ที่ปลูกในระยะเวลาปลูกเดียวกัน โดยสปีด้ามีการสะสมคาร์บอนในส่วนผลผลิตและใบใกล้เคียงกัน (สิริกานดา, 2551) นอกจากนี้สปีด้ามีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพได้เป็นจำนวนมากในช่วงระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งโดยส่วนใหญ่มวลชีวภาพจะถูกเก็บไว้ในส่วนเหนือพื้นดินมากกว่าส่วนที่อยู่ใต้ดิน (Ericsson *et al.*, 1996; Heller, 1996)

Table 5 Carbon storage in aboveground biomass of four *Jatropha curcas* L. varieties.

Variety	Carbon storage (kg tree ⁻¹)			
	Stem	Branch	Leaf	Total
Kamphaeng Saen	1.61	5.32	0.19	7.12
KUBP 16	1.45	5.64	0.18	7.27
KUBP 20	1.79	5.22	0.14	7.15
KUBP 74	1.70	5.47	0.71	7.88
F-value	1.51 ^{ns}	0.18 ^{ns}	83.70**	0.38 ^{ns}

Remarks: ** = Highly significant difference at $p \leq 0.01$

ns = Not significantly different at $p > 0.05$

สรุป

การศึกษาการเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของสนุ่นดำ 4 พันธุ์ ที่อายุ 5 ปี บริเวณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา สามารถสรุปได้ดังนี้

สนุ่นดำพันธุ์กำแพงแสนมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางซิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงมากที่สุด ในขณะที่ KUBP20 มีมวลชีวภาพส่วนลำต้นมากที่สุด ส่วน KUBP74 มีมวลชีวภาพส่วนกิ่ง และใบมากที่สุด โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมใน KUBP74 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน ส่วนความเข้มข้นของคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างพันธุ์ และส่วนต่างๆ ของสนุ่นดำ แต่อย่างไรก็ตามสนุ่นดำพันธุ์ KUBP74 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมสูงกว่า KUBP16 KUBP20 และกำแพงแสน ทั้งนี้ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนเป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลชีวภาพมากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของสนุ่นดำ

แต่อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพของสนุ่นดำทั้ง 4 พันธุ์ ที่ศึกษาในครั้งนี้ มีค่าไม่ต่างกันมาก ดังนั้น การเลือกปลูกสนุ่นดำเพื่อให้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้มาก จึงควรเลือกพันธุ์ที่เติบโตเร็วและมีความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพสูง จึงจะทำให้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ใน

ปริมาณสูงด้วย เนื่องจากปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจะสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลชีวภาพ

การศึกษามวลชีวภาพในครั้งนี้ เป็นการศึกษาเฉพาะมวลชีวภาพในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ดังนั้นผลผลิตมวลชีวภาพที่ได้จึงเป็นเพียงผลผลิตของต้นไม้ในส่วนเหนือพื้นดินเท่านั้นเพื่อให้การประเมินปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพที่ได้มีความสมบูรณ์ ครบถ้วนยิ่งขึ้น ควรศึกษามวลชีวภาพในส่วนที่อยู่ใต้พื้นดินด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาวิต วานิชกุล. 2552. การเปรียบเทียบวิธีการปลูกจากเมล็ดและกิ่งพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของสนุ่นดำ 3 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 (3): 201-204.
- คณะวนศาสตร์. 2551. โครงการประเมินมูลค่าและการพึ่งพิงทรัพยากรป่าชายเลน. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. การศึกษาการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชน, น. 164-207. ใน การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โรงไฟฟ้า

- ต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบ
ครบวงจร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,
นครราชสีมา.
- ทุเรียน ทาเจริญ, วราภรณ์ แสงทอง, อุทัย ศรีใจ, ศิริชัย
อุ้นศรีสง, คนูวดี เฟื่องอัน และ ชำนาญ ฉัตรแก้ว.
2549. การศึกษาการเจริญเติบโตและการให้
ผลผลิตของสบู่ดำ. วารสารพระจอมเกล้า
ลาดกระบัง 14 (2): 17-24.
- ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาศูวรรณ, สาทิส ดิลกสัมพันธ, ดุริยะ
สถาพร และ เจตน์ จิตนแก้ว. 2550. การกักเก็บ
คาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้บางชนิด
ที่ปลูก ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้
มาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. สำนัก
วิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยาน
แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ฝ่ายวิจัยและพัฒนาบริษัท ลัดดา จำกัด. 2551. การ
ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ.
บริษัท ลัดดา จำกัด, นครปฐม.
- พัชรภรณ์ แสงโยธารย์ และ ณัฐพงษ์ พร้อมจิตร. 2554.
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเจริญเติบโต
ของสบู่ดำ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์,
สุรินทร์.
- เพชรไพลิน สุวรรณโชติ, ธวัชชัย ศุภกิจฐ์, ภัคพงศ์ ปวงสุข
และ ละอองดาว แสงหล้า. 2552. สมรรถภาพ
การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสบู่ดำ
สายพันธุ์ระยอง ที่ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อน
แคดเมียม. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 5
(2): 100-117.
- สมบัติ ชินะวงศ์. 2548. สบู่ดำ (Physic nut) พืชพลังงาน
ทดแทนที่มีศักยภาพ. วารสารเกษตรกรรม
ธรรมชาติ 8: 28-31.
- สาทิส ดิลกสัมพันธ. 2550. การกักเก็บคาร์บอนของ
ป่าไม้กับสภาวะโลกร้อน. วารสารอนุรักษ์
ดินและน้ำ 22(3): 40-49.
- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2553. สถานการณ์
พลังงานในประเทศไทย. กระทรวงพลังงาน,
กรุงเทพฯ.
- สิริกานดา วัชรไทย์. 2551. การศึกษาสมมูลคาร์บอนและ
การกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกใน
ดินเหนียวและดินร่วนปนทราย. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Achten, W.M.J., W.H. Maes, B. Reubens, E. Mathijs,
V.P. Singh, L.V. Verchot and B. Muys. 2010.
Biomass production and allocation in *Jatropha
curcas* L. seedlings under different levels of
drought stress. **Biomass and Bioenergy** 34
(5): 667-676.
- Ericsson, T., L. Rytter and E. Vapaavuori. 1996.
Physiology of carbon allocation in trees.
Biomass and Bioenergy 11: 115-127.
- Firdaus, M.S. and M.H.A. Husni. 2012. **Planting
Jatropha curcas on Constrained Land:
Emission and Effects from Land Use
Change**. Available Source: <http://www.tswj.com/2012/405084/>, June 23, 2012.
- _____, A.H.M. Hanif, A.S. Safiee and M.R.
Ismail. 2010. Carbon sequestration
potential in soil and biomass of *Jatropha
curcas*, pp. 62-65. In **19th World Congress
of Soil Science, Soil Solutions for a
Changing World**. 1-6 August 2010.
Brisbane, Australia. Published on DVD.
- Heller, J. 1996. **Physic nut, *Jatropha curcas* L.,
Promoting the Conservation and Use of
Underutilized and Neglected Crops**. I.
Institute of Plant Genetics and Crop Plant
Research, Gatersleben and International Plant
Genetic Resources Institute, Rome.
- Hellings, B.F., H.A. Romijn and Y.J. Franken. 2012.
Carbon Storage in *Jatropha curcas* Trees

- in Northern Tanzania.** FACT Foundation, the Netherlands.
- JMA-WMO. 2000. **WMO WDCGG Data Summary.** WDCGG No.22. GAW Data Volume IV-Greenhouse Gases and Other Atmospheric Gases. World Data Centre of Greenhouse Gases, WDCGG, Japan.
- Joker, D. and J. Jepsen. 2003. *Jatropha curcas* L. **Seed Leaflet No. 83 August 2003.** Danida Forest Seed Centre. Denmark.
- Keeling, C.D. and T.P. Whorf. 1998. Atmospheric CO₂ records from sites in SIO air sampling network. *In* **Trends: A Compendium of Data on Global Change.** Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. **Jap. J. Ecol.** 17: 70-87.
-