

ผลของวิธีการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อผลผลิตสบู่ดำ

Effect of soil moisture conservation method on yield of Jatropha

ฉัตรชัย วรเวทย์มงคล¹ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม^{1*} อัญชลี สุทธิประการ¹ และ สุภิมา ธนะจิตต์¹

Chatchai Worrawetmongkol¹, Somchai Anusontpornperm^{1*}, Anchalee Sudhiprakarn¹
and Suphicha Thanachit¹

บทคัดย่อ: การศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อการให้ผลผลิตของสบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9 ที่ปลูกในดิน Ultic Paleustalf เพื่อเปรียบเทียบผลของการไม่มีรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น (W1) การใช้เศษเหลือของพืชคลุมดิน (W2) การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำและตัดใบคลุมดิน (W3) และการปลูกถั่วพรางคลุมดิน ระหว่างแถวสบู่ดำ (W4) โดยให้น้ำชลประทานแบบหยดอัตรา 2 ลิตรต่อต้น ทุก 2 วัน ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.52-พ.ค.53) ผลการศึกษา พบว่า การคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงสุด (200 กก./ไร่) เปรียบเทียบดำรับที่เหลือซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 130.9-145.3 กก./ไร่ การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำและตัดใบคลุมดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 37.3 ในขณะที่ผลผลิตน้ำมันสูงสุดได้จากดำรับที่คลุมดินด้วยเศษพืช (54.5 กก./ไร่) ซึ่งสูงกว่าดำรับที่ไม่มีการคลุมดินและดำรับที่ปลูกถั่วพรางรวม (37.6 และ 29.9 กก./ไร่ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำที่อายุ 2 เดือนของดำรับที่มีการปลูกพืชร่วมมีแนวโน้มต่ำกว่าการปลูกสบู่ดำเพียงอย่างเดียว ในระยะที่ติดผล (อายุ 6 เดือน) ดำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และดำรับที่ปลูกหญ้าแฝกร่วมมีความเข้มข้นของกำมะถันในใบเท่ากันคือ 0.50 ก./กก. ซึ่งสูงกว่าอีกสองดำรับที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณกำมะถันในเมล็ดที่ได้จากดำรับที่ไม่มีการคลุมดินกลับสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (0.42 ก./กก.)

คำสำคัญ: ความชื้นดิน, สบู่ดำ, การคลุมดิน, หญ้าแฝก, ถั่วพราง

ABSTRACT: A study on the effect method of soil moisture conservation method on yield of Jatropha, variety KUBP 78-9 grown on Ultic Paleustalf, was carried out in order to compare the effect of no soil moisture conservation scheme (W1), plant residue mulch (W2), vetiver grass grown between Jatropha rows, slash and mulch (W3), and jack bean as cover crop (W4) on moisture changes within soil profile and yield of Jatropha. Drip irrigation at a rate of two litres per plant was operated every two days during drought season (Dec 09-May 10). Results indicated that plant residue mulch tended to give the highest seed yield at 15% moisture content (200 kg rai⁻¹) compared to the range of 130.9-145.3 kg rai⁻¹ obtained from other treatments. Growing vetiver grass between rows of Jatropha then slash and mulch tended to give the greatest oil content of 37.3% in Jatropha seed. The highest total oil yield with the amount of 54.5 kg rai⁻¹ was gained from the scheme using plant residue mulch, which was significantly higher than the ones without soil moisture conservation and jack bean as cover crop (37.6 and 29.9 kg rai⁻¹, respectively). There was indifferent concentration of plant nutrients in Jatropha leaf at two months of age but the concentrations of major nutrients in treatments with vetiver grass and jack bean seemed to be lower than those with Jatropha grown solely. At fruiting stage (6-month old), plant residue mulch and vetiver grass intercropped equally brought on S contents of 0.50 g kg⁻¹, which were significantly higher than did the other two treatments. Sulfur concentration in seed (0.42 g kg⁻¹) obtained from the control and no soil moisture conservation, was significantly higher than those gained from the others.

Keywords: soil moisture, jatropha, mulching, vetiver grass, jack bean

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author: somchai.a@ku.ac.th

บทนำ

สบู่ดำ (*Jatropha Curcas* L.) เป็นพืชน้ำมันจัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อสามัญว่า physic nut เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง เพาะปลูกง่ายไม่ต้องดูแลมาก (Wiesenhutter, 2003) สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่แห้งแล้งที่พบปัญหาการขาดแคลนน้ำทั้งในเขตแล้งและกึ่งแล้ง (Kobilke, 1989; Jones and Miller, 1997; Makkar et al., 1997; Openshaw, 2000) พืชนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 250-3,000 มม. (Foidl et al., 1996) และในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Kheira and Atta 2009) สบู่ดำจึงน่าจะปลูกได้ในพื้นที่ทุกภาคของประเทศไทย แม้แต่ในพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้น้อยก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายในหนึ่งปีหลังปลูก และมีอายุยืนกว่า 30 ปี (บริษัทบางจากปิโตรเลียม, 2552) ถึงแม้ว่าสบู่ดำจะสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่และทนต่อสภาพแล้ง แต่การขาดน้ำเป็นเวลานานอาจทำให้ผลผลิตสบู่ดำลดลงโดยจะทิ้งใบเพื่อการอยู่รอด (Riyadh, 2002) ในขณะเดียวกัน สบู่ดำไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมเช่นเดียวกับในดินเหนียวจัด (เวอร์ทิสอลส์) ที่พบน้ำใต้ดินชั่วคราวในระดับใกล้ผิวดิน (Biswas, 2006; Singh, 2006) โดยเมื่อเจริญเติบโตในพื้นที่ชื้นจะออกดอกได้ตลอดปี (Heller, 1996) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในพิสัย 24-28 °C. (Heller, 1996; Makkar et al., 1997) ทนสภาพอุณหภูมิสูงแต่ไม่ชอบอากาศเย็นจัด (Heller, 1996) โดยสามารถปลูกในพื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลางได้ถึง 1,800 ม. ชอบดินที่มีการระบายน้ำดี ควรมีความลึกอย่างน้อย 45 ซม. (Heller, 1996; Foidl et al., 1996) ปกติแล้วสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 9 (Biswas et al., 2006) และมีความต้องการธาตุอาหารพืชต่ำ (Joker and Jepsen, 2003)

ในระยะช่วง 1-3 เดือนแรกหลังปลูกมีความสำคัญมาก สบู่ดำต้องการน้ำต้นละ 5-10 ลิตร ทุกๆ 15 วัน (ชำนาญ และคณะ, 2549) การให้น้ำชลประทานต่อเนื่องมีผลให้การเจริญเติบโต และจำนวนช่อดอก

มากที่สุด การหยุดให้น้ำในช่วงเริ่มออกดอกมีผลให้จำนวนช่อดอกลดลงร้อยละ 32.18 (ขวัญชัย, 2552) การให้น้ำชลประทานในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละของน้ำมันต่อน้ำหนักแห้งเมล็ด (Kheira and Atta, 2009) ขณะที่กรมวิชาการเกษตร (2548) รายงานว่า การให้น้ำชลประทานกับสบู่ดำอายุ 1 ปี มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำเพิ่มขึ้นจาก 16 กก./ไร่ เมื่อไม่มีการให้น้ำชลประทานเป็น 120 กก./ไร่ เมื่อมีการให้น้ำชลประทาน อย่างไรก็ตามแนวทางการจัดการน้ำเพื่อการปลูกสบู่ดำยังไม่มีการศึกษาที่ได้ข้อมูลชัดเจน เนื่องจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีความสัมพันธ์กับลักษณะดิน และสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องที่ (Achten et al., 2008) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในหน้าตัดดินภายใต้วิธีการอนุรักษ์ความชื้นที่แตกต่างกัน และรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ และความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในหน้าตัดดิน รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ การศึกษานี้จึงน่าจะเป็นประโยชน์ที่จะเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาส่งเสริมการปลูกสบู่ดำต่อไปในอนาคตในการข้อมูลการให้ผลผลิตสบู่ดำที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน ผลของรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในแปลงปลูกสบู่ดำและลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในรอบปีของสบู่ดำภายใต้รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองภายในสถานีวิจัยกาญจนบุรีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2552 ถึงเดือนธันวาคม 2553 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 รูปแบบของการอนุรักษ์ความชื้นได้แก่การไม่คลุมดิน (W1) ซึ่งจะทำให้การกำจัดวัชพืชตลอดเวลา การใช้เศษ

เหลือของพืชคลุมดิน (W2) การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสับดำและตัดใบคลุมดิน (W3) และการปลูกถั่วพรีคลุมดิน (W4) เมื่อสับดำอายุได้ 3 เดือนทำการปลูกพืชร่วมในระหว่างแถวตามตำรับทดลองได้แก่ ถั่วพรี (W4) และหญ้าแฝก (W3) ซึ่งจะทำการตัดใบคลุมดินเมื่อหญ้าแฝกสูงประมาณ 50 ซม. โดยตัดให้เหลือความสูง 30 ซม. ตลอดการทดลอง และทำการคลุมดินด้วยเศษซากพืชที่ได้จากพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณอื่น (W2) หนาประมาณ 1 ซม. และในตำรับที่มีการอนุรักษ์ความชื้น (W2, W3 และ W4) มีการกำจัดวัชพืชเฉพาะในฤดูฝน

การเตรียมแปลงทดลอง ทำแปลงมีขนาด 8x16 ม. โดยไถเปิดดินด้วยผาล 3 และย่อยดินด้วยผาล 7 จากนั้นทำการปลูกสับดำ ด้วยเมล็ดพันธุ์ KUBP 78-9 จำนวน 3 เมล็ดต่อหลุม โดยใช้ระยะปลูกเท่ากับ 2x2 ม. เมื่อสับดำอายุได้ 1 เดือนทำการถอนแยกให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อหลุม และปลูกซ่อมโดยใช้กล้าที่เพาะจากเมล็ดในช่วงเดียวกันที่มีการหยอดเมล็ดในแปลงปลูก ซึ่งในแต่ละแปลงทดลองประกอบสับดำจำนวน 32 ต้น และใช้ในการเก็บข้อมูลจำนวน 12 ต้นต่อแปลงทดลอง เมื่อสับดำสูงประมาณ 50 ซม. ทำการเด็ดยอดเพื่อให้เกิดการแตกกิ่ง ทำการรองกันหลุมด้วยปุ๋ยหมักอัตรา 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ก่อนหยอดเมล็ด จากนั้นใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ อีกครั้งเมื่อสับดำอายุได้ 4 เดือนโดยการโรยรอบทรงพุ่ม การให้น้ำชลประทานแบบหยดดำเนินการในช่วงแรกโดยให้น้ำอัตรา 8 ลิตร ทุก 2 วัน หากไม่มีฝนตกติดต่อกันจนผิวดินแห้ง และให้น้ำอัตรา 2 ลิตรต่อต้น ทุกๆ 2 วัน ในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม 2552-พฤษภาคม 2553) การเก็บข้อมูลความชื้นดินที่ความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 ซม. โดยการฝังท่อวัดความชื้น TDR ในแนวตั้ง ห่างจากโคนต้นสับดำ 1 ม. จำนวน 1 จุดต่อแปลงย่อย และเริ่มเก็บข้อมูลความชื้นตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม 2553 ถึงวันที่ 27 มิถุนายน 2553

การเก็บข้อมูลดิน ประกอบด้วย 1) การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ 3 ความลึกคือ 0-20, 20-40 และ 40-60 ซม. แบบ composite samples เพื่อการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของดินที่ 2) จัดทำข้อมูลลักษณะดินตัวแทนในพื้นที่ (site characterization) (เอิบ, 2547) 3) การเก็บข้อมูลผลผลิตพืช เก็บตัวอย่างใบสับดำที่ใบที่ 5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากยอดอายุ 2 และ 6 เดือน เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และเริ่มเก็บข้อมูลสมบัติทางกายภาพของสับดำตั้งแต่เริ่มออกดอกจนครบ 1 ปี และ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ทำการทดลองในสถานีวิจัยกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับ 76.8 ม. เป็นพื้นที่ผิวดินกัดกร่อนของดินเขาที่ถูกขอยแบ่ง (erosional surface of dissected footslope) มีความลาดชันร้อยละ 2 ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองจัดจำแนกอยู่ในระดับกลุ่มดินย่อย Ultic Paleustalf โดยมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถื่นและตะกอนหินดาตเชิงเขาของหินชนวนและหินควอร์ตไซต์ ดินมีการระบายน้ำ การซาบซึมน้ำและน้ำไหลบ่าหน้าดินปานกลาง พบระดับน้ำความชื้นใต้ดินลึกมากกว่า 200 ซม. ในช่วงฤดูแล้ง

ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแบ่ง ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียว ดินเป็นกรดจัดทั้งดินบนและดินล่าง (pH 5.1-5.4) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก (10.52-2.72 ก./กก.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำอยู่ในพิสัย 2.54-4.52 และ 41.2-54.1 มก./กก. ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Properties of soil before planting.

Depth (cm)	Textural class	pH 1:1 (H ₂ O)	OM (-----g kg ⁻¹ -----)	Total N	Avail. P (-----mg kg ⁻¹ -----)	Avail. K
0-20	Silt loam	5.1	10.52	0.84	4.52	54.1
20-40	Clay loam	5.2	6.81	0.70	3.52	49.9
40-60	Clay loam	5.4	2.72	0.63	2.54	41.2

การเจริญเติบโตของสับด้า

1) ปริมาณช่อดอก

จำนวนช่อดอกที่ได้จากทั้ง 4 ตำรับการทดลอง ไม่แตกต่างกันโดยเริ่มนับครั้งแรกเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่า สับด้ามีปริมาณการแทงช่อดอก เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2553 โดยเฉลี่ยจาก 0.63 เป็น 7.99 ช่อดอกต้น (Figure 1) โดยในเดือนมีนาคม 2553 สับด้า มีการแทงช่อดอกสูงสุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ตำรับการทดลองเท่ากับ 15.63 ช่อดอกต้น และลดลงเล็กน้อยในเดือนเมษายน (13.55 ช่อ/ต้น) อย่างไรก็ตาม หลังจากเดือนเมษายนเป็นต้นไป จำนวนช่อดอกสับด้าเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตลอดช่วงต้นของฤดูฝนโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัยตั้งแต่ 1.26 -2.80 ช่อดอกต้น เนื่องจากสับด้ามีการเจริญเติบโตทางเรือนยอดอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ สับด้ายังสร้างกิ่งกระโดงจำนวนมาก ทำให้ทรงพุ่มแน่นทึบ แสงแดดไม่สามารถส่องทะลุถึงปลายยอดได้ทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นเหตุที่ทำให้สับด้าสร้างช่อดอกในปริมาณที่ลดลงอย่างมาก

2) ปริมาณช่อดอกที่มีการติดผล

จำนวนช่อดอกที่มีการติดผลทั้ง 4 ตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติซึ่งคล้ายคลึงกับอัตราการติดช่อดอกในแต่ละเดือน (Figure 2) โดยปริมาณช่อดอกที่มีการติดผลรายเดือนจะเริ่มนับหลังจากที่ สับด้าเริ่มแทงช่อดอก 1 เดือน

3) ผลผลิตเมล็ดสับด้า

จำนวนเมล็ดต่อผลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง มิถุนายน 2553 ของทั้ง 4 ตำรับการทดลอง มีจำนวนค่อนข้างใกล้เคียงกัน (Table 2) โดยตำรับที่มีการคลุม

ดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 2.87 เมล็ด/ผล และจำนวนเมล็ดต่อผลเฉลี่ยในทุกตำรับ การทดลองมีค่าอยู่ในพิสัย 2.83-2.87 เมล็ด/ผล

น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 ในแต่ละตำรับการทดลองมี ค่ารวมใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 136.1.-250.6 ก./ต้น (Table 3) โดยในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงที่สุดเท่ากับ 250 กก./ต้น และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยจากทุกตำรับการทดลองในแต่ละเดือนพบว่า เดือนพฤษภาคมมีค่าต่ำสุด (71.8-104.8 ก./ต้น) และสูงสุดในเดือนมีนาคม (127.1-366.0 ก./ต้น)

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดรวมต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ไม่มีความแตกต่างกันภายใต้รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่างๆ โดยตำรับควบคุมมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่รวมที่ความชื้นร้อยละ 15 ต่ำที่สุดเท่ากับ 130.9 กก./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับตำรับที่มีการปลูกถั่วพรางร่วม (132.8 กก./ไร่) สำหรับตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดรวมไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงที่สุดเท่ากับ 200.0 กก./ไร่ และในตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกและตัดใบคลุมดินมีค่าเท่ากับ 145.3 กก./ไร่ นอกจากนี้ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าตำรับอื่นๆ เสมอในทุกเดือนที่ทำการทดลอง (Table 3) และในเดือนพฤษภาคมมีผลผลิตเมล็ดสับด้าที่ความชื้นร้อยละ 15 ต่ำกว่าเดือนอื่นที่ทำการเก็บข้อมูล เนื่องจากสับด้ามีการเจริญเติบโตทางเรือนยอด และสับด้ายังสร้างกิ่งกระโดงจำนวนมาก ส่งผลให้มีการติดผลลดลง

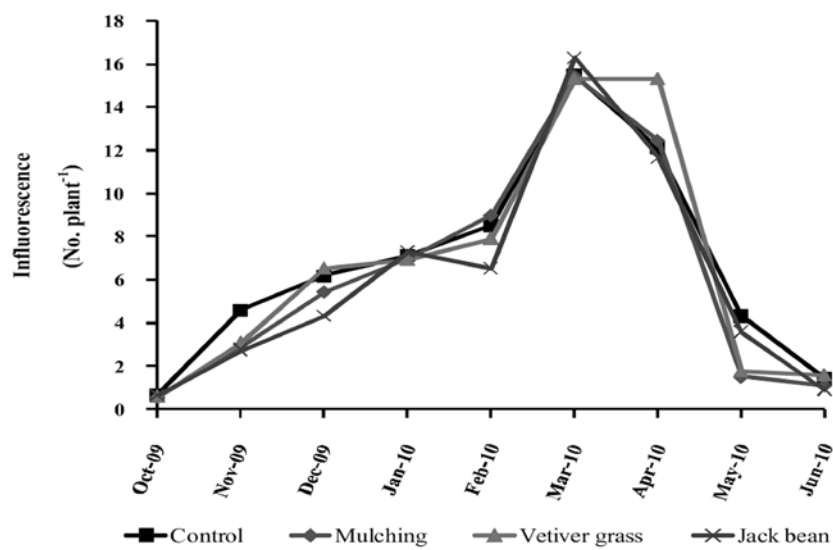


Figure 1 Monthly average number of inflorescence.

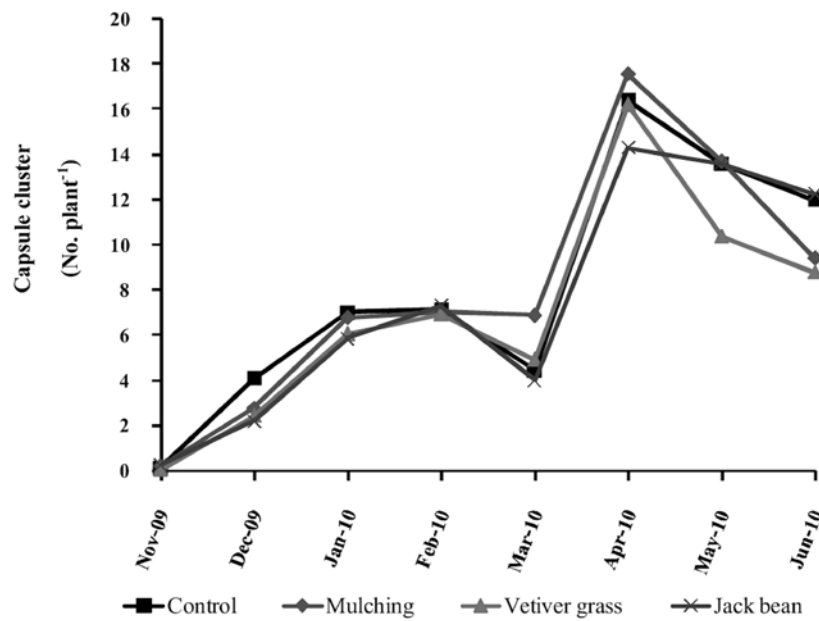


Figure 2 Monthly average number of capsule cluster.

Table 2 Number of seed per capsule of *Jatropha*, harvested from 1st February to 22nd June 2010.

Treatment ^{1/}	Number of seed per capsule					
	Feb 10	Mar 10	Apr 10	May 10	Jun 10	Average
W1	2.82	2.85	2.88	2.89	2.89	2.86
W2	2.86	2.93	2.82	2.84	2.84	2.87
W3	2.83	2.82	2.92	2.86	2.88	2.85
W4	2.82	2.79	2.87	2.83	2.83	2.83
F-test	-	-	-	-	-	ns
C.V. (%)	-	-	-	-	-	1.3

^{1/} ns = no statistical difference

W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,

W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows, slash and mulch; W4 : jack bean as plant cover.

There was no statistical test for monthly number of seed per capsule.

Table 3 Seed yield at 15% moisture content, harvested from 1st February to 22nd June 2010.

Treatment ^{1/}	Seed yield at 15% moisture content (g plant ⁻¹)					
	Feb 10	Mar 10	Apr 10	May 10	Jun 10	Sum
W1	192.5	127.1	131.2	71.8	158.3	136.1
W2	239.5	366.0	360.6	104.8	182.2	250.6
W3	164.7	206.7	196.3	74.6	115.4	151.6
W4	201.2	203.2	154.9	40.0	121.6	144.2
F-test	-	-	-	-	-	ns
C.V. (%)	-9.2	-7.6	11.2-	6.3-	5.4-	9.3

Seed yield at 15% moisture (kg rai ⁻¹)						
W1	41.3	21.5	21.7	12.5	33.9	130.9
W2	62.5	38.4	41.3	15.4	42.4	200.0
W3	39.7	29.7	30.0	16.1	29.8	145.3
W4	42.8	30.5	24.5	7.57	27.5	132.8
F-test	-	-	-	-	-	ns
C.V. (%)	-6.9	-12.2	-8.4	-12.2	-8.1	12.2

^{1/} ns = no statistical difference

W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,

W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows, slash and mulch; W4 : jack bean as cover crop.

There was no statistical test for monthly seed yield per plant and area.

ในผลสับุดำมีปริมาณเนื้อในเมล็ดสูงกว่าปริมาณ น้ำหนักเปลือกเมล็ดในทุกตำรับการทดลอง โดยตำรับ ที่ปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวและตัดใบคลุมดินมี แนวโน้มให้ปริมาณเนื้อในเมล็ดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75 (Table 4) ส่วนในตำรับที่เหลือจะมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 60-64 นอกจากนี้การปลูกหญ้าแฝกร่วมมีแนวโน้ม ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงสุด (ร้อยละ 37.28) ที่ ไม่มีการคลุมดิน ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และ ตำรับที่มีการปลูกถั่วพรางคลุมดินจะให้ปริมาณน้ำมัน เท่ากับร้อยละ 33, 30 และ 25 ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำมัน พบว่า ตำรับที่มีการคลุมดินด้วย เศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันในแต่ละเดือนสูง กว่าตำรับอื่น และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตน้ำมันรวม การคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิต น้ำมันสับุดำรวมสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (54.52 กก./ไร่) (Table 5) แต่ให้ค่าไม่แตกต่าง จากการปลูกหญ้าแฝกที่มีการตัดใบคลุมดิน ส่วนใน ตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน และตำรับที่มีการปลูกถั่วพราง คลุมดินจะให้ผลผลิตน้ำมันไม่แตกต่างกันและมีปริมาณ ต่ำที่สุดเท่ากับ 37.6 และ 29.9 กก./ไร่ ตามลำดับ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและผลสับุดำ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสับุดำ พบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นในใบสูงที่สุดในกลุ่ม ธาตุอาหารหลักทั้ง 2 ช่วงอายุการเก็บตัวอย่าง โดยที่ อายุ 6 เดือนมีค่าอยู่ในพิสัย 30.7-34.0 ก./กก. (Table 6) ซึ่งเป็นพิสัยที่ต่ำกว่าความเข้มข้นในใบสับุดำอายุ 2 เดือน (37.4-42.2 ก./กก.) ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม ในใบที่อายุ 6 เดือนมีค่าอยู่ในพิสัยที่สูงกว่าที่อายุ 2 เดือน (21.1-25.2 และ 12.0-15.1 ก./กก. ตามลำดับ) สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่อายุ 2 และ 6 เดือน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.68-0.75 ก./กก. อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบสับุดำของตำรับที่ มีการปลูกพืชร่วมมีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับควบคุม และ ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช

ความเข้มข้นของกำมะถันในใบที่อายุ 2 เดือน ในตำรับที่ปลูกหญ้าแฝกร่วมมีค่าเท่ากับ 0.58 ก./กก. ซึ่งมีค่าสูงกว่าตำรับที่ปลูกถั่วพรางร่วม ตำรับที่มีการ คลุมดินด้วยเศษพืช และตำรับควบคุม ซึ่งมีความเข้ม ข้นเท่ากับ 0.49, 0.48 และ 0.48 ก./กก. ตามลำดับ ใบสับุดำที่อายุ 6 เดือน พบว่า ตำรับที่มีการคลุมดินด้วย เศษพืช และตำรับที่ปลูกหญ้าแฝกร่วมมีความเข้มข้น ของกำมะถันในใบเท่ากันเท่ากับ 0.50 ก./กก. ซึ่งสูงกว่า อีกสองตำรับที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสับุดำ พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจน (30.45-32.03 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (4.60-5.60 ก./กก.) และโพแทสเซียม (11.98-15.93 ก./กก.) ในเมล็ดของแต่ละตำรับการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ความเข้มข้นของกำมะถันใน เมล็ดที่ได้จากตำรับควบคุมซึ่งไม่มีการคลุมดินกลับ มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.42 ก./กก. รองลงมาได้แก่ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษ พืช ตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วม และตำรับที่มีการ ปลูกถั่วพรางร่วม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.28, 0.17 และ 0.11 ก./กก. ตามลำดับ (Table 7)

การเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นเฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 26 พฤษภาคม ถึง 11 มิถุนายน 2553 ที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 ซม. เปรียบเทียบ ระหว่างตำรับการทดลองต่างๆ พบว่า ตำรับที่ไม่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้นมีแนวโน้มให้ค่า ร้อยละความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าตำรับที่มีการจัดการ ด้านการอนุรักษ์ความชื้น แสดงให้เห็นว่า ตำรับที่ไม่ คลุมดินหรือไม่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น มีผลทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นไปโดยการระเหยที่ ผิวดินร่วมกับการดูดไอน้ำของสับุดำมากกว่าตำรับที่มี การจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น

Table 4 Percentage of seed coat, seed cake, of total oil content in seed cake and in seed of *Jatropha* seed with at 15% moisture content.

Treatment ^{1/}	Seed coat	Seed cake	Total oil in seed cake	Total oil in seed
	(-----%-----)			
W1	38.41	61.59	53.89	33.19
W2	36.50	63.50	46.97	29.83
W3	25.17	74.83	49.82	37.28
W4	44.01	55.99	44.05	24.67

^{1/} W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,
W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows slash and mulch; W4 : jack bean as cover crop.

Table 5 Oil yield of *Jatropha*, harvested from 1st February to 22nd June 2010.

Treatment ^{1/}	Oil yield (kg ra ⁻¹)					
	Feb 10	Mar 10	Apr 10	May 10	Jun 10	total
W1	11.20	6.6	6.6	3.8	9.4	37.6c
W2	17.0	10.5	11.3	4.2	11.6	54.5a
W3	13.6	10.1	10.2	5.5	10.2	50.2ab
W4	9.6	6.9	5.5	1.7	6.2	29.9c
F-test	-	-	-	-	-	*
C.V. (%)	-	-	-	-	-	18.1

^{1/} ns = no statistical difference, * = statistical difference at P<0.05 probability, means with different letter according to DMRT

W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,
W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows slash and mulch; W4 : jack bean as plant cover.
There was no statistical test for monthly oil yield.

Table 6 Plant nutrients concentration in *Jatropha* leaf at 2- and 6-month old.

Treatment ^{1/}	Concentration in leaf (g kg ⁻¹)							
	N		P		K		S	
	2-month	6-month	2-month	6-month	2-month	6-month	2-month	6-month
W1	42.2	33.8	1.0	0.7	14.7	25.2	0.48	0.46b
W2	40.6	34.0	0.8	0.8	15.1	21.6	0.48	0.50a
W3	38.6	32.1	0.7	0.6	14.5	23.3	0.58	0.50a
W4	37.4	30.7	0.5	0.6	12.0	21.1	0.49	0.46b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	7.7	11.2	15.5	20.6	21.6	16.4	11.7	4.1

^{1/} ns = no statistical difference, * = statistical difference at P<0.05 probability, means with different letter according to DMRT

W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,
W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows slash and mulch; W4 : jack bean as plant cover.

Table 7 Plant nutrients concentration in *Jatropha* seed.

Treatment ^{1/}	Concentration in seed (g kg ⁻¹)			
	N	P	K	S
W1	32.03	5.40	15.93	0.42a
W2	30.45	4.60	12.67	0.28b
W3	30.54	5.60	11.98	0.17c
W4	31.24	4.80	12.17	0.11c
F-test	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	11.80	12.70	36.00	29.30

^{1/} ns = no statistical difference, * = statistical difference at P<0.05 probability, means with different letter according to DMRT

W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,

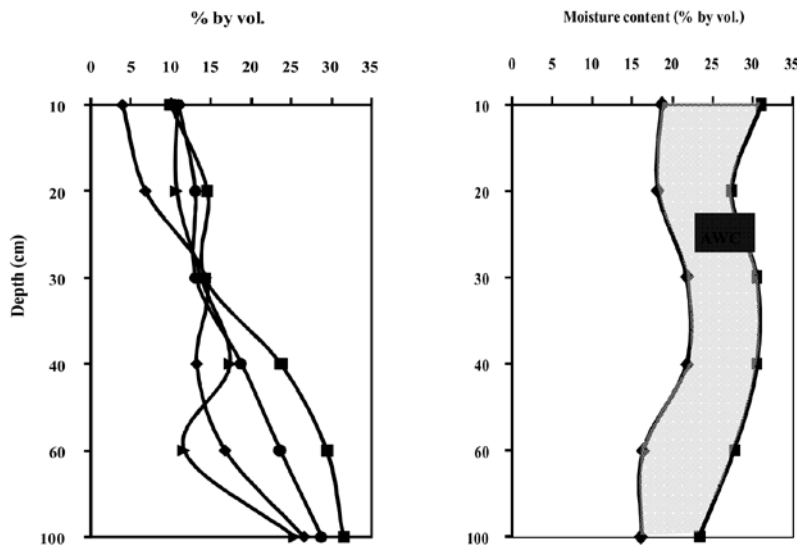
W3 : vetiver grass grown between *Jatropha* rows slash and mulch; W4 : jack bean as plant cover.

ความชื้นดินเฉลี่ยที่ในระดับความลึก 10, 20 และ 30 ซม. ในทุกตำรับการทดลองเฉลี่ยอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.9-14.3 โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.6, 18.1 และ 21.8 โดยปริมาตรตามลำดับ ขณะที่ช่วงความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ที่ในระดับความลึกดินดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 9-12 โดยปริมาตร ซึ่งความชื้นเฉลี่ยในตำรับที่คลุมดินด้วยเศษพืชจะมีปริมาณสูงสุดมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 9.8-14.5 โดยปริมาตร และในระดับความลึก 30 ซม. ความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลอง (ร้อยละ 13.0-14.3 โดยปริมาตร)

ระดับความลึกที่ 40 ซม. พบว่า ปริมาณความชื้นดินเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ ในทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 17.3-23.7 โดยปริมาตร (Figure 3) ในตำรับที่ไม่มีการจัดการอนุรักษ์ความชื้นดินมีความชื้นดินเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 17.3 โดยปริมาตร และสูงสุดในตำรับที่มีการคลุมดินด้วย

เศษพืช (ร้อยละ 23.7 โดยปริมาตร) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (ร้อยละ 21.8 โดยปริมาตร) และมีค่าอยู่ในช่วงความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในระดับความลึกดินดังกล่าวอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8.1-12.4 โดยปริมาตร

ระดับความลึกที่ 60 ซม. พบว่า ปริมาณความชื้นดินสะสมเฉลี่ยอยู่ในพิสัย 13.8- 29.5 โดยปริมาตร มีค่าสูงกว่าค่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรทุกตำรับการทดลอง (ร้อยละ 16.31 โดยปริมาตร) ยกเว้นในแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกร่วมซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับกับร้อยละ 13.8 โดยปริมาตร (Figure 3) แสดงให้เห็นว่า รากหญ้าแฝกน่าจะสะสมและดูดใช้น้ำที่ระดับความลึกนี้เป็นส่วนใหญ่ และความชื้นดินเฉลี่ยจะมีค่าสูงที่สุดในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช (ร้อยละ 29.5 โดยปริมาตร) ซึ่งจากค่าความชื้นดินดังกล่าวน่าจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของสับปะรดดีกว่า



W1 : no soil moisture conservation scheme; W2 : plant residue mulch,

W3 : vetiver grass grown between Jatropha rows slash and mulch; W4 : jack bean as plant cover

Figure 3 Depth function of average soil moisture content (25th May till the 27th of June 2010) measured by TDR (a) compared to moisture characteristics (b) of representative soil.

ระดับความลึกที่ 100 ซม. ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละตำรับที่มีค่าปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 28.8-31.6 โดยปริมาตร (Figure 3) และสูงกว่าระดับความลึกดินอื่นๆ ที่ทำการเก็บข้อมูล ตำรับที่ไม่มีการคลุมดินมีความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 26.6 โดยปริมาตร และตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 31.6 โดยปริมาตร

การที่ความชื้นเฉลี่ยสะสมที่ระดับความลึกที่ 30 ซม. มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร น่าจะเป็นผลมาจากบริเวณดังกล่าวมีการสะสมรากฝอยของสบู่ดำเป็นจำนวนมาก ทำให้มีการดูดใช้ความชื้นที่ระดับความลึกดังกล่าวค่อนข้างมาก และความชื้นส่วนหนึ่งน่าจะสูญเสียไปกับการระเหยที่ผิวดิน ขณะที่ความชื้นสะสมที่ระดับความลึกตั้งแต่ 30 ซม. ลงไป การคลุมดินด้วยเศษพืชมีผลทำให้ความชื้นสะสมอยู่สูงกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรอยู่ตลอดเวลา ซึ่งน่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสบู่ดำ เนื่องจากรากอีกส่วนหนึ่งที่สามารถดูดใช้ความชื้นในดินได้ น่าจะสะสมในชั้นความลึก

ดังกล่าวด้วย สำหรับในกรณีของการปลูกหญ้าแฝกร่วมซึ่งพบว่าความชื้นสะสมที่ระดับความลึกเดียวกันนี้ โดยเฉพาะที่ระดับความลึกตั้งแต่ 60-100 ซม. มีปริมาณต่ำกว่าตำรับอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าหญ้าแฝกที่อายุประมาณ 6 เดือน น่าจะมีการสะสมรากฝอยที่ระดับความลึกดังกล่าวในปริมาณค่อนข้างมาก ทำให้มีการใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโตสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม หากมีการตัดใบหญ้าแฝกคลุมดินอย่างสม่ำเสมอ การสะสมความชื้นก็น่าจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะไปช่วยลดการระเหยที่ผิวดิน ซึ่งส่งผลต่อการลดลงของการเคลื่อนที่ของน้ำตามท่อแคพิลลารี และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีต่อๆ ไปที่สบู่ดำมีอายุมากขึ้น มีแนวโน้มว่ารากหญ้าแฝกก็จะขยายลงไปสู่ระดับที่ลึกกว่านี้ การใช้น้ำบริเวณนี้ก็จะเกิดการแย่งแย่งกับพืชหลักน้อยลง ทั้งนี้การแจกกระจายความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตรวมค่อนข้างชัดเจน โดยในแปลงที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชให้ผลผลิตสูงสุด ขณะที่การสะสมความชื้นเกือบทุกระดับความลึกก็มีปริมาณมากที่สุดเช่นเดียวกัน

สรุป

สบู่ดำเริ่มมีการแทงช่อดอกในเดือนตุลาคม 2552 และมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนมีจำนวนสูงสุดในเดือนมีนาคม 2553 ขณะที่ช่อดอกที่เริ่มการติดผลมีปริมาณสูงสุดในเดือนถัดไป การคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักรวมที่ความชื้นร้อยละ 15 และผลผลิตน้ำมันสูงสุด การปลูกหญ้าแฝกกระหว่างแถวสบู่ดำและมีการตัดใบคลุมดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงสุด ส่วนการปลูกถั่วพรางร่วมมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดต่ำสุด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบและเมล็ดสบู่ดำส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันยกเว้นปริมาณกำมะถัน การคลุมดินด้วยเศษพืช และปลูกหญ้าแฝกร่วมทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันในใบสูงกว่าการปลูกถั่วพรางร่วม และการปลูกสบู่ดำโดยไม่มีรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น ในขณะที่ภายใต้สภาพที่ไม่มีการอนุรักษ์ความชื้นจะให้ความความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดสบู่ดำที่สูงที่สุด

แปลงสบู่ดำที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดิน มีปริมาณร้อยละความชื้นเฉลี่ยต่ำสุด โดยการคลุมดินด้วยเศษพืชมีผลทำให้ปริมาณร้อยละความชื้นเฉลี่ยสูงสุดส่งผลต่อผลผลิตน้ำมันสบู่ดำรวมได้ผลผลิตสูงสุดจึงเป็นวิธีการอนุรักษ์ความชื้นที่เหมาะสมต่อสบู่ดำที่ปลูกในดินเนื้อละเอียดปานกลาง (Ultic Paleustalf)

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ผ่านโครงการเคยู-ไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และสถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนากระบวนการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลวังดัง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ให้พื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. นานาสาระ “สบู่ดำ”. <http://www.thepoodang.com/pdf>. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2553.
- ขวัญชัย เดชอุบลการ. 2552. การศึกษาปริมาณการใช้ น้ำของ สบู่ดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชำนาญ ฉัตรแก้ว, ทวี เก้าศิริ, อวบ สารถ้อย, กิตติเดช โพธิ์นิยม, ประโยชน์ ตันติเจริญยศ, จีรชนม์ ศรีสวัสดิ์เล็ก, บำรุง ไตรมนตรี, สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์, ชาญวิทย์ ม่วงมิตร, และ กรีก นฤทม. 2549. “สบู่ดำ” พืชพลังงาน. สมาคมนิสิตเก่า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. สำนักพิมพ์พื้นที่ พับลิชชิง, กรุงเทพฯ.
- บริษัท บางจากปิโตรเลียม. 2552. วัตถุดิบที่ผลิตไบโอดีเซล. ไบโอดีเซล. <http://www.bangchak.co.th/th/Biodiesel-Detail.aspx?did=34>. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2554.
- เอิบ เทียวรินทร์. 2547. คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน. ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Achten, W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts and B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32:1063-1084.
- Biswas, S., N. Kaushik and G. Srikanth. 2006. Biodiesel: technology and business opportunities: an insight. *In* : B. Singh, R. Swaminathan and V. Ponraj, eds. *Proceedings of the Biodiesel Conference toward Energy Independence: Focus of Jatropha*. Cambridge University Press, New Delhi.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sanchez, M. Mittelbach and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology* 58:77-82.
- Heller, J. 1996. *Physic Nut (Jatropha curcas L.)*, Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crop. International Plant Genetic Resources Institute Press, Rome.
- Jones, N. and J.H. Miller. 1997. *Jatropha curcas*: a Multipurpose Species for Problematic site. Island Press, Washington, DC.
- Joker, D. and Jepsen, J. 2003. *Jatropha curcas* L., seed leaflet. Danida Forest Seed Centre, Denmark. Available Source: http://www.dfsc.dk/pdf/Seedleaflets/jatropha_curcas_83.pdf. Accessed 25 May 2010.

- Kheira, A.A and M.M. Aatta. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: yield, water use efficiency and oilseed characteristics. *Biomass and Bioenergy* 33: 343-350.
- Kobilke, H. 1989. Untersuchungen zur Bestandesbegründung von Purgiernub (*Jatropha curcas* L.). Diploma Thesis. Cambridge University Press, Stuttgart.
- Makkar, H.P.S., G. Francis and K. Becker. 1997. Protein concentrate from *Jatropha curcas* screw-pressed seed cake and toxic and antinutritional factors in protein concentrate. *J. Sci. Food. Agri.* 88:1542-1548.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19:1-15.
- Riyadh, M. 2002. The cultivation of *Jatropha curcas* in Egypt. Undersecretary of State for Forestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation. Asia Pacific Business Press Inc., Egypt.
- Singh, L., S.S. Bargali and S.L. Swamy. 2006. Production practices and post-harvest management. pp. 252-267. In: B. Singh, R. Swaminathan and V. Ponraj. *Proceedings of the Biodiesel Conference toward Energy Independence: Focus of Jatropha*. Cambridge University Press, New Delhi.
- Wiesenhutter, J. 2003. Use of the Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) to combat desertification and reduce poverty. [http://underutilizedspecies.org/documents/publions/use of jatropha curcas en.pdf](http://underutilizedspecies.org/documents/publions/use%20of%20jatropha%20curcas%20en.pdf). Accessed 25 May 2010.