ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อผลผลิตสบู่ดำ

Soil Moisture Conservation Affecting Yield of Jatropha

นามผู้วิจัย นายฉัตรชัย วรเวทย์มงคล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อผลผลิตสบู่ดำ

Soil Moisture Conservation Affecting Yield of Jatropha

โดย

นายฉัตรชัย วรเวทย์มงคล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉัตรชัย วรเวทย์มงคล 2554: รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อผลผลิตสบู่ดำ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 91 หน้า

การศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นต่อการให้ผลผลิตของสบู่ดำดำเนินการในสถานีวิจัยกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลของการไม่มีรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น (W1) การใช้เศษเหลือของพืชคลุมดิน (W2) การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำและตัดใบคลุมดิน (W3) และการปลูกถั่วพร้าคลุมดิน ระหว่างแถวสบู่ดำ (W4) ต่อการจำนวน 4 ซ้ำ ปลูกสบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9 โดยใช้เมล็ดปลูกในดิน Ultic Paleustalf และให้น้ำชลประทานแบบหยดอัตรา 2 ลิตรต่อต้น ทุก 2 วัน ในช่วงฤดูแล้ง (ธ.ค.52-พ.ค.53) เริ่มเก็บข้อมูลความชื้นดินเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2553 ถึง 27 มิถุนายน 2553 ที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร ทุกสัปดาห์ด้วยเครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น ปริมาณช่อดอก ช่อดอกที่ติดผล และผลผลิตเป็นรายเดือน รวมถึงวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและเมล็ดของสบู่ดำ

พบว่า การคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงสุด (200 กิโลกรัมต่อไร่) เปรียบเทียบตำรับที่เหลือ ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 130.9-145.3 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำและตัดใบคลุมดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 37.3 ผลผลิตน้ำมันสูงสุด (54.5 กิโลกรัมต่อไร่) ได้จากตำรับที่คลุมดินด้วยเศษพืช ซึ่งสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน และตำรับที่ปลูกถั่วพร้าร่วม (37.6 และ 29.9 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชื้นดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ในทุกตำรับการทดลองอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.9-14.3 โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.6, 18.1 และ 21.8 โดยปริมาตร ตามลำดับ ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช ดินมีปริมาณร้อยละความชื้นสูงสุดที่ทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ความลึก 30 เซนติเมตร ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบสบู่ดำอายุ 2 เดือน ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบสบู่ดำของตำรับที่มีการปลูกพืชร่วมมีแนวโน้มต่ำกว่าการปลูกสบู่ดำเพียงอย่างเดียวในระยะที่ติดผล (อายุ 6 เดือน) ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และตำรับที่ปลูกหญ้าแฝกร่วมมีความเข้มข้นของกำมะถันในใบเท่ากันเท่ากับ 0.50 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าอีกสองตำรับที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณกำมะถันในเมล็ดที่ได้จากตำรับควบคุม ซึ่งไม่มีการคลุมดินกลับมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 กรัมต่อกิโลกรัม และสูงกว่าความเข้มข้นในเมล็ดสบู่ดำของตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เปลี่ยนแปลงความชื้นภายในหน้าตัดดิน และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chatchai Worrawetmongkol 2011: Soil Moisture Conservation Affecting Yield of Jatropha. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somchai Anusornpornperm, Ph.D. 91 pages.

A study on soil moisture conservation affecting yield of Jatropha was conducted at Kanchanaburi Research Station, Kasetsart University 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 plant cover (W4) on moisture changes within soil profile and yield of Jatropha. Randomized Complete Block design with four replications was employed. Jatropha, KUBP 78-9 variety, was planted on a Ultic Paleustalf soil using direct seed and drip irrigation at a rate of two litres per plant was operated every two days during drought season (Dec 09-May 10). Soil moisture contents at various depths (10, 20, 30, 40, 60 and 100 cm) were monitored weekly using Time Domain Reflectometry (TDR) starting from May 25th till June 27th, 2010. Plant growth parameters such as number of influorescence, number of capsule cluster and plant yield were recorded monthly. Analyses of plant nutrients concentration in leaf and seed of Jatropha were also included.

Plant residue mulch tended to give the highest Jatropha seed yield at 15% moisture content (200.0 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 in Jatropha seed of 37.3%. The highest total oil yield (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 measure and jack bean plant cover (37.6 and 29.9 kg rai^{-1}, respectively). Average volumetric soil moisture contents at depths of 10, 20 and 30 cm in all treatments ranged between 3.9-14.3 %. These value were below the content measured at permanent wilting point (18.6, 18.1 and 21.8% by volume, respectively). Under plant residue mulch, soil moisture contents were the highest at all depths with the exception at the depth of 30 cm. 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, no soil moisture conservation scheme, was significantly higher than those gained from the others.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ และ ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ศาสตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรื่นรมย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และ ดร.สุเทพ ทองแพ ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาชี้แนะ และช่วยเหลือทั้งในด้านการเรียนและการทำงานตลอดจนในการเขียน ตรวจทานวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงขอขอบพระคุณทางคณาจารย์ของภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน

ขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ผ่านโครงการเคยู-ไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ใช้พื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาปฐพีวิทยาที่ให้การช่วยเหลือ คำแนะนำที่มีประโยชน์ มาโดยตลอด

ฉัตรชัย วรเวทย์มงคล

มิถุนายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	69
ประวัติการศึกษา และทำงาน	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูก	42

ตารางผนวกที่

1	สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนที่ทำการศึกษา	73
2	สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนที่ทำการศึกษา	74
3	ปริมาณน้ำฝนย้อนหลังจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2552	75
4	ปริมาณน้ำฝนรวมในบริเวณที่ทำการศึกษา ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	76
5	จำนวนช่อดอกในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ของแต่ละตำรับการทดลอง	77
6	จำนวนช่อดอกที่ติดผลในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2553 ของแต่ละตำรับการทดลอง	77
7	จำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำที่ของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	78
8	น้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	79
9	น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 ของแต่ละตำรับ ประจำเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	79
10	ร้อยละโดยน้ำหนักของเปลือกเมล็ด น้ำหนักเนื้อในเมล็ด น้ำมันในเนื้อในเมล็ด และน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำที่มีความชื้นร้อยละ 15	80
11	ผลิตน้ำมันของสบู่ดำของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน	81
13	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำ	82
14	แสดงร้อยละความชื้นดินที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตรในแต่ละตำรับการทดลอง	83
15	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	85
16	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	86
17	ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำดินขณะอิ่มตัว	86
18	เกณฑ์การแบ่งระดับความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้	86
19	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	87
20	เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พื้นที่ศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ	18
2	พื้นที่ศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ ที่มีการปลูกพืชร่วม	19
3	ลักษณะพื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำ	20
4	ลักษณะสภาพภูมิประเทศบริเวณที่ทำการศึกษา	27
5	ภาพหน้าตัดดินตัวแทนที่ทำการศึกษา บริเวณแปลงสบู่ดำ	28
6	ปริมาณน้ำฝนย้อนหลังจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2552	29
7	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ของสถานีวิจัยกาญจนบุรี ต.วังด้ง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	30
8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	31
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	32
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวรกับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา	33
11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และที่วัดในสารละลาย 1M KCl (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	35
12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	35
13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของตัวแทนดินพื้นที่แปลงทดลอง	36
14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	40
16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	40
17	ช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	43
18	ช่อดอกที่ติดผลเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	44
19	จำนวนเมล็ดต่อผลเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553	45
20	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553	46
21	ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553	46
22	ผลผลิตน้ำมัน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	48
23	ผลผลิตน้ำมันรวม ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553	48
24	ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน	49
25	ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน	50
26	ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน	50
27	ความเข้มข้นของธาตุกำมะถันในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน	51
28	ความเข้มข้นของธาตุกำมะถันในตัวอย่างเมล็ดสบู่ดำ	52
29	ความชื้นดินเฉลี่ยในแต่ละระดับความลึก ตั้งแต่เดือนวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึง 27 มิถุนายน พ.ศ.2553	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นดินต่อผลผลิตสบู่ดำ

Soil Moisture Conservation Affecting Yield of Jatropha

คำนำ

ในสภาวะปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการแปรรูปเป็นพลังงานได้ถูกนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง มีแนวโน้มที่จะลดลง และหมดไปในอนาคต ขณะที่ความไม่แน่นอนของราคาน้ำมันในตลาดโลกยังคงเป็นปัญหาอยู่ และอาจเกิดวิกฤติได้ตลอดเวลา มนุษย์จึงเริ่มให้ความสำคัญกับแนวความคิดด้านการใช้พืชเพื่อผลิตพลังงานทดแทน พืชเหล่านี้ ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน และสบู่ดำ เป็นต้น

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) เป็นพืชน้ำมันจัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiacea มีชื่อสามัญว่า physic nut เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง เพาะปลูกง่ายไม่ต้องดูแลมาก (Wiesenhutter, 2003) สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่แห้งแล้งที่พบปัญหาการขาดแคลนน้ำทั้งในเขตแล้ง และกึ่งแล้ง (Kobilke, 1989; Jones and Miller, 1997; Makkar *et al.*, 1997; Openshaw, 2000) พืชนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 250-3,000 มิลลิเมตร (Foidl *et al.*, 1996) และในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Kheira and Atta, 2009) สบู่ดำจึงน่าจะปลูกได้ในพื้นที่ทุกภาคของประเทศไทย แม้แต่ในพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้น้อยก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายในหนึ่งปีหลังปลูก และมีอายุยืนกว่า 30 ปี (บริษัท บางจากปิโตรเลียม, 2552) ถึงแม้ว่า สบู่ดำจะสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ และทนต่อการขาดแคลนน้ำ แต่การขาดน้ำเป็นเวลานานอาจทำให้ผลผลิตสบู่ดำลดลง โดยจะทิ้งใบเพื่อการอยู่รอด (Riyadh, 2002) และในขณะเดียวกันสบู่ดำก็ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วม เช่นเดียวกับในดินเหนียวจัด (เวอร์ทิซอลส์) ที่พบน้ำใต้ดินชั่วคราวในระดับใกล้ผิวดิน (Biswas, 2006; Singh, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในระยะช่วง 1-3 เดือนแรกหลังปลูกมีความสำคัญมาก สบู่ดำต้องการน้ำต้นละ 5-10 ลิตร ทุก ๆ 15 วัน (ชำนาญ และคณะ, 2549) การให้น้ำชลประทานต่อเนื่องมีผลให้การเจริญเติบโต และจำนวนช่อดอกมากที่สุด การหยุดให้น้ำในช่วงเริ่มออกดอกมีผลให้จำนวนช่อดอกลดลงร้อยละ 32.18 (ขวัญชัย, 2552) การให้น้ำชลประทานในปริมาณเท่ากับศักย์การคายระเหยจะให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 58.39 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ซึ่งสูงกว่าการให้น้ำเพียงครึ่งหนึ่งกว่าเท่าตัว (Kheira and Atta, 2009) ขณะที่การศึกษาเดียวกัน พบว่า การให้น้ำชลประทานในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละของน้ำมันต่อน้ำหนักแห้งเมล็ด ขณะที่กรมวิชาการเกษตร (2548) รายงานว่า การให้น้ำชลประทานกับสบู่ดำอายุ 1 ปี มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำเพิ่มขึ้นจาก 16 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไม่มีการให้น้ำชลประทานเป็น 120 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการให้ น้ำชลประทาน และลงทุนในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม แนวทางการจัดการน้ำเพื่อการปลูกสบู่ดำยังไม่มีการศึกษาที่ได้ข้อมูลชัดเจน เนื่องจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีความสัมพันธ์กับลักษณะดิน และสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องที่ (Achten et al., 2008) การศึกษานี้ จึงน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาส่งเสริมการปลูกสบู่ดำต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในหน้าตัดดิน รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น และการให้ผลผลิตของสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ

1.1 ประวัติความเป็นมาของสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชสกุล Jatropha จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. และมีชื่อสามัญว่า physic nut หรือ purging nut พบทั่วไปในเขตร้อน และกึ่งเขตร้อน (Jones and Miller, 1991; Francis *et al.*, 2005) จากการสืบค้นทางประวัติศาสตร์โบราณคดีพบว่า สบู่ดำเป็นพืชที่มีกำเนิดบนโลกมนุษย์ตั้งแต่ยุคฟอสซิล เมื่อประมาณ 70 ล้านปีก่อน (พินิจ, 2552) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบอเมริกากลาง และทวีปแอฟริกาตะวันตก ชาวโปรตุเกสได้นำเข้ามาปลูกในทวีปเอเชีย เมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว ซึ่งตรงกับยุคปลายสมัย กรุงศรีอยุธยา เพื่อวัตถุประสงค์ในการรับซื้อเมล็ดกลับคืน สำหรับนำไปสกัดน้ำมันไว้ใช้ทำสบู่ (ระพีพันธ์ และสุขสันต์, 2525) น้ำมันสบู่ดำไม่สามารถใช้บริโภคได้ เนื่องจากมีสารพิษ (จเร, 2527) ซึ่งพบทั้งในเมล็ดและน้ำมันสบู่ดำ ประกอบด้วย curcin, diterpene esters, ricin, lectins และ resin (Heller, 1996) สบู่ดำเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในแต่ละภาค เช่น ภาคกลางเรียกว่า สบู่ดำ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า ต้นมะเยา และจังหวัดนครราชสีมา เรียกว่า สีหลอด ภาคเหนือเรียกว่า ต้นมะหุ่งฮั้ว ภาคใต้เรียกว่า ต้นหงเทศ (ระพีพันธ์ และ สุขสันต์, 2525)

1.2 ลักษณะทั่วไปของสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชข้ามปี สามารถให้ผลผลิตและอาจมีอายุได้ถึง 50 ปี มีการเจริญเติบโตที่เร็ว เนื้อไม้ในมีสีขาว ใบมีสีเขียวเข้มจนถึงอ่อน เรียงตัวแบบสลับ มีน้ำยางที่มีสีค่อนข้างขาว (Baruti and Gray, 2007) เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มโดยเฉลี่ยประมาณ 2.0 เมตร และมีความสูงทรงพุ่มประมาณ 2-7 เมตร มีอายุไม่น้อยกว่า 20 ปี ลำต้นผิวเรียบไม่มีขน อวบน้ำและเปราะหักง่าย ก้านใบยาวเมื่อหักหรือเด็ดออกจากลำต้นจะมีน้ำยางใสไหลออกมา ต้นจะเริ่มแตกทรงพุ่มและออกดอกด้านข้างเมื่อมีอายุประมาณ 6 เดือน (ระพีพันธ์ และ สุขสันต์, 2525) ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่ง แต่หยักตื้นกว่า มี 4 แฉก ออกดอกเป็นช่อกระจุก ที่ข้อส่วนปลายของยอด ขนาดดอกเล็ก สีเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ (สมบัติ, 2549) ลักษณะผลมี 3 พูผลค่อนข้างกลมหรือป้อม หรือมีเหลี่ยม 6 เหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลสีเขียวอ่อนเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ถ้าปล่อยไว้ให้แห้งคาต้นเปลือกนอกจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลแห้งไม่แตกออก (indehiscent fruit) ผลมีน้ำหนักประมาณ 15 กรัม เมื่อแห้งน้ำหนักจะลดลงเหลือเพียง 2.6 กรัม (นรินทร์, 2526)

ต้นสบู่ดำเป็นพืชที่ทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแห้งแล้งได้ดี แม้มีปริมาณน้ำฝนต่ำเพียง 300-1,000 มิลลิเมตรต่อปี จึงทำให้เจริญได้ดีในแถบเขตร้อน หรือในพื้นที่ที่มีความสูงจนถึง 1,000 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง หรือพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (Joker and Jepsen, 2003) เมื่อถึงฤดูแล้งจะลดจำนวนใบลงเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอ จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เป็นพืชที่ค่อนข้างอ่อนแอต่อกระแสลม ดังนั้นจึงควรป้องกันโดยไม่ปลูกเป็นต้นเดี่ยวหรือปลูกเป็นแถบ (Wiesenhutter, 2003)

2. สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ในดินทั่วไป โดยปกติพืชชนิดนี้เป็นพืชที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี ต้องการน้ำประมาณ 50 ลิตรต่อต้นต่อวัน สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย (รักษ์, 2549) สบู่ดำได้ถูกนำไปปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก แต่มักพบว่ามีการปรับตัวได้ดีอยู่ในเขตร้อน (tropic) ในพื้นที่ที่ดินมีการระบายน้ำและอากาศดี และมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ส่วนในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี และมีปริมาณฝนตกมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี เกษตรกรในประเทศต่าง ๆ จะใช้พื้นที่เหล่านี้สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า (Joker and Jepsen, 2003) ชำนาญ และคณะ (2549) รายงานว่า สบู่ดำควรปลูกในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ มีความเป็นกรดเล็กน้อยเช่นเดียวกับพืชไร่ทั่ว ๆ ไป แต่ควรมีข้อระวังคือ สบู่ดำเป็นพืชที่ไม่ทนต่อสภาพที่มีน้ำขัง ดังนั้นพื้นที่ที่เหมาะสมจึงควรมีความลาดเท และมีการระบายน้ำดี อาจเป็นบริเวณที่ราบเชิงเขา ถ้าเป็นที่ราบลุ่มควรทำทางระบายน้ำ ในกรณีที่สภาพการใช้พื้นที่เป็นนาดอน เมื่อปรับที่นามาใช้เป็นที่ไร่สำหรับปลูกสบู่ดำต้องทำลายคันนาออกเพื่อให้มีการระบายน้ำในพื้นที่ดีขึ้น

3. การปลูกและการดูแลรักษาสบู่ดำ

วิธีการปลูกสบู่ดำโดยทั่วไปนิยมปลูก 3 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรงลงไปในดิน (direct seeding) การปลูกด้วยการทำให้เมล็ดหรือกิ่งชำมีรากก่อนการปลูกลงดิน (precultivation of seedlings or cutting) และการปลูกด้วยการปักชำกิ่งลงไปในดินโดยตรง (direct planting of

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

cuttings) (Kobilke, 1989) การปลูกจากท่อนพันธุ์จะมีอายุการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า ทนต่อสภาพแห้งแล้งและโรคได้น้อยกว่าการปลูกด้วยเมล็ด เนื่องจากต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ไม่มีการสร้างรากแก้ว (tap root) (ขวัญชัย, 2552) Kumar and Sharma (2008) รายงานว่า การปลูกจากเมล็ดโดยตรงหรือการเพาะเป็นต้นกล้าก่อนย้ายลงปลูก ที่ระยะ 3x3 เมตร จะให้ผลผลิตมากที่สุดโดยทั่วไปสบู่ดำจะให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 15 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี เช่นเดียวกับ ขวัญชัย (2552) ซึ่งได้กล่าวว่า สบู่ดำที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์จะมีค่าเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ แต่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ส่วน อรรถพล และคณะ (2550) พบว่า การปลูกสบู่ดำจากท่อนพันธุ์ให้ผลผลิตและจำนวนกิ่งต่อต้นสูงกว่าต้นสบู่ดำที่ปลูกจากเมล็ด แต่การปลูกสบู่ดำด้วยเมล็ด มีความสูงของทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและน้ำหนักหนึ่งร้อยเมล็ดและร้อยละการกะเทาะสูงกว่าต้นที่ปลูก ด้วยกิ่งพันธุ์ การปลูกสบู่ดำด้วยกิ่งปักชำต้องคำนึงถึงวัสดุที่นำมาปักชำด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการปลูกมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่และสภาพอากาศ เช่น เรื่องน้ำ ในบางพื้นที่เป็นที่ลุ่มมีน้ำท่วม ขังจะมีการปลูกด้วยวิธีการยกร่องเพื่อระบายน้ำ และชลประทานในลักษณะการให้น้ำตามร่อง (furrow) ในพื้นที่ดอนหรือน้ำไม่ท่วมขังสามารถขุดหลุมปลูกได้ แต่ต้องคำนึงถึงการระบายน้ำที่ดีเนื่องจากสบู่ดำไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (สมบัติ, 2549)

โรคและแมลงมีบทบาทสำคัญต่อการปลูกสบู่ดำ ซึ่งเป็นพืชที่พบว่ามีปัญหาเรื่องโรคพืชเข้าทำลาย และมีผลต่อการให้ผลผลิตของสบู่ดำ โรคเหล่านี้ได้แก่ โรคใบจุด (leaf spot) แอนแทรคโนส (anthracnose) โรคใบไหม้ (leaf blight) โรคราแป้ง และอาการใบลวก (นิพนธ์, 2550) และจากการศึกษาของโกศล (2549) ที่สำรวจศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติสบู่ดำ พบว่า ศัตรูพืชที่สำคัญของสบู่ดำ ได้แก่เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย หนอนขอบใบ ไรขาว มวนตองแตก ส่วนศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ ด้วงเต่าลายหยัก ด้วงเต่าลายขวาง ด้วงเต่าสีส้ม แมลงช้างปีกใส และแมลงวันทอง เป็นต้น

ชำนาญ (2549) เขียนไว้ว่า การบำรุงดูแลรักษาในช่วง 1-3 เดือนแรกหลังปลูก มีความสำคัญมาก วิธีการในการดูแลรักษามีดังนี้คือ การให้น้ำสบู่ดำต้องการน้ำต้นละ 5-10 ลิตรทุก ๆ 15 วัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำ โดยการใช้ระบบน้ำหยดเข้ามาใช้ในการผลิตเป็นการค้าในช่วงเวลาดังกล่าว ต้องใช้น้ำเพียงพอเพื่อให้ต้นมีความแข็งแรง โดยสามารถให้น้ำช่วงแห้งทุก 7-15 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นและฤดูกาล

การกำจัดวัชพืช หมั่นกำจัดวัชพืชในแถวสบู่ดำอยู่เสมอในพื้นที่ห่างจากแถวข้างละ 50 เซนติเมตร โดยใช้แรงงานคน หรือสารเคมีในระหว่างปฏิบัติงานควรระวังอย่าให้ต้นได้รับความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสียหาย เพราะจะทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบ และในระหว่างแถวที่เหลือใช้การปลูกพืชแซมหรือดายหญ้า หรือใช้รถไถเข้าไถพรวน

การใช้ปุ๋ยบำรุงดิน ควรให้ปุ๋ยรอบ ๆ โคนต้น และใช้จอบสับหรือคลุก แต่ไม่ควรสับลึกเกินไป เพราะอาจเกิดอันตรายกับราก การคลุมดิน ก่อนเข้าฤดูแล้งประมาณ 1 เดือน จะต้องมีการคลุมดินเพื่อรักษาความชื้นในดินให้เพียงพอกับความต้องการวัสดุที่ใช้คลุมดินเช่น หญ้า ฟางข้าว หรือวัสดุอื่น ๆ วิธีคลุมจะใช้คลุมบริเวณโคนต้นห่างประมาณ 5 เซนติเมตร คลุมหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร หรืออาจจะใช้วิธีคลุมตลอดแถวโดยจะคลุมออกไปข้างละ 50 เซนติเมตร

4. ประโยชน์ของสบู่ดำ

การปลูกสบู่ดำนอกเหนือจากต้องการผลผลิตที่สำคัญคือเมล็ดแล้วยังมีประโยชน์อื่น ๆ ที่นอกเหนือจากเมล็ดอีกดังต่อไปนี้

4.1 เป็นรั้วล้อมรอบพื้นที่ที่ดี เพื่อป้องกันวัว กระบือ และสัตว์เลี้ยงอื่นเข้ามาทำความเสียหายแก่พืชปลูก เนื่องจากสัตว์เหล่านี้จะไม่กินใบหรือยอดอ่อนของสบู่ดำ (Diallo, 1994; Kumar and Sharma, 2008) นอกจากนี้ในประเทศอินเดียใช้สบู่ดำปลูกเป็นรั้วป้องกันลมร้อนในฤดูร้อนที่ทำให้มีการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วในแปลงปลูกผัก

4.2 การปลูกสบู่ดำช่วยป้องกันการกร่อนดิน (soil erosion) ในฤดูฝนของเขตพื้นที่แห้งแล้ง ที่ Cape Verde (Wiesenhutter, 2003) และเป็นการช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับดินด้วย

4.3 ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด Sherchan *et al.* (1989) รายงานว่า ในประเทศเนปาลมีการใช้เปลือกสบู่ดำสดร่วมกับกากสบู่ดำ 10 ตัน เป็นปุ๋ยในนาข้าว สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ เนื่องจากเปลือก และกากสบู่ดำมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 50–62 (Makkar *et al*., 1998) และ Kheira and Atta (2009) รายงานว่า เปลือกสบู่ดำและกากสบู่ดำมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณสูง

4.4 ใช้เป็นอาหารของคน เมล็ดสบู่ดำจากบางพื้นที่ของประเทศเม็กซิโก เมื่อนำมาต้มและคั่วด้วยความร้อนสามารถนำไปรับประทานได้ (Delgado and Parado, 1989) และส่วนของใบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ่อนหรือยอดอ่อน เมื่อนำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแล้วสามารถนำมารับประทานได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Duke, 1985)

4.5 ในด้านอุตสาหกรรม น้ำมันสบู่ดำใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันโซล่า น้ำมันเชื้อเพลิง สบู่เทียนไข น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดสบู่ดำ ชาวบ้านในชนบทนำมาใช้ประโยชน์สำหรับจุดไฟ เพื่อให้แสงสว่างเช่นเดียวกับเทียนไขในปัจจุบัน (นิรนาม, 2526) น้ำมันสบู่ดำได้ถูกนำมาศึกษา เพื่อใช้ประโยชน์ทดแทนน้ำมันดีเซล เพราะให้ค่าพลังงานความร้อนและมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางอย่างใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม (ระพีพันธุ์ และ สุขสันต์, 2525)

4.6 สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช มีรายงานว่า สารสกัดจากใบและเมล็ดบดละเอียดสามารถใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตและฆ่าหอยได้หลายชนิด (Agaceta, 1981) ส่วนสารสกัดจากใบและเมล็ดสามารถใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูสมอฝ้ายได้ (Kaushik and Kumar, 2004)

4.7 บำบัดของเสีย สบู่ดำสามารถนำมาปลูกเพื่อการบำบัดของเสียในดิน โดยนำไปปลูกบนพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น อาร์เซนิก โครเมียม และสังกะสี ส่วนของเสียทางการเกษตร ได้แก่ ของเสียจากอุตสาหกรรมโรงรีดนมวัวและของเสียจากโรงผลิตปุ๋ยชีวภาพที่พบการปนเปื้อนของ Azotobacter chroococcum สบู่ดำสามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเข้มข้นของโลหะหนักข้างต้นได้ในปริมาณที่สูงถึง 750, 500 และ 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (Kumar *et al*. 2008)

4.8 การใช้เป็นพลังงาน ใน Cape Verde ใช้ส่วนลำต้นและกิ่งใหญ่สำหรับเป็นฟืนเพื่อให้ความร้อน แต่ให้พลังงานความร้อนค่อนข้างต่ำ (Wiesenhutter, 2003)

4.9 การใช้เป็นยารักษาโรค ส่วนต่าง ๆ ของสบู่ดำสามารถนำมาสกัดเป็นยารักษาโรคของคนได้ Wiesenhutte (2003) รายงานว่า สามารถนำสบู่ดำมาสกัดเป็นยาถ่าย ยาฆ่าเชื้อโรคในแผล บรรเทาอาการของโรคไขข้ออักเสบ แผลติดเชื้อที่ผิวหนัง และอาการป่วยอื่น ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การจัดการน้ำในสบู่ดำ

สบู่ดำสามารถอยู่รอดได้ในสภาพที่ขาดน้ำเป็นเวลามากกว่า 2 ปี และกลับมาเจริญเติบโตได้ใหม่เมื่อได้รับน้ำในช่วงฤดูฝน การปลูกสบู่ดำในสภาพที่มีการชลประทานที่ดี พืชจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี (Jones and Miller, 1997) อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย (200 มิลลิเมตรต่อปี) สบู่ดำก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ แต่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อน เช่น ประเทศนิการากัว (Riyadh, 2002) สบู่ดำเป็นพืชที่ต้องการน้ำน้อย แต่อย่างไรก็ดีควรมีการจัดการน้ำที่เหมาะสม เนื่องจากสบู่ดำเมื่อขาดน้ำจะทิ้งใบและไม่ให้ผลผลิต สบู่ดำต้องการน้ำอย่างต่อเนื่อง และไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (สมบัติ, 2549) ดังนั้นจึงต้องมีการให้น้ำ และทำให้ดินมีการระบายน้ำที่ดี การให้น้ำแก่สบู่ดำในทางปฏิบัติจะให้เฉพาะช่วงฤดูแล้ง ซึ่งไม่ควรให้มากจนเกินไป วิธีการให้น้ำที่ดีก็คือให้น้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง (พรชัย, 2549) ในสภาพความชื้นสูงหรือมีการให้น้ำชลประทาน และปุ๋ยมากเกินไปจะช่วยให้มีมวลมากขึ้นแต่ผลผลิตจะลดลง (Achten *et al.*, 2008) ซึ่ง Praveen (2008) รายงานว่า การปลูกสบู่ดำที่มีการให้น้ำหยดร่วมกับการจัดการธาตุอาหารที่ดี ในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์จะทำให้ได้ผลผลิตสบู่ดำสูงถึง 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในประเทศอินเดีย การปลูกสบู่ดำที่มีการจัดการด้านระบบน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด (drip irrigation) สามารถให้ผลผลิตสูงถึง 800 กิโลกรัมต่อไร่ (Sudheer, 2008) และจากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำโดยใช้ระบบน้ำหยด การให้น้ำที่อัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์จะให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งโดยเฉลี่ยทั้งการปลูกจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 887.58 และ 887.00 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และในการให้น้ำที่อัตราต่ำหรือ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ จะให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งโดยเฉลี่ยจากการปลูกด้วยการเพาะจากเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 481.00 กรัมต่อต้น และการให้น้ำชลประทานตลอดช่วงการทดลองจะมีการเจริญเติบโตและมีจำนวนช่อดอกมากที่สุด ซึ่งเมื่อหยุดให้น้ำชลประทานในระยะเริ่มออกดอกจะทำให้การเจริญเติบโตและจำนวนช่อดอกลดลง โดยจำนวนช่อดอกจะลดลงร้อยละ 32.18 (ขวัญชัย, 2552)

6. ความชื้นในดิน

ความชื้นดิน (soil moisture) หมายถึงน้ำซึ่งถูกดูดซับบนผิวอนุภาคดินหรือขังอยู่ชั่วคราว หรืออยู่ในสภาวะไอน้ำในช่องอากาศระหว่างอนุภาคดิน น้ำเหล่านี้สามารถทำให้หมดได้เมื่ออบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง (คณะกรรมการการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Hillel, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 ประเภทของความชื้นในดิน

ความชื้นของดินแบ่งออกได้ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Marshall *et al.*, 1996; William and Robert, 2004; Brady and Weil, 2008)

1) น้ำผลึกที่อยู่ในรูปของแข็ง (chemical combined water) โดยอยู่ในรูปของน้ำผลึก (water of crystallization หรือ water of hydration) คือ เป็นองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งของดิน ไม่สามารถสูญหายไปจากการอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

2) น้ำดูดซับจากบรรยากาศ (hygroscopic water) น้ำที่ดินแห้งดูดซับจากบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง หรือน้ำที่ยังคงเหลือในดินเมื่อนำดินชื้นไปผึ่งแห้งในที่ร่ม หรือน้ำที่ดูดยึดไว้ ในดินเมื่อตัวอย่างดินถูกนำไปวางให้สมดุลกับบรรยากาศที่มีความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนดให้ปกติใช้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 98 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3) น้ำแคพิลลารี (capillary water) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ดินดูดยึดไว้ในช่องขนาดเล็กด้วยแรงดึงสูงกว่า 60 เซนติเมตรของน้ำ อีกนัยหนึ่ง น้ำแคพิลลารีคือน้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างซึ่งบางส่วนของน้ำแคพิลลารีพืชสามารถนำไปใช้ได้

4) น้ำไหลอิสระ (gravitational water) น้ำซึ่งไหลเข้าสู่ดิน ไหลผ่านหรือไหลออกจากดินภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก

ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะบอกว่าน้ำในดินเป็นน้ำประเภทใด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Landon, 1991; Lal and Shukla, 2004) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะบอกว่าน้ำในดินมีความสัมพันธ์เป็นเช่นไรจึงได้มีคำศัพท์ทางวิชาการน้ำในดินแต่ละระดับ ดังนี้

1) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) คือ ปริมาณน้ำในดินที่น้อยที่สุดที่พืชเอาไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้าหากความชื้นมากกว่านี้แล้วพืชทั่ว ๆ ไปจะนำเอาไปใช้ได้ หรือใช้วิธีการในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องทำความดัน (pressure membrane) ที่แรงดัน 15 บรรยากาศ บังคับให้น้ำออกมา เป็นค่าพิกัดล่างของระดับความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) คือปริมาณน้ำที่ยังคงเหลืออยู่ในดินหลังจากที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำและน้ำส่วนเกินได้ระบายออกไปหมดแล้วโดยแรงดึงดูดของโลก ซึ่งปกติใช้เวลา 2-3 วัน หรืออาจจะใช้เครื่องมือสร้างความดัน (pressure plate) ที่แรงดันประมาณ 1/3 บรรยากาศบังคับให้น้ำระบายออกมา ค่านี้เป็นความจุสูงสุดในการดูดยึดความชื้นของดินในสภาพธรรมชาติสามารถใช้บอกค่าพิกัดบนของระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

3) น้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water, AWC) คือ ปริมาณน้ำหรือความชื้นดินที่อยู่ในดินตั้งแต่ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรขึ้นไปถึงความจุความชื้นสนาม (AWC = FC-PWP) เป็นน้ำที่อยู่ในลักษณะน้ำแคพิลลารีทั้งหมด เป็นน้ำส่วนที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งดินที่มีปริมาณน้ำใช้ประโยชน์ได้สูง จะส่งเสริมการสร้างมวลชีวภาพของพืชได้มากกว่าดินที่มีปริมาณน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำ (Hillel, 1998)

6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความชื้นในดิน

1) เนื้อดิน (soil texture) การที่ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายมาก สภาพนำน้ำของดินก็จะเร็ว อย่างไรก็ตามชั้นของดินแต่ละชั้นมีสภาพให้น้ำไหลซึมได้ (permeability) แตกต่างกัน (Donahue *et al.*, 1971) เนื่องจากมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า การไหลซึมของน้ำก็จะเร็วกว่า ส่วนหากเป็นดินเหนียวซึ่งดูดยึดน้ำได้มากกว่าเพราะมีพื้นที่ผิวมากกว่า การไหลซึมของน้ำก็จะช้ากว่า (Miller, 1977; Hillel, 1998) และขนาดช่องว่างในดิน (soil pore) ของดินเหนียวมีขนาดเล็กกว่าดินทราย มีผลทำให้การไหลซึมน้ำของดินเหนียวช้ากว่าดินทรายซึ่งมีขนาดของช่องว่างในดินใหญ่กว่า (Singer and Munns, 1987)

2) โครงสร้างของดิน (soil structure) ในดินเนื้อหยาบ โครงสร้างมักมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนช่องว่างในดินน้อยกว่าดินมีเนื้อละเอียด แต่ขนาดช่องว่างในโครงสร้างของดินเนื้อหยาบจะใหญ่กว่าขนาดช่องว่างของดินเนื้อละเอียด (Hillel, 1998) ดินที่มีโครงสร้างดีจะมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดใหญ่มากทำให้มีการเคลื่อนย้ายของน้ำดี (Donahue *et al*., 1971) ดินบนที่เป็นทรายจะมีช่องว่างอยู่ในพิสัยร้อยละ 35–50 ในขณะที่ดินเนื้อปานกลางถึงละเอียดมีช่องว่างอยู่ในพิสัยร้อยละ 40-60 หรือมากกว่า สำหรับในดินล่างที่มีการอัดตัว บางครั้งอาจมีปริมาณช่องว่างเพียงร้อยละ 25-30 (Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter content) ถ้าดินมีอินทรียวัตถุมากจะช่วยให้การซาบซึมน้ำลงสู่ดินเร็วขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณที่มากคือ ประมาณ 6-20 ในพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ในดินป่าไม้ที่มีซากพืชปกคลุม จะดูดยึดน้ำได้มากกว่าดินป่าไม้ที่ปราศจากซากพืชคลุมดินประมาณ 3 เท่าเป็น อย่างน้อย (Donahue *et al.*, 1971) และการที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงก็จะมีผลทำให้ดินมีความจุความชื้นสนามค่าสูงด้วย (Lal and Shukla, 2004)

4) ความลึกของดิน (soil depth) ดินลึกจะมีปริมาณน้ำ ออกซิเจน และธาตุอาหารที่มากกว่าดินที่ตื้นกว่า (Scott, 2000) ดินที่มีความหนาของชั้นดินน้อยจะทำให้น้ำผ่านได้น้อยกว่าชั้นดินที่มีความหนาของชั้นดินที่มากกว่า และความสามารถในการเก็บกักน้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของดินและความลึกของดิน (Donahue *et al.*, 1971)

5) ปริมาณน้ำในดินหรือปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture) มีบทบาทอย่างมากเพราะความชื้นในดินมีผลต่อสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินทั้งในกรณีของน้ำที่ถูกเก็บไว้ในดิน และความสามารถในการดูดยึดน้ำไว้ของดิน (Donahue *et al.*, 1971) ซึ่งส่งผลต่อการหายใจของพืช กิจกรรม ของจุลินทรีย์ และกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ (Hillel, 1998) ในระยะแรกน้ำจะซึมลงไปในดินเท่านั้น ต่อมาถ้าดินแห้งจะทำให้อัตราการซึมน้ำสูงมาก ครั้นเมื่อดินเริ่มเปียกกลายเป็นสารคอลลอยด์ต่าง ๆ ปะปนกันอยู่ เม็ดดินก็จะพองตัวซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดการอุดตันในช่องว่างของดินทำให้ลดการซึมน้ำผ่านผิวดิน อีกทั้งมีส่วนทำให้แรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง (Donahue *et al*., 1971)

6) ลักษณะและปริมาณพืชคลุมดิน (vegetal cover) ชนิดของพืชคลุมดินมีความสำคัญต่อการซึมน้ำผ่านผิวดินมากกว่าชนิดดิน และมีแนวโน้มให้การซึมน้ำผ่านผิวดินสูงขึ้น (Donahue *et al.*, 1971) แต่ Brady and Weil (2008) กล่าวว่า ในพื้นที่ที่มีพืชคลุมดิน จะมีการคายระเหยของน้ำมากกว่าการซึมผ่านของน้ำผ่านผิวดิน

7) สภาพภูมิประเทศ (topography) สภาพภูมิประเทศนั้นจะส่งผลต่อปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ความลึกของดิน ความชัน ระดับทะเลปานกลาง รวมถึงส่งผลต่อปริมาณ และความถี่ของฝนที่ตกลงมา (Brady and Weil, 2008) สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันทำให้การซึมน้ำลงดินแตกต่างกัน (Sampson, 1952) ซึ่งจะทำให้เกิดความผันแปรของน้ำในดินเป็นอย่างมาก โดยสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันจะมีโอกาสซึมน้ำได้น้อยกว่าพื้นที่ราบที่เป็นดินที่คล้ายคลึงกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยปกติในที่ลาดชันมาก ๆ เวลาเกิดฝนตกน้ำจะซึมลงสู่ดินได้น้อย เกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินรุนแรงตามระดับความลาดชัน ตรงข้ามกับในพื้นที่ราบซึ่งน้ำจะไหลซึมลงไปในดินได้ดีกว่าทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น (วิชา, 2535)

8) ปริมาณน้ำฝน (rainfall) ถ้ามีฝนมากการซึมน้ำก็จะสูงขึ้น (Sukurai *et al.*, 1991) โดยปกติดินเนื้อหยาบจะมีสภาพการไหลซึมของน้ำสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อละเอียดตามลำดับ เนื่องจากดินเนื้อหยาบมีช่องว่างส่วนใหญ่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ (Baver *et al.*,1972)

6.3 กราฟลักษณะความชื้นดิน (Soil water characteristic curve)

เส้นกราฟความชื้นดิน หมายถึง เส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของระดับพลังงานกำกับก้อนดินที่สามารถดูดยึดน้ำเอาไว้ในดินได้จำนวนหนึ่ง เส้นลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อดินและโครงสร้างของดิน จึงเรียกได้ว่าเป็นลักษณะเฉพาะของดินแต่ละชนิด (Lal and Shukla, 2004; Warrick, 2002) มีชื่อเรียกอื่น 3 ชื่อ คือ “soil water characteristic”, “soil water release curve” และ “soil water retention curve” (Scott, 2000) เส้นกราฟความชื้นดินจะไม่มีแนวเดียว แต่จะเกิดสองแนวในดินที่มีความชื้นเท่ากัน แต่มีระดับความเครียดของดินหรือพลังงานของน้ำในดินต่างกันคือแนวที่เกิดจากการทำดินแห้งให้เปียก (sorption) และแนวที่เกิดจากการทำดินเปียกให้แห้ง (desorption) โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าปรากฏการณ์ไม่ซ้ำรอย หรือ Hysteresis (นิพนธ์, 2542) ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจาก ช่องว่างในดินมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ มุมสัมผัสระหว่างน้ำในดินกับช่องว่างภายในดิน การสัมผัสกับอากาศหรือมีอากาศเข้าไปในช่องว่างของดิน รวมถึงการยืดตัวและหดตัวของเนื้อดินแต่ละชนิด (Smith, 2001) แต่ Hillel (1998) รายงานไว้ก่อนหน้านี้ว่าปรากฏการณ์ไม่ซ้ำรอยมีความซับซ้อนและยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน

6.4 การสูญเสียน้ำจากดิน

การสูญเสียน้ำจากดินเกิดจากสาเหตุหลัก 3 ประการ คือ การระบายน้ำ (drainage) การระเหย (evaporation) และการคายน้ำของพืช (transpiration) น้ำที่ถูกระบายออกจะกลายไปเป็นน้ำใต้ดิน การระเหยและการคายน้ำจะเป็นการนำน้ำกลับสู่บรรยากาศ (Kimmis, 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยปกติสามในสี่ส่วนของน้ำที่กลับคืนสู่บรรยากาศได้จากการระเหย และการคายน้ำ (Fangmeier *et al.*, 2006) การระเหย และการ คายน้ำของพืช ซึ่งเรียกรวมกันว่าการคายระเหยน้ำของพืช (evapotranspiration) ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Allen *et al.*, 1998) การคายระเหยน้ำของพืชเป็นกระบวนการร่วมระหว่างการระเหยน้ำซึ่งหมายถึง การสูญเสียน้ำจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรงกับกระบวนการคายน้ำของพืช การระเหยน้ำมีบทบาทต่อสภาพอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดิน (micrometeorology) เป็นอย่างมาก (เกษม, 2539)

นวรัตน์ (2541) รายงานว่า การสูญเสียน้ำสู่บรรยากาศถูกกำหนดโดยทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมและปัจจัยพืช ผลของปัจจัยแวดล้อมต่อการคายระเหยน้ำเรียกว่า atmospheric demand หรือ evaporatory demand ยิ่ง atmospheric demand สูง การสูญเสียน้ำก็ยิ่งเร็ว ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ atmospheric demand มีดังต่อไปนี้

1. แสงอาทิตย์ (solar radiation) แสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ถูกดูดซับไว้โดยใบพืชเพียงร้อยละ 1 ถึง 5 เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 75 ถึง 85 จะไปทำให้อุณหภูมิใบเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดการคายน้ำ การที่แสงอาทิตย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจะไปทำให้ atmospheric demand เพิ่มขึ้น

2. อุณหภูมิ (temperature) การที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะไปมีผลให้ความสามารถของอากาศในการอุ้มน้ำมากขึ้น ซึ่งหมายถึง atmospheric demand สูงขึ้น

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ปริมาณน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลให้ atmospheric demand ลดลง

4. ลม (wind) การคายน้ำเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีการแพร่ออกจากปากใบ เมื่อลมสงบจะทำให้เกิด diffusion gradient barrier รอบ ๆ ปากใบ ทำให้การคายน้ำลดลง และเมื่อลมพัดพาเอาความชื้น รอบ ๆ ใบออกไป ก็จะเกิดความแตกต่างระหว่างศักย์ของน้ำภายในใบและนอกปากใบมากขึ้น จึงมีผลทำให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากใบมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.5 เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Time Domain Reflectometer (TDR)

เครื่องมือนี้เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีการทำงานโดยใช้วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโมเลกุลน้ำเพื่อใช้ประมาณความชื้นในดิน อุปกรณ์ในการวัดความชื้นของ TDR ซึ่งประกอบด้วยแท่งโลหะ (rods) สายส่งสัญญาณ (transmission lines) และส่วนของการแสดงผล (TDR cable tester) การทำงานจะมีการแพร่ของกระแสไฟฟ้าไปสู่ดินและมีการย้อนกับมาที่ปลายของสายส่ง เทคนิคใน การวัดของ TDR คือการวัดความเร็วของการแพร่สัญญาณความถี่สูง โดยความเร็วของการแพร่จะลดลงในวัตถุที่มี dielectric constant ที่สูงกว่า สำหรับค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ของน้ำมีค่าประมาณ 80 องค์ประกอบที่เป็นของแข็งในดินมีค่า dielectric constant อยู่ระหว่าง 2-7 และอากาศ มีค่า dielectric constant เท่ากับ 1 (Topp, 1993) การวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องวัดแบบ TDR เป็นที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณน้ำในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาการใช้น้ำของพืช เพราะค่าที่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรง และสามารถฝังไว้ใต้ดินเพื่อทำการวัดที่เดิมได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีการรบกวนดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สามารถวัดความชื้นในดินบริเวณใกล้ผิวดิน มีความเป็นอิสระจากชนิดดินและความเค็ม รวมทั้งสามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง (ESI Environment Sensora, Inc., 1999) นอกจากนี้แล้วค่าคงตัวของไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างความจุของตัวเก็บประจุ เมื่อใช้สารที่ไม่นำไฟฟ้ายังมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน แต่ค่านี้จะไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของดิน ชนิดดิน ความหนาแน่นของดิน และปริมาณของเกลือในดิน Miyamoto *et al.* (2001) ได้ศึกษาโดยใช้ท่อ TDR ที่มีความยาวแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและการกระจายของน้ำในดินแอนดิซอลส์ภายใต้รูปแบบการถไถพรวนที่แตกต่างกันในประเทศญี่ปุ่น ใช้ท่อที่มีความยาวหลายขนาดสำหรับการประเมินค่าโดยทดสอบการตั้งค่ามาตรฐานเครื่องด้วยความหนาแน่นรวมของดินที่แตกต่างกันสามค่า พบว่า ได้ผลดีสำหรับการแสดงลักษณะการกระจายความชื้นในดินภายใต้ระบบไถพรวนที่ต่างกัน ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อข้อมูลการกระจายความชื้นในดินซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก และสามารถช่วยในการออกแบบการจัดการน้ำในดินแอนดิซอลส์ภายใต้สภาพที่หลากหลายได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9

2. ถั่วพร้า และหญ้าแฝก

3. เครื่องจักรกลทางการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผาล 3 และ ผาล 7

4. ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปุ๋ยหมัก

5. อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างดินและพืช

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ pH meter, Spectrophotometer, Atomic absorption spectrophotometer, Micro Kjeldahl distillation apparatus, Digestion apparatus และเครื่องเขย่า (reciprocating shaker)

7. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมแปลงปลูก ได้แก่ ไม้ปักแปลงปลูก เชือก ตลับเมตร ฯลฯ

8. อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเคมีภัณฑ์สำหรับงานแปลงการทดลอง การวิเคราะห์ดิน และการวิเคราะห์พืช

9. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 2010)

10. เครื่องมือการตรวจวัดความชื้นในดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometer)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. พื้นที่ทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณแปลงวิจัยภายในสถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร ซึ่งอยู่ในเขตปฏิรูปที่ดิน เลขที่ 303 หมู่ที่ 9 ตำบลวังด้งอำเภอเมืองจังหวัดกาญจนบุรีอยู่ห่างจากจังหวัดกาญจนบุรีประมาณ 30 กิโลเมตรบนถนนสายกาญจนบุรี-ไทรโยค-ทองผาภูมิ

2. การวางแผนการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยภาคสนาม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง (ภาพที่ 1 และ 2) จำนวน 4 ซ้ำ (32 ต้นต่อแปลงย่อย) ดังนี้

1. ตำรับควบคุม ไม่มีการคลุมดิน

2. ใช้เศษพืชคลุมดิน (เศษวัชพืช คลุมดินหนาประมาณ 1 เซนติเมตร)

3. ปลูกหญ้าแฝกจำนวน 1 แถวระหว่างแถวสบู่ดำ และมีการตัดใบคลุมดิน โดยตัดหญ้าแฝกให้เหลือความสูง 30 เซนติเมตรอยู่เสมอ

4. ปลูกถั่วพร้าคลุมดินระหว่างแถวสบู่ดำ จำนวน 2 ครั้งในรอบ 1 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปลงสบู่ดำ ไม่มีการคลุมดิน

แปลงสบู่ดำ ใช้เศษพืชคลุมดิน

ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปลงสบู่ดำ ปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำ
และตัดใบคุลมดิน

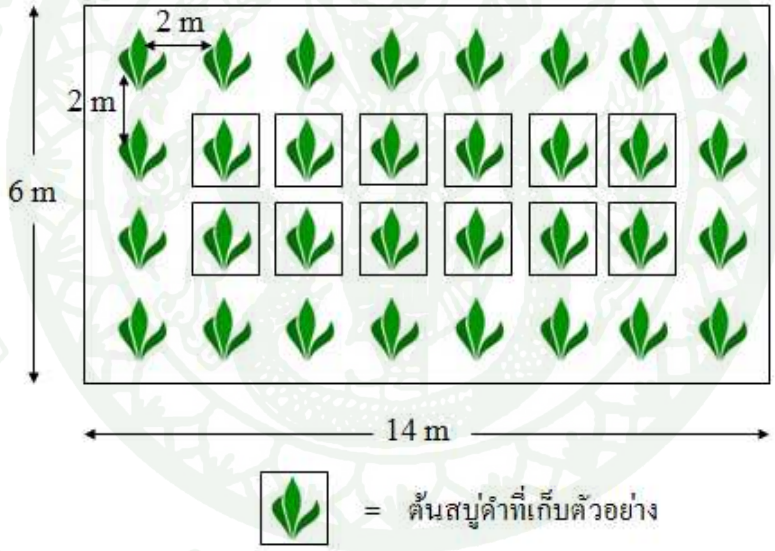
แปลงสบู่ดำ ปลูกถั่วพร้าคลุมดิน
ระหว่างแถวสบู่ดำ

ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ ที่มีการปลูกพืชร่วม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การปลูกและการดูแลรักษาสบู่ดำ

ใช้รถไถติดผาล 3 เพื่อเปิดและตากดิน แล้วใช้ผาล 7 ไถย่อยดิน ปลูกโดยใช้เมล็ดจำนวน 3 เมล็ดต่อ 1 หลุมปลูก โดยใช้ระยะปลูกเท่ากับ 2x2 เมตร (ภาพที่ 3) เมื่องอกถอนให้เหลือเพียง 1 ต้น ในทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อสบู่ดำอายุได้ 4 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อีกครั้ง มีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดในระยะแรก และในช่วงฤดูแล้งของปีแรก อัตรา 1 ลิตรต่อวันต่อต้น (มิถุนายน 2552 ถึงเดือนพฤษภาคม 2553) ในตำรับที่มีไม่มีการคลุมดิน มีการกำจัดวัชพืชตลอดเวลา ในตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝก ปลูกถั่วพร้า และคลุมดินด้วยเศษพืชหลังจากเริ่มปลูกสบู่ดำ 3 เดือน เศษพืชที่ใช้คลุมดินได้จากนอกบริเวณอื่น และมีการกำจัดวัชพืชเฉพาะในฤดูฝนในตำรับที่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น



ภาพที่ 3 ลักษณะพื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำ

4. การติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้น TDR (Time Domain Reflectometer)

ดำเนินการฝังท่อในแนวดิ่งสำหรับวัดความชื้นในดิน โดยฝังห่างจากโคนต้นสบู่ดำ 1 เมตร ฝังลึก 100 เซนติเมตรจำนวน 1 ท่อต่อ 1 แปลงย่อย เมื่อฝังท่อแล้ว ทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ดิน รอบ ๆ ท่อกลับคืนสู่สภาพเดิม จึงทำการเก็บตัวอย่างดินมาเพื่อวัดความชื้นเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ขณะนั้น เพื่อทำการปรับค่าให้ตรงกับค่าความชื้นที่แท้จริง (calibration) หลังจากนั้นก็จะดำเนินการวัดความชื้นที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40 และ 60 เซนติเมตรทุก ๆ สัปดาห์ เริ่มเก็บข้อมูลความชื้นตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเก็บตัวอย่างดิน

1. การจัดลักษณะดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ (site characterization) โดยการขุดหลุมดินเพื่อศึกษาหน้าตัดดินโดยวิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2547) และเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของดิน เพื่อใช้สำหรับการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) (Soil Survey Division Staff, 2010) การเก็บตัวอย่างดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) จะเก็บทุกชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ที่ได้แบ่งไว้ภายในหน้าตัดดินประมาณตัวอย่างละ 2-3 กิโลกรัม แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน

2) ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) เพื่อนำมาศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) (เอิบ, 2542ข; Buol *et al*., 2003)

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ตัวอย่างดินก่อนปลูกเก็บในลักษณะตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนโดยใช้ส่านเจาะดินที่ 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร โดยเก็บแบบสุ่มทั่วแปลงแล้วนำตัวอย่างดินมาผสมคลุกเคล้ากัน (composite sample) แบ่งตัวอย่างดินออกมาประมาณ 1-2 กิโลกรัมต่อชั้น แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติดิน ในห้องปฏิบัติการต่อไป

6. การวิเคราะห์ดิน

6.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

1) นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มหลังจากนั้นนำดินมาบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร แยกก้อนกรวด เศษหินแร่ และเศษซากพืชออก ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของดิน และร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนรวม

2) นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนมาศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) พีเอชดิน (soil pH) วัดโดยใช้เครื่องมือวัดค่าพีเอชดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (Thomas, 1996; National Soil Survey Center, 1996)

2) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยสกัดด้วย 1M NH4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965)

5) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุ โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{Organic matter (\%)} = \text{\%Organic carbon} \times 1.724$$

6) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

7) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) โดยใช้การชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แคตไอออนของแอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาปริมาณแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

8) ร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage; %BS) โดยการคำนวณจากค่าปริมาณเบสที่สกัดได้ และค่าสภาพกรดที่สกัดได้ (National Soil Survey Center, 1996) ดังสูตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\% \text{ BS} = \frac{\text{Extractable Bases}}{\text{Extractable Bases+Extractable Acidity}} \times 100$$

9) สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) ทำการสกัดด้วยสารละลาย barium chloride triethanolamine pH 8.2 (Peech, 1965)

6.3 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์

1) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (soil particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทราย และโดยวิธี pipette method (Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้ง และดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 2010)

2) ศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (Blake and Hartge, 1986)

3) สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1986)

4) ความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) โดยใช้แรงดันที่ -1500 กิโลพาสคาล (Klute, 1986)

5) ความชื้นที่ความจุความชื้น ณ จุดเหี่ยวถาวร โดยใช้แรงดันที่ -33 กิโลพาสคาล (permanent wilting point, PWP) (Klute, 1986)

6) น้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water, AWC) ได้จากผลต่างระหว่างค่าความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม และความชื้นที่ความจุความชื้น ณ จุดเหี่ยวถาวร (AWC = FC-PWP) (Klute, 1986)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์พืช

7.1 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำ

สุ่มเก็บตัวอย่างใบสบู่ดำใบที่ 5 นับจากใบที่เจริญเต็มที่และคลี่ออกโดยสมบูรณ์แล้วจากส่วนยอดที่อายุ 2 และ 6 เดือน นำใบพืชมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน จนตัวอย่างแห้งสนิท บดตัวอย่างใบพืชให้ละเอียดก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ดังนี้

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของไนโตรเจนด้วยวิธี colorimetric

2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

4) ปริมาณซัลเฟอร์ โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย HNO_3-$HClO_4$ (acid mixture) แล้ววัดปริมาณของซัลเฟอร์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

5) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย HNO_3-$HClO_4$ (acid mixture) แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ข้างต้นด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 การวิเคราะห์ผลสบู่ดำ

1) การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์

ชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมดของผลสบู่ดำที่เก็บมาในแต่ละแปลงย่อย คำนวณหาน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยต่อผล จำนวนเมล็ดเฉลี่ยต่อผล น้ำหนักเมล็ดก่อนและหลังอบ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 และปริมาณน้ำมัน

2) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

สุ่มเมล็ดสบู่ดำที่เก็บเกี่ยวในแต่ละเดือนของที่สุ่มได้มาจากในแต่ละตำรับการทดลองนำมารวมกัน อบแห้งก่อนบดให้ละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในใบสบู่ดำ และวิเคราะห์หาปริมาณร้อยละน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ

8. การเก็บข้อมูลความชื้น

วัดความชื้นในดินที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร โดยทำการวัด แล้วบันทึกค่าความชื้นทุกสัปดาห์ เริ่มดำเนินการตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึง 27 มิถุนายน พ.ศ. 2553

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) แล้วนำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

10. สถานที่ทำการทดลอง

10.1 การศึกษาในภาคสนาม

สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หมู่ที่ 9 ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ดินดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ และสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันสบู่ดำ ดำเนินการที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

11. ระยะเวลาทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่และสัณฐานวิทยาสนามของดินตัวแทน

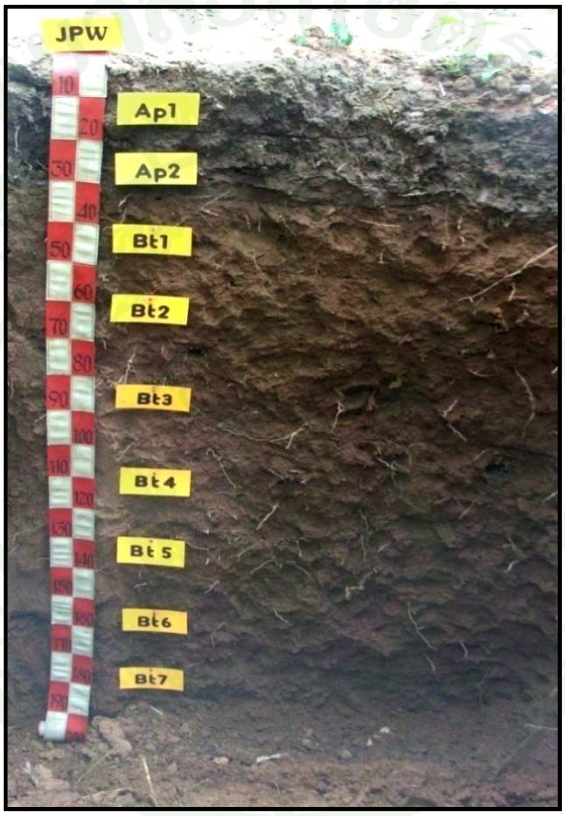
1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาและสัณฐานวิทยาสนามของดินตัวแทน

พื้นที่ทำการศึกษาอยู่ในระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางเท่ากับ 76.8 เมตร มีความลาดชันร้อยละ 2 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นและตะกอนหินดาดเชิงเขาของหินชนวน และหินควอร์ตไซต์ (local alluvium and colluviums of slate and quartzite) ลักษณะภูมิสัณฐานที่พบเป็นพื้นผิวกัดกร่อนของตีนเขาที่ถูกซอยแบ่ง (erosional surface of dissected footslope) ดินมีการระบายน้ำผิวหน้าดินดี สภาพให้ซึมได้ปานกลาง น้ำไหลบ่าหน้าดินปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 200 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) ดินที่ทำการศึกษามีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap1-Ap2-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Bt6-Bt7 (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 4 ลักษณะสภาพภูมิประเทศบริเวณที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

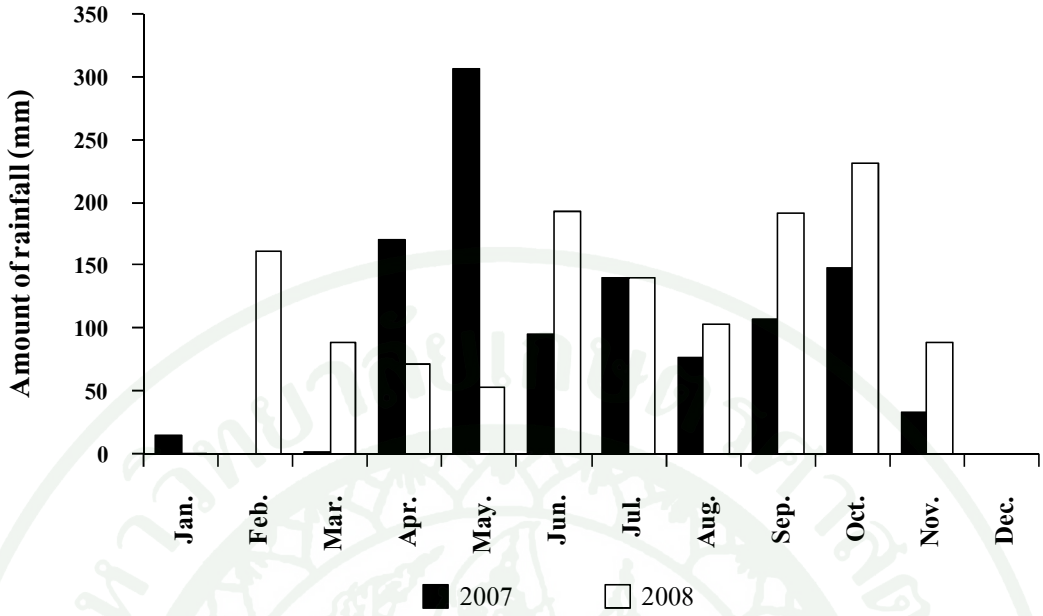
ดินชั้นบนหนา 34 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนทรายแป้ง โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัด (5.1-5.2) ดินชั้นล่างตั้งแต่ความลึกตั้งแต่ 34 เซนติเมตรเป็นต้นไป เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้งถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีดินมีสีเหลืองแดงถึงน้ำตาลแดงเข้มในชั้นความลึก 172 ถึง 200 เซนติเมตร โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดถึงด่างเล็กน้อย (5.1-7.1)



ภาพที่ 5 ภาพหน้าตัดดินตัวแทนที่ทำการศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ

ปริมาณน้ำฝนรวมในแต่ละเดือนย้อนหลัง (พ.ศ.2551-พ.ศ.2552) จังหวัดกาญจนบุรี ในปี 2551 มีปริมาณฝนรวม 1,091 มิลลิเมตร (ตารางผนวกที่ 4) โดยในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 ไม่มีฝนตก สำหรับในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 มีปริมาณสูงที่สุด (306.6 มิลลิเมตร) ขณะที่ในปี 2552 มีปริมาณฝนสูงที่สุดในเดือนตุลาคม (192.8 มิลลิเมตร) และในเดือนธันวาคมไม่มีฝนตกเช่นเดียวกับปี 2551 มีปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปี 2552 เท่ากับ 1324 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

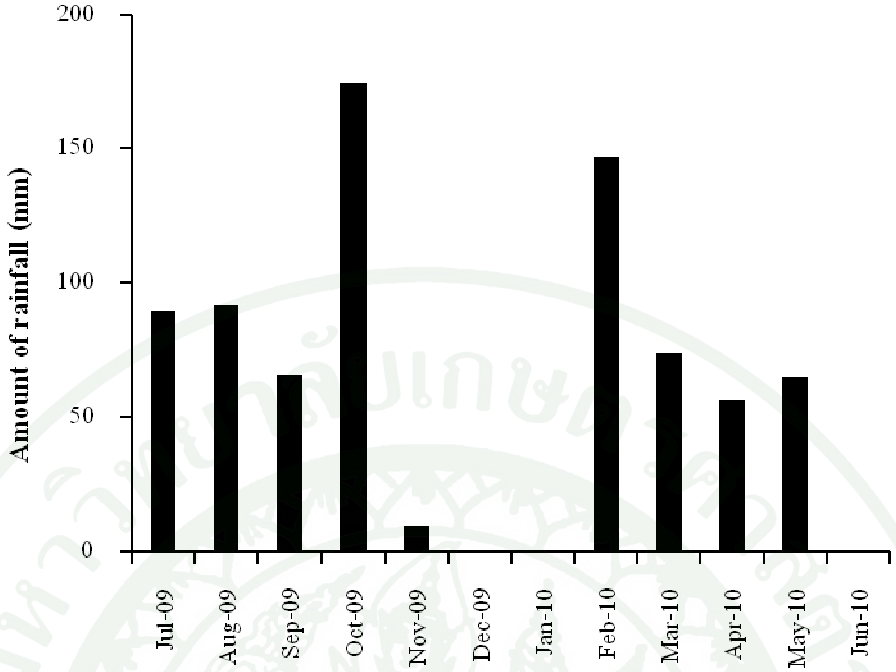


ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำฝนย้อนหลังจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2552

ปริมาณน้ำฝนรวมในแต่ละเดือนในบริเวณที่ทำการศึกษา เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 พบว่า ในฤดูฝนเดือนแรกและเดือนสอง (เดือนกรกฎาคม และสิงหาคม 2552) ที่ทำการวัดปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นช่วงเริ่มปลูกสบู่ดำได้ 3 เดือน (ภาพที่ 7) มีปริมาณน้ำฝนรวมใกล้เคียงกันเท่ากับ 89.40 และ 91.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 4) และลดต่ำลงเล็กน้อยในเดือนกันยายน วัดปริมาณน้ำฝนรวมได้เท่ากับ 65.90 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม ช่วงปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (174.50 มิลลิเมตร) และในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยกลับลดลงอย่างชัดเจน โดยในเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 9.70 มิลลิเมตร ส่วนเดือนธันวาคม และมกราคมไม่มีฝนตกเลยในรอบเดือน

สำหรับช่วงเดือนที่ทำการวัดความชื้นด้วยอุปกรณ์วัดความชื้น TDR ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2553 ซึ่งเป็นช่วงปลายของฤดูแล้ง ปริมาณน้ำฝนสูงสุดเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนรวมเพิ่มขึ้น (146.50 มิลลิเมตร) และลดต่ำลงในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายนเท่ากับ 73.90 และ 56.40 มิลลิเมตร ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในเดือนพฤษภาคม (64.70 มิลลิเมตร) แต่ในเดือนมิถุนายนกลับไม่มีฝนตกเลย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำฝนรวมระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ของสถานีวิจัยกาญจนบุรี ต.วังด้ง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี

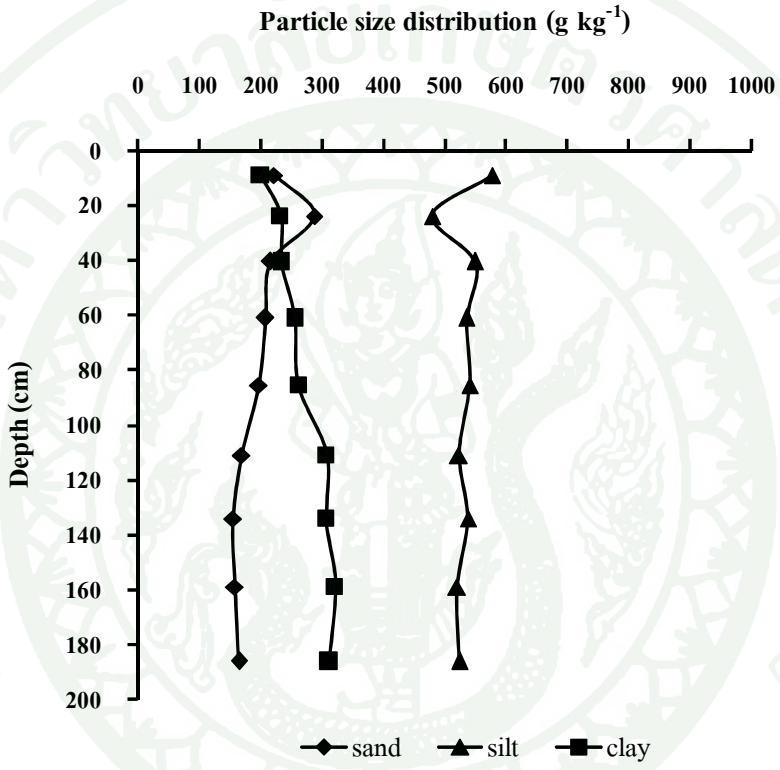
1.2 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ทำการศึกษา ประกอบด้วยการกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดินค่า สภาพนำน้ำดินขณะอิ่มตัว ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้

การกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดินในบริเวณที่ทำการศึกษา จัดอยู่ในกลุ่มเนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured) มีเนื้อดินร่วนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง โดยมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 155-287 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 1) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 8) ในขณะที่การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งมีค่าใกล้เคียงกัน (521-578 กรัมต่อกิโลกรัม) ยกเว้นในความลึกที่ระดับ 18-30 เซนติเมตร ที่มีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำกว่าความลึกอื่น เท่ากับ 480 กรัมต่อกิโลกรัม การแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวมีค่าอยู่ในพิสัย 200-321 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ไปเทียบหาประเภทชั้นเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 2010) (ตารางผนวกที่ 15) พบว่า ดินชั้นบนอยู่ในกลุ่มดินร่วนถึงดินร่วนปนทรายแป้ง และในดินชั้นล่างตั้งแต่ความลึก 34 เซนติเมตรลงไปอยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทรายแป้งถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง



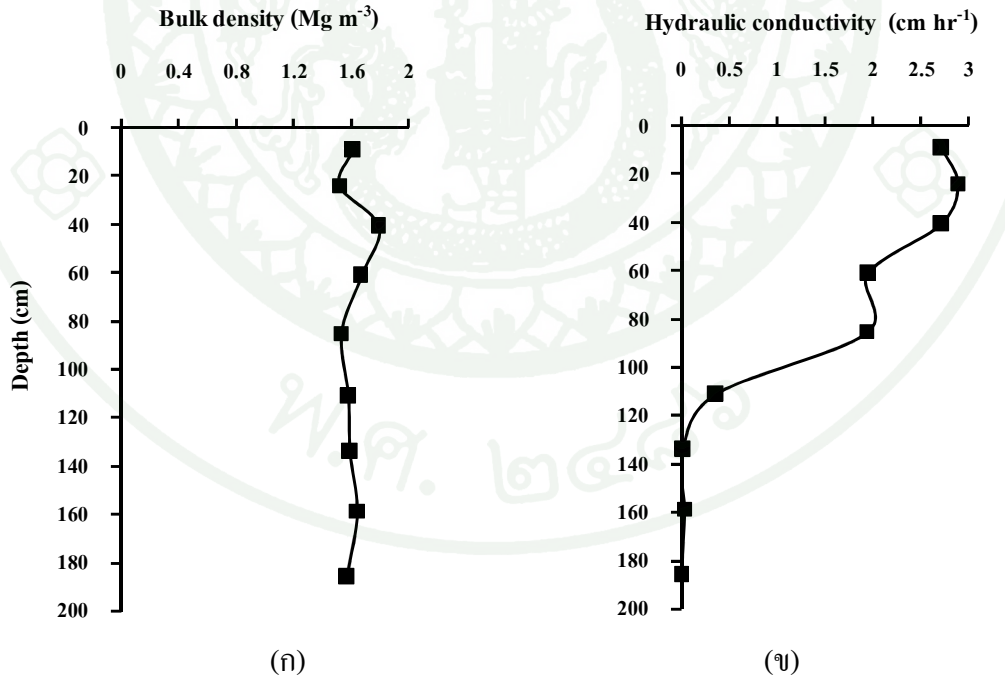
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวกับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

จากลักษณะการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินตัวแทน แสดงให้เห็นว่า ดินมีพัฒนาการที่ดี มีการแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุ จากชั้นบน (Eluviations) ไปสะสมในดินชั้นล่าง ซึ่งลักษณะการสะสมของชั้นดินล่างที่มีการเพิ่มขึ้นของดินเหนียวตามความลึก สามารถจัดได้เป็นชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดินในบริเวณที่ทำการศึกษา กับความลึกของดินในแต่ละชั้น วัดโดยวิธี core method แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 โดยใช้เกณฑ์การประเมินความหนาแน่นรวมตามตารางผนวกที่ 16 (นงคราญ, 2529) พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินตลอดหน้าตัดดินมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในพิสัย 1.52-1.79 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในดินชั้นบนมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.52-1.61 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.53-1.79 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในความลึก 30-51 เซนติเมตร จะมีความหนาแน่นรวมสูงสุดเท่ากับ 1.79 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ภาพที่ 9)

ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity, Ksat) ใช้เกณฑ์การแบ่งระดับชั้นตามตารางผนวกที่ 16 (O'neal, 1952) พบว่า สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ อยู่ในระดับเร็วปานกลางในดินบน (2.71-2.89 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) และอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วปานกลางในดินล่าง (0.01-2.71 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) (ภาพที่ 9) เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวกับระดับความลึกดิน พบว่า มีแนวโน้มลดลงตามความลึก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการแจกกระจายของอนุภาคขนาดของดินตัวแทนที่มีการแจกกระจายของ

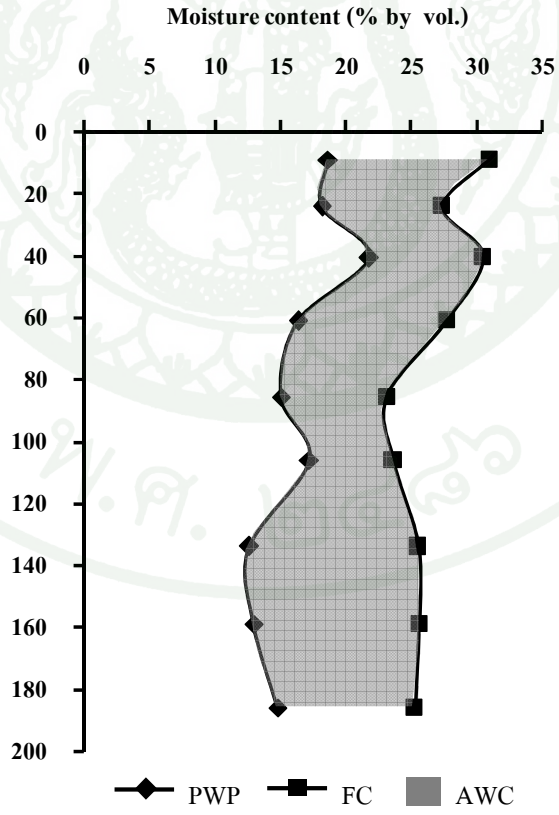


ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุภาคขนาดทรายมากกว่าการแจกกระจายของอนุภาคขนาดอื่น ๆ ในชั้นดินบน รวมทั้งปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนที่มีสูงกว่าในชั้นล่าง และในดินล่างโดยปกติมีการอัดตัวแน่นสูงกว่าดินชั้นบน บางครั้งอาจมีปริมาณช่องว่างเพียงร้อยละ 25-30 ส่งผลต่อสภาพนำน้ำของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (Available water capacity, AWC) ในบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) ใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน โดยความจุความชื้นสนามของดินมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 5.96-7.90 โดยปริมาตร และจุดเหี่ยวถาวรมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 9.39-11.92 โดยปริมาตร (ตารางที่ผนวกที่ 1) ในดินชั้นบนมีค่าความจุความชื้นสนาม (ร้อยละ 11.90-11.92 โดยปริมาตร) และจุดเหี่ยวถาวร (ร้อยละ 7.17-7.90 โดยปริมาตร) ที่สูงกว่าดินชั้นล่างเท่ากับ และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 2.55-4.76 โดยปริมาตร โดยมีค่าคงที่ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 10) ซึ่งโดยทั่วไปดินที่มีเนื้อปานกลางควรจะมีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ประมาณร้อยละ 29 โดยปริมาตร (Landon, 1991)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวรกับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าดินมีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ตามเกณฑ์ในตารางผนวกที่ 18 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากดินมีพัฒนาการที่ดี ทำให้ดินมีโครงสร้างดี มีสัดส่วนของช่องว่างขนาดใหญ่มากทำให้การเคลื่อนย้ายของน้ำจึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว (Donahue *et al.,* 1971)

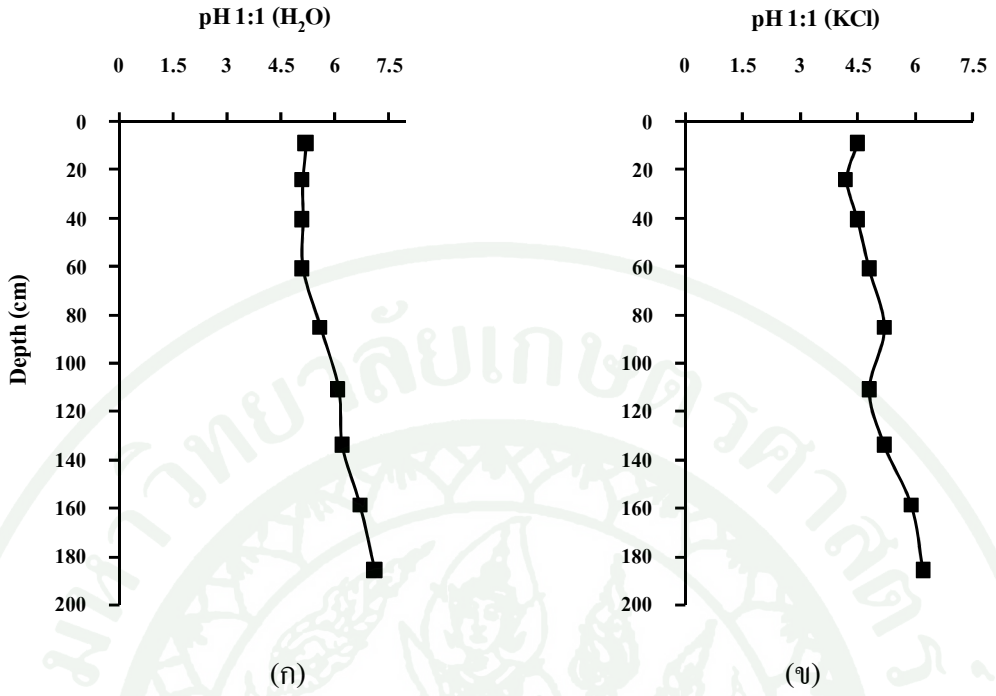
1.3 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในบริเวณที่ทำการศึกษา แสดงผลไว้ในตารางผนวกที่ 2 โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับค่าวิเคราะห์ต่างๆ ตามตารางผนวกที่ 19 (นงคราญ, 2529; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีดังนี้

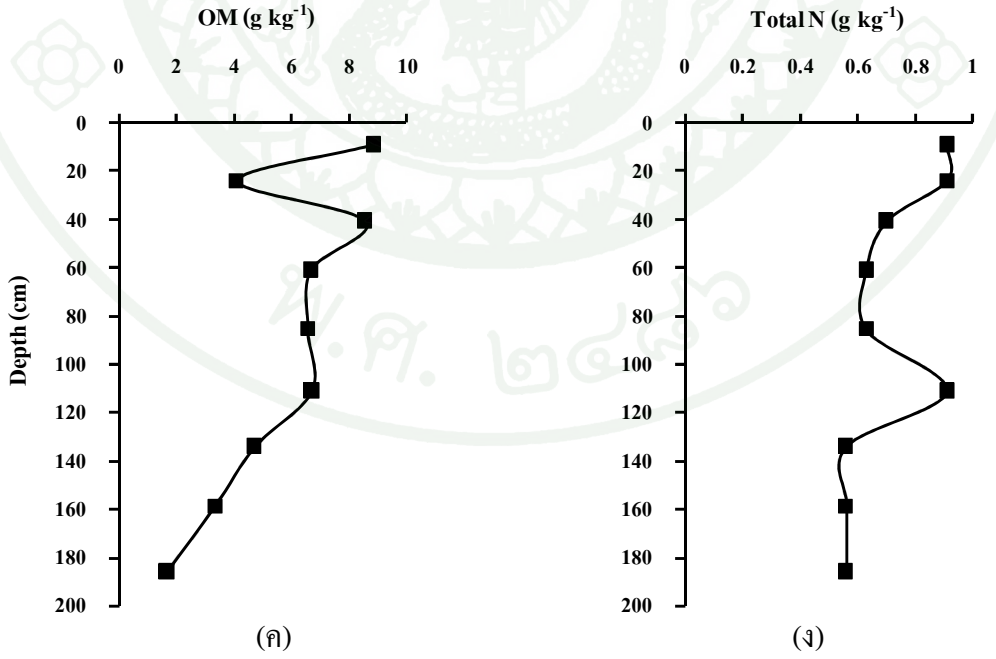
พีเอชดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษา วัดโดยใช้ดินต่อน้ำอัตราส่วน 1:1 พบว่า ดินบนเป็นกรดจัด (pH 5.1-5.2) และในดินล่างเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (pH 5.1-7.1) จากการวิเคราะห์พบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มตามความความลึกของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 11) และสำหรับการวัดพีเอชโดยใช้อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1M ในอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มเพิ่มตามความความลึกของหน้าตัดดินเช่นเดียวกับวัดโดยใช้ดินต่อน้ำอัตราส่วน 1:1

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำตลอดหน้าตัดดิน โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 4.10-8.85 กรัมต่อกิโลกรัม และ 1.67-8.54 กรัมต่อกิโลกรัมในดินล่าง และมีแนวโน้มลงลดลงตามความลึก (ภาพที่ 12) การที่ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าชั้นดินล่างเล็กน้อย เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่ทับถมของเศษซากพืช ใบ ลำต้น ที่ปกคลุมอยู่บนผิวดินและรากพืช ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (Thomson and Troeh, 1978) ประกอบกับอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินบนของเขตร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในชั้นดินล่างจึงน้อย ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (Sanchez, 1976)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และที่วัดในสารละลาย 1M KCl (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

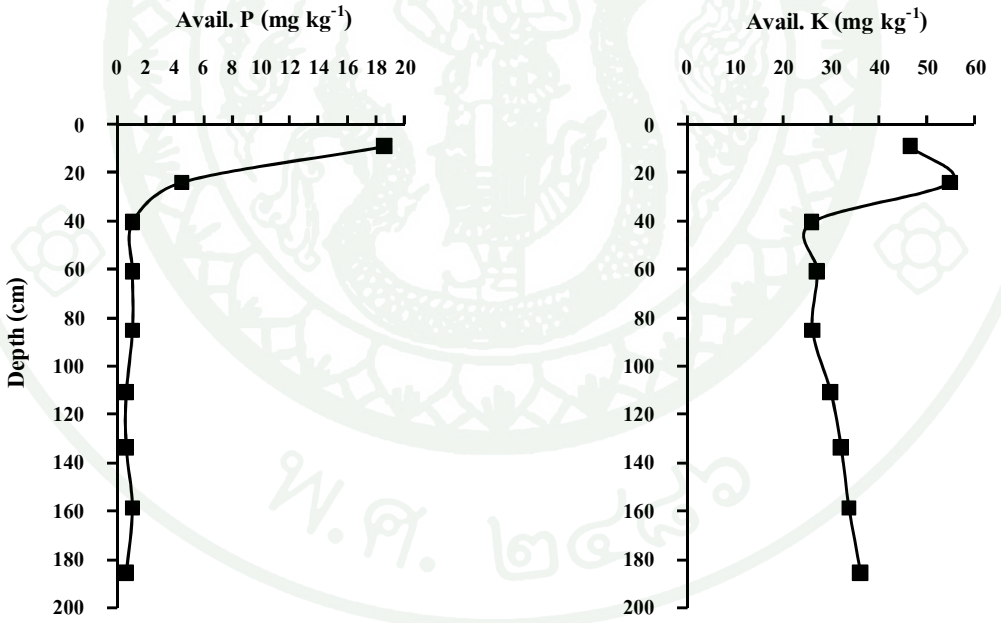


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินตัวแทนที่ทำการศึกษา พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.56-0.91 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 12) โดยดินบนพบในปริมาณที่สูงกว่าดินล่าง (0.91 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งสอดคล้องกับการปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนพบมากกว่าดินล่างเช่นกัน เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดิน (ไพบูลย์, 2528; Brady and Weil, 2008)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ โดยอยู่ในพิสัย 0.65-4.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นในชั้น Ap1 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (18.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 13) จึงสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอินทรียฟอสเฟต จึงทำให้ในชั้นดินบนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูงตามไปด้วย (Sanchez, 1976)



(ก) (ข)

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของตัวแทนดินพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า อยู่ในระดับต่ำในดินบน (46.6-54.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และต่ำมากถึงต่ำในดินล่าง (26.0-36.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 13) โดยทั่วไปจะมีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชั้นบนมากกว่าชั้นล่าง เนื่องจากเมื่อมีการย่อยสลายตัวอินทรียสารจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์บางส่วนแก่ดิน (Brady and Weil, 2008) ซึ่งดินตัวแทนที่ทำการศึกษามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำตลอดหน้าตัดดิน

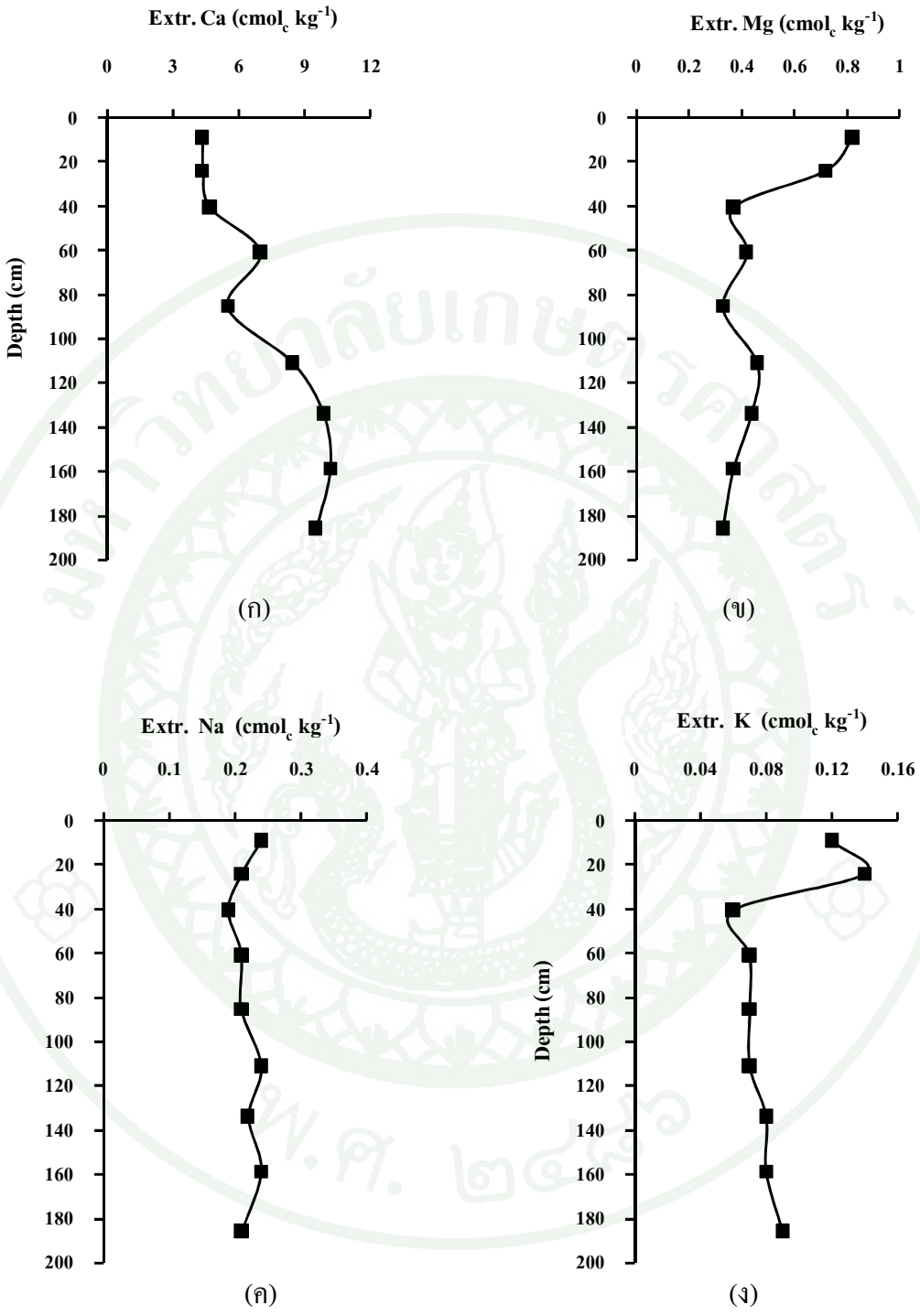
ปริมาณเบสที่สกัดได้ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม มีดังนี้ (ภาพที่ 14)

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า ดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (4.34-4.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำถึงสูงในดินล่าง (4.68-10.18 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยในชั้น Bt6 มีค่าปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงสุด และต่ำที่สุดในชั้น Ap2

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า ดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (0.73-0.82 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำถึงต่ำมากในดินล่าง (0.33-0.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ค่อนข้างแปรปรวนภายในหน้าตัดดิน อย่างไรก็ตาม ในชั้น Ap1 จะมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงสุด และต่ำสุดในชั้น Bt3 และ Bt7 ตามลำดับ

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.06-0.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยดินชั้นบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงกว่าดินชั้นล่าง การที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ เนื่องจากปริมาณโพแทสเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เป็นเพียงร้อยละ 1-2 ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน (Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.19-0.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และมีปริมาณใกล้เคียงกันที่ค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดินซึ่งการที่ดินมีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ เกิดจากโซเดียมมีความสัมพันธ์ในทางลบกับแคตไอออนอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีแรงดูดยึดโซเดียมได้น้อยกว่าแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม (Brady and Weil, 2008) โดยปริมาณโซเดียมที่สกัดได้

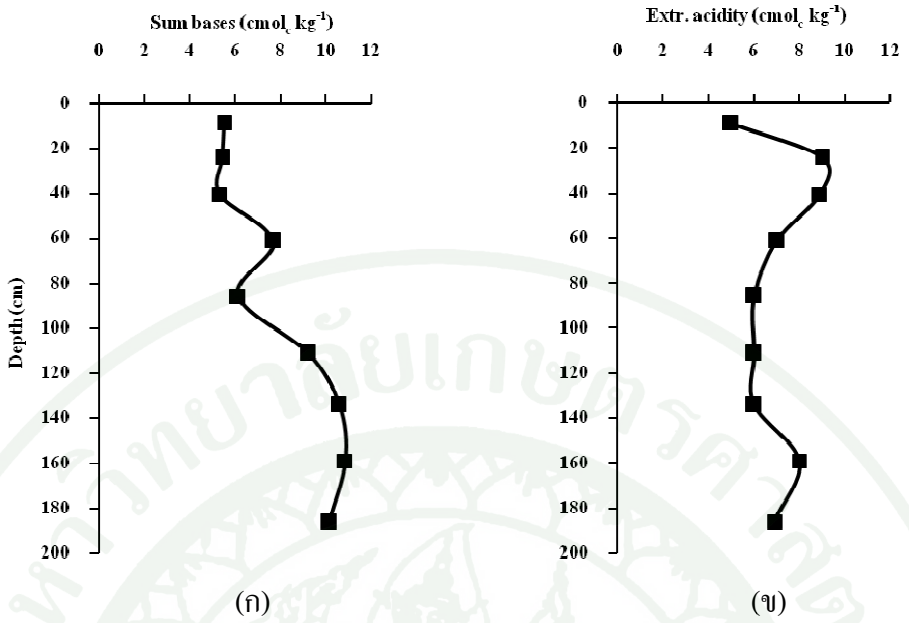
ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางตลอดหน้าตัดดิน (5.52-10.87 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 15) โดยความสัมพันธ์ของปริมาณโซเดียมที่สกัดได้และความลึกของดิน ส่วนใหญ่มีความแปรปรวนเล็กน้อยแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก

สภาพกรดที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับค่อนข้างสูงตลอดหน้าตัดดิน (5.0-9.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 15) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของสภาพกรดที่สกัดได้กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน พบว่า มีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดินค่อนข้างมาก แสดงถึงดินมีพัฒนาการปานกลางถึงค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของการชะละลายแคตไอออนที่เป็นเบสและการผุพังสลายตัวส่งผลต่อการปลดปล่อยของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมออกมาสู่ระบบดิน (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)

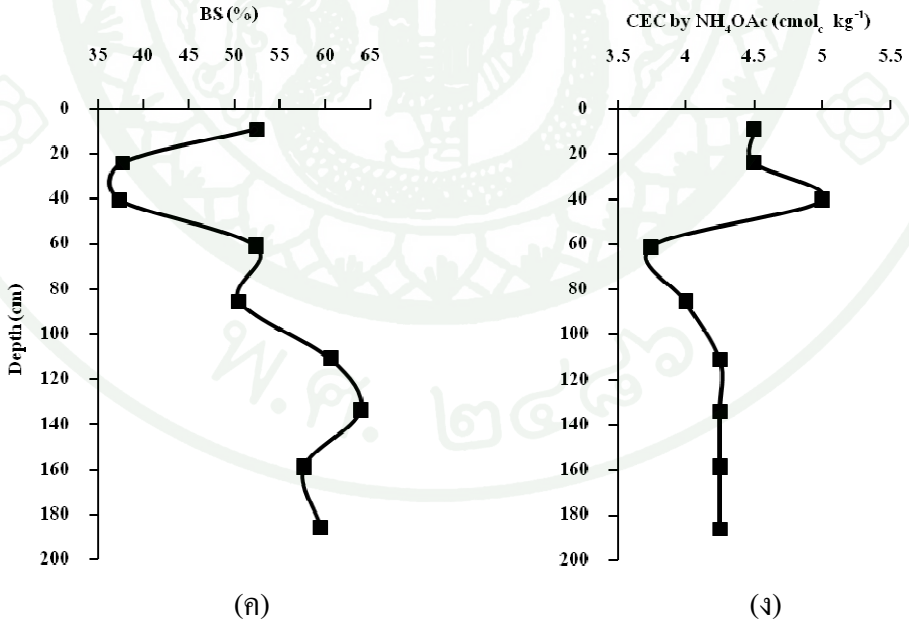
ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนดิน อยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (3.8-5.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 16) พบว่า มีแนวโน้มไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน

อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีค่ามากกว่าร้อยละ 35 ตลอดหน้าตัดดินอยู่ในพิสัยร้อยละ 37.3-64.9 (ภาพที่ 16) แสดงถึงการชะล้างยังไม่รุนแรงพอหรืออาจไม่สม่ำเสมอ ทำให้ดินยังคงมีธาตุที่เป็นด่างเหลืออยู่มากโดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (Lgwe *et al.*, 1999; Brady and Weil, 2008) จัดอยู่ในระดับปานกลาง และมีความสัมพันธ์ของอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสกับความลึกแต่ละหน้าตัดดินมีแนวโน้มผันแปรภายในหน้าตัดดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 หน่วยการจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะดินทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา สามารถจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Division Staff, 2010) ได้ดังต่อไปนี้

การจำแนกในขั้นอันดับ (order) ของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ภายในหน้าตัดดินมีการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินเหนียว ลงไปสะสมในดินชั้นล่างที่ชัดเจนเรียกว่าชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) และมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งมากกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับแอลฟิซอลล์

การจำแนกดินในขั้นอันดับย่อย (suborder) เนื่องจากพื้นที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด เพียงพอเฉพาะในฤดูปลูกพืช จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic) ซึ่งทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustalf และมีการแจกกระจายของดินเหนียว ที่มีปริมาณดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน การจำแนกในขั้นกลุ่มดินใหญ่ (great group) จำแนกได้เป็น Paleustalf และเนื่องจากเป็นดินลึก มีสีออกแดง หรือสีแดง เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ที่มีชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิกบาง หรือหนาปานกลาง จัดจำแนกในระบบอนุกรมวิธานดินในขั้นกลุ่มดินย่อย (suborder) เป็น Ultic Paleustalf

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาซึ่งเก็บที่ความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร พบว่าดินกรดจัดทั้งดินบนและดินล่าง โดยพีเอชอยู่ในพิสัย 5.1-5.4 (ตารางที่ 1) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (10.52-2.72 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวมที่พบในระดับต่ำมากทั้ง 3 ช่วงความลึก (0.63-0.84 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 สมบัติดินก่อนทำการทดลองปลูก

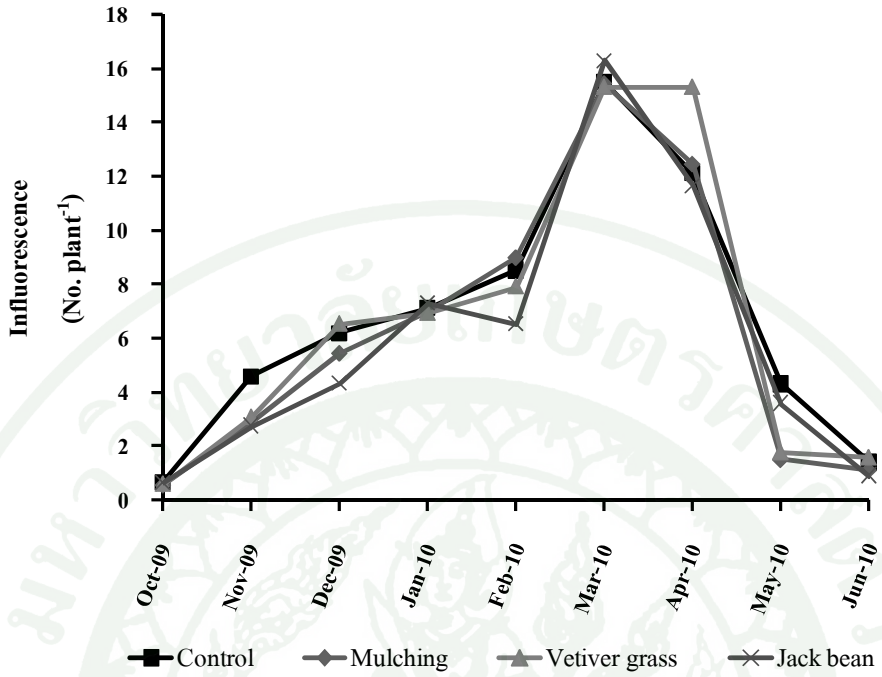
Depth (cm)	pH 1:1		OM	Total N	Avail. P	Avail. K
	H_2O	KCl	(---------- g kg^{-1}----------)		(---------- mg kg^{-1}---------)	
0 - 20	5.1	4.2	10.52	0.84	4.52	54.1
20 - 40	5.2	4.5	6.81	0.70	3.52	49.9
40 - 60	5.4	4.3	2.72	0.63	2.54	41.2

3. การเจริญเติบโตของสบู่ดำและผลผลิตสบู่ดำ

3.1 จำนวนช่อดอกสบู่ดำ

จำนวนช่อดอกที่ได้มาจากทั้ง 4 ตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน โดยเริ่มนับครั้งแรกเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่า สบู่ดำมีปริมาณการแทงช่อดอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกเดือน (ภาพที่ 17) ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธุ์ โดยเฉลี่ยจาก 0.63 เป็น 7.99 ช่อต่อต้น (ตารางผนวกที่ 5) สำหรับในเดือนมีนาคม 2553 สบู่ดำมีการแทงช่อดอกสูงสุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ตำรับการทดลองเท่ากับ 15.63 ช่อต่อต้น และลดลงเล็กน้อยในเดือนเมษายน (13.55 ช่อต่อต้น) อย่างไรก็ตาม หลังจากเดือนเมษายนเป็นต้นไป จำนวนช่อดอกสบู่ดำเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตลอดช่วงฤดูฝนโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัยตั้งแต่ 1.26 -2.80 ช่อต่อต้น เนื่องจากสบู่ดำมีการเจริญเติบโตทางเรือนยอดอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สบู่ดำยังสร้างกิ่งกระโดงจำนวนมาก ทำให้ทรงพุ่มแน่นทึบแสงแดดไม่สามารถส่องทะลุถึงปลายยอดได้ทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นเหตุที่ทำให้สบู่ดำสร้างช่อดอกในปริมาณที่ลดลงอย่างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

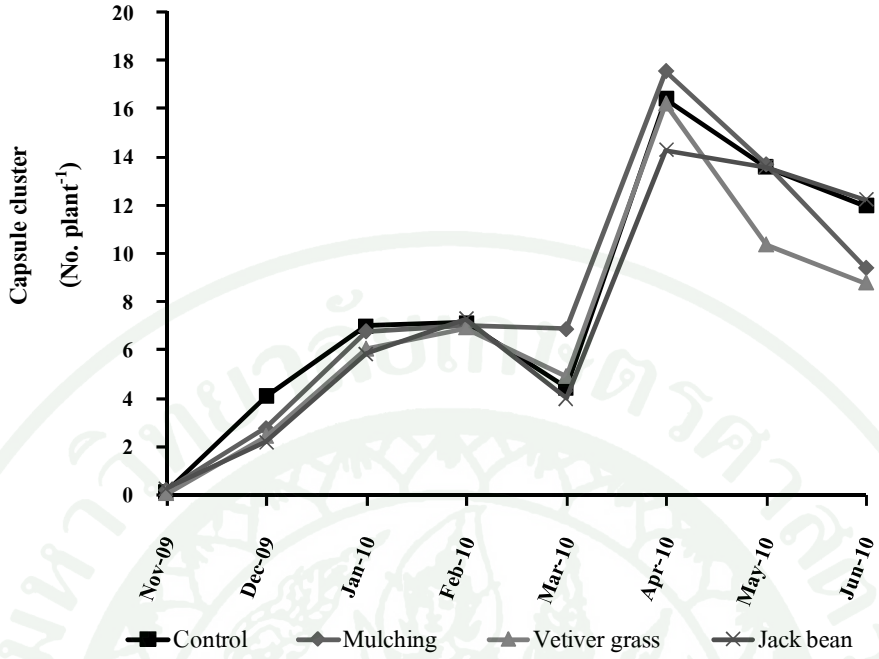


ภาพที่ 17 จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

3.2 จำนวนช่อดอกสบู่ดำที่มีการติดผล

จำนวนช่อดอกที่มีการติดผล ทั้ง 4 ตำรับการทดลองให้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับอัตราการติดช่อดอกในแต่ละเดือน จำนวนช่อดอกที่มีการติดผลรายเดือน โดยเริ่มนับ 1 เดือนหลังจากที่สบู่ดำเริ่มแทงช่อดอก (30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552) พบว่า ปริมาณการติดผลของช่อดอกต่อต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือนในทุกตำรับการทดลอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (ภาพที่ 18) โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.18 เป็น 16.12 ช่อต่อต้น (ตารางผนวกที่ 6) ส่วนในเดือนเมษายน สบู่ดำมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 16.12 ช่อต่อต้น หลังจากนั้น จำนวนช่อดอกที่มีการติดผลลดลงลงเรื่อย ๆ จาก 12.81 ช่อต่อต้นในเดือนพฤษภาคมเป็น 10.61 ช่อต่อต้นในเดือนมิถุนายน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



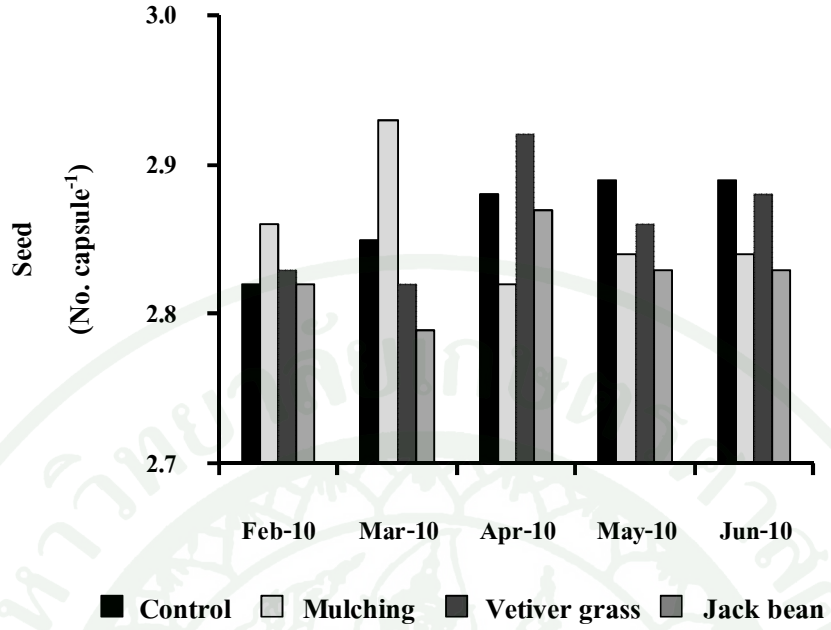
ภาพที่ 18 ช่อดอกที่ติดผลเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

3.3 ผลผลิตสบู่ดำ

1) จำนวนเมล็ดสบู่ดำต่อผล

จำนวนเมล็ดต่อผลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน 2553 จำนวนเมล็ดต่อผลของทั้ง 4 ตำรับการทดลองค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยพบว่า ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีจำนวนเมล็ดต่อผลสูงสุดเท่ากับ 2.87 เมล็ดต่อผล (ภาพที่ 19) และจำนวนเมล็ดต่อผลเฉลี่ยในทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในพิสัย 2.83-2.87 เมล็ดต่อผล (ตารางผนวกที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

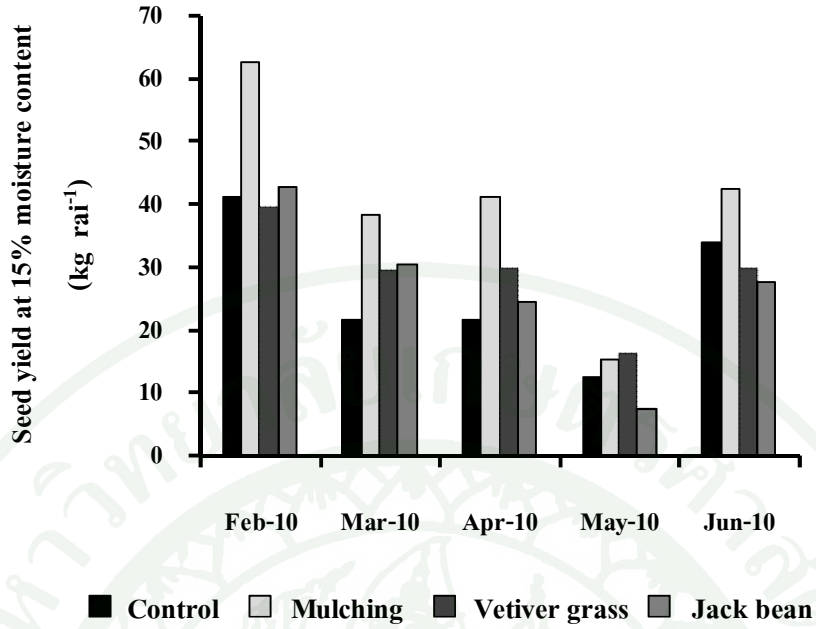


ภาพที่ 19 จำนวนเมล็ดต่อผลเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553

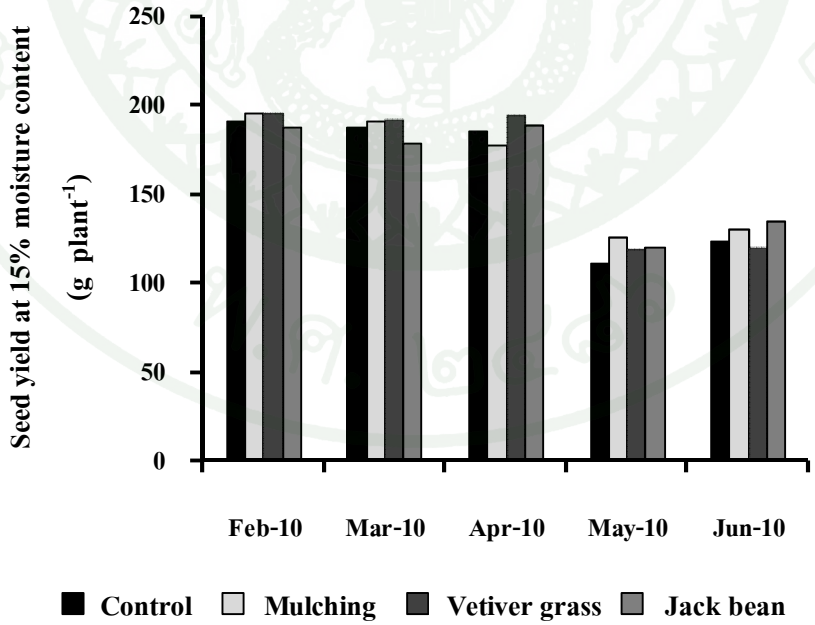
2) ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดรวมต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ไม่มีความแตกต่างกันภายใต้รูปแบบการจัดการการอนุรักษ์ความชื้นแบบต่าง ๆ โดยตำรับควบคุมมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่รวมที่ความชื้นร้อยละ 15 ต่ำที่สุดเท่ากับ 130.9 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 8) ซึ่งใกล้เคียงกับตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าร่วม (132.8 กิโลกรัมต่อไร่) สำหรับตำรับมีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดรวมต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงที่สุดเท่ากับ 200.0 กิโลกรัมต่อไร่ และในตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกตัดใบคลุมดิน มีค่าเท่ากับ 145.3 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้น้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ในแต่ละเดือน พบว่า ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าตำรับอื่น ๆ เสมอ ในทุกเดือนที่ทำการทดลอง (ภาพที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553



ภาพที่ 21 ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15

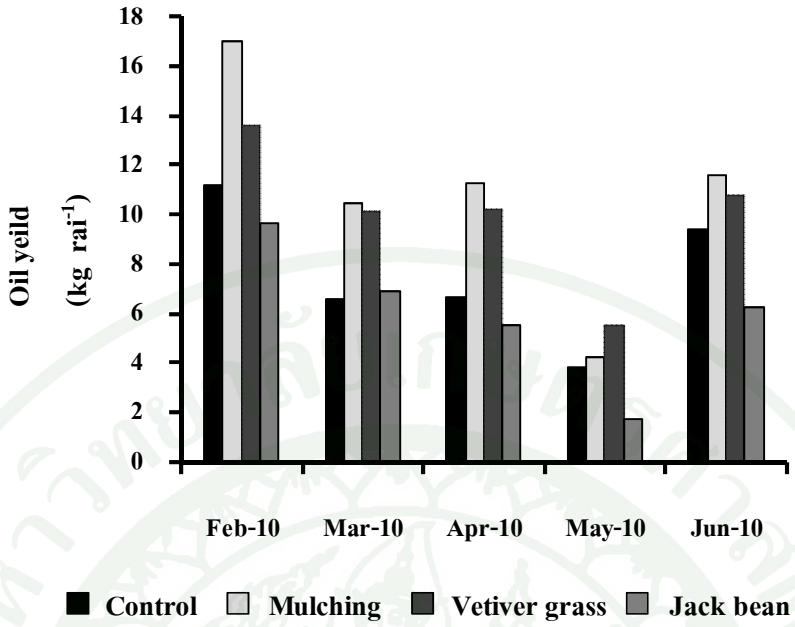
น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 ในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า มีปริมาณน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 รวม ทั้ง 5 เดือนที่ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละเดือนใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 136.1.-250.6 กรัมต่อต้น โดยในตำรับที่มีการคลุมพืชด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงที่สุด เท่ากับ 250 กิโลกรัมต่อต้น (ภาพที่ 21) และเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 ในแต่ละเดือน พบว่า เดือนพฤษภาคมมีค่าต่ำสุด (71.8-104.8 กรัมต่อต้น) และสูงสุดในเดือนมีนาคม (127.1-366.0 กรัมต่อต้น) (ตารางผนวกที่ 9)

4) ผลผลิตน้ำมัน

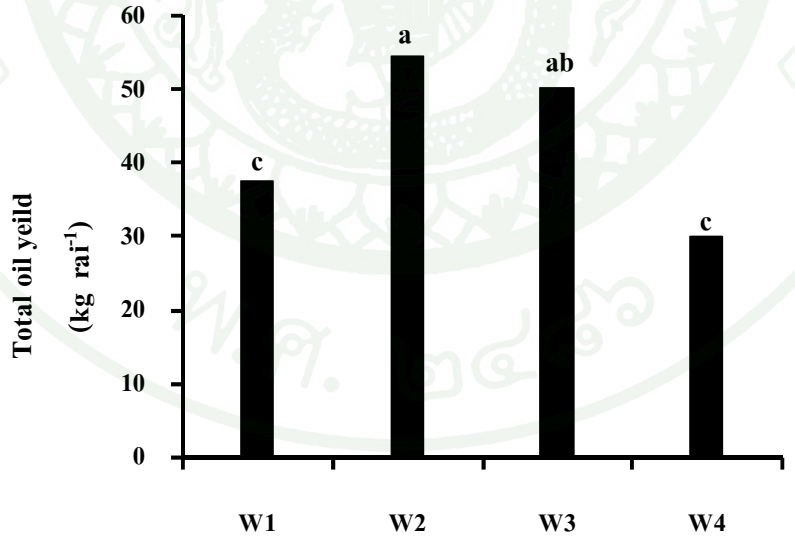
ในเมล็ดสบู่ดำเมื่อคำนวณน้ำหนักเปลือกเมล็ดสบู่ดำและน้ำหนักเนื้อในเมล็ดสบู่ดำ พบว่า มีปริมาณเนื้อในเมล็ดสบู่ดำสูงกว่าปริมาณน้ำหนักเปลือกเมล็ดสบู่ดำในทุกตำรับการทดลอง และในตำรับที่ปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวตัดใบคลุมดิน มีปริมาณเนื้อในเมล็ดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75 ส่วนในตำรับที่เหลือจะมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 60-64 (ตารางผนวกที่ 10) สำหรับปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ พบว่า ตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมจะมีปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 37.28 และในตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าคลุมดินจะให้ปริมาณน้ำมันเท่ากับร้อยละ 33, 30 และ 25 ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำมัน พบว่า ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันในแต่ละเดือนสูงกว่าตำรับอื่น (ภาพที่ 22) และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตน้ำมันรวม ตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันรวมสูงกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (54.52 กิโลกรัมต่อไร่) (ภาพที่ 23) แต่ให้ค่าไม่แตกต่างจากการปลูกหญ้าแฝกตัดใบคลุมดิน ส่วนในตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน และตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าคลุมดินระหว่างแถวสบู่ดำจะให้ผลผลิตน้ำมันไม่แตกต่างกันและมีปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 37.6 และ 29.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 ผลผลิตน้ำมัน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553



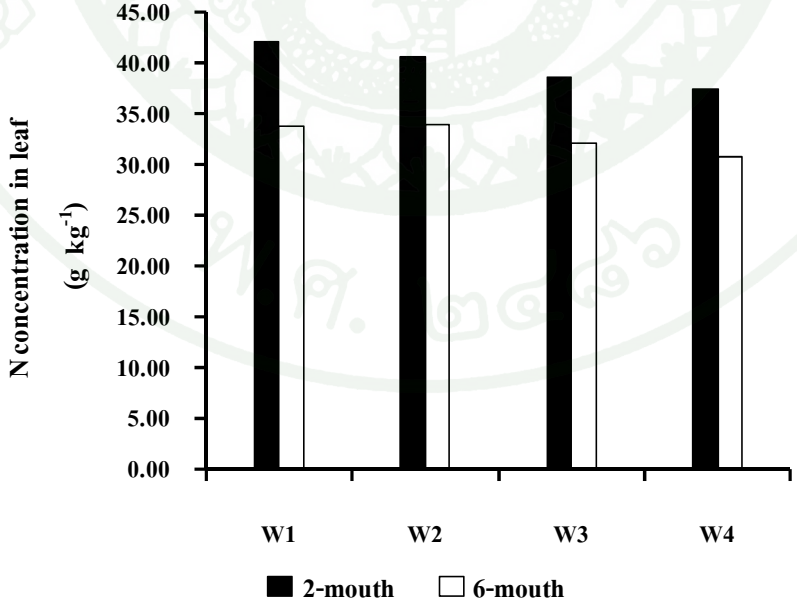
W1 = Control W2 = Mulching W3 = Vertiver grass W4 = Jack been

ภาพที่ 23 ผลผลิตน้ำมันรวม ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ค่าวิเคราะห์ใบและผลสบู่ดำ

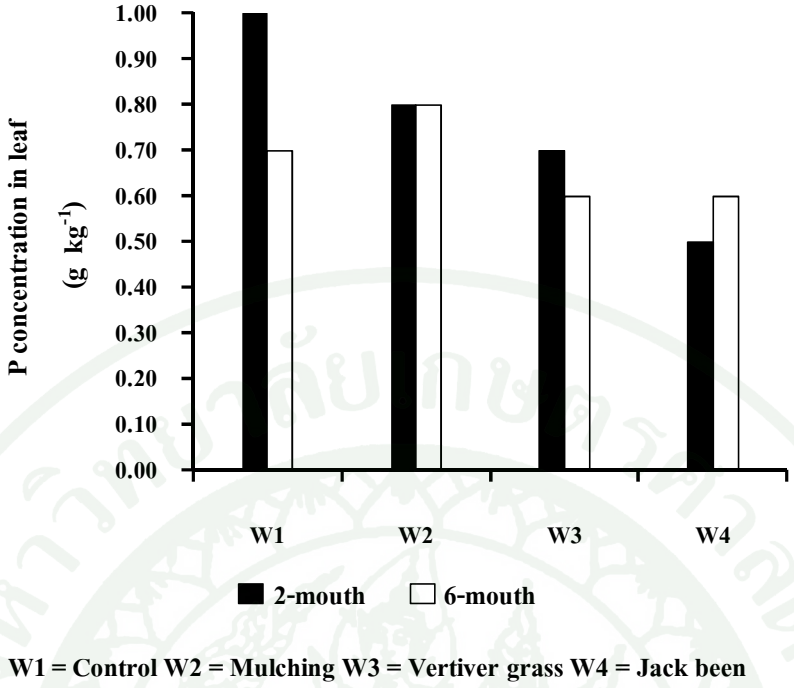
ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำ เก็บใบที่ 5 ที่มีการแผ่ขยายใบเต็มที่ (fully expanded leaf) ซึ่งเก็บตัวอย่างใบสบู่ดำครั้งแรกอายุ 2 และครั้งที่สองอายุ 6 เดือน (ตารางผนวกที่ 12) พบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นในใบสูงที่สุดในกลุ่มธาตุอาหารหลัก ทั้ง 2 ช่วงอายุการเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 24) ที่อายุ 6 เดือน มีค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลองเท่ากับ 32.65 กรัมต่อกิโลกรัม โดยมีความเข้มข้นน้อยกว่าในใบที่อายุ 2 เดือน (39.70 กรัมต่อกิโลกรัม) ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยในทุกตำรับการทดลอง พบว่า ในสบู่ดำที่อายุ 6 เดือน (22.8 กรัมต่อกิโลกรัม) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าใบสบู่ดำที่อายุ 2 เดือน (14.08 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 26) สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลองที่อายุ 2 และ 6 เดือน มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.68-0.75 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 25) อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบสบู่ดำของตำรับที่มีการปลูกพืชร่วม มีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับควบคุม และตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช สำหรับปริมาณความเข้มข้นของกำมะถันในใบสบู่ดำ ที่อายุ 2 เดือน มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 ตำรับการทดลอง (0.48-0.58 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 27) และที่อายุ 6 เดือน ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมให้ค่าไม่แตกต่างกันเท่ากับ 0.50 กรัมต่อกิโลกรัม แต่สูงกว่าตำรับควบคุม(0.46 กรัมต่อกิโลกรัม) และตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าคลุมดินระหว่างแถวสบู่ดำ (0.46 กรัมต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



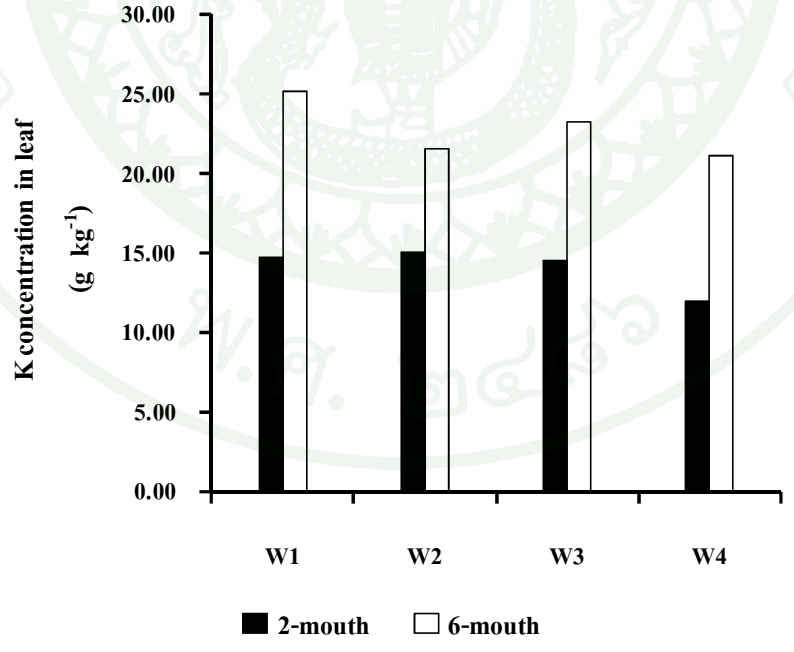
W1 = Control W2 = Mulching W3 = Vertiver grass W4 = Jack been

ภาพที่ 24 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

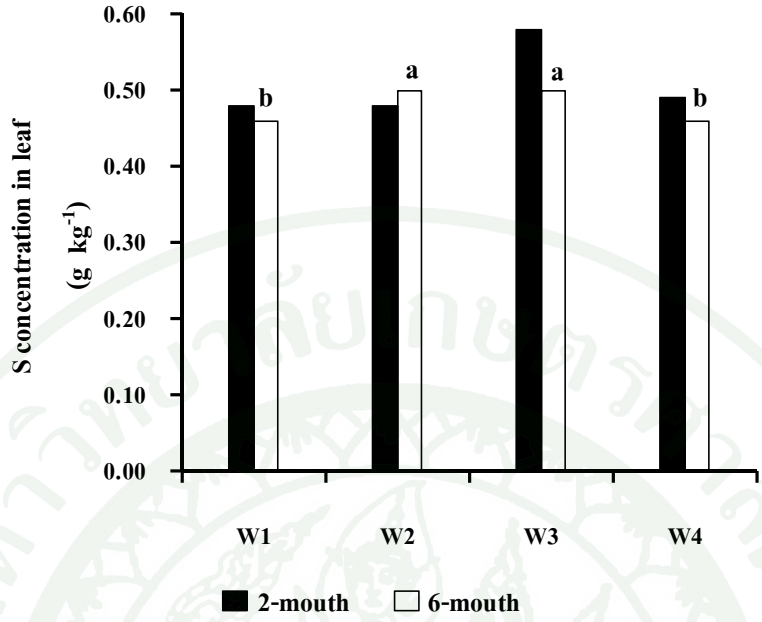


ภาพที่ 25 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน



ภาพที่ 26 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

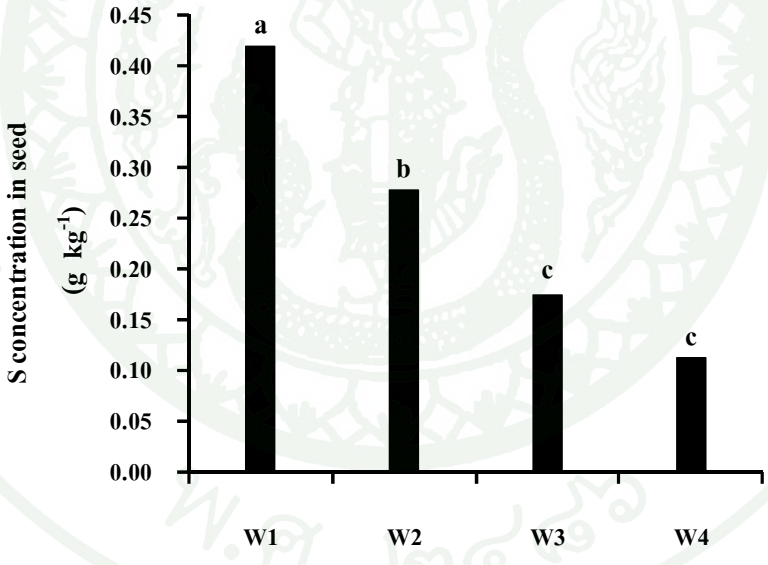


ภาพที่ 27 ความเข้มข้นของธาตุกำมะถันในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน

จากค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำที่เก็บตัวอย่าง ในเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน 2553 พบว่า ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ในเมล็ดในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดอยู่ในพิสัย 30.45-32.03 กรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 4.60-5.60 กรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในพิสัย 11.98-15.93 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดที่ได้จากตำรับควบคุมซึ่งไม่มีการคลุมดินกลับมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 0.42 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 28) สูงกว่าความเข้มข้นในเมล็ดสบู่ดำของตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช (0.28 กรัมต่อกิโลกรัม) ตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วม (0.17 กรัมต่อกิโลกรัม) และตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าร่วม (0.11 กรัมต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมที่พบในเมล็ดให้ค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งสอง โดยในเมล็ดมีค่าความเข้มข้นของแคลเซียมให้ค่าอยู่ในพิสัย 6.70-8.74 และ 3.52-3.78 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำ พบว่า ความเข้มข้นของเหล็กในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับอื่น ๆ (39.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตำรับที่เหลือมีค่าอยู่ในพิสัย 17.25-38.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 13) ขณะที่ความเข้มข้นของสังกะสี พบว่า ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช และตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน ให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันเท่ากับ 34.06 และ 32.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่สูงกว่าตำรับที่ปลูกหญ้าแฝกร่วม และตำรับที่ปลูกถั่วพร้าร่วม (28.84 และ 25.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 13) สำหรับความเข้มข้นของทองแดงมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 ตำรับ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 12.71-15.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที 13) และในตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน และตำรับที่มีการปลูกหญ้าแฝกร่วมมีความเข้มข้นของแมงกานีสใกล้เคียงกันเท่ากับ 74.47 และ 73.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีแนวโน้มสูงกว่าตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชและตำรับที่มีการปลูกถั่วพร้าร่วม (56.29 และ 55.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางผนวกที 13)



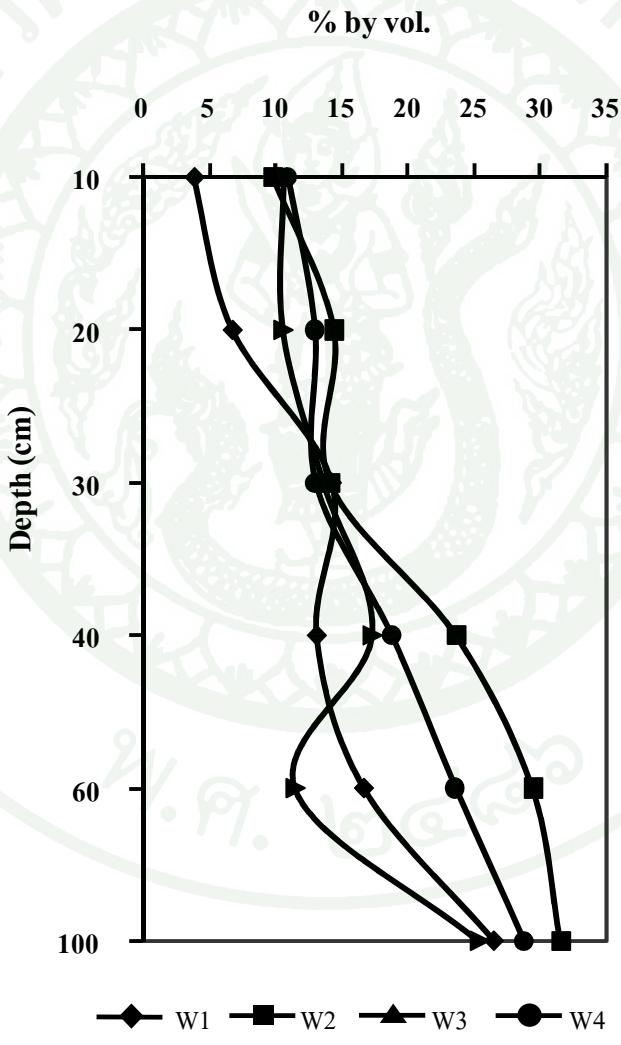
W1 = Control W2 = Mulching W3 = Vertiver grass W4 = Jack been

ภาพที่ 28 ความเข้มข้นของธาตุกำมะถันในเมล็ดสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ลักษณะความชื้นดิน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นเฉลี่ย (ตั้งแต่วันที่ 26 พฤษภาคม ถึง 11 มิถุนายน 2553) ที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร เปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลองต่าง ๆ (ภาพที่ 29) พบว่า ตำรับที่ไม่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้นมีแนวโน้มให้ค่าร้อยละความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าตำรับที่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น แสดงให้เห็นว่า ตำรับที่ไม่คลุมดินหรือไม่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น มีผลทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นไปโดยการระเหยที่ผิวดินร่วมกับการดูดใช้น้ำของสบู่ดำมากกว่าตำรับที่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้น



ภาพที่ 29 ความชื้นดินเฉลี่ยในแต่ละระดับความลึก ตั้งแต่เดือนวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึง 27 มิถุนายน พ.ศ.2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นดินเฉลี่ยในระดับความลึก 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ในทุกตำรับการทดลอง ร้อยละความชื้นดินเฉลี่ยอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.9-14.3 โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.6, 18.1 และ 21.8 โดยปริมาตร ตามลำดับ และมีค่าอยู่ในช่วงความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในระดับความลึกดินดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 9-12 โดยปริมาตร ซึ่งร้อยละความชื้นเฉลี่ยในตำรับที่คลุมดินด้วยเศษพืชจะมีปริมาณสูงสุด มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 9.8-14.5 โดยปริมาตร (ตารางผนวกที่ 14) และในระดับความลึก 30 เซนติเมตร จะมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลอง อยู่ในพิสัยร้อยละ 13.0-14.3 โดยปริมาตร แสดงให้เห็นว่าสบู่ดำที่มีอายุ 11 ถึง 12 เดือน รากพืชส่วนใหญ่อาจดูดใช้น้ำในความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร

ระดับความลึกที่ 40 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณความชื้นดินเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ ในทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 17.3-23.7 โดยปริมาตร (ตารางผนวกที่ 14) ในตำรับที่ไม่มีการจัดการอนุรักษ์ความชื้นดินมีค่าความชื้นดินเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 17.3 โดยปริมาตร และสูงสุดในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช (ร้อยละ 23.7 โดยปริมาตร) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (ร้อยละ 21.8 โดยปริมาตร) และมีค่าอยู่ในช่วงความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในระดับความลึกดินดังกล่าวอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 22-30โดยปริมาตร

ระดับความลึกที่ 60 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณความชื้นดินสะสมเฉลี่ยอยู่ในพิสัย 13.8- 29.5 โดยปริมาตร (ตารางผนวกที่ 14) มีค่าสูงกว่าค่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรทุกตำรับการทดลอง (ร้อยละ 16.31 โดยปริมาตร) ยกเว้นในแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกร่วม ซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับกับร้อยละ 13.8 โดยปริมาตร แสดงให้เห็นว่า รากหญ้าแฝกน่าจะสะสมและดูดใช้น้ำที่ระดับความลึกนี้เป็นส่วนใหญ่ และความชื้นดินเฉลี่ยจะมีค่าสูงที่สุดในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช (ร้อยละ 29.5 โดยปริมาตร) ซึ่งจากค่าความชื้นดินดังกล่าวน่าจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของสบู่ดำดีกว่า

ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ความชื้นเฉลี่ยในตำรับที่มีการคลุมดินจะมีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 28.8-31.6 โดยปริมาตร (ตารางผนวกที่ 14) สูงกว่าระดับความลึกดินอื่น ๆ ที่ทำการเก็บข้อมูล ตำรับที่ไม่มีการคลุมดิน มีความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 26.6 โดยปริมาตร และตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชมีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 31.6 โดยปริมาตร ที่ระดับความลึกดังกล่าวมีค่าความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรเท่ากับ ร้อยละ 16.09 โดยปริมาตร ซึ่งใกล้เคียงกับความชื้นสะสมที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ซึ่งจากลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังกล่าวน่าจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของสบู่ดำดีกว่าเพราะรากสบู่ดำที่มีส่วนในการดูดใช้น้ำอาจจะอยู่ที่ระดับความลึกระหว่าง 60-100 เซนติเมตร ทั้งนี้การแจกกระจายความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตรวมค่อนข้างชัดเจน โดยในแปลงที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืชให้ผลผลิตสูงสุด ขณะที่การสะสมความชื้นเกือบทุกระดับความลึกก็มีปริมาณมากที่สุดเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองจำแนกอยู่ในระดับกลุ่มดินย่อย Ultic Paleustalf เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้งถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งดินมีสีน้ำตาลปนแดง ดินเป็นกรดจัดในดินบนและเป็นกรดจัดถึงเป็นกลางในดินล่าง ค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และสภาพนำน้ำดินที่อิ่มตัวอยู่ในระดับช้ามากถึงช้าปานกลาง และมีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร

จำนวนช่อดอกและช่อดอกที่ติดผลไม่มีความแตกต่างกันภายใต้รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นต่าง ๆ และที่ไม่มีการอนุรักษ์ความชื้น สบู่ดำมีปริมาณการแทงช่อดอกเพิ่มขึ้นทุกเดือนและเริ่มมีปริมาณคงที่ในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 จำนวนช่อดอกสูงสุดพบในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553

จำนวนช่อดอกที่มีการติดผลมีปริมาณคล้ายคลึงกับอัตราการติดช่อดอกในแต่ละเดือน ปริมาณการติดผลของช่อดอกต่อต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และมีปริมาณสูงสุดในเดือนสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553

การคลุมดินด้วยเศษพืชมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 และผลผลิตน้ำมันสูงสุด การปลูกหญ้าแฝกระหว่างแถวสบู่ดำและมีการตัดใบคลุมดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงสุด และการปลูกถั่วพร้าร่วมให้ผลไม่แตกต่างจากการปลูกสบู่ดำโดยไม่มีระบบอนุรักษ์ความชื้น

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบสบู่ดำส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบสบู่ดำที่มีการปลูกปลูกพืชร่วมมีแนวโน้มต่ำกว่าการปลูกสบู่ดำเพียงพืชเดียว การคลุมดินด้วยเศษพืช และปลูกหญ้าแฝกร่วมทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันในใบสูงกว่าการปลูกถั่วพร้าร่วม และการไม่มีรูปแบบการอนุรักษ์ความชื้น ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองในเมล็ดสบู่ดำไม่มีความแตกต่างกันภายใต้รูปแบบการอนุรักษ์ความชื้นต่าง ๆ และภายใต้สภาพที่ไม่มีการอนุรักษ์ความชื้น ยกเว้นในกรณีหลังจะมีความความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดสบู่ดำสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปลงสบู่ดำที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดิน มีปริมาณร้อยละความชื้นเฉลี่ยโดยปริมาตรต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าการปลูกสบู่ดำโดยที่ไม่มีการจัดการด้านการอนุรักษ์ความชื้นมีผลทำให้ดินเกิดการสูญเสียความชื้นไปโดยการการระเหยที่ผิวดินร่วมกับการดูดใช้น้ำของสบู่ดำมากกว่าการปลูกสบู่ดำภายใต้ระบบที่มีการอนุรักษ์ความชื้น โดยการคลุมดินด้วยเศษพืชมีผลทำให้ปริมาณร้อยละความชื้นเฉลี่ยโดยปริมาตรสูงสุด ส่งผลต่อผลผลิตน้ำมันสบู่ดำรวมได้ผลผลิตสูงสุด โดยในระดับความลึก 20 เซนติเมตรลงไป ค่าความชื้นเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงที่สุด ทำให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 และผลผลิตน้ำมันรวมสูงสุด ดังนั้นปริมาณร้อยละความชื้นเฉลี่ยที่ระดับความลึกดิน 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร (ร้อยละ 14.5, 14.2, 23.7, 29.5 โดยปริมาตรตามลำดับ) ในตำรับที่มีการคลุมดินด้วยเศษพืช มีความเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตของสบู่ดำได้ผลผลิตรวมสูงสุด ในดินเนื้อละเอียดปานกลาง สำหรับการปลูกถั่วพร้าคลุมดินไม่เหมาะสมกับการปลูกร่วมกับการปลูกสบู่ดำ เนื่องจากให้ผลผลิตน้ำมันต่ำ ไม่แตกต่างกับการปลูกสบู่ดำโดยไม่มีระบบการอนุรักษ์ความชื้นแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1) การคลุมดินด้วยเศษเหลือของพืช และการปลูกหญ้าแฝกร่วมระหว่างแถวของต้นสบู่ดำ เป็นวิธีการอนุรักษ์ความชื้นดินที่เหมาะสม และสามารถแนะนำให้ใช้ในแปลงสบู่ดำได้ โดยเฉพาะการปลูกในปีแรก อย่างไรก็ตาม การคลุมดินสามารถดำเนินการได้ทันทีหลังการหยอดเมล็ด แต่การปลูกหญ้าแฝกร่วม ควรดำเนินการภายหลังจากที่สบู่ดำงอก และเจริญเติบโตจนมีความสูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร (ประมาณ 2 เดือนหลังหยอดเมล็ด) เพื่อป้องกันการบังแสงของหญ้าแฝกที่มีต่อต้นสบู่ดำ เนื่องจากหญ้าแฝกเจริญเติบโตได้เร็วมากหากดินมีความชื้นเพียงพอ

2) ผลของหญ้าแฝกที่ปลูกระหว่างแถวสบู่ดำ และมีการตัดใบเพื่อนำไปคลุมดินในระยาว ควรมีการศึกษาต่อเนื่อง เนื่องจาก พืชนี้สามารถดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนที่อยู่ลึกภายในหน้าตัดดิน การตัดใบคลุมดินนอกจากจะช่วยอนุรักษ์ความชื้นแล้ว การย่อยสลายของใบหญ้าแฝกน่าจะช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารกลับลงสู่ดิน ทำให้สบู่ดำได้ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารเหล่านี้ได้ในระยะยาว

3) การเลือกใช้พืชตระกูลถั่วคลุมดินอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกสบู่ดำ เนื่องจากเมื่อพืชยุบตัวและย่อยสลาย จะปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนลงสู่ดิน มีผลทำให้สบู่ดำมีการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินในอัตราที่ค่อนข้างสูง ทำให้การติดดอกและผลลดน้อยลงได้ ขณะที่ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ความชื้นก็ไม่ค่อยชัดเจนมากนัก

4) จากการสังเกตพบว่าในช่วงฤดูฝนซึ่งมีปริมาณฝนตกสูง และฝนตกอย่างต่อเนื่อง ต้นสบู่ดำมีการออกดอกที่น้อยมาก พืชสร้างชีวมวลส่วนเหนือดินในปริมาณมาก แต่ผลผลิตเมล็ดลดลง ดังนั้น จึงน่าจะมีมาตรการ เช่น การตัดแต่งกิ่งก่อนเข้าสู่ฤดูฝน เพื่อลดการเจริญเติบโตทางเรือนยอดที่มากจนเกินไป ทำให้เกิดการบดบังแสง ส่งผลให้ต้นสบู่ดำมีการออกดอกน้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **นานาสาระ "สบู่ดำ"**. แหล่งที่มา: http://www.Thepoodang.com/pdf., 15 พฤษภาคม 2553.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. **บริการข้อมูลสถิติย้อนหลัง**. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/index.php., 18 พฤษภาคม 2554.

เกษม จันทร์แก้ว. 2515**. อุทกวิทยาลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

โกศล เจริญสม. 2549. **การสำรวจศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติของสบู่ดำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรงเทพฯ.

ขวัญชัย เดชอุปการ. 2552. **การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จเร สดากร. 2527. สบู่ดำพืชศักยภาพสูงเพื่อพลังงานทดแทนของประเทศไทย. **วารสารวิชาการเกษตร** 1: 67-71.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชำนาญ ฉัตรแก้ว, ทวี เก่าศรี, กิตติเดช โพธิ์นิยม และ ประโยชน์ ตันติเจริญยศ. 2549. **"สบู่ดำ" พืชพลังงาน**. สมาคมนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสต์

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2541. **สรีรวิทยาของการผลิตพืช.** เอกสารคำสอนวิชา 003451 สรีรวิทยาของการผลิต. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2542. **อุทกวิทยาดินลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2550. โรคของต้นสบู่ดำ, น. 41-48. *ใน* **โครงการสัมนาวิชาการ เรื่อง "การประชุมวิชาการสบู่ดำแห่งชาติโครงที่ 1". โครงการเคยูไบโอดีเซล**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรงเทพฯ.

นิรนาม. 2526. **คำแนะนำเกี่ยวกับการปลูกสบู่ดำ**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

บริษัท บางจากปิโตรเลียม. 2552. **วัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล**. ไบโอดีเซล. แหล่งที่มา: http://www.bangchak.co.th/th/Biodiesel-Detail.aspx?did=34, 17 มีนาคม 2554.

พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2549. **สบู่ดำเพื่อไบโอดีเซล.** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พินิจ จันทร. 2552. **สบู่ดำหิน สุดยอดพืชน้ำมันสายพันธุ์ใหม่**. บริษัท ออฟเซ็ท จำกัด, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระพีพันธ์ ภาสบุตร และ สุขสันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2525. **ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลล์.** กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วิชา นิยม. 2535. **อุทกวิทยาป่าไม้**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

วิฑูรย์ ใจผ่อง. 2551. **การศึกษารูปแบบวิธีการปลูกและระยะปลูกที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ชิณะวงศ์. 2548. ไบโอดีเซลและโอกาสของสบู่ดำ, น. 26-34. *ใน* **เอกสารการสัมมนาวิชาการ**. บริษัทมติชน จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สมบัติ ชิณะวงศ์. 2549. **สบู่ดำ การปลูกและการสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม กำแพงแสน, นครปฐม.

อมลรัตน์ เลี่ยมตระกูลพานิช. 2544. **ความผันแปรของค่าความชื้นดินในป่าเบญจพรรณที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรถพล รุกขพันธ์, ลิลลี่ กาวีต๊ะ และ รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2553. ความสัมพันธ์ของลักษณะการเติบโตบางประการต่อผลผลิตของสบู่ดำโคลนพันธุ์ดี, น. 118-125. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48.** วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542. **การสำรวจดิน: มโนทัศน์หลักการและเทคนิค.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. **คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 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.

Agaceta, L.M., P.U. Dumag, J.A. Atolos and F.C. Bandiola. 1981. Studies on the control of snail vectors of fasciolasis. Molluscicidal activity of some indigenous plants. **National Science Development Board (NSDB). Technol. J. (Philippines)** 6: 30-34.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements**,** pp. 56. *In* **FAO Irrigation and Drainage**. Rome: food and Agriculture Oganization of the United Nations (FAO).

Baruti, I. and K. P. S. Gray. 2007. Africa, seed, and biofuel. **Multidisciplinary Res**. 1: 1-6.

Baver, L.D., W.H. Gardner and W. R. Gardner. 1972. **Soil Physics**. John Wiley & Sons. Inc., New York.

Biswas, S., N. Kaushik and G. Srikanth. 2006. Biodiesel: technology and business opportunities: an insight, pp.303-330. *In* B. Singh, R. Swaminathan and V. Ponraj, eds. **Proceedings of the Biodiesel Conference toward Energy Independence: Focus of Jatropha**, June 9–10, 2006. Hyderabad, New Delhi, India.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed., Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.

Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification.** The Iowa State Univ. Press., Amer. Iowa.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Delgado Montoya, J.L. and E. Parado Tejeda. 1989. Potential multipurpose agroforestry crops identified for the Mexican Tropics, pp. 166-173. *In* G.E. Wickens, N. Haq, P. Day, eds. **New Crops for Food and Industry**. Chapman and Hall, London.

Diallo, N. 1994. Trees and hedges in the agricultural systems in Faranah prefecture. **Flamboyant** 31: 24-29.

Donahue, R.L., J.C. Shickluna and L.S. Robertston. 1971. **Soils and Introduction to Soil and Plant Growth.** Prentice-Hall, New Jersey.

Duke, J.A., 1985. **CRC Handbook of Medicinal Herbs**. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.

ESI Environmental Sensors, Inc. 1999. **Enchanced Time Domain Reflectometry**. Moisture PointTechnology. Available Source: http://www.envsens.com/products/moisture/mpoint/faq.html, December 21, 2009.

Fangmeier, D.D., W.J. Elliot, R.S. Workman, R.L. Huffman and G.O. Schwab. 2006. **Soil and Water Conservation Engineering**. 5th ed., n.p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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. **BioresourceTechnology** 58: 77–82.

Francis, G., Edinger R., and Becker K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Nat. Resource Forum** 29: 12-24.

Heller, J. 1996. **Physic Nut *(Jatropha curcas* L.) Promoting the Conservational and use of Underutilized and Neglected Crop**. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.

Heller, J. 1998. **Environmental Soil Physics.** Academic Press, New York.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemistry Analysis: Advanced Courses**. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

Joker, D. and Jepsen, J. 2003**.** ***Jatropha curcas*** **L., Seed Leaflet**. Danida Forest Seed Centre, Denmark. Availabl Source: http://www.dfsc.dk/pdf/Seedleaflets/jatropha_curcas_83.pdf, May 25, 2010.

Jones, N. and J.H. Miller. 1991. *Jatropha curcas*-a multipurpose species for problematic sites. **Land Resources Series** 1: 1-12.

Jones, N. and J.H. Miller. 1997. ***Jatropha curcas*****: a multipurpose speicies for ploblematic site**. Washington, DC, USA: The World Bank.

Kaushik, N. And S. Kumar. 2004. ***Jatropha curcas*** **L. Silviculture and Uses**. Agrobios (India), Jodhpur.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Klute, A. 1986. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part l**: **Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Kobilke, H. 1989. **Untersuchungen zur Bestandesbegrundung von Purgiernub (*Jatropha curcas* L.)**. Diploma Thesis. University Hohenheim, Stuttgart, Germany.

Kumar, A. and S. Sharma. 2008. **An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review**. Centre for Rural Development & Technology. Indian Institute of Technology Delhi. Hauz Khas, India.

Kumar, A. and S. Sharma. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial Crops and Products28:** 1-10.

Lal, R. and M. K. Shukla. 2004. **Principles of Soil Physics**. Marcle Dekker, Inc., New York.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Ministry of Agri. and Coop., Bangkok.

Landon, J.R. 1991. **Booker Tropical Soil Mannual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropics and Subtropics.** John Wiley & Son, Inc., New York.

Lele, S. 2005. **The Cultivation of *Jatropha curcas***. Available Source: http://www.svlele.com/ jatropha_ plant.html, June, 16, 2553.

Lgwe, C.A., F.O.R. Akamigbo and J.S.C. Mbagwu. 1999. Chemical and mineralogical propertirs of soil in southeastern Nigeria in relation to aggregate stability. **Geoderma** 92: 111-123.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test of zinc, iron, manganese and copper. **Am. Sci.** 42: 421-428.

Makkar, H. PS., 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.

Miller, D.H. 1997. **Water at the Surface of the Earth: An Introduction to Ecosystem Hydrodynamics.** Academic Press, Inc., New York.

National Soil Survey Center . 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey Invest. Rept. No 42, Version 3.0. U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

O'Neal, A.M. 1952. **Pedology**. George Allen and Unwin Ltd., London (translation from French).

Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy** 19:1–15.

Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc.,Madison, Wisconsin.

Praveen, V. 2008. **Jatropha Agro-technicial Options&Economic Increase for Sustainable Feedstock Production. (Computer Program).** Jatropha Conference world. Centre for Management Technology. Jakarta, Indonesia.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Riyadh, M. 2002. **The cultivation of *Jatropha curcas* in Egypt**. Undersecretary of State for Forestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation.

Sampson, A.W. 1952. **Range Management: Principle and Practice.** John Wiley and Sons, Inc., New York.

Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Scott, H.D. 2000. **Soil Physics: Agricultural and Environmental Applications**. Iowa State University Press, USA.

Singer, M.J. and D.N. Munns. 1987. **Soil and Introduction**. Macmillan Publishing Company, a Division of Macmillan, Inc., USA.

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, eds. **Proceedings of the Biodiesel Conference toward Energy Independence: Focus of Jatropha**, Hyderabad, India, June 9–10, 2006. June 9–10, 2007. Hyderabad, New Delhi, India.

Smith, K.A. and C.E. Mulins. 2001. **Soil and Environmental Analysis**. M. Dekker, New York.

Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy**: **A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. 2nd ed. USDA, U.S. Government Printing Office, Washington, DC**.**

Soil Survey Division Staff. 2010. **Soil Survey Manual.** U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 18.U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sudheer, S. 2008. **Biotechnology for Improved Planting Material and Planttation (Computer Program)**. Jatropha Conference World. Centre for Management Technology. Jakarta, Indonesia.

Sukurai, K., V. Tanpiban, K. Muangni, B. Phuriyahor, S. Arki, T. Naganawa, G. Iwatsubo, T. Attanandana and B. Prachaiyo. 1991. Change in soil moisture and temperature, pp. 267-279. *In* K.Yoda and P. Sahunaly eds**. Improvement of Biological Productivity of Tropical Wasteland in Thailand**. Department of Biology, Osaka University, Japan.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.** SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Thomson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility**. 4th ed. Mcgraw-Hill Inc., New York.

Topp, G.C. 1993. Soil water content, pp. 541-557. *In* M.R. Carter, ed. **Soil Sampling and Methods of Analysis.** Lewis Publishers, Boca Rotan.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.

Warrick, A.W. 2002. **Soil Physics Companion**. CRC Press, New York.

Wiesenhutter J. 2003. **Use of the Physic Nut (*Jatropha curcas L.*) to Combat Desertification and Reduce Poverty.** Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Germany.

William A.J. and R. Horton. 2004. **Soil Physic.** Hoboken, Josh Wiley, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SOIL PROFILE DESCRITION

I Information on the site

Profile symbol	:	JPW
Classification	:	Ultic Paleustalf
Date of examination	:	20st October 2009
Described by	:	Somchai Anusontpornperm, Supicha Thanachit, Chatchai Warrawetmongkol, Walailak Saikaew, Sumrit Riyapan, Nantita Deeyai, Jittirat Choochat, Nipat Tanhimmal, Pahol Ruksumruad
Location	:	Kanchanaburi Research Station; Ban Nong Sampran, Tambon Wang Dong, Amphoe Muang, Changwat Kanchanaburi
Elevation	:	Approximately 76.8 m (MSL)
Map sheet number	:	4937III, Co-ordinate: 47P 535142 UTM: 1561440
Landform		
1. Physiographic position	:	Dissected erosional footslope
2. Surrounding landform	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	2% (aspect: 280° Azimuth)
Land use	:	Used for growing cassava before setting up the trial
Annual rainfall	:	Approximately 1,026.5 mm
Mean temperature	:	Approximately 27.7°C
Climate	:	Tropical savannah
Others	:	-

II General information on the soil

Parent material	:	Local alluvium and colluviums of slate and quartzite
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	Deeper than 2.0 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-18	Dark reddish brown (5YR 3/2); loam; strong medium and coarse subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common very fine vesicular fine and medium simple tubular pores; common very fine and fine root; few small and medium holes of termite nest, many traces dead root; slightly acid (field pH 6.5); gradual, smooth boundary to Ap2
Ap2	18-34	Dark reddish brown (5YR 3/3); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; many very fine, few fine vesicular and few fine simple dendritic pores; many very fine, fine and common roots; few small and medium holes of termite nest, many traces dead roots and some decayed litters; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Bt1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt1	30-51	Reddish brown (5YR 4/4); clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, fine and medium roots; common small, few medium and large holes of termite nest few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	51-71	Yellowish red (5YR 4/6); clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds; very few fine semi-angular gravel of fresh quartz; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few large krotovinas along the horizon; few fine and medium holes of termite nest few traces of dead root; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	71-100	Reddish brown (2.5YR 4/4); clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds; meny very fine, common fine vesicular and few very fine simple tubular pores; common very fine and many fine roots; few traces of dead roots, few small and large holes of termite nest; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt4
Bt4	100-122	Red (2.5YR 4/6); clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds; few small krovinas; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine and many fine roots; few traces of dead roots, few small holes of termite nest ; neutral (field pH 7.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	122-146	Red (2.5YR 4/8) (60%) mixed with dark yellowish brown (10R 4/6) (40%); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common prominent clay coating on faces of peds; few spots of organic material accumulation; common very fine vesicular pores; common very fine and many fine roots; common traces of dead roots, few small holes of termite nest; neutral (field pH 7.0); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	146-172	Red (10R 4/8) (60%) mixed with reddish brown (5YR 4/4) (35%) mixed dark reddish brown (5YR 3/2) (5%); clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common prominent clay coating on faces of peds; few very fine vesicular and very few fine simple tubular pores; common very fine and many fine roots; few traces of dead roots, common fine spots of organic material accumulation; neutral (field pH 7.0). gradual, smooth boundary to Bt7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt7	172-200+	Black (5YR 2.5/1) (5%) mixed with red (2.5YR 4/8) (35%) mixed with brow (7.5YR 4/4) (60%); clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common prominent clay coating on faces of peds; few fine lime nodules, few Fe-clay balls few fine Fe-Mn oxide spot; few very fine vesicular pores, few very fine and common fine roots; common fine spot of organic material accumulation; neutral (field pH 7.0).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนที่ทำการศึกษา

Depth	Horizon	Particle size distribution ($g\ kg^{-1}$)			Textural Class[1/]	Bulk density	Water content (%)		Ksat
							At-33	At-1500	
(cm)		Sand	Silt	Clay		($Mg\ m^{-3}$)	(---------kPa---------)		$cm\ hr^{-1}$
0 - 18	Ap1	222	578	200	SIL	1.61	30.97	18.62	2.71
18 - 30	Ap2	287	480	233	L	1.52	27.33	18.14	2.89
30 - 51	Bt1	216	550	234	SIL	1.79	30.46	21.75	2.71
51 - 71	Bt2	208	536	256	SIL	1.67	27.69	16.31	1.95
71 - 100	Bt3	196	542	262	SIL	1.53	23.09	15.01	1.94
100 - 122	Bt4	169	523	308	SCL	1.58	23.55	17.16	0.36
122 -146	Bt5	155	538	307	SCL	1.59	25.49	12.57	0.02
146 - 172	Bt6	158	521	321	SCL	1.64	25.56	12.91	0.04
172 - 200+	Bt7	164	525	311	SCL	1.57	25.24	14.74	0.01

หมายเหตุ 1/ Textural Class

SIL = Silt loam

L = Loam

SCL = Silty clay loam

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนที่ทำการศึกษา

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Available P	Available K	Extractable bases				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS
								Ca	Mg	K	Na			by sum	NH_4OAc	
(cm)		H_2O	KCl	(---------g kg^{-1}-------)		(------mg kg^{-1}------)		(----------cmol$_c$ kg^{-1} ----------)								(%)
0 - 18	Ap1	5.2	4.5	8.85	0.91	18.59	46.6	4.34	0.82	0.12	0.24	5.52	5	10.5	4.5	52.5
18 - 30	Ap2	5.1	4.2	4.10	0.91	4.52	54.9	4.36	0.72	0.14	0.21	5.43	9	14.4	4.5	37.6
30 - 51	Bt1	5.1	4.5	8.54	0.70	1.11	26.0	4.68	0.37	0.06	0.19	5.3	9	14.2	5.0	37.3
51 - 71	Bt2	5.1	4.8	6.66	0.63	1.11	27.2	6.99	0.42	0.07	0.21	7.69	7	14.7	3.8	52.4
71 - 100	Bt3	5.6	5.2	6.57	0.63	1.11	26.2	5.52	0.33	0.07	0.21	6.13	6	12.1	4.0	50.5
100 - 122	Bt4	6.1	4.8	6.70	0.91	0.65	30.0	8.46	0.46	0.07	0.24	9.23	6	15.2	4.3	60.6
122 -146	Bt5	6.2	5.2	4.72	0.56	0.65	32.1	9.86	0.44	0.08	0.22	10.6	6	16.6	4.3	63.9
146 - 172	Bt6	6.7	5.9	3.35	0.56	1.11	33.8	10.18	0.37	0.08	0.24	10.87	8	18.9	4.3	57.6
172 - 200+	Bt7	7.1	6.2	1.67	0.56	0.65	36.2	9.52	0.33	0.09	0.21	10.15	7	17.0	4.3	59.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำฝนย้อนหลังจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2552 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554)

	Total rainfall (mm)	
month	2007	2008
January	14	0.9
February	0	161.3
March	1.8	88.9
April	170.7	71.7
May	306.6	53.1
June	95.5	192.8
July	139.8	140.1
August	76.3	103.7
September	106.9	191.5
October	147.3	231.5
November	32.8	89.3
Sum	1091.7	1324.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณน้ำฝนรวมในบริเวณที่ทำการศึกษา ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

	Total rainfall (mm)	
month	2009	2010
January	-	0.0
February	-	146.5
March	-	73.9
April	-	56.4
May	-	64.7
June	-	0.0
July	89.4	-
August	91.3	-
September	65.9	-
October	174.5	-
November	9.7	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 จำนวนช่อดอกในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ของแต่ละตำรับการทดลอง

	Number of influorescence per plant									
Treatment	Oct-09	Nov-09	Dec-09	Jan-10	Feb-10	Mar-10	Apr-10	May-10	Jun-10	Mean
W1	0.69	4.60	6.19	7.13	8.52	15.48	12.1	4.33	1.42	6.72
W2	0.58	2.92	5.46	7.00	9.00	15.44	12.46	1.52	1.13	6.17
W3	0.60	3.08	6.54	6.94	7.92	15.31	15.31	1.77	1.58	6.56
W4	0.65	2.75	4.35	7.31	6.52	16.29	11.65	3.58	0.90	6.00
Mean	0.63	3.34	5.64	7.10	7.99	15.63	12.88	2.80	1.26	

ตารางผนวกที่ 6 จำนวนช่อดอกที่ติดผลในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2553 ของแต่ละตำรับการทดลอง

	Number of capsule cluster plant								
Treatment	Nov-09	Dec-09	Jan-10	Feb-10	Mar-10	Apr-10	May-10	Jun-10	Mean
W1	0.15	4.10	7.00	7.13	4.44	16.40	13.60	11.98	8.10
W2	0.21	2.77	6.79	7.00	6.88	17.58	13.71	9.42	8.05
W3	0.06	2.44	6.06	6.94	4.92	16.23	10.38	8.81	6.98
W4	0.29	2.21	5.85	7.31	4.02	14.27	13.56	12.23	7.47
Mean	0.18	2.88	6.43	7.10	5.07	16.12	12.81	10.61	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำที่ของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

	Number of seed per capsule					
Treatment	Feb	Mar	Apr	May	Jun	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

Remark: C.V. (%) = coefficient of variation, ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT = no statistical difference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักเมล็ดต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 ของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

	Seed yield at 15% moisture content (kg rai^{-1})					
Treatment	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Sum
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	39.71	29.66	29.97	16.14	29.77	145.3
W4	42.77	30.45	24.51	7.57	27.47	132.8
F-test	-	-	-	-	-	ns
C.V.(%)	-	-	-	-	-	19.7

Remark: C.V. (%) = coefficient of variation, ns = no statistical difference

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่ความชื้นร้อยละ 15 ของแต่ละตำรับ ประจำเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

	Seed yield at 15% moisture content (g plant^{-1})					
Treatment	Feb	Mar	Apr	May	Jun	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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ร้อยละโดยน้ำหนักของเปลือกเมล็ด น้ำหนักเนื้อในเมล็ด น้ำมันในเนื้อในเมล็ด และน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำที่มีความชื้นร้อยละ 15

Treatment	Seed coat	Seed cake	Total oil in seed cake	Total oil in seed
	(----------%----------)			
W1	38.4	61.6	53.9	33.2
W2	36.5	63.5	47.0	29.8
W3	25.2	74.8	49.8	37.3
W4	44.0	56.0	44.1	24.7

ตารางผนวกที่ 11 ผลิตน้ำมันของสบู่ดำของแต่ละตำรับ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

	Oil yield (kg rai^{-1})					
Treatment	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Sum
W1	11.2	6.6	6.6	3.8	9.4	37.6c
W2	17.0	10.5	11.2	4.2	11.6	54.5a
W3	13.6	10.1	10.2	5.5	10.8	50.2ab
W4	9.6	6.9	5.5	1.7	6.2	29.9c
F-test	-	-	-	-	-	*
C.V. (%)	-	-	-	-	-	18.1

Remark: ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, * = statistical difference at 95% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างใบสบู่ดำที่อายุ 2 และ 6 เดือน

Treatment	N		P		K		S	
	2[1/]	6[1/]	2[1/]	6[1/]	2[1/]	6[1/]	2[1/]	6[1/]
	(----------g kg^{-1}---------)							
W1	42.2	33.8	1.0	0.7	14.7	25.2	0.5	0.46b
W2	40.6	34.0	0.8	0.8	15.1	21.6	0.5	0.50a
W3	38.6	32.1	0.7	0.6	14.5	23.3	0.6	0.50a
W4	37.4	30.7	0.5	0.6	12.0	21.1	0.5	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

Remark: ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, * = statistical difference at 95% level of confidence

[1/] month

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำ

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
	(----------g kg^{-1}----------)						(----------mg kg^{-1}----------)			
W1	32.03	5.40	15.93	8.74	3.56	0.42a	38.24	32.76a	15.63	74.47
W2	30.45	4.60	12.67	7.41	3.60	0.28b	39.34	34.06a	13.60	56.29
W3	30.54	5.60	11.98	7.19	3.52	0.17c	19.88	28.84ab	12.71	73.06
W4	31.24	4.80	12.17	6.70	3.78	0.11c	17.25	25.59b	13.63	55.56
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	ns	ns
%CV	11.80	12.70	36.00	25.90	8.40	29.30	32.60	12.50	20.70	27.60

Remark: ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ร้อยละความชื้นดินที่ระดับความลึก 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร ในแต่ละตำรับการทดลอง ที่วัดโดยด้วยอุปกรณ์วัดความชื้น TDR (Time Domain Reflectometer)

Treatment	Soil moisture content (% by vol.)					
	Soil depth (cm)					
	10	20	30	40	60	100
25 May 2010						
W1	4.2	7.0	14.8	13.5	14.3	27.2
W2	13.7	11.4	13.5	21.6	24.7	33..2
W3	12.9	9.7	12.9	17.5	13.8	30.0
W4	10.9	14	12.7	16.2	21.3	28.1
30 May 2010						
W1	4.7	7.2	15.0	13.5	14.4	26.7
W2	9.8	16.6	14.1	24.1	30.7	31.2
W3	9.9	10.0	12.7	17.2	13.7	30.0
W4	10.8	13.3	13.5	19.5	24.2	28.7
6 June 2010						
W1	0.1	5.4	11.3	12.4	14.1	27.0
W2	5.0	13.9	14.1	24.2	25.9	31.5
W3	7.3	9.0	12.4	17.1	12.9	29.7
W4	7.4	11.2	12.3	19.0	24.2	28.6
13 June 2010						
W1	5.1	6.8	14.5	12.8	29.9	21.6
W2	10.1	14.7	14.2	23.9	31.0	31.0
W3	9.3	9.1	12.1	16.4	13.2	30
W4	10.9	12.6	12.4	19.0	23.9	28.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

ตำรับ	Soil moisture content (% by vol.)					
	Soil depth (cm)					
	10	20	30	40	60	100
20 June 2010						
W1	4.0	6.9	14.6	13.1	13.7	26.8
W2	9.4	13.9	14.3	23.9	30.9	30.8
W3	10.1	9.3	12.0	16.5	12.8	29.9
W4	11.8	12.6	13.2	19.3	24.0	28.8
27 June 2010						
W1	5.3	7.4	15.5	13.6	13.9	27
W2	11.0	16.3	14.8	24.4	33.5	31.6
W3	14.8	16.7	19.9	19.3	16.6	32.8
W4	13.9	14.2	14.1	19.6	24.0	29.5
Average						
W1	3.9	6.8	14.3	13.2	16.7	26.6
W2	9.8	14.5	14.2	23.7	29.5	31.6
W3	10.7	10.6	13.7	17.3	13.8	30.4
W4	11.0	13.0	13.0	18.8	23.6	28.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

คำเรียกทั่วไป	ลักษณะเนื้อดิน	ชั้นเนื้อดินต่าง ๆ (texture classes)
ดินทราย (sandy soils)	เนื้อหยาบ (coarse textured)	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายละเอียดมาก) ทรายปนดินร่วน ชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และทรายละเอียดมากปนดินร่วน)
ดินร่วน (loamy soils)	เนื้อดินหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured)	ดินร่วนปนทรายหยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด
	เนื้อปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้งและดินเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน (นงคราญ, 2529)

ระดับ (rating)	พิสัย ($Mg\ m^{-3}$)
ต่ำมาก	<1.2
ต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	>2.0

ตารางผนวกที่ 17 ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำดินขณะอิ่มตัว (O'Neal, 1952)

ระดับชั้น	พิสัย ($cm\ hr^{-1}$)
ช้ามาก (very slow)	< 0.125
ช้า (slow)	0.125-0.50
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.50-2.00
ปานกลาง (moderate)	2.00-6.25
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.25-12.50
เร็ว (rapid)	12.50-25.00
เร็วมาก (very rapid)	> 25.00

ตารางผนวกที่ 18 เกณฑ์การแบ่งระดับความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (Landon, 1991)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	< 12
ปานกลาง (M)	12 - 18
สูง (H)	> 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 2010)

1. พีเอชของดิน (Soil pH) (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	> 9.0

2. อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย ($g\ kg^{-1}$)
ต่ำมาก (VL)	< 5
ต่ำ (L)	5-10
ค่อนข้างต่ำ (ML)	10-15
ปานกลาง (M)	15-25
ค่อนข้างสูง (MH)	25-35
สูง (H)	35-45
สูงมาก (VH)	> 45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
สูง (H)	5.0-7.5
สูงมาก (VH)	> 7.5

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 30
ต่ำ (L)	30-60
ปานกลาง (M)	60-90
สูง (H)	90-120
สูงมาก (VH)	> 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย ($cmol_c\ kg^{-1}$)				
	extr.Ca	extr.Mg	extr.K	extr.Na	extr.bases
ต่ำมาก (VL)	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 2.6
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 31.2

หมายเหตุ

VL = ต่ำมาก (Very low)

L = ต่ำ (Low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)

M = ปานกลาง (Moderate)

MH = ค่อนข้างสูง (Moderately high)

H = สูง (High)

VH = สูงมาก (Very low)

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

ระดับ (rating)	พิสัย ($cmol_c\ kg^{-1}$)
ต่ำมาก (VL)	<3
ต่ำ (L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)	5-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-20
สูง (H)	20-30
สูงมาก (VH)	>30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	<35
ปานกลาง (M)	35-75
สูง (H)	>75

ตารางผนวกที่ 20 เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดที่สกัดได้

ระดับ (rating)	พิสัย ($cmol_c\ kg^{-1}$)
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0-2.0
ปานกลาง	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง	5.0-10.0
สูง	10.0-20.0
สูงมาก	>20.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ–นามสกุล	นายฉัตรชัย วรเวทย์มงคล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 มกราคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	อุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยนักวิจัยโครงการเคยู-ไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553-2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์