ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส

Response of Jatropha to Chemical Fertilizer, Compost and Additional Phosphorus

นามผู้วิจัย นางสาวกัญญารัตน์ ท้าวทา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภิณา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส

Response of Jatropha to Chemical Fertilizer, Compost and Additional Phosphorus

โดย

นางสาวกัญญารัตน์ ท้าวทา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัญญารัตน์ ท้าวทา 2556: การตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 120 หน้า

การศึกษาผลของการตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส ดำเนินการในสถานีวิจัยกาญจนบุรี ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการปุ๋ย และการให้ผลผลิตเมล็ดและน้ำมันของสบู่ดำที่ปลูกบนดิน Ultic Paleutalf เริ่มศึกษาเมื่อสบู่ดำมีอายุย่างเข้าปีที่ 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) และเมื่อสบู่ดำมีอายุย่างเข้าปีที่ 3 เปลี่ยนแผนการทดลองเป็นแบบ Split Plot in Randomized Complete Block ประกอบด้วยแปลงหลัก (main plot) เหมือนกับในปีก่อนหน้า ได้แก่ ตำรับควบคุมไม่มีการใส่ปุ๋ย (T1) ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T2) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T3) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่แบ่งใส่ 2 ครั้ง (T4) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (T6) ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่แบ่งใส่ 2 ครั้ง (T7) และปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T8) แปลงย่อย (Sub plot) ประกอบด้วย ไม่มีการใส่ฟอสฟอรัส (P_2O_5) เพิ่มเติม (P0) และใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (P1) เก็บข้อมูลสบู่ดำ เช่น ปริมาณช่อดอก ช่อดอกที่ติดผล ผลผลิตเป็นรายเดือนและปริมาณน้ำมัน รวมถึงวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและเมล็ดของสบู่ดำ

ผลการศึกษา พบว่า สบู่ดำจะเริ่มติดช่อดอกตั้งแต่เดือนกรกฎาคมของทุกปีและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยจะเพิ่มสูงในเดือนเมษายนและลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนมิถุนายน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการติดผลของช่อดอกสบู่ดำโดยสบู่ดำจะเริ่มติดผลเมื่อติดดอกไปแล้วประมาณ 1 เดือน สำหรับผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 สำหรับสบู่ดำอายุ 2 ปี มีแนวโน้มสูงกว่าในสบู่ดำอายุ 3 ปี ในทุกตำรับการทดลอง (เฉลี่ย 2,457.6 เปรียบเทียบกับ 949.7 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) สบู่ดำอายุ 2 ปีมีแนวโน้มผลผลิตน้ำหนักสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสบู่ดำอายุ 3 ปีตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ดีที่สุด การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัม (P_2O_5) ต่อไร่เช่นเดียวกับการเพิ่มธาตุนี้ร่วมกับการจัดการปุ๋ยมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดสูง แต่ไม่ทำให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยของสบู่ดำในทั้ง 2 ปีแตกต่างกัน การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำต่ำสุดในทั้งสองปีที่ทำการศึกษา การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 76.9 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับสบู่ดำอายุ 2 ปี แต่ใกล้เคียงกับผลผลิตน้ำมันที่ได้เท่ากับ 76.0 และ 75.2 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตราเดียวกันตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 ในอัตราสูง และเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยหมักกลับให้ผลผลิตน้ำมันต่ำไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ อิทธิพลของปุ๋ยที่ใส่ส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำและเมล็ดสบู่ดำ

_____ _____ ___/___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kanyarat Taota 2013: Response of Jatropha to Chemical Fertilizer, Compost and Additional Phosphorus. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somchai Anusontpornperm, Ph.D. 120 pages.

A study on the response of jatropha to chemical fertilizer, compost and additional phosphorus was conducted in Kanchanaburi Research Station, Wang Dong subdistrict, Muang district, Kanchanaburi province in order to investigate the relationship between fertilizer management pattern, seed and oil yields of Jatropha grown on an Ultic Paleutalf. The study began when jatropha entered the second year of growth using Randomized Complete Block Design (RCBD) for the experiment and at the beginning of the third year the design was changed to Split Plot in Randomized Complete Block Design. Main plot of the third year was similar to the previous year comprising control with no fertilization (T1), compost (T2), 15-15-15 fertilizer at the rate of 50 kg rai^{-1} (T3), 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg rai^{-1} equally split application (T4), 15-15-15 fertilizer at the rate of 50 kg rai^{-1} plus compost (T5), 8-24-24 fertilizer at the rate of 50 kg rai^{-1} (T6), 8-24-24 fertilizer at the rate of 100 kg rai^{-1} equally split application (T7), and 8-24-24 fertilizer at the rate of 50 kg rai^{-1} plus compost (T8). All compost involved treatments were applied with compost at the rate of 1,000 kg rai^{-1}. Subplot was composed of no addition of phosphorus (P0) and addition of 16 kg kg P_2O_5 rai^{-1} (P1). Data collection included numbers of inflorescence and capsule cluster, monthly seed yield and total oil yield. Plant nutrients concentration in leaf and seed was also analyzed.

Results showed that jatropha started to produce inflorescence in July of both years and the numbers steadily increased and then peaked in April. After the peaked month, the numbers decreased drastically in June. Capsule cluster was produced a month after the presence of inflorescence and showed the same trend as of inflorescence. Average seed yield at 15% moisture content for two-year old jatropha tended to be higher than that of three-year old for all treatments (2,457.6 compared to 949.7 kg rai^{-1}). Two-year old jatropha tended to give the highest seed yield when applied with 8-24-24 fertilizer at the rate of 100 kg rai^{-1} while the seed yield of three-year old jatropha responding the best to the application of 15-15-15 fertilizer at the same rate. Additional phosphorus at the rate of 16 kg (P_2O_5) rai^{-1} as well as this addition together with fertilizer management tended to give high yield but it was not different in the average number of seed per capsule in both years. No fertilization gave the lowest seed yield in both years. The application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg rai^{-1} tended to give the greatest oil yield of 76.9 kg rai^{-1} for two-year old jatropha which was nearly the same as the oil yields of 76.0 and 75.2 kg rai^{-1} when applied with 8-24-24 fertilizer at the rate of 50 kg rai^{-1} and 15-15-15 fertilizer at the same rate, respectively. However, the higher rate of 8-24-24 fertilizer applied soely and with compost tended to give unsatisfactorily low oil yields. Most fertilizers applied showed no effect on nutrients concentration in leaf and seed.

/ /

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียน การวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาชี้แนะที่เป็นประโยชน์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พิชิต พงษ์สกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ และรองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาชี้แนะ และช่วยเหลือทั้งในด้านการเรียนและการตรวจทานวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ใช้พื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาปฐพีวิทยาที่ให้การช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการและคำแนะนำที่มีประโยชน์ ขอขอบคุณพี่กรรณิการ์ เพ็ชรมาก เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ภาควิชาปฐพีวิทยาที่ให้การช่วยเหลือ คำแนะนำที่มีประโยชน์และมีมิตรภาพที่ดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ นายโผน-นางนงคราญ ท้าวทา บิดาและมารดาของข้าพเจ้า และครอบครัวท้าวทา ที่อบรมสั่งสอนเลี้ยงดูข้าพเจ้า ให้โอกาสทางการศึกษาและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาในด้านนี้ และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประโยชน์อันใดที่จะรับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้หากมีสิ่งใดผิดพลาดข้าพเจ้าขออภัยและน้อมรับความบกพร่องและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

กัญญารัตน์ ท้าวทา

มีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	87
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหารหลักในรูปปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมักที่ใส่ตามตำรับการทดลองในปีที่ 1 และปีที่ 2	20
2	ปริมาณธาตุอาหารหลักในรูปปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักที่ใส่ตามตำรับการทดลองในปีที่ 3	21
3	สมบัติดินก่อนทำการทดลอง	43
4	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน	63
5	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในใบสบู่ดำ อายุ 2 ปี 11 เดือน	64
6	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	68

ตารางผนวกที่

1	สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง	91
2	สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง	92
3	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 2 ปี	93
4	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี	94
5	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 3 ปี	95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี	96
7	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี	97
8	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี	98
9	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี	99
10	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี	100
11	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี	101
12	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี	102
13	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี	103
14	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำมันในเมล็ดกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน	104
15	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน	105
16	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
17	ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	107
18	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	108
19	สมบัติและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลอง	109
20	สมบัติที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของปุ๋ยหมัก	110
21	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2553	111
22	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2554	112
23	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2555	113
24	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	114
25	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	115
26	ระดับชั้นค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว	115
27	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	116

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีของจังหวัดกาญจนบุรีในระหว่าง 2553-2555	15
2	พื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำอายุ 1 และ 2 ปี	18
3	พื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำอายุ 3 ปี	19
4	ลักษณะสภาพภูมิประเทศบริเวณแปลงทดลองและการตัดแต่งกิ่งสบู่ดำเมื่ออายุครบ 2 ปี	30
5	ภาพหน้าตัดดินตัวแทนที่ทำการศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ	30
6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวกับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	32
7	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	33
8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ และที่วัดในสารละลาย 1M KCl กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	34
9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	36
10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	37
11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โซเดียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	39
12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	40
13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง	41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 2 ปี	45
15	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 3 ปี	46
16	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี	48
17	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี	49
18	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี	51
19	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี	52
20	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี	54
21	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี	55
22	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี	57
23	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี	58
24	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	61
26	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นแคลเซียม (ก) สังกะสี (ข) ทองแดง (ค) และแมงกานีส (ง) ในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	62
27	ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	66
28	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นแมกนีเซียม (ก) เหล็ก (ข) สังกะสี (ค) ทองแดง (ง) แมงกานีส (จ) และกำมะถัน (ฉ) ในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน	67
29	ผลของการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี	70
30	สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำมันในเมล็ดกับความเข้มข้นไนโตรเจน (ก) และแมงกานีส (ข) ในใบสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส

Response of Jatropha to Chemical Fertilizer, Compost and Additional Phosphorus

คำนำ

ในปัจจุบันปัญหาวิกฤตน้ำมันนั้นถือได้ว่าเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจทั้งระดับโลก และระดับประเทศ ซึ่งประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่กำลังประสบกับปัญหานี้อยู่ เนื่องจากราคาน้ำมันดิบสูงขึ้น และไม่มีทีท่าว่าจะลดลง ประกอบกับมีการคาดการณ์ว่าน้ำมันกำลังจะหมดลงในอนาคตอันใกล้นี้ ปัญหานี้จึงทำให้มนุษย์มีการมองหาพลังงานทางเลือก ซึ่งการนำพืชมาใช้เพื่อผลิตพลังงานทดแทนนั้นก็เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจในหลายประเทศ ปัจจุบันในหลายประเทศกำลังให้ความสนใจและศึกษาในเรื่องของสบู่ดำเป็นอย่างมากเพราะสามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้ ประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่ให้ความสนใจและศึกษาสบู่ดำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) เป็นพืชในวงศ์ Euphorbiacea มีชื่อสามัญว่า physic nut สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างแตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีตั้งแต่ 250-3,000 มิลลิเมตร (Foidl *et al.*, 1996) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-28 องศาเซลเซียส (Heller, 1996; Makkar *et al*., 1997) ทนต่อสภาพพื้นที่แห้งแล้ง (Kobilke, 1989; Jones and Miller, 1997; Makkar *et al.*, 1997; Openshaw, 2000) เป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารต่ำ (Joker and Jepsen, 2003) ปกติแล้วสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 9 (Biswas *et al*., 2006; Tewari, 2007) สบู่ดำจึงสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ แต่สบู่ดำเป็นพืชที่มีอายุยาวนาน และในแต่ละปีจะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากดิน ทั้งที่ไปสร้างส่วนของลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และผล หรือติดไปกับกิ่งก้านที่ตัด หรือติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว หากต้องการให้ได้ผลผลิตสูงจะต้องมีการดูแลและจัดการเรื่องปุ๋ย มีการศึกษาพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังช่วยปรับสภาพของดินทางฟิสิกส์และชีวภาพให้ดีขึ้น (ธงชัย, 2550) แต่ในขณะนี้การศึกษาในเรื่องการใช้ปุ๋ยกับสบู่ดำยังมีไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษาการตอบสนองของสบู่ดำในปุ๋ยเคมีต่างชนิดกันและปุ๋ยหมักในครั้งนี้ ผลการศึกษาน่าจะทำให้ทราบถึงรูปแบบการจัดการปุ๋ยตามลักษณะดินที่เหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปลูกสบู่ดำให้ได้ผลผลิตสูงต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มเติมฟอสฟอรัส ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมักต่อการให้ผลผลิตเมล็ดและน้ำมันของสบู่ดำ

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการปุ๋ย ผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และในเมล็ดสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ

1.1 ประวัติความเป็นมาของสบู่ดำ

สบู่ดำพบทั่วไปในเขตร้อน และกึ่งเขตร้อน (Jones and Miller, 1991; Francis *et al.*, 2005) จากการสืบค้นทางประวัติศาสตร์โบราณคดีพบว่า สบู่ดำมีต้นกำเนิดตั้งแต่ยุคฟอสซิล เมื่อประมาณ 70 ล้านปีก่อน (พินิจ, 2552) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบอเมริกากลาง และทวีปแอฟริกาตะวันตก

สำหรับในประเทศไทย มีรายงานว่า พ่อค้าชาวโปรตุเกสเดินเรือไปทวีปอเมริกากลางและนำเข้ามาในทวีปเอเชียเมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว และแพร่มายังประเทศไทยสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลาย โดยมีการแนะนำให้ผู้คนสมัยนั้นปลูกและพ่อค้ารับซื้อเมล็ดไปทำสบู่ดำกลับคืน (พรชัย, 2549) สำหรับนำไปไว้ใช้ทำสบู่ (ระพีพันธ์ และสุขสันต์, 2525) น้ำมันสบู่ดำไม่สามารถใช้บริโภคได้เนื่องจากมีสารพิษ (จเร, 2527) ซึ่งพบทั้งในเมล็ดและน้ำมันสบู่ดำ ประกอบด้วย curcin, diterpene esters, ricin, lectins และ resin (Heller, 1996) สบู่ดำเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยพบว่า ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้นิยมนำมาปลูกเป็นรั้วบ้าน นอกจากนี้น้ำยางใส ๆ ที่หักออกจากก้านใบ หรือส่วนยอดยังสามารถนำมาใช้ทาแผลสด โดยเฉพาะแผลที่ปากให้เด็กที่เป็นโรคปากนกกระจอกหรือใช้กวาดลิ้นเด็กที่เป็นฝ้าขาว และใช้เนื้อในเมล็ดสีขาวเสียบไม้ จุดแทนเทียนไข ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากขาดแคลนน้ำมันก๊าดที่ใช้จุดตะเกียง (ระพีพันธุ์ และ สุขสันต์, 2548)

1.2 ลักษณะทั่วไปของสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชสกุล Jatropha จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. และมีชื่อสามัญว่า physic nut หรือ purging nut สบู่ดำเป็นพืชข้ามปี มีการเจริญเติบโตที่เร็ว เนื้อไม้มีสีขาว ใบมีสีเขียวเข้มจนถึงอ่อน เรียงตัวแบบสลับ มีน้ำยางที่มีสีค่อนข้างขาว (Baruti and Gray, 2007) เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มโดยเฉลี่ยประมาณ 2.0 เมตร และมีความสูงทรงพุ่มประมาณ 2-7 เมตร มีอายุไม่น้อยกว่า 20 ปี สามารถให้ผลผลิตและอาจมีอายุได้ถึง 50 ปี ลำต้นเป็นผิวเรียบไม่มีขน อวบน้ำและเปราะหักง่าย ก้านใบยาว เมื่อหักหรือเด็ดออกจากลำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้นจะมีน้ำยางใสไหลออกมา ต้นจะเริ่มแตกทรงพุ่มและออกดอกด้านข้างเมื่ออายุประมาณ 6 เดือน (ระพีพันธ์ และ สุขสันต์, 2525) ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่ง แต่หยักตื้นกว่า มี 4 แฉก ออกดอกเป็นช่อกระจุกที่ข้อส่วนปลายของยอด ดอกมีขนาดเล็กและมีสีเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ (สมบัติ, 2549) ผลค่อนข้างกลมหรือป้อม หรือมีเหลี่ยม 6 เหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 พู ผลมีสีเขียวอ่อนเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ถ้าปล่อยไว้ให้แห้งเปลือกนอกจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลแห้งไม่แตกออก (indehiscent fruit) ผลมีน้ำหนักประมาณ 15 กรัม เมื่อแห้งน้ำหนักจะลดลงเหลือเพียง 2.6 กรัม (นรินทร์, 2526)

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

1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1.3.1 ลำต้น มีความสูง 2-7 เมตร ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่ง แต่ไม่มีขน ลำต้นเกลี้ยงเกลา เปราะ หักง่าย เพราะเนื้อไม้ไม่มีแก่น (Heller, 1996)

1.3.2 ใบ เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) คล้ายใบพุดตาน แต่หนากว่า เพราะมีไขเคลือบผิวใบ ขอบใบมีรอยหยักตื้น ๆ ตั้งแต่ 3-7 หยัก กว้างและยาวประมาณ 6-15 เซนติเมตร ขึ้นกับพันธุ์และความสมบูรณ์ของต้น ฐานใบเป็นแบบ cordate ปลายใบเป็นแบบ mucronate ยกเว้นปลายใบตรงตำแหน่งหยักตรงกลางเป็นแบบ acute การจัดเรียงตัวของเส้นใบเป็นแบบ palmately netted แผ่นใบมีสีเขียวใบไม้ แผ่นใบมีความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร และมีความกว้างประมาณ 17 เซนติเมตรใบสบู่ดำมีส่วนของก้านใบเชื่อมติดกับส่วนของลำต้น ก้านใบสีเขียว ความยาวก้านใบประมาณ 2.5-7.5 เซนติเมตร ตำแหน่งของการเกิดใบจะเกิดสลับกัน สบู่ดำมักจะทิ้งใบในฤดูแล้งเมื่อแล้งจัดจะทิ้งใบหมดทั้งต้น (Heller, 1996)

1.3.3 ดอก การออกดอกจะออกดอกบริเวณปลายกิ่ง ดอกเป็นช่อแบบช่อกระจุกซ้อน (dichasium) ชนิดดอกไม่สมบูรณ์เพศ กล่าวคือ ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่แยกกัน แต่อยู่ภายในช่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดอกเดียวกัน (monoecious) ช่อดอกยาวประมาณ 6-10 เซนติเมตร ลักษณะดอกเป็นรูปถ้วย ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียมีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจำนวน 5 กลีบเท่ากัน กลีบเลี้ยงมีสีเขียวอ่อนอมเหลือง ส่วนกลีบดอกมีสีเหลืองอมขาว มีต่อมน้ำหวานติดอยู่ที่โคนด้านในของกลีบดอก ดอกเพศผู้มีจำนวนเกสร 10 อัน เรียงเป็นวง 2 ชั้น ๆ ละ 5 อัน ดอกเพศเมียประกอบด้วยรังไข่และยอดเกสรเพศเมียเป็นรูปสามง่าม ส่วนของรังไข่แบ่งออกเป็น 3 พู (carpel) อัตราส่วนดอกเพศผู้ต่อดอกเพศเมีย ประมาณ 7:1 สบู่ดำจัดเป็นพืชผสมข้าม ดอกเพศผู้ในช่อเดียวกันบานก่อนที่ดอกเพศเมียจะพร้อมรับการผสม ต้องมีแมลงช่วยในการผสมพันธุ์ เช่น ผีเสื้อกลางคืน และผึ้ง เป็นต้น ปริมาณดอกย่อยประมาณ 70-120 ดอกต่อช่อ จะติดผลเพียง 6-15 ผลเท่านั้น (ระพีพันธ์ และ สุขสันต์, 2525)

1.3.4 ผล เป็นแบบผลเปลือกแข็ง (nut) มี 3 พู รูปร่างค่อนข้างกลมหรือป้อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสดและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนในที่สุด เมื่อปล่อยให้ผลแห้ง เปลือกนอกของผลจะเปลี่ยนเป็นสีดำในที่สุด สบู่ดำมีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ออกดอกถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 60-90 วัน (พินิจ, 2552)

1.3.5 เมล็ด มีความยาวประมาณ 1.94 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.16 เซนติเมตร เมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 0.64 กรัมต่อเมล็ด เมล็ดสบู่ดำไม่มีการพักตัว (ระพีพันธ์ และ สุขสันต์, 2525) รูปร่างเมล็ดของสบู่ดำเป็นแบบรี เปลือกหุ้มสีดำ เมล็ดประกอบด้วยเนื้อเมล็ดสีขาว (albumen หรือ kernel) ประมาณร้อยละ 32 น้ำมันร้อยละ 30-38 และเปลือกร้อยละ 30-38 เมล็ดสบู่ดำ 100 เมล็ด หนักประมาณ 69.8 กรัม ส่วนของเนื้อเมล็ดและเปลือกมีน้ำมันประมาณร้อยละ 52-62 และ 0.98 ของน้ำหนักเมล็ด ตามลำดับ องค์ประกอบของเมล็ดสบู่ดำ พบว่าเมล็ดในของสบู่ดำมีความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใยในปริมาณที่แตกต่างกันตามแหล่งที่เก็บตัวอย่างดังนี้ ความชื้นร้อยละ 3.8-7.8 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 20.2-28.4 ปริมาณไขมันร้อยละ 46.7-59.8 เส้นใยร้อยละ 0.9-4.2 และเถ้าร้อยละ 3.8-6.4 ในส่วนของไขมัน มีกรดไขมันที่สำคัญ 4 ชนิด คือ ปาล์มมิติก สเตียริกโอเลอิก และไลโนเลอิก เช่นเดียวกับปาล์มน้ำมัน โดยปาล์มมิติกและสเตียริกมีปริมาณค่อนข้างน้อยโดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 15.38 และ 6.24 ตามลำดับ ส่วนโอเลอิคและไลโนเลอิคมีปริมาณค่อนข้างสูงเท่ากับร้อยละ 40.23 และ 36.32 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันดังกล่าว อาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2549) นอกจากนี้ในเมล็ดยังมีสารเคอร์ซิน (curcin) กรดไซยานิก (cyanic acid) และโพโบเลสเตอร์ (phorbolester) ซึ่งเป็นสารพิษพวกหนึ่งโดยที่สารเคอร์ซินมีความเป็นพิษสูงที่สุด (พรชัย, 2549; Heller, 1996; Trabi *et al*., 1997; Winkler *et al*., 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.6 ราก สบู่ดำที่เพาะจากเมล็ดจะมีรากแก้ว โดยมีการเจริญเติบโตในทางลึกแนวดิ่งลงดิน แล้วมีการแตกรากแขนง เมื่อต้นสบู่ดำมีอายุมากขึ้นจะมีรากฝอยกระจายทั่วไป (Heller, 1996)

2. สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ในดินทั่วไป โดยปกติพืชชนิดนี้เป็นพืชที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีตั้งแต่ 300-1,000 มิลลิเมตร ต้องการน้ำประมาณ 50 ลิตรต่อต้นต่อวัน สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย สบู่ดำได้ถูกนำไปปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก แต่พบว่า มีการปรับตัวได้ดีในเขตร้อน (tropic) พื้นที่ที่เหมาะสำหรับปลูกสบู่ดำควรเป็นพื้นที่ราบหรือมีความลาดชันไม่เกินร้อยละ 5 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในพิสัย 20-28 องศาเซลเซียส (ปราโมทย์, 2549) สบู่ดำเป็นพืชที่ไม่ทนต่อสภาพที่มีน้ำขัง ดินที่เหมาะสมจึงควรมีการระบายน้ำระบายอากาศดี อาจเป็นบริเวณที่ราบเชิงเขา ถ้าเป็นที่ราบลุ่มควรทำทางระบายน้ำ ในกรณีที่สภาพการใช้พื้นที่เป็นนาดอน เมื่อปรับที่นามาใช้เป็นที่ไร่สำหรับปลูกสบู่ดำต้องทำลายคันนาออกเพื่อให้มีการระบายน้ำในพื้นที่ดีขึ้น ชำนาญ และคณะ (2549) รายงานว่า สบู่ดำควรปลูกในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ มีความเป็นกรดเล็กน้อยเช่นเดียวกับพืชไร่ทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าดินจะขาดความอุดมสมบูรณ์สบู่ดำก็สามารถเจริญเติบโตได้ (พรชัย, 2549)

3. การปลูกและการดูแลรักษาสบู่ดำ

วิธีการปลูกสบู่ดำโดยทั่วไปนิยมปลูก 3 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง (direct seeding) การปลูกด้วยการทำให้เมล็ดหรือท่อนพันธุ์มีรากก่อนการปลูกลงดิน (precultivation of seedlings or cutting) และการปลูกด้วยการท่อนพันธุ์ลงไปในดินโดยตรง (direct planting of cutting) (Kobilke, 1989)

การปลูกจากท่อนพันธุ์จะมีอายุการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า แต่ทนต่อสภาพแห้งแล้งและโรคได้น้อยกว่าการปลูกด้วยเมล็ด เนื่องจากต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ไม่มีการสร้างรากแก้ว (tap root) (ขวัญชัย, 2552) Kumar and Sharma (2008) รายงานว่า การปลูกจากเมล็ดโดยตรง หรือการเพาะเป็นต้นกล้าก่อนย้ายลงปลูก ที่ระยะ 3x3 เมตร จะให้ผลผลิตมากที่สุด โดยทั่วไปสบู่ดำจะให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 15 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี เช่นเดียวกับ ขวัญชัย (2552) ซึ่งได้กล่าวว่า สบู่ดำที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์จะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ แต่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรรถพล และคณะ (2553) พบว่า การปลูกสบู่ดำจากท่อนพันธุ์ให้ผลผลิตและจำนวนกิ่งต่อต้นสูงกว่าต้นสบู่ดำที่ปลูกจากเมล็ด แต่การปลูกสบู่ดำด้วยเมล็ด มีความสูงของทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และร้อยละการกะเทาะเมล็ดสูงกว่าต้นที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ อย่างไรก็ตาม วิธีการปลูกมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่และสภาพอากาศ เช่น เรื่องน้ำ ในบางพื้นที่เป็นที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังจะมีการปลูกด้วยวิธีการยกร่องเพื่อระบายน้ำ และชลประทานในลักษณะการให้น้ำตามร่อง (furrow) ในพื้นที่ดอนสามารถขุดหลุมปลูกได้ แต่ต้องคำนึงถึงการระบายน้ำที่ดีเนื่องจากสบู่ดำไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (สมบัติ, 2549)

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

การกำจัดวัชพืช หมั่นกำจัดวัชพืชในแถวสบู่ดำอยู่เสมอในพื้นที่ห่างจากแถวข้างละ 50 เซนติเมตร โดยใช้แรงงานคน หรือสารเคมี ในระหว่างปฏิบัติงานควรระวังอย่าให้ต้นได้รับความเสียหาย เพราะจะทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต และในระหว่างแถวที่เหลือใช้การปลูกพืชแซมหรือดายหญ้า หรือใช้รถไถเข้าไถพรวน

การให้น้ำ ต้นสบู่ดำต้องการน้ำต้นละ 5-10 ลิตรต่อวัน (สมศักดิ์, 2549) ให้น้ำทุก 15 วันอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก เพื่อให้ต้นมีความแข็งแรง ถ้าขาดน้ำจะทำให้เกิดสภาวะเครียดกับ สบู่ดำ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความอ่อนแอเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรค โดยสามารถให้น้ำในช่วงแห้งทุก 7-15 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นและฤดูกาล และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำโดยการใช้ระบบน้ำหยดเข้ามาใช้ในการผลิตเป็นการค้า (ชำนาญ, 2548)

การตัดแต่งกิ่ง เป็นการลดปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืชในแปลงปลูก แต่ควรตัดแต่งกิ่งในสภาพทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ควรตัดแต่งกิ่งหลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หรือเมื่อมีอายุประมาณ 1 ปี เนื่องจากต้นจะสูงเกินไปทำให้ยากต่อการดูแลและเก็บเกี่ยว และเป็นการนำกิ่งที่ตายและเสียหายออกจากพื้นที่เพาะปลูกด้วย การตัดควรตัดให้สูงจากพื้นดิน 40-60 เซนติเมตร และควรตัดก่อนฤดูฝน หลังตัดแต่งควรพ่นด้วยปุ๋ย 0-0-52 อัตราความเข้มข้น ร้อยละ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้แตกยอดใหม่ และเบนเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 เพื่อป้องกันเชื้อราเข้าทำลายทางแผล และคัดเลือกกิ่งที่สมบูรณ์สม่ำเสมอไว้ประมาณ 5 กิ่ง เพื่อไม่ให้แตกพุ่มมากเกินไป (สัมฤทธิ์, 2548)

4. ประโยชน์ของสบู่ดำ

ประโยชน์ของสบู่ดำที่สำคัญ คือ เป็นพลังงานทดแทน โดยเมล็ดนำมาสกัดน้ำมัน สามารถใช้น้ำมันจากสบู่ดำแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ทางการเกษตร เนื่องจากไม่ต้องผสมกับน้ำมันดีเซล ต่างจากน้ำมันชีวภาพอื่น ๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม ที่จะต้องผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้งาน นอกจากนี้การใช้น้ำมันสบู่ดำยังให้ผลดีกว่าน้ำมันแก๊ส เพราะน้ำมันสบู่ดำมีค่าออกซิเจนสูงและมีสารหล่อลื่นให้เครื่องยนต์ทำงานได้มีประสิทธิภาพดีกว่า (ระพีพันธุ์ และ สุขสันต์, 2544; รังษี และ อมรรัชฎ์, 2548; Heller, 1996; Reinhard, 2005 อย่างไรก็ตามสบู่ดำใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน แต่ส่วนที่สำคัญมากที่สุด ได้แก่ เมล็ด ใช้หีบเพื่อเป็นน้ำมันทดแทนน้ำมันดีเซล นอกจากนี้สบู่ดำสามารถใช้ประโยชน์ต่อไปนี้ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดชัยนาท, 2548)

4.1 เป็นรั้วล้อมรอบพื้นที่ที่ดี เพื่อป้องกันวัว กระบือ และสัตว์เลี้ยงอื่นเข้ามาทำความเสียหายแก่พืชปลูก เนื่องจากสัตว์เหล่านี้จะไม่กินใบหรือยอดอ่อนของสบู่ดำ (Diallo, 1994; Kumar and Sharma, 2008) นอกจากนี้ในประเทศอินเดียใช้สบู่ดำปลูกเป็นรั้วป้องกันลมในฤดูร้อน เพื่อลดการระเหยของน้ำในแปลงปลูกผัก (ชำนาญ และคณะ, 2549)

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

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือยอดอ่อน เมื่อนำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแล้วสามารถนำมารับประทานได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Duke, 1985)

4.5 ในด้านอุตสาหกรรม น้ำมันสบู่ดำใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันหล่อลื่น เทียนไข น้ำมันดีเซล น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันบำรุงรักษารากผม น้ำมันทาสีบ้าน น้ำมันเคลือบเงา น้ำมันซักแห้ง ส่วนกากเมล็ดสบู่ดำมีธาตุไนโตรเจนในสัดส่วนที่สูงจึงนิยมใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์และใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง รวมทั้งผลิตเป็นกระดาษ และไม้อัด ส่วนใบใช้เป็นเชื้อเพลิงเขียว ปุ๋ยหมักและเลี้ยงไหม (พินิจ, 2552) น้ำมันสบู่ดำได้ถูกนำมาศึกษา เพื่อใช้ประโยชน์ทดแทนน้ำมันดีเซล เพราะให้ค่าพลังงานความร้อนและมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางอย่างใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม (ระพีพันธุ์ และ สุขสันต์, 2525)

4.6 สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช มีรายงานว่า สารสกัดจากใบและเมล็ดบดละเอียดสามารถใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของหอย และสามารถใช้ฆ่าหอยได้หลายชนิด (Agaceta *et al.,*1981) ส่วนสารสกัดจากใบและเมล็ดสามารถใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูสมอฝ้ายได้ (Kaushik and Kumar, 2004)

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

4.8 การใช้เป็นพลังงาน ใน Cape Verde ใช้ส่วนลำต้นและกิ่งใหญ่สำหรับเป็นฝืนเพื่อให้ความร้อน 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 สบู่ดำจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี (Jones and Miller, 1997) อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย (200 มิลลิเมตรต่อปี) สบู่ดำก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ แต่จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ เช่น มากกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อน เช่น ประเทศนิการากัว (Riyadh, 2002) ถึงแม้ว่าสบู่ดำเป็นพืชที่ต้องการน้ำน้อย แต่อย่างไรก็ดีควรมีการจัดการน้ำที่เหมาะสม เนื่องจากสบู่ดำเมื่อขาดน้ำจะทิ้งใบและไม่ให้ผลผลิต สบู่ดำต้องการน้ำอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (สมบัติ, 2549) ดังนั้นจึงต้องมีการให้น้ำ และทำให้ดินมีการระบายน้ำที่ดี การให้น้ำแก่สบู่ดำในทางปฏิบัติจะให้เฉพาะช่วงฤดูแล้ง ซึ่งไม่ควรให้มากจนเกินไป วิธีการให้น้ำที่ดีก็คือ ให้น้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง (พรชัย, 2549) ในสภาพความชื้นสูงหรือมีการให้น้ำชลประทาน รวมทั้งการให้ปุ๋ยมากเกินไปจะช่วยให้มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมากขึ้นแต่ผลผลิตจะลดลง (Achten *et al.*, 2008) ซึ่ง Praveen (2008) รายงานว่า การปลูกสบู่ดำที่มีการให้น้ำหยดร่วมกับการจัดการธาตุอาหารที่ดี ในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์จะทำให้ได้ผลผลิตสบู่ดำเฉลี่ยที่มีถึง 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในประเทศอินเดีย การปลูกสบู่ดำที่มีการจัดการด้านระบบน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด สามารถให้ผลผลิตสูงถึง 800 กิโลกรัมต่อไร่ (Sudheer, 2008) ขณะที่ขวัญชัย (2552) รายงานว่า การให้น้ำแบบระบบน้ำหยดที่อัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์จะให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยทั้งจากการปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 887 และ 887 กรัมต่อต้นตามลำดับ แต่เมื่อให้น้ำที่อัตราต่ำหรือที่ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ จะให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งลดลงโดยการปลูกด้วยการเพาะจากเมล็ดพันธุ์จะให้ผลผลิตเท่ากับ 481 กรัมต่อต้น และการให้น้ำชลประทานตลอดช่วงการทดลองจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของสบู่ดำและให้จำนวนช่อดอกมากที่สุด เมื่อหยุดให้น้ำชลประทานในระยะเริ่มออกดอกจะทำให้สบู่ดำชะงักการเจริญเติบโตและจำนวนช่อดอกลดลง โดยจำนวนช่อดอกจะลดลงถึงร้อยละ 32.18 (ขวัญชัย, 2552)

6. การจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของสบู่ดำ

การให้ธาตุอาหาร เนื่องจากสบู่ดำเป็นพืชที่ปลูกเพื่อนำเมล็ดไปสกัดเอาน้ำมันมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ดังนั้นสบู่ดำจึงมีความต้องการแสง และธาตุอาหารบางธาตุสูงกว่าพืชที่ให้ผลผลิตที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากความต้องการธาตุอาหารพืชพิจารณาจาก 2 มิติ คือ เพื่อการดำรงชีพหรือเพื่อการสร้างราก ลำต้น และใบให้กับพืชปกติ เพื่อเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์พืชทางเคมีของสบู่ดำมาประกอบจึงสันนิษฐานว่า ความเข้มข้นของมหาธาตุ (ระดับร้อยละ) และความเข้มข้นของจุลธาตุในระดับล้านละ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของน้ำหนักแห้งของสบู่ดำ จากการวิเคราะห์พืชใกล้เคียงกับของพืชอื่น ๆ และได้ให้คำแนะนำเบื้องต้นสำหรับการใช้ปุ๋ย ดังนี้ คือ ให้ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น 15-15-15 อัตราต้นละ 125 กรัมร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 2.5 กิโลกรัม รองก้นหลุมขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร และลึก 50 เซนติเมตร รวมทั้งการใช้สารปรับปรุงดินเพื่อช่วยให้ดินมีสมบัติทางฟิสิกส์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสบู่ดำ (ไพบูลย์, 2549) นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความอยู่รอดและการเพิ่มปริมาณของสิ่งมีชีวิตในนิเวศวิทยาของแปลงเพาะปลูกสบู่ดำ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

กรมวิชาการเกษตร (2544) ได้มีการศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมต่อการปลูกสบู่ดำในประเทศไทยโดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 10-60 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า สบู่ดำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่ออัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการปลูกสบู่ดำในประเทศไทย เช่นเดียวกับ สมบัติ (2549) ได้แนะนำว่าก่อนการปลูกสบู่ดำควรรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น หลังจากนั้นเมื่อสบู่ดำอายุ 1 เดือนให้ปุ๋ยสูตร 15-15 15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และควรใส่ปุ๋ยทุกปี สำหรับในต่างประเทศ เช่น ประเทศอินเดีย มีการปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็มีวิธีการดูแลบำรุงรักษาสบู่ดำ คือ เมื่อย้ายต้นกล้าสบู่ดำลงแปลงจะใช้ปุ๋ยคอกจำนวน 2 กิโลกรัมต่อต้นใส่รองก้นหลุม และเมื่อสบู่ดำตั้งตัวได้จะใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 กรัมต่อต้น ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) อัตรา 120 กรัมต่อต้น และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) จำนวน 16 กรัมต่อต้น นอกจากนี้ถ้าปลูกสบู่ดำในพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ได้แนะนำให้เพิ่มธาตุแคลเซียม แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ลงไปในปริมาณเล็กน้อย เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของสบู่ดำ

ระพีพันธ์ และ สุขสันต์ (2525) รายงานการปลูกสบู่ดำโดยใช้ปุ๋ยเคมีผสมสำเร็จรูป สูตร 15-15-15 อัตรา 4 ระดับ คือ 0, 16, 48 และ 80 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ปีที่ 1 เก็บผลผลิตได้ 9.1, 27.4, 57.3 และ 56.7 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในปีที่ 2 เก็บผลผลิตได้ 26.4, 39.0, 51.9 และ 46.8 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดลอง 2 ปี พบว่า สบู่ดำเป็นพืชที่ต้องการความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าพืชไร่อื่น ๆ และตอบสนองปุ๋ยเคมีสูงถึง 48 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Okabe and Somabhi (1989) ที่รายงานว่า สบู่ดำที่ปลูกในดินชุดวารินซึ่งเป็นดินทรายปนร่วนใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับ 48.15 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพบูลย์ (2549) ได้ให้คำแนะนำเบื้องต้นสำหรับการใช้ปุ๋ย โดยให้ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น 15-15-15 อัตราต้นละ 125 กรัมร่วมกับปุ๋ยคอก 2.5 กิโลกรัม รองก้นหลุมขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร และลึก 50 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้สบู่ดำที่ปลูกในแปลงวิจัยคัดเลือกพันธุ์มีลำต้นที่มีลักษณะดี และให้ผลผลิตสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Catindig and Corbuz (2007) ทำการปลูกสบู่ดำในประเทศฟิลิปปินส์ รายงานว่าในระยะกล้าอ่อนแนะนำให้ใส่ปุ๋ยหมักจำนวน 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 3:1 หรือปุ๋ยยูเรีย 20 กรัม ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 120 กรัม และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 16 กรัมต่อต้น ในปีที่ 2 ใส่ปุ๋ยในอัตราส่วน 20:120:60 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อเฮกตาร์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 3-4 กิโลกรัมต่อต้น หรือ ปุ๋ย 15-15-15 จำนวน 312.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และเมื่อสบู่ดำอายุ 4 ปีขึ้นให้เพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็น 160 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อเฮกตาร์

สุกานดา (2552) พบว่า เชื้อราไมคอร์ไรซา ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำได้แก่ ความสูง จำนวนกิ่ง น้ำหนักแห้งต้น ความยาวราก จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ด ตลอดจนปริมาณธาตุอาหารในดินได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและส่วนเหนือดิน โดยการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 4 กิโลกรัมต่อต้น และการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับหินฟอสเฟตอัตรา 408 กรัมต่อต้น จะส่งเสริมให้สบู่ดำมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 170.0 และ 175.4 กรัมต่อต้นตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jones and Miller (1997) พบว่าการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาในสภาพดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส จะช่วยทำให้สบู่ดำเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

Kalannavar (2008) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของสบู่ดำต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมที่ระดับต่างๆ โดยทดลองที่ประเทศอินเดีย โดยใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ กันบนดินเหนียว พบว่า การใส่ปุ๋ยหลัก ในอัตราส่วน 100:100:150 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดปริมาณน้ำมันและน้ำมันไบโอดีเซลสูงที่สุด เท่ากับ 3,937 1,461 และ 1,200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ขณะที่ Suriharn *et al.* (2011) ทำการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อผลผลิตของสบู่ดำ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 312.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้จำนวนกิ่ง ความยาวกิ่ง จำนวนผลต่อกิ่ง ผลผลิตสบู่ดำและผลผลิตเมล็ดสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยในอัตรา 625 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. สภาพทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา

สถานีวิจัยกาญจนบุรีเป็นหน่วยงานสังกัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นศูนย์กลางการวิจัยและพัฒนาการเกษตรในพื้นที่มีปัญหาจากสภาพความแปรปรวนของอากาศ สภาวะแห้งแล้ง และสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สามารถใช้ทรัพยากรในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์ได้

7.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดกาญจนบุรี ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 45 ลิปดาเหนือ ถึง 15 องศา 70 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 48 องศา 15 ลิปดาตะวันออก ถึง 99 องศา 53 ลิปดาตะวันออก ตั้งอยู่ภาคกลางด้านตะวันตก ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 129 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 19,483.15 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,176,968 ไร่ มีพื้นที่มากเป็นอันดับ 3 ของประเทศ คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ภาคตะวันตก มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับจังหวัดตาก และอุทัยธานี ด้านอำเภออุ้มผาง และอำเภอบ้านไร่
ทิศใต้	ติดต่อกับจังหวัดสุพรรณบุรี และนครปฐม ด้านอำเภอด่านช้าง อำเภออู่ทองอำเภอ สองพี่น้อง และอำเภอกำแพงแสน
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับจังหวัดราชบุรี ด้านอำเภอบ้านโป่ง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับประเทศพม่า

7.2 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดกาญจนบุรี ประกอบด้วยทิวเขา หุบเขา และที่ราบลุ่มแม่น้ำ พื้นที่ทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกเป็นเทือกเขาแล้วค่อยๆ ลาดลงมาทางด้านทิศใต้ และทิศตะวันออก ทางทิศเหนือ และทิศตะวันตก เป็นป่าไม้ และภูเขา ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนทางทิศเหนือเป็นที่ราบกว้างใหญ่สลับกับเนินเขาเตี้ย ๆ แต่แห้งแล้ง ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และตอนกลางของจังหวัดเป็นบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีความอุดมสมบูรณ์ แบ่งออกได้เป็น 3 เขต

1) บริเวณเขตภูเขา และที่สูง ได้แก่ พื้นที่ทางด้านทิศเหนือของจังหวัด มีเทือกเขาต่อเนื่องจากเทือกเขาถนนธงชัย ถัดลงไปทางด้านตะวันตกเป็นเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งเป็นเส้นกั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรมแดนระหว่างประเทศไทย กับประเทศพม่าทอดยาวลงไปทางทิศใต้ และถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดน้ำลำธารของจังหวัดบริเวณอำเภอทองผาภูมิ อำเภอสังขละบุรี อำเภอศรีสวัสดิ์ และอำเภอไทรโยค

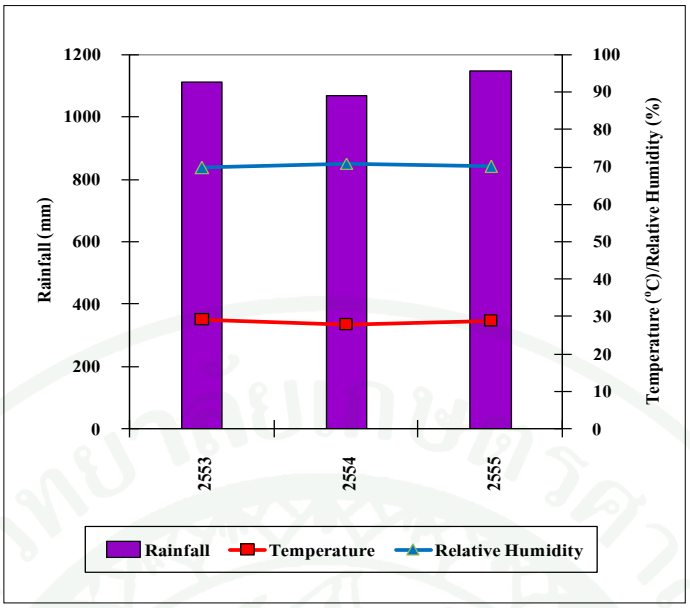
2) บริเวณเขตที่ราบลูกฟูก ได้แก่ พื้นที่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด ซึ่งลักษณะเป็นที่ราบเชิงเขาสลับเนินเตี้ยๆ บริเวณอำเภอเลาขวัญ อำเภอบ่อพลอย อำเภอหนองปรือ อำเภอห้วยกระเจา และบางส่วนของอำเภอพนมทวน

3) บริเวณเขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านทิศใต้มีลักษณะเป็นที่ราบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ บริเวณอำเภอท่าม่วง อำเภอท่ามะกา อำเภอเมือง และบางส่วนของอำเภอพนมทวน

7.3 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดกาญจนบุรีอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (tropical savanna, Aw) ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากทะเลอันดามัน ทำให้มีฝนตกชุก อากาศมีความชื้นสูง การแพร่กระจายของฝนมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ชัดเจน โดยมีปริมาณ และการกระจายของฝนทางตอนบนของจังหวัด ได้แก่ อำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอไทรโยค มากกว่าทางตอนล่างของจังหวัด ได้แก่ อำเภอบ่อพลอย อำเภอหนองปรือ อำเภอห้วยกระเจา และอำเภอพนมทวน โดยในปี 2553 จังหวัดกาญจนบุรีมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1,113.2 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 29.10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 69.67 9 ต่อมาปี 2554 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณเท่ากับ 1,067 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 27.83 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.83 และในปี 2555 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีเพิ่มขึ้นเป็น 1,146.4 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28.87 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70 (ภาพที่ 1) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีของจังหวัดกาญจนบุรีในระหว่าง 2553-2555

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สบู่ดำพันธุ์ KUBP 78-9 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กำลังอยู่ในระหว่างการขอรับรองพันธุ์

2. เครื่องจักรกลทางการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผาล 3 และ ผาล 7

3. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และสูตร 8-24-24 และปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลอง มีสีดำ เนื้อละเอียดและร่วน มีพีเอชเท่ากับ 6.9 มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 111.5 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง (ตารางภาคผนวกที่ 19)

4. อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างดินและพืช

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ pH meter, spectrophotometer, atomic absorption spectrophotometer, micro Kjeldahl distillation apparatus, digestion apparatus และเครื่องเขย่า (reciprocating shaker)

6. อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเคมีภัณฑ์สำหรับงานแปลงการทดลอง การวิเคราะห์ดิน และการวิเคราะห์พืช

7. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 1993)

8. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. พื้นที่ทำการศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงวิจัยภายในสถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร ซึ่งอยู่ในเขตปฏิรูปที่ดิน เลขที่ 303 หมู่ที่ 9 ตำบลวังด้งอำเภอเมืองจังหวัดกาญจนบุรี อยู่ห่างจากจังหวัดกาญจนบุรีประมาณ 30 กิโลเมตรบนถนนสายกาญจนบุรี-ไทรโยค-ทองผาภูมิ พื้นที่แปลงทดลองเป็นพื้นที่เดียวกับการศึกษาของวลัยลักษณ์ (2552) มาก่อน

2. การวางแผนการทดลอง

สบู่ดำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแปลงสบู่ดำที่มีอายุครบ 1 ปี และดำเนินการทดลองต่อโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับการทดลอง เช่นเดียวกันกับการศึกษาโดยวลัยลักษณ์ (2552) โดยในแต่ละแปลงทดลองย่อยประกอบด้วยสบู่ดำจำนวน 32 ต้น ตำรับทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบ

ตำรับที่ 1 (T1) ตำรับควบคุม ไม่มีการใส่ปุ๋ย

ตำรับที่ 2 (T2) ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 3 (T3) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 4 (T4) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง

ตำรับที่ 5 (T5) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

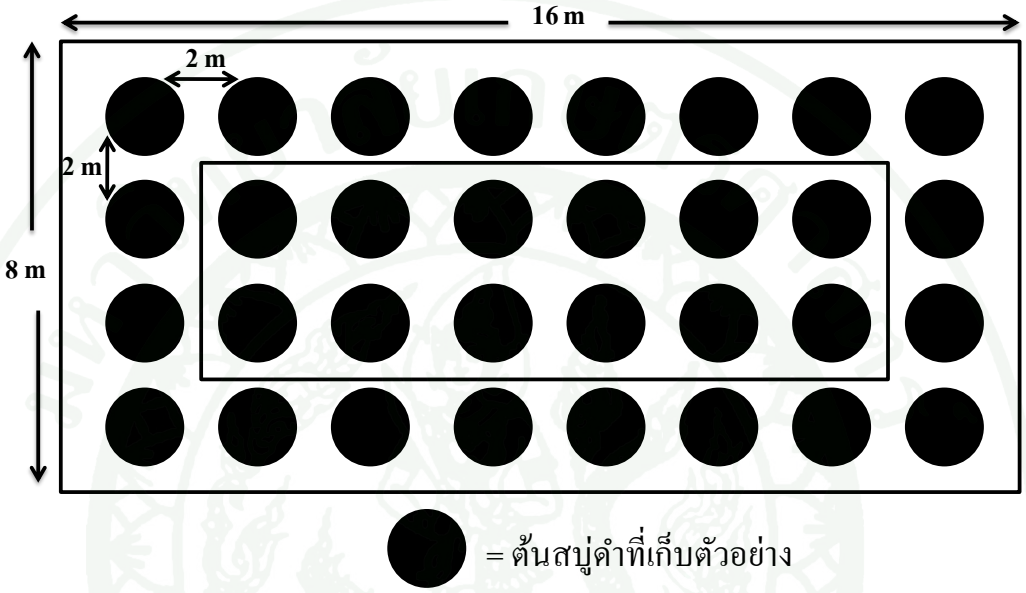
ตำรับที่ 6 (T6) ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 7 (T7) ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง

ตำรับที่ 8 (T8) ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักจะดำเนินการใช้ครั้งเดียวในเดือนกรกฎาคม 2553 โดยการใส่รอบทรงพุ่มแล้วกลบ แต่ตำรับการทดลองที่มีการแบ่งใส่ (ตำรับที่ 4 และ 7) จะดำเนินการแบ่งใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีเท่านั้นโดยจะใส่อีกครั้งในเดือนกันยายน 2553 แบ่งใส่ครั้งละเท่า ๆ กัน โดยการโรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 2 พื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำอายุ 1 และ 2 ปี

ในปีที่สองของการศึกษาหรือเมื่อสบู่ดำมีอายุย่างเข้าสู่ปีที่ 3 ทำการปรับแผนการทดลองเป็นแบบ Split Plot in Randomized Complete Block โดยแปลงหลัก (main plot) เป็นการจัดการปุ๋ยจำนวน 8 ตำรับการทดลองดังเช่นในช่วง 2 ปีแรก ประกอบด้วยสบู่ดำจำนวน 32 ต้นต่อแปลง รายละเอียดของตำรับทดลองประกอบด้วย

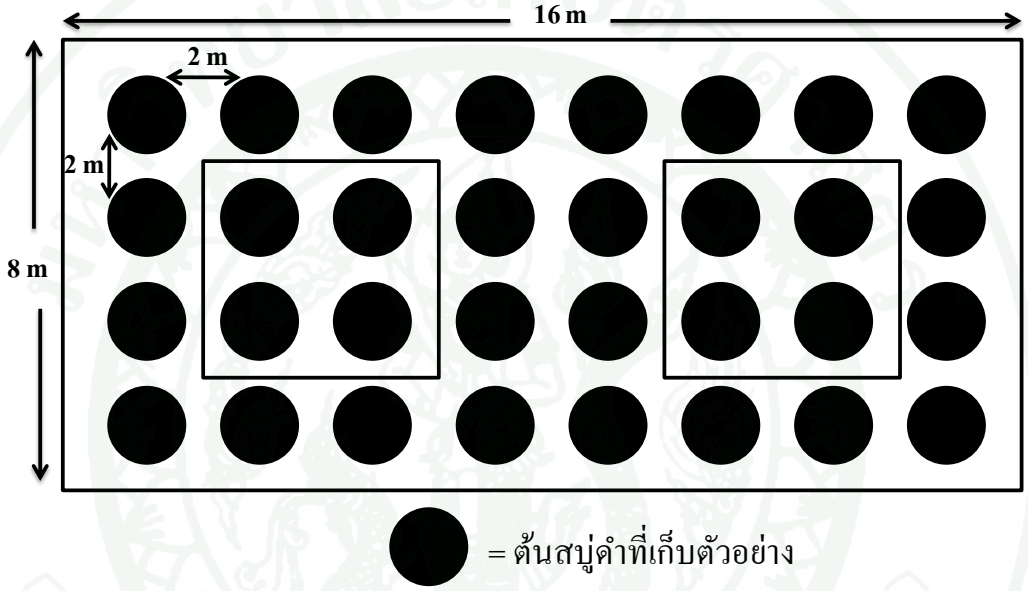
แปลงย่อย (Subplot) เป็นการเปรียบเทียบการเพิ่มเติมปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งในแต่ละแปลงทดลองย่อยประกอบด้วยสบู่ดำจำนวน 16 ต้น รายละเอียดตำรับทดลองแสดง ดังต่อไปนี้

P0 = ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) เพิ่มเติม

P1 = ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เพิ่มเติมในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่เพิ่มเติมให้ในรูปปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมใส่พร้อมกับปุ๋ยหลักที่ให้แก่แปลงทดลอง โดยทำการใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยฟอสฟอรัสในเดือนสิงหาคม 2554 ยกเว้นตำรับที่มีการแบ่งใส่ (ตำรับที่ 4 และ 7) ซึ่งจะแบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ๆ เท่ากัน ในเดือนสิงหาคม และตุลาคม 2554 แต่จะใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเฉพาะครั้งแรกเท่านั้น โดยทำการขุดรอบทรงพุ่ม โรยแล้วกลบปุ๋ย ปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ที่ให้แก่สบู่ดำที่มีอายุ 1 และ 2 ปีตามตำรับการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 พื้นที่แปลงทดลองย่อยและระยะปลูกสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารหลักในรูปปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมักที่ใส่ตามตำรับการทดลองในปีที่ 1 และ 2

Treatment	Total N			P_2O_5			K_2O		
	Chem.	Comp.	Net	Chem.	Comp.	Net	Chem.	Comp.	Net
	(----------kg rai^{-1}----------								)
T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T2	0.0	6.8	6.8	0.0	22.7	22.7	0.0	7.8	7.8
T3	7.5	0.0	7.5	7.5	0.0	7.5	7.5	0.0	7.5
T4	15.0	0.0	15.0	15.0	0.0	15.0	15.0	0.0	15.0
T5	7.5	6.8	14.3	7.5	22.7	30.2	7.5	7.8	15.3
T6	4.0	0.0	4.0	12.0	0.0	12.0	12.0	0.0	12.0
T7	8.0	0.0	8.0	24.0	0.0	24.0	24.0	0.0	24.0
T8	4.0	6.8	10.8	12.0	0.0	34.7	12.0	7.8	19.8

Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai-1 of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai-1 of 15-15-15

T6 = 50 kg rai-1 of 8-24-24, T7 = 100 kg rai-1 of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai-1 of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารหลักในรูปปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักที่ใส่ตามตำรับการทดลองในปีที่ 3

Treatment	Total N			P_2O_5				K_2O		
	Chem.	Comp.	Net	Chem.	Comp.	Add.P	Net	Chem.	Comp.	Net
	(----------kg rai^{-1}----------									)
T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	16.0	0.0	0.0	0.0
T2	0.0	6.8	6.8	0.0	22.7	16.0	38.7	0.0	7.8	7.8
T3	7.5	0.0	7.5	7.5	0.0	16.0	23.5	7.5	0.0	7.5
T4	15	0.0	15	15	0.0	16.0	31.0	15.0	0.0	15.0
T5	7.5	6.8	14.3	7.5	22.7	16.0	46.2	7.5	7.8	15.3
T6	4.0	0.0	4.0	12.0	0.0	16.0	28.0	12.0	0.0	12.0
T7	8.0	0.0	8.0	24.0	0.0	16.0	40.0	24.0	0.0	24.0
T8	4.0	6.8	10.8	12.0	0.0	16.0	50.7	12.0	7.8	19.8

Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24
T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

3. การปลูกและการดูแลรักษาสบู่ดำ

เริ่มต้นในเดือนพฤษภาคม 2552 ใช้รถไถติดไถจานผาล 3 เพื่อเปิดหน้าดินตากดินประมาณ 7 วัน แล้วใช้ไถจานผาล 7 ย่อยดินให้ละเอียด ของแปลงทดลองที่มีขนาด 8×16 เมตร ทำการปลูกสบู่โดยใช้เมล็ดจำนวน 3 เมล็ดต่อ 1 หลุมปลูก โดยใช้ระยะปลูกเท่ากับ 2x2 เมตร ในเดือนมิถุนายน 2552 (จำนวน 32 ต้นต่อแปลงทดลอง) เมื่องอกถอนให้เหลือจำนวน 1 ต้นต่อหลุม โดยในทุกตำรับการทดลองทำการรองพื้นด้วยปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อมาเมื่อสบู่ดำอายุได้ 4 เดือน ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลอง ซึ่งเป็นการศึกษาของวลัยลักษณ์ (2552) ต่อมาเมื่อสบู่ดำมีอายุเข้าสู่ปีที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ได้ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับ และสำหรับการทดลองที่ 4 และ 7 ทำการใส่ปุ๋ยอีกครั้งในเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 โดยแบ่งใส่ครั้งละเท่า ๆ กัน เมื่อสบู่ดำอายุครบ 2 ปี ทำการตัดแต่งกิ่งสบู่ดำให้มีความสูงประมาณ 150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซนติเมตร ในเดือนกรกฎาคม 2554 และเดือนสิงหาคม 2554 ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองเช่นเดียวกันกับในปี 2 และใส่อีกครั้งในเดือนตุลาคม 2554 สำหรับตำรับที่ 4 และ 7 ในอัตราเท่า ๆ กัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยครั้งแรกจะแบ่งแปลงทดลองออกเป็น 2 ส่วน ๆ เท่า ๆ กัน (จำนวน 16 ต้นต่อแปลงทดลองย่อย) โดยครึ่งหนึ่งใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อีกครึ่งหนึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ย ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเพิ่มเติม

ทำการให้น้ำแก่สบู่ดำอัตรา 8 ลิตรต่อต้นทุก ๆ 2 วัน โดยใช้ระบบน้ำหยดเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) ในปีที่ 2 และปีที่ 3

การกำจัดวัชพืช หมั่นกำจัดวัชพืชในแถวสบู่ดำอยู่เสมอในพื้นที่ห่างจากแถวข้างละ 50 เซนติเมตร โดยใช้แรงงานคนในระหว่างการปฏิบัติงานต้องระวังอย่าให้ต้นได้รับความเสียหาย เพราะจะทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต โดยกำจัดก่อนการใส่ปุ๋ยทุกครั้งของทุกปีตั้งแต่เริ่มปลูกสบู่ดำจนถึงปัจจุบัน

4. การเก็บตัวอย่างดิน

1. จัดทำลักษณะดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ (site characterization)

โดยการขุดดินเพื่อศึกษาหน้าตัดดินโดยวิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2547) และเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) (Soil Survey Staff, 2010) โดยการเก็บตัวอย่างดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) ทำการเก็บทุกชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ที่ได้แบ่งไว้ภายในหน้าตัดประมาณ 2-3 กิโลกรัม

2) ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) โดยเลือกเก็บเฉพาะชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) (เอิบ, 2547; Buol *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกสบู่ดำโดยเก็บในลักษณะตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนด้วยสุ่มเจาะดินที่ 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร โดยเก็บแบบสุ่มทั่วแปลงแล้วนำตัวอย่างดินมาผสมคลุกเคล้ากัน (composite sample) แบ่งตัวอย่างดินออกมาประมาณ 1-2 กิโลกรัมต่อชั้นแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการต่อไป

5. การเก็บข้อมูลผลผลิตพืช

ทำการเก็บข้อมูลสบู่ดำที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปี โดยข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย

1. จำนวนช่อดอกทำการนับจำนวนช่อดอก เมื่อสบู่ดำในแต่ละแปลงเริ่มออกดอกเกินร้อยละ 50 ของจำนวนสบู่ดำทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2555

2. จำนวนช่อดอกที่ติดผล ทำการนับจำนวน โดยนับเป็นจำนวนช่อดอกที่ติดผล เมื่อช่อดอกของสบู่ดำเริ่มติดเป็นผลเกินร้อยละ 50 ในแปลงทดลอง โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2555

3. ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2555

4. สุ่มเก็บตัวอย่างใบสบู่ดำใบที่ 5 นับจากใบเจริญเต็มที่และคลี่ออกโดยสมบูรณ์แล้วจากส่วนยอดในช่วงแทงช่อดอก (เดือนกันยายน 2553) และสุ่มเก็บอีกครั้งในที่มีช่อดอกสูงที่สุด (เดือนพฤษภาคม 2555)

5. สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดในแต่ละเดือนเริ่มเก็บตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2554 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 จากนั้นนำตัวอย่างมาผสมคลุกเคล้ากัน แล้วสุ่มออกไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

6.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

6.1.1 นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกก้อนกรวด เศษหิน แร่ และเศษซากพืชออก หลังจากนั้นนำดินมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของดิน

6.1.2 นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนมาศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัว

6.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

6.2.1 การวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution analysis)โดยวิธีปิเปตต์ (pipette method) (Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทเนื้อของดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

6.2.2 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธี core method ซึ่งใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินชนิดไม่ทำลายโครงสร้างในการเก็บตัวอย่างดิน (Blake and Hartge, 1986; Culley, 1993)

6.2.3 สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

6.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

6.3.1 พีเอชดิน (soil pH) โดยใช้เครื่องวัดพีเอชดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3.2 คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon: OC) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; Faithfull, 2002) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter: OM) จากสูตร

Organic matter (%) = %Organic carbon x 1.724

6.3.3 ไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl (Jackson, 1965)

6.3.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

6.3.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยใช้ 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

6.3.6 เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

6.3.7 สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) โดยวิธี barium chloride triethanolamine pH 8.2 (Peech, 1965)

6.3.8 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) โดยใช้การชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แคตไอออนของแอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาปริมาณแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3.9 ร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage, %BS) โดยคำนวณจากค่าปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมด และค่าสภาพกรดที่สกัดได้ (National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\% BS = \frac{\text{Extractable bases}}{\text{Extractable bases + Extractable acidity}} \times 100$$

7. การวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยหมัก

7.1 การเตรียมตัวอย่างปุ๋ยหมัก

นำตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลองมาผึ่งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำปุ๋ยหมักมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมด สำหรับปุ๋ยหมักที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติอื่น ๆ ต่อไป

7.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

7.2.1 พีเอชของปุ๋ยหมัก วัดโดยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยหมักต่อน้ำเท่ากับ 1:2 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

7.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) โดยประยุกต์วิธีของ Walkley and Black (กรมวิชาการเกษตร, 2551; Walkley and Black, 1934) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุโดยใช้สูตรดังนี้

Organic matter (%) = %Organic carbon x 1.7241(Equivalent to soil)

7.2.3 ค่าการนำไฟฟ้า วัดโดยเครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า (conductivity meter) ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยหมักต่อน้ำเท่ากับ 1:5 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

7.2.4 ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2.5 ฟอสฟอรัสทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสม (HNO_3:$HClO_4$ อัตราส่วน 1:1) และทำให้เกิดสีกับ Molybdovanadate reagent นำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

7.2.6 โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสม (HNO_3:$HClO_4$ อัตราส่วน 1:1) และนำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

7.2.7 ปริมาณสังกะสี เหล็ก แมงกานีส และทองแดงทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสม (HNO_3:$HClO_4$ อัตราส่วน 1:1)และนำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

8. การวิเคราะห์พืช

นำตัวอย่างใบสบู่ดำและตัวอย่างเมล็ดสบู่ดำ (ไม่รวมเปลือก) มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 3 วันจนตัวอย่างแห้งสนิท บดตัวอย่างให้ละเอียด จากนั้นไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ดังนี้

7.1.1 ไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธีการกลั่นโดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

7.1.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadomolybdophosphoric acid method (Murphy and Riley, 1962) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร (Olsen and Dean, 1965)

7.1.3 โพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย digestion mixture (HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1.4 ซัลเฟอร์ทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย digestion mixture (HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดปริมาณซัลเฟอร์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

7.1.5 แคลเซียมทั้งหมด แมกนีเซียมทั้งหมด เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด และแมงกานีสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย digestion mixture (HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ข้างต้นด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

7.1.6 นำตัวอย่างเมล็ดไปสกัดปริมาณน้ำมัน โดยวิธี Acid Hydrolysis, Petroleum Ether Extraction (AOAC, 2000)

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

10. สถานที่ทำการทดลอง

1. สถานีวิจัยกาญจนบุรี หมู่ที่ 9 ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

2. วิเคราะห์สมบัติของดิน และพืชที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

3. วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

11. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 สิ้นสุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และการเพิ่มฟอสฟอรัส ในพื้นที่แปลงทดลองปลูกสบู่ดำ สถานีวิจัยกาญจนบุรี ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ผลการศึกษาประกอบด้วย ลักษณะและสมบัติดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง การตอบสนองของสบู่ดำต่อปุ๋ยเคมีปุ๋ยหมักและการเพิ่มฟอสฟอรัส

1. ลักษณะและสมบัติดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

1.1 สภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

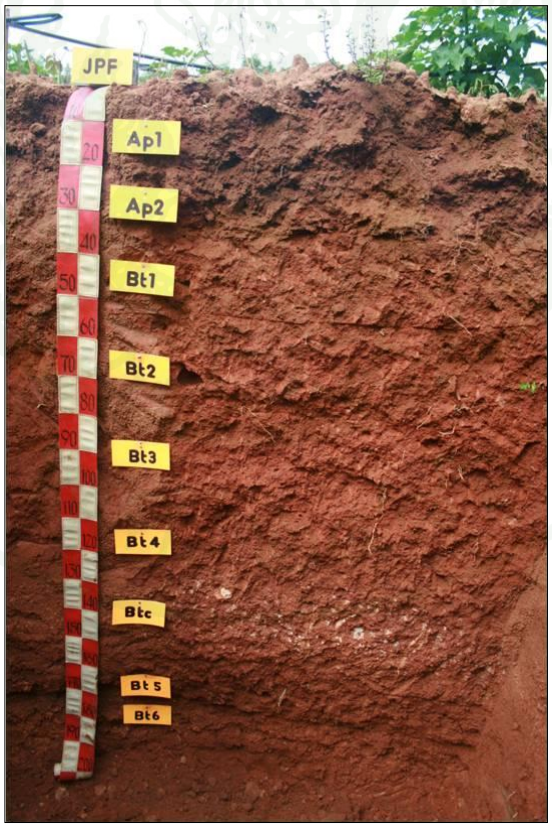
พื้นที่ทำการศึกษาอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางเท่ากับ 76.8 เมตร มีความลาดชัน ร้อยละ 3 เป็นพื้นผิวที่ถูกกร่อนบริเวณตีนเขาที่ถูกตัด (erosional surface of dissected footslope) ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองเป็นดินลึกมาก มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นวางตัวอยู่บนตะกอนหินดาดเชิงเขาของหินชนวน และหินควอร์ตไซต์ (local alluvium over mixed colluvium of metamorphic rock, mainly quartzite and slate) ดินมีการระบายน้ำดี สภาพให้ซึมได้ปานกลาง น้ำไหลบ่าหน้าดินปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 200 เซนติเมตรในฤดูแล้ง (ภาพที่ 4 และ 5)

1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ดินชั้นบนหนา 35 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลปนแดงถึงแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัด (pH 5.5) ดินชั้นล่างความลึกตั้งแต่ 35 เซนติเมตรเป็นต้นไป ดินมีสีแดงเข้มถึงน้ำตาลปนแดงเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว พบการสะสมดินเหนียวในดินล่าง รวมถึงพบมวลก้อนกลมของหินแปรในชั้นความลึก 136 ถึง 152/162 เซนติเมตร โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 ลักษณะสภาพภูมิประเทศบริเวณแปลงทดลองและการตัดแต่งกิ่งสบู่ดำเมื่ออายุครบ 2 ปี



ภาพที่ 5 ภาพหน้าตัดดินตัวแทนที่ทำการศึกษาบริเวณแปลงสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่ศึกษา

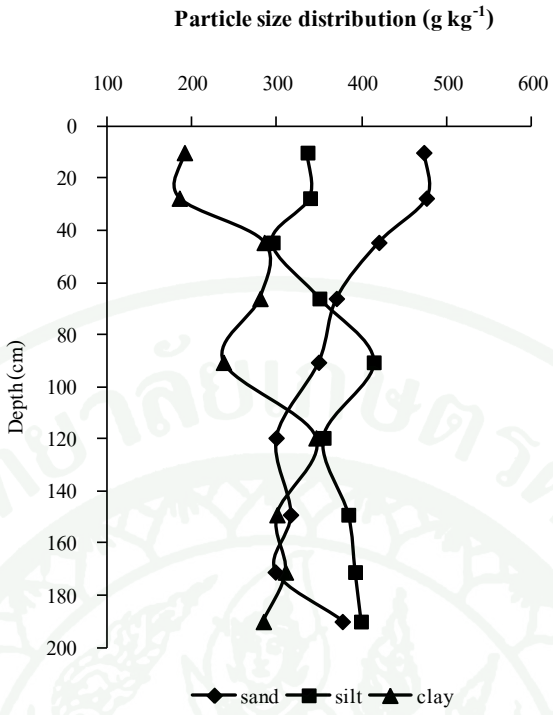
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง ประกอบด้วยการกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพนำน้ำดินขณะอิ่มตัว

1.3.1 การกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

ผลการศึกษาการแจกกระจายขนาดของอนุภาคดิน (particle size distribution) ตามความลึกในแต่ละชั้น โดยเปรียบเทียบการแจกกระจายของอนุภาคดินกับเกณฑ์การจำแนกชั้นของเนื้อดินหลักของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Division Staff, 1993) สามารถสรุปได้ดังนี้

การกระจายขนาดอนุภาค พบว่า ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้งและดินเหนียวใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 6) โดยมีค่าปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในพิสัย 298-476 กรัมต่อกิโลกรัมมีแนวโน้มลดลงจากชั้นดินบน และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในชั้นดินล่างที่ความลึกประมาณ 136-152/162 เซนติเมตร ในขณะที่ขนาดทรายแป้งและดินเหนียวมีค่าอยู่ในพิสัย 295-414 และ 185-346 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินที่ทำการศึกษาเป็นดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง มีการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (elluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่าง ทำให้ชั้นดินตอนบนมีอนุภาคขนาดใหญ่เหลืออยู่มาก (Soil Survey Staff, 2010; Buol et al., 2003) และปริมาณการเพิ่มขึ้นของดินเหนียวตามความลึกสามารถจัดได้เป็นชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 2010) และเมื่อเปรียบเทียบชั้นเนื้อดินพบว่าดินบนจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured) ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดินล่างจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured) ถึงเนื้อละเอียด (fine-textured) โดยมีเนื้อดินอยู่ในพิสัยดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวกับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.3.2 ความหนาแน่นรวมของดิน

ผลการศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน โดยใช้เกณฑ์การประเมินความหนาแน่นรวม ตามตารางผนวกที่ 23 (นงคราญ, 2529) พบว่า ดินชั้นบนมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.42-1.64 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และในดินชั้นล่างมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (1.46-1.85 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกโดยความหนาแน่นรวมที่สูงสุดพบที่ระดับความลึก 78-103 เซนติเมตร โดยมีค่าเท่ากับ 1.85 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ภาพที่ 7ก)

1.3.3 สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว

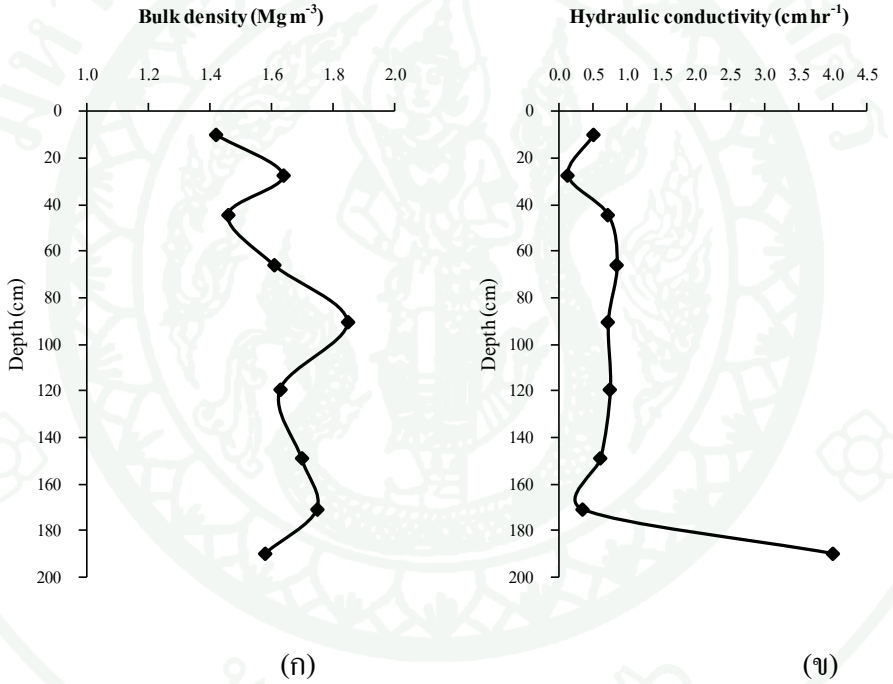
สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวในดินชั้นบนอยู่ในระดับช้า (0.12-0.50 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) และในดินชั้นล่างสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวอยู่ในระดับช้าถึงปานกลาง (0.34-4.01 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทุกระดับความลึก (ภาพที่ 7ข) โดยทั่วไปสภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำน้ำของดินขณะอิ่มตัวขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ชนิดของเนื้อดิน ขนาด รูปร่าง การเชื่อมโยงความต่อเนื่อง ความคดเคี้ยว ความคงทน การแจกกระจายของช่องว่างในดิน และชนิดของไอออนที่จะทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย (Iwata *et al*., 1995; Hillel, 1998; Juma, 2001)

1.4 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง แสดงผลไว้ในตารางที่ 2 โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับค่าวิเคราะห์ต่าง ๆ ตามตารางผนวกที่ 24 (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) มีดังนี้



(ก) (ข)

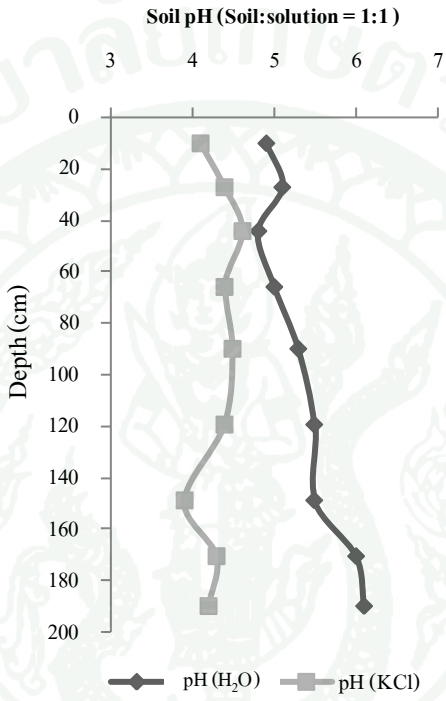
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.4.1 พีเอชดิน

พีเอชของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง วัดโดยใช้ดินต่อน้ำอัตราส่วน 1:1 พบว่าดินบนเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.9-5.1) และในดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.8-6.1) พีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความความลึก (ภาพที่ 8ก) ส่วนค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าค่อนข้างผันแปรในแต่ละชั้นดินภายในหน้าตัดดิน (pH 3.9-4.6) (ภาพที่ 8ข) โดยค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำมีค่าสูงกว่าการวัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงให้เห็นว่าผลรวมประจุสุทธิของดินเป็นลบจึงบ่งชี้ได้ว่าธรรมชาติของระบบดินถูกควบคุมโดยอิทธิพลของแร่ดินเหนียวซิลิเกตและทำให้เกิดการดูดซับแคตไอออนที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวได้ดีกว่าแอนไอออน (Van Raij and Peech, 1972; Sanchez, 1976)



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ และที่วัดในสารละลาย 1M KCl กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง พบว่า ดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลางโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 10.98-21.57 กรัมต่อกิโลกรัม ในดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยและ 0.68-6.79 กรัมต่อกิโลกรัม โดยชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลงลดลงตามความลึก แต่ปริมาณค่อนข้างผันแปรในแต่ละชั้นดินภายในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 9ก) การที่ปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนที่สูงกว่าชั้นดินล่าง เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่ทับถมของเศษซากพืช ใบ ลำต้น ที่ปกคลุมอยู่บนผิวดินและรากพืช ทำให้เกิดการ

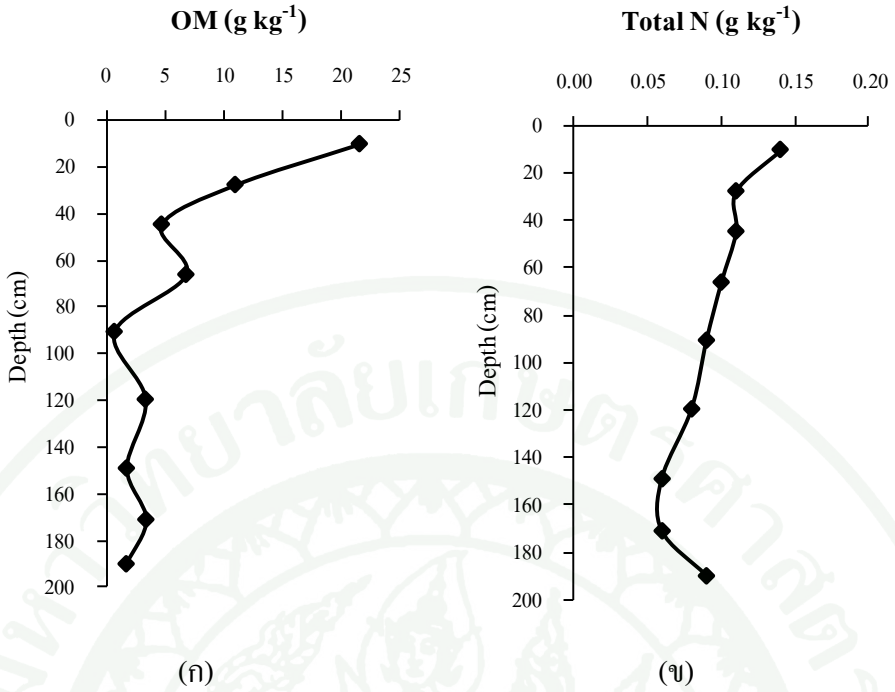
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สะสมอินทรียวัตถุอยู่ในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง (Thomson and Troeh, 1978) ส่วนชั้นดินล่างซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า เป็นลักษณะโดยทั่วไปของดินที่ไม่ได้รับอินทรียวัตถุเพิ่มเติมมากพอประกอบกับอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินบนของเขตร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในชั้นดินล่างจึงมีน้อยทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (Sanchez, 1976; Virgo and Holmes, 1977; Vangai *et al*., 1986)

1.4.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.06-0.14 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 9ข) โดยดินบนพบในปริมาณที่สูงกว่าดินล่างเล็กน้อย ลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวม มีลักษณะรูปแบบที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) การที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำมากในดินเกิดจากการนำไปใช้ของพืชและจุลินทรีย์ในดิน รวมทั้งที่อาจเกิดการสูญหายโดยกระบวนการชะละลาย และมีบางส่วนสูญหายไปในรูปของแก๊ส (ไพบูลย์, 2528; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Kononova, 1966; Buol *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

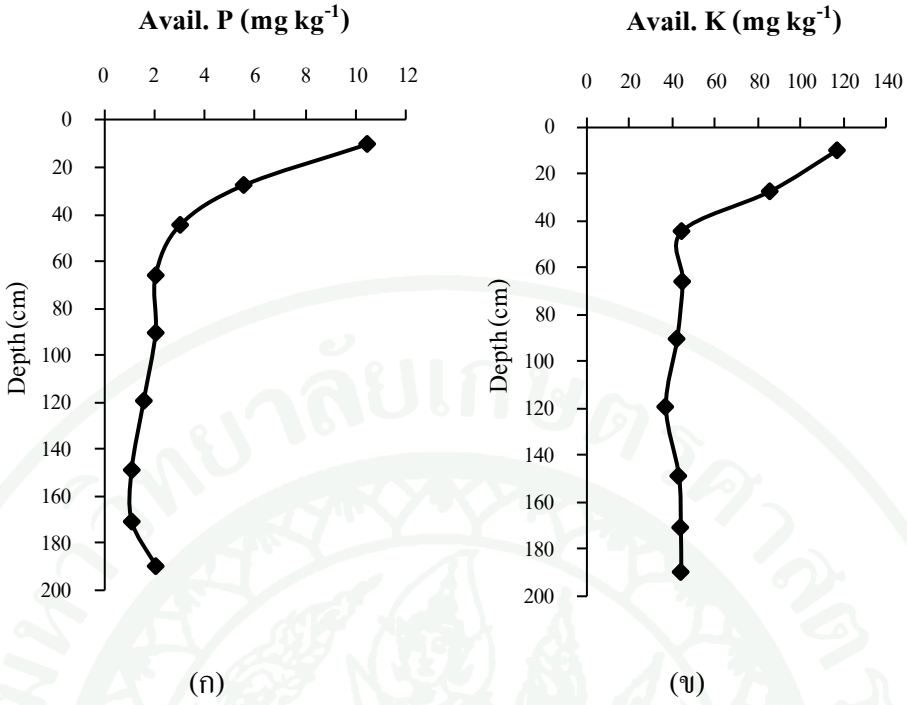


ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ในพิสัย 1.11-5.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นในชั้นดินบน (Ap1) ที่มีปริมาณอยู่ในระดับปานกลาง (10.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจะลดลงตามความลึก (ภาพที่ 10ก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอินทรียฟอสเฟต (Tisdale and Nelson, 1975; Sanchez, 1976; Potichan, 1991) อีกทั้งในชั้นดินล่างเป็นกรดรุนแรงกว่าชั้นดินบน ฟอสฟอรัสบางส่วนอาจถูกตรึงกับเหล็กและอะลูมิเนียม (Von Uexkull, 1986) จึงอาจทำให้ในชั้นดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในชั้นดินล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก) (ข)

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.4.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า มีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในดินชั้นบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (85.4-116.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และต่ำในดินชั้นล่าง (36.6-44.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 10ข) โดยทั่วไปดินจะมีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นถัดลงไป เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งมีมากกว่าชั้นถัดลงไป ซึ่งอินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีจึงอาจช่วยลดการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับกระบวนการชะละลาย (Buol *et al.,* 2003; Zhang *et al.,* 2006; Akande *et al.,* 2010) รวมทั้งการสลายตัวของอินทรียสารก็จะให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาบางส่วน จึงอาจเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ให้แก่ดิน (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548; Green and Kowel, 1960, Sanchez *et al*., 1983; Brady and Weil, 2008)

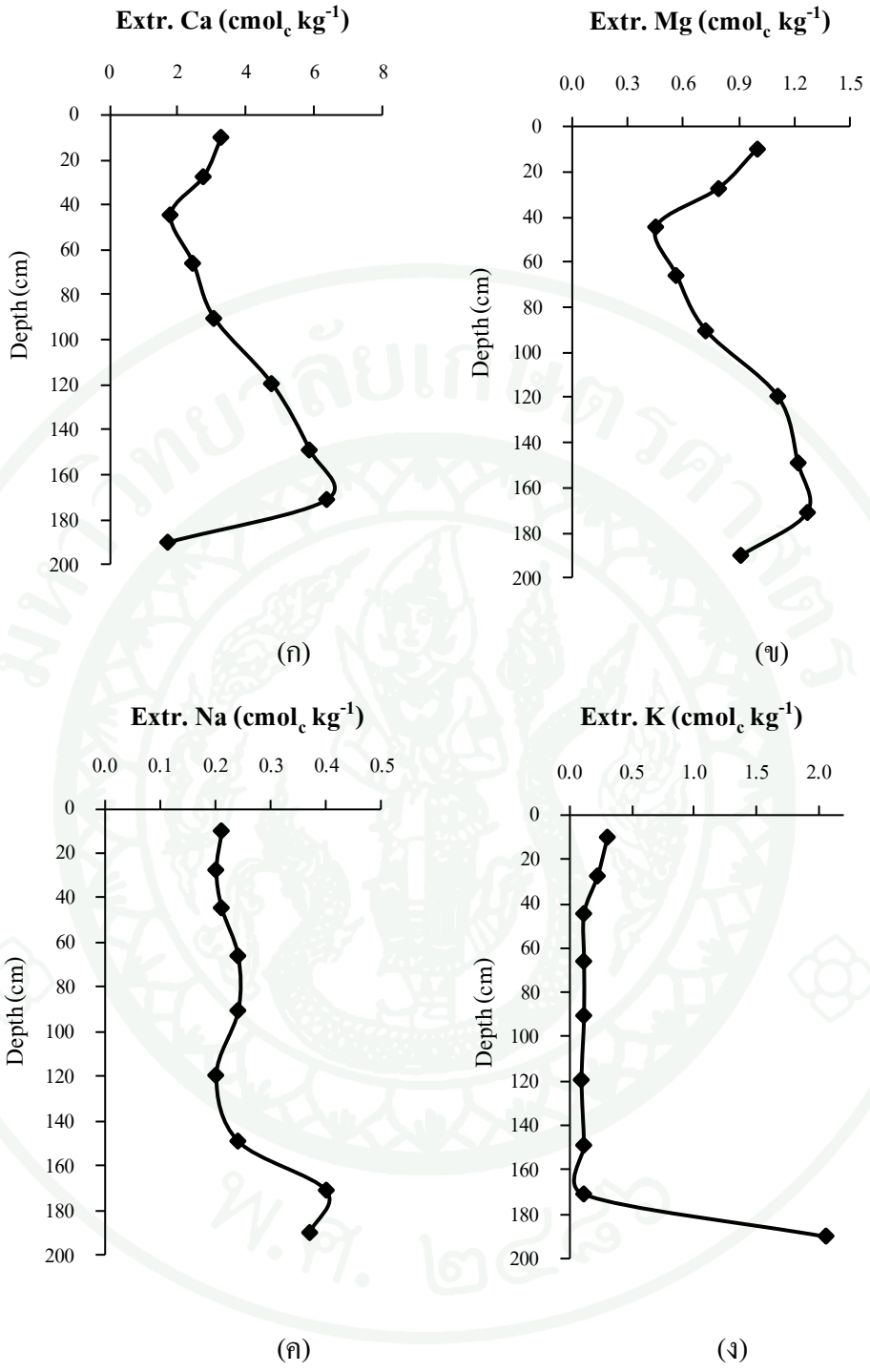
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.6 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

ปริมาณเบสที่สกัดได้ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม มีดังนี้ (ภาพที่ 11)

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (2.74-3.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำมากถึงปานกลางในดินชั้นล่าง (1.70-6.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 11ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (0.79-1.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำถึงปานกลางในดินชั้นล่าง (0.45-1.27 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 11ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำตลอดหน้าตัดดิน (0.09-0.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ยกเว้นในชั้น Bt6 มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงกว่าดินชั้นอื่นมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก (2.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 11ง) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน พบว่า มีค่าแปรปรวนมีแนวโน้มของการแจกกระจายไม่ชัดเจน สำหรับปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางตลอดหน้าตัดดิน (0.20-0.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และมีปริมาณใกล้เคียงและค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นในชั้น Bt5 และ Bt6 ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 11ค) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางตลอดหน้าตัดดิน (2.6-8.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 12ก)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

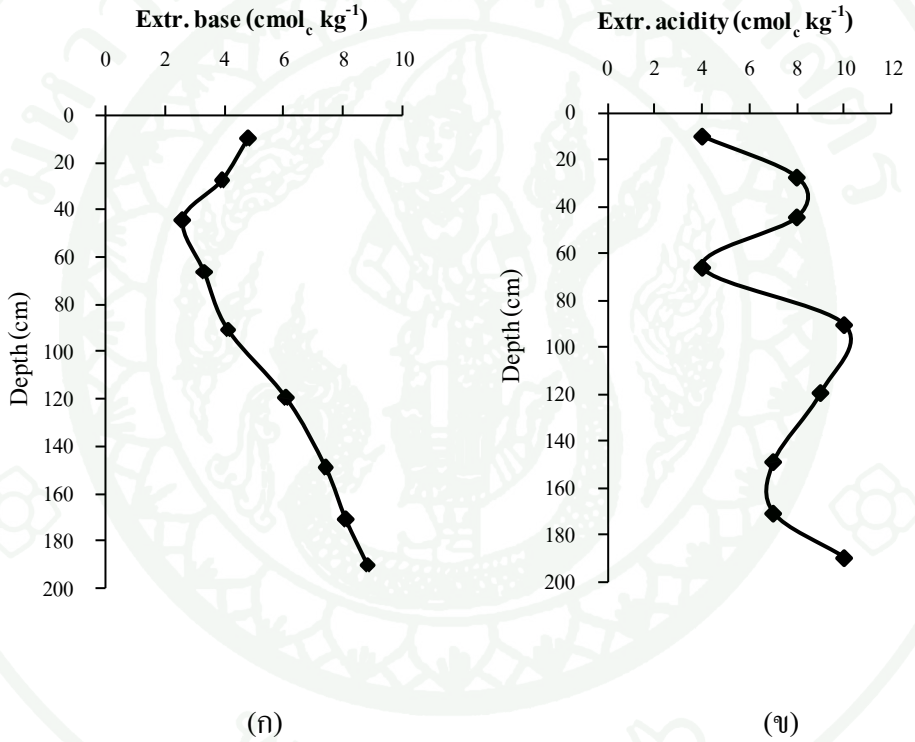


ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โซเดียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.7 สภาพกรดที่สกัดได้

สภาพกรดที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูงตลอดหน้าตัดดิน (4.0-10.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 12ข) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของสภาพกรดที่สกัดได้กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน พบว่า มีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดินค่อนข้างมาก แสดงถึงดินมีพัฒนาการปานกลางถึงค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของการชะละลายแคตไอออนที่เป็นเบส และการผุพังสลายตัวส่งผลต่อการปลดปล่อยของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมออกมาสู่ระบบดิน (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008) ที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นกำเนิดดิน



(ก) (ข)

ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

1.4.8 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

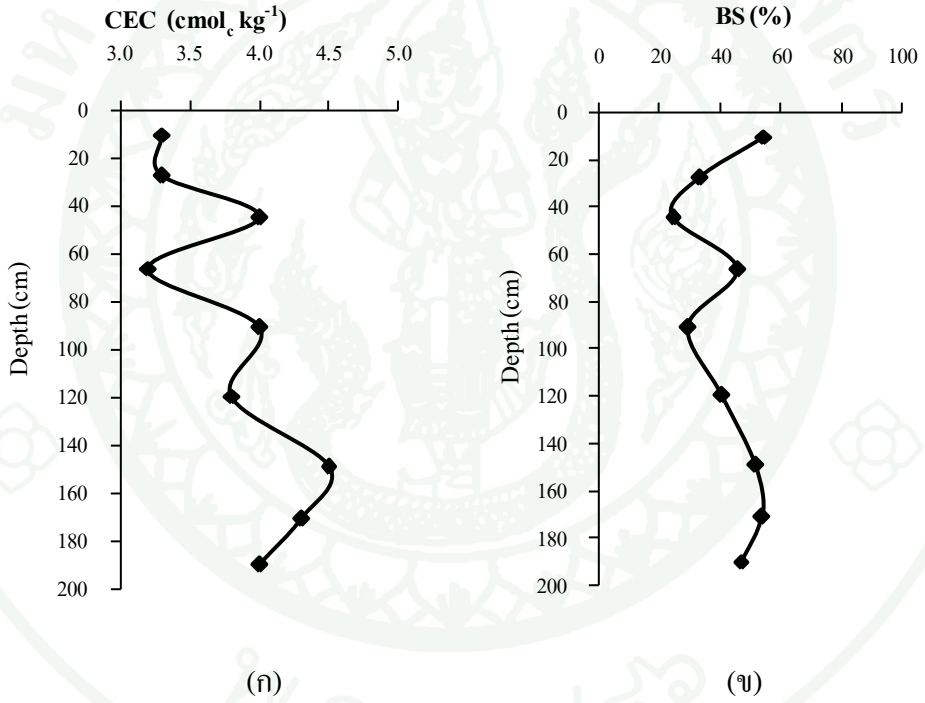
ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนดิน อยู่ในระดับต่ำ (3.2-4.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 13ก) และมีแนวโน้มไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินมีพัฒนาการค่อนข้างสูง แร่องค์ประกอบส่วนใหญ่อาจเป็นแร่ดินเหนียวประเภท 1:1 ซึ่งเป็นลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั่วไปของดินเขตร้อน (Brady and Sanchez, 1976) จึงอาจเป็นสาเหตุให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินต่ำ

1.4.9 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงอยู่ในพิสัยร้อยละ 37.3-64.9 และมีแนวโน้มผันแปรภายในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 13ข) แสดงถึงการชะละลายยังไม่รุนแรงพอหรืออาจไม่สม่ำเสมอ ทำให้ดินยังคงมีเบสหลืออยู่มากโดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (Lgwe *et al.*, 1999; Brady and Weil, 2008)



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 หน่วยการจำแนกดิน

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

การจำแนกในขั้นอันดับ (Order) พบว่า ภายในหน้าตัดดินมีการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินเหนียว ลงไปสะสมในดินชั้นล่างที่ชัดเจนเรียกว่าชั้นดินล่างวินิจฉัย อาร์จิลลิก (argillic horizon) และมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงซึ่งมากกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับแอลฟิซอลล์ (Alfisols) การจำแนกดินในขั้นอันดับย่อย (Suborder) พบว่า พื้นที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด โดยเพียงพอเฉพาะในฤดูปลูกพืชเท่านั้น จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regium) ซึ่งทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustalf และจากการที่ดินมีการการแจกกระจายของดินเหนียว ที่มีปริมาณดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน ในขั้นกลุ่มดินใหญ่ (Great group) จึงจำแนกได้เป็น Paleustalf และเนื่องจากเป็นดินลึก มีสีออกแดง หรือสีแดง เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ที่มีชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิกบาง หรือหนาปานกลาง จึงจัดจำแนกในระบบอนุกรมวิธานดินในขั้นกลุ่มดินย่อย (Subgroup) เป็น Ultic Paleustalf

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกสบู่ดำ โดยเก็บที่ความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร พบว่า

2.1 ดินบน

ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบว่า ดินเป็นกรดจัด (pH 5.2) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (8.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวมที่อยู่ในระดับต่ำมาก (0.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (14.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (108.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ดินล่าง

ดินล่างที่ระดับความลึก 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร พบว่า ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.8-4.9) มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (3.3-14.3 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมาก (0.4-0.5 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (5.0-5.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (52.2-76.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ตารางที่ 3 สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

Depth	pH 1:1		OM	Total N	Avail. P	Avail. K
(cm)	H_2O	KCl	(----------g kg^{-1}----------)		(----------mg kg^{-1}----------)	
0-20	5.2	4.0	8.8	0.8	14.0	108.5
20-40	4.9	4.9	14.8	0.4	5.6	76.2
40-60	4.8	4.3	3.3	0.5	5.0	52.2

3. การเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ

3.1 จำนวนช่อดอกสบู่ดำ

ในปีแรกของการทดลองเมื่อสบู่ดำอายุย่างเข้าสู่ปีที่ 2 ทำการนับจำนวนช่อดอกต่อต้นทุกเดือนตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนมิถุนายน 2554 (ภาพที่ 14) โดยสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี จะเริ่มออกช่อดอกในเดือนกรกฎาคม 2553 โดยในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว (ตุลาคม 2553-มกราคม 2554) สบู่ดำจะออกช่อดอกได้น้อย เนื่องจากสบู่ดำมีการเจริญเติบโตทางเรือนยอดอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สบู่ดำยังมีการสร้างกิ่งกระโดงจำนวนมาก ทำให้ทรงพุ่มแน่นทึบแสงแดดไม่สามารถส่องทะลุถึงปลายยอดได้ทั้งหมดซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้สบู่ดำสร้างช่อดอกในปริมาณที่ลดลงอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลการออกดอกของสบู่ดำ โดยสบู่ดำจะออกดอกและมีจำนวนช่อดอกอยู่ในพิสัย 2.14-10.40 ช่อดอกต่อต้น (ภาพที่ 14) ทั้งนี้สบู่ดำในทุกตำรับการทดลองจะออกดอกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2554 และให้จำนวนช่อดอกสูงสุดในเดือนมีนาคม 2554 โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 4.44-10.46 ช่อดอกต่อต้นและลดลงในเดือนต่อมา ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกเฉลี่ยสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

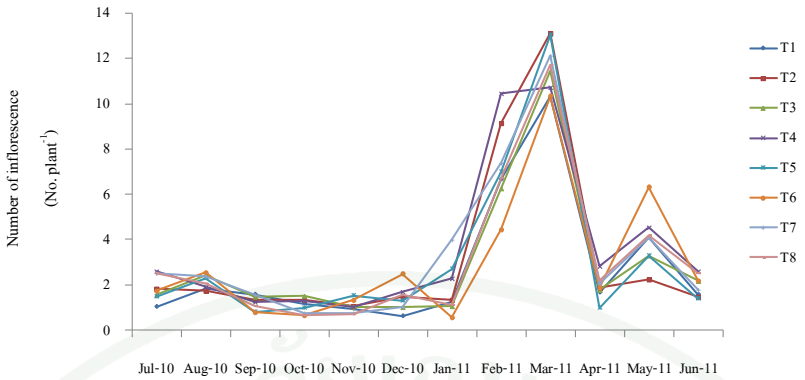
ที่สุด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.06-13.10 ช่อดอกต่อต้น ซึ่งใกล้เคียงกันกับตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่โดยให้จำนวนช่อดอกอยู่ในพิสัย 1.02-11.42 ช่อดอกต่อต้น

เมื่อสบู่ดำอายุย่างเข้าสู่ปีที่ 3 ซึ่งได้ทำการตัดแต่งกิ่งไปในช่วงเดือนกรกฎาคม 2554 การจัดการปุ๋ยทั้ง 8 ตำรับการทดลองรวมทั้งการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมไม่มีผลต่อจำนวนช่อดอก ยกเว้นในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม 2554 สบู่ดำเริ่มมีแนวโน้มในการแทงช่อดอกในเดือนกันยายน 2554 และมีจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในเดือนมกราคม 2555 และสบู่ดำจะมีการแทงช่อดอกสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้สบู่ดำออกดอกสูงที่สุดโดยเฉพาะในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม 2554 ซึ่งจำนวนช่อดอกอยู่ในพิสัย 1.4-27.6 ช่อต่อต้น แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ในอัตราต่ำที่มีการใส่ปุ๋ยหมักร่วมด้วย ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่กลับมีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกน้อยที่สุดโดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 (49.9 ช่อต่อต้น) แต่กลับมีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกเพิ่มขึ้นในเดือนเมษายน 2555 ขณะที่การจัดการปุ๋ยอื่น ๆ กลับมีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกของสบู่ดำลดลง (ภาพที่ 15ก)

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมไม่มีผลต่อการออกดอกของสบู่ดำ โดยในช่วงแรกการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมกลับมีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกเร็วกว่าโดยมีปริมาณช่อดอกสูงกว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ภาพที่ 15ค)

การจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมไม่มีผลต่อการแทงช่อดอก โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมร่วมกับการจัดการปุ๋ยมีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกน้อยกว่า เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยในช่วงแรกสบู่ดำที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกสูงกว่าตำรับอื่น ๆ ต่อมาโดยเฉพาะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้สบู่ดำออกดอกสูงที่สุด (73 ช่อต่อต้น) ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักและใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกต่ำที่สุดและการลดลงของการติดช่อดอกชัดเจนกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ โดยสบู่ดำจะเริ่มลดการติดช่อดอกในเดือนมีนาคม 2555 (ภาพที่ 15ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

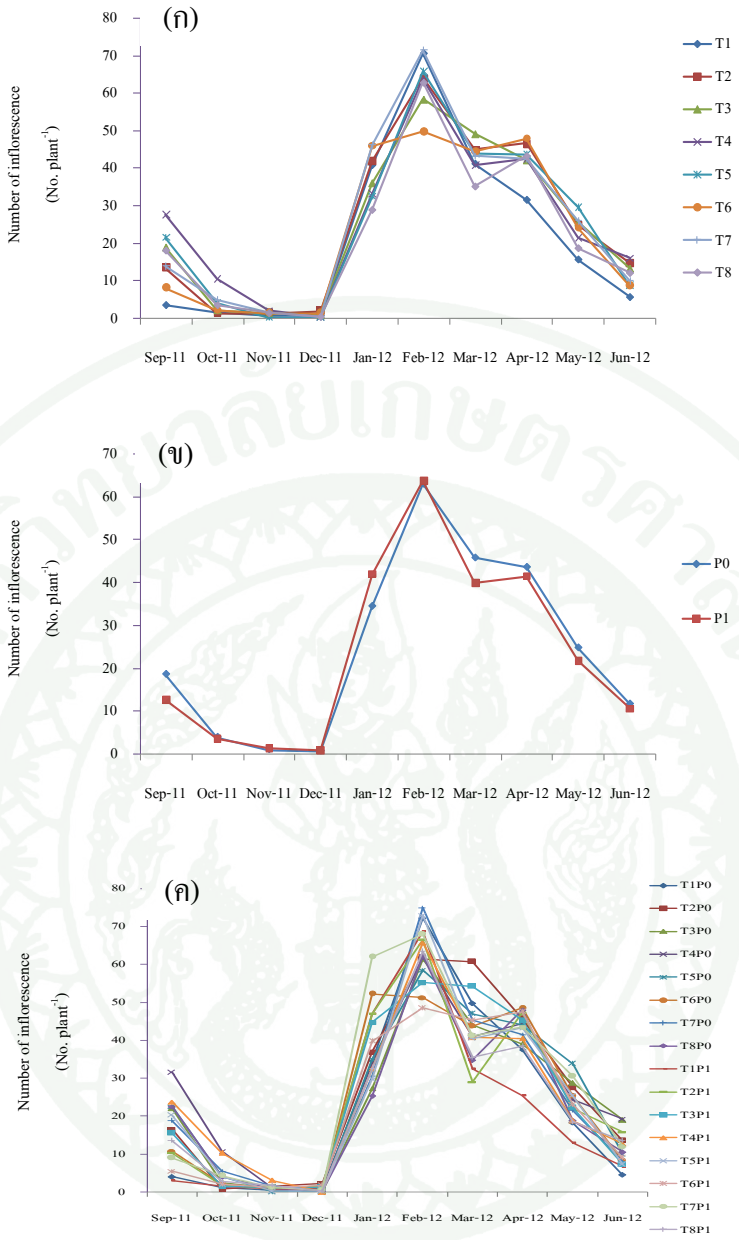
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 14 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24, T8= compost + 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ภาพที่ 15 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 จำนวนช่อดอกสบู่ดำที่มีการติดผล

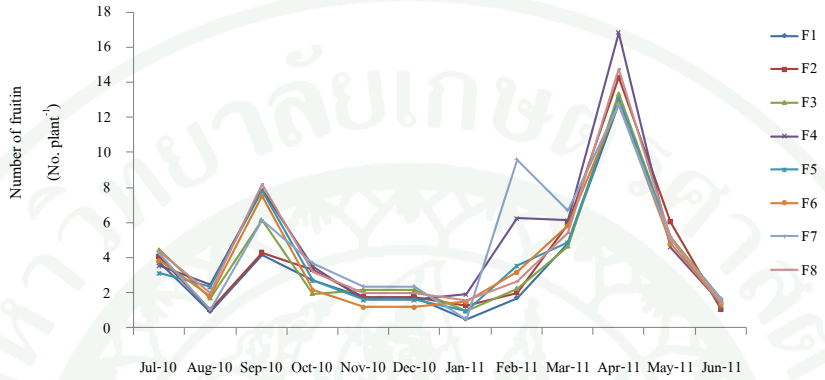
สบู่ดำอายุ 2 ปี พบว่า จำนวนช่อดอกที่ติดผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 16) เมื่อได้รับการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ แต่มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับการติดช่อดอก โดยได้จำนวนช่อดอกที่ติดผลอยู่ในพิสัย 3.47-4.81 ช่อต่อต้น และเริ่มติดผลในเดือนกันยายน 2553 แต่หลังจากนั้นก็ลดลงในเดือนตุลาคม 2553 และมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 (ภาพที่ 16) โดยช่วงที่มีการติดผลสูงสุด คือเดือนเมษายน 2554 ซึ่งในเดือนนี้มีค่าอยู่ในพิสัยตั้งแต่ 12.73-16.81 ช่อต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกที่ติดผลสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 1.38-16.81 ช่อต่อต้น และตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยมีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกที่ติดผลต่ำที่สุด

ในปีต่อมาการจัดการปุ๋ยมีผลทำให้จำนวนช่อดอกที่มีการติดผลของสบู่ดำมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 17ก) เฉพาะในเดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม 2554 โดยการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้สบู่ดำมีช่อดอกที่ติดผลมากที่สุด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.8-25.4 ช่อต่อต้น ขณะที่การจัดการปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน การไม่ใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้ช่อดอกที่ติดผลทั้ง 3 เดือนต่ำที่สุดซึ่งใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาถึงการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมพบว่าการไม่ใส่ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มทำให้ได้ช่อดอกที่มีการติดผลสูงกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.5-74.6 และ 1.9-68.5 ช่อต่อต้นตามลำดับ (ภาพที่ 17ข)

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมร่วมกับการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนช่อดอกที่ติดผล โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมร่วมกับการจัดการปุ๋ยกลับมีแนวโน้มให้จำนวนช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำต่ำกว่าการไม่ใช่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมซึ่งสอดคล้องกับจำนวนช่อดอก อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้สบู่ดำติดผลเร็วกว่ารูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะในช่วงแรก ต่อมาการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักและการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมกลับมีแนวโน้มให้สบู่ดำมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลสูงที่สุด โดยเฉพาะในเดือนพฤษภาคม 2555 (94 ช่อต่อต้น) และการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพียงอย่างเดียว มีแนวโน้มให้สบู่ดำมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลต่ำที่สุด (0.5-39.8 ช่อต่อต้น) ในทุกเดือนที่เก็บข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

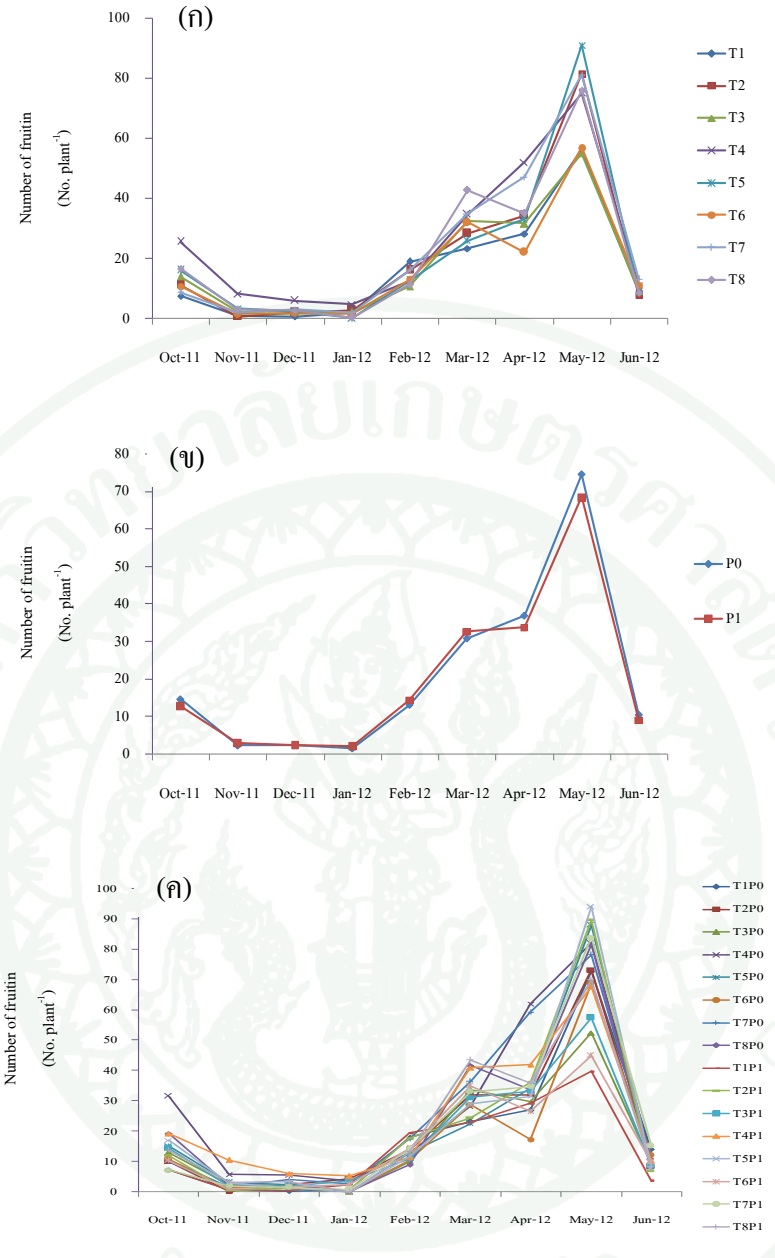
ในภาพรวมสบู่ดำจะเริ่มติดผลหลังออกดอกไปแล้วประมาณ 1 เดือนจากนั้นจำนวนช่อดอกที่มีการติดผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในทุกตำรับการทดลอง โดยจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม 2555 และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเดือนมิถุนายน 2555 (ภาพที่ 17ค) โดยในปีที่ 2 นี้สบู่ดำมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลอยู่ในพิสัย 0.1-94.0 ช่อต่อต้น



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15,
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15,
T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24,
T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 16 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24, T8= compost + 50 kg rai^{-1} of 8-24-24

Compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ภาพที่ 17 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ผลผลิตสบู่ดำ

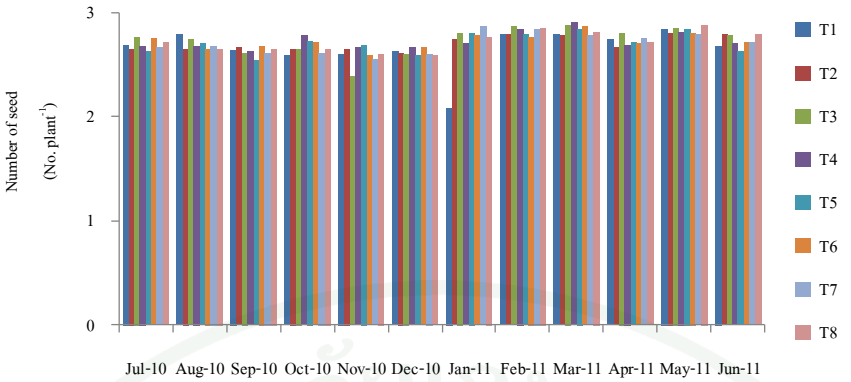
1) จำนวนเมล็ดสบู่ดำต่อผล

โดยในปีแรกของการศึกษา (สบู่ดำอายุ 2 ปี) การจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดของสบู่ดำ โดยในทุกตำรับการทดลองมีจำนวนเมล็ดใกล้เคียงกันอยู่ในพิสัย 2.1-2.9 เมล็ดต่อผล (ภาพที่18) ในปีต่อมากลับพบว่า รูปแบบการจัดการปุ๋ยส่งผลให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยทั้งปีมีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง มีผลให้จำนวนเมล็ดในเดือนธันวาคม 2554 และกุมภาพันธ์ 2555 และเฉลี่ยทั้งปีสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.3, 2.7 และ 2.4 เมล็ดต่อผลตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มจำนวนเมล็ดไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม ซึ่งตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่ำที่สุด อยู่ในพิสัย 0.4-2.7 เมล็ดต่อผล (ภาพที่ 19ก) ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมให้จำนวนเมล็ดในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 เท่ากับ 2.1 เมล็ดต่อผล ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและการจัดการปุ๋ยพบว่า ส่งผลให้จำนวนเมล็ดที่ได้ในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.6-2.6 เมล็ดต่อผล โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้จำนวนผลเฉลี่ยทั้งปีต่ำที่สุดเท่ากับ 1.6 เมล็ดต่อผล (ภาพที่ 19ข)

ในภาพรวมพบว่า ในทุกตำรับการทดลองจำนวนเมล็ดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงแรก (พฤศจิกายน 2554-กุมภาพันธ์ 2555) จะมีค่าต่ำ จำนวนผลน้อยโดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน 2554 ซึ่งมีบางตำรับการทดลองที่มีจำนวนเมล็ดไม่ถึง 1 เมล็ดต่อผล แต่ต่อมาในเดือนมีนาคม 2555 จำนวนเมล็ดของสบู่ดำเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 2.0-2.9 เมล็ดต่อผล จากนั้นจำนวนเมล็ดของสบู่ดำมีค่าค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน 2555 (ภาพที่ 19ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

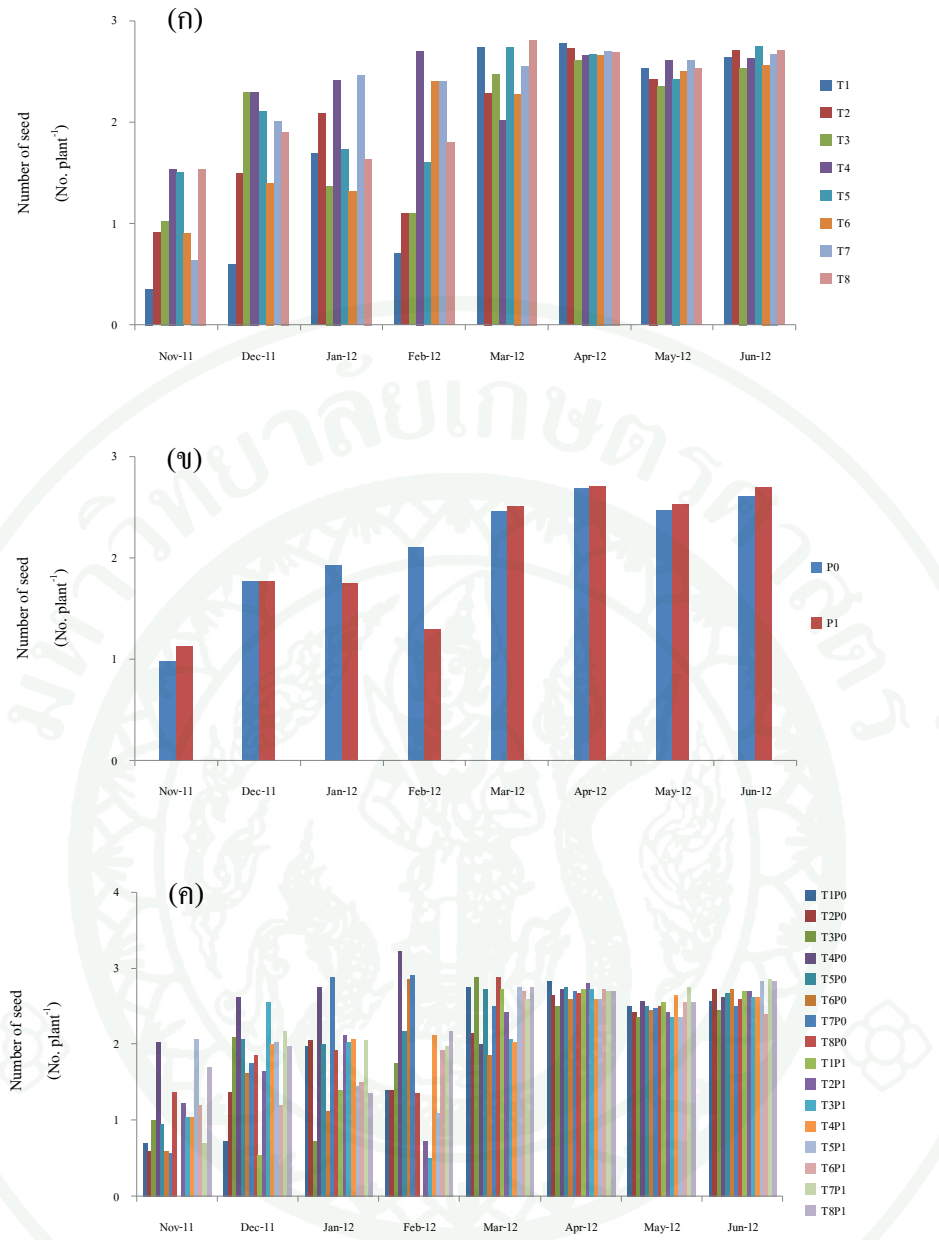
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 18 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24, T8= compost + 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ภาพที่ 19 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

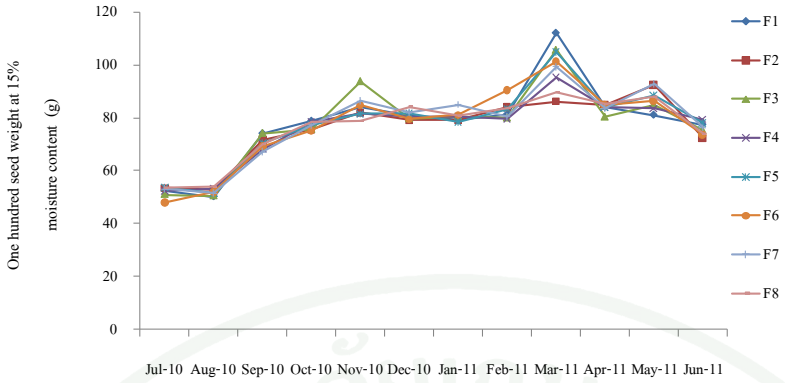
2) น้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15

โดยในปีแรกของการศึกษา (สบู่ดำอายุ 2 ปี) การจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 โดยพบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 916.4 กรัม (ภาพที่ 20) ขณะที่ในตำรับการทดลองที่เหลือส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 914.9-901.9 กรัม นอกจากนี้ผลผลิตสบู่ดำที่อายุ 3 ปี มีปริมาณต่ำกว่าสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี ในทุกตำรับการทดลองโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 901.9-914.9 กรัมและสบู่ดำที่มีอายุ 3 ปี ลดลงเป็น 400.8-693.9 กรัม ทั้งนี้อาจเนื่องจากสบู่ดำที่มีอายุ 3 ปี ได้มีการตัดแต่งกิ่งจึงทำให้สบู่ดำมีช่วงระยะการเก็บเกี่ยวที่น้อยกว่าปีที่ 2 เนื่องจากต้องใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน ในการสร้างเรือนยอดขึ้นมาใหม่จึงทำให้มีจำนวนยอดและจำนวนช่อดอกน้อยกว่าต้นสบู่ดำที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง (ภาพที่ 21ก)

เมื่อพิจารณาถึงผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่เพิ่มเติมกลับมีแนวโน้มให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจนในระยะ 2 เดือนแรกที่เริ่มทำการวัดผล การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 รวมทั้งปีสูงที่สุดเท่ากับ 655.4 กรัม (ภาพที่ 21ข)

ผลร่วมระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและการจัดการปุ๋ย สบู่ดำบางตำรับการทดลองมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงในเดือนแรก คือ เดือนพฤศจิกายน 2553 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก มีผลผลิตเมล็ดบางส่วนสะสมมาตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 แต่ไม่ได้ทำการวัดผล แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 โดยการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการปุ๋ยเพียงอย่างเดียว โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมมีแนวโน้มให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 เฉลี่ยทั้งปีสูงที่สุดเท่ากับ 888.3 กรัม ขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้ง 100 เมล็ดเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 252.1 กรัม (ภาพที่ 21ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

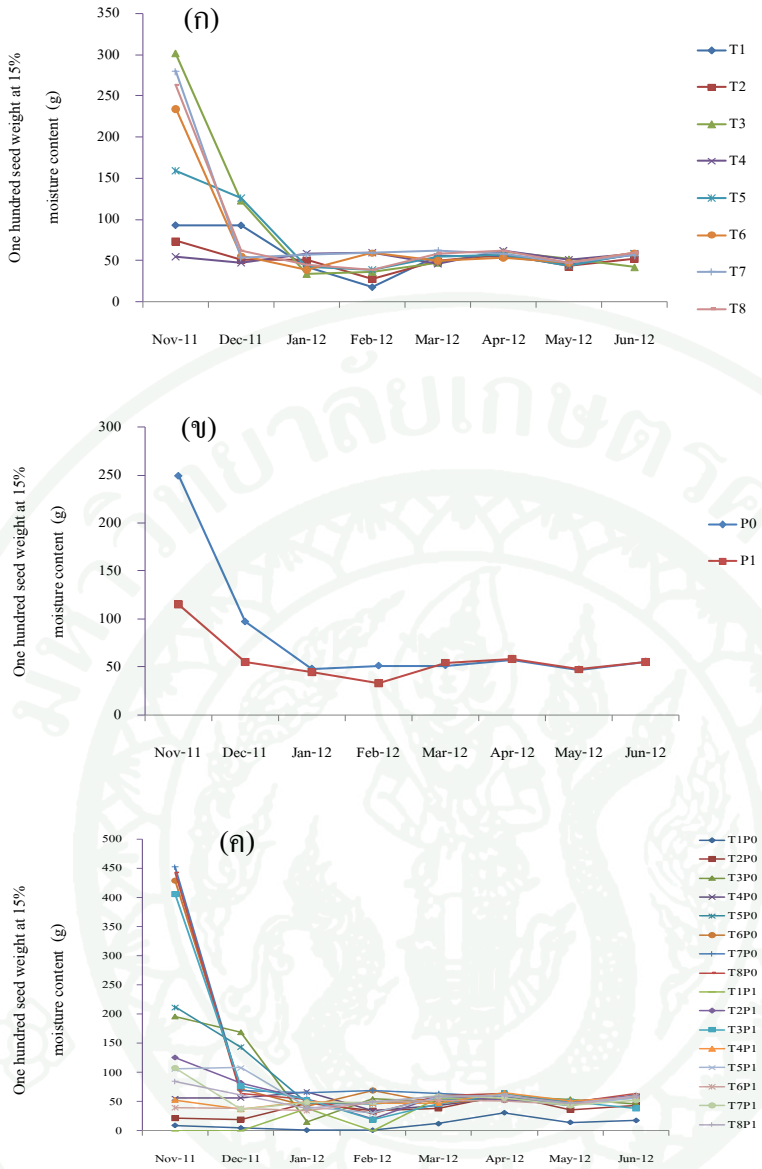
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 20 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24, T8= compost + 50 kg rai^{-1} of 8-24-24
Compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}
P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ภาพที่ 21 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15

โดยในปีแรกของการศึกษา (สบู่ดำอายุ 2 ปี) พบว่า ผลของการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 สบู่ดำที่ปลูกบนดิน Ultic Paleutalf โดยเริ่มเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนเมษายน 2554 โดยมีผลผลิตเมล็ดสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2554 และลดลงในเดือนมิถุนายน 2554 (ภาพที่ 22) สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดรวมต่อไร่ที่ความชื้นร้อยละ 15 สูงสุดเท่ากับ 345.4 กิโลกรัมต่อไร่ และลดลงเล็กน้อยในตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (328.4 กิโลกรัมต่อไร่) เช่นเดียวกันกับเมื่อสบู่ดำอายุ 3 ปี รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 โดยพบว่า ตำรับควบคุมมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 92.2 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 23ก) ขณะที่ในตำรับการทดลองที่เหลือได้น้ำหนักเมล็ดใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 92.2-155.5 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 155.5 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ผลผลิตสบู่ดำที่อายุ 3 ปี ของการทดลองมีปริมาณต่ำกว่าสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี ในทุกตำรับการทดลองโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 274.1-345.4 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับสบู่ดำอายุ 2 ปีและลดลงเป็น 92.2- 155.5 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับสบู่ดำอายุ 3 ปี ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเริ่มเข้าสู่ปีที่ 3 ได้ทำการตัดแต่งกิ่งสบู่ดำ มีผลทำให้สบู่ดำใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือนในการสร้างกิ่งขึ้นมาใหม่ ระยะเวลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้จึงสั้นลง

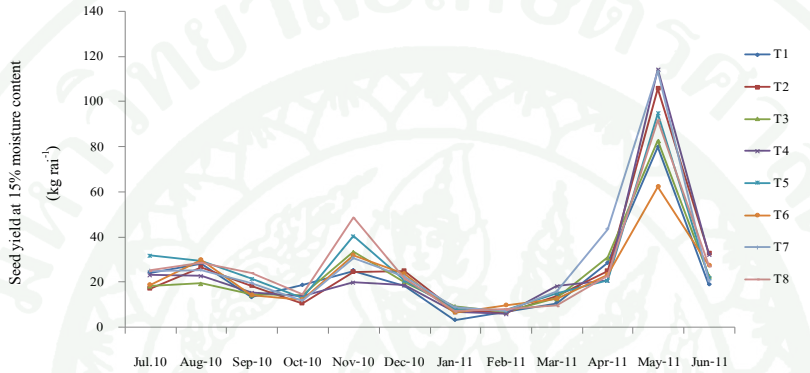
ถ้าแม้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมมีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกและติดผลน้อยกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมแต่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ กลับมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 129.3 เทียบกับ 108.1 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ภาพที่ 23ข)

ผลร่วมระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักเมล็ด โดยการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดสบู่ดำสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการปุ๋ยเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยทั้งปีสูงที่สุดเท่ากับ 166.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนช่อดอกและช่อดอกที่ติดผล รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (155.6 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่ำที่สุดเท่ากับ 88.9 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อทำการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่กลับมีแนวโน้มเพิ่มน้ำหนักเกือบ 2 เท่า (114.9 กิโลกรัมต่อไร่) (ภาพที่ 23ค)

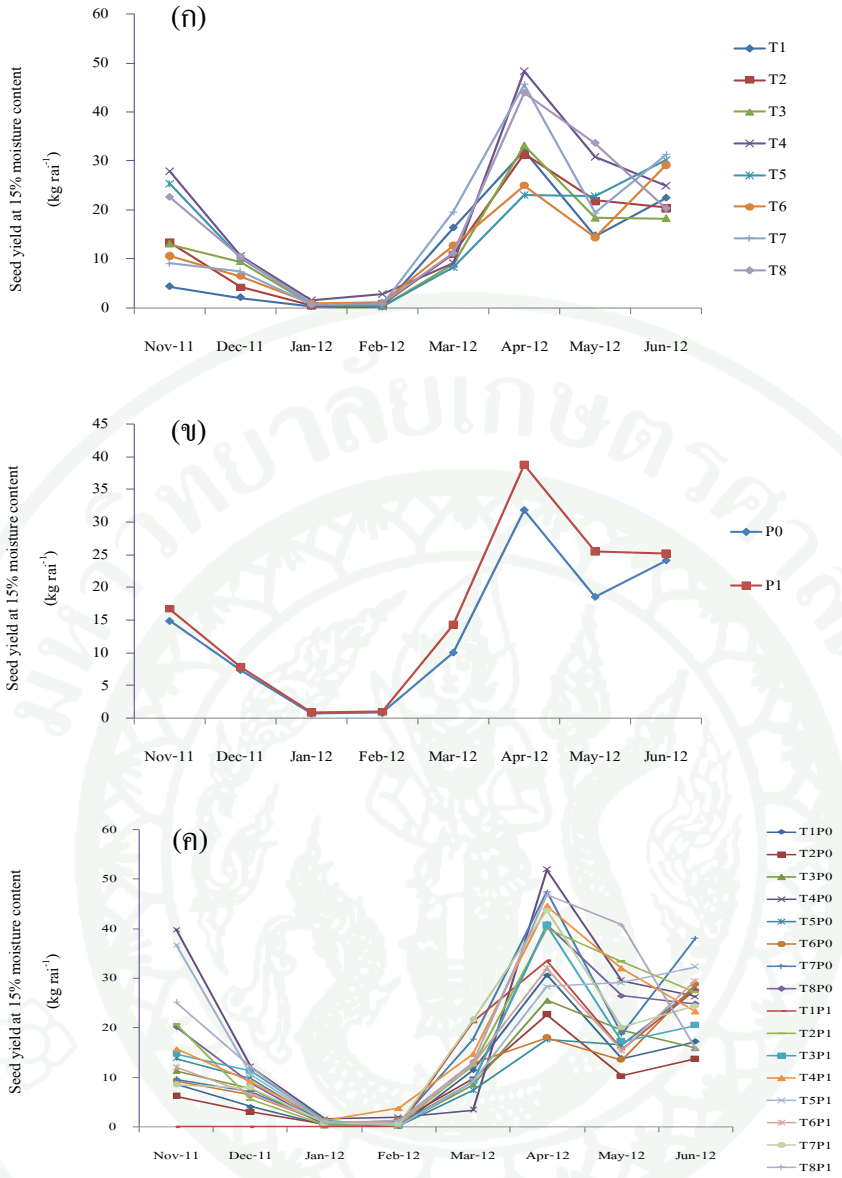
ในภาพรวมพบว่า น้ำหนักเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ เดือนซึ่งให้ผลสอดคล้องกับช่อดอกและจำนวนช่อดอกที่ติดผลซึ่งจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนเมษายน 2555 และ ค่อย ๆ ลดลงในเดือนถัดมา แต่ยังคงมีปริมาณสูงกว่าในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนเมษายน 2555



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15,
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24
T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 22 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24, T8= compost + 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ภาพที่ 23 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลของการจัดการปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบและผลสบู่ดำ

3.1 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำ

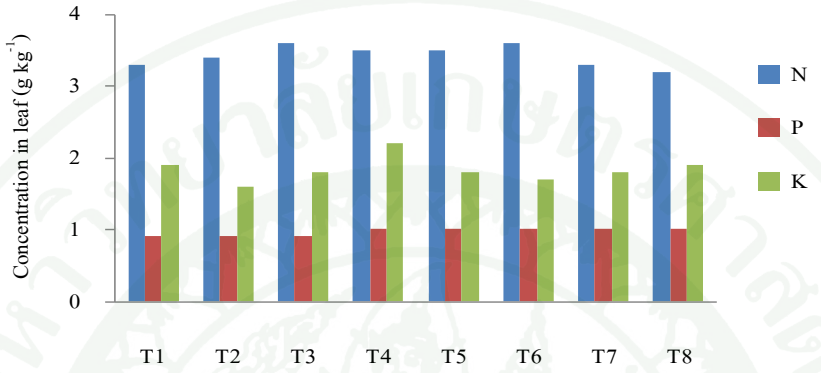
ในทั้งสองปีที่ทำการศึกษาการจัดการปุ๋ยทั้ง 8 วิธีการส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบสบู่ดำแต่ละตำรับมีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงที่สุดในกลุ่มธาตุอาหารหลัก (ภาพที่ 24 และ 25ก) มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.2-3.6 และ 2.8-6.3 สำหรับสบู่ดำที่มีอายุ 2 และ 3 ปีตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ1.6-2.2 และ 1.9-2.4 สำหรับสบู่ดำที่มีอายุ 2 และ 3 ปีตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าอีก 2 ธาตุโดยอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.9-1.0 และ 0.27-0.34 สำหรับสำหรับสบู่ดำที่มีอายุ 2 และ 3 ปีตามลำดับ (ภาพที่ 25ก) ทั้งนี้ความเข้มข้นของไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบทั้งสองปีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในกรณีของฟอสฟอรัสในปีที่ 2 มีค่าต่ำกว่าปีแรกเกือบ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตในปีที่ 2 ที่ลดลงอย่างชัดเจน

รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุในใบยกเว้นในกรณีของแมงกานีสและกำมะถันในใบสบู่ดำที่อายุ 3 ปี โดยการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งส่งผลให้มีการสะสมแมงกานีสในใบสูงที่สุดเท่ากับ 252 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวกลับส่งผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบต่ำที่สุด (152 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (159 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 4) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักส่งผลให้มีการสะสมกำมะถันในใบสูงสุด (197 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่หากไม่ใส่ปุ๋ยหมักกลับส่งผลให้ความเข้มข้นของกำมะถันในใบต่ำที่สุด (110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 5)

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมหรืออิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับการจัดการปุ๋ยทั้ง 8 ตำรับการทดลองมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ภาพที่ 25ข และ 25ค) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

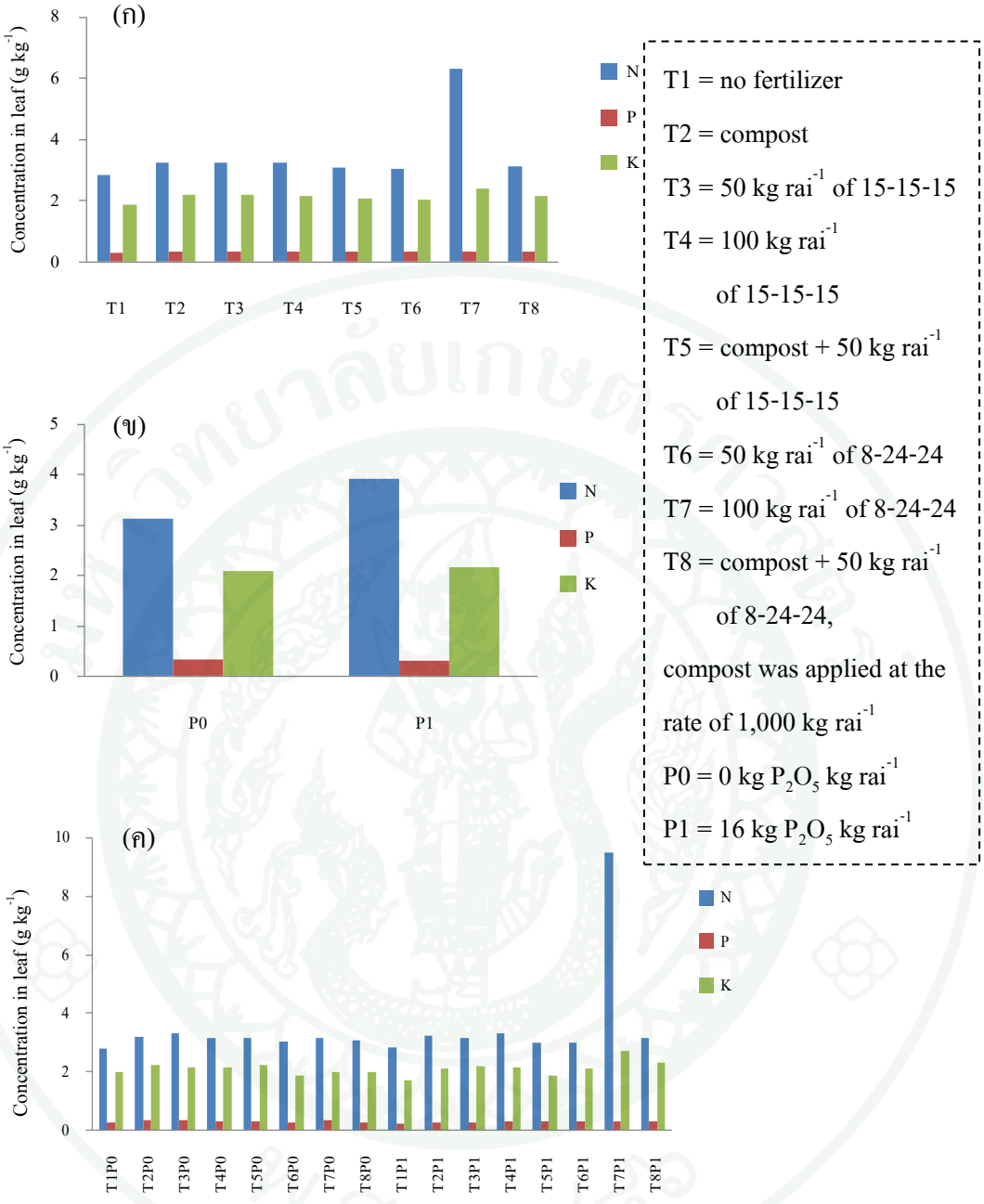
ในขณะที่สบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน พบว่าผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นแคลเซียม สังกะสี ทองแดงและแมงกานีสในใบสบู่ดำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.13, 0.14, 0.10 และ 0.27 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 28 และ ภาพที่ 26)



Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15
T6 = 50 kg rai^{-1} of 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24
T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

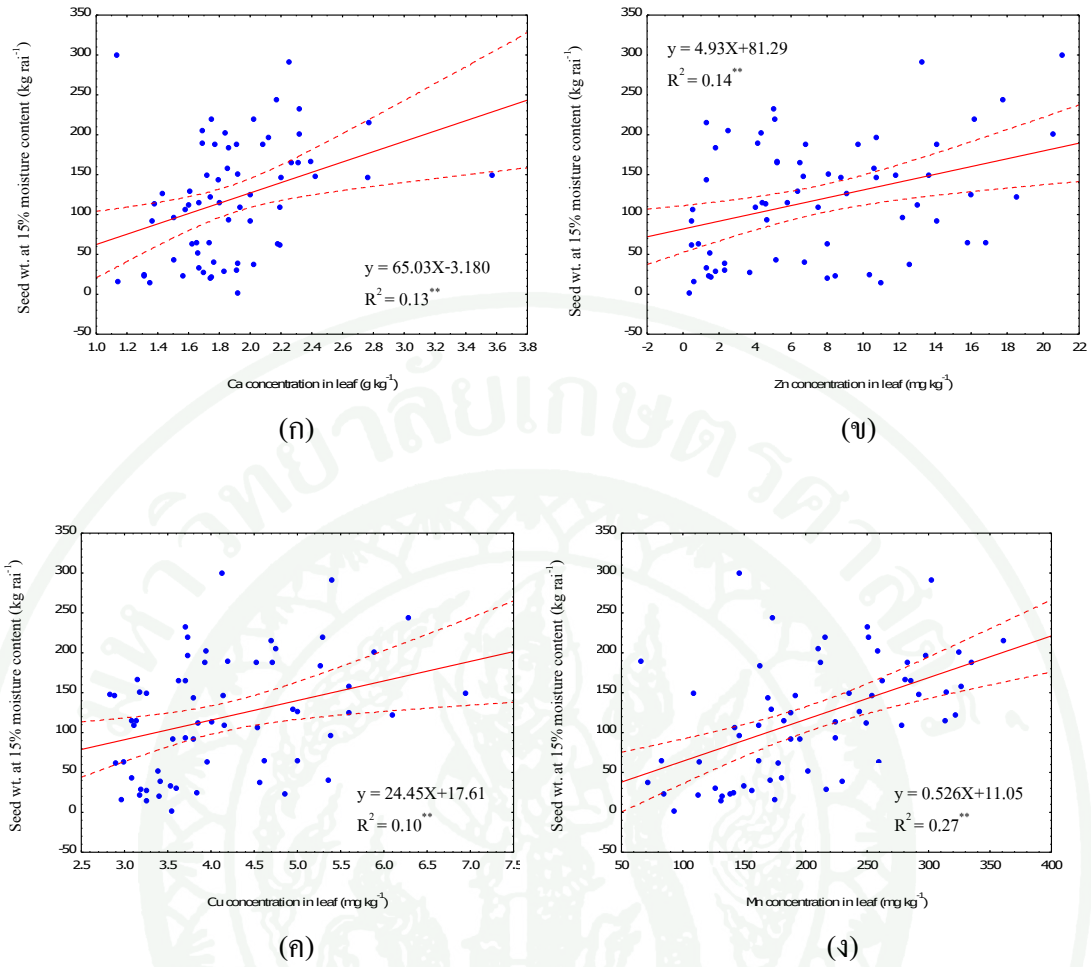
ภาพที่ 24 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นแคลเซียม (ก) สังกะสี (ข) ทองแดง (ค) และแมงกานีส (ง) ในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน

Treatment	Concentration in leaf					
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	(----------g kg^{-1} ----------)		(----------mg kg^{-1} ----------)			
T1	2.3	1.0	165a	7.1	13.8	243
T2	2.2	1.0	108b	7.9	11.6	323
T3	2.5	1.0	142ab	8.0	18.5	204
T4	2.2	1.0	162a	9.7	11.2	252
T5	1.8	0.9	140ab	7.8	11.2	238
T6	1.9	1.1	146ab	6.5	13.3	301
T7	2.3	1.0	146ab	8.8	10.0	270
T8	1.6	1.0	138ab	6.5	11.6	298
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15,

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15,

T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15, T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24,

T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24,

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

Treatment		Concentration in leaf						
		Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
		(------g kg^{-1}----------)		(----------mg kg^{-1}----------)				
Fertilizer management	T1	1.8	1.1	131abc	76.3	7.0	4.5	159cd
	T2	1.8	1.1	186ab	73.4	9.0	4.3	152d
	T3	1.9	1.0	110c	73.4	8.4	4.3	226ab
	T4	2.0	1.1	132abc	69.2	6.2	3.9	227ab
	T5	2.0	1.2	197a	80.2	6.5	3.8	196bcd
	T6	1.6	1.0	124bc	72.6	8.7	4.2	209abc
	T7	1.7	1.1	171abc	75.2	6.8	3.9	252a
	T8	2.1	1.1	141abc	61.8	8.0	4.3	213ab
F-test		ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Added phosphorus	P0	1.8	1.1	150	71.5	7.4	4.0	200
	P1	1.9	1.1	148	74.1	7.6	4.3	208
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	1.7	1.1	162	61.0	6.7	4.1	143
	T2P0	1.6	1.1	194	73.4	9.9	4.4	141
	T3P0	2.0	1.0	102	68.4	10.0	4.5	195
	T4P0	2.2	1.2	147	72.7	4.7	3.8	255
	T5P0	1.9	1.3	158	84.1	6.4	3.8	191
	T6P0	1.6	1.0	119	75.5	10.1	3.8	196
	T7P0	1.6	1.1	149	75.4	6.3	3.9	258
	T8P0	1.9	1.1	167	61.1	5.0	3.7	222
	T1P1	1.8	1.1	99	91.7	7.4	4.8	175
	T2P1	2.0	1.1	177	73.4	8.0	4.1	163
	T3P1	1.8	1.1	117	78.5	6.7	4.1	256
	T4P1	1.8	1.1	118	65.8	7.7	3.9	200
	T5P1	2.2	1.1	238	76.2	6.7	3.9	200
	T6P1	1.6	1.0	130	69.7	7.3	4.7	223
	T7P1	1.9	1.1	192	74.9	7.3	3.8	246
	T8P1	2.3	1.1	115	62.4	11.0	5.0	205
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		19.9	25.6	59.0	42.9	52.4	24.7	27.0

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15,

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost+50 kg rai^{-1} of 15-15-15,

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24,

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำ

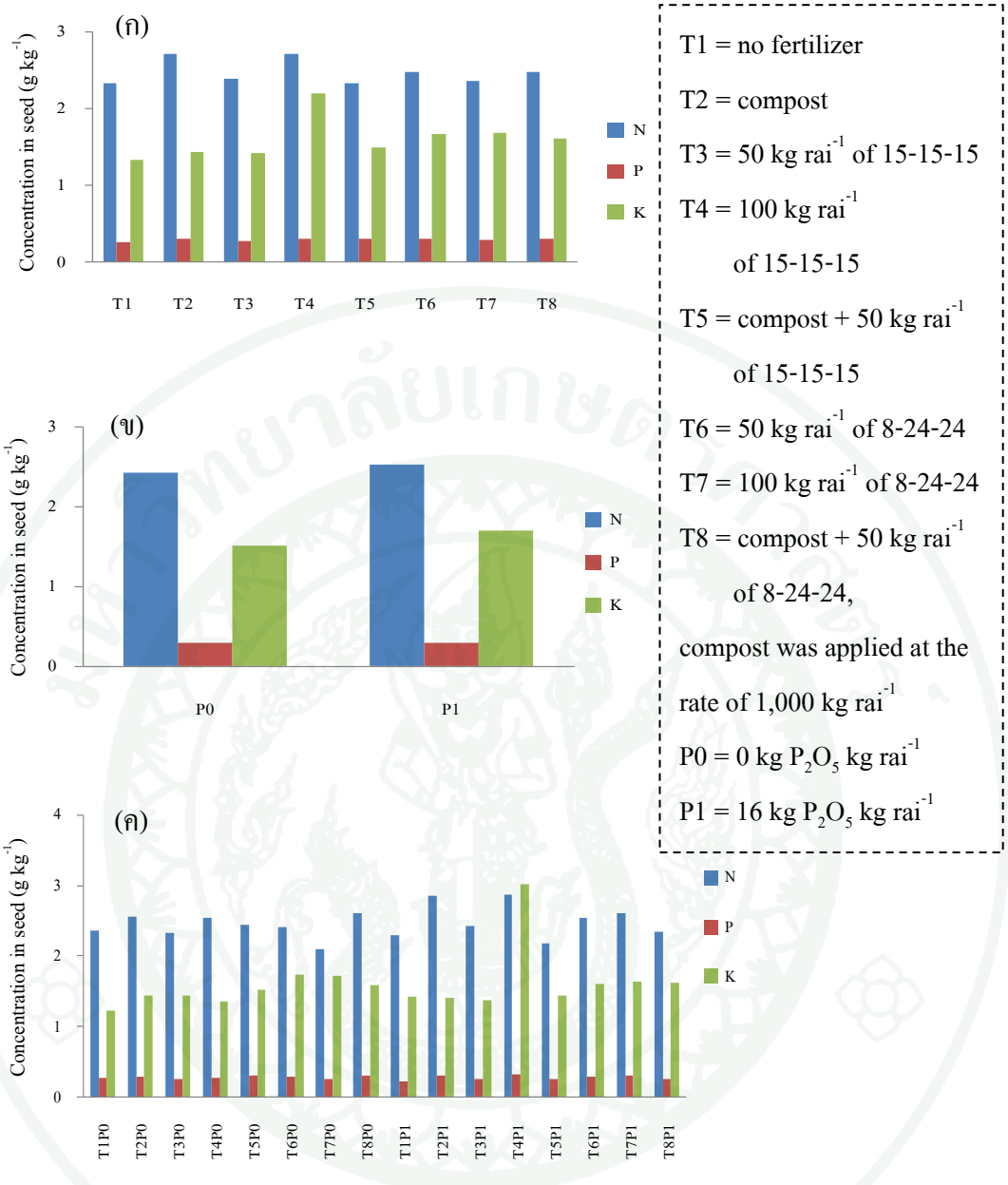
รูปแบบการจัดการปุ๋ย การเพิ่มฟอสฟอรัส หรือการจัดการปุ๋ยร่วมกับการเพิ่มเติมฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำที่เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 และมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นในเมล็ดสูงที่สุด (ร้อยละ 2.3-2.7) ซึ่งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับโพแทสเซียม (ร้อยละ 1.2-3.0) สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่ต่ำมากและอยู่ในพิสัยที่แคบมากเท่ากับร้อยละ 0.2-0.3 (ภาพที่ 27)

สำหรับในกรณีของจุลธาตุอาหาร พบว่า เฉพาะการจัดการปุ๋ยเท่านั้นที่ส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีในเมล็ดสบู่ดำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยกลับส่งผลมีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีในเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับ 40.2 และ 21.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมจะส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดสูงกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (35.6 เปรียบเทียบกับ 21.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ได้ต่ำที่สุด

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น ๆ ที่พบในเมล็ดมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลอง โดยเมล็ดสบู่ดำจะมีการสะสมแมกนีเซียมสูงที่สุด (ร้อยละ 0.4-0.5) รองลงมาได้แก่ แคลเซียม (ร้อยละ 0.3-0.5) กำมะถัน (197-283 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เหล็ก (14.1-43.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สังกะสี (10.9-23.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และทองแดง (7.0-9.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

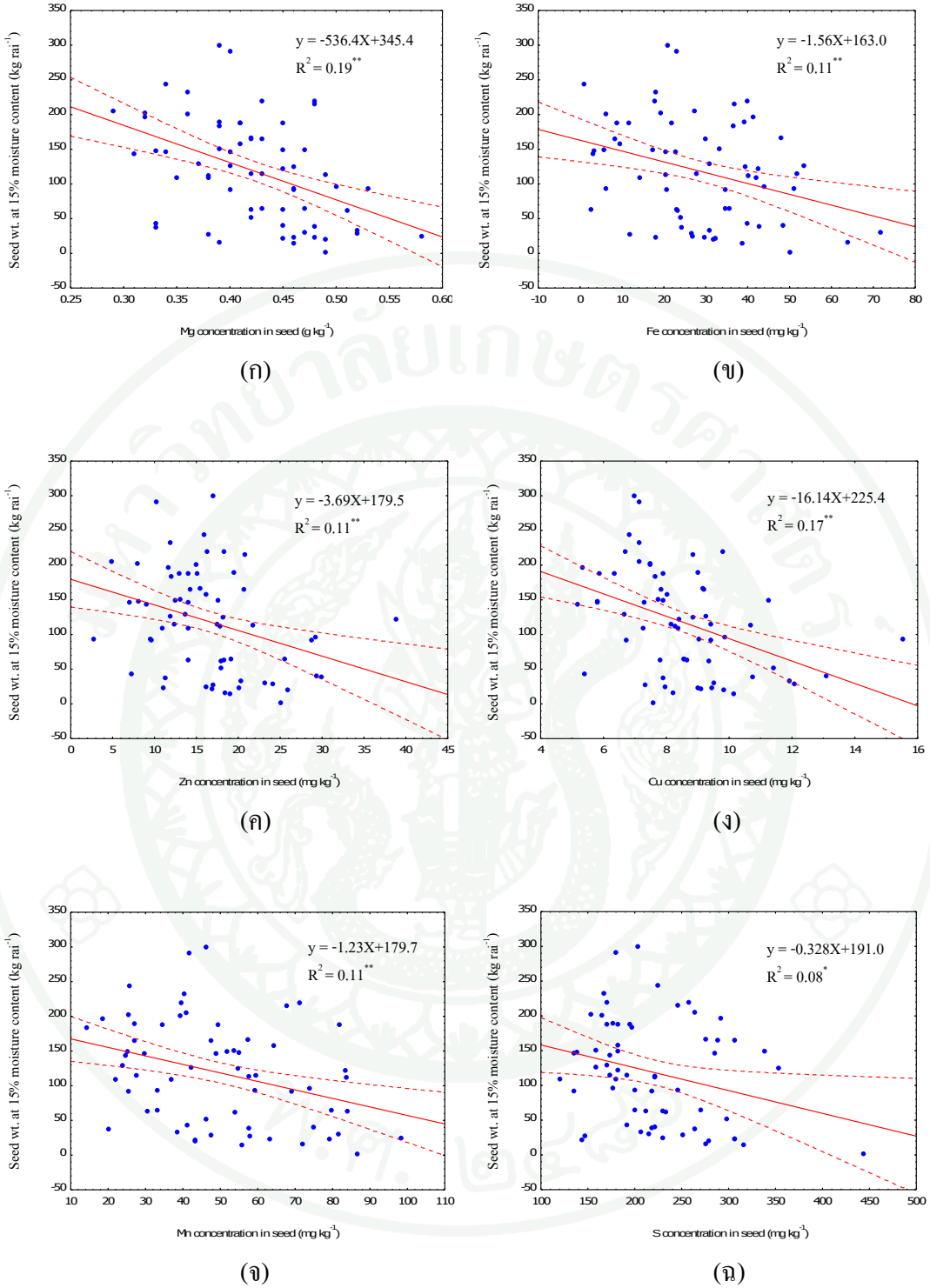
ในขณะที่สบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน พบว่า ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 มีสหสัมพันธ์ผกผันกับความเข้มข้นแมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสในเมล็ดสบู่ดำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.19, 0.11, 0.11, 0.17 และ 0.11ตามลำดับ และพบว่ามีสหสัมพันธ์ผกผันกับความเข้มข้นซัลเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.08 (ตารางผนวกที่ 28 และภาพที่ 28)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 ผลของการจัดการปุ๋ย (ก) การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ข) และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม (ค) ต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นแมกนีเซียม (ก) เหล็ก (ข) สังกะสี (ค) ทองแดง (ง) แมงกานีส (จ) และกำมะถัน (ฉ) ในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมและอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

Treatment		Concentration in seed						
		Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
		(-------g kg^{-1}-------)		(----------mg kg^{-1}----------)				
Fertilizer management	T1	0.41	0.44	226	40.2a	21.4a	9.3	48.3
	T2	0.36	0.44	222	30.7ab	19.1abc	8.9	42.2
	T3	0.40	0.40	217	30.9ab	20.9ab	9.1	53.2
	T4	0.36	0.41	247	27.8abc	16.1abcd	7.6	48.3
	T5	0.33	0.43	208	24.7bc	10.9d	8.3	38.6
	T6	0.38	0.42	218	29.9abc	14.8cd	8.7	57.8
	T7	0.38	0.41	217	26.8abc	15.4bcd	8.1	59.9
	T8	0.41	0.41	205	16.3c	13.2d	7.8	49.9
F-test		ns	ns	ns	*	**	ns	ns
Added phosphorus	P0	0.39	0.42	216	35.63a	17.4	8.5	49.7
	P1	0.37	0.43	224	21.22b	15.6	8.5	49.9
F-test		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	0.42	0.42	212	39.4	26.1	9.9	50.5
	T2P0	0.37	0.37	237	37.9	20.6	8.6	50.8
	T3P0	0.40	0.40	237	42.1	23.5	8.8	53.0
	T4P0	0.46	0.46	212	32.1	15.3	7.6	42.4
	T5P0	0.30	0.30	216	34.9	11.0	9.6	40.6
	T6P0	0.36	0.36	204	43.6	15.7	8.7	50.9
	T7P0	0.37	0.37	217	36.6	12.9	7.4	62.0
	T8P0	0.42	0.42	197	18.6	13.9	7.4	47.3
	T1P1	0.40	0.40	240	41.0	16.7	8.7	46.2
	T2P1	0.35	0.35	207	23.6	17.7	9.3	33.5
	T3P1	0.40	0.40	197	19.6	18.5	9.4	53.5
	T4P1	0.26	0.26	283	23.4	16.8	7.7	54.2
	T5P1	0.37	0.37	200	14.6	10.9	7.0	36.5
	T6P1	0.41	0.41	233	16.4	13.9	8.6	64.8
	T7P1	0.40	0.40	217	17.0	18.0	8.8	57.8
	T8P1	0.40	0.40	212	14.1	12.5	8.1	52.5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		47.9	26.9	28.0	43.8	46.7	35.8	32.4

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels ,means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

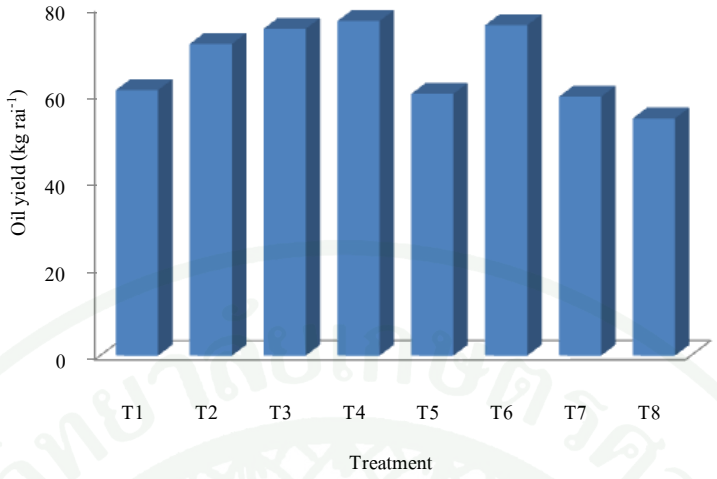
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ

ผลผลิตน้ำมันสบู่ดำที่อายุ 2 ปี พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 76.9 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 29) ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตน้ำมันใกล้เคียงกัน (75.9 กิโลกรัมต่อไร่) แต่เมื่อการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และ อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่กลับส่งผลให้ผลผลิตน้ำมันต่ำที่สุดเท่ากับ 59.5 และ 54.6 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kalannavar (2008) ซึ่งได้ทำการศึกษาการตอบสนองของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมที่ระดับต่าง ๆ โดยใส่ในอัตราต่างๆ พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในอัตราส่วน 100:100:150 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ด น้ำมัน และน้ำมันไบโอดีเซลสูงสุดเท่ากับ 3,937 1,461 และ 1,200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำมีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นไนโตรเจนในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.11 (ภาพที่ 30) การที่ความเข้มข้นไนโตรเจนในใบมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ เพราะว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและติดผลที่สมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2552) และผลผลิตน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำมีสหสัมพันธ์ผกผันกับความเข้มข้นแมงกานีสในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.10 (ภาพที่ 30)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



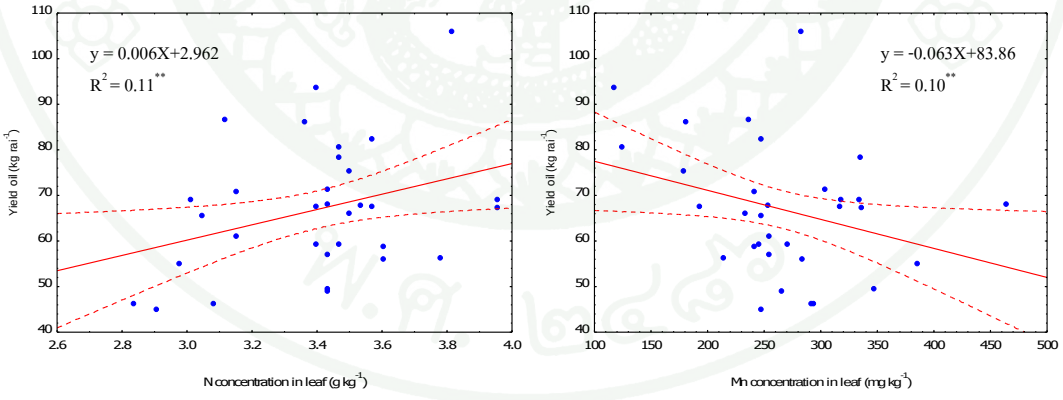
Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ภาพที่ 29 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี



(ก) (ข)

ภาพที่ 30 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำมันในเมล็ดกับความเข้มข้นไนโตรเจน (ก) และแมงกานีส (ข)ในใบสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินตัวแทนในพื้นที่ทดลองจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Ultic Paleustalf ดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นดินร่วนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีปริมาณธาตุอาหารหลักต่ำถึงปานกลาง

การจัดการปุ๋ยอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี (ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงอายุครบ 3 ปี) ไม่มีผลต่อการออกดอกรวมทั้งการติดผลของช่อดอกของสบู่ดำการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้สบู่ดำที่อายุ 2 ปีออกดอกและติดผลในช่อดอกได้เร็วกว่าการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ แต่เมื่อสบู่ดำอายุ 3 ปี การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้สบู่ดำออกดอกและติดผลเร็วกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ การเพิ่มเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่เพียงอย่างเดียวหรือการใส่ร่วมกับการจัดการปุ๋ย มีแนวโน้มให้สบู่ดำออกดอกและติดผลน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม สบู่ดำจะเริ่มติดช่อดอกตั้งแต่เดือนกรกฎาคมของทุกปีและมีปริมาณเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีจำนวนสูงสุดในเดือนเมษายนและลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนมิถุนายน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการติดผลของช่อดอกสบู่ดำโดยสบู่ดำจะเริ่มติดผลเมื่อออกดอกไปแล้วประมาณ 1 เดือน

การจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี โดยมีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 ที่อัตรา 50 กิโลกรัม และที่อายุ 3 ปี มีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูตรเดียวกันในอัตรา 100 กิโลกรัม แสดงให้เห็นความต้องการปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นของสบู่ดำ

การจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี มีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัม โดยให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงสุดเมื่อสบู่ดำอายุได้ 3 ปี กลับตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่มากกว่าปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 และเมื่อมีการเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 16 กิโลกรัม (P_2O_5) ต่อไร่ รวมทั้งการเพิ่มเติมฟอสฟอรัสร่วมกับการจัดการปุ๋ยมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม ยกเว้นการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15 -15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม สบู่ดำที่มีอายุ 3 ปีให้ผลผลิตเมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉลี่ยรายเดือนและรวมทั้งปีต่ำกว่าสบู่ดำที่มีอายุ 2 ปี เนื่องจาก เมื่อสบู่ดำอายุครบ 2 ปีได้รับการตัดแต่งกิ่ง มีผลทำให้สบู่ดำต้องใช้เวลาฟื้นตัวเพื่อสร้างกิ่งก้านขึ้นมาใหม่เป็นเวลา 3-4 เดือนหลังจากการตัดแต่งกิ่ง นอกจากนี้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยของสบู่ดำในทั้ง 2 ปี ที่ได้รับการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งการได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติม หรือการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมร่วมกับการจัดการปุ๋ยจะให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบสบู่ดำและเมล็ดสบู่ดำที่อายุต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในกรณีที่มีการจัดการปุ๋ยหรือการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมหรือการใช้ร่วมกัน ยกเว้นในปีที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่และตำรับควบคุมส่งผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีส และกำมะถันในใบ และเหล็กในเมล็ดสูงที่สุดแต่ไม่สอดคล้องกับผลผลิตที่ได้

เมื่อสบู่ดำอายุ 2 ปี การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตน้ำมันสูงที่สุดใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่กลับส่งผลให้ผลผลิตน้ำมันต่ำที่สุด

สหสัมพันธ์ของความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของสบู่ดำผันแปรตามความต้องการใช้ธาตุอาหารในส่วนนั้น ๆ ในส่วนของความเข้มข้นธาตุอาหารในใบกับผลผลิตเมล็ดส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์เชิงบวก ส่วนความเข้มข้นธาตุอาหาร ได้แก่ แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสในเมล็ดมีสหสัมพันธ์แบบผกผันกับผลผลิตเมล็ด ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารในเมล็ดกับผลผลิตน้ำมันค่อนข้างแปรปรวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลการศึกษารวม 2 ปี (สบู่ดำอายุ 2 และ 3 ปี) หากพิจารณาเฉพาะผลผลิตเมล็ด สามารถแนะนำได้ว่า เมื่อสบู่ดำมีอายุย่างเข้าสู่ปีที่ 2 ควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปีที่ 3 ภายหลังจากการตัดแต่งกิ่งครั้งใหม่ ควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และในกรณีหลัง อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือทดสอบปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หลังจากการตัดแต่งกิ่ง แล้วจึงค่อยทดลองใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 8-24-24 ตาม หลังจากที่สบู่ดำสร้างกิ่งก้าน และใบขึ้นมาใหม่โดยสมบูรณ์แล้ว

การศึกษาด้านการจัดการปุ๋ยเพื่อการเพิ่มผลผลิตสบู่ดำยังคงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อเนื่องจากผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยเฉพาะใน ในกรณีของปริมาณน้ำมันยังคงมีความแปรปรวน ขณะที่ผลผลิตที่ได้ยังมีความสัมพันธ์ไม่ค่อยชัดเจนกับการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2544. **ประวัติสบู่ดำพลังงานทดแทน**. แหล่งที่มา: actech.agritech.doae.go.th/techno/other/SABUDUM/5sabudum.doc, 2 เมษายน 2554.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ความสำคัญ ประวัติและการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ**. สบู่ดำ. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/fieldcrops/phinut/oth/his.HTM, 25 มิถุนายน 2548.

กรมวิชาการเกษตร. 2549. สบู่ดำ. **สบู่ดำพืชพลังงานทดแทน.** แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/power_oil/soap/data/var.htm, 20 พฤษภาคม 2554.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์.** กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2555. **บริการข้อมูลสถิติย้อนหลัง**. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/index.php., 20 มกราคม 2556.

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

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

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรงเทพฯ.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชำนาญ ฉัตรแก้ว. 2548. การศึกษาสบู่ดำเบื้องต้นในประเทศไทย. **เอกสารประกอบการเสนอในการประชุมวิชาการ น้ำมันสบู่ดำ แหล่งพลังงานทดแทนใหม่.** โรงแรมพลาซ่าแอทเทนี, กรุงเทพ ฯ.

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

ธงชัย มาลา. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

นรินทร์ สมบูรณ์สาร. 2526. **ผลของฮอร์โมน IBA ต่อการเกิดรากในกิ่งปักชำสบู่ดำ**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

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

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราโมทย์ ทิมขำ. 2549. **อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสบู่ดำ**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.ม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พินิจ จันทร. 2552. **สบู่ดำหินสุดยอดพืชน้ำมันสายพันธุ์ใหม่**. บริษัท ออฟเซ็ท จำกัด, กรุงเทพฯ.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพจิตร จันทรวงศ์, วีรศักดิ์ อนันตบุตร, มาลี ประภาวัต, วิไล กาญจนภูมิ และ อรวรรณ หวังดีธรรม. 2525. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของสบู่ดำ. น. 1-10. *ใน* **การใช้น้ำมันสบู่ดำเดินเครื่องยนต์ดีเซล.** กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2549. สบู่ดำ:การจัดการดินและการใช้ปุ๋ย, น. 44 - 47. *ใน* ชำนาญ ฉัตรแก้ว, บรรณาธิการ. **เอกสารวิชาการสบู่ดำ: พืชพลังงาน.** ฟันนี่ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. **ชุดคู่มือการเกษตรปุ๋ยอินทรีย์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สายธุกิจโรงพิมพ์ บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ระพีพันธ์ ภาสบุตร และ สุขสันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2544. **พลังงานทดแทนน้ำมันดีเซล ทางเลือกของเกษตรกร น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ น้ำมันจากมะพร้าว**. ส่วนเครื่องจักรการเกษตร สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ระพีพันธ์ ภาสบุตร และ สุขสันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2548. สบู่ดำ (physic nut) ในต่างประเทศ. **วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ** 8: 42-44.

รังษี เจริญสถาพร และ อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว. 2548. การใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ: นอกจากน้ำมัน. *ใน* **การประชุมเสนอกิจกรรมสบู่ดำ**. ตึกสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วลัยลักษณ์ สายแก้ว. 2554. **ผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักต่อการให้ผลผลิตสบู่ดำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ อัครปะชะ. 2548. **สบู่ดำ : ปลูกอย่างไรให้ได้ผลผลิตสูง (ที่นี่มีคำตอบ)**. บริษัท บีเอสดี การพิมพ์ จำกัด, เชียงใหม่.

สุกานดา ศิลปชัย. 2552. **การส่งเสริมการเจริญเติบโตของสบู่ดำพันธุ์อินเดียด้วยเชื้อรา *Glomus aggregatum* ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟตอัตราต่างกันในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

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

สมศักดิ์ ศรีสมบุญ. 2549. การปลูกสบู่ดำ, น. 26-43. *ใน* ชำนาญ ฉัตรแก้ว, บรรณาธิการ. **เอกสารวิชาการสบู่ดำ : พืชพลังงาน.** ฟันนี่ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพ ฯ.

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. 2542. **การสำรวจดิน: มโนทัศน์หลักการและเทคนิค.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. **คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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. **Nat. Sci. Development Board (NSDB). Technol. J. (Philippines)** 6: 30-34.

Akande, M.O.,E.A. Makinde, L.B. Taiwol and J.A. Adediran. 2010. Effect of Terralyt Plus® on soil pH, nutrient uptake and dry matter yield of Maize. **African J. Plant Sci.** 4(3): 32-37

AOAC . 2000. **Officia Methods of Analysis. (996.06) Fat (Total, Saturated, Unsaturated, and Monounsaturated) in Foods; Hydrolytic Extraction Gas Chromatographic Method (17th ed.).** USA: AOAC International.

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

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 I: Physical and Mineralogical Methods**. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Catindig, B.A. and V.N. Corpuz. 2007. **Cultivation of Jatropha in Philippines**. The Philippine Information Agency, Philippine.

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.

Culley, J.L.B. 1993. Density and Compressibility, pp. 529-540. *In* M.R. Carter, ed**. Soil Sampling and Methods of Analysis.** Canadian Society of soil Science, Lewis publishers, Boca Raton , FL.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods.** Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Delgado, M. 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.

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

Faithfull, N.T. 2002. **Methods in Agricultural Chemical Analysis.** CAB International, Wallingford, UK.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Francis, G., R. Edinger, and K. Becker. 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.

Greenland, D.J. and J.M.L. Kowel. 1960. Nutrient content of the most tropical forest of Ghana. **Plant and Soil** 12: 154-174.

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

Hillel, D. 1998. **Environment Soil Physics.** Academic Press, San Diego.

Iwata, S., T. Tabuchi and B.P. Warkentin. 1995. **Soil-Water Interaction; Mechanisms and Applications**. 2nd ed. Macel Dekker, Inc., Madison Avenue, New York.

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

Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. **Calif. Agric. Exp. Stat. Bull.** 767: 25–78

Joker, D. and J. Jepsen, 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**. The World Bank, Washington, DC.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Juma, N.G. 2001**. The Pedosphere and its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science.** Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.

Kalannavar, V. N.2008. **Response of Jatropha Curcas to Nitrogen, Phosphorus and Potassium Levels in Northern Transition Zone of Karnataka**. M.S. Thesis, Dharwad University.

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.

Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: 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.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook of Thailand.** Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.

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

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.

Makker, H.P.S., A.O. Aderibigbe and Becker, F. Sporer. 1998. Comparative evaluation of non – toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition digestibility, protein degradability and factors. **Food Chem**. 62(2): 207 – 215.

Murphy, J. and H.P. Riley. 1962. Phosphorus analysis procedure, pp. 413-414. *In* A.L. Page et al., eds. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties.** Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

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.

Okabe, T. and M. Somabhi. 1989. **Eco-phisiological Studies on Drought Torelant Crop suited to the Northeast Thailand.** Technical paper No. 5. Agricultural Development Research Center of Northeast Thailand, Moe Din Daeng, Khon Kaen.

Olsen, S.R and L.A. Dean. 1965. Phosphorus, pp. 1035–1049. *In* C.A. Black, ed., **Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Vol. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, Agronomy.

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Peech, M. 1965. Hydrogen-ion acidity, pp. 914-932. *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.

Potichan, A. 1991. **Morphology, Genesis and Characteristics of Skeletal Soils in Sakon Nakhon Province, Northeast Thailand.** Ph.D**.** Thesis, University of the Philippines.

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.

Reinhard, K.H. 2005. Fighting desertification by integrated utilization of the *Jatropha* plant. **lUnpublished Project Report**. Project *Jatropha*, GTZ.

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

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

Sanchez, J.H. Villachuca and D.E. Bandy. 1983. Soil fertility dynamic after cleaning a tropical rainforest in Peru. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 47: 1171-1178.

Sherchan, D.P., Y. B.Thapa., R. J.Khadka and T.P. Tiwari., 1989. Effect of green manure on rice production. **PAC Occasional Paper-2, Pakhribas Agricultural Centre**. Dhankuta, Koshi Zone, Nepal.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil Survey Staff. 2010. **Keys to Soil Taxonomy.** 11th ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

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

Summer, M.E and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, pp. 1021-1229. *In* J.M. Bigham, ed. **Methods of Soil Analysis, Part III: Chemical Methods.** Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin.

Suriharn, B., J. Sanitchon, P.Songsri and T. Kesmala. 2011. Effects of pruning levels and fertilizer rates on ieyld of physic Nut (*Jatropha curcas* L.). **Asian J. Plant Sci.** 10(1): 52-59.

Tewari, A.K, A. Kumar and H. Raheman. 2007. Biodiesel production from Jatropha (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: an optimized process. **Biomass and Bioenergy** 31: 569–75.

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

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soil Fertility and Fertilizers**. Macmilan Publ, New York.

Trabi, M., G.M. Gübitz, W. Steiner and N. Foidl. 1997. Toxicity of *Jatropha curcas* seeds. *In* G.M. Gübitz, M. Mittelbach and M. Trabi, eds., **Proceedings "*Jatropha 97*": Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas***. Managua, Nicaragua.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Vangai, S., I. Kheoruenromne and A. Sukthumrong. 1986. Soil organic matter, crop residue and green manure management, pp. 237-249. *In* M. Latham, ed., **The First Regional Seminar on Soil Management under Humid Conditions in Asia**. Bangkok, Thailand.

Van Raij, B. and M. Peech. 1972. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 36: 587-593.

Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soil and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.

Von Uxekull, H.R. 1986. **Efficient Fertilizer Use in Acid Upland Soils of the Humid Tropics.** FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin no. 10.

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.

Westerman, R.L. 1990. **Soil Testing and Plant Analysis**. 3rd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

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

Winkler, E., G. M. Gübitz, N. Foidl, R. Staubmann and W. Steiner. 1997. Use of enzymes for oil extraction from *Jatropha curcas* seeds. *In* G. M. Gübitz, M. Mittelbach and M. Trabi, eds. **Proceedings *"Jatropha curcas"***. Managua, Nicaragua.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Zhang, G., G.M. Zeng, Y.M. Jiang, C.Y. Du, G.H. Huang, J.M. Yao, M. Zeng, X.L. Zhang and W. Tan. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a subtropical evergreen mixed forest, China. **Silva Fennica** 40: 417-428.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Representative Soil of the Experimental Area

I Information on the site

Profile symbol	:	JPF
Soil name	:	-
Classification	:	Ultic Paleustalf
Date of examination	:	21st October 2009
Described by	:	Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Walailak Saikaew, Chatchai Warrawetmongkol, 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	:	Erosional surface of dissected footslope
2. Surrounding landform	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	3% (aspect: 330° Azimuth)
Land use	:	Used for growing cassava before setting up the experiment
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 over mixed colluvium of metamorphic rock, mainly quartzite and slate
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	Deeper than 2.0 m at the time of sampling

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-20	Reddish brown (5YR 4/4); clay loam; strong medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few very fine and fine vesicular pores; many very fine and few fine roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Ap2
Ap2	20-35	Yellowish red (5YR 4/6): clay loam; strong medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few very fine and fine vesicular pores; many very fine and few fine roots; strongly acid (field pH 5.5); distinct, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-54	Reddish brown (2.5YR 4/4); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; common very fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine and few fine roots; few small and medium holes of termite nest; strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	54-78	Dark red (2.5YR 3/6); clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few fine Fe oxide nodules; few small and medium holes of termite nest; strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	78-103	Dark red (2.5YR 3/6) (60%) mixed with red (2.5YR 4/8) (40%); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common distinct clay coating on faces of peds and Fe oxide nodule surfaces; few very fine vesicular and common very fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; few fine Fe oxide nodules; few small and medium holes of termite nest; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	103-130/136	Red (2.5YR 4/8) (95%) mixed with light red (2.5YR 6/8) (5%); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds and pore walls; few small and medium semi-angular gravel of weathered metamorphic rocks; few very fine vesicular,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		many very fine simple tubular and dendritic pores; few very fine, very few fine and medium roots; few fine Fe oxide nodules; few small and medium holes of termite nest; few small angular gravel of fresh quartz; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, wavy boundary to Btc
Btc	136-152/162	Red (2.5YR 4/6) (60%) mixed with light red (2.5YR 6/8) (40%); very gravelly clay; moderate very fine and fine subangular blocky structure, mainly containing small subrounded stones of weathered metamorphic rocks; soft dry, very firm moist, moderately sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds and surfaces of weathered rock fragments; very few very fine vescular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual, wavy boundary to Bt5
Bt5	162-180	Reddish brow (2.5YR 4/4) (50%) mixed with light red (2.5YR 6/8) (50%); slightly gravelly clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds and surfaces of weathered rock fragments; few very fine vescular and common very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small krotovinas; common spots of organic material accumulation; moderately acid (field pH 6.0); gradual, wavy boundary to Bt6
Bt6	180-200+	Reddish brow (2.5YR 4/4) (95%) mixed with dark reddish brow (2.5YR 3/3) (5%); slightly gravelly clay; strong medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds and surfaces of rock fragments; few very fine vescular and common very fine dendritic pores; very few very fine roots; many medium semi-angular gravel and small stones of mixed metamorphic rocks; common fine highly weathered rock fragments; few traces of dead roots; neutral (field pH 7.0).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density ($Mg\ m^{-3}$)	Hydraulic conductivity ($cm\ hr^{-1}$)
		sand	silt	clay			
		(----------g kg^{-1}-------)					
Ultic Paleustalf							
0-20	Ap1	473	336	191	Loam	1.42	0.50
20-35	Ap2	476	339	185	Loam	1.64	0.12
35-54	Bt1	420	295	285	Clayloam	1.46	0.71
54-78	Bt2	370	350	280	Clayloam	1.61	0.84
78-103	Bt3	349	414	237	Loam	1.85	0.71
103-130/136	Bt4	299	355	346	Clay loam	1.63	0.74
136-152/162	Btc	316	384	300	Clay loam	1.70	0.60
162-180	Bt5	298	392	310	Clay loam	1.75	0.34
180-200+	Bt6	377	399	284	Clay loam	1.58	4.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
(cm)		H_2O	KCl					Ca	Mg	K	Na	base	acidity	by sum	NH_4OAc	(%)
				(------g kg^{-1}-----)		(-------mg kg^{-1}-------)		(----------$cmol_c$ kg^{-1} ----------)								
0 - 20	Ap1	4.9	4.1	21.57	0.14	10.45	116.8	3.26	1.00	0.30	0.21	4.8	4.0	8.8	3.3	54.4
20 - 35	Ap2	5.1	4.4	10.98	0.11	5.55	85.4	2.74	0.79	0.22	0.20	3.9	8.0	11.9	3.3	33.0
35-54	Bt1	4.8	4.6	4.70	0.11	3.03	44.2	1.77	0.45	0.11	0.21	2.6	8.0	10.5	4.0	24.2
54-78	Bt2	5.0	4.4	6.79	0.10	2.06	44.5	2.43	0.56	0.11	0.24	3.3	4.0	7.3	3.2	45.5
78-103	Bt3	5.3	4.5	0.68	0.09	2.06	41.9	3.05	0.72	0.11	0.24	4.1	10.0	14.1	4.0	29.1
103-130/136	Bt4	5.5	4.4	3.33	0.08	1.59	36.6	4.74	1.11	0.09	0.20	6.1	9.0	15.1	3.8	40.6
136-152/162	Btc	5.5	3.9	1.72	0.06	1.11	42.7	5.85	1.22	0.11	0.24	7.4	7.0	14.4	4.5	51.4
162-180	Bt5	6.0	4.3	3.38	0.06	1.11	43.6	6.36	1.27	0.11	0.40	8.1	7.0	15.1	4.3	53.8
180-200+	Bt6	6.1	4.2	1.70	0.09	2.06	43.8	1.70	0.91	2.06	0.37	8.8	10.0	18.7	4.0	46.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	Number of inflorescence (No. plant^{-1})												
	2010						2011						
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Mean
T1	1.04	1.85	1.58	1.19	0.96	0.63	1.27	6.67	10.29	1.67	4.10	1.58	2.74
T2	1.81	1.73	1.35	1.33	1.06	1.48	1.33	9.15	13.10	1.88	2.25	1.48	3.16
T3	1.56	2.40	1.48	1.52	1.02	1.02	1.06	6.25	11.42	1.77	3.29	2.17	2.91
T4	2.56	1.90	1.21	1.27	1.00	1.69	2.27	10.46	10.71	2.79	4.52	2.58	3.58
T5	1.48	2.31	0.81	1.00	1.52	1.31	2.69	6.98	13.02	1.00	3.31	1.38	3.07
T6	1.75	2.54	0.77	0.67	1.33	2.48	0.56	4.44	10.33	1.88	6.31	2.17	2.94
T7	2.50	2.35	1.52	0.73	0.75	0.98	4.00	7.38	12.10	2.02	4.06	1.77	3.35
T8	2.52	2.06	1.08	0.67	0.71	1.58	1.13	6.71	11.71	2.19	4.19	2.50	3.09
Mean	1.90	2.14	1.23	1.05	1.04	1.40	1.79	7.26	11.59	1.90	4.00	1.95	

Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	Number of capsule cluster (No. plant^{-1})												
	2010						2011						
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Mean
T1	3.73	0.94	4.15	2.71	1.79	1.79	0.5	1.71	4.83	12.77	5.13	1.63	3.47
T2	4.04	1.06	4.27	3.31	1.77	1.77	1.29	2.00	5.92	14.25	6.04	1.04	3.90
T3	4.44	1.71	6.13	1.96	2.17	2.17	0.98	2.25	4.67	13.35	5.21	1.63	3.89
T4	3.52	2.48	7.88	3.5	1.63	1.63	1.94	6.27	6.13	16.81	4.6	1.38	4.81
T5	3.10	2.31	7.81	2.69	1.63	1.63	0.94	3.54	4.88	13.06	5.1	1.25	4.00
T6	3.83	1.79	7.52	2.13	1.19	1.19	1.52	3.19	5.83	12.75	4.83	1.38	3.93
T7	4.25	1.04	6.15	3.67	2.38	2.38	0.50	9.6	6.71	12.73	5.1	1.63	4.68
T8	4.31	1.98	8.17	3.21	1.98	1.98	1.56	2.67	5.4	14.73	5.1	1.44	4.38
Mean	3.90	1.66	6.51	2.90	1.82	1.82	1.15	3.90	5.55	13.81	5.14	1.42	

Remarks: T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อการออกดอกของสบู่ดำอายุ 3 ปี

	Treatment	Number of inflorescence (No. plant^{-1})									
		2011				2012					
		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Fertilizer management	T1	3.5d	1.4b	0.6	0.8	40.8	70.5	41.1	31.5	15.6	5.6
	T2	13.4bcd	1.3b	1.3	1.9	42.0	64.0	44.9	46.5	24.8	14.6
	T3	18.8abc	2.0b	1.1	0.8	36.0	58.4	49.1	42.1	25.5	13.1
	T4	27.6a	10.5a	2.0	0.4	33.3	63.9	40.9	42.5	21.5	16.0
	T5	21.4ab	4.0b	0.1	0.1	32.4	65.8	43.8	43.6	29.5	8.6
	T6	8.1cd	2.0b	1.3	1.3	46.0	49.9	44.5	48.0	24.1	8.6
	T7	13.9bcd	4.9b	1.4	0.4	46.3	71.5	43.3	42.5	26.0	10.0
	T8	18.0abc	3.4b	1.3	0.3	28.9	62.9	35.1	43.3	18.6	12.0
F-test		**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Added phosphorus	P0	18.6	3.8	0.9	0.6	34.5	63.0	45.8	43.6	24.8	11.6
	P1	12.6	3.5	1.3	0.8	41.9	63.7	39.9	41.4	21.7	10.5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	4.0	1.3	0.5	0.5	34.5	72.3	49.8	37.5	18.3	4.5
	T2P0	16.5	0.8	1.5	2.3	37.0	61.5	60.8	45.8	27.5	13.5
	T3P0	22.0	2.5	1.0	0.3	27.3	61.5	44.0	39.0	28.8	19.0
	T4P0	31.5	10.8	1.0	0.8	34.0	62.0	41.0	44.5	24.3	19.3
	T5P0	22.5	4.0	0.0	0.0	35.0	58.5	47.0	44.0	33.8	10.0
	T6P0	10.8	2.0	1.3	0.8	52.3	51.3	43.8	48.5	25.3	8.3
	T7P0	18.8	5.5	1.5	0.3	30.5	75.0	45.3	41.5	21.5	8.0
	T8P0	22.5	4.0	0.8	0.3	25.3	62.3	34.8	48.0	18.8	10.5
	T1P1	3.0	1.5	0.8	1.0	47.0	68.8	32.5	25.5	13.0	6.8
	T2P1	10.3	1.8	1.0	1.5	47.0	66.5	29.0	47.3	22.0	15.8
	T3P1	15.5	1.5	1.3	1.3	44.8	55.3	54.3	45.3	22.3	7.3
	T4P1	23.8	10.3	3.0	0.0	32.5	65.8	40.8	40.5	18.8	12.8
	T5P1	20.3	4.0	0.3	0.3	29.8	73.0	40.5	43.3	25.3	7.3
	T6P1	5.5	2.0	1.3	1.8	39.8	48.5	45.3	47.5	23.0	9.0
	T7P1	9.0	4.3	1.3	0.5	62.0	68.0	41.3	43.5	30.5	12.0
	T8P1	13.5	2.8	1.8	0.3	32.5	63.5	35.5	38.5	18.5	13.5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		83.1	180.5	219.9	191.6	36.2	19.3	27.6	18.4	25.2	22.7

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อช่อดอกที่ติดผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี

	Treatment	Number of capsule cluster (No. plant^{-1})								
		2011			2012					
		Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Fertilizer management	T1	7.3b	0.8b	0.4b	1.6	18.8	23.1	28.1	56.3	8.9
	T2	11.0b	0.4b	1.9b	2.5	15.9	28.3	34.1	81.5	7.8
	T3	13.8b	2.3b	2.1b	1.9	10.5	32.5	31.5	55.0	9.0
	T4	25.4a	8.1a	5.8a	4.5	12.3	34.6	52.0	74.9	10.9
	T5	16.0ab	3.1b	2.0b	0.0	12.4	25.8	32.9	91.0	8.9
	T6	10.5b	1.3b	1.5b	1.4	12.5	31.9	21.9	56.9	10.9
	T7	8.6b	1.9b	2.8b	1.8	15.9	34.8	47.0	81.1	12.9
	T8	16.5ab	2.8b	2.4b	0.1	11.1	42.6	34.9	75.8	8.4
F-test		**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Added phosphorus	P0	14.6	2.3	2.4	1.5	13.1	30.8	36.9	74.6	10.5
	P1	12.7	2.9	2.3	1.9	14.2	32.5	33.7	68.5	8.9
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	7.3	0.8	0.3	0.8	18.0	23.3	27.0	72.8	14.0
	T2P0	10.0	0.3	2.5	4.3	14.0	32.0	32.0	73.3	8.5
	T3P0	13.0	2.5	2.3	0.0	10.0	33.8	29.8	52.5	9.3
	T4P0	31.5	5.8	5.5	3.8	13.0	28.3	62.0	82.0	11.5
	T5P0	15.0	3.3	2.5	0.0	13.0	22.5	34.3	88.0	9.8
	T6P0	10.8	1.5	1.3	0.3	10.5	28.8	17.3	68.8	12.0
	T7P0	10.0	1.8	4.0	2.8	17.5	36.5	59.3	78.3	10.5
	T8P0	19.3	2.3	1.3	0.3	9.0	41.8	33.8	81.5	8.3
	T1P1	7.3	0.8	0.5	2.5	19.5	23.0	29.3	39.8	3.8
	T2P1	12.0	0.5	1.3	0.8	17.8	24.5	36.3	89.8	7.0
	T3P1	14.5	2.0	2.0	3.8	11.0	31.3	33.3	57.5	8.8
	T4P1	19.3	10.5	6.0	5.3	11.5	41.0	42.0	67.8	10.3
	T5P1	17.0	3.0	1.5	0.0	11.8	29.0	31.5	94.0	8.0
	T6P1	10.3	1.0	1.8	2.5	14.5	35.0	26.5	45.0	9.8
	T7P1	7.3	2.0	1.5	0.8	14.3	33.0	34.8	84.0	15.3
	T8P1	13.8	3.3	3.5	0.0	13.3	43.5	36.0	70.0	8.5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		84.1	173.0	43.1	273.5	36.9	45.8	37.5	20.5	63.4

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	Number of seed (No. capsule^{-1})												
	2010						2011						
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Average
T1	2.7	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.1	2.8	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7
T2	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7
T3	2.8	2.7	2.6	2.7	2.4	2.6	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.7
T4	2.7	2.7	2.6	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.7
T5	2.6	2.7	2.5	2.7	2.7	2.6	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.6	2.7
T6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.7
T7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
T8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.8	2.9	2.8	2.7	2.9	2.8	2.7
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	4.2	3.7	8.5	2.9	4.9	3.4	18.5	3.0	3.5	2.6	2.5	2.8	2.0

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อจำนวนเมล็ดต่อผลของสบู่ดำอายุ 3 ปี

	Treatment	Number of seed (No. capsule^{-1})								
		2011	2012							
		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Average
Fertilizer management	T1	0.4	0.6b	1.7	0.7c	2.7	2.8	2.5	2.6	1.8c
	T2	0.9	1.5ab	2.1	1.1bc	2.3	2.7	2.4	2.7	2.0abc
	T3	1.0	2.3a	1.4	1.1bc	2.5	2.6	2.4	2.5	2.0abc
	T4	1.5	2.3a	2.4	2.7a	2.0	2.7	2.6	2.6	2.4a
	T5	1.5	2.1a	1.7	1.6abc	2.7	2.7	2.4	2.8	2.2ab
	T6	0.9	1.4ab	1.3	2.4ab	2.3	2.7	2.5	2.6	2.0abc
	T7	0.6	2.0a	2.5	2.4ab	2.6	2.7	2.6	2.7	2.2ab
	T8	1.5	1.9a	1.6	1.8abc	2.8	2.7	2.5	2.7	2.2ab
F-test		ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
Added phosphorus	P0	1.0	1.8	1.9	2.1a	2.5	2.7	2.5	2.6	2.1
	P1	1.1	1.8	1.7	1.3b	2.5	2.7	2.5	2.7	2.0
F-test		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	0.7	0.7	2.0	1.4	2.8	2.8	2.5	2.6	1.9
	T2P0	0.6	1.4	2.1	1.4	2.2	2.7	2.4	2.7	1.9
	T3P0	1.0	2.1	0.7	1.8	2.9	2.5	2.4	2.5	2.0
	T4P0	2.0	2.6	2.8	3.2	2.0	2.7	2.6	2.6	2.6
	T5P0	1.0	2.1	2.0	2.2	2.7	2.8	2.5	2.7	2.2
	T6P0	0.6	1.6	1.1	2.9	1.9	2.6	2.5	2.7	2.0
	T7P0	0.6	1.8	2.9	2.9	2.5	2.7	2.5	2.5	2.3
	T8P0	1.4	1.9	1.9	1.4	2.9	2.7	2.5	2.6	2.2
	T1P1	0.0	0.6	1.4	0.0	2.7	2.7	2.6	2.7	1.6
	T2P1	1.2	1.7	2.1	0.7	2.4	2.8	2.4	2.7	2.0
	T3P1	1.1	2.6	2.0	0.5	2.1	2.7	2.4	2.6	2.0
	T4P1	1.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.6	2.7	2.6	2.1
	T5P1	2.1	2.0	1.5	1.1	2.8	2.6	2.4	2.8	2.2
	T6P1	1.2	1.2	1.5	1.9	2.7	2.7	2.6	2.4	2.0
	T7P1	0.7	2.2	2.1	2.0	2.6	2.7	2.8	2.9	2.2
	T8P1	1.7	2.0	1.4	2.2	2.8	2.7	2.6	2.8	2.3
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		116.2	44.3	39.5	56.8	23.1	8.0	7.3	4.5	18.2

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	One hundred seed weight at 15% moisture content (g)												
	2010						2011						
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Total
T1	52.5	50.2	74.1	78.8	84b	81.0	79.4	81.2	112.1	84.1	81.1	77ab	905.1
T2	53.3	52.6	71.5	75.5	82a	79.0	79.3	84.1	86.1	84.9	92.4	72c	910.5
T3	51.1	50.5	74.1	75.7	94b	79.7	80.6	79.9	105.6	80.3	84.8	75abc	905.7
T4	52.5	53.3	68.3	78.5	82b	80.7	80.6	79.7	95.4	84.2	83.6	80a	901.9
T5	53.7	51.6	70.5	77.1	81b	81.5	78.3	83.3	104.7	84.0	88.2	78ab	911.0
T6	47.9	52.1	69.3	75.4	85b	79.5	81.1	90.5	101.4	85.0	86.6	74bc	916.4
T7	53.0	51.5	67.0	77.1	86ab	81.8	84.9	80.3	99.1	83.4	92.6	76abc	914.3
T8	53.6	53.9	69.9	78.5	79b	84.2	80.8	83.6	89.6	85.3	88.1	74bc	914.9
F-Test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV(%)	6.1	5.3	7.3	3.4	6.4	3.9	5.1	8.3	15.9	4.2	9.7	3.8	2.3

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดสบู่ดำที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี

	Treatment	One hundred seed weight at 15% moisture content (g)								
		2011		2012						
		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Total
Fertilizer management	T1	92.7	92.4	42.5	17.2	55.8	54.8	46.2	56.5	458.1
	T2	73.4	50.5	50.5	27.2	48.8	56.2	42.6	51.5	400.8
	T3	301.1	122.4	33.5	36.0	47.1	60.7	51.4	41.6	693.9
	T4	54.2	46.4	58.1	58.7	45.2	61.3	50.5	57.8	432.2
	T5	159.0	125.8	42.5	38.5	55.0	57.1	43.9	58.6	580.3
	T6	234.3	54.9	38.1	58.8	49.6	53.4	46.9	58.5	594.4
	T7	280.0	52.7	56.7	58.3	61.5	57.4	46.3	55.6	668.4
	T8	263.6	62.1	44.8	38.7	58.7	61.5	47.0	60.2	636.6
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Added phosphorus	P0	249.4	96.9	47.7	50.7	51.1	57.5	47.0	55.1	655.4
	P1	115.2	54.9	44.2	32.6	54.3	58.1	47.0	54.9	461.2
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	185.3	184.7	47.3	34.5	56.0	53.9	47.4	54.9	664.0
	T2P0	21.5	19.0	47.0	34.4	37.9	60.7	35.8	42.8	299.1
	T3P0	195.8	168.7	14.5	53.9	49.4	58.2	53.7	45.4	639.6
	T4P0	55.6	56.0	66.4	34.5	42.9	57.2	50.4	58.1	421.0
	T5P0	211.9	143.6	47.0	46.5	53.1	53.2	43.3	61.0	659.6
	T6P0	429.3	71.1	41.8	69.1	47.1	54.9	48.6	56.6	818.5
	T7P0	452.8	69.2	65.3	69.1	64.0	58.8	49.4	59.7	888.3
	T8P0	442.8	62.7	52.3	28.4	58.7	63.2	47.1	62.6	817.9
	T1P1	0.0	0.0	37.6	0.0	55.7	55.7	45.0	58.0	252.1
	T2P1	125.3	82.0	53.9	20.1	59.7	51.8	49.4	60.2	502.5
	T3P1	406.5	76.2	52.5	18.1	44.7	63.2	49.1	37.9	748.2
	T4P1	52.9	36.8	49.8	47.3	47.4	65.3	50.6	57.5	407.8
	T5P1	106.0	108.1	40.2	30.5	56.9	60.9	44.4	56.1	503.2
	T6P1	39.4	38.7	34.3	48.5	52.1	51.9	45.1	60.4	370.4
	T7P1	107.2	36.3	48.0	47.4	59.0	56.0	43.3	51.4	448.5
	T8P1	84.3	61.4	37.4	49.0	58.8	59.8	46.8	57.7	455.3
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		132.7	189.1	44.9	68.2	28.3	14.8	18.3	14.2	69.2

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	Seed yield at 15% moisture content (kg rai^{-1})												
	2010						2011						
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Total
T1	24.3	28.4	13.3	18.7	25.2	18.4	3.2	6.9	10.8	28.5	80.1	19.0	276.6
T2	17.1	26.8	18.5	10.7	24.3	25.0	7.7	6.5	14.0	25.0	105.9	32.6	314.0
T3	18.2	19.3	14.3	14.1	33.3	19.8	9.2	6.6	12.6	30.7	82.7	22.6	283.3
T4	23.2	23.0	15.3	13.8	20.0	18.5	6.8	5.9	18.1	20.7	114.3	32.3	311.8
T5	31.7	29.5	21.4	13.0	40.3	20.7	7.9	7.4	14.9	20.6	94.9	21.9	324.0
T6	19.0	30.1	14.4	12.5	32.1	23.8	6.6	9.7	12.9	23.4	62.3	27.5	274.1
T7	25.2	25.5	19.6	11.9	30.8	22.6	9.1	7.3	16.0	43.4	113.6	20.4	345.4
T8	25.0	28.6	24.1	14.6	48.6	21.6	7.0	7.8	9.6	22.6	91.9	27.0	328.4
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.6

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 ของสบู่ดำอายุ 3 ปี

	Treatment	Seed yield at 15% moisture content (kg rai^{-1})								
		2011		2012						
		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	sum
Fertilizer management	T1	4.3c	2.0	0.2	0.1b	16.3	32.1	14.7	22.4	92.2
	T2	13.4abc	4.2	0.5	0.8b	11.0	31.3	21.9	20.4	103.6
	T3	13.0abc	9.4	0.8	0.3b	8.8	33.1	18.3	18.2	101.9
	T4	27.8a	10.6	1.4	2.8a	9.1	48.2	30.8	24.8	155.5
	T5	25.3ab	10.1	0.8	0.2b	8.2	23.0	22.8	30.2	118.9
	T6	10.6bc	6.5	0.9	1.0b	12.8	25.0	14.5	29.2	100.4
	T7	9.1bc	7.5	0.7	0.7b	19.6	45.6	19.4	31.3	133.8
	T8	22.6ab	10.4	0.6	0.9b	11.1	43.9	33.6	20.3	143.4
F-test		*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Added phosphorus	P0	14.8	7.3	0.7	0.8	10.0	31.8	18.5	24.1	108.1
	P1	16.7	7.8	0.8	0.9	14.2	38.7	25.5	25.1	129.3
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	8.6	4.1	0.3	0.1	11.5	30.7	13.8	17.2	86.3
	T2P0	6.2	2.9	0.6	1.1	9.7	22.6	10.3	13.7	67.2
	T3P0	11.3	7.7	0.3	0.3	8.5	25.5	19.4	15.9	88.9
	T4P0	39.8	12.1	1.6	1.9	3.4	51.9	29.5	26.3	166.5
	T5P0	13.8	9.8	0.6	0.2	7.3	17.6	16.5	28.1	93.9
	T6P0	9.3	6.4	0.8	1.2	12.9	18.0	13.5	28.8	90.8
	T7P0	9.6	7.0	0.7	0.8	17.7	47.5	18.7	38.1	140.0
	T8P0	20.2	8.7	0.5	0.6	9.1	40.8	26.5	24.9	131.2
	T1P1	0.0	0.0	0.1	0.0	21.2	33.6	15.6	27.7	98.2
	T2P1	20.7	5.5	0.4	0.5	12.4	40.1	33.4	27.2	140.0
	T3P1	14.7	11.2	1.3	0.2	9.2	40.7	17.2	20.5	114.9
	T4P1	15.7	9.1	1.3	3.8	14.7	44.6	32.0	23.3	144.5
	T5P1	36.8	10.4	0.9	0.3	9.1	28.3	29.1	32.3	143.9
	T6P1	12.0	6.6	1.0	0.8	12.7	32.0	15.4	29.6	110.0
	T7P1	8.5	7.9	0.8	0.6	21.6	43.7	20.1	24.5	127.6
	T8P1	25.1	12.0	0.7	1.2	13.0	46.9	40.8	15.7	155.6
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)		95.1	83.3	60.8	174.1	51.6	96.5	119.2	57.0	62.1

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี

Treatment	Seed cake (dry wt.)	Oil yield
	(----------kg rai^{-1}----------)	
T1	181.9	61.1
T2	211.2	71.7
T3	223.4	75.2
T4	227.4	76.9
T5	179.5	60.2
T6	225.1	76.0
T7	177.7	59.5
T8	160.8	54.6
F-test	ns	ns
CV(%)	19.6	20.0

Remarks: ns: non significant

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai-1 8-24-24, T7 = 100 kg rai-1 of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai-1 of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำมันในเมล็ดกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน

Concentration in leaf	Oil yield
N (g kg^{-1})	0.33**
P (g kg^{-1})	0.09
K (g kg^{-1})	-0.09
Ca (g kg^{-1})	0.15
Mg (g kg^{-1})	0.13
Fe (mg kg^{-1})	-0.03
Zn (mg kg^{-1})	-0.2
Cu (mg kg^{-1})	0.15
Mn (mg kg^{-1})	-0.31**

Remarks: * ,** : significant at $P < 0.05$ and 0.01

N=32 (Casewise deletion of missing data)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบสบู่ดำอายุ 2 ปี 3 เดือน

Treatment	Concentration in leaf		
	N	P	K
	(----------g kg^{-1}----------)		
T1	3.3	0.9	1.9
T2	3.4	0.9	1.6
T3	3.6	0.9	1.8
T4	3.5	1.0	2.2
T5	3.5	1.0	1.8
T6	3.6	1.0	1.7
T7	3.3	1.0	1.8
T8	3.2	1.0	1.9
F-test	ns	ns	ns
CV(%)	9.5	7.4	17.2

Remarks: ns: non significant

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสบู่ดำอายุ 1 ปี 3 เดือน

Concentration in leaf	Yield
N (g kg^{-1})	0.32
P (g kg^{-1})	0.08
K (g kg^{-1})	-0.09
Ca (g kg^{-1})	0.16
Mg (g kg^{-1})	0.13
Fe (mg kg^{-1})	-0.01
Zn (mg kg^{-1})	-0.2
Cu (mg kg^{-1})	-0.16
Mn (mg kg^{-1})	-0.28

Remarks: * ,** : significant at $P < 0.05$ and 0.01

N=32 (Casewise deletion of missing data)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ผลของการจัดการปุ๋ย การใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติม และอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการปุ๋ยร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มเติมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

	Treatment	Concentration in seed		
		N	P	K
		(----------g kg^{-1}----------)		
Fertilizer management	T1	2.33	0.26	1.32
	T2	2.70	0.30	1.43
	T3	2.38	0.27	1.42
	T4	2.70	0.30	2.19
	T5	2.32	0.29	1.48
	T6	2.48	0.30	1.67
	T7	2.35	0.28	1.68
	T8	2.48	0.29	1.61
F-test		ns	ns	ns
Added phosphorus	P0	2.42	0.29	1.50
	P1	2.52	0.28	1.69
F-test		ns	ns	ns
Fertilizer management x Added phosphorus	T1P0	2.36	0.28	1.23
	T2P0	2.56	0.29	1.44
	T3P0	2.33	0.27	1.45
	T4P0	2.54	0.28	1.35
	T5P0	2.45	0.32	1.52
	T6P0	2.42	0.30	1.73
	T7P0	2.10	0.26	1.72
	T8P0	2.61	0.32	1.59
	T1P1	2.29	0.23	1.42
	T2P1	2.85	0.32	1.41
	T3P1	2.43	0.37	1.38
	T4P1	2.87	0.32	3.02
	T5P1	2.19	0.27	1.44
	T6P1	2.54	0.30	1.61
	T7P1	2.61	0.31	1.63
	T8P1	2.35	0.27	1.63
F-test		ns	ns	ns
CV(%)		8.1	19.1	34.0

Remarks: ns: non significant, * ,** : significant at 0.05 and 0.01 probability levels, means with the different letters in column are significantly different from each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1= no fertilizer, T2 = compost, T3 = 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T4= 100 kg rai^{-1} of 15-15-15, T5 = compost + 50 kg rai^{-1} of 15-15-15

T6 = 50 kg rai^{-1} 8-24-24, T7 = 100 kg rai^{-1} of 8-24-24

T8= compost+50 kg rai^{-1} of 8-24-24, compost was applied at the rate of 1,000 kg rai^{-1}

P0 = 0 kg P_2O_5 kg rai^{-1}, P1 = 16 kg P_2O_5 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 15 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและเมล็ดสบู่ดำอายุ 2 ปี 11 เดือน

Concentration in leaf [1/]	Yield	Concentration in seed [2/]	Yield
N (g kg^{-1})	0.19	N (g kg^{-1})	-0.22
P (g kg^{-1})	0.07	P (g kg^{-1})	-0.17
K (g kg^{-1})	-0.11	K (g kg^{-1})	-0.17
Ca (g kg^{-1})	0.35**	Ca (g kg^{-1})	-0.23
Mg (g kg^{-1})	-0.08	Mg (g kg^{-1})	-0.44**
S (mg kg^{-1})	-0.12	S (mg kg^{-1})	-0.27
Fe (mg kg^{-1})	0.03	Fe (mg kg^{-1})	-0.33**
Zn (mg kg^{-1})	0.37**	Zn (mg kg^{-1})	-0.33**
Cu (mg kg^{-1})	0.32**	Cu (mg kg^{-1})	-0.41**
Mn (mg kg^{-1})	0.52**	Mn (mg kg^{-1})	-0.34**

[1/] ใบสบู่ดำที่อายุ 2 ปี 11 เดือน

[2/] เมล็ดสบู่ดำที่อายุ 3 ปี

Remarks: * ,** : significant at $P < 0.05$ and 0.01

N=64 (Casewise deletion of missing data)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 สมบัติและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลอง

Property	Analytical value
pH (1:2 w/v)	6.9
EC (1:5 w/v)(dS/m)	2.1
Organic matter (g kg^{-1})	111.5
Total N (g kg^{-1})	6.8
Total P (g kg^{-1})	9.9
Total K (g kg^{-1})	6.5
Total Ca (g kg^{-1})	37.9
Total Mg (g kg^{-1})	5.7
Total Fe (mg kg^{-1})	8056
Total Mn (mg kg^{-1})	436
Total Zn (mg kg^{-1})	76.17
Total Cu (mg kg^{-1})	17.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 สมบัติที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของปุ๋ยหมัก (มาตรฐานคุณภาพของปุ๋ยหมัก)

Property	1st Class	Critical
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)(1:5 w/v)(dS/m)	0.0-2.0	>3.5
C/N ratio	0-20/1	>25/1
Organic matter (g kg^{-1})	350-400	>600
pH	7.0-8.0	>8.5 หรือ <5.5
Total N	>1.0	<0.2
P_2O_5	>1.0	<0.2
K_2O	>0.5	<0.1
Moisture (%)	0-35	>56
ปริมาณสิ่งเจือปน	0-5	>10

ที่มา: มุกดา (2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2553

Year	Month	Total rainfall (mm)	Temperature (°C)			Relative humidity (%)
			Maximum	Minimum	Mean	
2553	January	0	36.6	15.4	27.4	67
	February	8.4	38.4	20.7	29.8	65
	March	2.3	39.8	20.3	30.7	56
	April	6.6	42.0	23.3	32.4	60
	May	104.7	41.6	23.2	31.9	65
	June	124.2	40.2	22.9	30.6	70
	July	162.1	37.9	22.9	29.4	74
	August	126.2	36.2	24.3	28.3	79
	September	234.2	36.2	23.3	28.6	79
	October	332.7	35.2	20.1	27.2	82
	November	0	34.3	19.0	26.8	68
	December	11.8	35.7	17.2	26.1	71
	Total	1,113.2	37.8	21.1	29.1	69.7

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2554

Year	Month	Total rainfall (mm)	Temperature (^{o}C)			Relative humidity (%)
			Maximum	Minimum	Mean	
2554	January	0	34.7	15.8	25.3	64
	February	38.1	39.0	17.9	28.3	65
	March	240.6	37.4	15.5	26.5	74
	April	94.5	38.4	20.5	29.2	73
	May	137.1	38.3	23.0	29.4	73
	June	42.9	36.9	22.0	29.1	73
	July	81.2	36.5	22.0	28.7	73
	August	145	36.5	21.7	28.6	73
	September	131.8	35.5	22.0	28.4	74
	October	154.1	35.0	20.7	27.5	80
	November	1.7	36.0	19.0	27.7	67
	December	0	34.0	13.5	25.3	61
	Total	1,067	36.5	19.5	27.8	70.8

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดกาญจนบุรี ปี 2555

Year	Month	Total rainfall (mm)	Temperature (°C)			Relative humidity (%)
			Maximum	Minimum	Mean	
2555	January	14.3	36.5	16.8	27.7	66
	February	0.4	38.5	18.5	29.2	64
	March	66	39.9	20.5	30.7	59
	April	17.5	41.2	21	31	62
	May	102.9	41.3	21.7	30.2	67
	June	60.5	38	22.9	29.5	68
	July	157.1	37	23	28.3	75
	August	45	37.5	23.4	28.2	74
	September	442.7	35.2	22.5	27.9	79
	October	125.6	35.4	22.2	28.3	77
	November	114.4	35.3	21.4	27.9	78
	December	0	34.5	19.7	27.5	71
	Total	1,146.4	37.5	21.1	28.9	70.0

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 24 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 25 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 26 ระดับชั้นค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 27 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. ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (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

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

8. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. 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

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (Very Low) L = ต่ำ (Low)
ML = ค่อนข้างสูง (Moderately Low) M = ปานกลาง (Medium)
MH = ค่อนข้างสูง (Moderately High) H = สูง (High)
VH = สูงมาก (Very High)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวกัญญารัตน์ ท้าวทา
เกิดวันที่	1 กุมภาพันธ์ 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์