รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดโครงการวิจัยการจัดการปุ๋ยและดิน
ในพื้นที่โครงการของมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดพังงา

โดย

ชัยรัตน์	นิลนนท์	ที่ปรึกษาโครงการ
ธีระ	เอกสมทราเมษฐ์	หัวหน้าโครงการ
ธีระพงศ์	จันทรนิยม	ผู้ร่วมวิจัย
ประกิจ	ทองคำ	ผู้ร่วมวิจัย
ปราณี	สุวรรณรัตน์	ผู้ร่วมวิจัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน
คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เสนอต่อ
มูลนิธิชัยพัฒนา

กรกฎาคม 2564

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดโครงการวิจัยการจัดการปุ๋ยและดิน
ในพื้นที่โครงการของมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดพังงา

โดย

ชัยรัตน์	นิลนนท์	ที่ปรึกษาโครงการ
ธีระ	เอกสมทราเมษฐ์	หัวหน้าโครงการ
ธีระพงศ์	จันทรนิยม	ผู้ร่วมวิจัย
ประกิจ	ทองคำ	ผู้ร่วมวิจัย
ปราณี	สุวรรณรัตน์	ผู้ร่วมวิจัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน
คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เสนอต่อ
มูลนิธิชัยพัฒนา

กรกฎาคม 2564

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มูลนิธิชัยพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่วิจัยของชุดโครงการจัดการปุ๋ยและดินในพื้นที่โครงการของมูลนิธิชัยพัฒนา อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา รวมไปถึงการให้ความสนับสนุนบุคลากรของมูลนิธิชัยพัฒนาในการเก็บบันทึกข้อมูลวิจัย จนงานวิจัยทั้ง 2 โครงการย่อยของชุดโครงการฯ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และท้ายที่สุดขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของมูลนิธิชัยพัฒนาจังหวัดพังงาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ดังกล่าว

คณะผู้วิจัย

ชื่อชุดโครงการวิจัย การจัดการปุ๋ยและดินในพื้นที่โครงการของมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดพังงา
: ชื่อโครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ
: ชื่อโครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน

ชื่อผู้วิจัย ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และ ปราณี สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการจัดการปุ๋ยและดินในพื้นที่ทดลองของมูลนิธิชัยพัฒนา อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 600 ไร่ พบว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นเหมืองฉีดเก่าทำให้โครงสร้างดินถูกทำลาย ดินมีอินทรียวัตถุต่ำ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายจัด และดินมีปริมาณธาตุอาหารน้อย ปัจจุบันได้ทำการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นเพื่อให้การปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ทดลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงมีความจำเป็นต้องมีการจัดการดินและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปาล์มน้ำมัน

จากผลการทดลอง พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมันที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด (ดูจากข้อมูลผลผลิต ข้อมูลปริมาณธาตุอาหาร และข้อมูลการเจริญเติบโต) คือวิธีการใส่ปุ๋ยโดยการฝังเป็นแถบ ซึ่งมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความลึก 15 เซนติเมตร และฝังกลบตามรัศมีรอบลำต้น โดยแนวการใส่ปุ๋ยจะอยู่บริเวณกึ่งกลางทางใบ แถบการฝังปุ๋ยจะมีรัศมีกว้างขึ้นเรื่อยๆ ตามความยาวของทางใบที่เพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมัน โดยแนวของการฝังปุ๋ยจะมีระยะห่างออกจากลำต้นไปเรื่อยๆ จึงไม่เป็นการทำลายรากของต้นปาล์มน้ำมันในบริเวณที่อยู่ใกล้ลำต้น และการใส่ปุ๋ยโดยวิธีนี้พบว่าปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านกระจายบริเวณใต้ทรงพุ่ม ถึง 20-22 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการจัดการดินและปุ๋ย พบว่า ในพื้นที่ทดลองที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก การจัดการโดยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินจึงควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการหมักแล้ว เพราะจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่ยังไม่ผ่านการหมัก จากการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลายปาล์มน้ำมันหมัก ในอัตรา 25 กิโลกรัม/ต้น/ปี ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตรวมในระยะเวลา 4 ปี สูงกว่าการจัดการโดยใช้ทะลายเปล่าคลุมโคน ในอัตรา 250 กิโลกรัม/ต้น/ปี ถึง 18 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาพดินไม่เอื้ออำนวยให้มีการย่อยสลายของทะลายเปล่า โดยพบว่าดินในพื้นที่ทดลองจะขาดความชื้นอย่างรวดเร็วเมื่อฝนทิ้งช่วง ซึ่งในสภาพที่ดินมีความชื้นต่ำก็จะทำให้การย่อยสลายของทะลายเปล่าเกิดขึ้นได้ช้า

ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้กับปาล์มน้ำมัน พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตรา 3,000 กรัม/ต้น/ปี ปุ๋ยสูตร 18-46-0 อัตรา 1,000 กรัม/ต้น/ปี และปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 2,500 กรัม/ต้น/ปี ยังไม่เพียงพอสำหรับการให้ผลผลิตที่เต็มศักยภาพของปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมันควรจะมีการเปลี่ยนแปลงและการปรับปริมาณการใช้ปุ๋ยในทุกๆ ปี โดยใช้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันมาประกอบเพื่อกำหนดปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมในปีถัดไป

สารบัญเรื่อง

หน้า

- กิตติกรรมประกาศ I
- บทคัดย่อ II
- สารบัญ III
- บทนำ VI
- โครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ 1-23
  (Evaluation the efficacy of various methods of fertilizer application)
  1. หลักการและเหตุผล 1
  2. วัตถุประสงค์ 1
  3. วิธีการทดลอง 1
  4. ผลการทดลอง 5
     - 4.1 สมบัติดินของแปลงทดลอง 5
     - 4.2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต 10
     - 4.3 ปริมาณธาตุอาหารในใบ 16
     - 4.4 ข้อมูลการเจริญเติบโต (Vegetative growth) 21
  5. สรุปผลการทดลอง 23

- โครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน 24-51
  (Integrated soil and fertilizer management for increasing the efficiency of oil palm production)
  1. หลักการและเหตุผล 24
  2. วัตถุประสงค์ 27
  3. วิธีการทดลอง 28
  4. ผลการทดลอง 31
     - 4.1 สมบัติดินของแปลงทดลอง 31
     - 4.2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต 36
     - 4.3 ปริมาณธาตุอาหารในใบ 42
     - 4.4 ข้อมูลการเจริญเติบโต (Vegetative growth) 48
  5. สรุปผลการทดลอง 51
- ภาคผนวก : กิจกรรมการทดลอง 52-54
- บรรณานุกรม 55-56

สารบัญตาราง

หน้า

- โครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ
(Evaluation the efficacy of various methods of fertilizer application)

ตารางที่ 1 แสดงสิ่งทดลองและหมายเลขต้นที่ศึกษา 3
ตารางที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 ซม. 6-9
ตารางที่ 3 น้ำหนักทะลาย (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 10
ตารางที่ 4 จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 12
ตารางที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลาย (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 14
ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบ 18
ตารางที่ 7 ข้อมูลการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (Vegetative growth) 21

- โครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน
(Integrated soil and fertilizer management for increasing the efficiency of oil palm production)

ตารางที่ 1 แสดงสิ่งทดลองและหมายเลขต้นที่ศึกษา 29
ตารางที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 ซม. 32-35
ตารางที่ 3 น้ำหนักทะลาย (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 37
ตารางที่ 4 จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 38
ตารางที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลาย (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 40
ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบ 45
ตารางที่ 7 ข้อมูลการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (Vegetative growth) 48

สารบัญรูป

หน้า

- โครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ
(Evaluation the efficacy of various methods of fertilizer application)

รูปที่ 1 น้ำหนักทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 11
รูปที่ 2 น้ำหนักทะลายสะสม 4 ปี (กิโลกรัม/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559 11
รูปที่ 3 จำนวนทะลายรายเดือน (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 13
รูปที่ 4 จำนวนทะลายสะสม 4 ปี (ทะลาย/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559 13
รูปที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 15
รูปที่ 6 น้ำหนัก 1 ทะลายเฉลี่ยรายปี (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 15
รูปที่ 7 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ (เปอร์เซ็นต์) 19
รูปที่ 8 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบ (เปอร์เซ็นต์) 19
รูปที่ 9 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์) 19
รูปที่ 10 ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์) 20
รูปที่ 11 ปริมาณธาตุโบรอนในใบ (ppm) 20
รูปที่ 12 ข้อมูลพื้นที่ใบ (เมตร^2) 22
รูปที่ 13 ข้อมูลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) 22
รูปที่ 14 ข้อมูลความยาวทางใบ (เซนติเมตร) 22
รูปที่ 15 ข้อมูลจำนวนใบย่อย 23

- โครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน
(Integrated soil and fertilizer management for increasing the efficiency of oil palm production)

รูปที่ 1 น้ำหนักทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 37
รูปที่ 2 น้ำหนักทะลายสะสม 4 ปี (กิโลกรัม/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559 37
รูปที่ 3 จำนวนทะลายรายเดือน (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559 39
รูปที่ 4 จำนวนทะลายสะสม 4 ปี (ทะลาย/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559 39
รูปที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 41
รูปที่ 6 น้ำหนัก 1 ทะลายเฉลี่ยรายปี (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559 41
รูปที่ 7 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ (เปอร์เซ็นต์) 46
รูปที่ 8 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบ (เปอร์เซ็นต์) 46
รูปที่ 9 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์) 46
รูปที่ 10 ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์) 47
รูปที่ 11 ปริมาณธาตุโบรอนในใบ (ppm) 47
รูปที่ 12 ข้อมูลพื้นที่ใบ (เมตร^2) 49
รูปที่ 13 ข้อมูลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม) 49
รูปที่ 14 ข้อมูลความยาวทางใบ (เซนติเมตร) 50
รูปที่ 15 ข้อมูลจำนวนใบย่อย 50

บทนำ

พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของโครงการมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดพังงา ตั้งอยู่ที่อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 600 ไร่ พื้นที่ทั้งหมดเป็นเหมืองฉีดเก่าซึ่งมีการทำลายหน้าดินและล้างดินเพื่อเลือกสินแร่ ทำให้โครงสร้างดินเป็นกรวดและทราย มีอินทรียวัตถุต่ำ และมีปริมาณธาตุอาหารน้อย จึงไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการใช้พื้นที่ดังกล่าวสำหรับทำสวนปาล์มน้ำมันให้ประสบผลสำเร็จ จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งวิธีการใช้ปุ๋ย และชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ให้เหมาะสมกับโครงสร้างของดินในพื้นที่ดังกล่าว จึงได้ดำเนินการวิจัยในชุดโครงการวิจัยการจัดการปุ๋ยและดินในพื้นที่ทดลองของมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดพังงา โดยมี 2 โครงการย่อย ดังนี้

- โครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ

  เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ว่าวิธีการใดเหมาะสมที่สุดในสภาพพื้นที่ทดลอง โดยมีวิธีการใส่ปุ๋ย 3 รูปแบบ คือ 1) การหว่านปุ๋ยกระจายภายใต้ทรงพุ่ม 2) การฝังเป็นแถบและฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ และ 3) การขุดหลุมฝังต้นละ 4 หลุม และฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ

- โครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน

  เป็นการจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน โดยจำแนกชนิดปุ๋ย การปรับค่าความเป็นกรดด่างของดิน และการใช้อินทรียวัตถุร่วมกับปุ๋ยเคมีด้วย

โดยทั้ง 2 โครงการ ได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2559

โครงการย่อยที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ

(Evaluation the efficacy of various methods of fertilizer application)

---

1. หลักการและเหตุผล

การใส่ปุ๋ยสามารถดำเนินการได้หลายวิธีซึ่งที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ การหว่านบริเวณผิวดิน (broadcast on surface) หว่านแล้วผสมคลุก (broadcast and incorporate) โรยเป็นแถบ (banding) และ ขุดหลุมฝัง (perforation) การใส่ปุ๋ยแบบหว่านบริเวณผิวดินทำให้มีการกระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณเพาะปลูก เหมาะสำหรับทุ่งหญ้า ข้าว แต่อาจไม่เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวที่มีระยะแถวกว้าง เนื่องจากมีการสูญเสียของปุ๋ยได้มากจากวัชพืช หรือสูญเสียจากการไหลบ่าของน้ำ (Brady and Weil, 2008) Touchton และ Hargrove (1982) รายงานถึงประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย พบว่าในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 90 กิโลกรัมN/เฮกตาร์ โดยวิธีหว่านโรยเป็นแถบและโรยเป็นแถบแล้วผสมคลุก ทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพด 5.6, 7.4 และ 7.9 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ แสดงถึงการผสมคลุกช่วยทำให้พืชได้รับธาตุอาหารจากปุ๋ยมากยิ่งขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นจากปริมาณปุ๋ยที่ใส่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยโดยการหว่านบริเวณผิวดิน ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการระเหิด (volatilization) สูงมาก ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าการใส่ปุ๋ยแบบให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำชลประทาน (fertigation) มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาเป็นวิธีการใส่แบบโรยเป็นแถบ และการใส่ปุ๋ยโดยการหว่านมีประสิทธิภาพต่ำสุด (Pierzynski *et al.,* 2000) สำหรับไม้ผลหรือไม้ยืนต้นนั้น Brady และ Weil (2008) เสนอแนะว่าการจัดการใส่ปุ๋ยเฉพาะแต่ละต้นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีการใส่ปุ๋ยรอบทรงพุ่มห่างจากโคนต้นประมาณ 1 เมตร สำหรับวิธีใส่ให้ขุดหลุมเล็กรอบๆ ต้นไม้หลายๆ หลุม ภายในทรงพุ่มที่มีรากแผ่กระจายอยู่มาก แล้วใส่ปุ๋ยฝังกลบลึกถึงส่วนบนของดินชั้นล่าง

การใส่ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมันในภาคใต้ของประเทศไทยส่วนใหญ่มีการใส่โดยหว่าน หรือโรยเป็นแถบรอบๆ โคนต้น บางกรณีเมื่อปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (อายุมากกว่า 8 ปี) อาจมีการใส่โดยโรยเป็นแถบระหว่างแถว ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้มีการสูญเสียปุ๋ยได้ง่ายจากการระเหิดหรือจากการชะล้างของน้ำ เนื่องจากมีปริมาณฝนตกมากในภาคใต้ และในบางบริเวณที่เป็นพื้นที่ลาดชันมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การสูญเสียของปุ๋ยจากการชะล้างมีสูงมาก โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกมากๆ หลังจากการใส่ปุ๋ยเสร็จไม่นาน ดังนั้นจึงควรมีการทดลองถึงประสิทธิภาพของวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ โดยเฉพาะการใส่โดยขุดหลุมฝังหรือการหว่านปุ๋ยแล้วผสมคลุกเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ได้ข้อมูลอันนำไปสู่วิธีการใส่ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน
- เพื่อประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ

3. วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) มีวิธีการใส่ปุ๋ย 5 วิธี (ทรีทเม้นต์) และ 3 ซ้ำ (replication) โดยกำหนดอัตราปุ๋ยที่ใช้ ดังนี้

21-0-0	อัตรา	3,000 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
18-46-0	อัตรา	1,000 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
0-0-60	อัตรา	2,500 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง

T1 : ใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด โดยวิธีการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่ม

T2 : ใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด โดยวิธีฝังเป็นแถบ มีความกว้าง 30 ซม. ความลึก 15 ซม. และฝังกลบตามรัศมีรอบต้น บริเวณกึ่งกลางทางใบ

T3 : ใส่ปุ๋ยอัตรา 70% ของ T2 โดยวิธีฝังเป็นแถบเหมือน T2

T4 : ใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด โดยฝังเป็นหลุม 4 หลุม ความลึก 15 ซม. และฝังกลบตามรัศมีรอบต้น บริเวณกึ่งกลางทางใบ

T5 : ใส่ปุ๋ยอัตรา 70% ของ T4 โดยวิธีฝังเป็นหลุมเหมือน T4

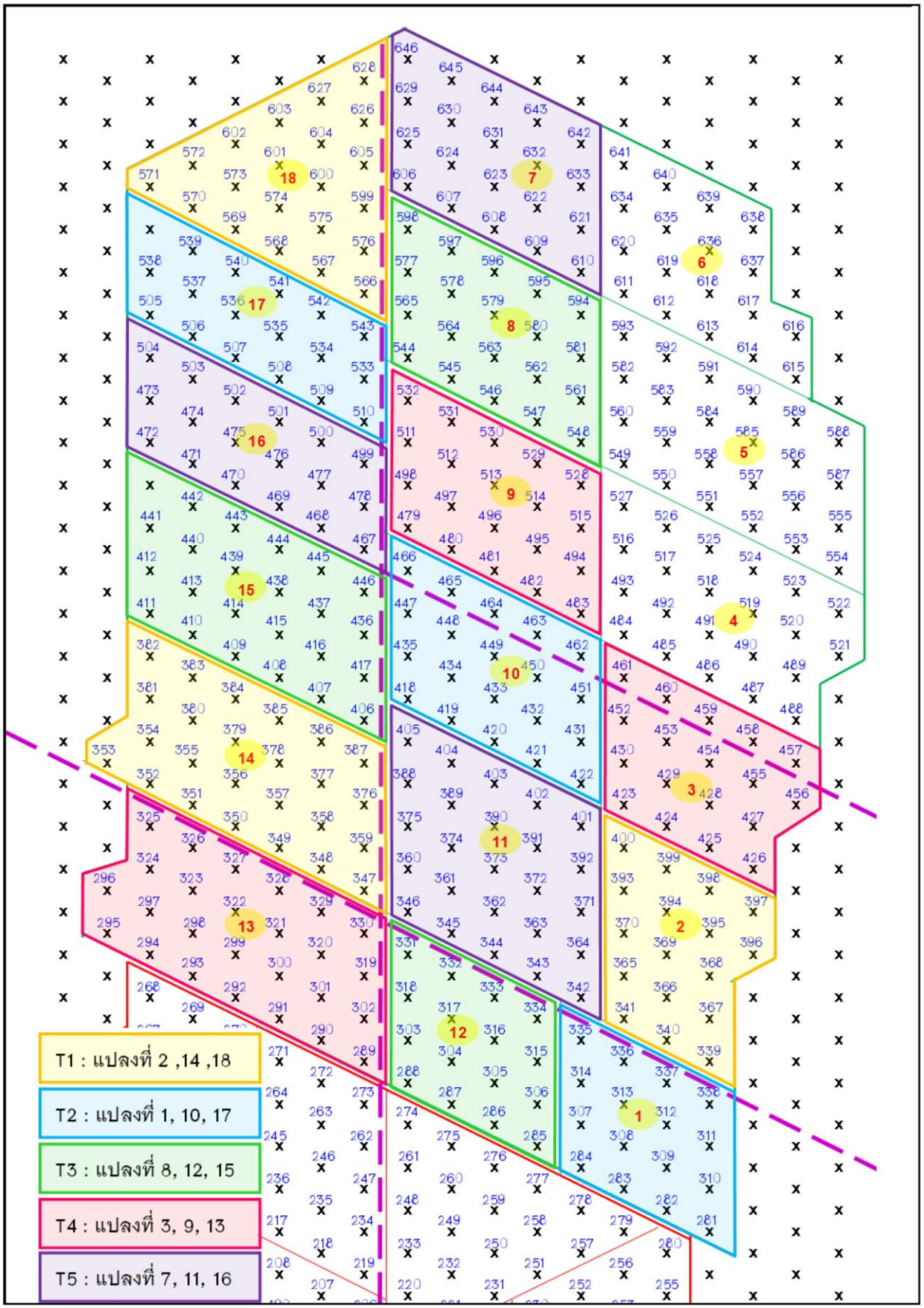
การหว่านปุ๋ยกระจายรอบทรงพุ่ม

การฝังปุ๋ยเป็นแถบ กว้าง 30 ซม. ลึก 15 ซม. และฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ

การฝังปุ๋ยเป็นหลุม 4 หลุม ลึก 15 ซม. และฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ

ตารางที่ 1 แสดงสิ่งทดลองและหมายเลขต้นที่ศึกษา

วิธีการทดลอง	ซ้ำที่	หมายเลขแปลง	หมายเลขต้นที่เก็บข้อมูล
T1	R1	2	339, 340, 341, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400
	R2	14	347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387
	R3	18	566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 626, 627, 628
T2	R1	1	281, 282, 283, 284, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 335, 336, 337, 338
	R2	10	418, 419, 420, 421, 422, 431, 432, 433, 434, 435, 447, 448, 449, 450, 451, 462, 463, 464, 465, 466
	R3	17	505, 506, 507, 508, 509, 510, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543
T3	R1	8	544, 545, 546, 547, 548, 561, 562, 563, 564, 565, 577, 578, 579, 580, 581, 594, 595, 596, 597, 598
	R2	12	285, 286, 287, 288, 303, 304, 305, 306, 315, 316, 317, 318, 331, 332, 333, 334
	R3	15	406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446
T4	R1	3	423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461
	R2	9	479, 480, 481, 482, 483, 494, 495, 496, 497, 498, 511, 512, 513, 514, 515, 528, 529, 530, 531, 532
	R3	13	289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330
T5	R1	7	606, 607, 608, 609, 610, 621, 622, 623, 624, 625, 629, 630, 631, 632, 633, 642, 643, 644, 645, 646,
	R2	11	342, 343, 344, 345, 346, 360, 361, 362, 363, 364, 371, 372, 373, 374, 375, 388, 389, 390, 391, 392, 401, 402, 403, 404, 405
	R3	16	467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 499, 500, 501, 502, 503, 504



แผนผังแปลงทดลองโครงการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยจากวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ

4. ผลการทดลอง

4.1 สมบัติดินของแปลงทดลอง

จากการทดลองได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในทุกแปลงทดลองย่อย ใน 4 ระดับความลึก คือ 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร พบว่าดินค่อนข้างจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นเหมืองเก่า พื้นที่มีการถูกรบกวนทำให้มีความแตกต่างกับลักษณะดินทั่วไป

- **ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH)** พบว่าในทุกระดับความลึกมีค่า pH ใกล้เคียงกัน และทุกแปลงไม่มีความแตกต่างของ pH มากนัก โดยค่า pH จะอยู่ในช่วง 5-6 ซึ่งค่อนข้างสูงสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจำเป็นต้องมีความระมัดระวังในการใส่ปูนหรือโดโลไมท์ เนื่องจากปาล์มน้ำมันต้องการ pH ในช่วง 4.5-5.5 ดังนั้นการใส่ปูนหรือโดโลไมท์อาจมีผลทำให้ค่าของ pH สูงขึ้นได้
- **โครงสร้างของเนื้อดิน (Texture)** พบว่าดินมีเปอร์เซ็นต์ของทรายสูง (มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์) ในทุกระดับความลึก โดยเฉพาะบางแปลงทดลองมีเปอร์เซ็นต์ของทรายสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ โดยดินส่วนใหญ่เป็น Sandy loam และ Sandy clay loam
- **อินทรียวัตถุในดิน** ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันควรมีค่า Organic C อยู่ระหว่าง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ หากมีค่าต่ำกว่า 1.2 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าเป็นดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่าดินส่วนใหญ่จะมีค่า Organic C ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์
- **ปริมาณธาตุอาหารในดิน** (ตารางที่ 2)
  - ไนโตรเจน : ปริมาณไนโตรเจนในดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน ควรอยู่ในช่วง 0.15-0.25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของทุกแปลงการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีระดับต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (ต่ำกว่า 0.8 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังพบว่าในทุกระดับความลึกของดินมีปริมาณไนโตรเจนในระดับใกล้เคียงกัน
  - ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ : ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน ควรมีค่า 20-25 mg/kg จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่าทุกแปลงทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม โดยแปลงที่มีค่าสูงสุดจะมีค่าเพียง 11.24 mg/kg (แปลงที่ 1 ความลึก 0-15 เซนติเมตร) และ 11.41 mg/kg (แปลงที่ 5 ความลึก 0-15 เซนติเมตร) ส่วนแปลงอื่นๆ ดินส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (ต่ำกว่า 8 mg/kg)
  - โพแทสเซียม : ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าระหว่าง 0.25-0.30 meq/100g soil จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่า แปลงทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่ต่ำ บางแปลงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก โดยมีค่าต่ำกว่า 0.08 meq/100g soil
  - แมกนีเซียม : ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน จะมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าระหว่าง 0.25-0.30 meq/100g soil จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่า แปลงทดลองมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่ต่ำ

จากการวิเคราะห์โครงสร้างดินและปริมาณธาตุอาหารในพื้นที่ทดลอง พบว่า ดินไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้นหากจะมีการปลูกปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องมีการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารอย่างต่อเนื่องและเพียงพอ นอกจากนั้นวิธีการใส่ปุ๋ยจะต้องมีความเหมาะสมกับโครงสร้างของดินดังกล่าวด้วย

ตารางที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	PERCENT			Bray II (mg/kg)	meq/100g soil		mg/kg	NH_4OAc Extract (meq/100g soil)			
		Total N	O.M.	O.C.	Available P	Acidity	Al	Available S	K	Na	Ca	Mg
1	0-15	0.08	2.18	1.27	11.24	0.68	0.59	27.89	0.31	0.02	0.74	0.35
	15-30	0.05	1.13	0.66	10.04	1.10	0.96	40.19	0.34	0.02	0.31	0.23
	30-50	0.04	0.64	0.37	8.22	1.14	1.01	28.37	0.28	0.02	0.12	0.11
	50-100	0.04	0.81	0.47	5.74	1.32	1.21	3.05	0.20	0.01	0.14	0.12
2	0-15	0.05	1.30	0.75	5.19	1.09	0.94	7.89	0.20	0.01	0.21	0.20
	15-30	0.05	1.00	0.58	4.63	0.77	0.71	28.56	0.17	0.01	0.05	0.05
	30-50	0.04	0.73	0.42	5.83	0.56	0.46	59.77	0.10	0.01	0.01	0.01
	50-100	0.03	0.52	0.30	4.26	0.51	0.45	91.45	0.06	0.01	0.02	0.02
3	0-15	0.08	1.91	1.11	8.17	0.86	0.75	3.37	0.32	0.01	0.15	0.18
	15-30	0.06	1.23	0.72	7.74	0.64	0.56	12.88	0.36	0.01	0.06	0.06
	30-50	0.06	1.21	0.70	9.35	0.74	0.67	30.70	0.20	0.01	0.01	0.02
	50-100	0.06	1.02	0.59	5.46	0.75	0.67	3.03	0.13	0.01	0.01	0.01
4	0-15	0.08	2.06	1.20	9.28	1.08	1.01	3.01	0.18	0.02	0.14	0.09
	15-30	0.06	1.14	0.66	5.88	0.81	0.75	30.85	0.11	0.01	0.08	0.05
	30-50	0.04	0.72	0.42	5.85	0.64	0.58	75.64	0.08	0.01	0.03	0.02
	50-100	0.04	0.71	0.41	8.34	0.50	0.45	80.28	0.07	0.01	0.03	0.01
5	0-15	0.11	2.40	1.39	11.41	1.31	1.11	3.18	0.26	0.01	0.32	0.17
	15-30	0.06	1.36	0.79	6.88	1.33	1.19	3.70	0.12	0.01	0.10	0.02
	30-50	0.05	0.96	0.56	7.25	1.09	0.95	3.58	0.09	0.01	0.07	0.02
	50-100	0.06	1.10	0.64	9.26	1.11	1.04	3.29	0.07	0.01	0.09	0.02
6	0-15	0.05	1.22	0.71	9.57	1.55	1.36	31.99	0.10	0.02	0.14	0.05
	15-30	0.03	1.07	0.62	6.38	1.98	1.84	53.85	0.06	0.01	0.11	0.04
	30-50	0.01	0.62	0.36	4.87	2.18	1.97	67.24	0.05	0.01	0.08	0.03
	50-100	0.07	0.07	0.04	3.25	2.78	2.41	76.47	0.04	0.01	0.11	0.05
7	0-15	0.07	1.65	0.96	8.00	1.33	1.26	7.84	0.15	0.01	0.16	0.06
	15-30	0.06	1.07	0.62	6.06	1.15	1.07	3.68	0.09	0.01	0.08	0.04
	30-50	0.07	0.90	0.53	5.87	1.02	0.90	6.19	0.09	0.01	0.08	0.03
	50-100	0.07	1.41	0.82	8.03	0.98	0.82	5.60	0.13	0.01	0.28	0.11
8	0-15	0.05	1.69	0.98	4.96	0.97	0.85	28.22	0.13	0.01	0.19	0.12
	15-30	0.04	0.66	0.38	4.37	0.41	0.31	76.11	0.06	0.01	0.06	0.04
	30-50	0.04	0.50	0.29	9.69	0.38	0.28	84.02	0.05	0.01	0.06	0.03
	50-100	0.03	0.42	0.24	5.55	0.35	0.28	81.01	0.06	0.01	0.04	0.02
9	0-15	0.06	1.39	0.81	4.84	0.30	0.20	97.70	0.33	0.01	0.26	0.23
	15-30	0.03	0.49	0.28	4.17	0.24	0.20	125.63	0.13	0.01	0.08	0.05
	30-50	0.02	0.30	0.17	4.37	0.21	0.18	130.77	0.12	0.01	0.11	0.05
	50-100	0.02	0.27	0.16	4.61	0.39	0.29	119.30	0.06	0.01	0.08	0.03

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	PERCENT			Bray II (mg/kg)	meq/100g soil		mg/kg	NH_4OAc Extract (meq/100g soil)			
		Total N	O.M.	O.C.	Available P	Acidity	Al	Available S	K	Na	Ca	Mg
10	0-15	0.10	2.17	1.26	7.51	0.40	0.29	5.60	0.21	0.01	0.48	0.40
	15-30	0.07	1.46	0.85	4.83	0.53	0.43	14.55	0.30	0.01	0.08	0.11
	30-50	0.06	1.19	0.69	4.66	0.69	0.58	29.98	0.26	0.01	0.03	0.03
	50-100	0.04	0.82	0.48	4.49	0.44	0.36	31.12	0.15	0.01	0.03	0.02
11	0-15	0.06	1.08	0.63	4.68	0.77	0.66	63.74	0.19	0.01	0.10	0.10
	15-30	0.04	0.64	0.37	5.05	0.38	0.37	86.76	0.15	0.01	0.05	0.05
	30-50	0.04	0.62	0.36	5.34	0.38	0.29	94.91	0.10	<0.01	0.04	0.02
	50-100	0.04	0.63	0.37	4.72	0.36	0.32	85.64	0.07	0.01	0.07	0.02
12	0-15	0.09	1.99	1.16	5.94	0.54	0.46	15.15	0.34	0.02	0.27	0.28
	15-30	0.06	1.18	0.67	4.90	0.83	0.70	61.54	0.22	0.02	0.05	0.07
	30-50	0.05	0.85	0.49	5.34	0.65	0.55	63.65	0.17	0.02	0.03	0.03
	50-100	0.05	0.75	0.44	5.05	0.48	0.35	63.73	0.07	0.01	0.02	0.02
13	0-15	0.06	1.36	0.79	5.74	0.38	0.24	55.36	0.32	0.01	0.17	0.12
	15-30	0.05	0.96	0.56	5.41	0.67	0.54	42.21	0.13	0.01	0.06	0.02
	30-50	0.05	0.91	0.53	5.63	0.67	0.54	43.58	0.07	<0.01	0.05	0.02
	50-100	0.05	0.97	0.57	3.98	0.77	0.63	38.54	0.07	<0.01	0.05	0.02
14	0-15	0.05	0.93	0.54	4.45	0.54	0.46	28.50	0.09	0.01	0.07	0.04
	15-30	0.04	0.69	0.40	5.19	0.47	0.38	50.62	0.04	<0.01	0.05	0.03
	30-50	0.04	0.69	0.40	5.53	0.40	0.33	32.71	0.05	0.01	0.05	0.02
	50-100	0.03	0.71	0.41	6.42	0.41	0.34	30.73	0.03	0.01	0.04	0.02
15	0-15	0.06	1.42	0.83	5.35	0.54	0.40	37.45	0.18	0.01	0.18	0.12
	15-30	0.03	0.49	0.28	5.22	0.51	0.43	26.57	0.04	<0.01	0.05	0.04
	30-50	0.02	0.26	0.15	6.63	0.23	0.19	22.12	0.02	<0.01	0.03	0.02
	50-100	0.05	0.89	0.52	7.27	0.47	0.34	53.41	0.06	<0.01	0.06	0.04
16	0-15	0.05	1.44	0.84	7.19	0.85	0.45	38.17	0.36	0.01	0.23	0.22
	15-30	0.02	0.50	0.29	4.64	0.67	0.54	59.91	0.25	0.01	0.10	0.06
	30-50	0.01	0.23	0.14	4.10	1.27	1.12	44.30	0.17	<0.01	0.07	0.03
	50-100	0.01	0.12	0.07	7.84	1.54	1.34	53.90	0.10	<0.01	0.06	0.03
17	0-15	0.04	0.85	0.49	6.29	0.19	0.09	47.61	0.53	0.01	0.53	0.22
	15-30	0.01	0.21	0.12	4.93	0.71	0.57	54.14	0.19	<0.01	0.26	0.05
	30-50	0.02	0.33	0.19	4.11	1.08	0.92	42.76	0.21	0.01	0.14	0.05
	50-100	0.01	0.16	0.09	4.13	1.64	1.34	48.86	0.06	<0.01	0.10	0.04
18	0-15	0.06	1.41	0.82	7.26	0.50	0.37	12.04	0.15	0.01	0.32	0.14
	15-30	0.04	0.83	0.48	5.36	0.39	0.28	14.96	0.07	0.01	0.33	0.06
	30-50	0.05	0.77	0.15	4.63	0.26	0.20	34.72	0.11	0.01	0.83	0.09
	50-100	0.03	0.44	0.26	4.31	0.06	0.04	48.08	0.06	0.01	1.32	0.07

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	meq/100g	1:5 H_2O		PARTICLE SIZE			TEXTURE
		CEC	pH	Ec (µS/cm)	% CLAY	% SILT	% SAND	
1	0-15	4.62	5.62	3.50	23.41	18.94	57.64	SANDY CLAY LOAM
	15-30	4.55	5.42	3.40	24.40	21.30	54.30	SANDY CLAY LOAM
	30-50	4.13	5.98	2.10	20.41	23.10	56.49	SANDY CLAY LOAM
	50-100	3.73	5.53	1.40	20.92	21.42	57.66	SANDY CLAY LOAM
2	0-15	3.07	5.47	2.40	17.37	13.25	69.38	SANDY LOAM
	15-30	3.29	5.86	1.20	20.03	11.35	65.61	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.06	5.82	0.90	25.39	11.68	62.93	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.27	5.64	2.50	21.15	11.93	66.93	SANDY CLAY LOAM
3	0-15	4.48	5.74	2.20	21.21	10.20	68.59	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.72	5.63	1.40	21.89	10.68	67.43	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.61	5.75	1.00	23.30	11.14	65.56	SANDY CLAY LOAM
	50-100	3.65	5.32	3.20	23.52	11.55	64.92	SANDY CLAY LOAM
4	0-15	3.79	5.62	1.90	18.72	10.04	71.24	SANDY LOAM
	15-30	2.50	5.72	1.10	22.25	8.36	69.39	SANDY CLAY LOAM
	30-50	2.70	5.59	1.50	24.38	9.97	65.64	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.94	5.55	1.60	24.28	10.13	65.59	SANDY CLAY LOAM
5	0-15	4.07	5.61	1.90	12.69	11.88	75.44	SANDY LOAM
	15-30	3.76	5.50	1.50	12.39	9.30	78.31	SANDY LOAM
	30-50	3.10	5.46	1.20	12.14	7.88	79.98	SANDY LOAM
	50-100	3.11	5.59	1.20	12.64	7.25	80.11	SANDY LOAM
6	0-15	3.14	5.58	2.00	14.06	23.67	62.26	SANDY LOAM
	15-30	3.96	5.44	1.60	14.71	23.89	61.41	SANDY LOAM
	30-50	3.45	5.41	1.50	15.67	26.01	58.31	SANDY LOAM
	50-100	3.92	5.41	1.20	16.54	33.18	50.28	LOAM
7	0-15	3.54	5.77	1.30	14.81	8.00	77.19	SANDY LOAM
	15-30	3.07	5.47	1.40	15.83	6.77	77.40	SANDY LOAM
	30-50	2.55	5.52	1.20	15.93	7.13	76.94	SANDY LOAM
	50-100	3.70	5.80	1.20	15.24	8.17	76.60	SANDY LOAM
8	0-15	3.10	5.44	1.60	20.71	7.12	72.17	SANDY CLAY LOAM
	15-30	2.10	5.37	1.40	25.96	6.92	67.12	SANDY CLAY LOAM
	30-50	1.95	5.12	3.50	25.14	8.33	66.53	SANDY CLAY LOAM
	50-100	1.96	4.92	4.60	22.24	9.84	67.91	SANDY CLAY LOAM
9	0-15	2.83	5.48	0.70	23.18	10.95	65.87	SANDY CLAY LOAM
	15-30	1.96	5.51	2.20	23.90	8.89	67.21	SANDY CLAY LOAM
	30-50	1.66	5.36	3.50	26.10	9.90	64.01	SANDY CLAY LOAM
	50-100	1.56	5.25	2.10	23.27	10.92	65.81	SANDY CLAY LOAM

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	meq/100g	1:5 H_2O		PARTICLE SIZE			TEXTURE
		CEC	pH	Ec (µS/cm)	% CLAY	% SILT	% SAND	
10	0-15	4.25	5.73	2.20	21.49	9.76	68.75	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.32	5.88	1.70	24.73	8.83	66.44	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.27	5.86	1.40	22.99	8.66	68.35	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.37	6.02	0.90	22.76	9.14	68.11	SANDY CLAY LOAM
11	0-15	3.05	5.57	2.10	26.85	11.95	61.20	SANDY CLAY LOAM
	15-30	2.05	5.94	1.00	24.93	15.14	59.92	SANDY CLAY LOAM
	30-50	2.45	5.72	1.20	22.47	16.32	61.21	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.31	5.27	1.60	23.84	14.52	61.64	SANDY CLAY LOAM
12	0-15	3.51	5.69	3.10	22.51	12.95	64.53	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.78	5.48	2.10	25.54	14.89	59.58	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.53	5.56	1.50	27.58	14.88	57.54	SANDY CLAY LOAM
	50-100	3.03	5.13	2.00	28.31	14.24	57.45	SANDY CLAY LOAM
13	0-15	3.76	5.80	2.10	23.81	16.20	60.00	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.22	5.81	1.30	23.66	14.33	62.01	SANDY CLAY LOAM
	30-50	2.87	5.99	1.10	26.00	12.36	61.64	SANDY CLAY LOAM
	50-100	4.60	4.99	2.40	26.80	16.32	56.88	SANDY CLAY LOAM
14	0-15	1.56	5.82	1.80	17.48	10.98	71.54	SANDY LOAM
	15-30	1.69	5.55	1.10	19.26	10.92	69.82	SANDY LOAM
	30-50	1.47	5.57	1.50	19.52	10.53	69.95	SANDY LOAM
	50-100	2.19	5.49	1.30	18.24	11.74	70.02	SANDY LOAM
15	0-15	2.37	6.45	1.90	19.51	10.33	70.15	SANDY LOAM
	15-30	1.12	6.47	1.00	14.25	12.02	73.73	SANDY LOAM
	30-50	0.64	5.98	0.90	10.99	9.85	79.15	SANDY LOAM
	50-100	2.29	5.51	1.90	20.25	11.28	68.48	SANDY CLAY LOAM
16	0-15	3.17	5.65	3.30	17.50	16.20	66.30	SANDY LOAM
	15-30	1.63	5.76	2.30	17.04	14.49	68.47	SANDY LOAM
	30-50	1.95	5.72	1.30	15.02	17.49	67.48	SANDY LOAM
	50-100	1.37	5.91	1.40	17.34	24.40	58.26	SANDY LOAM
17	0-15	2.55	5.88	3.20	20.71	19.18	60.11	SANDY CLAY LOAM
	15-30	1.96	5.43	2.70	22.56	21.05	56.39	SANDY CLAY LOAM
	30-50	1.96	5.37	1.90	22.69	23.41	53.90	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.02	5.34	1.70	22.26	26.47	51.28	SANDY CLAY LOAM
18	0-15	2.32	5.82	1.40	16.51	12.56	70.93	SANDY LOAM
	15-30	1.99	5.86	1.20	17.68	12.28	70.04	SANDY LOAM
	30-50	4.14	6.45	1.30	24.53	20.20	55.27	SANDY CLAY LOAM
	50-100	2.63	5.60	2.20	24.24	27.15	48.62	SANDY CLAY LOAM

4.2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ได้แก่ น้ำหนักทะลายสด ส่วนองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนทะลายและน้ำหนัก 1 ทะลาย การเก็บข้อมูลผลผลิตจะทำการบันทึกน้ำหนักและจำนวนทะลายเป็นรายต้น (ตามหมายเลขต้น) แล้วหาน้ำหนักและจำนวนทะลายเฉลี่ยเป็นรายต้น โดยการชั่งน้ำหนักทะลายและนับจำนวนทะลายทุกๆ 15 วัน ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลผลผลิตในระหว่างเดือนมกราคม 2556 ถึง เดือนธันวาคม 2559 (ปาล์มน้ำมันอายุ 4-7 ปี) และรวบรวมข้อมูลเป็นน้ำหนักทะลาย จำนวนทะลาย และขนาดทะลาย เป็นข้อมูลรายต้นต่อปี

1) น้ำหนักทะลาย

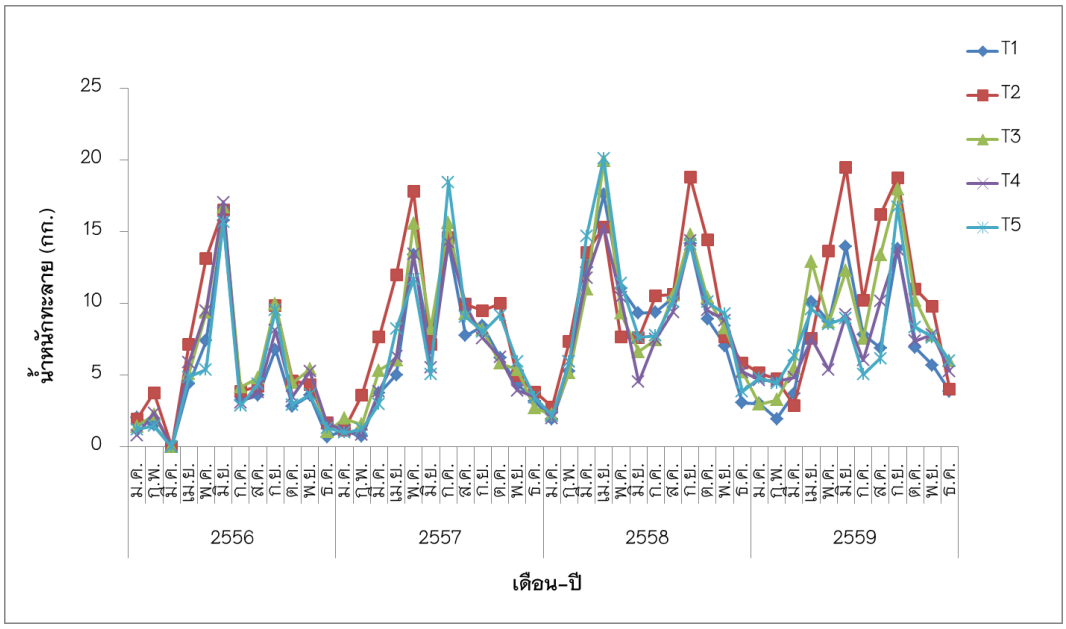
จากการเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมันต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 ปี (ปี 2556-2559) พบว่า การใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังเป็นแถบ มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความลึก 15 เซนติเมตร และฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ (T2) ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 418.65 กิโลกรัม/ต้น/4 ปี หรือเท่ากับ 104.66 กิโลกรัม/ต้น/ปี (2,302.58 กิโลกรัม/ไร่/ปี) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่ม (T1) จะให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 323.86 กิโลกรัม/ต้น/ 4 ปี หรือเท่ากับ 80.97 กิโลกรัม/ต้น/ปี (1,781.23 กิโลกรัม/ไร่/ปี) (ตารางที่ 3)

การให้ผลผลิตทะลายเฉลี่ยของทุกวิธีการใส่ปุ๋ย (ทรีทเม้นต์) ในช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุต่างกัน พบว่า ช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี (ปี 2556) จะมีผลผลิตเฉลี่ย 60.33 กิโลกรัม/ต้น มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 84.69 กิโลกรัม/ต้น เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี (ปี 2557) และเพิ่มเป็น 112.53 กิโลกรัม/ต้น เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี (ปี 2558) แต่เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี (ปี 2559) พบว่าผลผลิตทะลายเฉลี่ยของทุกทรีทเมนต์ ลดลงจาก 112.53 กิโลกรัม/ต้น เป็น 99.51 กิโลกรัม/ต้น เมื่อพิจารณาในแต่ละวิธีการใส่ปุ๋ยพบว่า T2 และ T3 ซึ่งมีรูปแบบของการใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังปุ๋ยเป็นแถบรอบทรงพุ่มนั้น ผลผลิตของปาล์มน้ำมันไม่ลดลง ในขณะที่ T1, T4 และ T5 ซึ่งมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่มและการขุดหลุมฝังกลบตามรัศมีรอบต้น พบว่าผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลง นอกจากนั้นยังพบว่าการใส่ปุ๋ยโดยการฝังเป็นแถบและขุดหลุมฝังกลบในอัตราปุ๋ยเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปุ๋ยโดยวิธีการหว่านและขุดหลุมฝังกลบ ยังทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยโดยการหว่านและขุดหลุมฝังกลบ (รูปที่ 1, 2)

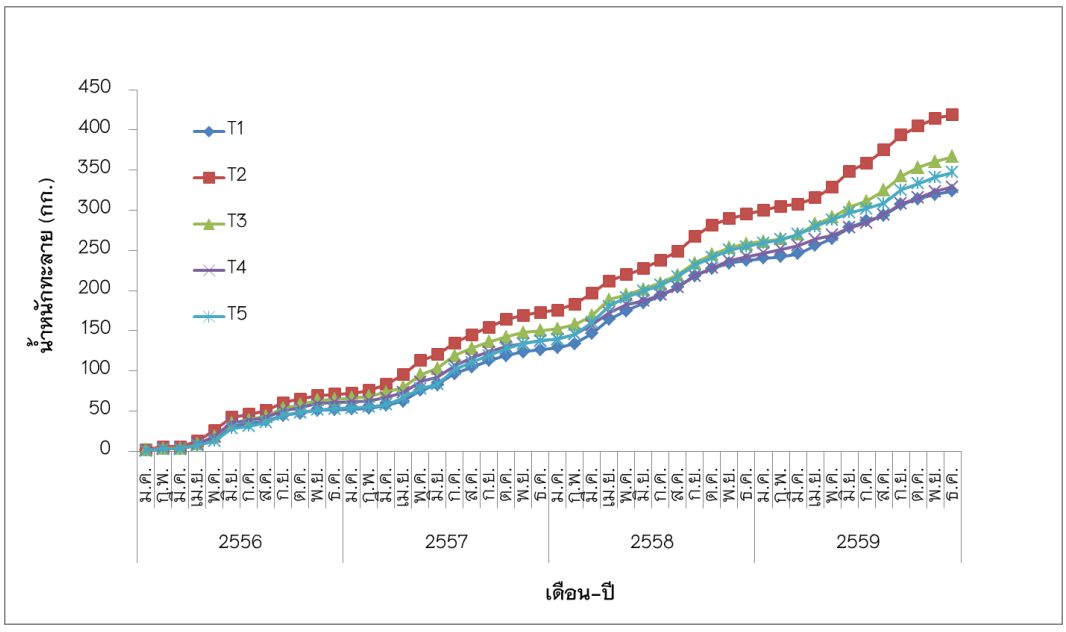
สำหรับการลดลงของผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันในปี 2559 นั้น เกิดจากปริมาณธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันได้รับไม่เพียงพอ เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกันตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ประกอบกับมีผลผลิตทะลายปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังเป็นแถบ (T2, T3) ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันยังไม่ลดลง เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีการสะสมธาตุอาหารที่มากกว่า และการใส่ปุ๋ยโดยวิธีดังกล่าวยังสามารถลดการสูญเสียธาตุอาหารที่ใส่ให้กับปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 3 น้ำหนักทะลาย (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				รวม 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	51.73 ± 11.96	75.00 ± 4.15	110.63 ± 6.36	86.50 ± 17.66	323.86
T2	71.01 ± 30.92	102.12 ± 28.10	122.09 ± 10.67	123.43 ± 27.14	418.65
T3	64.68 ± 16.08	85.67 ± 12.28	108.02 ± 17.35	108.41 ± 13.93	366.78
T4	61.00 ± 11.66	76.44 ± 9.50	104.82 ± 15.16	86.63 ± 6.34	328.89
T5	53.21 ± 8.89	84.23 ± 7.72	117.10 ± 4.65	92.60 ± 6.77	347.14
ค่าเฉลี่ย	60.33 $\pm$ 7.18	84.69 $\pm$ 9.66	112.53 $\pm$ 6.26	99.51 $\pm$ 14.38	357.06 $\pm$ 34.30



รูปที่ 1 น้ำหนักทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 2 น้ำหนักทะลายสะสม 4 ปี (กิโลกรัม/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559

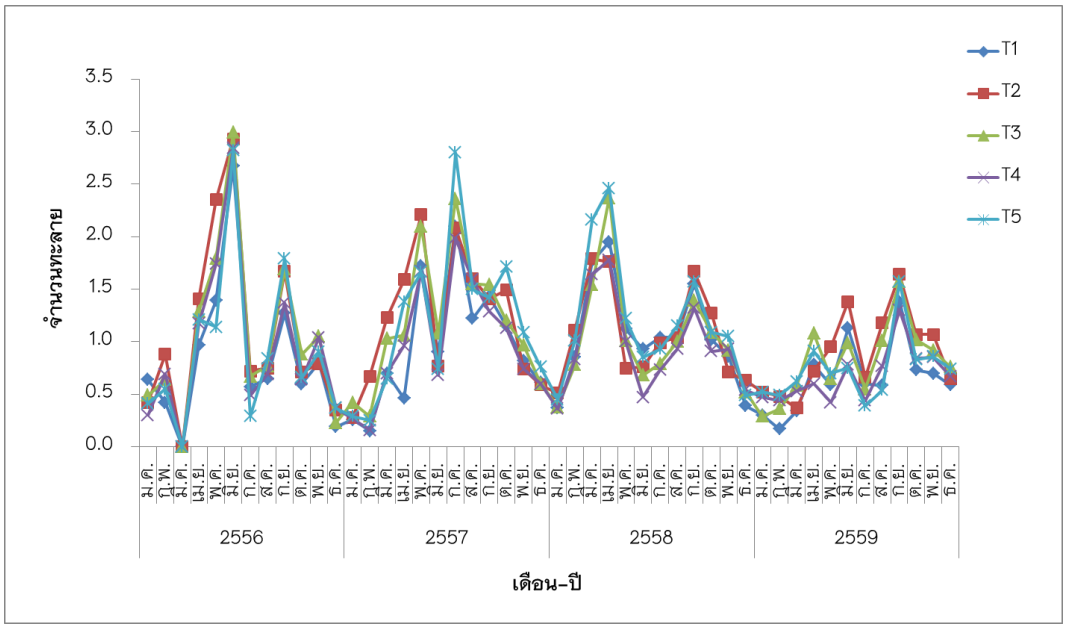
2) จำนวนทะลาย

ในทุกรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน จะมีการนับจำนวนทะลายพร้อมกับการชั่งน้ำหนักทะลาย พบว่า จำนวนทะลายเฉลี่ยของทุกวิธีการใส่ปุ๋ย (ทรีทเม้นต์) ตั้งแต่ปี 2556-2559 รวมระยะเวลา 4 ปี (ปาล์มน้ำมันอายุ 4-7 ปี) ปาล์มน้ำมันมีจำนวนทะลายรวมเฉลี่ย 46.78 ทะลาย/ต้น โดยเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี (ปี 2556) จะมีจำนวนทะลายเฉลี่ย 11.59 ทะลาย/ปี และจำนวนทะลายเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 13.28 ทะลาย/ปี เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี (ปี 2557) แต่เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี (ปี 2558) จำนวนทะลายเฉลี่ยลดลงเหลือ 12.84 ทะลาย/ปี และลดลงจนเหลือ 9.07 ทะลาย/ปี เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี (ปี 2559) แสดงว่าผลจากการตอบสนองของวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่างๆ จะทำให้จำนวนทะลายมีความแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังเป็นแถบและฝังกลบตามรัศมีรอบทรงพุ่ม (T2) จะมีการสร้างจำนวนทะลายมากกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ โดยจำนวนทะลายรวม 4 ปี (ปี 2556-2559) มีจำนวน 51.31 ทะลาย/ต้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ (T1, T3, T4 และ T5) จะมีจำนวนทะลายรวม 4 ปี ระหว่าง 42-48 ทะลาย/ต้น (ตารางที่ 4)

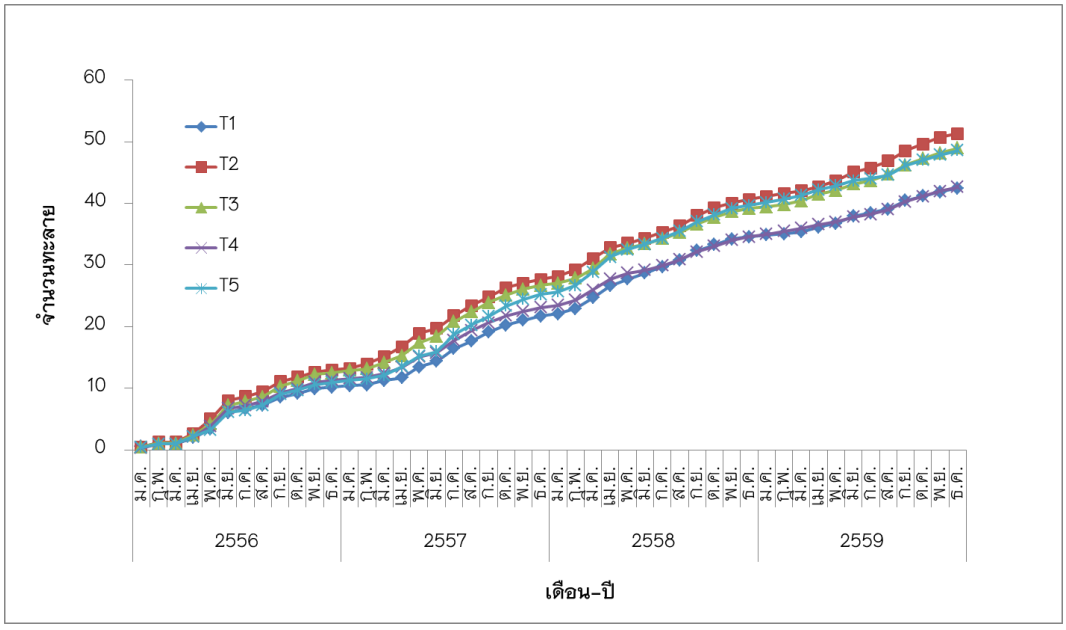
ผลกระทบของปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสร้างทะลายของปาล์มน้ำมัน จะเห็นผลได้ชัดเจนหลังจากปาล์มน้ำมันได้รับปัจจัยดังกล่าวมาแล้วเป็นระยะเวลา 2-3 ปี เนื่องจากการพัฒนาของปาล์มน้ำมันจากตาดอกมาเป็นทะลายจะใช้ระยะเวลานาน จากการทดลองพบว่าในปี 2559 (มีการทดลองมาแล้ว 3 ปี) จำนวนทะลายจากการใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังเป็นแถบ T2 และ T3 มีจำนวน 10.69 และ 9.77 ทะลาย/ต้น มีจำนวนทะลายสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ (T1, T3, T4 และ T5) ซึ่งมีจำนวนทะลายเพียง 7.90-8.91 ทะลาย/ต้น (รูปที่ 3, 4)

ตารางที่ 4 จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				รวม 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	10.15 ± 1.98	11.52 ± 0.13	12.89 ± 1.37	7.90 ± 1.45	42.46
T2	12.98 ± 3.82	14.65 ± 1.89	12.99 ± 1.67	10.69 ± 0.82	51.31
T3	12.49 ± 1.34	14.19 ± 0.80	12.47 ± 1.41	9.77 ± 0.57	48.92
T4	11.33 ± 2.18	11.77 ± 2.11	11.44 ± 1.67	8.10 ± 0.42	42.64
T5	11.00 ± 0.61	14.26 ± 0.38	14.42 ± 1.23	8.91 ± 0.38	48.59
ค่าเฉลี่ย	11.59 $\pm$ 1.02	13.28 $\pm$ 1.34	12.84 $\pm$ 0.96	9.07 $\pm$ 1.04	46.78 $\pm$ 3.58



รูปที่ 3 จำนวนทะลายรายเดือน (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 4 จำนวนทะลายสะสม 4 ปี (ทะลาย/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559

3) น้ำหนัก 1 ทะลาย

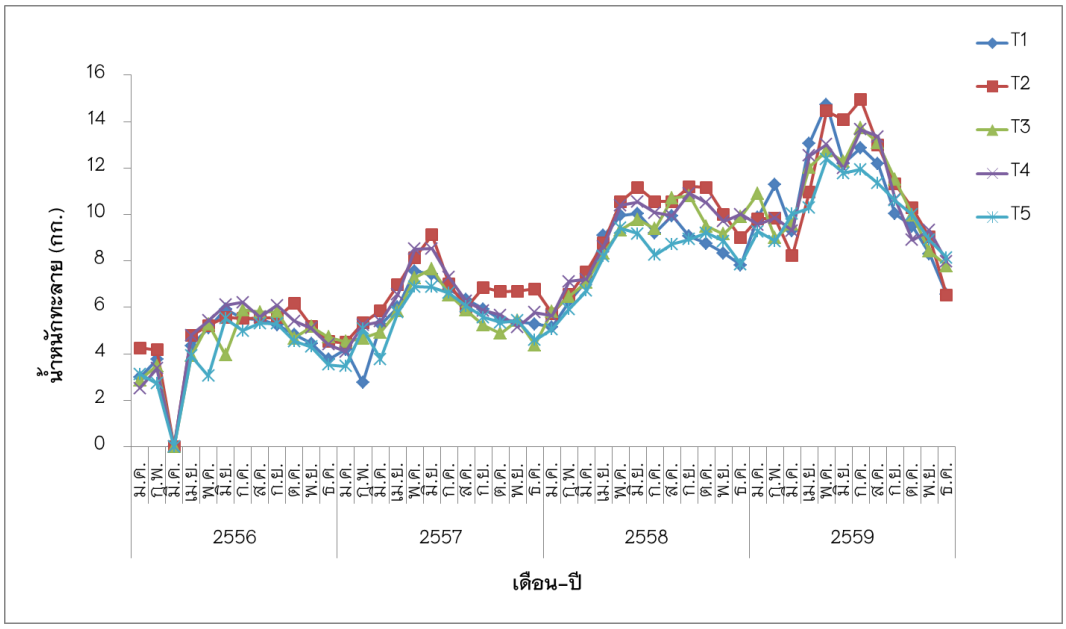
น้ำหนัก 1 ทะลาย จะบอกถึงขนาดของทะลายปาล์มน้ำมัน หากน้ำหนัก 1 ทะลายมาก แสดงว่าทะลายมีขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้ามหากทะลายมีขนาดเล็กจะมีน้ำหนัก 1 ทะลายน้อย โดยข้อมูลของน้ำหนัก 1 ทะลาย จะได้จากสัดส่วนของน้ำหนักทะลายกับจำนวนทะลายที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลของปาล์มน้ำมันแต่ละต้นที่เก็บตัวอย่าง เช่นเดียวกับข้อมูลของน้ำหนักทะลายและข้อมูลของจำนวนทะลาย

จากการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 1 ทะลาย ในแต่ละวิธีการใส่ปุ๋ย (ทรีทเม้นต์) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยน้ำหนัก 1 ทะลาย ในปีที่ 4 (ปี 2556) มีน้ำหนัก 5.14 กิโลกรัม/ทะลาย และเพิ่มขึ้นเป็น 6.37, 8.83 และ 10.90 กิโลกรัม/ทะลาย ในปีที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ (ปี 2557-2559) (ตารางที่ 5)

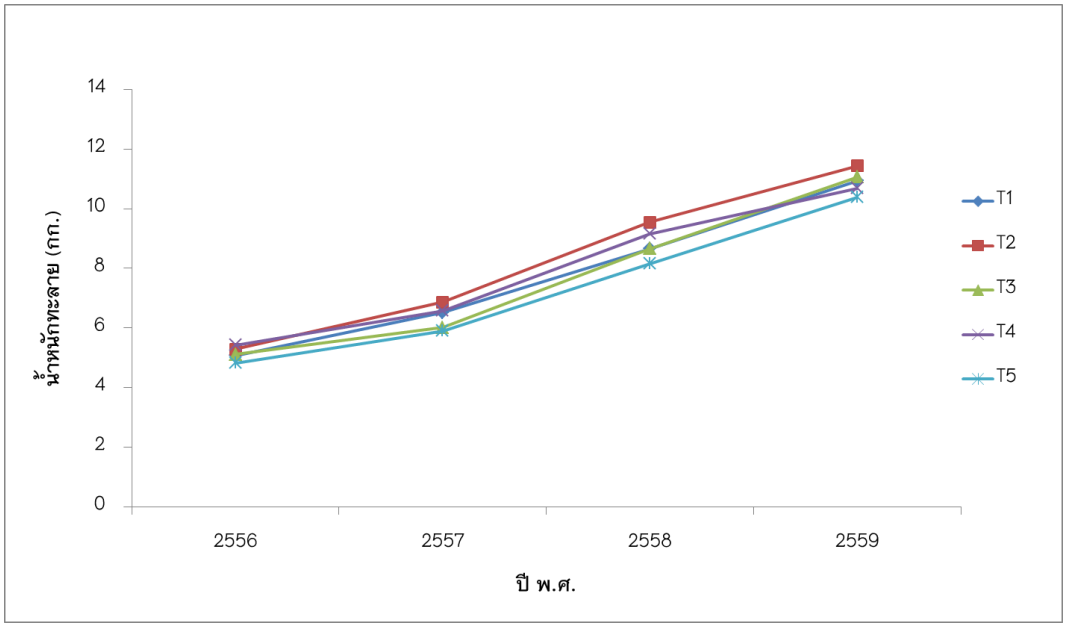
ปัจจัยภายนอกจะมีผลต่อขนาดทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงที่มีการพัฒนาทะลายเท่านั้น โดยพบว่าในรอบปีของปาล์มน้ำมันต้นเดียวกันจะมีน้ำหนัก 1 ทะลายไม่เท่ากัน โดยทะลายที่พัฒนาในช่วงที่ต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณธาตุอาหารสูง เช่น ทะลายชุดแรก (มีการสะสมธาตุอาหารในต้นปาล์มน้ำมันมาก) จะมีขนาดทะลายใหญ่กว่าทะลายชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ซึ่งทะลายปาล์มน้ำมันที่เกิดและพัฒนาในช่วงฤดูฝนจะมีขนาดทะลายใหญ่กว่าทะลายที่เกิดและพัฒนาในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนั้นการได้รับปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอและต่อเนื่อง จะมีผลต่อขนาดทะลายปาล์มน้ำมันเช่นกัน จากข้อมูลค่าเฉลี่ยของขนาดทะลายปาล์มน้ำมัน ในระหว่างปี 2556-2559 พบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังเป็นแถบแบบ T2 จะมีขนาดทะลายเฉลี่ย 4 ปี (ปาล์มอายุ 4-7 ปี) เท่ากับ 8.28 กิโลกรัม/ทะลาย ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ นอกจากนั้นยังพบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังเป็นแถบแบบ T2 ยังทำให้ขนาดทะลายมีอัตราการเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธี T2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ (รูปที่ 5, 6)

ตารางที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลาย (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				ค่าเฉลี่ย 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	5.07 ± 0.44	6.51 ± 0.33	8.65 ± 0.77	10.94 ± 0.57	7.79
T2	5.29 ± 0.96	6.86 ± 0.99	9.54 ± 1.46	11.44 ± 1.71	8.28
T3	5.11 ± 0.71	6.01 ± 0.52	8.65 ± 0.91	11.06 ± 0.85	7.71
T4	5.42 ± 0.53	6.57 ± 0.43	9.16 ± 0.36	10.68 ± 0.25	7.96
T5	4.82 ± 0.60	5.90 ± 0.40	8.16 ± 0.43	10.38 ± 0.41	7.32
ค่าเฉลี่ย	5.14 ± 0.20	6.37 ± 0.36	8.83 ± 0.47	10.90 ± 0.36	7.81 ± 0.32



รูปที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 6 น้ำหนัก 1 ทะลายเฉลี่ยรายปี (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559

4.3 ปริมาณธาตุอาหารในใบ

ปริมาณธาตุอาหารในใบของปาล์มน้ำมันจะเป็นตัวบ่งบอกว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ไปเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องหรือไม่ โดยปริมาณธาตุอาหารในใบจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันได้รับ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในใบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยและชนิดปุ๋ยที่ใส่ วิธีการใส่ ช่วงเวลาที่ใส่ และปัจจัยที่ส่งเสริมการดูดธาตุอาหาร เช่น สมบัติของดิน ความชื้น เป็นต้น ส่วนปัจจัยที่ 2 ผลผลิตหรือจำนวนทะลายที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไปจากต้นปาล์มน้ำมัน เนื่องจากทะลายปาล์มน้ำมันมีปริมาณธาตุอาหารจำนวนมาก เมื่อมีการเก็บเกี่ยวทะลายออกไปก็เท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารออกไปด้วย ดังนั้นถ้าปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตมากก็จะถูกนำธาตุอาหารออกไปมากเช่นกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารในใบลดลง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการปรับปริมาณการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมันในทุกๆ ปี เพื่อไม่ให้ปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เพราะจะทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันในปีถัดไปลดลง

ช่วงอายุของปาล์มน้ำมันก็มีผลต่อการสะสมปริมาณธาตุอาหารเช่นกัน จากการทดลองพบว่าปาล์มน้ำมันจะมีการสะสมธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 3-4 ปีแรก เนื่องจากในช่วงดังกล่าวปาล์มน้ำมันยังไม่มีผลผลิต จึงยังไม่มีการนำธาตุอาหารออกไปจากต้นปาล์มน้ำมัน ดังนั้นค่ามาตรฐานความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 ในช่วงปาล์มน้ำมันอายุต่ำกว่า 6 ปี จะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 ในช่วงที่ปาล์มน้ำมันเริ่มมีการนำผลผลิตออกจากต้นไปแล้ว (ปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 6 ปี)

ตารางปริมาณธาตุอาหารระดับต่างๆ ในทางใบที่ 17 ของปาล์มเล็ก (อายุต่ำกว่า 6 ปี)

ธาตุอาหาร	ขาด	เหมาะสม	เกิน
ไนโตรเจน (%)	< 2.50	2.60 - 2.90	> 3.10
ฟอสฟอรัส (%)	< 0.15	0.16 - 0.19	> 0.25
โพแทสเซียม (%)	< 1.00	1.10 - 1.30	> 1.80
แมกนีเซียม (%)	< 0.20	0.30 - 0.45	> 0.70
แคลเซียม (%)	< 0.30	0.50 - 0.70	> 0.70
ซัลเฟอร์ (%)	< 0.20	0.25 - 0.40	> 0.60
คลอรีน (%)	< 0.25	0.50 - 0.70	> 1.00
โบรอน (mg/kg)	< 8	15 - 25	> 40
ทองแดง (mg/kg)	< 3	5 - 7	> 15
สังกะสี (mg/kg)	< 10	12 - 18	> 80

ที่มา : Rankine and Fairhurst (1998)

ตารางปริมาณธาตุอาหารระดับต่างๆ ในทางใบที่ 17 ของปาล์มใหญ่ (อายุมากกว่า 6 ปี)

ธาตุอาหาร	ขาด	เหมาะสม	เกิน
ไนโตรเจน (%)	< 2.30	2.40 - 2.80	> 3.00
ฟอสฟอรัส (%)	< 0.14	0.15 - 0.18	> 0.25
โพแทสเซียม (%)	< 0.75	0.90 - 1.20	> 1.60
แมกนีเซียม (%)	< 0.20	0.25 - 0.40	> 0.70
แคลเซียม (%)	< 0.25	0.50 - 0.75	> 1.00
ซัลเฟอร์ (%)	< 0.20	0.25 - 0.35	> 0.60
คลอรีน (%)	< 0.25	0.50 - 0.70	> 1.00
โบรอน (mg/kg)	< 8	15 - 25	> 40
ทองแดง (mg/kg)	< 3	5 - 8	> 15
สังกะสี (mg/kg)	< 10	12 - 18	> 80

ที่มา : Rankine and Fairhurst (1998)

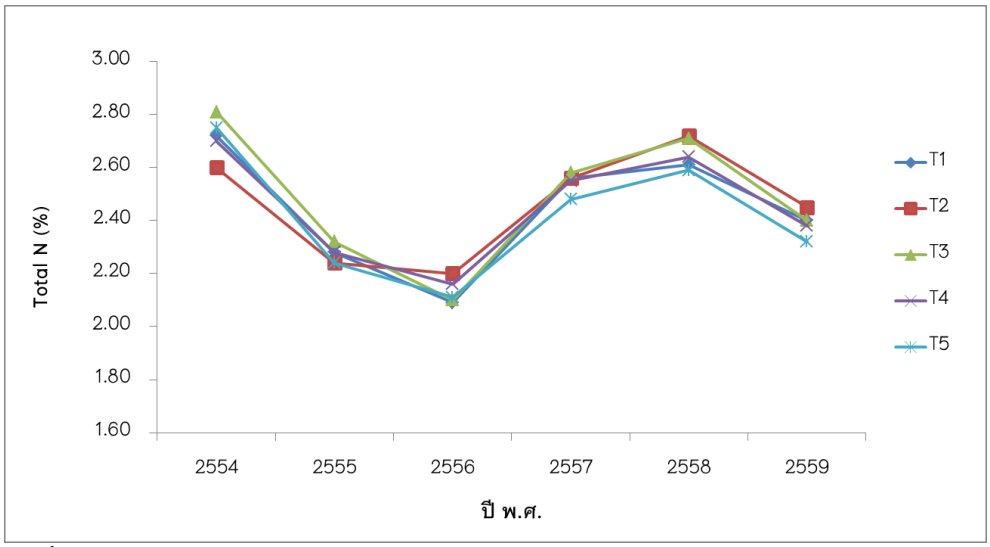
ในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน จะทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 โดยการทดลองนี้จะดำเนินการเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 ครั้ง ในปี 2554, 2555, 2556, 2557, 2558 และ 2559 (ปาล์มน้ำมันอายุ 2-7 ปี) โดยจะเก็บตัวอย่างใบในเดือนมีนาคมของทุกปี เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักที่สำคัญ 5 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N), ธาตุฟอสฟอรัส (P), ธาตุโพแทสเซียม (K), ธาตุแมกนีเซียม (Mg) และธาตุโบรอน (B)

ในปี 2554 ปาล์มน้ำมันมีอายุ 2 ปี จึงยังไม่มีการให้ผลผลิตทะลาย จากการทดลองพบว่าปริมาณธาตุอาหารทุกชนิดอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่ระดับปริมาณธาตุอาหารทุกชนิดจะลดลงในปี 2555 (ปาล์มอายุ 3 ปี) เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวปาล์มน้ำมันเริ่มให้ผลผลิต ธาตุอาหารจะถูกนำออกไปกับผลผลิตทำให้ปริมาณธาตุอาหารในใบลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะปริมาณธาตุไนโตรเจนจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงปี 2556 (ซึ่งเป็นการสะสมธาตุอาหารเพื่อสร้างผลผลิตในปี 2557) หลังจากนั้นปริมาณธาตุไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในปี 2557 และปี 2558 แต่จะลดลงอีกในปี 2559 (เนื่องจากในปี 2558 ปาล์มน้ำมันมีอัตราการให้ผลผลิตสูง) สำหรับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสก็มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับธาตุไนโตรเจน ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมในแต่ละปีจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ส่วนธาตุแมกนีเซียมพบว่ามีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งคาดว่าจะไม่เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมันในอนาคต (ตารางที่ 6) (รูปที่ 7-11)

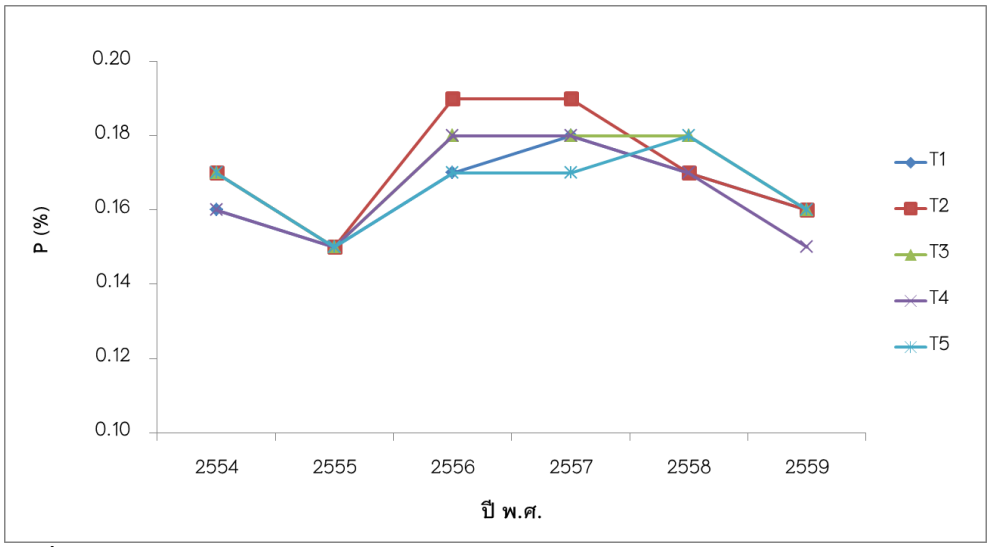
จากการใส่ปุ๋ยโดยวิธีต่างๆ พบว่าปริมาณธาตุอาหารในใบมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่การใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังเป็นแถบรอบทรงพุ่ม (T2) จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในปี 2556 และ ปี 2557 ได้เร็วกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ (รูปที่ 8) และยังพบว่าอัตราการลดลงของปริมาณธาตุแมกนีเซียมในปี 2554 - 2556 ของการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังเป็นแถบรอบทรงพุ่ม (T2) จะมีอัตราการลดลงช้ากว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบ

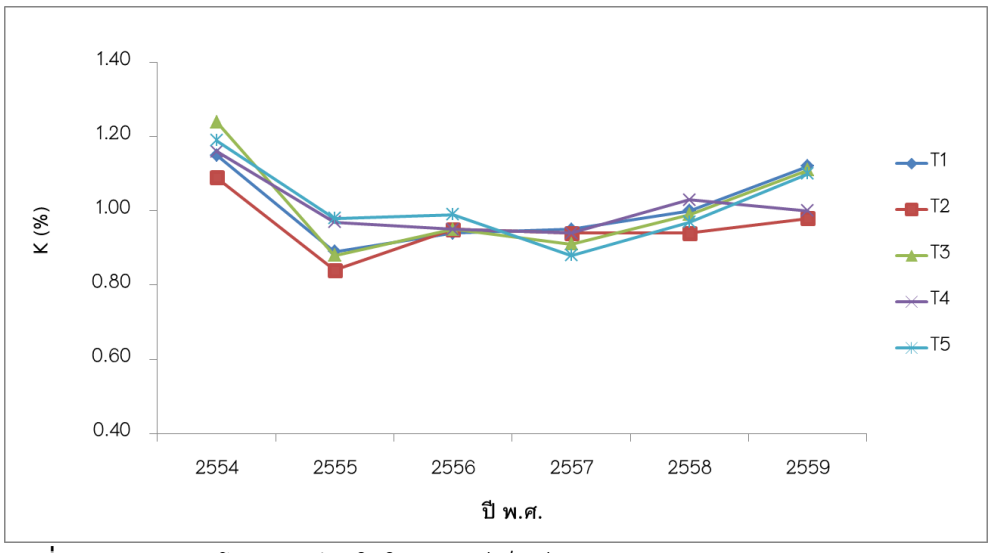
ธาตุอาหาร	ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.					
		2554	2555	2556	2557	2558	2559
ไนโตรเจน	T1	2.72 ± 0.15	2.28 ± 0.12	2.09 ± 0.07	2.56 ± 0.06	2.61 ± 0.15	2.40 ± 0.11
(%)	T2	2.60 ± 0.41	2.24 ± 0.33	2.20 ± 0.25	2.56 ± 0.05	2.72 ± 0.09	2.45 ± 0.08
	T3	2.81 ± 0.32	2.32 ± 0.24	2.10 ± 0.24	2.58 ± 0.20	2.71 ± 0.09	2.40 ± 0.02
	T4	2.70 ± 0.05	2.28 ± 0.16	2.16 ± 0.08	2.55 ± 0.06	2.64 ± 0.04	2.38 ± 0.07
	T5	2.75 ± 0.21	2.24 ± 0.09	2.11 ± 0.14	2.48 ± 0.13	2.59 ± 0.10	2.32 ± 0.10
	ค่าเฉลี่ย	2.72 ± 0.07	2.27 ± 0.03	2.13 ± 0.04	2.55 ± 0.03	2.65 ± 0.05	2.39 ± 0.04
ฟอสฟอรัส	T1	0.16 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.16 ± 0.01
(%)	T2	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.19 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.16 ± 0.00
	T3	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.00	0.18 ± 0.01	0.16 ± 0.00
	T4	0.16 ± 0.00	0.15 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.00	0.15 ± 0.00
	T5	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.00	0.17 ± 0.02	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.16 ± 0.00
	ค่าเฉลี่ย	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.00	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.16 ± 0.00
โพแทสเซียม	T1	1.15 ± 0.15	0.89 ± 0.10	0.94 ± 0.14	0.95 ± 0.13	1.00 ± 0.05	1.12 ± 0.08
(%)	T2	1.09 ± 0.10	0.84 ± 0.07	0.95 ± 0.12	0.94 ± 0.07	0.94 ± 0.05	0.98 ± 0.05
	T3	1.24 ± 0.06	0.88 ± 0.11	0.95 ± 0.12	0.91 ± 0.10	0.99 ± 0.05	0.11 ± 0.07
	T4	1.16 ± 0.11	0.97 ± 0.12	0.95 ± 0.10	0.94 ± 0.12	1.03 ± 0.07	1.00 ± 0.09
	T5	1.19 ± 0.14	0.98 ± 0.09	0.99 ± 0.12	0.88 ± 0.03	0.97 ± 0.03	1.10 ± 0.08
	ค่าเฉลี่ย	1.17 ± 0.05	0.91 ± 0.05	0.96 ± 0.02	0.92 ± 0.03	0.99 ± 0.03	1.06 ± 0.06
แมกนีเซียม	T1	0.37 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.03	0.36 ± 0.04	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.03
(%)	T2	0.43 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.40 ± 0.05	0.32 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.31 ± 0.02
	T3	0.40 ± 0.02	0.39 ± 0.08	0.38 ± 0.05	0.38 ± 0.07	0.29 ± 0.02	0.27 ± 0.02
	T4	0.38 ± 0.02	0.38 ± 0.04	0.38 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.28 ± 0.01	0.31 ± 0.02
	T5	0.38 ± 0.02	0.34 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.36 ± 0.04	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.39 ± 0.02	0.38 ± 0.03	0.38 ± 0.01	0.36 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.29 ± 0.02
โบรอน	T1	12.06 ± 1.25	11.21 ± 0.51	26.39 ± 3.14	15.15 ± 1.13	18.07 ± 0.36	13.16 ± 0.40
(ppm)	T2	11.53 ± 1.46	11.27 ± 0.93	24.86 ± 2.23	15.03 ± 1.82	17.59 ± 1.55	14.96 ± 0.94
	T3	13.24 ± 0.79	10.45 ± 0.38	22.77 ± 6.02	15.08 ± 0.85	16.94 ± 0.76	13.70 ± 0.55
	T4	12.32 ± 0.74	10.70 ± 0.82	26.85 ± 0.82	14.85 ± 1.08	16.36 ± 0.99	15.35 ± 0.80
	T5	12.52 ± 1.94	10.34 ± 0.97	26.00 ± 1.42	14.16 ± 1.10	16.93 ± 2.46	14.88 ± 0.84
	ค่าเฉลี่ย	12.33 ± 0.56	10.79 ± 0.38	25.37 ± 1.46	14.85 ± 0.36	17.18 ± 0.59	14.41 ± 0.83



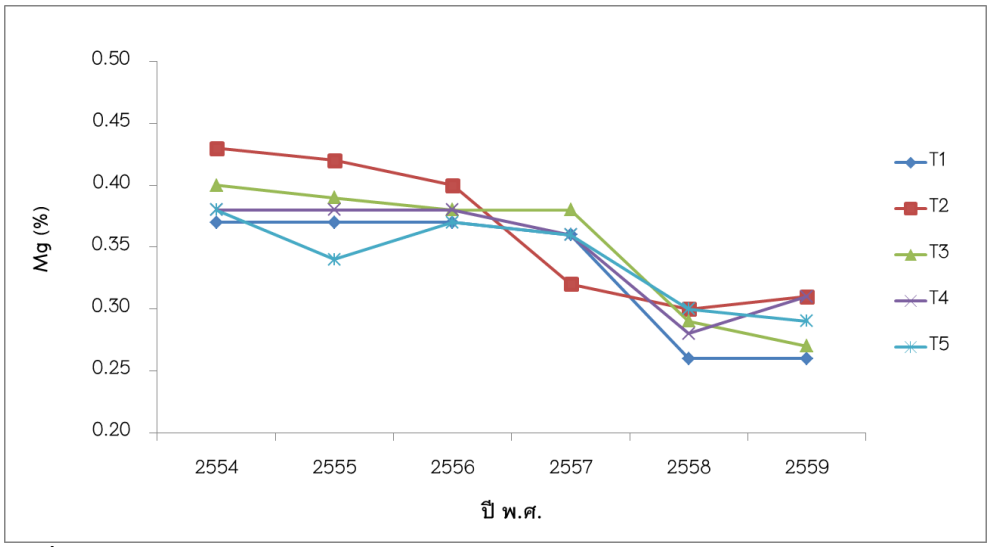
รูปที่ 7 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ (เปอร์เซ็นต์)



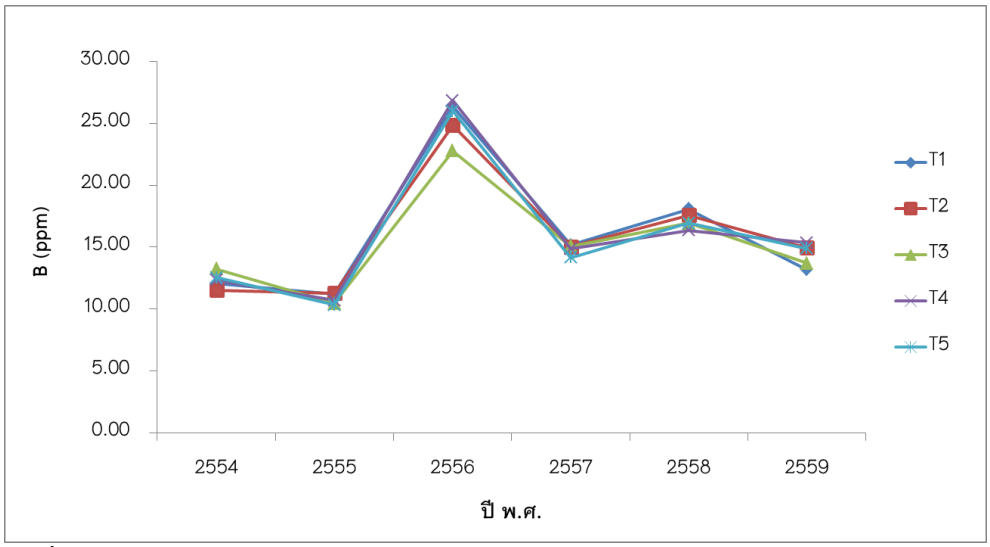
รูปที่ 8 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 9 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 10 ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 11 ปริมาณธาตุโบรอนในใบ (ppm)

จากลักษณะโครงสร้างของดินในพื้นที่ทดลองที่เป็นทรายจัด ทำให้การรักษาธาตุอาหารในดินทำได้ไม่นาน ในแต่ละปีปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน พบว่าในปี 2556 ทุกวิธีการใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการใส่ปุ๋ยแบบฝังเป็นแถบรอบทรงพุ่ม (T2) มีค่า 2.20 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยแบบอื่นๆ หลังจากนั้นในปี 2557 และ 2558 ปริมาณธาตุไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสม (2.4-2.8 เปอร์เซ็นต์) และมีแนวโน้มลดลงในปี 2559 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณธาตุโบรอน

สำหรับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ในแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และปริมาณธาตุอาหารยังอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่ปริมาณธาตุแมกนีเซียมมีแนวโน้มว่าจะไม่เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมัน

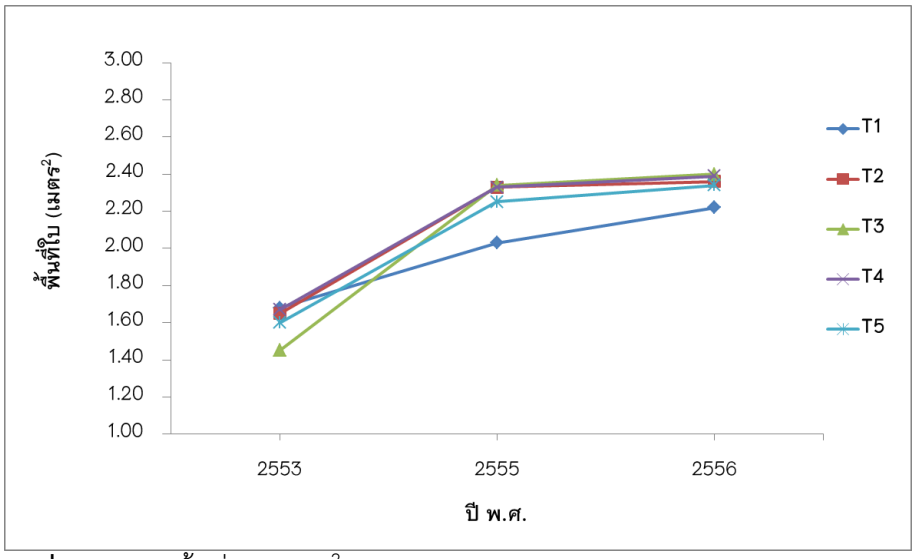
4.4 ข้อมูลการเจริญเติบโต (Vegetative growth)

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ได้ทำการเก็บข้อมูลจากทางใบที่ 17 โดยวัดขนาดพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบ ความยาวทางใบ และจำนวนใบย่อย โดยเก็บตัวอย่างใบในปี 2553 2555 และ 2556 เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน แต่หลังจากปี 2556 ไม่มีการวัดการเจริญเติบโตเนื่องจากการพัฒนาของใบปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงทาง Vegetative growth จึงค่อนข้างคงที่

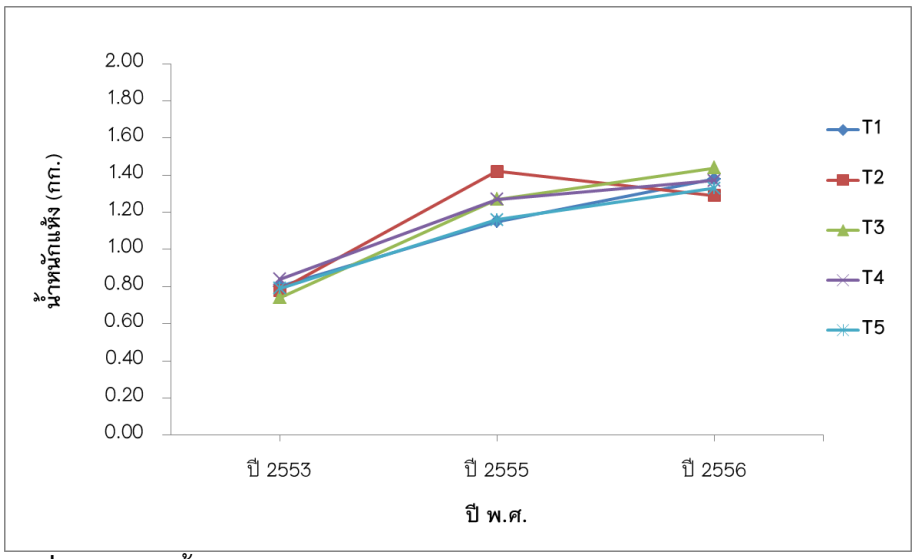
จากการทดลองพบว่า การพัฒนาของใบปาล์มน้ำมันในทุกวิธีการใส่ปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่ม (T1) จะมีการพัฒนาของใบน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรวม โดยเฉพาะการพัฒนาของพื้นที่ใบ ความยาวทางใบ และจำนวนใบย่อย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเห็นชัดเจนในปี 2555 และปี 2556 โดยน้ำหนักแห้งของทางใบจะเป็นดัชนีที่สำคัญที่สุดในการบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน พบว่าในปี 2555 เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปี การใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังเป็นแถบรอบทรงพุ่ม (T2) จะมีน้ำหนักแห้งของทางใบ 1.42 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 7) (รูปที่ 12-15)

ตารางที่ 7 ข้อมูลการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (Vegetative growth)

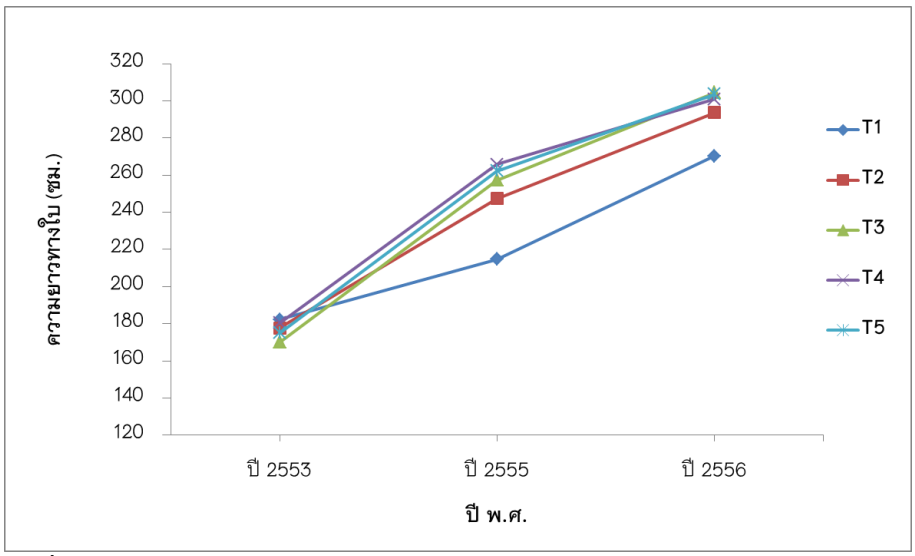
การเจริญเติบโต	ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.		
		2553	2555	2556
พื้นที่ใบ (เมตร^2)	T1	1.68 ± 0.03	2.03 ± 0.06	2.22 ± 0.08
	T2	1.65 ± 0.29	2.33 ± 0.13	2.36 ± 0.06
	T3	1.45 ± 0.12	2.34 ± 0.11	2.40 ± 0.10
	T4	1.67 ± 0.03	2.33 ± 0.08	2.39 ± 0.02
	T5	1.60 ± 0.17	2.25 ± 0.08	2.34 ± 0.17
	ค่าเฉลี่ย	1.61 ± 0.08	2.26 ± 0.12	2.34 ± 0.06
น้ำหนักแห้ง (กก.)	T1	0.80 ± 0.05	1.15 ± 0.12	1.38 ± 0.08
	T2	0.78 ± 0.11	1.42 ± 0.10	1.29 ± 0.02
	T3	0.74 ± 0.03	1.27 ± 0.08	1.44 ± 0.03
	T4	0.84 ± 0.02	1.27 ± 0.04	1.37 ± 0.04
	T5	0.79 ± 0.04	1.16 ± 0.08	1.33 ± 0.11
	ค่าเฉลี่ย	0.79 ± 0.03	1.25 ± 0.10	1.36 ± 0.05
ความยาวทางใบ (ซม.)	T1	182.33 ± 4.99	214.67 ± 10.34	270.33 ± 16.11
	T2	177.67 ± 6.13	247.33 ± 9.53	293.67 ± 6.60
	T3	170.00 ± 11.78	257.33 ± 7.59	304.33 ± 5.73
	T4	180.33 ± 5.25	265.67 ± 16.44	301.00 ± 10.20
	T5	175.00 ± 9.80	262.33 ± 16.36	303.67 ± 10.87
	ค่าเฉลี่ย	177.07 ± 4.31	249.47 ± 18.47	294.60 ± 12.71
จำนวนใบย่อย	T1	171.00 ± 8.49	202.00 ± 3.74	247.00 ± 13.74
	T2	172.33 ± 12.50	235.33 ± 9.74	273.67 ± 6.80
	T3	154.00 ± 9.09	239.67 ± 4.99	286.67 ± 6.02
	T4	168.33 ± 11.09	250.67 ± 8.73	280.33 ± 5.73
	T5	159.33 ± 10.14	236.00 ± 4.55	280.67 ± 7.76
	ค่าเฉลี่ย	165.00 ± 7.13	232.73 ± 16.32	273.67 ± 13.95



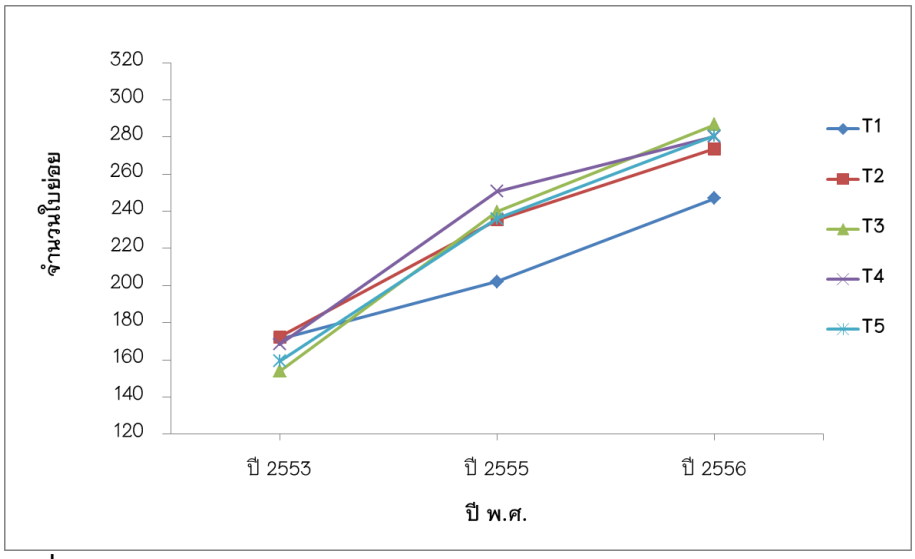
รูปที่ 12 ข้อมูลพื้นที่ใบ (เมตร^2)



รูปที่ 13 ข้อมูลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)



รูปที่ 14 ข้อมูลความยาวทางใบ (เซนติเมตร)



รูปที่ 15 ข้อมูลจำนวนใบย่อย

5. สรุปผลการทดลอง

วิธีการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมัน ในพื้นที่ที่มีโครงสร้างดินค่อนข้างเป็นทรายและมีคุณภาพดินต่ำ พบว่า การใส่ปุ๋ยโดยวิธีฝังเป็นแถบ มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความลึก 15 เซนติเมตร และฝังกลบตามรัศมีรอบต้นบริเวณกึ่งกลางทางใบ จะเป็นวิธีการใส่ปุ๋ยที่ดีที่สุดมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยวิธีการใส่ปุ๋ยดังกล่าวจะมีผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน (เฉลี่ย 4 ปี) เพิ่มขึ้นประมาณ 20-22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยโดยการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีดังกล่าวในอัตราเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณปุ๋ยที่ใส่ ยังให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านกระจายภายใต้ทรงพุ่มประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์

รูปแบบของวิธีการใส่ปุ๋ยมีผลต่อการสูญเสียปริมาณธาตุอาหาร และประสิทธิภาพการนำไปใช้ของพืช เนื่องจากในสภาพดินที่ค่อนข้างเป็นทรายจะเกิดการสูญเสียปุ๋ยได้ง่าย โดยในช่วงเวลาที่มีฝนตกมากจะทำให้ปุ๋ยถูกชะล้างสูง หรือในช่วงแล้งที่ดินขาดน้ำดินจะแห้งเร็ว ทำให้การเก็บรักษาธาตุอาหารทำได้ไม่ดีจึงเกิดการสูญเสียปุ๋ยได้ง่ายเช่นกัน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝังกลบจะทำให้ลดการสูญเสียปุ๋ยได้มาก แต่การใส่ปุ๋ยโดยการขุดดินเป็นหลุมแล้วฝังกลบตามรัศมีรอบต้น จะต้องให้มีพื้นที่สัมผัสกับรากปาล์มน้ำมันให้มากที่สุด ซึ่งการขุดหลุมฝังปุ๋ยเพียง 4 หลุมต่อต้นจะไม่เพียงพอ และในแต่ละหลุมจะมีความเข้มข้นของปุ๋ยในปริมาณสูง จะเป็นอันตรายกับรากปาล์มน้ำมันที่อยู่บริเวณหลุมที่มีการฝังปุ๋ย ส่วนวิธีการฝังปุ๋ยเป็นแถบแล้วฝังกลบตามรัศมีรอบต้นจะช่วยลดความเข้มข้นของปุ๋ย และมีพื้นที่สัมผัสกับรากปาล์มน้ำมันมากกว่าวิธีการฝังเป็นหลุม นอกจากนั้นวิธีการใส่ปุ๋ยโดยฝังเป็นแถบและฝังกลบตามรัศมีบริเวณกึ่งกลางทางใบ เมื่อทางใบมีความยาวมากขึ้นจะทำให้รัศมีของการฝังปุ๋ยมีระยะห่างออกจากลำต้นไปเรื่อยๆ จึงไม่เป็นการทำลายรากปาล์มน้ำมันเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในรอบถัดไป

โครงการย่อยที่ 2 การจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน (Integrated soil and fertilizer management for increasing the efficiency of oil palm production)

1. หลักการและเหตุผล

ในประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างแพร่หลาย โดยมีการปลูกมากในภาคใต้คิดเป็นเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 1.3 ล้านไร่ ในปี 2543 (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2544) และในปี 2547 คาดว่าจะมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2 ล้านไร่ ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชยืนต้นที่ต้องการธาตุอาหารสูง โดยมีการประมาณการใช้ธาตุอาหารสะสมในช่วง 9 ปี ของการเจริญเติบโตไว้ดังนี้ ไนโตรเจน (N) 196-275 กิโลกรัม/ไร่, ฟอสฟอรัส (P) 32-43 กิโลกรัม/ไร่, โพแทสเซียม (K) 296-398 กิโลกรัม/ไร่, แมกนีเซียม (Mg) 50-67 กิโลกรัม/ไร่ และแคลเซียม (Ca) 84-115 กิโลกรัม/ไร่ (Tan, 1976) และจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกไปกับผลผลิต พบว่าในการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายสด (Fresh fruit bunch; FFB) ออกไปทุกๆ 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) นั้น ทำให้มีการสูญเสียธาตุ N, P, K, Mg และ Ca ออกไปประมาณ 2.94, 0.44, 3.71, 0.77 และ 0.81 กิโลกรัม ตามลำดับ (Fairhurst and Mutert, 1999) ดังนั้นจึงต้องมีการใส่ปุ๋ยทดแทนให้แก่ปาล์มน้ำมันให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และชดเชยธาตุอาหารส่วนที่สูญเสียไปจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้บริเวณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ของประเทศไทย อยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมีฝนตกชุก ดินและอินทรียวัตถุมีการสลายตัวผุพังสูง มีการสูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารไปกับการชะล้างพังทลายของดิน และการชะล้างออกไปจากหน้าตัดดิน (Soil profile) อยู่ตลอดเวลา (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2544 ; Buol *et al.*, 1989) ทำให้ดินมีธาตุอาหารเหลืออยู่น้อย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรียวัตถุต่ำ และมีปฏิกิริยาเป็นกรด ชัยรัตน์ นิลนนท์และคณะ (2544) ได้รายงานสมบัติของดินบางชนิดในจังหวัดตรัง กระบี่ พังงา และสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างแพร่หลาย พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก มีค่าน้อยกว่า 1.8 เปอร์เซ็นต์ และมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 การที่ดินมีอินทรียวัตถุต่ำนี้เอง ส่งผลให้สภาพแวดล้อมของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช มีการปลดปล่อยธาตุอาหารจากอินทรียวัตถุน้อย ดินอุ้มความชื้นต่ำ การเกาะตัวของเม็ดดินไม่ดีมีความร่วนซุยต่ำ ระบายน้ำและอากาศไม่ดี มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวกต่ำ นอกจากนี้ดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำยังเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาดินได้ง่าย ค่า pH ดินลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมในปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง (Pierzynski *et al.*, 2000 ; Brady and Weil, 2002) ส่วนการที่ดินเป็นกรดก็จะมีผลต่อการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางชนิดในดิน เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ และยังทำให้อะลูมิเนียมและแมงกานีส ละลายออกมามากเป็นอันตรายต่อรากพืชหรือจุลินทรีย์ในดินบางชนิดได้ ทำให้สภาพแวดล้อมของดินไม่เหมาะสม มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง (Brady and Weil, 2002 ; Peverill *et al.*, 2001).

ดังนั้นการจัดการดินแบบผสมผสานโดยการใส่ปุ๋ย เพื่อให้มีธาตุอาหารในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน รวมทั้งมีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินมีการปรับปฏิกิริยาดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ก็จะสามารถทำให้สภาพแวดล้อมของดินดี สามารถเพิ่มธาตุอาหารและช่วยทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์สูง พืชสามารถใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดต้นทุนของการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหลักประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดการสวน (Rankine and Fairhurst, 1998) ได้ และจากประสบการณ์ในการพบเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อยที่มีเนื้อที่ปลูกน้อยกว่า 150 ไร่ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด (ธีระ และคณะ, 2540) พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมัน เกษตรกรต้องการคำแนะนำการจัดการดินและใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ได้องค์ความรู้เรื่องการจัดการดินและใช้ปุ๋ยที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือ ตลอดจนการ

แนะนำถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องเหมาะสมของในแต่ละพื้นที่และสภาพแวดล้อม จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิต อันนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้

ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันและการจัดการปุ๋ย มักมีความแตกต่างกันในพื้นที่ต่างๆ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักที่สำคัญ ได้แก่ สมบัติของดิน สภาพภูมิอากาศ และพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (von Uexkull and Fairhurst, 1991) สถาบันโพแทสและฟอสเฟตแนะนำให้มีการให้ธาตุอาหาร N, P, K, Mg และ B ในรูปของยูเรีย หินฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ คีเซอร์ไรท์ และโบเรต ถึงต้นละประมาณ 2.7 กิโลกรัม, 1.5 กิโลกรัม, 4 กิโลกรัม, 1 กิโลกรัม และ 80 กรัม ตามลำดับ สำหรับปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี (von Uexkull and Fairhurst, 1991) สุนีย์และคณะ (2540) ได้ทำการทดลองใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณต้นละ 3 กิโลกรัม, 1 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ตามลำดับ ในดินร่วนปนทรายชุดคอหงส์ (Typic Paleudults, coarse loamy, siliceous, isohyperthermic) และพบว่าปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตทะลายสดสูงถึง 3.22 ตัน/ไร่/ปี และจากผลการทดลองในโครงการความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ระหว่างเดือนมกราคม 2541-มิถุนายน 2544 ในดินร่วนปนทรายชุดนาท่าม (Fine loamy, mixed, isohyperthermic Oxic Plinthudults) โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ คีเซอร์ไรด์ และโบเรต ในปริมาณต้นละ 2,040 กรัม 1,050 กรัม 2,800 กรัม 700 กรัม และ 56 กรัม ตามลำดับ ทำให้ปาล์มน้ำมันได้ผลผลิตถึง 2.74 ตัน/ไร่ (ปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี) และได้กำไร 3,645 บาท/ไร่/ปี เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรปฏิบัติที่ให้ผลผลิตเพียง 2.13 ตัน/ไร่ และได้กำไร 2,680 บาท/ไร่/ปี (ชัยรัตน์ และคณะ, 2544) Tarmizi (2000) ได้สรุปภาพรวมของการใช้ปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันของประเทศมาเลเซีย ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยของสมบัติของดินและฝนเป็นหลัก พบว่า โดยทั่วไปในบริเวณฝนตกชุกมากการตอบสนองของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจะต่ำ เนื่องจากมีการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนไปกับการชะล้างพังทลายของดิน สำหรับการใช้ปุ๋ยสำหรับปาล์มน้ำมันตามสภาพความต้องการธาตุอาหารมีดังนี้

- กรณีต้องการไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูง (High N and K requirements) มักเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง (>2,000 มม.) การใส่ไนโตรเจน 0.9-1.3 กิโลกรัม/ต้น/ปี และใส่ K_2O 2.1-2.7 กิโลกรัม/ต้น/ปี สามารถทำให้ปาล์มน้ำมันให้ทะลายสดได้สูงถึง 5.5 ตัน/ไร่/ปี
- กรณีต้องการไนโตรเจนสูงแต่โพแทสเซียมต่ำ (High N and low K requirements) ในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง การตอบสนองการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมักต่ำ การใส่ไนโตรเจน 0.9-1.3 กิโลกรัม/ต้น/ปี และใส่ K_2O 1.0-1.2 กิโลกรัม/ต้น/ปี ร่วมกับอินทรียวัตถุคลุมดินทำให้ได้ทะลายสดสูงถึง 4.5 ตัน/ไร่/ปี
- กรณีต้องการไนโตรเจนและโพแทสเซียมปานกลาง (Moderate N and K requirements) ในดินกลุ่มนี้ การใส่ไนโตรเจน 0.7-0.9 กิโลกรัม/ต้น/ปี และใส่ K_2O 1.5-1.8 กิโลกรัม/ต้น/ปี ทำให้ได้ทะลายสดสูงถึง 4 ตัน/ไร่/ปี
- กรณีต้องการไนโตรเจนต่ำแต่โพแทสเซียมสูง (Low N and high K requirements) มักพบในดินพรุมีอินทรียวัตถุสูงที่มีการจัดการน้ำอย่างเหมาะสม ทำให้ปาล์มน้ำมันมีความต้องการโพแทสเซียมสูง แต่โพแทสเซียมมีจำกัดในดิน การใส่ไนโตรเจน 0.4-0.6 กิโลกรัม/ต้น/ปี และใส่ K_2O 2.1-2.7 กิโลกรัม/ต้น/ปี ทำให้ได้ทะลายสดสูงถึง 4 ตัน/ไร่/ปีได้

สำหรับฟอสฟอรัส (P) นั้น ดินเขตร้อนทั่วไปมักขาด Foster *et al*. (1989) พบว่า ปาล์มน้ำมันตอบสนองการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงมาก เมื่อดินมีค่าฟอสฟอรัสที่สกัดได้น้อยกว่า 15 มก./กิโลกรัม และการ

ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะน้อยมากเมื่อดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงกว่า 150 มก./กิโลกรัม การตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสของมาเลเซีย สรุปได้ดังนี้ (Tarmizi, 2000)

- กรณีต้องการฟอสฟอรัสสูง (High P requirement) มักพบในกลุ่มดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินตะกอน การใส่หินฟอสเฟต 3.0-4.0 กิโลกรัม/ต้น/ปี ทำให้รักษาผลผลิตที่สูงไว้ได้
- กรณีต้องการฟอสฟอรัสปานกลาง (Moderate P requirement) ในกลุ่มดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน (Coastal alluvial soils) การใส่หินฟอสเฟต 1.5-2.5 กิโลกรัม/ต้น/ปี ก็สามารถรักษาผลผลิตที่สูงและได้ผลกำไรจากการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสนี้ได้

นอกจากนี้ Tarmizi *et al*. (1998) ยังรายงานว่า การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงจะทำให้ส่งเสริมการเพิ่มของน้ำหนักผลปาล์มย่อย (nut weight) แต่จะไปลดสัดส่วนของน้ำมันต่อทะลาย (oil to bunch ratio) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงมีส่วนช่วยทำให้จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลาย และปริมาณน้ำมันทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงทำให้มีการเพิ่มของน้ำหนักทะลายสดแต่ไม่มีผลต่อสมบัติอื่นๆ ของทะลาย ดังนั้นการให้ปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสมก็มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเช่นเดียวกัน ชัยรัตน์และคณะ (2544) รายงานถึงการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมสูงเกินไป มีผลกระทบต่อการลดลงของธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมที่ดูดกินของปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมและแคลเซียมในใบลดลง อันนำไปสู่ความไม่สมดุลของธาตุอาหารในพืช von Uexkull and Fairhurst (1991) รายงานในดินที่ขาดฟอสฟอรัสว่า ปาล์มน้ำมันไม่มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเลยจนกว่าจะมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเสียก่อน และยังรายงานเพิ่มเติมว่า ถ้าปาล์มน้ำมันได้รับโพแทสเซียมไม่พอเพียง การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะมีผลทำให้สัดส่วนน้ำมันต่อทะลาย (oil to bunch ratio) ลดลงด้วย Foong and Omar (1988) ได้ทดลองในดิน 2 ชนิด พบว่าในดิน Typic Paleudults สัดส่วนที่เหมาะสมของไนโตรเจน 0.83 กิโลกรัม/ต้น/ปี และ K_2O 2.22 กิโลกรัม/ต้น/ปี ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงสุด ในขณะที่ในดิน Haplic Acrorthox ต้องใส่ไนโตรเจน 2.3 กิโลกรัม/ต้น/ปี และ K_2O 2.32 กิโลกรัม/ต้น/ปี จึงทำให้ได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงสุด

จากการพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดย Tan (1976) พบว่าสัดส่วนของ N : P : K : Mg : Ca โดยประมาณคือ 6.12 : 1 : 9.25 : 1.56 : 2.63 ตามลำดับ และจากการศึกษาข้อมูลสัดส่วนของธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต (Fairhurst and Mutert, 1999) มีการสูญเสียเป็นสัดส่วนดังนี้ N : P : K : Mg : Ca คือ 6.68 : 1 : 8.43 : 1.75 : 1.84 ตามลำดับ ในขณะที่สัดส่วนของความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์) ของธาตุอาหารในใบของทางใบที่ 17 ที่เหมาะสม (Rankine and Fairhurst, 1999) อยู่ในช่วงดังนี้ N : P : K : Mg : Ca คือ 2.4-2.8 : 0.15-0.18 : 0.90-1.20 : 0.25-0.40 : 0.50-0.75 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมที่ต้องใส่ให้ปาล์มน้ำมันนั้นยังขึ้นอยู่กับราคาปุ๋ย และราคาน้ำหนักทะลายสดด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนเบื้องต้นด้วย เช่น การใช้ VCR ratio (รายได้จากผลผลิต : มูลค่าการลงทุน) หรือ Cost to revenue (C/R) ratio (ชัยรัตน์ และคณะ, 2544 ; Tarmizi, 2000) เพื่อช่วยเป็นข้อมูลร่วมในการตัดสินใจจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อไป

สำหรับการจัดการปฏิกิริยาดินนั้นเป็นที่ทราบกันอย่างแพร่หลายว่า การทำให้ค่า pH ของดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (5.5-6.0) นั้น ทำให้ธาตุอาหารของพืชหลายชนิด เช่น N, P, K, Ca, Mg และ S อยู่ในรูปเป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วงของ pH นี้ช่วยส่งเสริมให้จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายอินทรียวัตถุให้อยู่ในรูปของไอออนต่างๆ ปลดปล่อยเป็นธาตุอาหารพืชได้ดียิ่งขึ้น และการที่มี pH ดินสูงกว่า 5.5 ยังไปทำให้การละลายของ Al และ Mn ออกมาในสารละลายดินลดลง ทำให้ลดความเป็นพิษของธาตุเหล่านี้ต่อรากขนอ่อนของพืช (Brady and Weil, 2002)

การปรับปรุงดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้ดินนั้น มีส่วนช่วยให้มีการเพิ่มธาตุอาหารแก่ดินเกือบครบทุกชนิด แต่จะมีปริมาณน้อยมาก (ยงยุทธ, 2547) ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

ของปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตามอินทรียวัตถุมีส่วนช่วยทำให้สภาพแวดล้อมของดินดีขึ้น ทำให้ดินมีการเกาะยึดตัวเป็นเม็ด ดินมีความร่วนซุย อุ้มน้ำ และระบายอากาศได้ดี ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่ม สามารถดูดธาตุอาหารไว้ในดินได้ดีขึ้น ช่วยทำให้ปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงช้า ซึ่งเป็นผลดีในกรณีใส่ปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างเป็นกรด ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีปฏิกิริยาเป็นกรดได้ช้าลง (Brady and Weil, 2002) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลทำให้ pH ของดินสูงขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุทำให้ได้สารประกอบพวกคาร์บอกซิล (carboxyl) และฟีโนลิกไฮดรอกซิล (phenolic hydroxyl) ที่เข้าไปทำปฏิกิริยาช่วยให้ดินมี pH เพิ่มขึ้น (Whalen *et al*., 2000) ทำให้ pH ของดินกรดเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช กรดอินทรีย์จากอินทรียวัตถุ เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดฟูลวิก (fulvic acid) สามารถทำปฏิกิริยากับ Al ในสารละลายดินของดินกรดเป็น Al-citrate และ Al-fulvate ทำให้ลดความเป็นพิษของ Al ลงได้ (Hue *et al*., 1986) นอกจากนี้ ในกรณีที่ดินเป็นกรดจัดการใส่สารประกอบปูนและยิปซัมร่วมกับอินทรียวัตถุช่วยทำให้มีการปรับ pH ของดินได้ดียิ่งขึ้น ลดความเป็นพิษของอะลูมินัม และยังเป็นการเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมให้ดินกรดทั่วไปที่มักขาดแคลเซียมและแมกนีเซียม (Liu and Hue, 2001)

สำหรับปาล์มน้ำมันนั้นได้มีข้อแนะนำทั่วไปให้มีการใช้อินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นส่วนต่างๆที่เหลือของปาล์มน้ำมันใส่กลับคืนลงดิน เพื่อช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารจำนวนมากที่ติดไปกับผลผลิต องค์ประกอบของธาตุอาหารจากอินทรียวัตถุดังกล่าวของปาล์มน้ำมันมีดังนี้ (Rankine and Fairhurst, 1999) ทางใบที่ตัดแต่ง (pruned fronds) มี N, P_2O_5, K_2O, MgO และ CaO เท่ากับ 0.5, 0.1, 0.8, 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทะลายเปล่า (empty fruit bunches) มี N, P_2O_5, K_2O, MgO และ CaO เท่ากับ <1, 0.1, 1.2, 0.1 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ เถ้าทะลาย (bunch ash) มี P_2O_5, K_2O, MgO และ CaO เท่ากับ 4, 40, 6 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และของเหลวที่เหลือจากการหีบน้ำมัน (palm oil mill effluent) มี N, P_2O_5, K_2O, และ MgO เท่ากับ 0.4, 0.2, 1.3, และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการใช้อินทรียวัตถุที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเหล่านี้ ใส่กลับคืนสู่สวนปาล์มน้ำมันก็จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน ทำให้สภาพแวดล้อมของดินดีขึ้น ทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ในขณะเดียวกันก็จะเป็นการกำจัดของเสียที่เหลือทิ้งเหล่านี้ไปด้วย

จากข้อมูลที่ไปศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่า มีวัสดุอินทรีย์ที่เหลือออกจากกระบวนการสกัดเป็นทะลายปาล์มเปล่า 22 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยจากเปลือกผลปาล์ม 8 เปอร์เซ็นต์ ของเหลวที่เหลือจากการหีบน้ำมัน 4 เปอร์เซ็นต์ บางพื้นที่ของอำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ในรัศมี 50 กิโลเมตร มีโรงงานที่มีกำลังผลิตรวมกันประมาณ 300 ตันทะลายสด/ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ได้วัสดุอินทรีย์ออกมามาก มีศักยภาพสูงที่จะนำกลับไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อไป

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการจัดการดินและปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพ ให้ได้ธาตุอาหารในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นน่าจะต้องอาศัยการจัดการผสมผสานร่วมกัน โดยต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการสูงและสูญเสียไปกับผลผลิต ในขณะเดียวกันก็ต้องปรับสภาพแวดล้อมของดินให้เหมาะสมโดยการใส่อินทรียวัตถุ ปูน หรือสารปรับปรุงดินอื่นๆ ร่วมด้วย

2. วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนาวิธีจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานที่ถูกต้องเหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันจากค่าเฉลี่ยของประเทศ 2.3-2.5 ตัน/ไร่/ปี เป็น 2.7-3.0 ตัน/ไร่/ปี หรือมากกว่าในกรณีเป็นพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงและปลูกในพื้นที่เหมาะสม
- เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของวิธีการจัดการดินและปุ๋ยแบบต่างๆ

3. วิธีการทดลอง : มีวิธีการทดลองการจัดการดินและปุ๋ย 5 วิธี (ทรีทเมนต์) และ 3 ซ้ำ (replication) ดังนี้

T1 : ใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรปฏิบัติทั่วไป มีอัตราปุ๋ยดังนี้

21-0-0	อัตรา	2,000 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
0-3-0	อัตรา	950 กรัม/ต้น/ปี	ใส่ครั้งแรกครั้งเดียว
0-0-60	อัตรา	1,400 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
คีเซอร์ไรท์	อัตรา	400 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง

T2 : ใส่ปุ๋ยอัตรา

21-0-0	อัตรา	3,000 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
18-46-0	อัตรา	1,000 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 2 ครั้ง
0-0-60	อัตรา	2,500 กรัม/ต้น/ปี	แบ่งใส่ 4 ครั้ง
โบเรต	อัตรา	80 กรัม/ต้น/ปี	ใส่ครั้งแรก

T3 : ใส่ปุ๋ยตามแบบ T2 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0 โดยการใส่โดโลไมท์

T4 : ใส่ปุ๋ยตามแบบ T3 และใช้ทะลายเปล่าคลุม 250 กิโลกรัม/ต้น/ปี

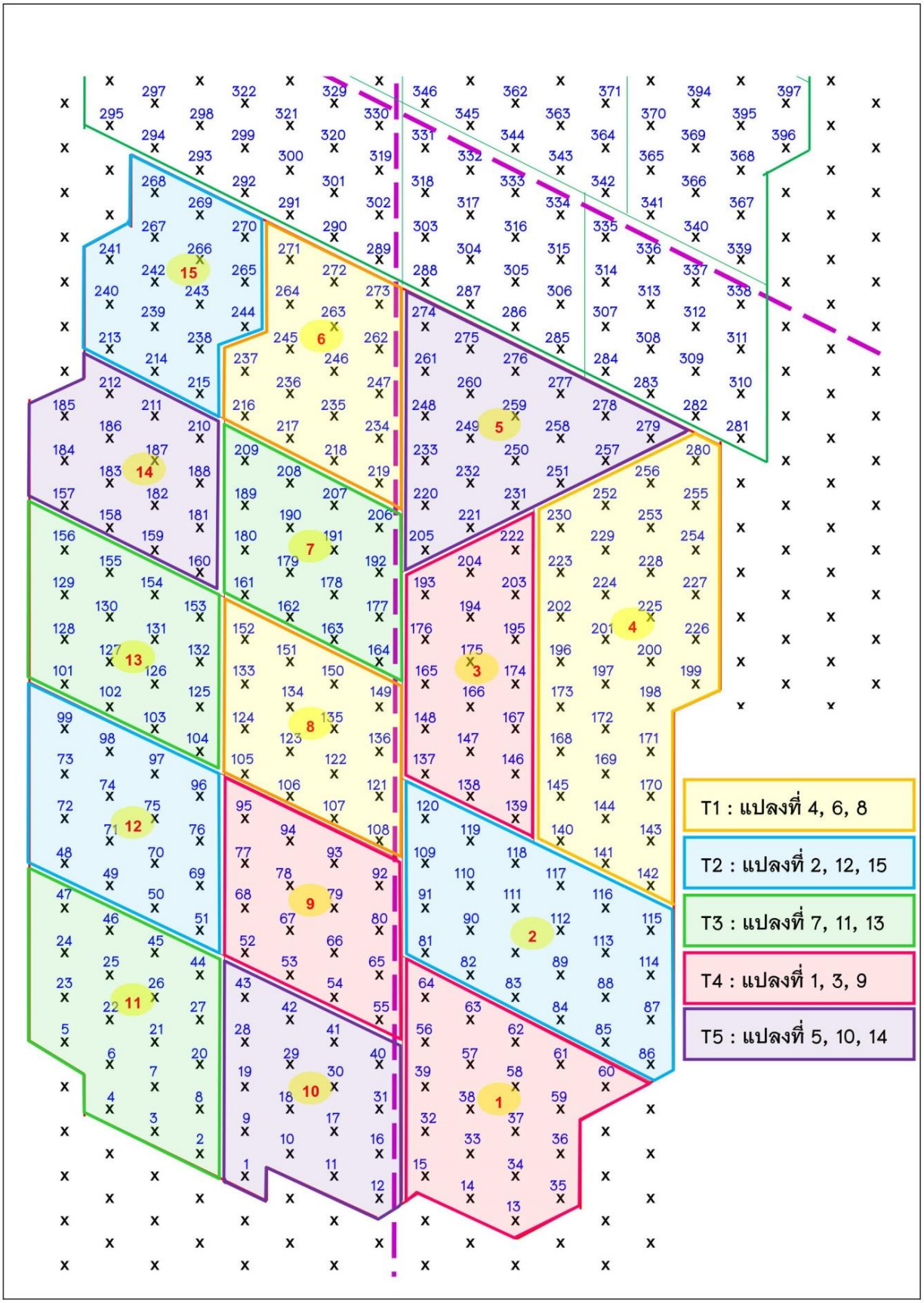
T5 : ใส่ปุ๋ยตามแบบ T3 และใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลายปาล์มหมัก อัตรา 25 กิโลกรัม/ต้น/ปี

การใช้ทะลายเปล่าคลุม

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลายปาล์มหมัก

ตารางที่ 1 แสดงสิ่งทดลองและหมายเลขต้นที่ศึกษา

วิธีการทดลอง	ซ้ำที่	หมายเลขแปลง	หมายเลขต้นที่เก็บข้อมูล
T1	R1	4	140, 141, 142, 143, 144, 145, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 252, 253, 254, 255, 256, 280
	R2	6	216, 217, 218, 219, 234, 235, 236, 237, 245, 246, 247, 262, 263, 264, 271, 272, 273
	R3	8	105, 106, 107, 108, 121, 122, 123, 124, 133, 134, 135, 136, 149, 150, 151, 152
T2	R1	2	81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120
	R2	12	48, 49, 50, 51, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 96, 97, 98, 99
	R3	15	213, 214, 215, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 265, 266, 267, 268, 269, 270
T3	R1	7	161, 162, 163, 164, 177, 178, 179, 180, 189, 190, 191, 192, 206, 207, 208, 209
	R2	11	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 44, 45, 46, 47
	R3	13	101, 102, 103, 104, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 153, 154, 155, 156
T4	R1	1	13, 14, 15, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64
	R2	3	137, 138, 139, 146, 147, 148, 165, 166, 167, 174, 175, 176, 193, 194, 195, 203, 204, 222
	R3	9	52, 53, 54, 55, 65, 66, 67, 68, 77, 78, 79, 80, 92, 93, 94, 95
T5	R1	5	205, 220, 221, 231, 232, 233, 248, 249, 250, 251, 257, 258, 259, 260, 261, 274, 275, 276, 277, 278, 279
	R2	10	1, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42, 43
	R3	14	157, 158, 159, 160, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 210, 211, 212



แผนผังแปลงทดลองโครงการจัดการดินและปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน

4. ผลการทดลอง

4.1 สมบัติดินของแปลงทดลอง

จากการทดลองได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในทุกแปลงทดลองย่อย ใน 4 ระดับความลึก คือ 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร พบว่าดินค่อนข้างจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นเหมืองเก่า พื้นที่มีการถูกรบกวนทำให้มีความแตกต่างกับลักษณะดินทั่วไป

- **ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (pH)** พบว่าทุกแปลงทดลองมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5-6 ซึ่งเป็นระดับที่ค่อนข้างสูงสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน นอกจากนั้นยังพบว่าค่า pH ในทุกระดับความลึกไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเคยเป็นเหมืองเก่ามาก่อนโครงสร้างดินน่าจะถูกปรับเปลี่ยนไปแล้ว
- **โครงสร้างของเนื้อดิน (Texture)** พบว่าดินมีเปอร์เซ็นต์ของทรายสูงมาก บางแปลงมีสัดส่วนของทรายสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังพบว่าทุกระดับความลึกจากผิวดินถึงความลึก 1 เมตร โครงสร้างดินจะมีเปอร์เซ็นต์ทรายสูงในทุกระดับความลึก โดยโครงสร้างของดินมีตั้งแต่ Loamy sand, Sandy loam, Sandy clay loam และ Loam
- **อินทรียวัตถุในดิน** ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน ควรจะมี Organic C (O.C.) อยู่ระหว่าง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่า ดินชั้นบน (0-15 เซนติเมตร) มีค่า O.C. สูงกว่าดินชั้นล่าง (แต่ยังมีปริมาณที่ต่ำ กล่าวคือมีค่าต่ำกว่า 1.2 เปอร์เซ็นต์) แสดงให้เห็นว่าดินดังกล่าวได้มีการเจริญของวัชพืชและมีการสะสมของอินทรียวัตถุมาเป็นเวลาช่วงระยะหนึ่งแล้ว
- **ปริมาณธาตุอาหารในดิน**
  - ไนโตรเจน : ปริมาณไนโตรเจนในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน ควรอยู่ในช่วง 0.15-0.25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของทุกแปลงการทดลอง พบว่า ทุกแปลงในทุกระดับความลึกมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม โดยอยู่ในระดับที่ต่ำมาก คือต่ำกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงแปลงทดลองที่ 5 ที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แปลงอื่นๆ ส่วนใหญ่จะมีค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.01-0.05 เปอร์เซ็นต์
  - ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ : ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน ควรมีค่าอยู่ในช่วง 20-25 mg/kg จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่า ทุกแปลงทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม โดยแปลงทดลองส่วนใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10 mg/kg มีเพียง 6 แปลง ที่มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 10-15 mg/kg
  - โพแทสเซียม : ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าระหว่าง 0.25-0.30 meq/100g soil จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่า แปลงทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่ต่ำ บางแปลงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก โดยมีค่าต่ำกว่า 0.08 meq/100g soil
  - แมกนีเซียม : ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน จะมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 0.25-0.30 meq/100g soil จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน พบว่า แปลงทดลองส่วนใหญ่มีระดับของปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่า 0.1 meq/100g soil

จากการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของดินในแปลงทดลอง สรุปได้ว่าดินไม่มีความอุดมสมบูรณ์เพียงพอในการปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้นหากมีการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มปัจจัยต่างๆ เพื่อให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันมากขึ้น

ตารางที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	PERCENT			Bray II (mg/kg)	meq/100g soil		mg/kg	NH_4OAc Extract (meq/100g soil)			
		Total N	O.M.	O.C.	Available P	Acidity	Al	Available S	K	Na	Ca	Mg
1	0-15	0.03	0.65	0.38	6.41	0.62	0.49	5.38	0.30	0.01	0.08	0.07
	15-30	0.01	0.26	0.15	6.16	0.30	0.23	7.32	0.35	0.01	0.05	0.07
	30-50	0.01	0.17	0.10	5.24	0.35	0.28	11.52	0.19	0.01	0.03	0.03
	50-100	0.01	0.21	0.12	6.12	0.40	0.35	10.02	0.18	0.01	0.04	0.02
2	0-15	0.03	0.77	0.45	10.30	0.52	0.43	4.42	0.21	0.01	0.13	0.11
	15-30	0.01	0.22	0.13	6.21	0.42	0.40	5.17	0.06	0.01	0.05	0.04
	30-50	0.01	0.19	0.11	5.75	0.25	0.23	8.10	0.30	0.01	0.06	0.08
	50-100	0.01	0.21	0.12	6.03	0.22	0.18	5.43	0.33	0.01	0.07	0.08
3	0-15	0.04	0.83	0.48	13.96	0.54	0.46	4.01	0.28	0.01	0.17	0.15
	15-30	0.02	0.35	0.20	6.88	0.56	0.48	4.08	0.13	0.01	0.09	0.10
	30-50	0.01	0.29	0.17	6.90	0.52	0.43	4.09	0.27	0.01	0.06	0.04
	50-100	0.01	0.20	0.12	6.60	0.32	0.28	4.02	0.29	0.01	0.07	0.04
4	0-15	0.06	1.36	0.79	12.48	1.27	1.08	6.07	0.50	0.01	0.22	0.20
	15-30	0.03	0.44	0.26	13.09	1.46	1.35	17.06	0.29	0.01	0.10	0.08
	30-50	0.02	0.38	0.22	11.98	1.17	1.04	8.85	0.13	0.01	0.08	0.05
	50-100	0.04	0.59	0.35	19.30	1.58	1.45	15.80	0.17	0.02	0.48	0.21
5	0-15	0.13	3.04	1.76	11.73	1.01	0.83	5.76	0.38	0.02	0.99	0.62
	15-30	0.04	0.78	0.46	9.72	1.22	1.10	22.75	0.28	0.02	0.65	0.39
	30-50	0.05	0.76	0.44	9.58	1.07	1.01	18.14	0.28	0.01	0.42	0.24
	50-100	0.03	0.49	0.29	12.04	0.86	0.69	22.38	0.15	0.02	0.59	0.37
6	0-15	0.08	1.85	1.08	4.88	0.39	0.32	58.10	0.40	0.01	0.30	0.24
	15-30	0.05	1.13	0.66	3.86	0.29	0.27	118.31	0.35	0.01	0.11	0.06
	30-50	0.04	0.78	0.45	3.22	0.24	0.22	154.14	0.20	0.01	0.05	0.03
	50-100	0.04	0.70	0.40	3.35	0.23	0.22	278.03	0.17	0.01	0.06	0.04
7	0-15	0.08	1.83	1.06	5.53	0.84	0.67	2.96	0.34	0.01	0.18	0.14
	15-30	0.03	0.59	0.35	6.75	0.81	0.61	4.59	0.17	0.01	0.08	0.05
	30-50	0.03	0.38	0.22	9.39	1.15	0.96	16.67	0.18	0.01	0.21	0.06
	50-100	0.04	0.88	0.51	7.14	0.58	0.49	11.36	0.20	0.01	0.26	0.08
8	0-15	0.04	0.98	0.57	8.78	0.69	0.57	7.56	0.21	0.01	0.22	0.13
	15-30	0.01	0.35	0.20	6.70	0.44	0.32	8.62	0.09	0.01	0.12	0.07
	30-50	0.01	0.25	0.14	7.60	0.47	0.41	11.76	0.25	0.01	0.15	0.11
	50-100	0.01	0.15	0.09	10.01	0.40	0.32	19.77	0.31	0.01	0.07	0.03
9	0-15	0.04	0.71	0.41	11.44	0.70	0.56	3.43	0.30	0.01	0.16	0.11
	15-30	0.02	0.40	0.23	9.60	0.42	0.29	7.78	0.32	0.01	0.10	0.09
	30-50	0.01	0.25	0.15	7.57	0.25	0.15	6.12	0.43	0.01	0.08	0.08
	50-100	0.02	0.43	0.25	7.35	0.33	0.21	3.64	0.27	0.01	0.09	0.04

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	PERCENT			Bray II (mg/kg)	meq/100g soil		mg/kg	NH_4OAc Extract (meq/100g soil)			
		Total N	O.M.	O.C.	Available P	Acidity	Al	Available S	K	Na	Ca	Mg
10	0-15	0.06	1.17	0.68	14.26	1.65	1.37	13.74	0.25	0.02	0.33	0.20
	15-30	0.04	0.62	0.36	14.26	2.14	1.91	24.23	0.13	0.02	0.36	0.18
	30-50	0.04	0.51	0.30	15.16	1.81	1.60	24.19	0.09	0.02	0.38	0.20
	50-100	0.03	0.57	0.33	8.59	0.46	0.36	3.80	0.03	0.01	0.16	0.08
11	0-15	0.04	0.82	0.48	6.39	0.38	0.28	12.85	0.18	0.01	0.24	0.14
	15-30	0.02	0.27	0.16	6.64	0.10	0.07	48.37	0.05	0.01	0.08	0.05
	30-50	0.01	0.06	0.04	6.82	0.10	0.05	58.71	0.02	0.00	0.09	0.04
	50-100	0.02	0.18	0.10	6.38	0.10	0.08	65.80	0.02	0.00	0.12	0.04
12	0-15	0.05	1.28	0.74	8.63	0.72	0.59	4.04	0.17	0.01	0.16	0.13
	15-30	0.04	0.60	0.35	7.54	0.59	0.45	19.89	0.07	0.01	0.05	0.04
	30-50	0.04	0.65	0.38	6.26	0.55	0.43	3.69	0.09	0.01	0.06	0.04
	50-100	0.03	0.55	0.32	8.60	0.43	0.31	20.85	0.07	0.01	0.08	0.03
13	0-15	0.09	1.97	1.15	10.27	0.93	0.82	14.57	0.41	0.02	0.38	0.23
	15-30	0.05	0.91	0.53	14.00	0.91	0.81	15.95	0.14	0.02	0.53	0.18
	30-50	0.04	0.67	0.39	9.11	0.60	0.54	36.63	0.07	0.02	0.44	0.20
	50-100	0.04	0.59	0.34	14.02	1.04	0.93	30.40	0.07	0.03	1.08	0.68
14	0-15	0.07	1.79	1.04	8.15	0.73	0.68	6.81	0.32	0.01	0.10	0.08
	15-30	0.06	1.36	0.79	9.27	0.75	0.76	27.09	0.10	0.01	0.04	0.03
	30-50	0.05	1.01	0.59	10.35	0.43	0.43	88.66	0.04	0.01	0.08	0.03
	50-100	0.04	0.84	0.49	8.87	0.35	0.30	108.26	0.04	0.01	0.06	0.02
15	0-15	0.06	1.23	0.71	11.30	0.37	0.32	75.15	0.12	0.01	0.20	0.13
	15-30	0.04	0.66	0.38	10.59	0.22	0.20	81.17	0.08	0.01	0.09	0.06
	30-50	0.03	0.46	0.26	11.69	0.15	0.15	87.07	0.07	0.01	0.06	0.03
	50-100	0.02	0.31	0.18	9.86	0.31	0.26	100.20	0.02	0.01	0.06	0.02

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	meq/100g	1:5 H_2O		PARTICLE SIZE			TEXTURE
		CEC	pH	Ec (µS/cm)	% CLAY	% SILT	% SAND	
1	0-15	1.42	5.64	4.3	11.74	3.95	84.31	LOAMY SAND
	15-30	1.28	5.98	2.5	8.9	6.73	84.37	LOAMY SAND
	30-50	1.27	5.80	1.6	9.68	4.93	85.4	LOAMY SAND
	50-100	1.40	5.73	2.1	9.87	4.73	85.4	LOAMY SAND
2	0-15	1.58	5.58	2.6	10.93	3.58	85.49	LOAMY SAND
	15-30	1.08	5.79	1.1	9.87	2.79	87.34	LOAMY SAND
	30-50	1.18	6.16	1.8	9.87	2.39	87.73	LOAMY SAND
	50-100	1.23	5.99	1.8	10.1	2.60	87.3	LOAMY SAND
3	0-15	1.82	5.60	3	9.77	6.76	83.47	LOAMY SAND
	15-30	1.42	5.94	1.4	9.73	4.74	85.53	LOAMY SAND
	30-50	1.45	6.23	1.4	9.9	6.37	83.73	LOAMY SAND
	50-100	1.22	6.20	1.5	9.89	3.57	86.54	LOAMY SAND
4	0-15	3.74	5.40	4.3	15.02	20.09	64.89	SANDY LOAM
	15-30	3.48	5.52	2.3	15.55	22.48	61.97	SANDY LOAM
	30-50	2.95	5.43	1.9	12.48	18.77	68.75	SANDY LOAM
	50-100	4.73	5.11	4.3	17.62	29.84	52.54	SANDY LOAM
5	0-15	5.89	4.91	9.7	21.83	25.64	52.54	SANDY CLAY LOAM
	15-30	4.94	5.22	3.4	17.18	40.11	42.71	LOAM
	30-50	3.66	5.62	2.7	18.62	33.39	47.99	LOAM
	50-100	4.78	5.45	2.4	23.79	33.34	42.87	LOAM
6	0-15	4.28	5.41	4.8	27.63	16.24	56.13	SANDY CLAY LOAM
	15-30	4.38	5.56	3.1	30.99	16.09	52.92	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.96	5.42	2.4	26.13	19.64	54.23	SANDY CLAY LOAM
	50-100	3.37	5.32	3.1	31.65	16.62	51.73	SANDY CLAY LOAM
7	0-15	3.37	5.40	4	16.67	13.01	70.32	SANDY LOAM
	15-30	2.30	5.61	1.6	10.63	14.26	75.11	SANDY LOAM
	30-50	3.12	5.75	0.9	11.31	22.28	66.41	SANDY LOAM
	50-100	3.09	5.58	1.5	19.83	15.6	64.57	SANDY LOAM
8	0-15	3.22	5.34	1.7	8.96	9.40	81.65	LOAMY SAND
	15-30	1.39	5.63	1.3	6.9	4.35	88.75	SAND
	30-50	1.94	5.95	1.2	6.92	10.36	82.72	LOAMY SAND
	50-100	1.54	6.07	1.5	6.71	6.15	87.15	LOAMY SAND
9	0-15	2.22	5.40	3.1	6.95	8.22	84.82	LOAMY SAND
	15-30	1.91	5.81	2.1	6.57	7.95	85.48	LOAMY SAND
	30-50	1.77	6.30	1.7	6.39	6.91	86.69	LOAMY SAND
	50-100	2.07	5.86	1.2	8.47	8.48	83.05	LOAMY SAND

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15, 15-30, 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

เลขที่แปลง	ความลึก (ซม.)	meq/100g	1:5 H_2O		PARTICLE SIZE			TEXTURE
		CEC	pH	Ec (µS/cm)	% CLAY	% SILT	% SAND	
10	0-15	6.52	4.95	4.2	13.36	22.6	64.04	SANDY LOAM
	15-30	4.79	5.27	1.8	19.63	38.91	41.45	LOAM
	30-50	7.06	5.33	1.6	20.22	42.34	37.44	LOAM
	50-100	2.47	5.83	0.8	20.67	16.14	63.19	SANDY CLAY LOAM
11	0-15	2.07	5.21	2.8	15.12	9.36	75.52	SANDY LOAM
	15-30	1.53	5.78	1.3	15.42	11.12	73.47	SANDY LOAM
	30-50	1.07	5.8	1.0	14.64	11.88	73.48	SANDY LOAM
	50-100	1.04	5.76	0.9	17.45	16.75	65.79	SANDY LOAM
12	0-15	2.50	5.31	2.4	15.21	8.61	76.18	SANDY LOAM
	15-30	1.83	5.41	1.5	14.36	8.15	77.49	SANDY LOAM
	30-50	1.70	5.69	1.1	14.92	7.17	77.19	SANDY LOAM
	50-100	1.98	5.9	0.9	15.34	13.98	70.69	SANDY LOAM
13	0-15	5.22	5.01	5.4	19.93	19.4	60.67	SANDY LOAM
	15-30	6.25	5.58	1.3	24.43	22.52	53.05	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.23	5.56	1.3	22.92	20.26	56.82	SANDY CLAY LOAM
	50-100	6.64	5.47	1.6	26.97	32.15	40.88	LOAM
14	0-15	3.30	5.36	3.1	22.56	12.38	65.06	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.66	4.98	2.0	25.43	13.96	60.61	SANDY CLAY LOAM
	30-50	3.79	4.95	2.4	25.4	17.2	57.4	SANDY CLAY LOAM
	50-100	3.68	5.06	2.6	27.51	14.34	58.15	SANDY CLAY LOAM
15	0-15	4.43	5.27	2.8	31.35	15.15	53.15	SANDY CLAY LOAM
	15-30	3.90	5.52	1.5	29.44	17.47	53.08	SANDY CLAY LOAM
	30-50	4.59	5.35	1.9	30.5	18.48	51.02	SANDY CLAY LOAM
	50-100	4.25	5.19	1.8	24.45	21.89	53.66	SANDY CLAY LOAM

4.2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ได้แก่ น้ำหนักทะลายสด ส่วนองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนทะลายและน้ำหนัก 1 ทะลาย การเก็บข้อมูลผลผลิตจะทำการบันทึกน้ำหนักและจำนวนทะลายเป็นรายต้น (ตามหมายเลขต้น) แล้วหาน้ำหนักและจำนวนทะลายเฉลี่ยเป็นรายต้น โดยการชั่งน้ำหนักทะลายและนับจำนวนทะลายทุกๆ 15 วัน ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลผลผลิตในระหว่างเดือนมกราคม 2556 ถึง เดือนธันวาคม 2559 (ปาล์มน้ำมันอายุ 4-7 ปี) และรวบรวมข้อมูลเป็นน้ำหนักทะลาย จำนวนทะลาย และขนาดทะลาย เป็นข้อมูลรายต้นต่อปี

1) น้ำหนักทะลาย

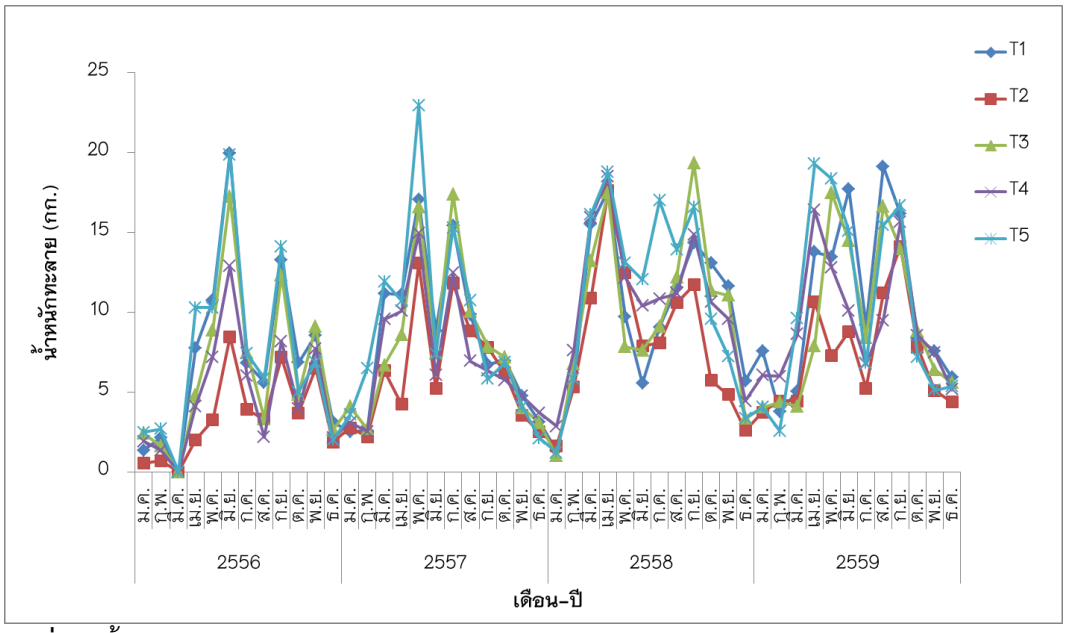
พบว่า น้ำหนักทะลายรวมในช่วงระยะเวลา 4 ปี (ปี 2556-2559, ปาล์มอายุ 4-7 ปี) ของการจัดการปุ๋ยแบบ T5 ทำให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตสูงที่สุด (455.17 กิโลกรัม/ต้น) ในขณะที่การจัดการปุ๋ยแบบ T2 นั้น ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตต่ำที่สุด (302.60 กิโลกรัม/ต้น) จากข้อมูลการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักทะลายพบว่า ในช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี (ปี 2556) จะให้ผลผลิตทะลายเฉลี่ย 69.39 กิโลกรัม/ต้น เพิ่มขึ้นเป็น 92.89 กิโลกรัม/ต้น ในปีที่ 5 (ปี 2557) และเพิ่มขึ้นเป็น 120.85 กิโลกรัม/ต้น ในปีที่ 6 (ปี 2558) แต่ในปีที่ 7 (ปี 2559) ผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลงเหลือ 113.15 กิโลกรัม/ต้น โดยพบว่าทุกวิธีการจัดการปุ๋ยยกเว้นการจัดการปุ๋ยแบบ T1 ปาล์มน้ำมันจะมีน้ำหนักทะลายต่อต้นลดลง แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตรา 3,000 กรัม/ต้น/ปี ปุ๋ยสูตร 18-46-0 อัตรา 1,000 กก./ต้น/ปี และปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 2,500 กรัม/ต้น/ปี ให้กับปาล์มน้ำมันนั้นยังไม่เพียงพอสำหรับการรักษาผลผลิตทะลายให้คงที่อย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 3)

พบว่า ในดินเหมืองเก่าซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณธาตุแมกนีเซียมจะมีผลต่อผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน จากการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการจัดการปุ๋ยแบบ T1 กับ T2 พบว่าการจัดการปุ๋ยแบบ T1 ซึ่งมีการให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปริมาณที่น้อยกว่าการจัดการปุ๋ยแบบ T2 แต่มีการให้ปุ๋ยคีเซอร์ไรท์ในอัตรา 400 กรัม/ต้น/ปี ทำให้ผลผลิตรวมในช่วงระยะเวลา 4 ปี ของ T1 สูงกว่า T2 ถึง 43.63 เปอร์เซ็นต์ (จาก 302.60 เป็น 434.62 กิโลกรัม) นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดการปุ๋ยแบบ T2 และ T3 ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโบรอน ในอัตราเดียวกัน แต่การจัดการปุ๋ยแบบ T3 มีการเพิ่มโดโลไมท์ซึ่งมีส่วนประกอบของแมกนีเซียม พบว่าผลผลิตรวม 4 ปี ของ T2 มีค่าเท่ากับ 302.60 กิโลกรัม/ต้น ในขณะที่ผลผลิตรวม 4 ปี ของ T3 มีถึง 403.07 กิโลกรัม/ต้น ซึ่งการจัดการปุ๋ยแบบ T3 มีผลผลิตรวมในช่วง 4 ปี สูงกว่า T2 ถึง 100.47 กิโลกรัม/ต้น หรือสูงขึ้น 33.20 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 1, 2)

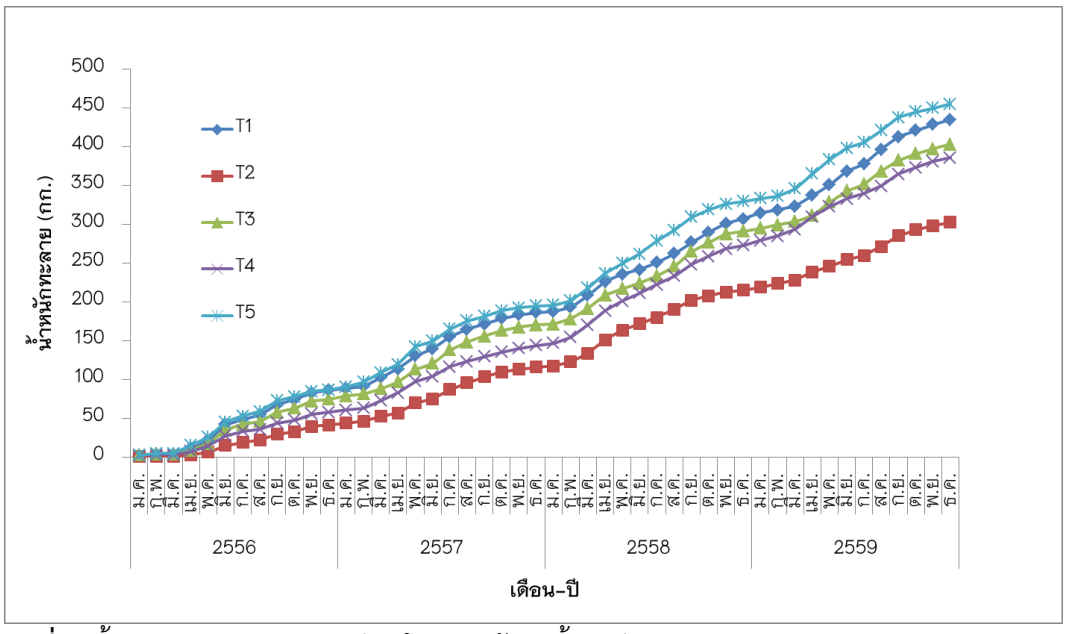
การปรับปรุงดินเหมืองเก่าโดยใช้อินทรียวัตถุช่วยในการปรับปรุงดิน จำเป็นต้องพัฒนาชนิดและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่นำมาใส่ด้วยว่ามีการย่อยสลายในระดับใด จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้อินทรียวัตถุจากทะลายปาล์มน้ำมัน ที่เป็นทะลายสดจากโรงงานและทะลายปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมัก พบว่า การใช้ทะลายปาล์มสดจากโรงงานในอัตรา 250 กิโลกรัม/ต้น/ปี คลุมรอบโคน ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตรวม 4 ปี (T4) เท่ากับ 386.0 กิโลกรัม/ต้น/ปี ในขณะที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำจากทะลายปาล์มหมักในอัตรา 25 กิโลกรัม/ต้น/ปี หว่านรอบใต้ทรงพุ่ม (T5) ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตรวมในช่วง 4 ปี เท่ากับ 455.17 กิโลกรัม/ต้น/ปี นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ทะลายเปล่าคลุมรอบโคนจะทำให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตต่ำกว่าการไม่ใช้ทะลายเปล่ามาคลุม โดยปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการคลุมทะลายเปล่าและไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลาย (T3) จะมีผลผลิตรวม 4 ปี เท่ากับ 403.07 กิโลกรัม/ต้น เนื่องจากการใช้ทะลายเปล่าคลุมทำให้จุลินทรีย์ในดินจำเป็นต้องมีการนำธาตุอาหารมาช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ จึงส่งผลให้ปาล์มน้ำมันขาดธาตุอาหารในช่วงดังกล่าว

ตารางที่ 3 น้ำหนักทะลาย (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				รวม 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	86.20 ± 11.78	100.14 ± 11.77	120.60 ± 3.67	127.68 ± 10.94	434.62
T2	41.43 ± 17.04	74.52 ± 25.12	99.40 ± 12.05	87.25 ± 20.26	302.60
T3	74.78 ± 42.50	95.70 ± 31.55	120.38 ± 26.35	112.21 ± 41.03	403.07
T4	57.70 ± 7.14	86.24 ± 7.71	129.07 ± 10.97	112.99 ± 8.54	386.00
T5	86.85 ± 32.72	107.87 ± 32.14	134.82 ± 28.78	125.63 ± 33.37	455.17
ค่าเฉลี่ย	69.39 ± 17.52	92.89 ± 11.55	120.85 ± 12.03	113.15 ± 14.41	396.29 ± 52.66



รูปที่ 1 น้ำหนักทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 2 น้ำหนักทะลายสะสม 4 ปี (กิโลกรัม/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559

2) จำนวนทะลาย

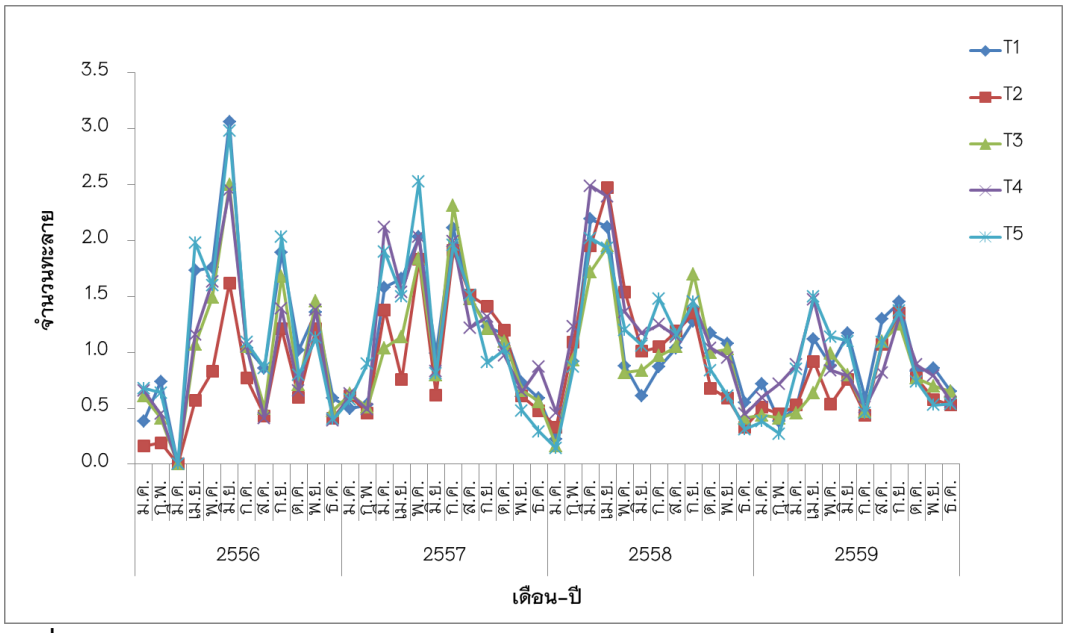
ในทุกรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน จะมีการนับจำนวนทะลายพร้อมกับการชั่งน้ำหนักทะลาย พบว่า จำนวนทะลายเฉลี่ยของทุกวิธีการจัดการดินและปุ๋ย (ทรีทเม้นต์) ตั้งแต่ปี 2556-2559 รวมระยะเวลา 4 ปี ปาล์มน้ำมันมีจำนวนทะลายเฉลี่ย 49.04 ทะลาย/ต้น โดยในปี 2556 ปาล์มน้ำมันมีจำนวนทะลายเฉลี่ย 12.05 ทะลาย/ต้น และเพิ่มขึ้นเป็น 13 ทะลาย/ต้น ในปี 2557 และ ปี 2558 ในขณะที่ปี 2559 ค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลายทั้งหมดลดลงเหลือ 9.54 ทะลาย/ต้น

จากการทดลองพบว่า จำนวนทะลายรวมต่อต้นในช่วงระยะเวลา 4 ปี ของการจัดการปุ๋ยแบบ T2 จะมีจำนวนทะลายน้อยที่สุดคือ 42.80 ทะลาย/ต้น และจำนวนทะลายรวมของ T3 มีจำนวน 46.55 ทะลาย/ต้น ในขณะที่ T1, T4 และ T5 มีจำนวนทะลายรวมต่อต้นสูงกว่า โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 51-52 ทะลาย/ต้น (ตารางที่ 4) และในทุกวิธีการจัดการปุ๋ยปาล์มน้ำมันจะมีจำนวนทะลายต่อต้นลดลงเมื่ออายุมากขึ้น เนื่องจากเมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากขึ้นขนาดทะลายก็จะใหญ่ขึ้นและมีการสะสมอาหารมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอที่จะเพิ่มจำนวนทะลาย นอกจากนั้นเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากอัตราการสร้างทางใบจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้จำนวนทะลายลดน้อยลงไปด้วย เนื่องจากการเกิดดอกที่จะพัฒนาเป็นทะลายจะเกิดบริเวณซอกทางใบ

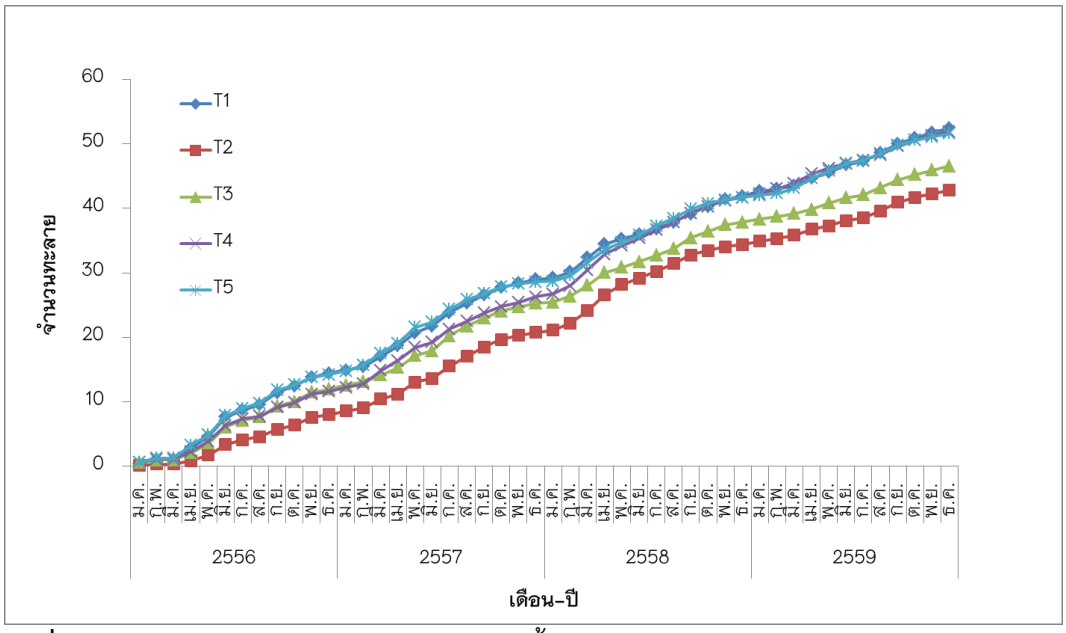
การสร้างทะลายปาล์มน้ำมันในรอบปีของทุกวิธีการจัดการปุ๋ย จะมีแนวโน้มเหมือนกันกับปาล์มน้ำมันในช่วงที่มีอายุน้อย โดยพบว่าในช่วงที่ปาล์มน้ำมันอายุ 4-6 ปี (ปี 2556-2558) จะมีการสร้างทะลายน้อยในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคมของปีถัดไป และจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน แต่เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้น (ปี 2559) การให้ทะลายของปาล์มน้ำมันจะมีจำนวนกระจายทั้งปี (รูปที่ 3) ซึ่งในแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยปาล์มน้ำมันจะมีการสร้างทะลายแตกต่างกันอย่างชัดเจน พบว่า การจัดการปุ๋ยแบบ T2 จะมีจำนวนทะลายรวมในช่วงเวลา 4 ปี จำนวนน้อยกว่าทุกวิธีการจัดการปุ๋ย (42.80 ทะลาย) ในขณะที่ T3 ซึ่งมีจำนวนทะลายรวม 46.55 ทะลาย จะมีจำนวนทะลายลดลงอย่างชัดเจนหลังจากปี 2557 ในขณะที่วิธีการจัดการปุ๋ยแบบ T1, T4 และ T5 จะมีจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันใกล้เคียงกันหลังจากปี 2558 (รูปที่ 4)

ตารางที่ 4 จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				รวม 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	14.43 ± 1.36	14.58 ± 1.48	12.91 ± 0.78	10.45 ± 1.09	52.37
T2	8.01 ± 2.93	12.77 ± 2.38	13.59 ± 0.18	8.43 ± 2.59	42.80
T3	11.98 ± 6.20	13.29 ± 3.78	12.60 ± 1.46	8.68 ± 2.44	46.55
T4	11.63 ± 0.36	14.67 ± 1.29	15.36 ± 1.44	10.20 ± 0.85	51.86
T5	14.20 ± 4.06	14.38 ± 3.15	13.07 ± 2.37	9.96 ± 1.34	51.61
ค่าเฉลี่ย	12.05 ± 2.31	13.94 ± 0.77	13.51 ± 0.98	9.54 ± 0.83	49.04 ± 3.76



รูปที่ 3 จำนวนทะลายรายเดือน (ทะลาย/ต้น) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 4 จำนวนทะลายสะสม 4 ปี (ทะลาย/ต้น) ตั้งแต่ปี 2556-2559

3) น้ำหนัก 1 ทะลาย

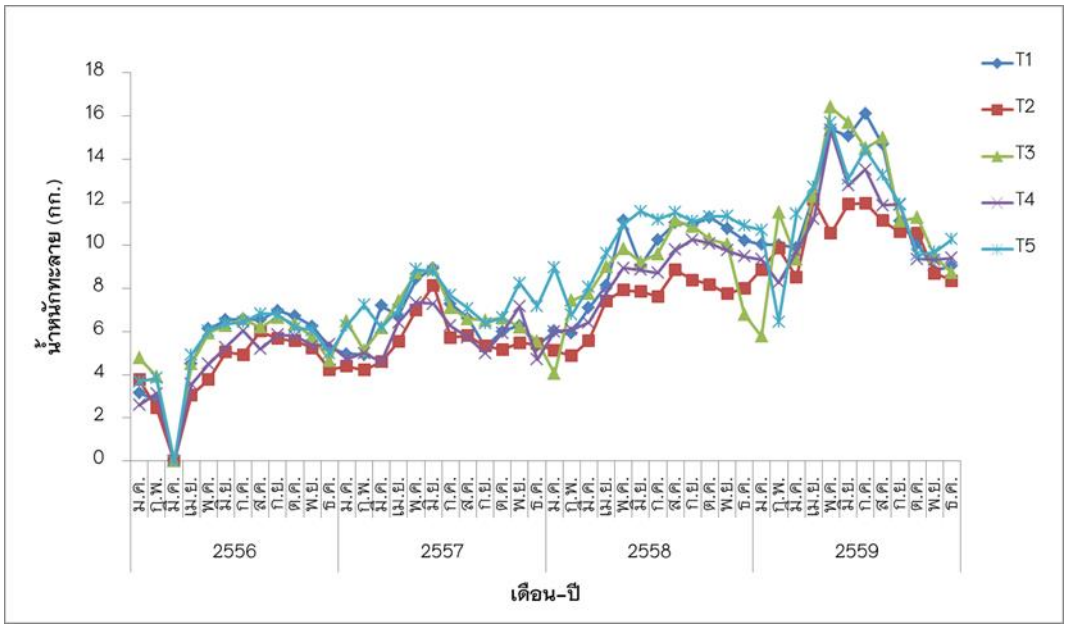
น้ำหนัก 1 ทะลาย จะบอกถึงขนาดของทะลายปาล์มน้ำมัน หากน้ำหนัก 1 ทะลายมาก แสดงว่าทะลายมีขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้ามหากทะลายมีขนาดเล็กจะมีน้ำหนัก 1 ทะลายน้อย โดยข้อมูลของน้ำหนัก 1 ทะลาย จะได้จากสัดส่วนของน้ำหนักทะลายกับจำนวนทะลายที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลของปาล์มน้ำมันแต่ละต้นที่เก็บตัวอย่าง เช่นเดียวกับข้อมูลของน้ำหนักทะลายและข้อมูลของจำนวนทะลาย

จากการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 1 ทะลาย ในทุกวิธีการจัดการดินและปุ๋ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยน้ำหนัก 1 ทะลาย ในปีที่ 4 (ปี 2556) มีน้ำหนักเฉลี่ย 5.55 กิโลกรัม/ทะลาย และเพิ่มขึ้นเป็น 6.57, 8.98 และ 11.81 กิโลกรัม/ทะลาย ในปีที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งขนาดของทะลายปาล์มน้ำมันในรอบปีจะมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ปาล์มน้ำมันจะมีขนาดทะลายใหญ่กว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งมีปัจจัยของปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้มีการพัฒนาการเจริญเติบโตของทะลายปาล์มน้ำมันมีมากกว่าช่วงอื่นๆ (รูปที่ 5)

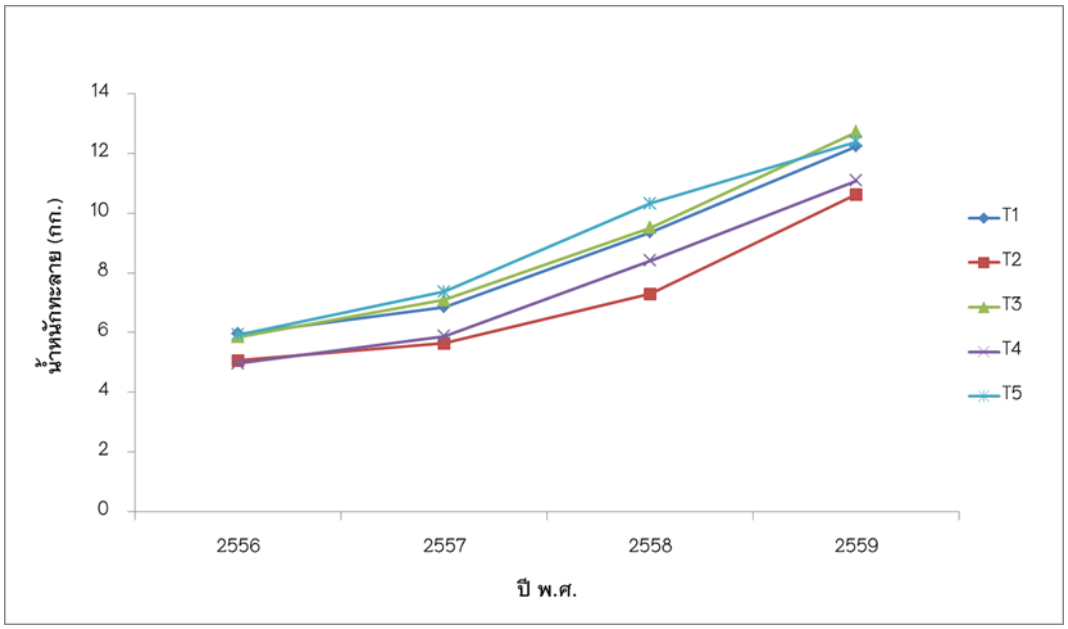
ผลของวิธีการจัดการปุ๋ย (ทรีทเมนต์) จะมีผลต่อขนาดทะลายปาล์มน้ำมัน โดยพบว่า การจัดการปุ๋ยแบบ T2 และ T4 จะมีการพัฒนาของทะลายน้อยกว่า T1, T3 และ T5 โดยค่าเฉลี่ยของขนาดทะลายในช่วงระยะเวลา 4 ปี (ปี 2556-2559) ของ T2 และ T4 ปาล์มน้ำมันจะมีน้ำหนักเฉลี่ย 7.16 และ 7.59 กิโลกรัม/ทะลาย ในขณะที่ขนาดทะลายเฉลี่ยในช่วง 4 ปี ของ T1, T3 และ T5 จะมีน้ำหนักเฉลี่ย 8.61, 8.79 และ 9.01 กิโลกรัม/ทะลาย ตามลำดับ (รูปที่ 6)

ตารางที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลาย (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559

ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.				ค่าเฉลี่ย 4 ปี
	2556	2557	2558	2559	
T1	5.96 ± 0.30	6.86 ± 0.29	9.36 ± 0.37	12.24 ± 0.27	8.61
T2	5.07 ± 0.35	5.64 ± 1.05	7.30 ± 0.84	10.63 ± 1.73	7.16
T3	5.85 ± 1.10	7.09 ± 0.45	9.51 ± 1.38	12.72 ± 2.25	8.79
T4	4.96 ± 0.56	5.88 ± 0.05	8.41 ± 0.31	11.09 ± 0.51	7.59
T5	5.93 ± 0.66	7.37 ± 0.90	10.33 ± 1.61	12.39 ± 1.81	9.01
ค่าเฉลี่ย	5.55 ± 0.44	6.57 ± 0.68	8.98 ± 1.04	11.81 ± 0.81	7.98 ± 0.65



รูปที่ 5 น้ำหนัก 1 ทะลายรายเดือน (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559



รูปที่ 6 น้ำหนัก 1 ทะลายเฉลี่ยรายปี (กิโลกรัม/ทะลาย) ระหว่างปี 2556-2559

4.3 ปริมาณธาตุอาหารในใบ

ปริมาณธาตุอาหารในใบของปาล์มน้ำมันจะเป็นตัวบ่งบอกว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ไปเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องหรือไม่ โดยปริมาณธาตุอาหารในใบจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันได้รับ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในใบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยและชนิดปุ๋ยที่ใส่ วิธีการใส่ ช่วงเวลาที่ใส่ และปัจจัยที่ส่งเสริมการดูดธาตุอาหาร เช่น สมบัติของดิน ความชื้น เป็นต้น ส่วนปัจจัยที่ 2 ผลผลิตหรือจำนวนทะลายที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไปจากต้นปาล์มน้ำมัน เนื่องจากทะลายปาล์มน้ำมันมีปริมาณธาตุอาหารจำนวนมาก เมื่อมีการเก็บเกี่ยวทะลายออกไปก็เท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารออกไปด้วย ดังนั้นถ้าปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตมากก็จะถูกนำธาตุอาหารออกไปมากเช่นกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารในใบลดลง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการปรับปริมาณการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมันในทุกๆ ปี เพื่อไม่ให้ปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เพราะจะทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันในปีถัดไปลดลง

ช่วงอายุของปาล์มน้ำมันก็มีผลต่อการสะสมปริมาณธาตุอาหารเช่นกัน จากการทดลองพบว่าปาล์มน้ำมันจะมีการสะสมธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 3-4 ปีแรก เนื่องจากในช่วงดังกล่าวปาล์มน้ำมันยังไม่มีผลผลิต จึงยังไม่มีการนำธาตุอาหารออกไปจากต้นปาล์มน้ำมัน ดังนั้นค่ามาตรฐานความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 ในช่วงปาล์มน้ำมันอายุต่ำกว่า 6 ปี จะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 ในช่วงที่ปาล์มน้ำมันเริ่มมีการนำผลผลิตออกจากต้นไปแล้ว (ปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 6 ปี)

ตารางปริมาณธาตุอาหารระดับต่างๆ ในทางใบที่ 17 ของปาล์มเล็ก (อายุต่ำกว่า 6 ปี)

ธาตุอาหาร	ขาด	เหมาะสม	เกิน
ไนโตรเจน (%)	< 2.50	2.60 - 2.90	> 3.10
ฟอสฟอรัส (%)	< 0.15	0.16 - 0.19	> 0.25
โพแทสเซียม (%)	< 1.00	1.10 - 1.30	> 1.80
แมกนีเซียม (%)	< 0.20	0.30 - 0.45	> 0.70
แคลเซียม (%)	< 0.30	0.50 - 0.70	> 0.70
ซัลเฟอร์ (%)	< 0.20	0.25 - 0.40	> 0.60
คลอรีน (%)	< 0.25	0.50 - 0.70	> 1.00
โบรอน (mg/kg)	< 8	15 - 25	> 40
ทองแดง (mg/kg)	< 3	5 - 7	> 15
สังกะสี (mg/kg)	< 10	12 - 18	> 80

ที่มา : Rankine and Fairhurst (1998)

ตารางปริมาณธาตุอาหารระดับต่างๆ ในทางใบที่ 17 ของปาล์มใหญ่ (อายุมากกว่า 6 ปี)

ธาตุอาหาร	ขาด	เหมาะสม	เกิน
ไนโตรเจน (%)	< 2.30	2.40 - 2.80	> 3.00
ฟอสฟอรัส (%)	< 0.14	0.15 - 0.18	> 0.25
โพแทสเซียม (%)	< 0.75	0.90 - 1.20	> 1.60
แมกนีเซียม (%)	< 0.20	0.25 - 0.40	> 0.70
แคลเซียม (%)	< 0.25	0.50 - 0.75	> 1.00
ซัลเฟอร์ (%)	< 0.20	0.25 - 0.35	> 0.60
คลอรีน (%)	< 0.25	0.50 - 0.70	> 1.00
โบรอน (mg/kg)	< 8	15 - 25	> 40
ทองแดง (mg/kg)	< 3	5 - 8	> 15
สังกะสี (mg/kg)	< 10	12 - 18	> 80

ที่มา : Rankine and Fairhurst (1998)

ในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน จะทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 โดยการทดลองนี้จะดำเนินการเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 ครั้ง ในปี 2554, 2555, 2556, 2557, 2558 และ 2559 (ปาล์มน้ำมันอายุ 2-7 ปี) โดยจะเก็บตัวอย่างใบในเดือนมีนาคมของทุกปี เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักที่สำคัญ 5 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N), ธาตุฟอสฟอรัส (P), ธาตุโพแทสเซียม (K), ธาตุแมกนีเซียม (Mg) และธาตุโบรอน (B)

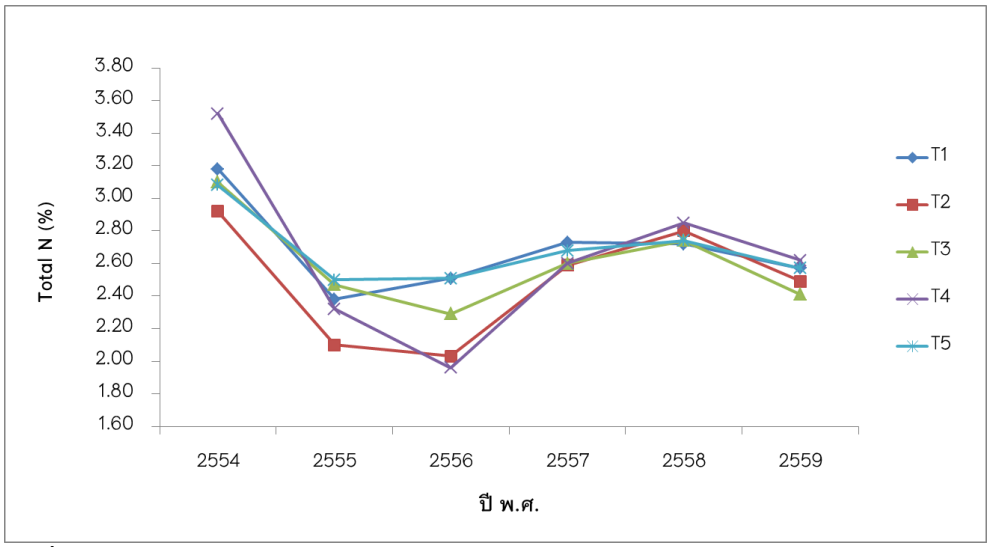
ในปี 2554 ปาล์มน้ำมันมีอายุ 2 ปี จึงยังไม่มีการให้ผลผลิตทะลาย จากการทดลองพบว่าปริมาณธาตุอาหารในใบอยู่ในระดับที่สูงกว่าปีอื่นๆ ยกเว้นปริมาณธาตุโบรอน

- **ธาตุไนโตรเจน :** ในปี 2554 (ปาล์มน้ำมันอายุ 2 ปี) ซึ่งเริ่มเก็บข้อมูลปริมาณธาตุอาหาร พบว่าค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของทุกแปลงมีค่า 3.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานในระดับที่เหมาะสม (2.6-2.9 เปอร์เซ็นต์) โดยพบว่าการจัดการปุ๋ยแบบ T4 มีระดับของไนโตรเจนสูงสุด (3.52 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ T2 มีระดับของไนโตรเจนต่ำสุด (2.92 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไนโตรเจนในใบลดลงอย่างรวดเร็วในปี 2555 (ปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปี) พบว่าค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของทุกแปลงมีค่า 2.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม และปริมาณไนโตรเจนยังอยู่ในระดับที่ต่ำจนถึงปี 2556 (ปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี) โดยเฉพาะการจัดการปุ๋ยแบบ T2 และ T4 จะมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าการจัดการปุ๋ยวิธีอื่นๆ พบว่าปริมาณไนโตรเจนจะเพิ่มสูงขึ้นในปี 2558 (ปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี) และลดลงในปี 2559 (ปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี) แสดงให้เห็นว่าการให้ไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตราที่ต่ำกว่า 3,000 กรัม/ต้น/ปี จะไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าว (ตารางที่ 6) (รูปที่ 7)
- **ธาตุฟอสฟอรัส :** ระดับปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสค่อนข้างจะคงที่ตลอดการทดลอง โดยอยู่ในระดับที่เหมาะสม ยกเว้นในปี 2555 (ปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปี) เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันเริ่มให้ผลผลิต โดยทุกวิธีการจัดการปุ๋ยจะมีระดับของฟอสฟอรัสลดลง โดยมีค่าเฉลี่ย 0.15 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับของฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นในปีถัดไป แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยสูตร 0-3-0 ในอัตรา 950 กรัม/ต้น/ปี หรือปุ๋ยสูตร 18-46-0 ในอัตรา 1,000 กรัม/ต้น/ปี เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลายปาล์มหมัก (T5) จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) (รูปที่ 8)

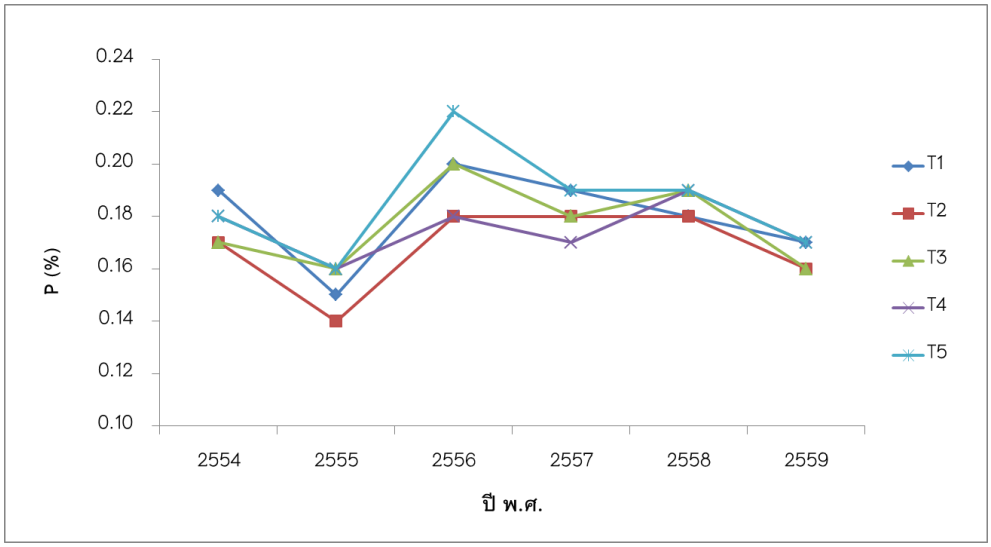
- **ธาตุโพแทสเซียม :** ในปี 2554 (ปาล์มน้ำมันอายุ 2 ปี) ปาล์มน้ำมันยังไม่มีการให้ผลผลิตทะลาย พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในใบมีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยที่ 1.39 เปอร์เซ็นต์ โดยการจัดการปุ๋ยแบบ T4 มีปริมาณมากที่สุด (1.54 ปอร์เซ็นต์) หลังจากปาล์มน้ำมันเริ่มมีผลผลิตปริมาณโพแทสเซียมก็จะลดลงอย่างรวดเร็วและค่อนข้างคงที่ โดยใส่ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ในอัตรา 1,400-2,500 กรัม/ต้น/ปี อย่างไรก็ตามพบว่าการปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 โดยใส่โดโลไมท์ (T3) จะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่นๆ ในขณะที่การใช้ทะลายเปล่าคลุมโคนในอัตรา 250 กิโลกรัม/ต้น/ปี จะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบมีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 6) (รูปที่ 9)
- **ธาตุแมกนีเซียม :** ปริมาณธาตุแมกนีเซียมของทุกวิธีการจัดการปุ๋ย จะมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยปริมาณธาตุแมกนีเซียมในปี 2558 และ 2559 จะมีค่าต่ำกว่าระดับมาตรฐานในทุกวิธีการจัดการปุ๋ย ยกเว้นการจัดการปุ๋ยแบบ T4 ซึ่งมีการใช้ทะลายเปล่าคลุมโคน แสดงให้เห็นว่าการใช้คีเซอร์ไรท์ในอัตรา 400 กรัม/ต้น/ปี ไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ทะลายเปล่าคลุมโคนในอัตรา 250 กิโลกรัม/ต้น/ปี จะช่วยให้มีธาตุแมกนีเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าว (ตารางที่ 6) (รูปที่ 10)
- **ธาตุโบรอน :** ปริมาณธาตุโบรอนในทุกวิธีการจัดการปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกัน โดยในปี 2554 และ 2555 ปริมาณโบรอนมีค่าเฉลี่ย 8.48 และ 10.66 ppm ตามลำดับ พบว่าปริมาณโบรอนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 24.61 ppm ในปี 2556 และลดลงเหลือ 16.54 และ 18.46 ppm ในปี 2557 และ 2558 และอยู่ในระดับที่ขาด 14.95 ppm ในปี 2559 แสดงให้เห็นว่าการใส่โบเรตในอัตรา 80 กรัม/ต้น/ปี ไม่เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าว (ตารางที่ 6) (รูปที่ 11)

ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในใบ

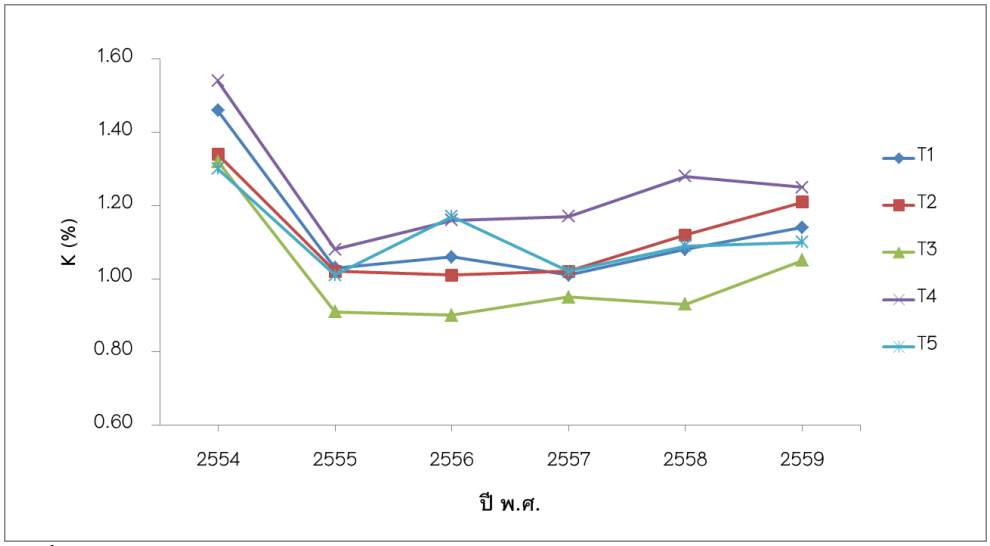
ธาตุอาหาร	ทรีทเมนต์	N (%)					
		2554	2555	2556	2557	2558	2559
ไนโตรเจน (%)	T1	3.18 ± 0.10	2.38 ± 0.07	2.51 ± 0.08	2.73 ± 0.09	2.72 ± 0.08	2.57 ± 0.02
	T2	2.92 ± 0.28	2.10 ± 0.20	2.03 ± 0.02	2.59 ± 0.11	2.80 ± 0.06	2.49 ± 0.10
	T3	3.10 ± 0.11	2.47 ± 0.15	2.29 ± 0.31	2.60 ± 0.13	2.74 ± 0.05	2.41 ± 0.12
	T4	3.52 ± 0.33	2.32 ± 0.14	1.96 ± 0.04	2.60 ± 0.08	2.85 ± 0.06	2.62 ± 0.05
	T5	3.08 ± 0.03	2.50 ± 0.06	2.51 ± 0.05	2.68 ± 0.10	2.74 ± 0.03	2.57 ± 0.04
	ค่าเฉลี่ย	3.16 ± 0.20	2.35 ± 0.14	2.26 ± 0.23	2.64 ± 0.06	2.77 ± 0.05	2.53 ± 0.07
ฟอสฟอรัส (%)	T1	0.19 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.20 ± 0.01	0.19 ± 0.00	0.18 ± 0.00	0.17 ± 0.00
	T2	0.17 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.18 ± 0.00	0.18 ± 0.00	0.18 ± 0.01	0.16 ± 0.01
	T3	0.17 ± 0.00	0.16 ± 0.01	0.20 ± 0.03	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.16 ± 0.01
	T4	0.18 ± 0.00	0.16 ± 0.01	0.18 ± 0.00	0.17 ± 0.00	0.19 ± 0.00	0.17 ± 0.00
	T5	0.18 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.22 ± 0.03	0.19 ± 0.01	0.19 ± 0.00	0.17 ± 0.01
	ค่าเฉลี่ย	0.18 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.17 ± 0.01
โพแทสเซียม (%)	T1	1.46 ± 0.18	1.03 ± 0.07	1.06 ± 0.09	1.01 ± 0.05	1.08 ± 0.00	1.14 ± 0.05
	T2	1.34 ± 0.14	1.02 ± 0.18	1.01 ± 0.09	1.02 ± 0.16	1.12 ± 0.07	1.21 ± 0.16
	T3	1.32 ± 0.18	0.91 ± 0.10	0.90 ± 0.10	0.95 ± 0.07	0.93 ± 0.04	1.05 ± 0.03
	T4	1.54 ± 0.07	1.08 ± 0.04	1.16 ± 0.05	1.17 ± 0.09	1.28 ± 0.11	1.25 ± 0.04
	T5	1.30 ± 0.03	1.01 ± 0.03	1.17 ± 0.05	1.02 ± 0.09	1.09 ± 0.03	1.10 ± 0.05
	ค่าเฉลี่ย	1.39 ± 0.09	1.01 ± 0.06	1.06 ± 0.10	1.03 ± 0.07	1.10 ± 0.11	1.15 ± 0.07
แมกนีเซียม (%)	T1	0.40 ± 0.04	0.37 ± 0.03	0.35 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.28 ± 0.03	0.27 ± 0.02
	T2	0.40 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.39 ± 0.03	0.34 ± 0.05	0.27 ± 0.01	0.27 ± 0.03
	T3	0.39 ± 0.03	0.35 ± 0.06	0.35 ± 0.04	0.31 ± 0.05	0.27 ± 0.02	0.27 ± 0.02
	T4	0.35 ± 0.01	0.37 ± 0.05	0.37 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.30 ± 0.04	0.32 ± 0.04
	T5	0.39 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.33 ± 0.04	0.27 ± 0.02	0.29 ± 0.03
	ค่าเฉลี่ย	0.39 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.36 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.28 ± 0.02
โบรอน (ppm)	T1	8.07 ± 1.33	10.59 ± 0.91	23.26 ± 0.72	16.54 ± 0.98	18.54 ± 2.37	13.98 ± 1.30
	T2	8.21 ± 0.15	10.85 ± 1.29	25.45 ± 4.93	17.05 ± 2.12	19.00 ± 1.74	16.63 ± 0.41
	T3	9.07 ± 0.59	11.68 ± 0.38	26.89 ± 5.87	16.77 ± 1.07	18.99 ± 0.89	14.06 ± 0.46
	T4	9.16 ± 1.08	9.73 ± 1.00	23.32 ± 1.63	15.39 ± 0.49	17.18 ± 1.98	15.11 ± 0.23
	T5	7.87 ± 0.77	10.44 ± 1.15	24.14 ± 2.37	16.94 ± 0.77	18.58 ± 0.98	14.99 ± 0.95
	ค่าเฉลี่ย	8.48 ± 0.53	10.66 ± 0.63	24.61 ± 1.39	16.54 ± 0.60	18.46 ± 0.67	14.95 ± 0.96



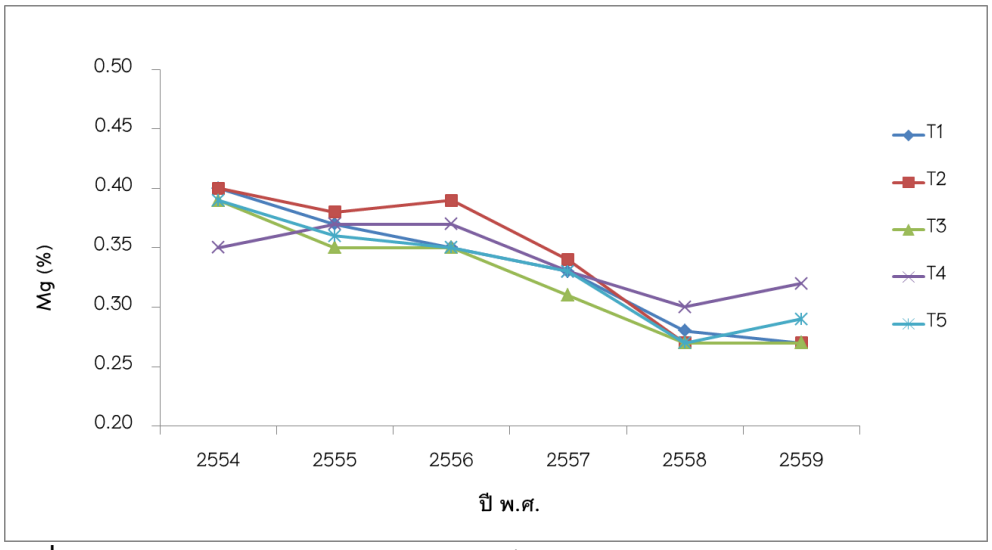
รูปที่ 7 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ (เปอร์เซ็นต์)



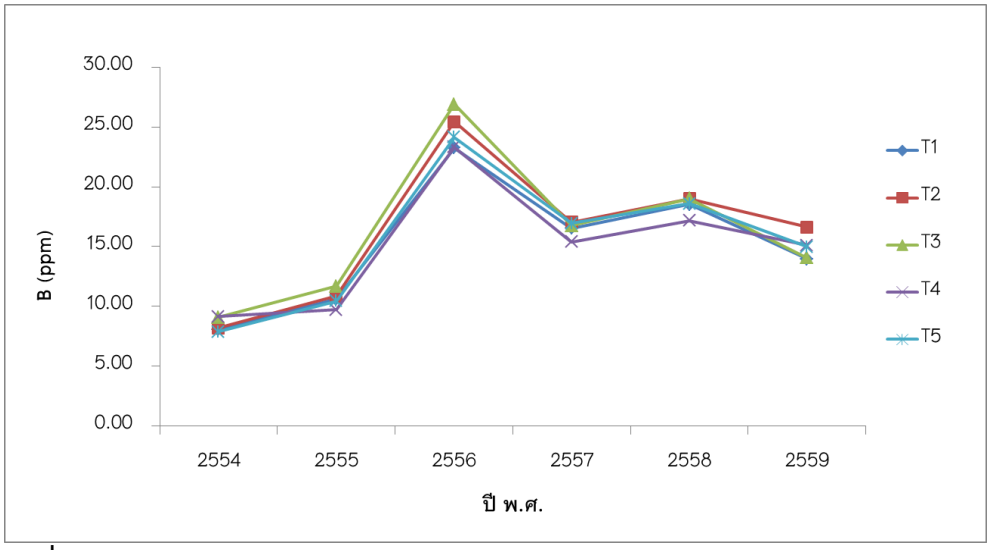
รูปที่ 8 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 9 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 10 ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบ (เปอร์เซ็นต์)



รูปที่ 11 ปริมาณธาตุโบรอนในใบ (ppm)

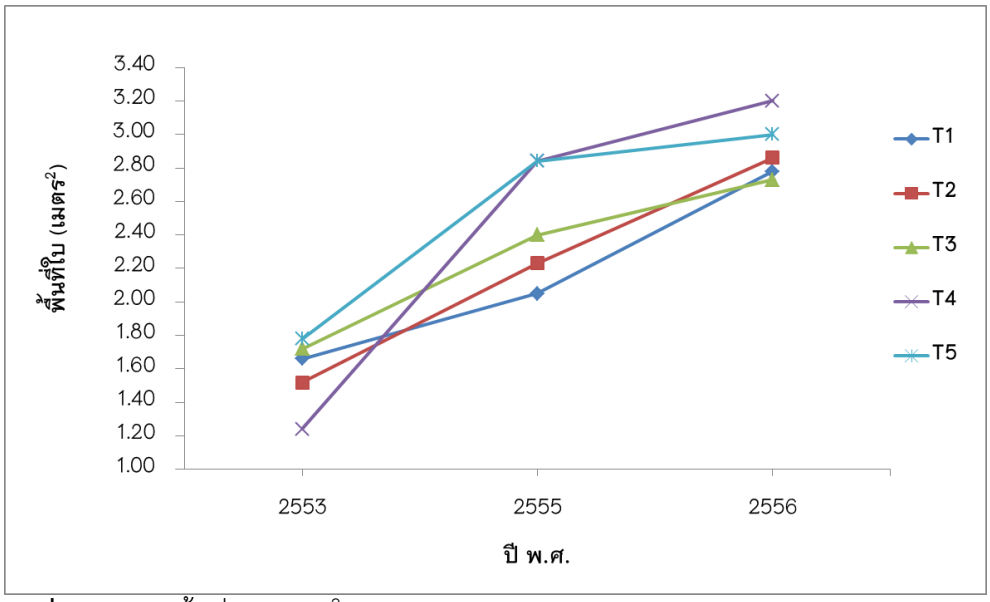
4.4 ข้อมูลการเจริญเติบโต (Vegetative growth)

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ได้ทำการเก็บข้อมูลจากทางใบที่ 17 โดยวัดขนาดพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบ ความยาวทางใบ และจำนวนใบย่อย โดยเก็บตัวอย่างใบในปี 2553 2555 และ 2556 เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน แต่หลังจากปี 2556 ไม่มีการวัดการเจริญเติบโตเนื่องจากการพัฒนาของใบปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงทาง Vegetative growth จึงค่อนข้างคงที่

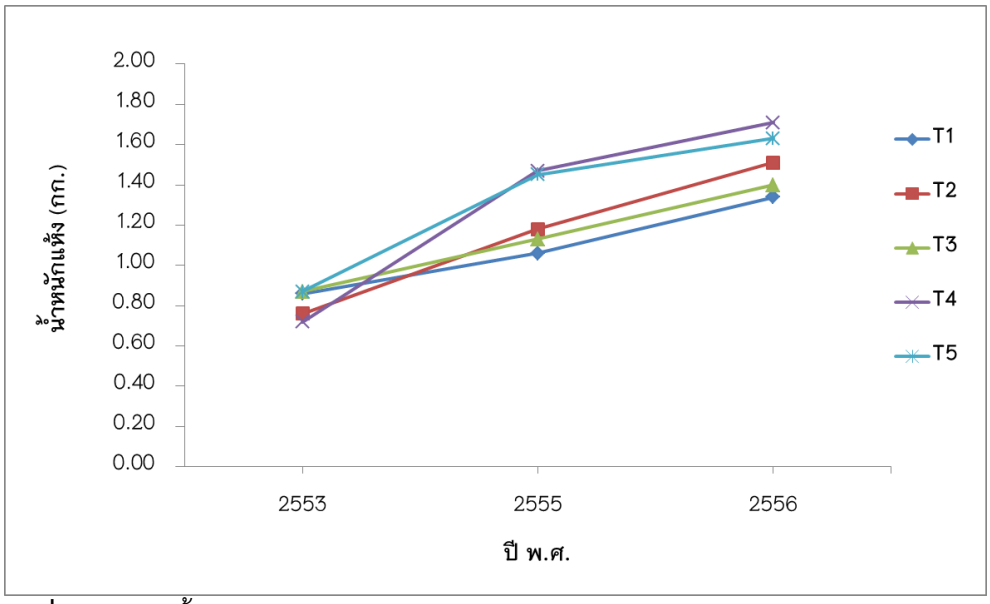
จากการทดลอง พบว่า ผลของวิธีการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ลักษณะความยาวของทางใบและจำนวนใบย่อยแตกต่างกัน (ตารางที่ 7) (รูปที่ 14, 15) ในขณะที่ผลของการใช้อินทรียวัตถุทั้งจากทะลายเปล่า (T4) และทะลายปาล์มหมัก (T5) ทำให้ปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งสูงกว่าการจัดการปุ๋ยวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 7) (รูปที่ 12, 13)

ตารางที่ 7 ข้อมูลการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (Vegetative growth)

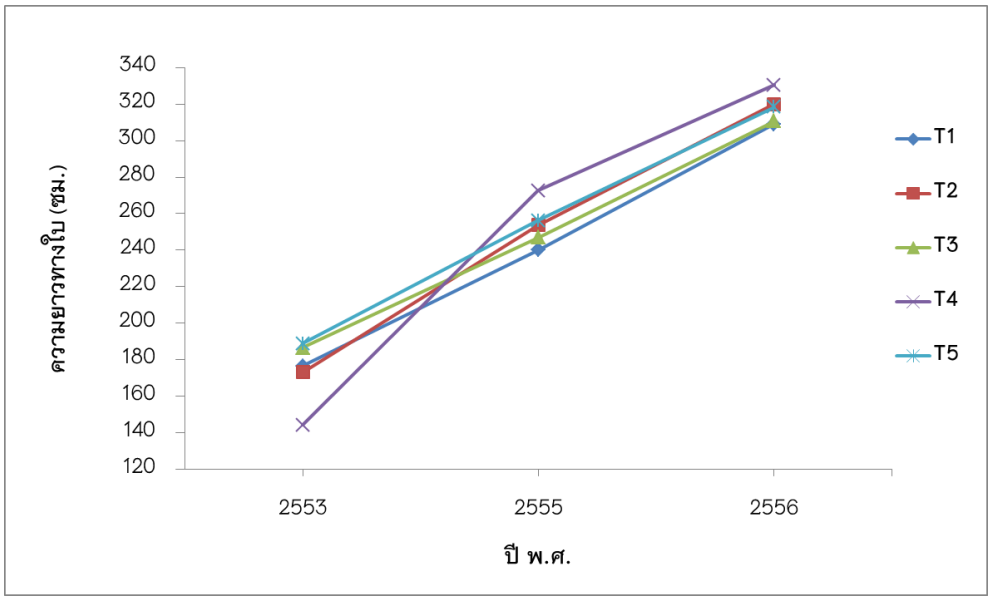
การเจริญเติบโต	ทรีทเมนต์	ปี พ.ศ.		
		2553	2555	2556
พื้นที่ใบ (เมตร^2)	T1	1.66 ± 0.10	2.05 ± 0.07	2.78 ± 0.15
	T2	1.52 ± 0.34	2.23 ± 0.18	2.86 ± 0.07
	T3	1.72 ± 0.21	2.40 ± 0.08	2.73 ± 0.15
	T4	1.24 ± 0.13	2.84 ± 0.26	3.20 ± 0.08
	T5	1.78 ± 0.24	2.84 ± 0.12	3.00 ± 0.08
	ค่าเฉลี่ย	1.58 ± 0.19	2.47 ± 0.32	2.91 ± 0.17
น้ำหนักแห้ง (กก.)	T1	0.86 ± 0.04	1.06 ± 0.04	1.34 ± 0.14
	T2	0.76 ± 0.09	1.18 ± 0.04	1.51 ± 0.10
	T3	0.87 ± 0.03	1.13 ± 0.07	1.40 ± 0.09
	T4	0.72 ± 0.04	1.47 ± 0.07	1.71 ± 0.10
	T5	0.87 ± 0.02	1.45 ± 0.07	1.63 ± 0.06
	ค่าเฉลี่ย	0.82 ± 0.06	1.26 ± 0.17	1.52 ± 0.14
ความยาวทางใบ (ซม.)	T1	176.67 ± 8.96	240.00 ± 2.94	309.00 ± 9.90
	T2	173.33 ± 21.48	253.67 ± 6.02	320.00 ± 19.51
	T3	186.67 ± 11.67	247.00 ± 9.63	310.67 ± 4.92
	T4	144.33 ± 5.44	272.67 ± 17.99	330.33 ± 9.39
	T5	189.00 ± 5.72	256.33 ± 12.26	318.33 ± 10.62
	ค่าเฉลี่ย	174.00 ± 15.96	253.93 ± 10.95	317.67 ± 7.62
จำนวนใบย่อย	T1	162.33 ± 11.81	235.67 ± 8.22	290.00 ± 3.56
	T2	161.33 ± 15.63	245.67 ± 9.53	293.67 ± 13.60
	T3	168.67 ± 12.50	238.00 ± 9.63	295.00 ± 4.90
	T4	141.67 ± 8.81	247.00 ± 4.97	306.00 ± 6.38
	T5	176.67 ± 10.21	243.00 ± 5.89	296.33 ± 4.64
	ค่าเฉลี่ย	162.13 ± 11.61	241.87 ± 4.37	296.20 ± 5.34



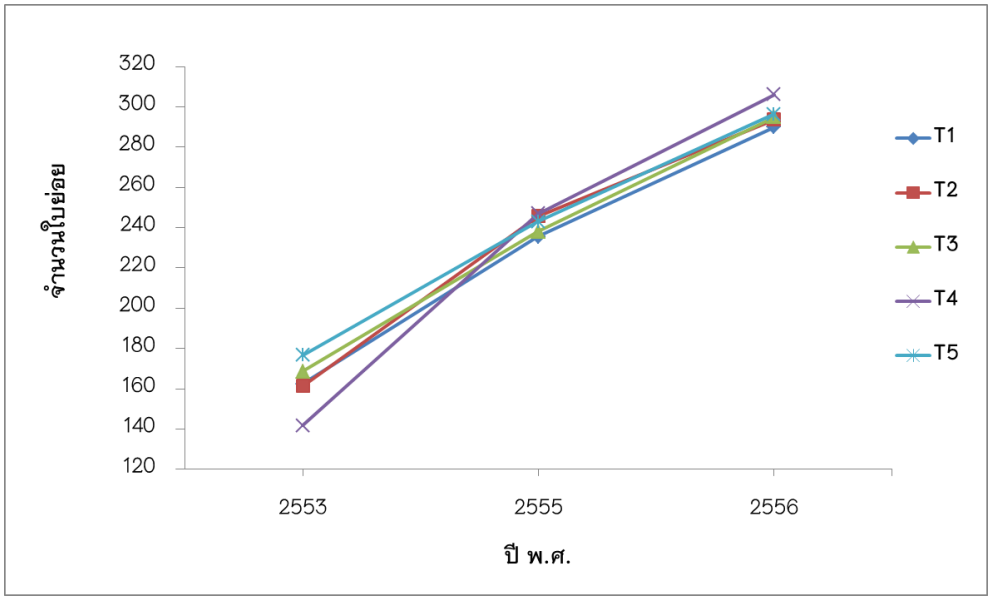
รูปที่ 12 ข้อมูลพื้นที่ใบ (เมตร^2)



รูปที่ 13 ข้อมูลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)



รูปที่ 14 ข้อมูลความยาวทางใบ (เซนติเมตร)



รูปที่ 15 ข้อมูลจำนวนใบย่อย

5. สรุปผลการทดลอง

1) การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ทดลองที่เป็นเหมืองเก่า ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ไม่มีความอุดมสมบูรณ์เพียงพอสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยในปริมาณที่สูง ซึ่งการใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตรา 3,000 กรัม/ต้น/ปี ปุ๋ยสูตร 18-46-0 อัตรา 1,000 กรัม/ต้น/ปี และปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 2,500 กรัม/ต้น/ปี ยังไม่เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมัน ในช่วงอายุระหว่าง 4-7 ปี นอกจากนั้นจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยคีเซอไรท์ในอัตรา 400 กรัม/ต้น/ปี เป็นอย่างน้อย เพื่อให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตเต็มศักยภาพ

2) การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ทดลองที่มีโครงสร้างของดินมีทรายเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ มีอินทรียวัตถุในดินต่ำ ทำให้มีการสูญเสียของธาตุอาหารได้ง่าย ดังนั้นควรเพิ่มจำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ปาล์มน้ำมันได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอ

3) การใช้ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน (EFB) เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุ พบว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการหมักจากทะลายปาล์มน้ำมันแล้ว จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ทะลายปาล์มโดยตรง เนื่องจากการย่อยสลายของทะลายปาล์มน้ำมันให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพสวนปาล์มที่มีโครงสร้างดินเป็นทรายจัดและขาดความชื้นในดิน จะทำให้กระบวนการย่อยเกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นการปรับโครงสร้างดินให้อุดมสมบูรณ์จะช้ากว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะลายปาล์มที่ผ่านการหมักสำเร็จแล้ว

4) ไม่ควรใช้ปุ๋ยโดโลไมท์ในสภาพดินของพื้นที่ทดลอง เนื่องจากจะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี

ภาคผนวก : กิจกรรมการทดลอง

ภาคผนวก : กิจกรรมการทดลอง

ภาคผนวก : กิจกรรมการทดลอง

บรรณานุกรม

ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ (2544). ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 23 : 649-659.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และชัยรัตน์ นิลนนท์ (2540). ผลของระดับปุ๋ยผสม N, P และ K ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 19 : 271-288.

ยงยุทธ โอสถสภา (2547). ดินในการเกษตรยั่งยืน. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เกษตรกรยั่งยืนกับยุทธศาสตร์ดินและปุ๋ยของชาติ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์ ภิญโญ มีเดช สุรกิตติ ศรีกุล และชาย โฆรวิส (2540). ผลของธาตุ N, P, K และ Mg ต่อผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. วารสารดินและปุ๋ย 19 : 171-189.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2543/44. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 9/2544. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์ (2534). ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

Brady, N.C. and Weil, R.R. (2002). The Nature and properties of Soils. Thirteenth Edition. Prentice Hall, New Jersey.

Brady, N.C. and Weil, R.R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14th Edition. Pearson Printice Hall, New Jersey.

Buol, S.W., Hole, F.D. and McCracken, R.J. (1989). Soil Genesis and Classification. Third edition.The Iowa State University Press, Ames.

Fairhurst, T.H. and Mutert, E. (1999). The oil palm-fact file. Better Crops International. 13 : 28-29.

Foong, S.F. and Omar, S.S.S. (1988). Two 4x2 NK factorial trials on Rengam and Kuantan series soils in mature oil palms. In Proc. International Oil Palm/Palm Oil Conf. (Eds. A.H. Hassan, P.S. Chew, B.J. Wood and E. Pushparajah). Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur.

Foster, H.L., Tarmizi, A.M., Mohd Tayeb, D. and Zin, Z.Z. (1989). Oil Palm yield response to P fertilazer in Peninsular Malaysia. PORIM Bulletin No. 17 : 1-11.

Hue, N.V., Craddock, G.R. and Adams, F. (1986). Effect of organic acid on aluminum toxicity in subsoils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50 : 28-34.

Liu, J. and Hue, N.V. (2001). Amending subsoil acidity by surface applications of gypsum, lime and composts. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 32 : 2117-2132.

Peverill, K.T., Sparrow, L.A. and Reuter, D.J. (2001). Soil Analysis : an Interpretation Manual. CSIRO Publishing. Collingwood, VIC 3066.

Pierzynski, G.M., Sims, J.I. and Vance, G.F. (2000). Soils and Environmental Quality. CRC Press, New York.

Pierzynski, E.M., Sims, J.T. and Vance, G.F. (2000). Soils and Environmental Quality. Second edition. CRC. Press, Washington, D.C.

Rankine, I. and Fairhurst, T. H. (1998). Field Handbook : Oil Palm Series (Mature). Potash and Phosphate Institute and Potash and Phosphate Institute of Canada. Oxford Graphic Printers Pte. Ltd. Singapore.

Rankine, I. And Fairhurst, T.H. (1999). Pocket Guide : Oil Palm Series Volume 6. Mature. Potash 8 Phosphate Institute, East & Southeast Asia Program, Singapore.

Tan, K.S. (1976). Development, nutrient contents and productivity in oil palm on inland soils of West Malaysia. Thesis, Univ. of Singapore.

Tarmizi, A.M., Hamdan, A.B., Zin, Z.Z. and Mohd, T.D. (1998). The effects of N, P and K fertilizers on oil palm bunch components. Paper presented in the 1998 National Oil Extraction Rate Seminar. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi.

Tarmizi, A.M. (2000). Nutritional requirements and efficiency of fertilizer use in Malaysian oil palm cultivation. In Advances in Oil Palm Research. (Eds. Y. Basiron) B.S. Jalani and K.W. Chan). pp. 411-440. Malaysiam Palm Oil Board. SMART Print & Stationer Sdn. Bhd.

Touchton, J.T. and Hargrove, W.L. (1982). Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. Agron. J. 74:823-826.

von Uexkull, H.R. and Fairhurst, T.H. (1991). Fertilizing for High Yield and Quality : The Oil Palm. International Potash Institute, Worblaufen-Bern/Switzerland.

Whalen, J.K., George, C.C., Clayton, W. and Carefoot, J.P. (2000). Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 64 : 962 - 966.