

**การใช้แทนแดง (*Azolla microphylla*) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต
และปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน**
**Effect of using *Azolla* (*Azolla microphylla*) in Combination with Nitrogen
Fertilizer on Growth and Nutrient Content in Leaf of Oil Palm.**

มนตรี ปานตู ^{1/} ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ^{2/} สรตนา เสนาะ ^{2/} เกริกชัย ธนรักษ์ ^{1/} ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ ^{1/}

จิตรลดา ทองสอดแสง ^{1/} ชญาดา ดวงวิเชียร ^{3/} กัญญรัตน์ จำปาทอง ^{1/}

Montree Pantu ^{1/} Sirilak Kaewsuralikhit ^{2/} Sarattana Sanoh ^{2/} Krirkchai Dhanaraks ^{1/} Praphan Prasertsak ^{1/}

Chitrlada Thongsodsang ^{1/} Chayana Duangwichian ^{3/} Kanyarat Champathong ^{1/}

ABSTRACT

The use of azolla as green manure incorporated with chemical fertilizer was studied in new oil palm in October 2011 to September 2013 at Nongsuea district, Pathumthani province. Experimental design was Randomized Completely Block design with 4 replications and 5 treatments 1) nitrogen fertilizer application rate recommendation (1N) 2) nitrogen fertilizer (recommendation rate) with azolla (1N + A) 3) nitrogen fertilizer 0.75 time of recommendation rate with azolla (0.75N + A) 4) nitrogen fertilizer 0.50 time of recommendation rate with azolla (0.50N + A) 5) nitrogen fertilizer 0.25 time of recommendation rate with azolla (0.25N + A). At 28 months old of oil palm, results showed that the combination of nitrogen fertilizer at recommendation rate with azolla caused the fastest growth in oil palm. The number of frond was 18.17 per 6 months, leaf area was 5.78 m²/plant, frond length was 327 cm²/plant and nitrogen content in leaf at

^{1/} สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

^{2/} กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

Agricultural Production Science Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

Pathum Thani Agriculture Research and Development Center. Office of Agricultural Research and Development Region 5, Department of Agriculture. Khlongluang district, Pathum Thani province 12120

a level sufficient for the growth of plant was 2.68 %. However, the growth of plants was not significantly different from application of nitrogen fertilizer at recommendation rate treatment. The number of frond was 17.41 per 6 months, leaf area was 5.54 m²/plant, frond length was 316 cm²/plant and nitrogen content in leaf was 2.68 %. The combination of nitrogen fertilizer 0.50 and 0.25 of recommendation rate with azolla caused the oil palm grow slower than other treatments and was not different from the control group. The number of frond was 16.10 and 15.25 per 6 months and nitrogen content in leaf was not enough for the growth of plant was 2.50 and 2.29 %.

Key words: chemical fertilizer, azolla (*Azolla microphylla*), oil palm

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้แทนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดรวมกับการใช้ปุ๋ยเคมีกลุ่มไนโตรเจน ในปาล์มน้ำมัน ดำเนินการทดลองเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2554 ถึง กันยายน ปี พ.ศ. 2556 ณ ไร่องานวิจัย ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

ด้วย 5 กรรมวิธี คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำ (1N) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (1N + A) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.75 เท่า ของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (0.75N + A) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.50 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (0.50N + A) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (0.25N + A) ผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (1N + A) ต้นปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีจำนวนทางใบเพิ่ม 18.17 ทางใบ/6 เดือน พื้นที่ใบ 5.78 ตร.ม. ความยาวทางใบ 327 ซม. และมีปริมาณไนโตรเจนในใบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ 2.68% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำเพียงอย่างเดียว ที่มีจำนวนทางใบเพิ่ม 17.41 ทางใบ/6 เดือน พื้นที่ใบ 5.54 ตร.ม. ความยาวทางใบ 316 ซม. และมีปริมาณไนโตรเจนในใบ 2.68 % สำหรับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.50 และ 0.25 เท่า ของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดงมีจำนวนทางใบเพิ่ม 16.10 และ 15.25 ทางใบ/6 เดือน น้อยกว่าและแตกต่างกับกรรมวิธีไม่ลดปุ๋ยไนโตรเจน และมีปริมาณไนโตรเจนในใบ 2.50 และ 2.29 % ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน คือ

คำหลัก: ปุ๋ยเคมี แทนแดง (*Azolla microphylla*) ปาล์มน้ำมัน

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันอุตสาหกรรมของประเทศไทยที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง เมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ เช่น ถั่วเหลือง มะพร้าว โดยมูลค่าทางการตลาดสูงกว่า 1 แสนล้านบาท/ปี เป็นพืชยืนต้นที่มีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากกว่า 25 ปี อีกทั้งยังก่อให้เกิดการสร้างอาชีพและการจ้างงานตลอดห่วงโซ่ในภาคการผลิตเป็นจำนวนมาก ปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว 4.51 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 2.59 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ปริมาณของผลผลิตขึ้นกับสภาพแวดล้อม ปริมาณน้ำฝน การจัดการสวน การจัดการดินและปุ๋ย ปาล์มน้ำมันมีความต้องการปุ๋ยในปริมาณมาก เพื่อให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ โดยมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปุ๋ยคิดเป็นร้อยละ 50 ของต้นทุนการผลิต Von Uexkull and Fairhurst (1991) ประมาณความต้องการใช้ธาตุอาหารสะสมในช่วงการเจริญเติบโต 9 ปี แรกของปาล์มไว้ว่าต้องการ ไนโตรเจน 196-275 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 32-43 กก./ไร่ โพแทสเซียม 296-398 กก./ไร่ และแมกนีเซียม 50-67 กก./ไร่ คิดเป็นสัดส่วน 6.12 : 1.00 : 9.25 : 1.56 ตามลำดับ Rankine and Fairhurst (1998) ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอายุน้อยกว่า 6 ปี พบว่า ช่วงของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ ไนโตรเจน 2.60-2.90 % ฟอสฟอรัส 0.16-0.19 % โพแทสเซียม 1.10-1.30 % แคลเซียม 0.50-0.70 % และ แมกนีเซียม 0.30-0.45 % และ

การเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายนทำให้สูญเสียธาตุอาหารออกไปกับผลผลิต โดยทั่วไป พบว่าผลผลิตทะลายนทุก 1,000 กก. จะสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม 2.94 0.44 3.71 และ 0.77 กก. ตามลำดับ (Fairhurst and Mutert, 1999)

ปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพงและปาล์มน้ำมันมีความต้องการปุ๋ยในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ขณะเดียวกันการใช้ปุ๋ยเคมีและขาดการปรับปรุงบำรุงดินติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมได้และทำให้เกิดการสะสมสารเคมีและมลพิษของแหล่งน้ำมากขึ้นด้วย รัฐบาลจึงมีนโยบายรณรงค์ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ให้นำปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพมาใช้ทดแทน โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน จากการศึกษาแหล่งที่จะนำมาทำปุ๋ยนั้น พบว่า แหนแดง (*Azolla microphylla*) เป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในรูปแบบของปุ๋ยพืชสด เนื่องจากมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 3-5 % ขยายตัวเร็วเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เจริญเติบโตและให้ผลผลิตแหนแดงสด 3 ตัน/ไร่ ในเวลา 30 วัน และสามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 5-10 กก./ไร่ แหนแดงมีสัดส่วน C:N ต่ำ (ประมาณ 10) จึงถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ได้เร็ว มีการใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว (Khan, 1983) ด้วยแหนแดงมีหลายชนิดชนิดที่พบแพร่หลายในประเทศไทย คือ แหนแดง (*Azolla pinnata*) สามารถเจริญเติบโตให้น้ำหนักเป็น 2 เท่า ได้ภายใน 2-6 วัน ขึ้นกับสภาพ

แวดล้อม (กมลวรรณและคณะ, 2554) Lumpkin and Plucknett (1982) ได้วิเคราะห์แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของແຫນແດງ (*Azolla* sp.) พบว่า มีไนโตรเจน 1.96 - 5.30 % ฟอสฟอรัส 0.16-1.59% และโพแทสเซียม 0.31-5.97 % แຫນແດງอาจมีไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 6.5 เมื่อเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ (Peter et al., 1980) ศิริลักษณ์และประไพ (2553) ได้วิเคราะห์แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของແຫນແດງ (*Azolla microphylla*) พบว่า มีไนโตรเจน 4.62% ฟอสฟอรัส 0.65% และโพแทสเซียม 5.27%

ศิริลักษณ์และคณะ (2553) รายงานว่า การใช้ແຫນແດງอัตรา 3 ต้น/ไร่ ในขณะที่ปลูกพืช ทำให้ดินปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่าดินที่ไม่มีແຫນແດງ และทำให้ผลผลิตมะเขือเทศเชอร์รี่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Milicia and Favilli (1992) รายงานว่าการใช้ແຫນແດງในปริมาณเท่ากันกับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ Mypeel244 ให้ผลผลิตและคุณภาพไม่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามการใช้ແຫນແດງเป็นปุ๋ยพืชสดยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย จำกัดอยู่เฉพาะในนาข้าวและแปลงผักอินทรีย์ ซึ่งข้อดีจากการใช้ແຫນແດງ คือไม่ต้องผ่านการทำเป็นปุ๋ยหมัก ในพื้นที่ทุ่งรังสิตเป็นพื้นที่ที่รัฐประกาศเป็นเขตพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 12,000 ไร่ (ศักดิ์ศิลป์, 2553) โดยจะปลูกปาล์มน้ำมันในร่องสวนส้มเก่า 1 แถว/1 ร่องน้ำ และ 2 แถว/1 ร่องน้ำ ซึ่งถ้าสามารถเลี้ยงແຫນແດງในร่องสวนได้ ก็จะเป็นแหล่งของปุ๋ยอย่างดีให้กับปาล์ม

น้ำมัน การทดลองนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้ແຫນແດງเป็นปุ๋ยพืชสดรวมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน

คัดเลือกแปลงปลูกปาล์มน้ำมันพันธุ์โกลเด้นเทนอรา ของเกษตรกรที่ปลูกในร่องสวนส้มเก่า 2 แถว ต่อ 1 ร่องน้ำ ที่ ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี ดำเนินการปลูกปาล์มน้ำมันเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2554 และทำการทดลองเดือนตุลาคม ปีเดียวกัน ซึ่งปาล์มน้ำมันมีอายุ 3 เดือน และเกษตรกรยังไม่มีมีการใส่ปุ๋ยพื้นที่แปลงทดสอบทั้งหมดจำนวน 20 ไร่ ขนาดแปลงย่อย 1 ไร่ พื้นที่ปลูกเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะปลูก 9 x 9 x 9 ม. และเก็บข้อมูลจำนวน 9 ต้น/แปลงย่อย (0.5 ไร่)

2. การเลี้ยงແຫນແດງ

เลี้ยงແຫນແດງในบ่อเลี้ยงขนาด 10 x 15 ม. จำนวน 3 บ่อ ณ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เมื่อແຫນແດງเจริญเติบโตเต็มที่ อายุ 30 วัน นำไปหว่านรอบทรงพุ่มของต้นปาล์มน้ำมัน ทุก 2 เดือน ปริมาณ 3.0-3.5 กก./ต้น/ ครั้ง รวมเป็น 20 กก./ต้น/ปี

3. การใส่ปุ๋ยเคมี

ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2548) มีการแบ่งใส่ 3 ครั้ง/ปี โดยใส่ทุก 4 เดือน

4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1: ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 1 เท่าของอัตราตามคำแนะนำ (1N)

กรรมวิธีที่ 2: 1 N + แหนแดง 20 กก./ตัน/ปี

กรรมวิธีที่ 3: 0.75 N + แหนแดง 20 กก./ตัน/ปี

กรรมวิธีที่ 4: 0.50 N + แหนแดง 20 กก./ตัน/ปี

กรรมวิธีที่ 5: 0.25 N + แหนแดง 20 กก./ตัน/ปี

5. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนทดลอง โดยเก็บตัวอย่างจากแปลงที่แบ่งตามกรรมวิธีทดลองออกเป็น 4 บล็อก (แปลง) แต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0 – 15 และ 16 – 30 ซม. ตัวอย่างละ 10 – 20 จุด ส่งวิเคราะห์ที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (ดิน : น้ำ = 1 : 1) อินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley-Black (walkley, 1947) ไนโตรเจน (Total N) โดยวิธี Kjeldahi Method (Bremner and Mulvaney, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1995) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยสารละลาย ammonium acetate 1N pH 7 (Peech et al., 1947) หลังการทดลอง เก็บตัวอย่างดินในทุกซ้ำและทุกกรรมวิธี ส่งวิเคราะห์ธาตุอาหารอีกครั้ง

6. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

เก็บข้อมูลจากทางใบที่ 9 เริ่มเก็บครั้งแรกเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุได้ 16 เดือน บันทึกข้อมูล ความยาวทางใบ (Frond length) จำนวนทางใบเพิ่ม (Number of frond) พื้นที่ใบ (Leaf area) วัดความกว้างใบย่อย (W) ความยาวใบย่อย (l) และนับจำนวนใบย่อย (n) นำมาคำนวณพื้นที่ใบจากสูตร ดังนี้

$$\left(\frac{(W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6)/6}{(l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6)/6} \right) \times 0.55 \times 2 \times n / 10,000$$

สำหรับพื้นที่หน้าตัดแกนทาง (Axis area) วัดความกว้าง และความลึกของแกนทาง แล้วคำนวณจาก ความกว้างแกนทาง x ความลึกแกนทาง (Corley and Breuer, 1998) เก็บข้อมูลครั้งต่อไปจะเก็บทุก 6 เดือน จำนวน 2 ครั้ง

7. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ

เริ่มเก็บตัวอย่างใบครั้งแรกเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุ 1 ปี โดยเก็บตัวอย่างใบจากทางใบที่ 9 จำนวน 9 ต้น/แปลงย่อย รวมเป็น 1 ตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง เตรียมตัวอย่าง ส่งวิเคราะห์ที่ กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) โดยวิธี Kjeldahi สำหรับ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดผสมระหว่าง ไนตริกและเพอร์คลอริก ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 = 3:1$) ฟอสฟอรัส วิเคราะห์โดยทำให้เกิดสีด้วยวิธี Yellow molybdovanado

phosphoric acid โพแทสเซียม วัดด้วยเครื่อง Flame Photometer แคลเซียมและแมกนีเซียม นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ทำการเก็บตัวอย่างใบและวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารทุก 2 เดือน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของดิน

ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 16-30 ซม. (Table 1) ดินทั้ง 2 ชั้น มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.5-3.8 เนื่องจากเป็นกลุ่มดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนผสม ระหว่างตะกอนลำน้ำและตะกอนน้ำทะเล แล้วพัฒนาในสภาพน้ำกร่อย อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน คือ 1.71-2.57 % สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในช่วง 71.50-137.5 มก./กก. โพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีค่าอยู่ในช่วง 402.1-516.6 และ 395.4-530.7 มก./กก. สำหรับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่ระดับความลึก 16-30 ซม. มีค่าอยู่ในช่วง 307.1-327.9 และ 352.3-473.5 มก./กก. ซึ่งจะเห็นได้ว่าธาตุอาหารดังกล่าวมีปริมาณมากในดินทั้ง 2 ระดับความลึก เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นสวนส้มเก่ามีการใส่ธาตุอาหารให้กับส้มมาเป็นเวลานาน เมื่อเลิกทำสวนส้มจึงมีธาตุอาหารตกค้างอยู่ โดยสมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน คือ มี

ความเป็นกรด-ด่าง 5.2 อินทรีย์วัตถุ 1.5 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 20 mg/kg โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 100 มก./กก. และแมกนีเซียม 75 มก./กก. (เกริกชัย และคณะ, 2554) สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินมีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.19 mS/cm จัดอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

2. ผลของการใช้แทนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโต เช่น จำนวนทางใบ พื้นที่ใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง และความยาวทางใบ ของแต่ละกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น และที่อายุ 16 22 และ 28 เดือน ในกรรมวิธีลดปุ๋ยไนโตรเจน ปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตลดลง ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ลดลง

2.1 จำนวนทางใบเพิ่ม

ใบปาล์มน้ำมันมีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์แสง มีทางใบมากก็สามารถสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารได้มาก พืชจึงเจริญเติบโตได้ดี ปาล์มน้ำมันที่อายุ 16 และ 22 เดือน จำนวนทางใบ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) แต่กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตรร่วมกับแทนแดง มีความแตกต่างที่ อายุ 28 เดือน โดยมีจำนวนทางใบ 18.17 16.42 16.10 และ 15.25 ทางใบ/6 เดือน ตามปริมาณไนโตรเจนที่ลดลงจาก 1N เป็น 0.75N, 0.50 N และ 0.25 N ตามลำดับ (Table 3) ขณะที่กรรมวิธี 1N + แทนแดง

ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ແໜແຈງ ຫຼາດາ ແລະ ຄະ (2557) ໄດ້ສຶກສາການທົດສອບພື້ນຖື ປາລ໌ມນ້ຳມັນໃນ ຈ.ປຸທຸມຖານີ ພົບວ່າ ປາລ໌ມນ້ຳມັນມີ ຈຳນວນທາງໄບເພີ່ມ 2.97 ທາງໄບ/ເດືອນ ນອກຈາກນີ້ ເກຣັກຊີແລະຄະ (2554) ໄດ້ຮາຍງານວ່າ ການເຈຣີຸ ເຕີບໂຕຂອງປາລ໌ມນ້ຳມັນ ໃນ ຈ.ສຸຣາຊກຸຣຳຖານີ ທີ່ປູກດ້ວຍອາຍຸກຸລຳຕ່າງກັນ ມີຈຳນວນທາງໄບເພີ່ມ 33-35 ທາງໄບ/ປີ

2.2 ພື້ນທີ່ໄບ

ການໃຊ້ປຸຍໄບໂຕຣເຈນອັດຣາຕາມຄຳແນະນຳ ຮ່ວມກັບແໜແຈງ ປາລ໌ມນ້ຳມັນມີພື້ນທີ່ໄບເພີ່ມຂຶ້ນ ຕາມອາຍຸທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະທີ່ອາຍຸ 28 ເດືອນ ພົບວ່າ ກຣມວິທີການໃຊ້ປຸຍໄບໂຕຣເຈນອັດຣາຕາມຄຳແນະນຳ ຮ່ວມກັບແໜແຈງ (1N + A) ມີພື້ນທີ່ໄບສູງສຸດ ຄື 5.78 ຕຣ.ມ. ແຕກຕ່າງທາງສະຖິຕິຢ່າງມີນ້ຳໜັກສຳຄັນກັບ ກຣມວິທີການໃຊ້ປຸຍໄບໂຕຣເຈນ 0.25N ຮ່ວມກັບແໜແຈງ

Table 1 Soil analysis before oil palm experiment at Pathumthani in 2011

Block	Soil depth (cm)	pH (1:1)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)	Exchangeable Mg (mg/kg)	EC (mS/cm)
1	0 – 15	3.5	2.49	137.5	402.1	412.7	0.16
	16 - 30	3.5	2.57	133.0	326.4	460.6	0.19
2	0 – 15	3.5	1.89	81.00	440.9	395.4	0.12
	16 - 30	3.5	2.42	182.3	327.9	352.3	0.15
3	0 – 15	3.8	1.78	101.0	516.6	530.7	0.10
	16 - 30	3.4	1.71	112.5	326.7	473.5	0.13
4	0 - 15	3.5	2.21	71.50	403.8	470.2	0.12
	16 - 30	3.5	2.54	126.3	307.1	448.6	0.13

Table 2 Effects of a combination of azolla and chemical fertilizer on growth of oil palm at the age of 16 and 22 months at Pathumthani during 2011-2013

Treatments	Age of 16 months			Age of 22 months			
	Leaf area	Axis area	Fron length	Number of Fron per	Leaf area	Axis area	Fron length
	(m ² /plant)	(cm ² /plant)	(cm/plant)	6 months	(m ² /plant)	(cm ² /plant)	(cm/plant)
N	1.87	4.34	161	20.00	3.93	8.42	237
1N + A	1.92	4.39	161	20.01	3.78	7.74	232
0.75N + A	2.16	4.67	162	19.63	3.71	8.04	232
0.50N + A	1.96	4.24	163	20.11	3.92	8.10	234
0.25N + A	1.99	4.20	162	19.94	3.58	7.71	231
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV %	19.5	19.3	4.1	3.8	13.0	9.3	4.6

NS=Non significant

($0.25N + A$) ซึ่งมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด คือ 4.79 ตร.ม. แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำ ($1N$) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.75 และ 0.50 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับແຫນແດງ ($0.75N + A$) และ ($0.50N + A$) มีพื้นที่ใบ 5.54 5.49 และ 5.35 ตร.ม. ตามลำดับ แต่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ลดลง (Table 3) สอดคล้องกับรายงานของ ชญาดาและคณะ (2557) ที่พบว่า ปาล์มน้ำมันอายุ 30 เดือน ที่ปลูกใน จ. ปทุมธานี มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 5.51 ตร.ม.

2.3 พื้นที่หน้าตัดแกนทางใบ

พื้นที่หน้าตัดแกนทางใบเป็นตัวบ่งบอกถึงพื้นที่ที่สามารถลำเลียงอาหารและน้ำของปาล์มน้ำมัน ใบที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าก็สามารถลำเลียงอาหารได้มากกว่า กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำร่วมกับແຫນແດງ ($1N + A$) พื้นที่หน้าตัดแกนทางใบของปาล์มน้ำมันที่อายุ 28 เดือน สูงกว่ากรรมวิธีอื่นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธีทดลอง มีค่า 11.68 ตร.ซม. สำหรับกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำ($1N$) และกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.75 0.50 และ 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำ ร่วมกับແຫນແດງ ($0.75N + A$), ($0.50N + A$) และ ($0.25N + A$) มีพื้นที่หน้าตัดแกนทางใบ 11.43 11.18 10.34 และ 9.37 ตร.ซม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพื้นที่หน้าตัดแกนทางใบมีค่าลดลงตามปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ลดลง (Table 3) สอดคล้องกับ ชญาดาและคณะ (2557) ที่รายงานว่า ปาล์มน้ำมัน

อายุ 30 เดือน ที่ปลูกใน จ.ปทุมธานี มีพื้นที่หน้าตัดแกนทางใบเฉลี่ย 11.09 ตร.ซม.

2.4 ความยาวทางใบ

ความยาวทางใบในกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับແຫນແດງ ($1N + A$) มีความยาวทางใบมากที่สุด คือ 327 ซม. และแตกต่างกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.50 และ 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับແຫນແດງ ($0.50N + A$) และ ($0.25N + A$) ที่มีความยาวทางใบ 301 และ 297 ซม. แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำอย่างเดียว ($1N$) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.75 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับແຫນແດງ ($0.75N + A$) ที่มีความยาวทางใบ 316 และ 311 ซม. (Table 3)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำร่วมกับແຫນແດງ พบว่า ปาล์มน้ำมันอายุ 28 เดือน มีจำนวนทางใบเพิ่ม พื้นที่ใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง และความยาวทางใบ สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำเพียงอย่างเดียว เนื่องจากແຫນແດງอัตรา 20 กก./ตัน/ปี ให้ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 30-60 ก./ตัน ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ถ้าจะให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนต้องใส่ແຫນແດງในอัตราสูงกว่านี้ แต่การผลิตແຫນແດງยังมีข้อจำกัดหลายประการ คือ ต้องเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แຫນແດງจึงจะสามารถเจริญเติบโตและขยายตัวได้เร็ว ดินที่เหมาะสมต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6-7 และมีระดับความ

ลึกของน้ำในบ่อเลี้ยง 10-30 ซม. (ธงชัย, 2546)

3. ผลของการใช้แทนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

ปริมาณไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมันที่อายุ 28 เดือน ในกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน อัตราตามคำแนะนำอย่างเดี่ยว (1N) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (1N + A) และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0.75 เท่าของอัตราตามคำแนะนำ มีค่า 2.68 2.68 และ 2.59 % ตามลำดับ สูงกว่าและแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง (0.25N + A) ที่มีค่า 2.29 % ซึ่งมีปริมาณของธาตุอาหารในใบอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Table 4) โดยค่ามาตรฐานของไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 2.60 – 2.90 % (Rankine and Fairhurst,

1998) จากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพืช จะเห็นได้ว่าการใช้แทนแดงร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน สามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ 25 % แต่ยังไม่แสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.50 และ 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง ปาล์มน้ำมันมีปริมาณธาตุอาหารในใบอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างชัดเจน สำหรับฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในใบปาล์มน้ำมัน พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำนั้น มีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช มีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.19, 1.13-1.20, 0.65-0.68 และ 0.36-0.38 % ตามลำดับ (Table 5) Rankine and Fairhurst (1998) รายงานว่า ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยกว่า 6 ปี ที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการ

Table 3 Effects of *Azolla microphylla* combined with chemical fertilizer on growth of oil palm at the age of 28 months at Pathumthani province during 2011 - 2013

Treatments	Number of frond per 6 months	Leaf area (m ² /plant)	Axis area (cm ² /plant)	Frond length (cm/plant)
N	17.41 ab	5.54 ab	11.43	316 ab
1N + A	18.17 a	5.78 a	11.68	327 a
0.75N + A	16.42 bc	5.49 ab	11.18	311 ab
0.50N + A	16.10 cd	5.35 ab	10.34	301 b
0.25N + A	15.25 d	4.79 b	9.37	297 b
CV %	4.0	10.9	14.8	4.2

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

Table 4 Effects of *Azolla microphylla* combined with chemical fertilizer on nitrogen content in oil palm leaf at Pathumthani province during 2011 - 2013

Treatments	Nitrogen content in leaf (%)					
	18 months	20 months	22 months	24 months	26 months	28 months
1N	2.70	3.17 a	2.65 a	2.65	3.00 a	2.68 a
1N + A	2.73	3.12 a	2.57 a	2.80	2.86 a	2.68 a
0.75N + A	2.76	3.10 ab	2.52 a	2.64	2.75 ab	2.59 a
0.50N + A	2.75	2.84 c	2.35 b	2.68	2.55 b	2.50 ab
0.25N + A	2.70	2.94 bc	2.22 b	2.45	2.26 c	2.29 b
CV %	2.7	3.2	4.0	8.7	6.5	6.3

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

Table 5 Effects of *Azolla microphylla* combined with chemical fertilizer on nutrients content in oil palm leaf at Pathumthani province during 2011 - 2013

Treatments	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N	0.19 a	1.18 ab	0.65	0.36
1N + A	0.18 ab	1.20 a	0.66	0.36
0.75N + A	0.18 ab	1.13 b	0.68	0.38
0.50N + A	0.18 ab	1.17 ab	0.67	0.36
0.25N + A	0.17 b	1.14 ab	0.68	0.37
CV %	4.2	3.3	4.4	4.5

Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

เจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน คือ ฟอสฟอรัส 0.16-0.19 % โพแทสเซียม 1.10-1.30 % แคลเซียม 0.50-0.70 % และ แมกนีเซียม 0.30-0.45 % ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยอัตราตามคำแนะนำ

4. ผลของการใช้แทนแแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อสมบัติทางเคมีของดิน

ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-15

และ 16-30 ซม. พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.3-3.9 ซึ่งเป็นดินกรดจัดมาก (Table 6) และดินที่ระดับความลึก 50 ซม. พบ สารจากรไรโซด์ ความเป็นกรดของดินเป็นข้อจำกัดทำให้ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อย แต่มีบางธาตุ เช่น เหล็ก และอะลูมิเนียม ละลายออกมามากจนเป็นพิษกับพืช แต่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ทนกรดได้ปานกลางถึงสูง จึงสามารถเจริญเติบโตได้

Table 6 Soil analysis at 2 levels soil dept after 28 months of oil palm experiment at Pathumthani province during 2011 - 2013

Treatments	pH (1:1, soil : water)		OM (%)		Available P (mg/kg)		Exchangeable K (mg/kg)	
	0 – 15	16 – 30	0 – 15	16 – 30	0 – 15	16 – 30	0 – 15	16 – 30
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
N	3.9	3.7	2.15	2.07	106	90	659	588
1N + A	3.6	3.4	2.69	2.17	147	124	732	678
0.75N + A	3.4	3.3	2.21	2.09	117	103	679	557
0.50N + A	3.6	3.6	2.34	1.85	128	108	628	553
0.25N + A	3.6	3.5	2.08	1.94	170	147	644	558
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV %	6.3	6.3	17.9	18.8	68.4	65.0	18.7	23.2

NS= Non significant

(ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 5.2) อภิเชษฐ และคณะ (2552) รายงานว่า สภาพกรดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมากนัก เช่น ความสูง ความยาวแกนทางใบ และจำนวนใบ แต่การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น อินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในช่วง 1.85-2.69 % ซึ่งทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน ขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 90-170 และ 553-732 มก./กก. ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก (ค่าที่เหมาะสม คือ 20 และ 100 มก./กก.) เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นสวนส้มเก่ามีการใช้ปุ๋ยติดต่อกันเป็นเวลานาน เมื่อเลิกทำสวนส้มจึงมีปุ๋ยตกค้างและสะสมอยู่ในดินมาก เห็นได้จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของดิน

สรุปผลการทดลอง

1) การใส่แทนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำทำให้ปาล์มน้ำมันมีจำนวนทางใบเพิ่ม พื้นที่ใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง และความยาวทางใบสูงขึ้นและไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำเพียงอย่างเดียว แต่การลดปุ๋ยไนโตรเจนเหลือเพียง 0.50 และ 0.25 เท่าของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแทนแดง ปาล์มน้ำมันมีจำนวนทางใบเพิ่มน้อยกว่า และแตกต่างกับวิธีไม่ลดปุ๋ยไนโตรเจน

2) การใส่แทนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามคำแนะนำเพียงอย่างเดียว ปาล์มน้ำมันมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และการลดปุ๋ยไนโตรเจนเหลือเพียง 0.75 และ 0.50 เท่า

ของอัตราตามคำแนะนำร่วมกับแผนแดงมีปริมาณไนโตรเจนในใบไม้แตกต่างกัน ดังนั้นถ้าต้องการใช้แผนแดงทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่านี้ก็ต้องใส่แผนแดงในอัตราที่สูงกว่าอัตรา 20 กก./ต้น/ปี

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ ศรีปลั่ง, สุรางค์วัฒน์ พันแสง และ พวงพกา แก้วกรม. 2554. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแผนแดงในท้องถิ่น และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 75 หน้า.

เกริกชัย ธนรักษ์, กาญจนา ทองนะ และธีรพล ศิลกุล. 2554. ศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ปลูกด้วยอายุกล้าต่างกัน. หน้า 99 – 105. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549 – 2553. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ชญาดา ดวงวิเชียร, ศิริรัตน์ พุ่มพวง, กนกวรรณ สุตาแก้ว, อติเรก วางแสง วสันต์ มุดโหมด, จำลอง ชูกร และจุฑามาศ เกศวงศ์. 2557. การทดสอบพันธุ์ปาล์มน้ำมันในจังหวัดปทุมธานี. ว. วิชาการเกษตร 32 (1) : 45 – 57.

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์.

สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 300 หน้า.

ศิริลักษณ์ แก้วสุระลิขิต และ ประไพ ทองระอา.

2553. ศึกษาการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของแผนแดงในดินสภาพต่าง ๆ. หน้า 369 - 374. ใน : ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2553. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ แก้วสุระลิขิต, นิศารัตน์ ทวีนุต และ ประไพ ทองระอา. 2553. ศึกษาการสลายตัวและการปลดปล่อยไนโตรเจนของแผนแดง ในการผลิตมะเขือเทศเชอรี่ในสภาพกระถางทดลอง. หน้า 1-8. ใน : ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2553. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัย การผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล. 2553. การปลูกปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ทุ่งรังสิต. หน้า 1 - 2. ใน : เอกสารประกอบการสัมมนา “พลังงานทดแทน : ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน” ณ โรงแรมมารวยการ์เด็นท์ กรุงเทพฯ, 2 กรกฎาคม 2553.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์ม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 145 หน้า.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. การผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญ. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/palm.pdf> สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2557
- อภิเชษฐ ทองสง, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และจำป็น อ่อนทอง. 2552. ผลของวัสดุอินทรีย์ ไคโลไมต์และปุ๋ยเคมีต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 40 : 229 - 244.
- Bray, R. H. and L. T. Kurtz. 1995. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39 - 45.
- Bremmer, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen Total. Pages 595 – 624. In : A. L. Page (ed.), *Methods of soil analysis: Agron. NO. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties*. 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
- Corley, R.H.V. and C.J. Breuer. 1998. *Measurements in Oil Palm Experiments*. paper of Unipamol Malaysia Sdn. 130p.
- Fairhurst, T.H. and E. Mutert. 1999. The oil palm-fact file. *Better Crops International*. 13 : 28 - 29.
- Lumpkin, T. A. and Plucknett, D. L. 1982. *Azolla as a Green Manure: Use and Management in Crop Production*. Westview Pres, Inc., USA. 230 p.
- Milicia, F. 1992. Azolla symbiotic system's application as biofertilizer for green garden crops. *Symbiosis*. 14 : 495 - 500.
- Peech, M., L. T. Alexander, L. A. Dean and J. F. Reed. 1947. *Method of Soil analysis for Soil Fertility Investigation*. US. Dept. Agric. Circ. 757 p.
- Peter, G. A., R. E. Toia, W. R. Evans, D. K. Crist, B. Mayne and R. E. Poole. 1980. Characterization and comparisons of five N₂-fixing Azolla-Anabaena associations. I. Optimization of growth conditions for biomass increase and N-content in a controlled environment. *Plant Cell Environ.* 3 : 261 - 269.
- Rankine, I. and T.H. Fairhurst. 1998. *Field Handbook : Oil Palm Series Vol.3 Mature. Potash and Phosphate*. Institute, Oxford Graphic Printers Pte. Ltd., Singapore : 111 p.
- Von Uexkull, H.R. and T.H. Fairhurst. 1991. *Fertilizer for High Yield and Quality : The Oil Palm*. International Potash Institute . Burn, Switzerland, Bulletin No. 12 : 79 p.
- Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil : Effect of variation in digestion conditions and of organic soil constituents. *Soil Sci.* 63 : 251 – 263.