การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบในการผลิตปาล์มน้ำมัน

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

1. ข้อมูลทั่วไป

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และปลูกทั่วประเทศ จังหวัดที่พื้นที่ปลูกมากได้แก่ สุราษฎร์ธานี กระบี่และชุมพร ในปี 2559 ปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 4.52 ล้านไร่ ผลผลิต 10.9 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 2.59 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ผลผลิตปาล์มน้ำมันของไทยใช้ผลิตน้ำมันปาล์มดิบทั้งหมด โดยในปี 2557 ใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อการบริโภคในประเทศร้อยละ 52 ร้อยละ 37 เพื่อผลิตไบโอดีเซลและร้อยละ 11 เพื่อส่งออก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น ให้ผลผลิตน้ำมันสูง มีการเจริญเติบโตเร็ว มีอายุการให้ผลผลิตที่ยาวนานเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งนี้การจะให้ปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามศักยภาพ ควรปลูกในสภาพพื้นที่และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (ตารางที่ 1) ดังนี้

2.1 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญ ในการตัดสินใจปลูกปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการมีข้อมูลสภาพภูมิอากาศย้อนหลังอย่างน้อย 10 ปีขึ้นไป จะช่วยในการตัดสินใจเพื่อลดความเสี่ยงเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมมีดังนี้

- ปริมาณน้ำฝนควรมีค่า 2,000-2,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวแต่ละเดือนไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร (Hartley, 1988) สำหรับปริมาณฝนที่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตรต่อวัน ให้นับเป็นวันที่ขาดน้ำ ซึ่งจำนวนวันที่ขาดน้ำมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนเพศและการฝ่อของช่อดอกเป็นอย่างมาก (Squire, 1984)

- ความชื้นสัมพัทธ์และแรงดึงระเหยน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ควรสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ (Surre and Ziller, 1963) และจากรายงานของ วิชณีย์ และคณะ (2559) พบว่า ฤดูฝนปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 5 ปี ในศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานีและศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สังเคราะห์แสงได้ดี 15-22 $\mu molCO_2 m^{-2} s^{-1}$ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 38-57 และ 34-59 เปอร์เซ็นต์ และแรงดึงระเหยน้ำ 1.71-3.91 และ 1.33-4.44 kPa ตามลำดับ โดยความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับแรงดึงระเหยน้ำ เมื่อแรงดึงระเหยน้ำมีค่าสูงขึ้นความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าลดลง แรงดึงระเหยน้ำที่สูงมากจะมีผลทางลบกับอัตราการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน และผลกระทบดังกล่าวจะเด่นชัดมากเมื่อความชื้นในดินมีค่าต่ำมาก โดยในสภาพที่แรงดึงระเหยน้ำสูงกว่า 1.8 kPa ความชื้นสัมพัทธ์ 58 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปากใบปาล์มน้ำมันจะปิดและส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสง (Jacquemard, 1998) ดังนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศลดลง อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันและต้นปาล์มน้ำมันระยะ 1-3 ปีจะมีค่าลดลงเช่นกัน (Dufrene ,1989; Henson, 1991a; 1995a)

- อุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมมีค่า 24-28 องศาเซลเซียส และไม่ควรต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิตสูง อุณหภูมิต่ำสุดคือ 22-24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดคือ 29-33 องศาเซลเซียส (Hartley, 1977; 1988) และจากการศึกษาโดยวิชณีย์และคณะ (2559) พบว่า ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 5 ปี ในศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานีและศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีสามารถสังเคราะห์แสงได้ดี (15-22 $\mu molCO_2 m^{-2} s^{-1}$) ที่อุณหภูมิ 33-40 และ 30-40 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำกว่า 33 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปรับตัวของปาล์มน้ำมันและสภาพภูมิอากาศในแต่ละประเทศที่แตกต่างกันไป

- แสง ปาล์มน้ำมันต้องการแสงไม่ต่ำกว่า 2000 ชั่วโมงต่อปี หรือไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน หากเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งเดือน อย่างเช่น อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด จะมีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของปาล์มน้ำมันอย่างมาก เนื่องจากไม่มีแสงหรือมีแสงน้อยมากในช่วงดังกล่าว

- ลม ปาล์มน้ำมันต้องการลมอ่อนๆ เพื่อช่วยลดความร้อนในทรงพุ่มและช่วยในการถ่ายเทละอองเกสร

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

สภาพภูมิอากาศ	ระดับความเหมาะสม				
	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสม	ไม่ค่อยเหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ปริมาณน้ำฝน (มม./ปี)	2,500-3,500	1,700-2,500	1,450-1,700	1,250-1,450	< 1,250
จำนวนเดือนที่ปริมาณฝน <100 มม./เดือน	0 (มีการกระจายตัวของฝนตลอดปี)	1	1-2	2-3	>3
อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี (องศาเซลเซียส)	25-29	22-25 หรือ 29-32	20-22 หรือ 32-35	16-20 หรือ 35-37	<16 หรือ >37
ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	3-5	5-8 หรือ 8-10		15-20 หรือ >10-15	>20
ความเข้มแสง (MJ/m2) (อย่างน้อย 5 ชม./วัน)	13-15	11-13 หรือ 15-17	20-22 หรือ 17-19	7-9 หรือ 19-21	>21

ที่มา:ดัดแปลงจาก Paramananthan (2003)

2.2 ความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันต้องการน้ำใกล้เคียงกับพืชทั่วไปเฉลี่ย 3-6 มิลลิเมตรต่อวัน คิดเป็นปริมาณน้ำฝนไม่เกิน 2,160 มิลลิเมตรต่อปี ทั้งนี้ช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วงไม่ควรนานเกิน 2 เดือน และเนื่องจากปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดปี ทำให้ความต้องการน้ำคงที่ตลอดปีเช่นกัน โดยมีความต้องการน้ำ 1.0-1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำในช่วงแล้ง เช่น ค่าระเหยน้ำเฉลี่ยต่อวันของเดือนมีนาคม 2559 ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีและศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานีมีค่า 5.2 และ 5.9 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ แสดงว่า ปาล์มน้ำมันต้องการน้ำ 5.2-6.2 และ 5.9-7.1 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ หากต้องการทราบปริมาณน้ำ (ลิตร) ที่จะให้แก่ปาล์มน้ำมัน 1 ต้น (กรณีที่ปาล์มน้ำมันมีอายุน้อย รัศมีทรงพุ่มน้อยกว่า 4.5 เมตร) นำปริมาณน้ำที่ปาล์มน้ำมันต้องการ (มิลลิเมตร) คูณพื้นที่ทรงพุ่ม (ตารางเมตร) แต่หากทางใบปาล์มน้ำมันคลุมเต็มพื้นที่ ใช้พื้นที่ 1 ไร่ (1600 ตารางเมตร) คำนวณน้ำได้เลย กรณีนี้ เกษตรกรคำนวณปริมาณน้ำที่จะใช้ต่อวันได้ และใช้คำนวณปริมาตรของแหล่งน้ำที่ต้องมีไว้ใช้ในช่วงแล้งได้

2.3 ดิน

ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองจากสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากพอจะปรับปรุงหรือแก้ไขได้ง่ายกว่าสภาพภูมิอากาศ ซึ่งสภาพพื้นที่ที่เหมาะสม ควรมีสมบัติดินทั้งด้านกายภาพและเคมี (ตารางที่ 2 และ 3) ดังนี้

สมบัติทางกายภาพของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

- เนื้อดิน (Soil texture) ที่เหมาะสมควรเป็นกลุ่มดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากกว่า 40% เช่น ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ดินร่วน (Loam) ดินร่วนเหนียว (Clay loam) และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay loam) เพราะเนื้อดินมีผลต่อการซาบซึมของน้ำ การไถพรวน การจัดการปุ๋ยตลอดจนระดับความอุดมสมบูรณ์และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

- ความลึกของดิน ควรมีความลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร เพราะดินที่ตื้นทำให้รากของปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตไม่ดี ต้นปาล์มน้ำมันโค่นล้มง่าย ดินเก็บกักน้ำได้น้อยลง การจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำทำได้ยาก

- ปริมาณกรวด/หิน ไม่ควรมีมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร

- การระบายน้ำ ดินควรระบายน้ำได้ดีถึงปานกลาง ไม่ควรมีน้ำท่วมขัง ถ้าดินมีน้ำท่วมขัง จะส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตเนื่องจากรากพืชขาดอากาศหายใจ ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารและอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

- ระดับน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดินสูงสุดไม่ควรเกิน 75 เซนติเมตรจากผิวดิน ถ้าระดับน้ำใต้ดินสูงมากจะกระทบต่อระบบรากเช่นเดียวกับน้ำท่วม แต่ถ้าระดับน้ำใต้ดินต่ำมากอาจเกิดสภาวะเครียดจากการขาดน้ำได้

- ความลาดชันและความสูงของพื้นที่ มีความสำคัญต่อปาล์มน้ำมัน เนื่องจากระดับความสูงของพื้นที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก 100 เมตร อุณหภูมิจะลดลง 0.5 องศาเซลเซียส มีรายงานว่า ที่ความสูง 200 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลง (Ballo and Quencez, 1991; Caliman and de Kochko, 1987) จึงไม่แนะนำให้ปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่ความสูงมากกว่า 200 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง (Paramananthan, 2000a) ความลาดชันไม่มีผลต่อปาล์มน้ำมันโดยตรง แต่มีผลต่อความรุนแรงของการพังทลายของดินในพื้นที่นั้นๆ จึงต้องปรับปรุงพื้นที่ โดยทำขั้นบันไดเพื่อลดปัญหาดังกล่าว และมีพืชหรือวัสดุคลุมระหว่างต้นและแถว เพื่อลดการกร่อนและการพังทลายของดิน

สมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

- ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ควรมีอินทรียวัตถุอย่างน้อย 1.5 เปอร์เซ็นต์

- ความเค็มของดิน ค่าการนำไฟฟ้าไม่ควรเกิน 2 เดซิซีเมนต่อเมตร เนื่องจากปาล์มน้ำมันไม่ทนเค็ม หากค่าการนำไฟฟ้าเกิน 4 เดซิซีเมนต่อเมตร ระบบรากจะถูกทำลาย ปาล์มน้ำมันขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่าย

- ความเป็นกรด-ด่างของดิน ช่วงที่เหมาะสมคือ 4.5-5.5 ความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน เช่น หากดินมีความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 4.5 หรือมากกว่า 7.5 จะทำให้ฟอสฟอรัสและโบรอนอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ พืชดูดใช้ได้น้อย ซึ่งทำให้พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าวได้

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

สมบัติทางกายภาพ	ระดับความเหมาะสม				
	เหมาะสมที่สุด (S1)	เหมาะสมมาก (S2)	เหมาะสม (S3)	ไม่ค่อยเหมาะสม (N)	ไม่เหมาะสม
ความลึกของดิน (ซม.)	มากกว่า 100	75-100	50-75	25-50	< 25
เนื้อดิน	-ดินร่วนทราย -ดินร่วน -ดินร่วนเหนียวปนทราย	-ดินร่วนปนเหนียว -ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง -ดินเหนียวปนทราย	-ดินร่วนเหนียวปนทราย -ดินทรายปนร่วน -ดินเหนียวปนทรายแป้ง	-ดินเหนียว -ดินอินทรีย์	-กรวด -ทราย
ความลาดชัน (%)	0-4	4-12	12-23	23-38	มากกว่า 38
การระบายน้ำ	ดี	ปานกลาง	ช้า	ช้ามาก	เร็วมาก
การท่วมขังของน้ำ	ไม่ท่วมขัง	ไม่ท่วมขัง	ท่วมขังสั้นๆ (น้อยกว่า 5 วัน)	ท่วมขังปานกลาง (5-15 วัน)	ท่วมขังนาน มากกว่า 15 วัน)

ที่มา:ดัดแปลงจาก Paramananthan (2003)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

สมบัติทางเคมี	ระดับความเหมาะสม					ความต้องการของปาล์มน้ำมัน
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	<4.0	4.0-4.2	4.2-5.5	5.5-6.5	>6.5	5.5
อินทรียวัตถุ (%)	<1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-4.5	>4.5	2.5-4.5
ความเค็มของดิน (เดซิซีเมน/เมตร)	0-1	1-2	2-3	3-4	>4	0-1
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	<0.08	0.08-0.12	0.12-0.15	0.15-0.25	>0.25	0.15-0.25
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	<8	8-15	15-20	20-25	>25	20-25
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./กก.)	<120 <150	120-200 150-250	200-250 250-350	250-400 350-500	>400 >500	250-400 350-500
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	<32	32-80	80-100	100-120	>120	100-120
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	<20	20-50	50-75	75-100	>100	75-100
ทองแดงที่สกัดได้ (มก./กก.)	<4.0		4.0-6.0	>6.0		4.0-6.0
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมล/กก.)	<6	6-12	12-15	15-18	>18	15-18

ที่มา:ดัดแปลงจาก Paramananthan (2003)

3. ความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน

3.1 ความสำคัญของธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

ในปีแรก ต้นปาล์มน้ำมันต้องการธาตุอาหารในปริมาณน้อย ส่วนปีที่ 2 และ 3 ปาล์มน้ำมันต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่สูงขึ้นมาก โดยเฉพาะโพแทสเซียมและไนโตรเจน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและใต้ดิน หลังปลูก 3 ปี ขึ้นไป ปาล์มน้ำมันต้องการปุ๋ยในแต่ละปีค่อนข้างคงที่ ปกติปาล์มน้ำมันต้องการโพแทสเซียมมากกว่าไนโตรเจน และต้องการปริมาณสูงในช่วงก่อนให้ผลผลิต อย่างไรก็ตามกลุ่มธาตุอาหารพืชที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมากหรือค่อนข้างมาก คือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโบรอน ซึ่งธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตทะลายและน้ำมัน ดังนี้

ไนโตรเจน (Nitrogen; N)

เป็นส่วนประกอบสำคัญของสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ฯ กล่าวได้ว่า มีหน้าที่ที่สำคัญเกือบทุกกระบวนการทางสรีรวิทยา ไนโตรเจนจะไปเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ในปาล์มที่ยังไม่ให้ผลผลิต ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้น และเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพในที่สุด ปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่า 6.5 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนไม่ชัดเจน ในบางครั้งการให้ไนโตรเจนมากเกินไปอาจทำให้ผลผลิตลด เนื่องจากไปเพิ่มการแข่งขันภายในต้นปาล์มน้ำมันเพราะมีร่มเงาเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขาดไนโตรเจน จะมีการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนจากเนื้อเยื่อแก่ไปสู่เนื้อเยื่ออ่อน จึงทำให้สังเกตอาการขาดไนโตรเจนได้จากใบแก่ก่อน

กรณีที่มีไนโตรเจนมากเกินไป จะมีผลกระทบต่อธาตุอื่น ทำให้ผลผลิตลดลง อ่อนแอต่อโรคและแมลงเพิ่มขึ้น และไม่ควรใส่ไนโตรเจนในปริมาณมากกับปาล์มน้ำมันที่มีทางใบน้อยกว่า 25 ทางใบ การใส่ไนโตรเจนมากเกินไป จะชักนำให้เกิดการขาดโบรอนและอาการแถบใบขาว (white strip, ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 อาการแถบใบขาว (white strip) เนื่องจากได้รับไนโตรเจนปริมาณมากทำให้ธาตุอาหารไม่สมดุล

อาการขาดธาตุไนโตรเจน มักพบในต้นปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินทรายตื้นๆ หรือดินที่มีการระบายน้ำเลว มีน้ำท่วมขัง ขาดการกำจัดวัชพืช ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรง (pH ต่ำกว่า 4) หรือใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่เพียงพอ การขาดไนโตรเจนมีผลกระทบต่อการพัฒนาและการทำงานของคลอโรพลาสต์ ในใบที่ขาดไนโตรเจนนั้น โปรตีนจะถูกสลายพันธะด้วยน้ำ (Hydrolyzed) กลายเป็นกรดอะมิโน ซึ่งจะกระจายย้อนกลับไปที่ใบอ่อน ดังนั้นการขาดไนโตรเจนทำให้ต้นปาล์มน้ำมันชะงักการเจริญเติบโต ใบแก่มีสีเขียวซีด จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ถ้ารุนแรงทางใบปาล์มจะมีใบแห้ง (Necrosis) โดยเริ่มจากปลายใบและขอบใบย่อย ก้านทางใบจะมีสีเหลืองส้มตั้งแต่ปลายใบถึงหนามโคนทาง ก้านใบย่อยมีสีเหลืองส้ม หนามที่โคนทางใบจะแคบและม้วนงอ อาการเหล่านี้จะเกิดและกระจายไปทั่วทางใบ โดยแสดงอาการที่ใบแก่ก่อน (ภาพที่ 2a) ในระยะนี้แก้ไขโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งจะช่วยให้ใบอ่อนหรือใบที่เกิดใหม่มีสภาพสมบูรณ์มากขึ้น

ภาพที่ 2 อาการขาดไนโตรเจน ใบเหลืองซีดหรือเขียวอมเหลือง (a) หญ้าคาแสดงอาการขาดฟอสฟอรัส (b)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P)

ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ประกอบของเซลล์และการสืบพันธุ์ ทำหน้าที่เป็นตัวรับและถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ในกระบวนการที่สำคัญ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ เป็นต้น

อาการขาดฟอสฟอรัสมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในทรงพุ่มมากกว่าระบบรากเช่น การคลี่ของใบ ทางใบสั้นลง ขนาดลำต้นและทะลายเล็กลง การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงต่ำลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อที่ขาดฟอสฟอรัสจะสูงขึ้น ทำให้ใบปาล์มน้ำมันมีสีเขียว ถ้าขาดฟอสฟอรัสเป็นเวลานาน ลำต้นมีลักษณะเรียวคล้ายทรงปิรามิด หรือสังเกตจากวัชพืชบริเวณใกล้เคียงมีใบเล็กผิดปกติและใบล่างมีสีม่วง (ภาพที่ 2b)

โพแทสเซียม (Potassium; K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการมากที่สุด ช่วยให้ปาล์มน้ำมันทนทานต่อความแห้งแล้งและต้านทานโรค การได้รับโพแทสเซียมปริมาณเหมาะสม ช่วยเพิ่มขนาดและจำนวนทะลายปาล์ม

อาการขาดโพแทสเซียมค่อนข้างแปรปรวนขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุ์ โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากดินมีโพแทสเซียมต่ำ (<80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกที่เป็นดินทรายจัดหรือดินพรุ การขาดโพแทสเซียมจะไม่แสดงอาการทันที แต่จะมีตัวบ่งชี้ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ใบเหี่ยว ไม่ทนทานต่อความแห้งแล้งและโรคต่างๆ ทะลายฝ่อ และต้นทรุดโทรม ในปาล์มน้ำมันอายุ 1-3 ปี การขาดโพแทสเซียมทำให้ทางใบใหม่สั้นลง ส่วนปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว อาการขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการให้เห็นดังนี้

1) จุดแผลสีส้ม (Confluent Orange Spotting; COS) รวมถึงจุดสีบรอนซ์หรือจุดสีเหลือง ซึ่งเป็นอาการขาดโดยทั่วไป เริ่มพัฒนาจากใบมีสีเหลืองซีด มีจุดรูปร่างไม่แน่นอนตามใบย่อยของทางใบล่าง หรือใบแก่ เมื่ออาการรุนแรงขึ้นจุดเหล่านั้นจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม หากรุนแรงมากขึ้นจุดจะรวมกันเป็นแผลใหญ่สีส้มสดโปร่งแสง จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นจุดสีน้ำตาลตรงกลางแผลสีส้ม ปลายทางใบเริ่มแห้ง เริ่มจากปลายใบย่อย ใบเปราะหักง่าย ขอบใบแห้งกรอบและแตกเป็นฝอย

2) ใบสีเหลืองกลางทรงพุ่ม (diffuse yellowing หรือ mid crown yellow) มักพบในปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินทรายที่เป็นกรด ดินพรุ โดยเฉพาะช่วงที่มีความเครียดจากการขาดน้ำ ใบย่อยตั้งแต่ส่วนล่างถึงกลางทรงพุ่มมีสีซีดลงและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเหลืองส้ม จากนั้นขอบใบจะแห้ง กรณีที่ขาดโพแทสเซียมรุนแรงทางใบจะแตกและแห้งตายไป อาการเช่นนี้อาจสับสนกับอาการขาดสังกะสีในดินพรุได้

3) ตุ่มแผลสีส้ม (orange blotch หรือ Mbawsi symptom) อาการเริ่มแรกคือเป็นตุ่มแผลสีเขียวมะกอกในใบย่อยของทางใบล่างหรือทางใบแก่ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสดหรือสีส้ม จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ก่อนที่จะแห้งและตายไป (ภาพที่ 3a)

4) แถบใบขาว (white strip) มีลักษณะคล้ายแท่งดินสอ มักพบตรงส่วนกลางใบย่อยของใบกลางปาล์มน้ำมันอายุ 3-6 ปี เกิดจากสัดส่วนของไนโตรเจนต่อโพแทสเซียมในใบไม่สมดุล (มากกว่า 2.5) หรือการขาดโบรอนร่วมด้วย (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 3 อาการขาดโพแทสเซียม (a) และแมกนีเซียม (b) ของปาล์มน้ำมัน

แมกนีเซียม (Magnesium; Mg)

เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานชีวเคมีในกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ในกระบวนการที่ต้องใช้พลังงาน เช่น การสร้างแป้ง การสร้างโปรตีน การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากใบไปยังผลปาล์ม รวมถึงการสร้างน้ำมันในผลปาล์ม

การขาดแมกนีเซียมจะไปรบกวนการสังเคราะห์โปรตีน เป็นผลให้มีการสะสมสารประกอบไนโตรเจนที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของโปรตีน การให้ปุ๋ยโพแทชมากเกินไป ทำให้สมดุลแมกนีเซียมและโพแทสเซียมไม่เหมาะสม เป็นผลให้ดูดใช้แมกนีเซียมลดลง ปาล์มน้ำมันจะหยุดกระบวนการ

สร้างโปรตีน และกระบวนการสังเคราะห์น้ำมันจะลดลงเช่นกัน อาการขาดแมกนีเซียมมักพบในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นดินทรายหรือดินกรด หรือมีสาเหตุมาจากดินมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำ หรือการใส่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมมาก ดังนั้นสัดส่วน Ca:Mg และ Mg:K ในดินที่แลกเปลี่ยนได้ควรต่ำกว่า 5:1 และ 1.2:1 ตามลำดับ

อาการขาด พบที่ใบย่อยของทางใบล่างมีสีเหลืองหรือเรียกว่าทางใบสีส้ม อาการเริ่มแรกทางใบล่างมีสีเหลือง เนื่องจากแมกนีเซียมเคลื่อนย้ายไปสู่ใบอ่อน ถ้าอาการรุนแรงใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มและเริ่มแห้ง การวินิจฉัยอาการขาดแมกนีเซียม คือส่วนของใบที่อยู่ในร่มยังคงสีเขียว แต่ใบที่โดนแสงเต็มที่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 3b) ซึ่งเกิดจากการสะสมสิ่งที่ได้จากการสังเคราะห์แสง เช่น แป้งในใบเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นการสะสมสารประกอบของออกซิเจนที่เป็นพิษ เป็นสาเหตุของอาการใบเหลืองและแห้งตายในที่สุด ซึ่งอาการขาดแมกนีเซียมรุนแรงนี้เรียกว่า Sun scorch

โบรอน (Boron; B)

มีความสำคัญต่อการยืดตัวของราก การสร้างกรดนิวคลิอิก การสร้างผนังเซลล์ ความแข็งแรงของผนังเซลล์ การสร้างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน การงอกของละอองเกสรตัวผู้หรือการเจริญของหลอดเกสรตัวผู้

อาการขาดโบรอนพบเห็นทั่วไปในปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีฝนตกหนัก ในดินทราย หรือดินพรุ ซึ่งง่ายต่อการชะล้างโบรอน การขาดโบรอนมักพบในดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.5 หรือสูงกว่า 7.5 ปาล์มน้ำมันที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชสูง ทำให้ความต้องการใช้โบรอนเพิ่มขึ้น

การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อเจริญ ในปาล์มน้ำมันที่ขาดโบรอนนำไปสู่การยับยั้งการเจริญเติบโตของรากอ่อน และเนื้อเยื่อเจริญอื่นๆ ดังนั้นการขาดโบรอนจึงเกี่ยวข้องกับความผิดปกติในการพัฒนาการของใบ เช่น ใบอ่อน ปลายใบเป็นรูปตะขอ ใบหยักเป็นคลื่น, little leaf, fishbone leaf และ blind leaf (ภาพที่ 4) ใบที่แสดงอาการขาดโบรอนมักมีสีเขียวเข้ม เปราะ เมื่อเริ่มขาดโบรอนใบอ่อนจะสั้นลง ใบย่อยแคบลง ทำให้ดูทรงพุ่มของต้นปาล์มน้ำมันมีลักษณะเรือนยอดแบนเรียบ

ถ้าขาดโบรอนรุนแรง ต้นปาล์มน้ำมันจะหยุสร้างใบอย่างสิ้นเชิง มีการสร้างหลุมหรือโพรงในส่วนกลางของยอดปาล์มน้ำมัน การลดลงของผลผลิตอาจเนื่องมาจากการแท้งของช่อดอกตัวเมีย เพราะเกสรตัวผู้ไม่สามารถทำงานได้หรือ Pollen tube ไม่เจริญ

การประเมินการใช้ปุ๋ยตามอาการขาดธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน

การขาดไนโตรเจน:

- ปาล์มอายุ 1-3 ปี ใส่ยูเรีย 0.5-1.6 กก./ต้น/ปี หรือแอมโมเนียมซัลเฟต 1-2 กก./ต้น/ปี
- ปาล์มอายุ 5-10 ปี ใส่ยูเรีย 2.1-3.3 กก./ต้น/ปี หรือแอมโมเนียมซัลเฟต 3-4 กก./ต้น/ปี
- ระวังไม่ให้ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัสในใบมากกว่า 20:1 เพราะจะเกิดการไม่สมดุลของธาตุอาหาร (ปาล์มน้ำมันอายุน้อยกว่า 3 ปี พิจารณาทางใบที่ 9 และปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 3 ปี พิจารณาทางใบที่ 17)

การขาดฟอสฟอรัส: ใส่ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต หรือทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต หรือหินฟอสเฟตคุณภาพดี 1.5-2.0 กก./ต้น/ปี

การขาดโพแทสเซียม: การแก้ไขเบื้องต้น โดยใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ 3.0-4.0 กก./ต้น/ปี

การขาดแมกนีเซียม : การแก้ไขเบื้องต้น โดยใส่กีเซอร์ไรท์ (27%MgO, 23% S) 1.5-2.0 กก./ต้น/ปี

การขาดโบรอน: ใส่โบแรกซ์ 100-200 กรัม/ต้น/ปี เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 2-3 ปี และ 200-300 กรัม/ต้น/ปี สำหรับปาล์มอายุ 4 ปีขึ้นไปหรือใส่โซเดียมโบเรต 100-200 กรัม/ต้น/ปี

ภาพที่ 4 อาการขาดโบรอนของปาล์มน้ำมัน

3.2 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตปาล์มน้ำมัน

การนำผลผลิตออกจากสวนปาล์มน้ำมันคือการนำปุ๋ยหรือธาตุอาหารออกจากพื้นที่ ดังนั้นแต่ละตันของผลผลิตควรทดแทนธาตุอาหารที่สูญเสียไป (ยกเว้นทางใบเนื่องจากแต่งและวางไว้ในสวน) ในตารางที่ 4 แสดงธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันดูดขึ้นไปใช้ และกระจายในส่วนต่างๆ จะเห็นว่าธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันดูดขึ้นไปใช้ประโยชน์นั้น ถูกแบ่งย่อยออกไปหลายส่วนของต้นปาล์ม

ตารางที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมันต่อไร่ (ผลผลิต 4 ตันต่อไร่)

ส่วนของปาล์ม	ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม		แมกนีเซียม		แคลเซียม	
น้ำมัน	กก.	ร้อยละ	กก.	ร้อยละ	กก.	ร้อยละ	กก.	ร้อยละ	กก.	ร้อยละ
1. ลำต้นและใบ	6.56	21	0.23	12	7.36	22	1.12	19	1.60	14
2. ทางใบที่ถูกตัดแต่ง	10.72	35	0.63	34	11.52	35	2.08	36	7.04	62
3.ทะลายปาล์ม	11.68	38	0.82	45	12.48	37	1.92	34	2.24	20
4. ดอกตัวผู้	1.76	6	0.16	9	2.08	6	0.64	11	0.48	4
รวม	**30.72**	**100**	**1.84**	**100**	**33.44**	**100**	**5.76**	**100**	**11.36**	**100**

ที่มา:ดัดแปลงจาก Goh and Harder. 2003.

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณธาตุอาหารในทะลายปาล์ม 1 ตัน ที่ประกอบไปด้วยธาตุอาหารต่างๆ ที่สูญเสียไปจากพื้นที่พร้อมผลผลิตทะลาย ดังนั้นปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้ปาล์มน้ำมันต้องสอดคล้องกับปริมาณที่สูญเสียไปกับผลผลิต (ตารางที่ 6-8) และสมดุล เพื่อให้ทุกส่วนเจริญเติบโตไปพร้อมกัน เป็นผลให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตสูง

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมัน 1 ตัน

กิโลกรัม					กรัม				
N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
2.94	0.44	3.71	0.81	0.77	2.47	1.51	4.76	4.93	2.15

ที่มา: ดัดแปลงจาก Goh and Harder (2003)

ตารางที่ 6 ปริมาณธาตุอาหารในผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน 1 ตันและปริมาณปุ๋ยที่ใส่คืนกลับต่อต้น

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (กก./ตันผลผลิต)	แหล่งของธาตุอาหาร	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (กก./ตันผลผลิต)	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อต้น (กก.)[1/]
ไนโตรเจน (N)	2.94	21–0–0	14.00	0.61
ฟอสฟอรัส (P)	0.44	หินฟอสเฟต[2/]	2.20	0.10
โพแทสเซียม (K)	3.71	0–0–60	6.18	0.27
แมกนีเซียม (Mg)	0.77	กีเซอร์ไรท์[3/]	3.08	0.14
แคลเซียม (Ca)	0.81	ปูนขาว($CaCO_3$)	1.99	0.09

[1/]คำนวณจากสมมติฐานว่าปาล์มน้ำมันให้ผลผลิต 1 ตัน/ไร่ ในกรณีที่ได้มากหรือน้อยกว่านี้ ให้ใช้ผลผลิตในปีที่ผ่านมา คูณในคอลัมน์ที่ 5 ก็จะเป็นปริมาณปุ๋ยเคมีที่สูญเสียไปกับผลผลิตในปีที่ผ่านมา

[2/]หินฟอสเฟตมีฟอสฟอรัสทั้งหมด ประมาณ 20%

[3/](MgO 27% +SO_3 50%)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Goh and Harder (2003)

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบของต้นปาล์มน้ำมันส่วนที่อยู่เหนือดินคิดเป็นปุ๋ยเดี่ยวที่สำคัญชนิดต่างๆ และปริมาณปุ๋ยเดี่ยวที่ใช้ต่อต้น

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารต้นปาล์มส่วนเหนือดิน (กก./ต้น)	แหล่งของธาตุอาหาร	เทียบเท่าปริมาณปุ๋ยต่อต้น (กก./ต้น)[1/]
ไนโตรเจน (N)	1.297	21–0–0	6.18
ฟอสฟอรัส (P)	0.077	หินฟอสเฟต[1/]	0.39
โพแทสเซียม (K)	1.412	0–0–60	2.36
แมกนีเซียม (Mg)	0.243	กีเซอร์ไรท์[2/]	0.97
แคลเซียม (Ca)	0.479	ปูน($CaCO_3$)	1.20

[1/]หินฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสทั้งหมด ประมาณ 20% [2/](MgO 25% +SO_3 50%)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Goh and Harder (2003)

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบของใบปาล์มน้ำมันเป็นธาตุอาหารที่สำคัญชนิดต่างๆ และปริมาณปุ๋ยเดี่ยวต่อต้น

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (กก./ต้น/ปี)	แหล่งของธาตุอาหาร	เทียบเท่าปริมาณปุ๋ยต่อต้น (กก./ต้น)[1/]
ไนโตรเจน (N)	0.45	21–0–0	2.14
ฟอสฟอรัส (P)	0.03	หินฟอสเฟต[1/]	0.15
โพแทสเซียม (K)	0.49	0–0–60	0.82
แมกนีเซียม (Mg)	0.09	กีเซอร์ไรท์[2/]	0.36
แคลเซียม (Ca)	0.30	ปูนขาว ($CaCO_3$)	0.75

[1/]หินฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสทั้งหมด ประมาณ 20% [2/](MgO 25% +$SO_3$50%)

[3/]คิดจากใบปาล์มน้ำมันที่ตัดแต่งออก 1.6 ตันน้ำหนักแห้งของทางใบต่อไร่ต่อปี

ที่มา: Ng and Thamboo (1967) และ Ng *et al.* (1968)

4. การประเมินการใช้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีความต้องการปุ๋ยสูงในการให้ผลผลิต แต่เนื่องจากปุ๋ยมีราคาแพง และต้องใช้ในปริมาณมาก การให้ปุ๋ยอัตราสูงเกินไปเพียงเล็กน้อยก็จะกระทบกับต้นทุนการผลิตทั้งระบบ ดังนั้นจึง

จำเป็นต้องทราบชนิดและอัตราที่เหมาะสมก่อนการใส่ปุ๋ย เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ และทำให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตที่สม่ำเสมอ ซึ่งการประเมินความต้องการปุ๋ยมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน คือ

ประเมินการใช้ปุ๋ยตามผลวิเคราะห์ดินและใบ

วิธีการที่นิยมใช้ในสวนปาล์มน้ำมันขนาดใหญ่คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามผลการวิเคราะห์ใบ ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน และต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี แต่เป็นการประเมินที่แม่นยำที่สุด อย่างไรก็ตามการแสดงอาการขาดธาตุในแปลงสามารถนำมาใช้ร่วมกับผลการวิเคราะห์ใบได้เป็นอย่างดี

เมื่อได้ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการแล้ว นำมาแปลผลวิเคราะห์ใบ เนื่องจากระดับวิกฤตหรือระดับเหมาะสมของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดแปรปรวนได้ ขึ้นกับปัจจัยหลายชนิดเช่น อายุปาล์มน้ำมัน ความชื้นในดิน พันธุ์ ความสมดุลกับธาตุอาหารอื่น ระยะปลูกและการแข่งขันกันของปาล์ม รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นควรให้มีการแนะนำเป็นช่วงของระดับวิกฤติ หรือช่วงระดับความเหมาะสมแทนที่จะเป็นจุดวิกฤต

ผลการวิเคราะห์ใบแสดงให้เห็นความไม่สมดุลของธาตุอาหารเช่น ถ้าจะคำนวณความต้องการปุ๋ยของปาล์มน้ำมันจากข้อมูลการวิเคราะห์ใบเพียงอย่างเดียวอาจผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรต้องติดตามข้อมูลติดต่อกันเป็นเวลา 3-4 ปี และต้องทบทวนข้อมูลวิเคราะห์ ทั้งในต้นปาล์มน้ำมันร่วมกับข้อมูลผลผลิต ข้อมูลการใช้ปุ๋ย การสังเกตจากพืช หรือสังเกตการเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันในแปลง ตลอดถึงข้อมูลวิเคราะห์ดิน เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาตีความหมายร่วมกัน ให้ได้ข้อมูลความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันในอนาคต

4.1) ประเมินการใช้ปุ๋ยเคมีตามผลค่าวิเคราะห์ดิน

ข้อพิจารณาการใช้ปุ๋ยจากค่าวิเคราะห์ดิน มีดังนี้

1) ไนโตรเจน ปกติดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก (<1.0%) จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอสำหรับปาล์มน้ำมัน

2) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า 15 มก./กก แสดงว่าต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่ม

3) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 60 มก./กก แสดงว่าต้องใส่ปุ๋ยโพแทชเพิ่ม

4) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 35 มก./กก แสดงว่าต้องใสปุ๋ยกีเซอร์ไรท์เพิ่ม โดยอัตราส่วน Mg:K ควรต่ำกว่า 1.2:1 เพื่อรักษาสมดุลของธาตุอาหาร

4.2) ประเมินการใช้ปุ๋ยเคมีตามผลการวิเคราะห์ใบ

เก็บตัวอย่างจากทางใบที่ 17 เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปีขึ้นไป และจากทางใบที่ 9 เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 2-3 ปี ค่าวิกฤตของธาตุอาหารแต่ละชนิดเปลี่ยนแปลงตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำฝนและอายุพืช (ตารางที่ 9และ10) จึงควรเก็บในระยะเวลาเดียวกันของทุกปี ควรเก็บหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้ายแล้วประมาณ 3 เดือน หลีกเลี่ยงการเก็บในช่วงฝนตกหนักหรือช่วงแล้งจัด

พื้นที่ที่มีลักษณะดินคล้ายคลึงกัน มีความสม่ำเสมอ และปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ควรเก็บ 1-2 ต้นต่อ 6 ไร่ และอาจนำตัวอย่างที่เก็บมารวมกัน (โดยเก็บ 20 ต้นต่อ 150 ไร่) เป็น 1 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ในกรณีที่ดินและพืชมีความสม่ำเสมอมาก

โดยทั่วไปพื้นที่แห้งแล้งมีค่าวิกฤตของธาตุอาหารต่ำ เมื่ออายุปาล์มน้ำมันมากขึ้นค่าวิกฤตของธาตุอาหารจะลดลง และค่าวิกฤตของธาตุอาหารในทางใบที่ 17 จะต่ำกว่าในทางใบที่ 9

การแปลผลจากค่าวิเคราะห์ใบ โดยใช้ค่าวิกฤตของธาตุอาหาร (ตารางที่ 9 และ 10) สามารถนำมาประเมินการใช้ปุ๋ยกับปาล์มน้ำมันได้ ดังนี้

1. ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จากการวิเคราะห์ใบอยู่ในช่วงเบี่ยงเบนร้อยละ 5 จากค่าวิกฤติ และโพแทสเซียมในช่วงเบี่ยงเบนร้อยละ 10 ต้องใส่ปุ๋ยในอัตราเดิมตามปกติในปีต่อไป

2. ถ้าระดับธาตุอาหารในการวิเคราะห์ใบน้อยกว่าค่าต่ำสุดของค่าเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤติ ควรเพิ่มปุ๋ยให้ธาตุอาหารชนิดนั้นอีกร้อยละ 25 ของการใส่ปุ๋ยในปีต่อไป

3.ต้องลดปุ๋ยร้อยละ 25 ในปีต่อไป ถ้าค่าวิเคราะห์ใบได้สูงกว่าค่าเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤติ

ตัวอย่าง ค่าวิกฤตของไนโตรเจน (N) ในใบของทางใบที่ 17 มีค่า 2.5%

ค่าเบี่ยงเบน 5% = $\frac{2.5x5}{100}$ = 0.125

ดังนั้น ถ้าค่าวิเคราะห์ N ในใบต่ำกว่า *2.375 % (2.5-0.125)* ต้องมีการใส่ปุ๋ย Nเพิ่ม

อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นไปได้ควรรักษาระดับธาตุอาหารในใบในช่วงเหมาะสม (ตารางที่ 9) และถ้าปริมาณธาตุอาหารในใบอยู่ในเกณฑ์ที่ขาด ควรเพิ่มปุ๋ยให้ธาตุนั้นๆ ประมาณ 20% จากอัตราที่ใส่เดิม จากนั้นค่อยติดตามสังเกตผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปในปีต่อไป พร้อมทั้งตรวจสอบค่าวิเคราะห์ดินในปีต่อๆ ไปด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะวิเคราะห์ใบทุก 6 เดือน

บางครั้ง เมื่อพบว่าธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งขาด และมีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารชนิดนั้นให้ปาล์มน้ำมัน ซึ่งบางครั้งอาจเพิ่มมากเกินไป ทำให้เกิดการไม่สมดุลกับธาตุอาหารชนิดอื่นๆ ที่พืชต้องการ ดังนั้นหลังจากเพิ่มธาตุอาหารใดแล้ว ควรตรวจสอบค่าวิเคราะห์ใบว่าธาตุอื่นๆ ในใบอยู่ในช่วงเหมาะสมหรือไม่ และต้องติดตามบันทึกผลผลิตในปีต่อๆ ไปด้วยว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร เนื่องจากปุ๋ยที่ใส่ให้ปาล์มน้ำมันแต่ละครั้งต้องใช้เวลานาน จึงจะสังเกตเห็นการตอบสนองของผลผลิตได้ชัดเจน

ตารางที่ 9 ค่าวิกฤตของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ภายใต้สภาวะการขาดน้ำ 200 มิลลิเมตร

อายุ	ทางใบที่	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง				มก./กก.
(ปี)		N	P	K	Mg	B
2	9	2.94	0.185	1.35	0.35	18
3	9	2.90	0.180	1.30	0.30	18
4	17	2.68	0.170	1.20	0.26	14
5	17	2.68	0.170	1.20	0.26	14
6	17	2.64	0.168	1.17	0.26	15
7	17	2.64	0.168	1.17	0.26	15
8	17	2.64	0.168	1.17	0.26	15
9	17	2.57	0.164	1.11	0.25	16
10	17	2.57	0.164	1.11	0.25	16
11	17	2.57	0.164	1.11	0.25	16
12	17	2.51	0.161	1.06	0.24	16
13	17	2.51	0.161	1.06	0.24	16
14	17	2.51	0.161	1.06	0.24	16
15	17	2.44	0.158	1.00	0.24	16
16	17	2.44	0.158	1.00	0.24	16
17	17	2.44	0.158	1.00	0.24	16
18	17	2.39	0.155	0.95	0.23	16
19	17	2.39	0.155	0.95	0.23	16
20	17	2.39	0.155	0.95	0.23	16
21	17	2.33	0.152	0.90	0.23	16

ที่มา : Richardson (1986)

ตารางที่ 10 ค่าวิกฤตของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ภายใต้สภาวะการขาดน้ำ 400 มิลลิเมตร

อายุ (ปี)	ทางใบที่	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง				ส่วนต่อล้าน
		N	P	K	Mg	B
2	9	2.68	0.170	1.20	0.35	18
3	9	2.60	0.166	1.15	0.33	18
4	17	2.55	0.163	1.05	0.25	14
5	17	2.55	0.163	1.05	0.25	14
6	17	2.51	0.161	1.00	0.25	15
7	17	2.51	0.161	1.00	0.25	15
8	17	2.51	0.161	1.00	0.25	15
9	17	2.46	0.159	0.95	0.24	16
10	17	2.46	0.159	0.95	0.24	16
11	17	2.46	0.159	0.95	0.24	16
12	17	2.41	0.156	0.90	0.24	16
13	17	2.41	0.156	0.90	0.24	16
14	17	2.41	0.156	0.90	0.24	16
15	17	2.36	0.154	0.85	0.23	16
16	17	2.36	0.154	0.85	0.23	16
17	17	2.36	0.154	0.85	0.23	16
18	17	2.31	0.151	0.80	0.22	16
19	17	2.31	0.151	0.80	0.22	16
20	17	2.31	0.151	0.80	0.22	16
21	17	2.26	0.149	0.75	0.21	16

ที่มา : Richardson (1986)

4.3) คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันอายุ 1–3 ปี เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบอย่างรวดเร็ว การใส่ปุ๋ยในช่วงนี้ เพื่อให้มีการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและรากอย่างเต็มที่และมีความแข็งแรง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ต้นปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอในระยะต่อๆไป อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีต้องคำนึงถึงชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย เนื่องจากดินแต่ละพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกัน ในคำแนะนำนี้ใช้สำหรับปาล์มน้ำมัน 1-3 ปีในดินที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรกที่ปลูกในดินที่แตกต่างกัน

อายุปาล์มน้ำมัน	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี(กิโลกรัมต่อต้น)				
	21–0–0	0–3–0	0–0-60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
ก่อนปลูก (รองก้นหลุม)	-	0.50	-	-	-
ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (ดินทรายหรือทรายร่วน และปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์)					
ปีที่ 1	1.55	1.00	1.00	0.50	0.09
ปีที่ 2	3.00	1.50	2.50	1.00	0.13
ปีที่ 3	4.00	1.50	3.00	1.00	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	8.55	4.00	6.50	2.50	0.35

อายุปาล์มน้ำมัน	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี(กิโลกรัมต่อต้น)				
	21–0–0	0–3–0	0–0-60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (อนุภาคดินเหนียวมากกว่าร้อยละ 40)					
ปีที่ 1	1.40	1.20	0.50	-	0.09
ปีที่ 2	2.80	1.80	1.80	-	0.13
ปีที่ 3	3.00	2.20	2.30	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	7.20	5.20	4.60	0.70	0.35
ดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัด					
ปีที่ 1	1.80	1.80	1.00	0.30	0.09
ปีที่ 2	3.00	1.80	2.50	0.30	0.13
ปีที่ 3	4.00	2.20	2.50	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	8.80	5.80	6.00	1.30	0.35
ดินทราย					
ปีที่ 1	3.20	1.80	1.20	1.00	**0.13**
ปีที่ 2	**4.00**	**2.20**	**3.50**	1.40	**0.13**
ปีที่ 3	6.10	2.60	4.00	1.40	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	13.3	6.60	8.70	3.80	0.39
ดินอินทรีย์หรือดินพรุ	21–0–0	0–3–0	0–0-60	จุนสี	โบเรท
ก่อนปลูก (รองก้นหลุม)	-	0.50	-	-	-
ปีที่ 1	1.85	2.00	1.50	1.20	0.09
ปีที่ 2	3.00	2.50	2.50	0.80	0.13
ปีที่ 3	3.00	3.00	4.00	0.40	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	7.85	7.50	8.00	2.40	0.35

หมายเหตุ หินฟอสเฟต (0–3–0) ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) ไม่ต่ำกว่า 20%P_2O_5 และตั้งแต่ปีที่ 4 เป็นต้นไป ในกรณีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยตามผลวิเคราะห์ใบ ให้ใส่ปุ๋ยในปริมาณเท่ากับปีที่3 โดยแบ่งใส่อย่างน้อย 2 ครั้งต่อปี
ที่มา: ดัดแปลงจาก Rankine and Fairhurst (1998)

อย่างไรก็ตาม เกษตรกรในบางพื้นที่ที่ไม่สามารถหาซื้อหินฟอสเฟต (0–3–0) ได้หรือหาได้แต่มีคุณภาพต่ำ เกษตรกรสามารถเลือกใช้ฟอสเฟตจากแหล่งอื่นได้ เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18–46–0) อัตราที่แนะนำตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรกที่ปลูกในดินที่แตกต่างกัน กรณีที่ไม่มีหินฟอสเฟต (0-3-0)

อายุปาล์มน้ำมัน	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี(กิโลกรัมต่อต้น)				
	21–0–0	18–46–0	0–0-60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ					
ปีที่ 1	1.25	0.50	1.00	0.50	0.09
ปีที่ 2	2.50	0.75	2.50	1.00	0.13
ปีที่ 3	3.50	1.00	3.00	1.00	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	7.25	2.25	6.50	2.50	0.35

อายุปาล์มน้ำมัน	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี(กิโลกรัมต่อต้น)				
	21–0–0	18–46–0	0–0-60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง(อนุภาคดินเหนียวมากกว่าร้อยละ 40)					
ปีที่ 1	1.00	0.60	0.50	-	0.09
ปีที่ 2	2.00	0.90	1.80	-	0.13
ปีที่ 3	2.00	1.10	2.30	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	5.00	2.60	4.60	0.70	0.35
ดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัด					
ปีที่ 1	1.00	0.90	1.00	0.30	0.09
ปีที่ 2	2.20	0.90	2.50	0.30	0.13
ปีที่ 3	3.00	1.10	2.50	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	6.20	2.90	6.00	1.30	0.35
ดินทราย					
ปีที่ 1	2.50	0.90	1.20	1.00	0.13
ปีที่ 2	3.00	1.10	3.50	1.40	0.13
ปีที่ 3	5.00	1.30	4.00	1.40	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	10.5	**3.3**0	8.70	3.80	0.39
ดินอินทรีย์หรือดินพรุ	21–0–0	0–3–0	0–0-60	จุนสี	โบเรท
ปีที่ 1	1.00	**1.00**	1.50	1.20	**0.09**
ปีที่ 2	2.50	1.20	2.50	0.80	0.13
ปีที่ 3	2.50	1.50	4.00	0.40	0.13
รวม (กก./ต้น/3ปี)	6.00	3.70	8.00	2.40	0.35

หมายเหตุ ตั้งแต่ปีที่ 4 เป็นต้นไป กรณีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยตามผลวิเคราะห์ใบ ให้ใส่ปุ๋ยในปริมาณเท่ากับปีที่ 3 โดยแบ่งใส่อย่างน้อย 2 ครั้งต่อปี และหากต้องการคำนวณปริมาณปุ๋ยต่อไร่ ต้องคูณด้วย 22.88 ต้นต่อไร่ (ระยะปลูก 9x9x9 เมตร แบบสามเหลี่ยมด้านเท่า หรือ 143 ต้นต่อเฮกตาร์)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Rankine and Fairhurst (1998)

4.4) วิธีการใส่ปุ๋ย

1) เวลาใส่ปุ๋ย ให้ใส่เมื่อดินมีความชื้นพอเพียง หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยเมื่อแห้งแล้งหรือมีฝนตกหนัก

2) ไม่ใส่ปุ๋ยกองเป็นก้อนหรือหนาเป็นแถบใกล้ลำต้นเกินไป เพราะจะทำอันตรายรากพืชได้

3) ต้องกำจัดวัชพืชรอบทรงพุ่ม

4) ปาล์มอายุ 1-4 ปี ให้โรยหรือหว่านปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ภายในวงกำจัดวัชพืชที่มีรัศมีใกล้เคียงกับทรงพุ่ม

5) ปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปีขึ้นไป ใส่ห่างจากโคนต้น 50 เซนติเมตร ถึงบริเวณรัศมีทรงพุ่ม โดยหว่านกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

6) ปุ๋ยฟอสฟอรัส วิธีใส่ฟอสฟอรัสในปาล์มน้ำมันเล็ก ให้หว่านบริเวณรอบโคนต้นหรือรอบทรงพุ่ม ส่วนปาล์มน้ำมันต้นใหญ่ให้ใส่ระหว่างแถว หรือบนกองทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดไว้ (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 วิธีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

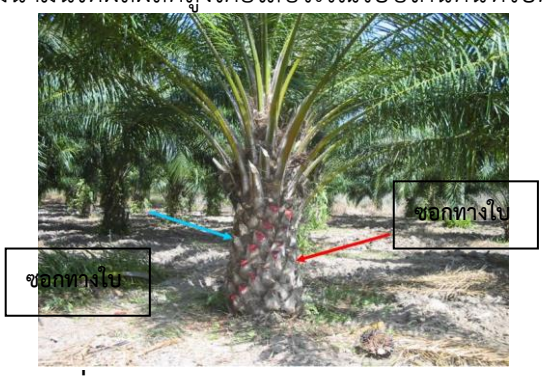
7) การใส่โพแทสเซียม ใส่ขณะดินแห้งได้ โดยการหว่านปุ๋ยโพแทสเซียมรอบต้นปาล์มน้ำมันเล็กบริเวณที่กำจัดวัชพืช ส่วนปาล์มน้ำมันใหญ่ให้หว่านระหว่างแถว หรือบริเวณทางใบที่นำมาวางระหว่างแถว (ภาพที่ 7)

ภาพที่ 7 วิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

8) การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม โดยหว่านรอบโคนต้นบริเวณที่มีการกำจัดวัชพืชแล้ว ต้นปาล์มน้ำมันใหญ่ควรใส่บริเวณระหว่างแถวหรือบริเวณกองทางใบปาล์ม โดโลไมท์ควรหว่านบริเวณระหว่างแถว ไม่ควรใส่โดยไม่กำจัดวัชพืช และควรใส่แมกนีเซียมก่อนโพแทสเซียม 2 สัปดาห์

ภาพที่ 8 วิธีการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมบนกองทางใบและการหว่านรอบโคนต้น

9) วิธีการใส่ปุ๋ยโบรอน โดยทั่วไป ปีที่ 1-6 จะใส่โบแรกซ์ อัตรา50 กรัมต่อต้นต่อปีและเพิ่มเป็น 100 กรัมต่อต้นต่อปี ในกรณีที่ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงโดยใส่บริเวณรอบโคนต้นหรือตำแหน่งซอกทางใบ



ภาพที่ 9 วิธีการใส่ปุ๋ยโบรอนบริเวณซอกทางใบ

เอกสารอ้างอิง

เกริกชัย ธนรักษ์. 2551. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร“คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจอย่างมีประสิทธิภาพ” วันที่ 20 มิถุนายน 2551 ณ ห้องประชุมกลุ่มปฐพีวิทยา ชั้น4 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร.

เกริกชัย ธนรักษ์. 2552. เอกสารคำแนะนำ : การใช้ปุ๋ยเคมีในสวนปาล์มน้ำมันอายุ 1–3 ปี ฉลอง 36 ปี กรมวิชาการเกษตร : มหกรรมวิชาการเกษตรภาคใต้ตอนบน 27–28 มิถุนายน 2552 ณ. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี.

ชัยรัตน์ นิลนนท์และจำเป็น อ่อนทอง. 2538. การใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. แปลและเรียบเรียงจาก HR von Uexkull. and T.H. Fairhurst. IPI- Bulletin No12. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรราชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 78 หน้า

ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2544. คู่มือสวนปาล์มน้ำมัน (ฉบับพกพา). คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน บุญเหลือ ศรีมุงคุณ เพ็ญศิริ จำรัสฉาย จำลอง กกรัมย์ และอรรัตน์ วงศ์ศรี. 2559. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ต่อการจัดการที่แตกต่างกันในจังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานี ใน: รายงานผลวิจัยเรื่องเต็ม โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน. กันยายน 2559. 80 หน้า.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2548. คู่มือปาล์มน้ำมัน ชุดที่ 1 เอกสารวิชาการลำดับที่ 6/2548. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2557.

Ballo, K.C. and P. Quencez. 1991. Planting on continuous terraces along contour lines – design adapted to agronomy experiments. Oleagineux, 46:515-526.

Caliman, J.P. and P. de Kochko. 1987. A few crop techniques and special improvements on oil palm plantations to limit erosion and water runoff. Oleagineux, 42: 99-106.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm 4th edition. Blackwell Science L.td. 562p.

Dufrene, E. 1989. Photosynthesis, consummation en eau etmodelisation de la production chez le palmier a huile (*Elaeisguineensis* Jacq.). These de Docteuren Sciences, Universite Paris-SudOrsay. 154 pp.

Dufrene, E., Dubos, B., Rey, H., Quencez, P. and B. Saugier. 1992. Changes in evapotranspiration from and oil palm stand (*Elaeisguineensis* Jacq.) exposedto seasonal soil water deficits. ActaEcologia, 13:299-314.

Goh, K.J. and Harder, R. 2003. General Oil Palm Nutrition. In: Fairhurst, T,H. and Harder, R.(eds) Oil Palm : Management for Large and Sustainable Yields'. Oxford Graphic Printers Pte Ltd. Singapore ; 382p.

Haniff, H.M. 1997. Proline accumulation in the leaves of water stressed oil palm (*Elaeisguineensis* Jacq.) seedlings. Elaeis, 9(2):93-99.

Hartley, C.W.S. 1977. The Oil Palm. 2nd edition. Longmans, London. 806 pp.

Hartley, C.W.S. 1984. The Oil Palm. Longman Group Limited. 806 pp.

Hartley, C.W.S. 1988. The Oil Palm.3rded. Longman, Singapore Publishers Ltd. Singapore. 761 pp.

Henson, I.E. and K.C. Chang. 1990. Evidence for water as a factor limiting performance of field palms in West Malaysia. In (eds. Jalani, B.S.; Zin, Z.Z.; Paranjothy, K.; Ariffin, D.; Rajanaidu, N.; Cheah, S.C.; MohdBasri, W. and I.E. Henson.). Proc. of 1989 PORIM International Palm Oil Development Conference. Module II (Agriculture). Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi. P.487-498.

Henson, I.E. 1991a. Limitations to gas exchange, growth and yield of young oil palm by soil water supply and atmospheric humidity. Transactions of Malaysian Society of Plant Physiology, 2:39-45.

Henson, I.E. 1995a. Carbon assimilation, water use and energy balance of and oil palm plantation assessed using micrometeorological techniques. In: *Proc. 1993. PORIM Int.Palm Oil Congr. – Agriculture* (Ed. By B.S. Jalani *et al*.), pp. 137-158, Palm Oil Res Inst. Malaysia, Kuala Lumper.

Jacquemard, J.C. 1998. Oil Palm. The Tropical Agriculturist. MacMillan Education Ltd., Hong Kong. p.23-25.

Lamade, E., Djegul, N. and P. Leterme. 1996. Estimation of carbon allocation to the roots from soil respiration measurements of oil palm. Plant and Soil, 181:329-339.

Ng, S.K., Helmut von Uexkull and Hardter, R. 2003. Botanical Aspects of the Oil Palm Relevant to Crop Management. In: Fairhurst, T,H. and Hardter, R. (eds) Oil Palm : Management for Large and Sustainable Yields'. Oxford Graphic Printers Pte Ltd. Singapore ; 382p.

Ng, S.K. and S.Thamboo. 1967. Nutrient Contents of Oil Palms in Malaya. I. Nutrients Required for Reproduction : Fruit Bunches and Male Inflorescences . The Malaysian Agricultural Journal, 46, 3–45.

Ng, S.K., S. Thamboo. and P. de Souza. 1968. Nutrient Contents of Oil Palms in Malaya. II. Nutrients in Vegetative Tissue. The Malaysian Agricultural Journal, 46, 332–391.

Paramananthan, S. 2000a. Soil requirements of oil palm for high yields. In: Managing oil palm for high yields: agronomic principles (Ed. by Goh K.J.), pp. 18-38, Malaysian Soc. Soil Sci./Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur.

Paramananthan, S. 2003. Land Selection for Oil Palm. In: Fairhurst, T.H. and Hardter, R.(eds) Oil Palm : Management for Large and Sustainable Yields'. Oxford Graphic Printers Pte Ltd. Singapore ; 382p.

PORIM. 1992. Annual Research Review 1991. Biology Division. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi. P. 5-15.

PORIM. 1993. Annual Research Review 1992. Biology Division. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi. P. 5-15.

Rankine, I.R. and T.H. Fairhurst. 1998. Oil Palm Series (Volume 3): Mature. Oxford Graphic Printers Pte. Ltd. Singapore 111P.

Richardson, D.L. 1986. Agronomist Report on Oil Palm Nutrition Consultant Report to UNDP/FAO THA/84/007/A/01/02 Project. Printers Pte.Ltd. Singapore111P.

Smith, B.G. 1989. The effects of soil water and atmospheric vapor pressure deficit on stomata behavior and photosynthesis in the oil palm. Journal of Experimental Botany, 40:647-651.

Squire, G.R. 1984b. Light interception, productivity and yield of oil palm. Internal report, Palm Oil Res. Inst. Malaysia.

Squire, G.R. 1984c. Techniques in environmental physiology of oil palm: partitioning of rainfall above ground. PORIM Bulletin No.9: 1-9.

Surre, C. and R. Ziller. 1963. Le palmier a huile Maisonneuve & Larosse, Paris.

Tan, K.S. 1976. Development, Nutrient Contents and Productivity in Oil Palm In Land Soil of West Malaysia. MSc, University of Singapore.

Tan, K.S. 1977. Efficient Fertilizer Usage for Oil Palm on Inland Soils. In: D.A. Earp. and S. Newall.(eds). International Developments in Oil Palm. Malaysian International Agricultural Oil Palm Conference. Kuala Lumpur, 14 – 17 June 1976. ISP, pp262 – 288.

Teo, L., K.P. Ong and A. Zainuriah. 2000. Effects of Fertilizer withdrawal Prior to Replanting on the Oil Palm Performance. In: E. Pushparajah. (ed) International Planters Conference on Plantation Tree Crops in the New Millennium: The Way Ahead (Volume1. Technical Papers). Kuala Lumpur, 17 – 20 May 2000. pp233 – 249.

Toeh, K.C. and P.S. Chew. 1988. Potassium in the Oil Palm Eco–system and Some Implications to Manuring Practice. In: H.A.H. Hj Hassan. P.S. Chew., B.J. Wood. And E. Pushparajah. (eds). International Oil Palm/Palm Conferences: Progress and Prospects. Conference I: Agriculture. Kuala Lumpur, 23–26 June 1987. PORIM, IPS, pp 277-286.

von Uexkull, H.R. and T.H. Fairhurst. 1991. Fertilizing for high yield and quality. The Oil Palm. IPI-Bulletin No. 12. Intern. Potash Inst.