รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน (โครงการวิจัยเดี่ยว)

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน

กิจกรรม : การจัดการธาตุอาหารและน้ำในสวนปาล์มน้ำมัน

ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) ศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในพื้นที่ทุ่งรังสิต

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Study on the efficiency of phosphate solubilization biofertiliing on oil palm's production in Rangsit area.

3. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสุปรานี มั่นหมาย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นางสาวนิศารัตน์ ทวีนุต	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายอธิปัตย์ คลังบุญครอง	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายสนธยา ขำติ๊บ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายพีรพงษ์ เชาวนพงษ์	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นางสาวศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นางสาววนิดา โนบรรเทา	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เพื่อการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ทุ่งรังสิต ซึ่งเป็นดินกรดจัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีเหล็กและอะลูมินั่มสูง เกิดปัญหาการตรึงฟอสเฟต พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟต ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงที่สุด เท่ากับ 3,437 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบเพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันเท่ากับ 2,615 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบเพียงอย่างเดียวส่วนการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำหลัก :ปาล์มน้ำมัน ดินกรดปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

The study on the integrated use of chemical fertilizers according to soil and leaf analysis with biofertilizers (phosphate solubilizing biofertilizer and arbuscularmycorrhizal biofertilizer) in the production of oil palm grown in an acid sulfate soil was conducted in Rangsit area. This Rangsit acid sulphate soil is well known of its low fertility, high in Fe and Al and problematic available phosphate fixation. From the study, it was found that chemical fertilizers together with both biofertilizers and phosphate rock gave the highest oil palm's produce of 3,437 kilogram per rai per year. The use of chemical fertilizers alone gave the oil palm's produce of 2,615 kilogram per rai per year which was lower than that from the use of chemical fertilizers with biofertilizers significantly . In addition, the use of chemical fertilizers with both biofertilizers and phosphate rock promoted more available phosphate and exchangeable potassium contents in the soil than those from the only use of chemical fertilizers.

Keywords: Oil palm , Phosphate solubilizing biofertilizer, arbuscularmycorrhizal

6. คำนำ

ปัจจุบันการปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดปทุมธานีมีพื้นที่ปลูกประมาณ 12,000 ไร่ ในพื้นที่อำเภอหนองเสือ คลองหลวง ลำลูกกา และธัญบุรี โดยพื้นที่ดังกล่าวมีน้ำชลประทานอย่างเพียงพอ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 4.5 ตันต่อไร่ต่อปี (อายุปาล์ม 6 ปี) แต่เนื่องจากพื้นที่ทุ่งรังสิตถือว่าเป็นพื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวจัด ถึง 266,231 ไร่ และเปรี้ยวจัดปานกลาง 415,259 ไร่ (กลุ่มวิจัยพัฒนาการจัดการดินเปรี้ยว กรมพัฒนาที่ดิน,2549) มักส่งผลต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืช จำเป็นต้องมีการจัดการปรับปรุงดินให้เหมาะสม ดินเปรี้ยวเป็นดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง เป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการกำเนิดดิน ทำให้เกิดการสะสมสารประกอบกำมะถันในดิน ซึ่งเมื่อดินแห้งสารประกอบกำมะถันจะแปรสภาพทำให้เกิดกรดกำมะถันขึ้นในดิน ทำให้ดินเป็นกรดสูงมากจนมีผลกระทบต่อพืชที่ปลูก โดยทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.0 และมักพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารจาโรไซต์ในชั้นดินล่าง การที่ดินเป็นกรดทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารที่สำคัญ เช่น ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส นอกจากนี้สภาพการเป็นกรดยังทำให้ธาตุอาหารเหล็กและอะลูมินั่มละลายออกมาอยู่ในดินมากจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชปริมาณของปุ๋ยที่ใส่และลักษณะสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงดินจะมีฟอสเฟตในรูปที่เป็นประโยชน์เพียง10-20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากฟอสเฟตที่ปลดปล่อยออกมาไปจับกับไอออนอะลูมินั่มและเหล็กในสภาพดินกรด ทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (อรวรรณ,2551; Oberson *et al.*,2001; Gyaneshwae *et al.*,2002)

ปัญหาการผลิตปาล์มน้ำมันในปัจจุบันคือต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูง อีกทั้งปุ๋ยเคมีมีราคาสูงขึ้น รวมทั้งเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้อง ทำให้ผลผลิตต่ำต้นทุนการผลิตสูง พบว่าต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมันอยู่ที่ 7,459 บาทต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) นอกจากนี้พืชจะดูดใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินได้เพียง 10-30 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น เพราะฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับองค์ประกอบของดิน เกิดเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำยาก เรียกว่า การตรึงฟอสเฟต โดยธาตุฟอสฟอรัสจะถูกตรึงได้ในสภาพดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดและเป็นด่าง ในสภาพดินกรดอนุมูลฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับประจุบวกของเหล็ก อะลูมินั่ม แมงกานีส และไทเทเนียม ที่ละลายออกมามากในสารละลายดิน เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ดินเปรี้ยว หรือดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง

ในระบบนิเวศทางดินมีจุลินทรีย์อยู่หลากหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium, Agrobactterium, Burkhderia และ Erwinia เป็นต้น (Rodriguez and Fraga, 1999; Yu *et al.,* 2011) โดยจุลินทรีย์จะไปช่วยการสลายพันธะที่ถูกจับและตกตะกอน ฟอสเฟตด้วยการสร้างกรดอินทรีย์ และสารคีเลต เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนและช่วยปลดปล่อยฟอสเฟตที่ถูกยึดตรึงอยู่ในดินให้เป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น (Chung *et al.,* 2005) การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตชนิดรา *Penicillium pinophilum* สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ (ภาวนา และคณะ,2551) Sundara *et al*. (2002) ใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum* 10 กิโลกรัมต่อเฮกเตร์ในการเพิ่มผลผลิตอ้อย พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้และปริมาณจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปมีปริมาณสูงขึ้นบริเวณรากอ้อย ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น 12.6 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ และช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำและการใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ของคำแนะนำร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ ในส่วนของปาล์มน้ำมันปลูกใหม่การเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำและการใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ของคำแนะนำร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งทั้ง 2 ช่วงอายุช่วยลดต้นทุนปุ๋ยเคมีลง 50 เปอร์เซ็นต์ ปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี ขึ้นไป การเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ การใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใช้ปุ๋ยชีวภาพอย่างเดียว ดังนั้นในปาล์มน้ำมันอายุมากจึงควรใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (วิชณีย์และคณะ, 2558)

นอกจากนี้การใช้ที่ดินในการผลิตพืชในปัจจุบันพบว่า การใช้ดินในการผลิตพืชอย่างต่อเนื่องจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง และสมบัติทางเคมี กายภาพและทางชีวภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช มีการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมขาดการดูแลรักษา ขาดการปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสม ทำให้ทรัพยากรดินมีสภาพ

เสื่อมโทรม มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่งผลกระทบต่อดินที่ใช้ปลูกพืชมีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำ ศักยภาพการผลิตของดินต่ำ ทำให้ต้นทุนในการผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรสูงขึ้น ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีไม่เหมาะสม มีการใช้มากเกินความจำเป็นหรือน้อยเกินไป รวมทั้งมีการใช้สารเสริมหรือวัสดุปรับปรุงดินเพิ่มมากขึ้น แต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง มีผลกระทบต่อโครงสร้างและสมบัติของดิน ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตพืช แต่ก็ยังมีข้อสงสัยว่าปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ลงไปนั้นสามารถรักษาความสมดุลกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่ได้หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากธาตุอาหารพืชในดินอาจสูญหายไปจากพื้นที่ได้โดยติดออกไปกับผลผลิตที่นำออกไปจากพื้นที่เพาะปลูก ไหลบ่าไปกับน้ำในพื้นที่ที่มีความลาดชัน การชะละลายสู่ชั้นดินล่างหรือน้ำใต้ดิน การเผาหรือนำวัสดุอินทรีย์ออกไปจากพื้นที่ ถ้าหากมีการจัดการดินที่ไม่ดี หรือไม่ได้ใส่ปุ๋ยหรือไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดินจะทำให้ดินมีศักยภาพในการผลิตลดลง ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารพืช ควรมีการจัดการธาตุอาหารอย่างสมดุล นั่นคือ มีความสมดุลระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชที่ใส่ลงไปในพื้นที่ กับปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่โดยวิธีการต่างๆ การผลิตพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพแบบผสมผสานที่ถูกต้องเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มีศักยภาพการผลิตพืชอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินและปุ๋ย รวมทั้งปัจจัยการผลิตต่างๆ (ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยชีวภาพอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา) ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยการจัดการฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำยากออกมาให้เป็นประโยชน์ เรียกว่าวิธีทางชีวภาพ คือการใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการละลาย โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสในดิน โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในพื้นที่ดินกรดจัด (เปรี้ยวจัด) ที่มีปัญหาในพื้นที่ทุ่งรังสิต เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ของกรมวิชาการเกษตร *(Talaromyces aff macrospores)*
2. ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร (Glomus spp.)
3. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยเคมีทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และหินฟอสเฟต (0-3-0)
4. ต้นปาล์มน้ำมัน ปี 2560 สายพันธุ์เดลิคอมแพค อายุ 5 ปี ปี 2561-2562 สายพันธุ์ คอมแพค กานา อายุ 4 ปี

5. สารเคมีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืชเช่น กรดเปอร์คลอริก กรดไนทริก กรดบอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟิวริก เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมไดโครเมต ฟีแนนโทรลีนอินดิเคเตอร์ ซีลีเนียมมิกซ์เจอร์ แอมโมเนียมอะซีเทต ฯลฯ
6. เครื่องแก้วสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช เช่น หลอดทดลอง บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ ฯลฯ
7. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตู้อบ (oven) เครื่องชั่งสาร (balance) ฯลฯ
8. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Nutrient Agar (NA) Potato Dextrose Agar (PDA) Pikovskaya's medium

วิธีการ

การทดลองในปี 2560 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำๆละ 18 ต้นใช้ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เดลิคอมแพค อายุ 5 ปี

กรรมวิธี

1) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

3) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + หินฟอสเฟต

4) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต

5) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต+ ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา + หินฟอสเฟต

หมายเหตุ : ระยะปลูกปาล์มน้ำมัน 8.5x 8.5 x 8.5 เมตรคิดเป็น 25.57 ต้นต่อไร่

:วิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0- 20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน คำนวณปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน จึงใส่ปุ๋ยดังนี้ ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีโดยใส่บริเวณรัศมีทรงพุ่ม ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 3 ครั้งต่อปี ปุ๋ยชีวภาพใส่ครั้งแรกที่เริ่มทำการทดลอง คือ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 100 กรัมต่อต้น ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 50 กรัมต่อต้น

การทดลองในปี 2561-2562 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำๆละ 18 ต้นใช้ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ คอมแพค กานา อายุ 4 ปี

1) 3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

2) 3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

3) 3-2.25-3.05N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + หินฟอสเฟต

4) 3.5-2.25-2.5N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต

5) 3-2.25-3 N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต+ ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต

<u>หมายเหตุ</u> : ระยะปลูกปาล์มน้ำมัน 8.5x 8.5 x 8.5 เมตร คิดเป็น 25.57 ต้นต่อไร่

: วิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ใช้ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0- 20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน เก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร และนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาคำนวณปริมาณธาตุอาหารโดยเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตตามเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตร คือ ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 3.0-3.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 2.25 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 2.5-3.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี โดยใส่บริเวณรัศมีทรงพุ่ม ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 3 ครั้งต่อปี ปุ๋ยชีวภาพใส่ครั้งแรกที่เริ่มทำการทดลอง ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 100 กรัมต่อต้น ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา อัตรา 50 กรัมต่อต้น ใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินเพิ่ม คือ โบรอนอัตรา 600 กรัมต่อต้นต่อปี โดโลไมท์ 4 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี กลีเซอร์ไรด์ 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) คัดเลือกแปลงเกษตรกรปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแปลงศึกษาทดลอง

2) เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0 - 20 และ 20 - 50 เซนติเมตร ก่อนทำการทดลอง และทุกระยะเวลา 6 เดือน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และกายภาพของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความต้องการปูน (lime requirement) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) และความสามารถอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) ในห้องปฏิบัติการ

3) เก็บตัวอย่างดินบริเวณโคนต้นปาล์มน้ำมันในรัศมีทรงพุ่ม ก่อนทำการทดลอง และทุกระยะเวลา 3 เดือน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ กิจกรรมการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และรากปาล์มน้ำมัน เพื่อตรวจนับปริมาณของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

4) เก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน ทางใบที่ 17 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในใบปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียมทั้งหมด แมกนีเซียมทั้งหมด

5) วัดการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน นับจำนวนทางใบเพิ่ม ความยาวทางใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง จำนวนใบย่อยเฉลี่ย และ พื้นที่ใบ

6) วัดองค์ประกอบผลผลิตปาล์มน้ำมัน จำนวนทะลายปาล์มสด น้ำหนักเฉลี่ยทะลายปาล์มน้ำมัน และปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นต่อปี

7) ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช กำจัดโรค และแมลง ในแปลงปาล์มน้ำมัน

8) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ DMRTและสรุปผล

เก็บตัวอย่างดินปลูกแบบ composite sample เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร นำดินตากในที่ร่มให้แห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์ความเป็นกรดด่างโดยวิธี electrometry อัตราดินต่อน้ำ 1:1 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Walkley and Black, 1973) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ (FAO, 2008) การนำไฟฟ้าของดิน โดยวิธีการวัดการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation extract)

เก็บตัวอย่างดินบริเวณโคนต้นปาล์มน้ำมันในรัศมีทรงพุ่ม เพื่อวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ดิน และคัดแยกจุลินทรีย์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต โดยใช้เทคนิค drop plate บนอาหาร Pikovskaya's medium (Pikovskaya, 1948) หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-5 วัน วัดวงใส (Clear zone) รอบโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ ร่วมกับการวัดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาจาก $Ca_3(PO_4)_2$ โดยวิธี Tony's blue method จากนั้นคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพในการละลายตะกอนฟอสเฟต (Solubilization index (SI) มากกว่า 3)เก็บดินและรากปาล์มน้ำมัน เพื่อตรวจนับจำนวนสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและนำมาตรวจสอบชนิด โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และนับจำนวนสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เก็บตัวอย่างทางใบที่ 17 ของต้นปาล์มน้ำมัน เก็บตัวอย่างใบกลางที่เป็นตัวแทนใบปาล์มน้ำมัน แต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่ดูดดึงไปใช้ ทำความสะอาดใบปาล์มน้ำมัน อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และประมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (FAO, 2008)

เวลาและสถานที่ : ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560-2562 ที่กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปี 2560 ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร ตำบลบ้านพริก อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

ปี 2561-2562 ดำเนินการทดลองในแปลงของบริษัทอาร์ดี เกษตรพัฒนาจำกัด ตำบลโพธิ์แทน อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองในปี 2560 ทำการทดลองในแปลงเกษตรกร ตำบลบ้านพริก อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก (N 14.288, E 100.959) ซึ่งปลูกปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เดลิคอมแพค อายุ 5 ปี จำนวน 1,000 ต้นในการศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับปาล์มน้ำมัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปาล์มน้ำมันเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) มีความอุดมสมบูรณ์สูง ประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 5.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนสูง เนื่องจากเจ้าของแปลงปาล์มน้ำมันมีการใส่ปุ๋ยขี้ไก่ในปริมาณสูง ดินค่อนข้างเป็นกรดเท่ากับ 5.32 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 521 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 868 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)เมื่อคำนวณการใส่ปุ๋ยเคมีตามเนื้อดิน จึงใส่ปุ๋ยเคมีคือ ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี โดยปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 3 ครั้งต่อปี ส่วนปุ๋ยชีวภาพใส่ในครั้งแรกตอนเริ่มการทดลอง ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 100 กรัมต่อต้น ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 50 กรัมต่อต้น

เก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์(แบคทีเรีย และรา) ก่อนการศึกษาทดลอง พบว่าจำนวนของแบคทีเรียและรา อยู่ในช่วง 10^8และ10^7โคโลนีต่อ 1 กรัมของดินตามลำดับซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตต่ำและไม่พบจุลินทรีย์ชนิดเดียวกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลอง เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ใส่ปุ๋ยเคมี หินฟอสเฟต ตามกรรมวิธีการทดลอง แต่เกิดปัญหาระว่างทำการทดลองจึงต้องหาพื้นที่ทำการทดลองใหม่

ตารางที่ 1สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินชุดดินรังสิตตำบลบ้านพริก อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

รายการวิเคราะห์	ดินลึก 0-20 ซม.	ดินลึก 20-50 ซม.	ระดับที่เหมาะสม
ความเป็นกรด-ด่าง	5.32	5.13	4.20 – 5.50
ความต้องการปูน(กก.CaO/ไร่)	460	-	-
การนำไฟฟ้าของดิน(dSm^{-1})	0.954	0.933	น้อยกว่า 2 – 4
อินทรียวัตถุ (%)	5.60	2.71	2.50 – 4.50
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	521	173	20 – 25
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	868	588	100 – 120
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	640	399	75 – 100
เนื้อดิน	Clay loam	Clay loam	ดินร่วน, ดินร่วนปนทราย

ภาพที่ 1 การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ภาพที่ 2 การใส่ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

ปี 2561 ทำการเปลี่ยนพื้นที่ทำการทดลอง ใช้แปลงของบริษัทอาร์ดี เกษตรพัฒนาจำกัด ตำบลโพธิ์แทน อำเภอองครักษ์จังหวัดนครนายก ซึ่งปลูกปาล์มน้ำมันสายพันธุ์คอมแพค กาน่าอายุ 4 ปี จำนวน 450 ต้น ศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพกับปาล์มน้ำมันในพื้นที่ทุ่งรังสิต โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปาล์มน้ำมัน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของดิน ก่อนการทดลองผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวแป้ง (silty clay) ไม่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันเนื่องจากพื้นที่ดินเป็นการปลูกในพื้นที่ที่มีการขุดดินยกร่องขึ้นปลูกปาล์มน้ำมัน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบด้วย อินทรียวัตถุต่ำ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมัน ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมากเท่ากับ 3.72 ไม่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมัน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมัน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 164 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าระดับที่เหมาะสม (ตารางที่ 2) การวิเคราะห์ตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 ก่อนการทดลองปี 2561 เพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน พบว่าปาล์มน้ำมันมีความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารตามตารางที่ 3-5 จึงคำนวณการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิกฤตของธาตุหารคือ ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 3.0-3.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 2.25 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 2.5-3.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต อัตรา 100 กรัมต่อต้น ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา อัตรา 50 กรัมต่อต้น มีการใส่ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินเพิ่มคือ โบรอนอัตรา 600 กรัมต่อต้นต่อปี โดโลไมท์ 4 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี กลีเซอร์ไรด์ 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมี และกายภาพ ของดินชุดดินรังสิต ตำบลโพธิ์แทน อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

รายการวิเคราะห์	ดินลึก 0-20 ซม.	ดินลึก 20-50 ซม.	ระดับที่เหมาะสม
ความเป็นกรด-ด่าง	3.72	3.09	4.20 – 5.50
ความต้องการปูน(กก.CaO/ไร่)	1,760	1,963	-
การนำไฟฟ้าของดิน(dSm^{-1})	0.573	0.562	น้อยกว่า 2 – 4
อินทรียวัตถุ (%)	0.71	0.57	2.50 – 4.50

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	10	7	20 – 25
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	164	121	100 – 120
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)	396	480	75 – 100
เนื้อดิน	clay	Silty clay	ดินร่วน, ดินร่วนปนทราย

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจน ก่อนทำการทดลอง

กรรมวิธี	ปริมาณ N ในใบ(%)	ค่าวิกฤตของ N ในใบ (%)	คำแนะนำปุ๋ย (กก./ต้น/ปี)
T1	2.35	2.31-2.52	3.00
T2	2.49	2.21-2.45	3.00
T3	2.47	2.21-2.45	3.00
T4	2.29	2.21-2.45	3.50
T5	2.46	2.32-2.52	3.00

หมายเหตุ คำแนะนำปุ๋ยคิดจาก ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต21 เปอร์เซ็นต์ N

ตารางที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และการจัดการธาตุอาหารฟอสฟอรัส ก่อนทำการทดลอง

กรรมวิธี	ปริมาณ P ในใบ(%)	ค่าวิกฤตของ P ในใบ (%)	คำแนะนำปุ๋ย(กก./ต้น/ปี)
T1	0.125	0.144-0.160	2.25
T2	0.159	0.144-0. 160	2.25
T3	0.145	0.144-0. 160	2.25
T4	0.152	0.144-0. 160	2.25
T5	0.172	0.144-0. 160	2.25

หมายเหตุ คำแนะนำปุ๋ยคิดจาก ปุ๋ยร็อกฟอสเฟต (0 – 3 – 0) 20 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5

ตารางที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และการจัดการธาตุอาหารโพแทสเซียม ก่อนทำการทดลอง

กรรมวิธี	ปริมาณ K ในใบ(%)	ค่าวิกฤตของ K ในใบ (%)	คำแนะนำปุ๋ย (กก./ต้น/ปี)
T1	1.02	0.86-1.05	3.50
T2	1.07	0.90-1.10	3.50
T3	1.01	0.81-0.99	3.05
T4	1.01	0.81-0.99	2.50

T5	1.19	0.81-0.99	3.00

1/ คำแนะนำปุ๋ยคิดจาก ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0 – 0 – 60) 60 เปอร์เซ็นต์ KCl

ภาพที่ 3 แปลงปาล์มน้ำมันตำบลโพธิ์แทน อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

จำนวนจุลินทรีย์

เก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย และรา) ก่อนการศึกษาทดลอง พบว่าจำนวนของแบคทีเรียและรา อยู่ในช่วง 10^8 และ10^7 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน ตามลำดับซึ่งจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตต่ำ ไม่พบจุลินทรีย์ชนิดเดียวกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตรที่ใช้ในการทดลอง และไม่พบอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างรากปาล์มน้ำมันก่อนทำการทดลอง

ใส่ปุ๋ยเคมี หินฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และ ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ตามกรรมวิธี โดยขุดเป็นหลุมจำนวน 8 หลุม รอบทรงพุ่มต้นปาล์มน้ำมัน หลังใส่ปุ๋ยที่ระยะเวลา 3 เดือน เก็บตัวอย่างดินและรากปาล์มน้ำมัน ตรวจสอบการมีชีวิตและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ พบว่ายังมีชีวิตรอด จำนวน 3.0 x 10^4 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน และยังคงมีประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต ส่วนอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาพบการเข้าอาศัยในรากประมาณ 45-57 เปอร์เซ็นต์

ระหว่างเดือน สิงหาคมถึงกันยายน 2561 มีน้ำท่วมแปลงทดลอง หลังน้ำลดทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และเชื้อราอาบัสคูลาไมคอร์ไรซา พบว่ายังพบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่จำนวน 0 -10^2 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน ซึ่งมีปริมาณน้อยบางกรรมวิธีไม่พบจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่ใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร จึงทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพิ่มลงไปในอัตรา 100 กรัมต่อต้น ส่วนปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา หลังเก็บตัวอย่างรากมาตรวจสอบยังพบว่ายังมีชีวิตรอดประมาณ 32-55 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่ต้องใส่เพิ่ม

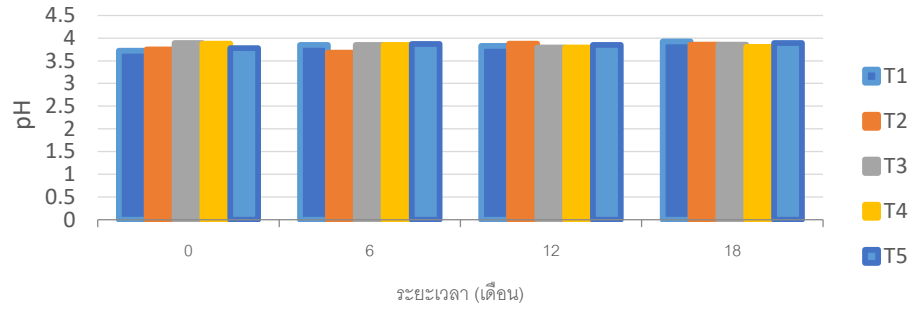
ที่ระยะเวลาทำการทดลอง 28 เดือน หลังทำการทดลอง เก็บตัวอย่างดินและรากปาล์มน้ำมัน ตรวจสอบการมีชีวิตและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต *(Talaromyces aff macrospores)* พบว่ายังมีชีวิตรอด

อยู่ในช่วง จำนวน 1.0×10^3 ถึง 3.0×10^4 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน และยังคงมีประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต ส่วนอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาพบการเข้าอาศัยในรากประมาณ 40 - 65 เปอร์เซ็นต์

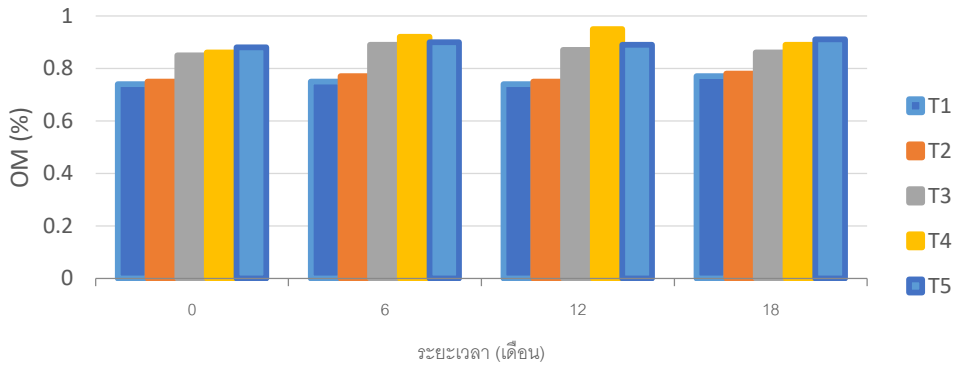
โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในดินโดยทั่วไป เช่น อุณหภูมิ จุลินทรีย์เจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ก็มีผลต่อการรบกวนเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ความชื้นของดิน มีผลต่อการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่แห้งแล้งหรือมีปริมาณความชื้นต่ำ ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์หยุดชะงักหรือถูกยับยั้ง ในดินที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ๆ ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ชะงักเจริญและหยุดกิจกรรมได้ การถ่ายเทอากาศ จุลินทรีย์ในดินส่วนมากร้อยละ 90-95 เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน ถ้าดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เช่น ดินที่มีเนื้อละเอียดเกินไป ดินเหนียว ดินที่มีน้ำท่วมขังหรือดินบริเวณที่มีฝนตกชุก ทำให้อากาศในดินลดน้อยลง จุลินทรีย์บางกลุ่มชะงักเจริญและหยุดกิจกรรมได้ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีผลการเจริญของจุลินทรีย์ในดินแตกต่างกัน ในดินที่เป็นกรด pH 1-3 เชื้อราโปรโตซัวเจริญได้ดี pH7-7.5 แอคติโนมัยซีสเจริญได้ดี แต่ถ้าอยู่ในดินที่เป็นกรดจัดจะหยุดชะงักการเจริญ หรือตาย แบคทีเรียเจริญได้ในดินที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างแต่ไม่เจริญในดินที่ pH ต่ำกว่า 6 ดินที่มีอินทรียวัตถุอย่างอุดมสมบูรณ์จะมีแบคทีเรียเป็นจำนวนมากหรือดินที่มีการเพาะปลูกจะพบจุลินทรีย์รอบ ๆ รากพืชจำนวนมากเช่นกัน เนื่องจากในขณะที่พืชเจริญมีการขับสารต่าง ๆ ออกมาที่เรียกว่า รูทเอกซูเดท (Root exudates) เช่น กรดอะมิโน เกลือแร่ วิตามิน ฯลฯ สารเหล่านี้เป็นสารอาหารสำหรับการใช้เป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจนและแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ทำให้บริเวณรอบรากพืชมีจุลินทรีย์เจริญอย่างหนาแน่น ความลึกของดิน จุลินทรีย์สามารถอาศัยอยู่ในดินมากในช่วงระดับความลึกประมาณ 1-20 นิ้ว และลดลงเมื่อความลึกของดินมากขึ้น การอยู่ร่วมกันของจุลินทรีย์ในดิน จุลินทรีย์ในดินบางชนิดมีอิทธิพลต่อการเจริญของจุลินทรีย์อื่น ๆ ในดิน เช่น แบคทีเรีย หรือเชื้อรา ที่ผลิตสารปฏิชีวนะออกมาสามารถทำลายจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้ เช่น ในดินที่มี Aspergillus, Bacillus และ Streptomycetes อยู่ด้วย ทำให้การเจริญของ Rhizobium ลดลง นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิด ช่วยกระตุ้นหรือส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น ในดิน ที่มี *Penicillumrhizopus* จะทำให้ Azotobacter เจริญอย่างรวดเร็ว เพราะราเหล่านี้ย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเล็ก ๆ จำนวนมาก ซึ่ง Azotobacter นำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานได้ สารพิษที่พบในดินเป็นจำนวนมาก ถ้าใช้ในความเข้มข้นน้อย มีผลต่อจุลินทรีย์ในดินน้อยมาก แต่ถ้าใช้ที่ความเข้มข้นสูงมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน,2545) ดังนั้นจึงควรใส่จุลินทรีย์ในรูปปุ๋ยชีวภาพเพิ่มหากพื้นที่เพาะปลูกเกิดภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

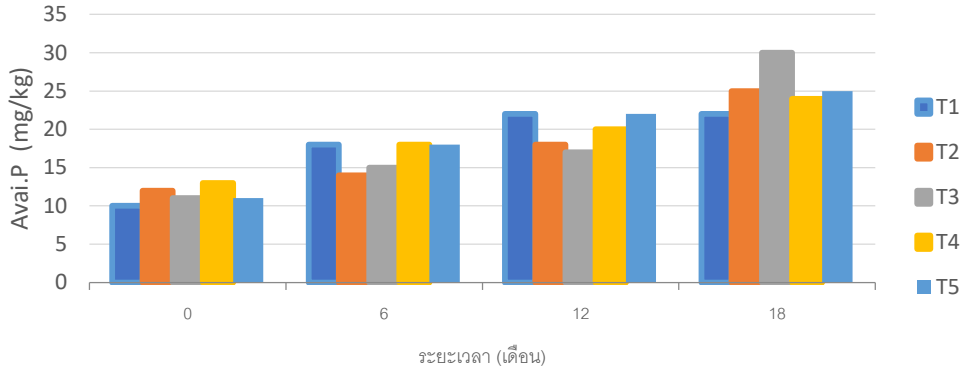
ทุกระยะเวลา 6 เดือน เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินตามกรรมวิธีการทดลอง พบว่า ความเป็นกรด–ด่างของดิน มีค่าใกล้เคียงกันกับก่อนการทดลองซึ่งยังคงความเป็นกรดค่อนข้างสูง ควรมีการปรับความเป็นกรดด่างให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 4) ปริมาณอินทรียวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ยังต่ำกว่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเพียงพอทุกกรรมวิธีโดยพบว่ากรรมวิธีที่ 3 มีการใส่ปุ๋ยเคมี ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้น 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในระยะเวลา 18 เดือน สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จากที่เริ่มต้นการทดลอง 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้น 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 6) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่ากรรมวิธีที่3การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 178 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 258 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้น 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในระยะเวลา 18 เดือน สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จากที่เริ่มต้นการทดลอง 174 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 214 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้น 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 7)



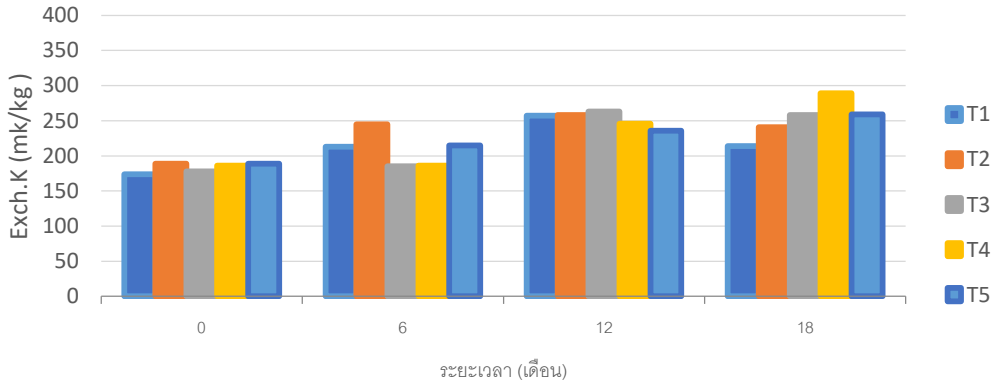
ภาพที่ 4 ความเป็นกรด ด่างของดินทุกระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 5 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินทุกระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกระยะเวลา 6 เดือน

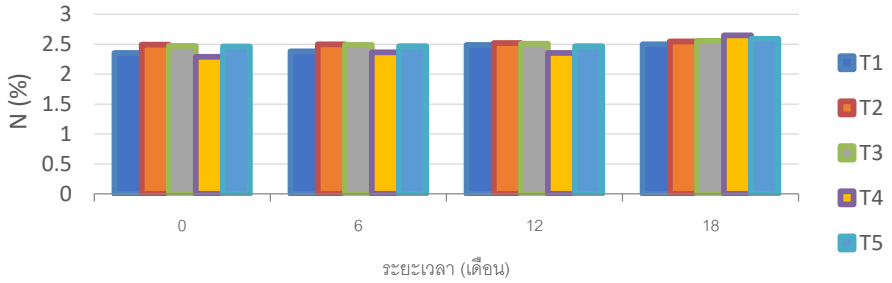


ภาพที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทุกระยะเวลา 6 เดือน

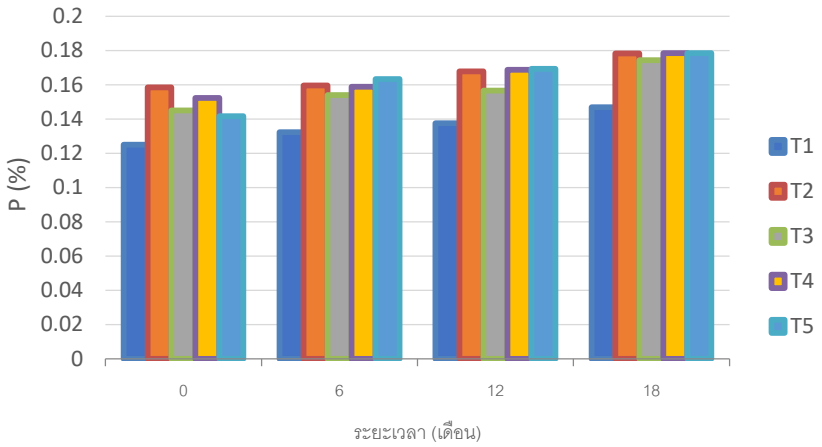
ความเข้มข้นธาตุอาหารพืชในใบปาล์มน้ำมัน

ทุกระยะเวลา 6 เดือน เก็บตัวอย่างใบโดยใช้ตัวอย่างจากทางใบที่ 17 ของปาล์มน้ำมันตามกรรมวิธีการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน พบว่าปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างใบเพิ่มขึ้นในแต่ละกรรมวิธีการทดลองโดยพบว่ากรรมวิธีที่ 4 มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในใบจากที่เริ่มต้นการทดลอง 2.29 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2.64 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.35 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 18 เดือน สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบจากที่เริ่มต้นการทดลอง 2.35 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2.49 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น 0.14 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8) ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.14 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.20 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบจากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.12 เปอร์เซ็นต์เป็น 0.15 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9) ปริมาณโพแทสเซียมมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในทุกกรรมวิธีการทดลอง พบว่า

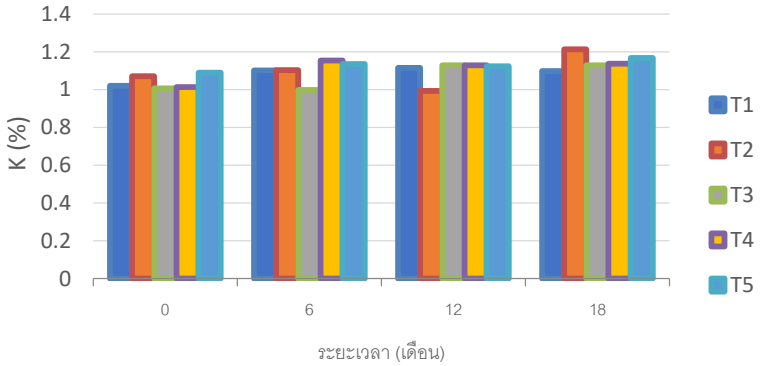
กรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 1.07 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.21เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.14 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบจากที่เริ่มต้นการทดลอง 1.02 เปอร์เซ็นต์เป็น 1.10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.08 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 10) ปริมาณแคลเซียมมีการเปลี่ยนแปลง พบว่ากรรมวิธีที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.19 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.32 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.13 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบจากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.2 4เปอร์เซ็นต์เป็น 0.21 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 0.03 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11) ปริมาณแมกนีเซียมในตัวอย่างใบมีการเปลี่ยนแปลง พบว่ากรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟต ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.25 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.27 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จากที่เริ่มต้นการทดลอง 0.25 เปอร์เซ็นต์เป็น 0.24 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 0.01 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 12) Fairhurst *et al.*, (2005)รายงานว่าปาล์มน้ำมันอายุน้อยกว่า 6 ปี มีปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบที่เหมาะสมในช่วง 2.60-2.80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบที่เหมาะสมในช่วง 0.16-0.19 เปอร์เซ็นต์โดยน้าหนักแห้งปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบที่เหมาะสมในช่วง 1.10-1.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง การให้ธาตุอาหารปาล์มน้ำมันตามค่าวิเคราะห์ใบนั้นเป็นการชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในแต่ละปี



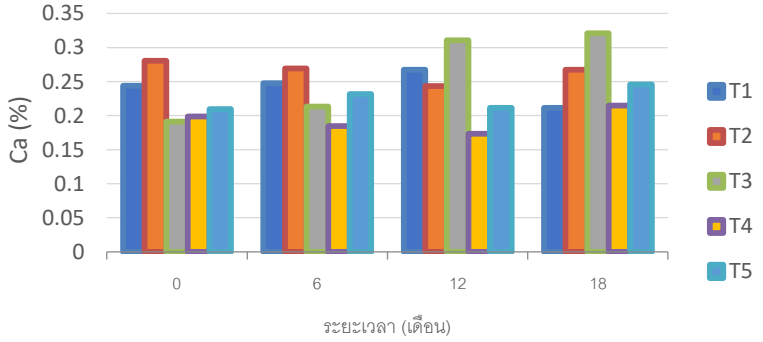
ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทุกระยะเวลา 6 เดือน



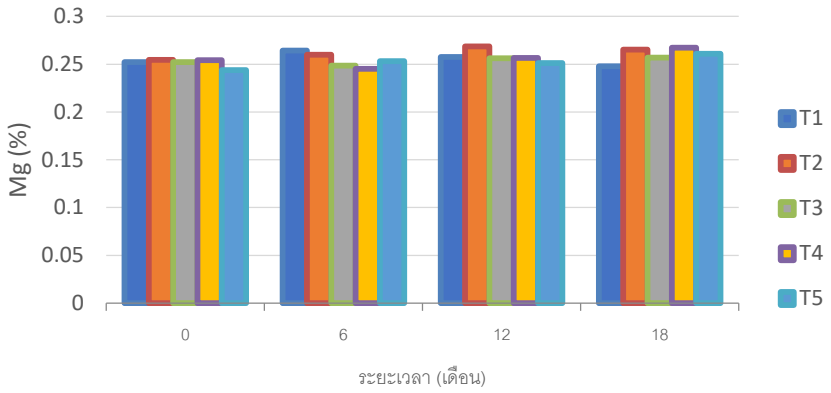
ภาพที่ 9 ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทุกระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 10 ปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทุกระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 11 ปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทุกระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 12 ปริมาณแมกนีเซียมในตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทุกระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 8 จำนวนทางใบเพิ่ม ความยาวทางใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง จำนวนใบย่อยเฉลี่ย และพื้นที่ใบของปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี ใน ต.บ้านพริก อ.บ้านนา จ.นครนายก ปี 2562

กรรมวิธี	จำนวนทางใบเพิ่ม	ความยาวทางใบ (เมตร)	พท.หน้าตัดแกนทาง (ตร.ซม.)	จำนวนใบย่อยเฉลี่ย	พื้นที่ใบ (ตร.ม.)
3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี	33.51	5.02	19.8	318	8.6
3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต	33.33	4.97	19.9	318	8.5
3-2.25-3.05N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + หินฟอสเฟต	34.72	5.05	21.7	320	8.8
3.5-2.25-2.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต	34.25	5.15	22.6	318	8.8
3-2.25-3 N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต	34.45	5.10	22.9	320	8.9
CV (%)	2.9	4.4	9.5	2.1	5.8

การเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน

การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้จำนวนทางใบเพิ่ม ความยาวทางใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทางจำนวนใบย่อยเฉลี่ยและพื้นที่ใบ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน

การเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมัน พบว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทุกกรรมวิธี ทำให้จำนวนทะลายปาล์มน้ำมันต่อต้นต่อปี และน้ำหนักปาล์มน้ำมันต่อทะลายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันต่อต้นต่อปี พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ อัตรา 3-2.25-3 N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาบัสคูลาไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟตอัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ทำให้น้ำหนักปาล์มน้ำมันเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 134.45 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ อัตรา 3-2.25-3.05N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ทำให้น้ำหนักปาล์มน้ำมันเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ102.25 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ตารางที่ 9) ปาล์มน้ำมันที่ระยะปลูก 8.5 x 8.5 x 8.5 เมตร คิดเป็น 25.57 ต้นต่อไร่ เมื่อคำนวณผลผลิตปาล์มน้ำมัน กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ อัตรา 3-2.25-3 N-P_2O_5 –K_2O กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาบัสคูลาไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟตอัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงที่สุดเท่ากับ 3,437 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่9 จำนวนทะลาย น้ำหนักต่อทะลาย ผลผลิตเฉลี่ย ของปาล์มน้ำมัน อายุ 5 ปี ใน ต.บ้านพริก อ.บ้านนา จ.นครนายก ปี 2562

กรรมวิธี	จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น/ปี)	น้ำหนักต่อทะลาย (กก.)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ต้น/ปี)
3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี	12.4	9.36	102.25b
3-2.25-3.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต	12.1	9.56	112.36b
3-2.25-3.05N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + หินฟอสเฟต	12.2	9.57	128.12a

3.5-2.25-2.5N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต	12.5	9.35	121.28ab
3-2.25-3 N-P_2O_5 –K_2O กก./ต้น/ปี + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต + ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา+ หินฟอสเฟต	12.4	9.73	134.45a
CV (%)	7.5	6.8	17.5

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟต การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและหินฟอสเฟต การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และหินฟอสเฟต ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบเพียงอย่างเดียว รวมถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่อพิจารณาจากการดูดใช้ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่เพิ่มขึ้นในใบปาล์มน้ำมัน แต่ยังสรุปได้ไม่ชัดเจนว่าเป็นการตอบสนองที่มาจากปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา เนื่องจากกระบวนการพัฒนาของผลผลิตตั้งแต่กำเนิดตาดอกถึงทะลายสุกใช้ระนะเวลานาน 39- 40 เดือน ซึ่งการทดลองดำเนินการเพียง 28 เดือน เท่านั้น จึงควรทำการศึกษาในระยะยาวต่อไป นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ผลกระทบต่อการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดิน ความชื้นของดิน ดินที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานานการถ่ายเทอากาศน้อย จุลินทรีย์จะชะงักเจริญและหยุดกิจกรรมได้ การอยู่ร่วมกันของจุลินทรีย์ในดิน สารพิษที่พบในดินมีผลต่อจุลินทรีย์ทั้งสิ้น ดังนั้นจึงควรใส่จุลินทรีย์ในรูปปุ๋ยชีวภาพเพิ่ม และติดตามปริมาณ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ไปด้วย เพราะหากพื้นที่เพาะปลูกเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ก็จะแสดงประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืชเช่นกัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการตอบสนองของปาล์มน้ำมันต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และปุ๋ยฟอสเฟตในสภาพดินกรด

2.เผยแพร่ความรู้ให้แก่เกษตรกรในการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการผลิตปาล์มน้ำมัน และยังนำไปใช้ได้กับการเพาะปลูกพืชชนิดอื่น รวมถึงเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม

11. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา. 2545. เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพมหานคร. 378 หน้า

ภาวนา ลิกขนานนท์วิทยา ธนานุสนธิ์ประพิศ แสงทอง และสุปรานี มั่นหมาย. 2551.ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2551 กรมวิชาการเกษตร.ผลงานวิจัยใช้ได้จริงจากหิ้งสู่ห้างครั้งที่ 2 วันที่ 16-17 กันยายน 2551 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น. กรุงเทพมหานคร. หน้า 82-94.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. *การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างถูกต้องเหมาะสม.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 145 หน้า

วิชณีย์ออมทรัพย์สิน. 2558. รายงานโครงการวิจัยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน:การใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน.กรมวิชาการเกษตร.207 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560.ขข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งข้อมูล. http://www.oae.go.th/production.html.สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2561.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551.**ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** เชียงใหม่ : ภาควิชาเกษตรศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Chung, H. ,M. Park, M. Madhaiyan, S. Seshadri, J. Song,H. Cho and T. Sa. 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea.**Soil Biol.Bichem**37:1970-1974.

Fairhurst, T.H., J.P. Caliman, R. Hardter and C. Witt. 2005. Oil Palm: Nutrient Management (Oil Palm Series Volume 7). Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC), Singapore, 67 p.

FAO.2008. **Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis**. Rome-19:FAO 220 p.

Gyaneshwar, P.,G.N.Kumer, L.J. Parekh and P.S. Poole. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrient of plants. Pp. 133-134. *In*Adu-Gyamfi, J.J. (Ed.). **Food security in Nutrient-Stressed**

Oberson, A., D.K. Friesen, I.M.Rao, S. Buhler and E. Frossard.2001. Phosphorus transformations In an oxisol under contrasting land-use systems: The role of the soil microbial biomass. **Plant Soil** 237:197-210.

Pereira, S.I.A. and P.M.L. Castro. 2014. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance Zae mays growth in agricultural P-deficient Soils.**EcolEng** 73: 526-535

Pevaiz, Z., Hussain, K., Kazmi, S.S.H. and Gill, K.H. 2004. Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. **International Journal of Agriculture & Biology.** 3: 455-457.

Pikovskaya, R.I. 1948. Mobilization of Phosphorus in Soil Connection with the Vital Activity of Some Microbial Species. Microbiology, 17, 362-370.

Rodriguez, H. and R. Fraga.1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol. Adv.** 17:319-339.

Sundara,B., V.Natarajanand and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteriaon the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. Field Crops Research. 77(1): 43-49.

Walkey, A. and I.A. Black. 1973. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Sci. Amre. Proc.** 63:257.

Yu, X., X. Lui, T.H. Zhu, G.H. Lui and Mao. 2011. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. **Biol. Fertil. Soils.** 47: 437-444

12. ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน : สภาพภูมิอากาศ

รายการ	เกณฑ์การประเมินความเหมาะสม				
	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสม	ไม่ค่อยเหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ปริมาณน้ำฝน (มม./ปี)	2,500-3,500	1,700-2,500	1,450-1,700	1,2500-1,450	น้อยกว่า 1,250
การกระจายตัวของฝน (ปริมาณฝน>100 มม./เดือน)	มีการกระจายตัวของฝนตลอดปี	1	1-2	2-3	มากกว่า 3
อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี (องศาเซลเซียส)	25-29	22-25 หรือ 29-32	20-22 หรือ 32-35	16-20 หรือ 35-37	น้อยกว่า 16 หรือ มากกว่า 37
ความเร็วลม (ม./วินาที)	5-8	3-5	น้อยกว่า 3	15-20	มากกว่า 20

		หรือ 8-10		หรือมากกว่า 10-15	
ความเข้มแสง (MJ/m^{-2}) (อย่างน้อย 5 ชม./วัน)	13-15	11-13 หรือ 15-17	20-22 หรือ 17-19	7-9 หรือ 19-21	มากกว่า 21

ตารางภาคผนวกที่ 2การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน:สมบัติทางกายภาพของดิน

รายการ	เกณฑ์การประเมินความเหมาะสม				
	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสม	ไม่ค่อยเหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ความลึกของหน้าดิน (ซม.)	มากกว่า 100	75-100	40-75	25-50	น้อยกว่า25
เนื้อดิน	-ดินร่วนทราย -ดินร่วน -ดินร่วนปนทรายแป้ง	-ดินร่วนปนเหนียว -ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง -ดินเหนียวปนทราย	-ดินร่วนเหนียวปนทราย -ดินทราบปนดินร่วน -ดินเหนียวปนทรายแป้ง	-ดินเหนียว -ดินอินทรีย์	-กรวด -ทราย
ความลึกของชั้นดินกรด (ซม.)	มากกว่า 100	มากกว่า 100	50-75	25-50	น้อยกว่า50
ความลาดชัน (%)	0-4	4-12	12-23	23-38	มากกว่า 38
การระบายน้ำ	ปานกลาง	ดี-มากเกิน	มากเกินไป	ระบายน้ำยาก	ระบายน้ำเลว
ระดับน้ำท่วมขัง	ไม่ท่วมขัง	ไม่ท่วมขัง	ท่วมขังสั้นๆ	ท่วมขังปานกลาง	ท่วมขังนาน

ตารางภาคผนวกที่ 3การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน : สมบัติทางเคมีของดิน

รายการ	เกณฑ์การประเมินความเหมาะสม				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
กรด-ด่าง (pH)	น้อยกว่า 3.5	4.0	4.2	5.5	มากกว่า 5.5

อินทรียวัตถุ (%)	น้อยกว่า 0.8	1.2	1.5	2.5	มากกว่า 2.5
ความเค็มของดิน (dS/m)	0-1	1-2	2.-3	3.4	มากกว่า 4
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	น้อยกว่า 0.08	0.12	0.15	0.25	มากกว่า 0.25
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	น้อยกว่า 8.0	15.0	20.0	25.0	มากกว่า25
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (ppm)	น้อยกว่า 120	200	250	400	มากกว่า 400
โปแตสเซียม (ppm)	น้อยกว่า 32.0	80.0	100.0	120.0	มากกว่า 120
โปแตสเซียม (cmol/kg)	น้อยกว่า 0.08	0.20	0.25	0.30	มากกว่า 0.30
แมกนีเซียม (ppm)	น้อยกว่า 20	50	75	100	มากกว่า 100
แมกนีเซียม (cmol/kg)	น้อยกว่า 0.08	0.20	0.25	0.30	มากกว่า 0.30
ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (ppm)	น้อยกว่า 4.0	น้อยกว่า 5.0	5.0	มากกว่า 6.0	มากกว่า 6.0
C.E.C Zmeq/100 g)	น้อยกว่า 6.0	12.0	15.0	18.0	มากกว่า 18.0

ตารางภาคผนวกที่ 4ค่าวิกฤตของธาตุอาหารหลักและรองในปาล์มน้ำมัน

ทางใบที่	N (%)	P (%)	K(%)	Ca (5)	Mg (%)
17	2.50	0.15	1.00	0.60	0.24
9	2.75	0.16	1.25	0.60	0.24

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าวิกฤติของธาตุอาหาร ภายใต้สภาวะการขาดน้ำที่ 200 มิลลิเมตร

อายุ (ปี)	ทางใบที่	N	P	K	Mg	B
		เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง				ส่วนต่อล้าน
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
6	17	2.64	0.168	1.17	0.26	15
9	17	2.57	0.164	1.11	0.25	16
12	17	2.51	0.161	1.06	0.24	16
15	17	2.44	0.158	1.00	0.24	16
18	17	2.39	0.155	0.95	0.23	16
21	17	2.33	0.152	0.90	0.23	16

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าวิกฤติของธาตุอาหาร ภายใต้สภาวะการขาดน้ำที่ 400 มิลลิเมตร

อายุ (ปี)	ทางใบที่	N	P	K	Mg	B
		เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง				ส่วนต่อล้าน
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
6	17	2.51	0.161	1.00	0.25	14
9	17	2.46	0.159	0.95	0.24	15
12	17	2.41	0.156	0.90	0.24	16
15	17	2.36	0.154	0.85	0.23	16
18	17	2.31	0.151	0.80	0.22	16
21	17	2.26	0.149	0.75	0.21	16

ตารางภาคผนวกที่ 7 การใส่ปุ๋ยเดี่ยว (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม) ตามอายุพืช ความแห้งแล้ง และชนิดของดิน (กิโลกรัม/ต้น/ปี)

อายุ (ปี)	สภาพที่มีการขาดน้ำฝน ±200 มม./ปี						สภาพที่มีการขาดน้ำฝน ± 400 มม./ปี		
	ดินร่วนเหนียว			ดินร่วนทราย			ดินร่วนปนทราย		
	AS	RP	KCl	AS	RP	KCl	AS	RP	KCl
1	1.00	0.70	0.35	1.33	0.70	0.35	1.00	0.70	0.35
2	1.66	0.93	1.17	2.00	0.93	1.40	1.33	0.70	0.93
3	2.33	1.40	1.86	2.66	1.40	2.10	2.00	0.93	1.63
4	2.33	1.40	2.33	2.66	1.40	2.56	2.00	0.93	2.10
5 ปีขึ้นไป	2.00	1.40	2.56	2.33	1.40	2.80	1.66	0.93	2.10

ที่มา :Richardson,1986

หมายเหตุ : AS =แอมโมเนียมซัลเฟต 21-0-0 RP = หินฟอสเฟต 0-3-0 KCl =โปแตสเซียมคลอไรด์ 0-0-60

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณการใส่ธาตุอาหารแมกนีเซียม และโบรอน

อายุ (ปี)	กีเอร์ไรด์ (กก./ต้น/ปี)	อายุ (ปี)	โบแรกซ์ (กรัม/ต้น/ปี)
1	0.20	1	-
2	0.40	2	35
3	0.80	3	70
4	1.10	4-8	140

5 ปีขึ้นไป	0.80	9 ปีขึ้นไป	210

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปี แรกที่ปลูกในกินกรด หรือดินเปรี้ยวจัด (acid sulphate soil)

อายุปาล์มน้ำมัน	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี (กก./ต้น)				
	21-0-0	0-3-0	0-0-60	จุลสี	โบเรท
ก่อนปลูก (รองก้นหลุม)		0.50	-	-	-
เดือนที่ 2	0.05	-	-	-	-
เดือนที่ 4	0.10	-	0.05	0.10	-
เดือนที่ 6	0.20	-	0.15	-	0.03
เดือนที่ 8	0.45	1.80	0.20	0.10	0.03
เดือนที่ 10	0.50	-	0.30	-	0.03
เดือนที่ 12	0.50	-	0.30	0.10	-
รวมปีที่ 1	1.80	1.80	1.00	0.30	0.09
เดือนที่ 15	0.75	-	0.50	0.70	0.03
เดือนที่ 18	0.75	1.80	0.50	-	0.03
เดือนที่ 21	0.75	-	0.75	0.10	0.03
เดือนที่ 24	0.75	-	0.75	0.10	0.04
รวมปีที่ 2	3.00	1.80	2.50	0.30	0.13
เดือนที่ 28	1.50	-	1.00	0.20	0.04
เดือนที่ 32	1.50	2.20	0.75	0.25	0.04
เดือนที่ 36	1.00	-	0.75	0.25	0.04
รวมปีที่ 3	8.80	5.80	6.00	1.30	0.35

หมายเหตุ : ตั้งแต่ปีที่ 4 เป็นต้นไป ในกรณีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบให้ใส่ปุ๋ยในปริมาณเท่ากับปีที่ 3 โดยแบ้งใส่ 2 ครั้ง

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน บ.อาร์ดีพัฒนาจำกัด

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
2558	-	-	-	-	-	-	176.3	220	187.2	226.3	50	19.3	879.1
2559	127	0	0.3	4.6	63.5	176	280.2	313.9	314.5	341.9	74.4	2	1,698.3
2560	0	0	2.5	90.9	190.1	235.7	319.6	321	75.9	146.2	27.4	6.2	1,415.5
2561	3.7	19	4.6	74.4	61.5	98.9	150	400	227.4	80	3.2	5.2	1,127.9
2562	3.2	1	49.8	47.6	80.8	187.8	59.8	143	157.2	21.8	3.8	1.4	757.2