รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อการผลิตพืช

2. โครงการวิจัย : วิจัยพัฒนาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืชเศรษฐกิจ

กิจกรรม : การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน

3. การทดลอง (ภาษาไทย) : การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Water Footprint Analysis of Northeastern Oil Palm Production

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาววิชณีย์ ออมทรัพย์สิน	สังกัด ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี
ผู้ร่วมงาน	นางสาวจิราพรรณ สุขชิต	สังกัด ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี
	นางสาวเตือนจิตร เพ็ชรรุณ	สังกัด ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี
	นางสาวบุญเหลือ ศรีมุงคุณ	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี
	นายพสุ สกุลอารีวัฒนา	สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหนองคาย
	นางนิยม ไข่มุกข์	สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม
	นางสาวสุทธินันท์ ประสาธน์สุวรรณ์	สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรธานี
	นางสาวรวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
	นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดำเนินการใน 6 จังหวัด ได้แก่ หนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี ระหว่าง ตุลาคม 2559-กันยายน 2563 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิต (Water Footprint) ของปาล์มน้ำมัน สำหรับนำไปใช้จัดสรรและใช้ประโยชน์จากน้ำในการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน การคำนวณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ย 30 ปีของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า จังหวัดอุบลราชธานีมีค่าการขาดน้ำสูงสุด 859 มิลลิเมตรต่อปี รองลงมาคือ อุดรธานี หนองคาย สกลนครและเลย มีค่าการขาดน้ำ 735 649 573 และ 524 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

และผลวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันตลอดอายุ 25 ปี จังหวัดหนองคายมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตดีที่สุด 739.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย รองลงมาคือ เลย อุบลราชธานี บึงกาฬ และสกลนคร 1,233.7 1,347.9 1,390.8 และ 1,648.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และจังหวัดอุดรธานีมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตต่ำสุดคือ 2,187.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อวอเตอร์ฟุตพริ้นท์คือ อายุปาล์มน้ำมัน ปริมาณฝนใช้การ การให้น้ำตามความต้องการน้ำชลประทานของปาล์มน้ำมัน และการจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน

กรมวิชาการเกษตร

Water footprint analysis of Northeastern oil palm production was conducted in 6 provinces which are Nong Khai Bueng Kan Udon Thani Sakon Nakhon Loei and Ubon Ratchathani between October 2016-September 2020 to analyze water footprint or water consumption per unit of fresh fruit bunch 1 ton. For the allocation and utilization of water for oil palm production efficiently and sustainably. The calculation from agro-meteorology average 30 years results showed that Ubon Ratchathani province has the highest irrigated water requirement 859 mm $year^{-1}$, followed by Udon Thani Nongkhai Sakon Nakhon and Loei have irrigated water requirement 735 649 573 and 524 mm $year^{-1}$ respectively. For water footprint, the result showed that Nong Khai province has the highest efficiency of water consumption per unit of ton fresh fruit bunch or the lowest water footprint 739.4 m^3 ton^{-1}, followed by Loei Ubon Ratchathani Bueng Kan and Sakon Nakhon 1,233.7 1,347.9 1,390.8 and 1,648.4 m^3ton^{-1} respectively, and the Udon Thani province has the lowest water efficiency 2,187.5 m^3 ton^{-1}. The main factors that have an effect on water footprint are oil palm age, precipitation efficient, Irrigation according to irrigated water requirement and nutrient management for oil palm production.

6. คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมันของรัฐบาลต้องการขยายพื้นที่ปลูกให้ได้ 10 ล้านไร่ ในปี พ.ศ.2572 เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์มสำหรับใช้บริโภค-อุปโภคในประเทศ เป็นแหล่งพลังงานทดแทนและส่งออกบางส่วน ปี 2559 มีการขยายพื้นที่ปลูกทั่วประเทศจาก 5.41 เป็น 6.10 ล้านไร่ (เนื้อที่ให้ผลผลิตเพิ่มจาก 4.52 เป็น 5.66 ล้านไร่) ในปี พ.ศ.2562 โดยเป็นพื้นที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 225,318 ไร่ ร้อยละ 3.69 แต่ละพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเหมาะสมน้อยหรือไม่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน ขึ้นกับความสมบูรณ์ของดิน ปริมาณฝน-การกระจายตัว และสภาพภูมิอากาศ และจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตอย่างมาก หากเกษตรกรไม่มีการจัดการที่ดีและเหมาะสม ผลผลิตเฉลี่ยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี พ.ศ. 2559-2562 มีค่า 1.21 1.38 1.54 และ 1.43 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) และปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตนอกเหนือจากความเหมาะสมของพื้นที่คือ อายุของต้นปาล์มน้ำมัน แนวโน้มการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะ เพิ่มขึ้นตามอายุและสูงสุดปีที่ 8-12 หลังจากนั้นจะคงที่ เพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่สภาพภูมิอากาศและการจัดการ

หลายปีที่ผ่านมา การผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นอย่างมาก เช่น ภาวะฝนทิ้งช่วงและปริมาณฝนที่น้อยกว่าปกติ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การเลื่อนของฤดูกาล ฯ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันลดลงอย่างต่อเนื่องในหลายปี (พ.ศ. 2552-2554) โดยบางปีผลผลิตลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยผลกระทบที่ปาล์มน้ำมันได้รับจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับความเครียดของสภาพแวดล้อมที่ปาล์มน้ำมันได้รับ นอกจากกระทบต่อการผลิตพืชแล้ว ยังส่งผลกระทบถึงทรัพยากรน้ำของประเทศไทยที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นเกษตรกรต้องรู้จักใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมและ

กรมวิชาการเกษตร

คุ้มค่า โดยพืชปลูกต้องให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ได้เต็มศักยภาพ และเป็นที่ทราบดีว่า ปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่มีความต้องการใช้น้ำต่อต้นในช่วงแล้งค่อนข้างสูง 200-300 ลิตร และต้องจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมร่วมด้วย ปาล์มน้ำมันจึงจะให้ผลผลิตเต็มตามศักยภาพของพันธุ์ แต่หากจัดการอย่างใดอย่างหนึ่งผลผลิตย่อมลดลงและส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตอย่างมาก ประกอบกับการขยายพื้นที่ปลูกที่กล่าวมา อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำใช้ภาคเกษตรที่มีอย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันจึงมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบในการกำหนดนโยบายของรัฐบาลหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่จะกำหนดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันหรือพืชชนิดอื่นที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรน้ำที่มีจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับพื้นที่ หรือใช้ปรับปรุงการจัดการการผลิตเพื่อให้ใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน รวมถึงช่วงอายุของปาล์มน้ำมันศักยภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมัน และการให้ผลผลิต

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint, WF) เป็นตัวชี้วัดการใช้น้ำจากการผลิตสินค้าและบริการตลอดห่วงโซ่อุปทานซึ่งพิจารณาทั้งการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมรวมทั้งแสดงแหล่งที่มาของน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิด ขึ้น (Hoekstra *et al.,* 2011) ปริมาณน้ำที่ใช้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์และเวลาที่ทำการศึกษา การศึกษาในพื้นที่และเวลาที่ต่างกันจะทำให้ค่าการใช้น้ำมีค่าไม่เท่ากัน วิธีคำนวณที่นิยมใช้แพร่หลายเป็นวิธีการของ Water Footprint Network (WFN) ซึ่งเป็นการคำนวณจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green WF) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue WF) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey WF) เป็นปริมาณการใช้น้ำสำหรับเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยแต่ละประเภทจะพิจารณาการใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ปาล์มน้ำมันในประเทศไทยโดยกรมชลประทาน (RID, Thailand's Royal Irrigation Department, 2010) พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ส่วน (WFgreen+ WFblue+ WFgrey) มีค่า 971 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย คิดเป็น 2,470 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ โดยฐานของผลผลิตที่ใช้คิดจากผลผลิตเฉลี่ย 2.56 ตันต่อไร่ และ Babel (2011) พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันในเขตลุ่มน้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยองมีค่า 1,239 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย คิดเป็น 2,335 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ Jarernsook และคณะ (2012) รายงานว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันเขตภาคใต้ (ผลผลิตเฉลี่ย 2.67 ตันต่อไร่) มีค่า 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย คิดเป็น 3,768 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในอินโดนีเซียมีค่า 802 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย หรือ 2,297 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (Mekonnen and Hoekstra, 2010) ซึ่งต่ำกว่ารายงานการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตเฉลี่ยของอินโดนีเซียสูงกว่าไทย (2.86 ตันต่อไร่)

กรมวิทยาศาสตร์

ลักขณา และคณะ (2555) ได้วิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ 16 จังหวัด ระหว่างปีพ.ศ.2550–2554 พบว่า มีความแตกต่างตามลักษณะสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสาหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่า 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และพบว่า พื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูง 3.9 เท่าเมื่อเทียบกับภาคใต้โดยจังหวัดที่ใช้น้ำมากที่สุดคือพิษณุโลกมีค่า 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และจังหวัดที่ใช้น้ำน้อยสุดคือ สุราษฎร์ธานีมีค่า 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์ เครื่องมือตรวจวัดสภาพภูมิอากาศและจับพิกัดแปลง อุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน แบบบันทึกข้อมูลการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและใบ วัสดุและอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างดินและใบ

- วิธีการ ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) พิกัดแปลงสวนปาล์มน้ำมันที่ศึกษา ลักษณะสัณฐานวิทยาของชุดดิน และผลวิเคราะห์ดิน-ใบปาล์มน้ำมัน

1. คัดเลือกตัวแทนจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด และการคัดเลือกระดับอำเภอในจังหวัดนั้น ๆ คัดเลือกจากอำเภอที่มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในจังหวัดนั้น ๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกของกรมส่งเสริมการเกษตร หลังคัดเลือกระดับอำเภอ ดำเนินการคัดเลือกรายตำบลในอำเภอนั้น หลังคัดเลือกได้ดำเนินการสำรวจสภาพสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ที่ได้คัดเลือก และสุ่มตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันที่มีการจัดการเหมาะสม (ใช้ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราพันธุ์ดี มีการจัดการสวนตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรทั้งการใส่ปุ๋ย การจัดการน้ำกรณีมีแหล่งน้ำ การจัดการวัชพืชและศัตรูพืชและการเก็บเกี่ยว) และไม่เหมาะสม (ไม่ทราบแหล่งที่มาของพันธุ์หรือใช้ลูกผสมเทเนอราพันธุ์ดี แต่มีการจัดการสวนที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสมในบางด้านหรือหลายด้าน) รวม 20 แปลงต่อจังหวัด โดยมีการแบ่งช่วงอายุ 4 ช่วง ตามระยะการให้ผลผลิต เพื่อเป็นตัวแทนศึกษา ดังนี้

1.1 อายุ 1 เดือน - 4 ปี

1.2 อายุ 4 ปี 1 เดือน - 8 ปี

1.3 อายุ 8 ปี 1 เดือน - 12 ปี

1.4 อายุ 12 ปี ขึ้นไป

2. คัดเลือกสวนปาล์มน้ำมันตัวแทนแต่ละจังหวัด เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน และเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน เก็บตัวอย่างใบวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ (ดูผลของการจัดการปาล์มน้ำมัน ต่อผลผลิตและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน)

3. บันทึกพิกัดตำแหน่งสวนปาล์มน้ำมันที่เป็นตัวแทนสวนปาล์มน้ำมันในการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในแต่ละจังหวัด รวม 6 จังหวัด

กรมวิชาการเกษตร

2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ปริมาณฝนใช้การ ความต้องการน้ำและความต้องการน้ำชลประทานของปาล์มน้ำมัน

1.บันทึกและรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาก่อนการศึกษา 30 ปี (พ.ศ.2530-2559) โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาภายในจังหวัดที่ใกล้กับสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรมากที่สุด และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างศึกษาด้วย พ.ศ.2560-2563 โดยนำเสนอเฉพาะปริมาณน้ำฝน และค่าระเหยน้ำ

2. คำนวณค่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูล 30 ปีของข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ดังนี้ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน และค่าระเหยน้ำ

3. นำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน ค่าระเหยน้ำตลอด 30 ปี และค่าสัมประสิทธิ์ของปาล์มน้ำมัน (Crop coefficient; Kc) ของปาล์มน้ำมัน มาคำนวณปริมาณฝนใช้การ (Effective precipitation; Peff) ความต้องการน้ำ (Crop water requirement; CWR) และความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigated water requirement; IWR) หรือค่าการขาดน้ำของปาล์มน้ำมันใน 5 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้การนำเสนอข้อมูลของจังหวัดหนองคายเป็นข้อมูลตัวแทนของจังหวัดหนองคายและบึงกาฬ เนื่องจากบึงกาฬเพิ่งจัดตั้งวันที่ 23 มีนาคม 2554 และไม่มีสถานีอุตุนิยมวิทยาในช่วงวิเคราะห์ข้อมูล 30 ปี ย้อนหลัง

3) ธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน ผลผลิตปาล์มน้ำมันและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันภาคใต้

1. สัมภาษณ์การจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน เพื่อคำนวณปริมาณไนโตรเจนสำหรับวิเคราะห์เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และบันทึกผลผลิตปาล์มน้ำมัน (กรณีปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 3 ปี) รวม 6 จังหวัด 120 แปลง หาค่าเฉลี่ยสำหรับใช้คำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

2. คำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint; WF) จากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ประกอบด้วยกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green WF) หรือปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue WF) หรือปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินและเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey WF) หรือปริมาณการใช้น้ำสำหรับเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา : เดือนตุลาคม 2559 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2563

สถานที่ : ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหนองคาย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรธานี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และสวนปาล์มน้ำมันในจังหวัด หนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลยและอุบลราชธานี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1) พิกัดแปลงของสวนปาล์มน้ำมันที่ศึกษา ลักษณะสัณฐานวิทยาของชุดดิน และผลวิเคราะห์ดิน-ใบปาล์มน้ำมัน

1.1) พิกัดแปลงสวนปาล์มน้ำมันที่ศึกษา

ผลการคัดเลือกสวนปาล์มน้ำมันที่ศึกษา ใช้ข้อมูลเนื้อที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) โดยคัดเลือกจำนวน 6 จังหวัด (อำเภอ) ดังนี้ หนองคาย (โพนพิสัย) บึงกาฬ (เซกา) อุดรธานี

กรมวิชาการเกษตร

(บ้านดุง) สกลนคร (บ้านม่วง) เลย (เชียงคาน) และอุบลราชธานี (นาจะหลวย) (ตารางที่ 1) โดยหลักเกณฑ์การคัดเลือกอำเภอ เป็นอำเภอที่มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในจังหวัดนั้น และส่งพิกัดสวนปาล์ม (ภาพที่ 1-6) ไปจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มตามเกณฑ์จำแนกของกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 เนื้อที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน (ไร่) ปี 2559 และ 2562 และแปลงเกษตรกรที่เก็บข้อมูล (ราย) ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

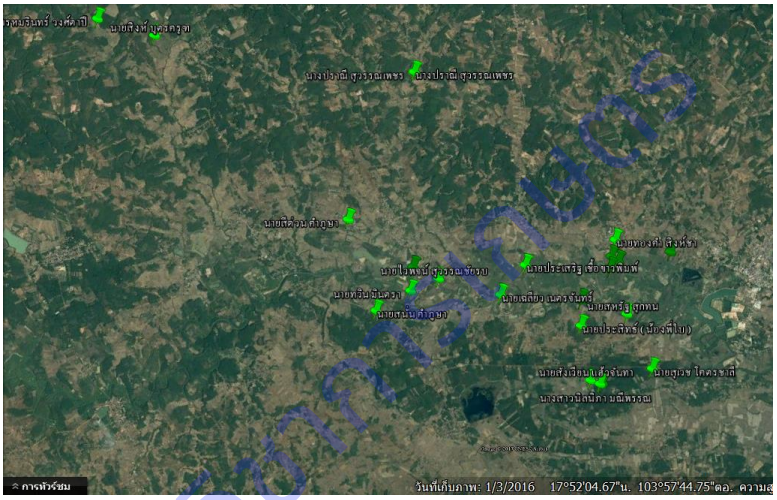
จังหวัด	*เนื้อที่ให้ผลผลิต (ไร่)*		แปลงเกษตรกร (ราย)
	2559	**2562**	
หนองคาย	14,443	18,734	24
บึงกาฬ	14,597	24,819	25
อุดรธานี	20,499	24,749	21
สกลนคร	16,004	20,295	17
เลย	11,241	18,696	20
อุบลราชธานี	13,176	18,384	23
รวมแปลงเกษตรกร (ราย)			130

ตารางที่ 2 จำนวนสวนปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงอายุปาล์มน้ำมัน และจำแนกตามความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 130 แปลง ในจังหวัดหนองคาย (NKI) บึงกาฬ (BKN) อุดรธานี (UDN) สกลนคร (SNK) เลย (LEI) และอุบลราชธานี (UBN)

จังหวัดเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	**ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน**	**ช่วงอายุปาล์มน้ำมัน (ปี)**				**รวม**
		0-4 ปี	**5-8 ปี**	**9-12 ปี**	**>12 ปี**	
หนองคาย	**เหมาะสมมาก**					**-**
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	0	18	6	0	**24**
บึงกาฬ	**เหมาะสมมาก**	-	-	-	-	**-**
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	2	14	8	1	**25**
อุดรธานี	**เหมาะสมมาก**					
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	4	16	1	0	**21**
สกลนคร	**เหมาะสมมาก**					
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	9	6	2-	0	**17**
เลย	**เหมาะสมมาก**					
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	1	12	4	3	**20**
อุบลราชธานี	**เหมาะสมมาก**					
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	5	6	11	1	**23**
รวม 6 จังหวัด	**เหมาะสมมาก**					
	เหมาะสมน้อย-ปานกลาง	**21**	**72**	**32**	**5**	**130**

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย

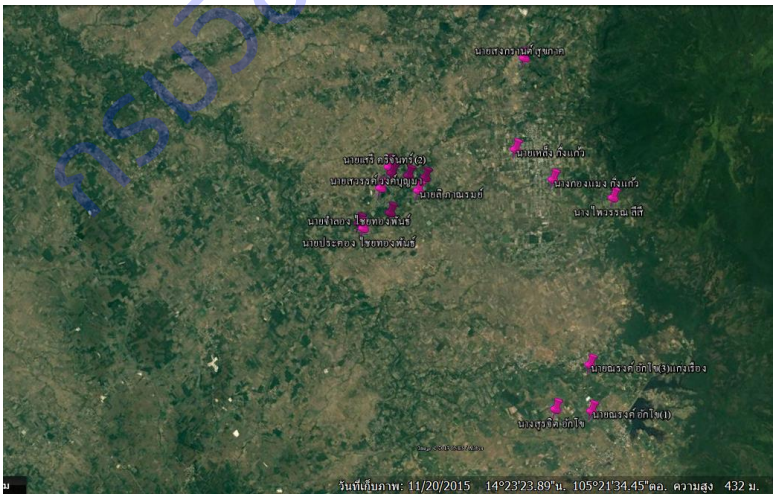


ภาพที่ 2 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ

ภาพที่ 3 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี

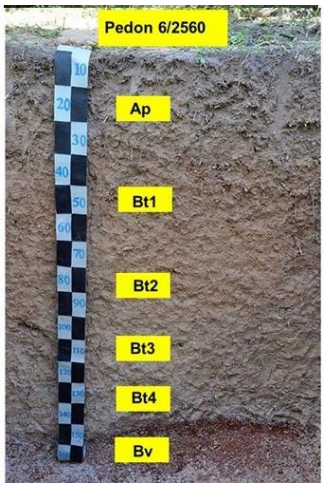
ภาพที่ 4 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร

ภาพที่ 5 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอเชียงคาน ท่าลี่และเอราวัณ จังหวัดเลย

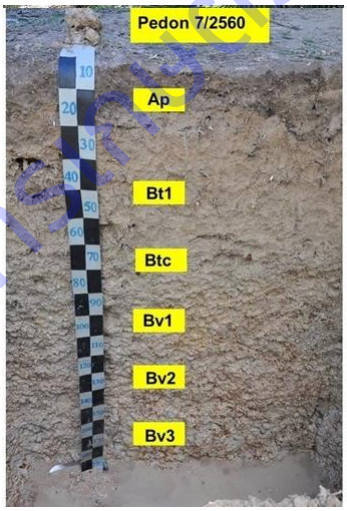


ภาพที่ 6 พิกัดสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรงานวิจัยรอยเท้าน้ำอำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี

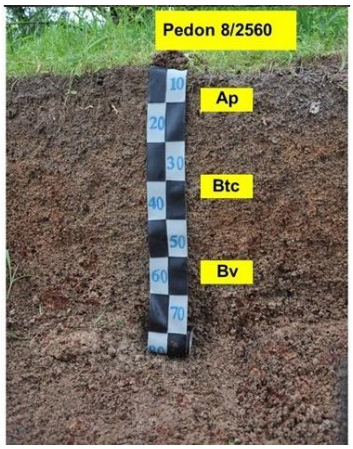
1.2) ลักษณะสัณฐานวิทยาของชุดดิน



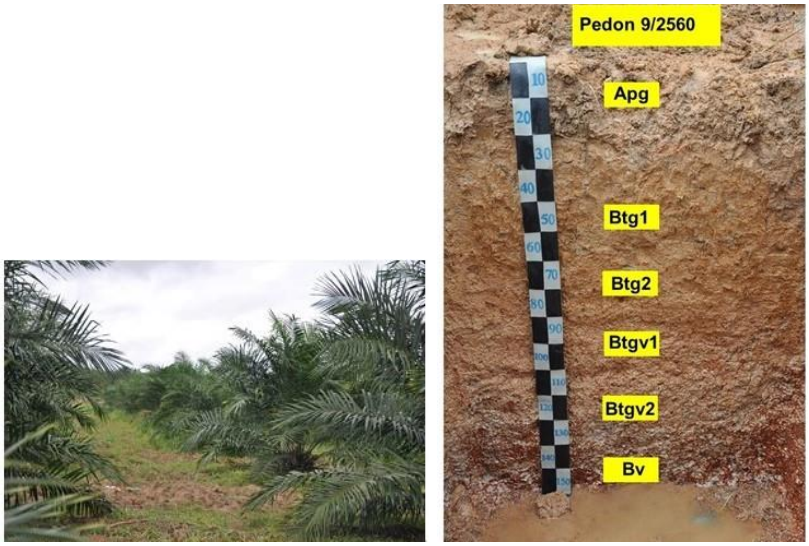
ภาพที่ 7 สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินของดินพีดอน 6/2560 บ้านใหม่โพธิ์ชัย ตำบลนาหนัง อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย พิกัด 48Q 303757 1982810



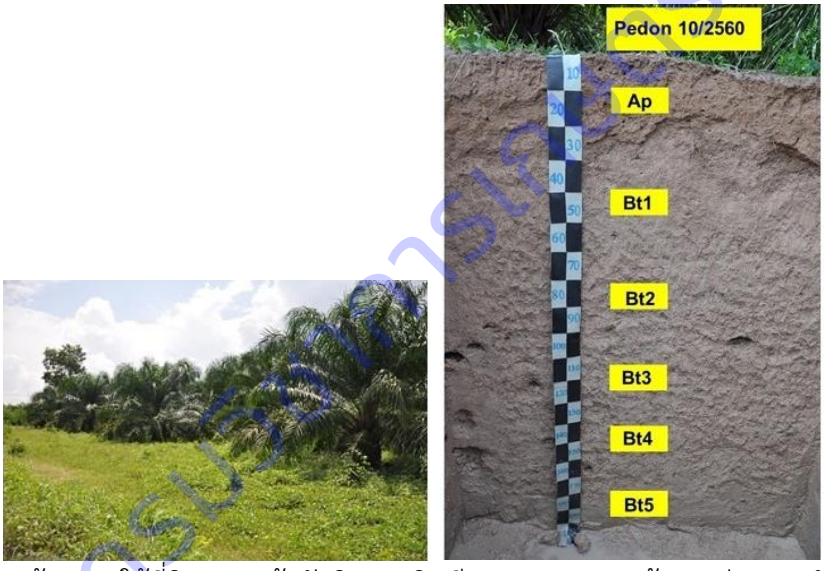
ภาพที่ 8 สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินของดินพีดอน 7/2560 บ้านดอนอุดม ตำบลโนนสมบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดบึงกาฬ พิกัด 48Q 357075 2023549



ภาพที่ 9 สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินของดินพีดอน 8/2560 บ้านเหล่าอุดม ตำบลบ้านจันทร์ อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี พิกัด 48Q 318801 1971290



ภาพที่ 10 สภาพการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินของดินพีดอน 9/2560 บ้านดงหม้อทอง ตำบลดงหม้อทองใต้ อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร พิกัด 48Q 335172 1984610



ภาพที่ 11 สภาพแวดล้อมการใช้ที่ดินและหน้าตัดดินของดินพีดอน 10/2560 บ้านเหล่าอุดม ตำบลบ้านจันทร์ อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี พิกัด 48P 503990 1688774

ลักษณะสภาพการใช้ที่ดินในสวนปาล์มน้ำมันของตัวแทนทั้ง 6 จังหวัด มีทั้งพื้นที่ราบ เนินลาดชันเล็กน้อย รวมถึงสภาพที่ลุ่ม และหน้าตัดของดินมีความแตกต่างกันในแต่ละชั้นของหน้าตัดดินทั้ง 6 pedon (ภาพที่ 7-11)

1.3) ผลวิเคราะห์ดิน-ใบปาล์มน้ำมัน

สัมภาษณ์เจ้าของสวนปาล์มน้ำมันพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด ในการจัดการธาตุอาหารและน้ำตลอด 4 ปีที่ผ่านมา พบว่า เกษตรกรมีการจัดการธาตุอาหารไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก แต่มีหลายรายที่มีการใช้ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ยแทนการใช้ปุ๋ยสูตรผสมแบบเดิมเนื่องจากต้องการลดต้นทุน บางรายใช้ปุ๋ยรองและปุ๋ยเสริม เช่น กีเซอไรท์ โบรอนมากขึ้นตามอัตราแนะนำ เนื่องจากเห็นผลกระทบที่เกิดกับใบปาล์มน้ำมันที่แสดงอาการขาดปรากฏออกมาให้เกษตรกรทราบ และมีการเก็บตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ-เคมีของดินในสวน

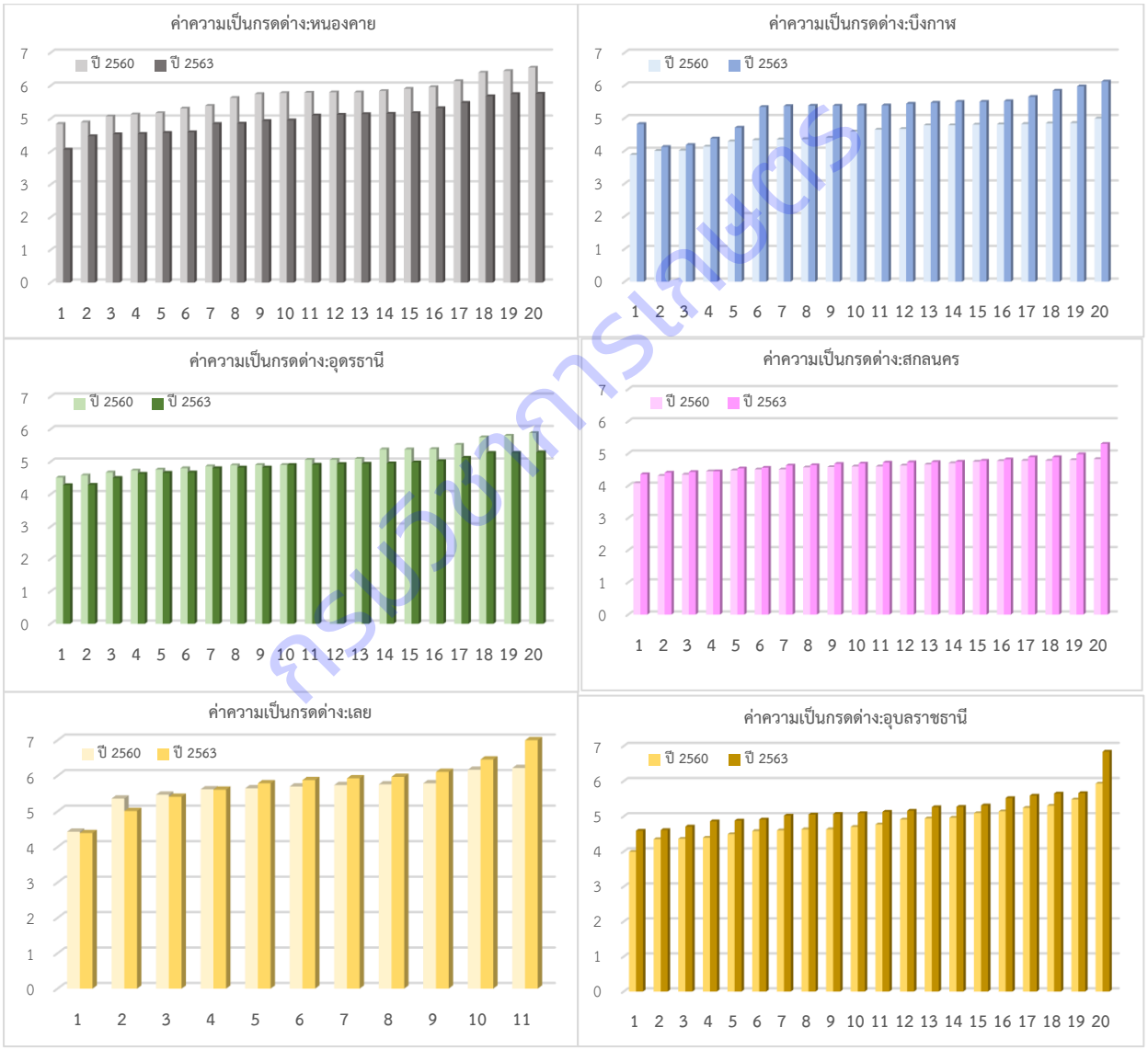
ปาล์มน้ำมัน และตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งช่วยให้เกษตรกรทราบสถานการณ์ความสมบูรณ์ในการจัดการสวนในส่วนการจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น จึงมีทั้งเกษตรกรที่ต้องใส่ปุ๋ยหลักบางรายการเพิ่มมากจากเดิมเพื่อรักษาสถานะของธาตุอาหารในดินและใบให้เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน และหลายรายต้องลดการใช้ปุ๋ยหลักบางรายการลงจากเดิม หรือต้องงดใส่ เนื่องจากในดินมีปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวมากเกินพอ และในเกษตรกรบางรายพบว่า มีความไม่สมดุลของธาตุอาหารเกิดขึ้น เช่น แคลเซียมต่อแมกนีเซียม หรือแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียม จึงต้องลดการใส่ปุ๋ยบางรายการ รวมถึงเกษตรกรหลายรายที่พบว่า ความเป็นกรดด่างของดินในสวนปาล์มน้ำมันมีค่าต่ำเกินไป หรือสูงเกินไป ซึ่งเกษตรกรจะต้องปรับเปลี่ยนชนิดของปุ๋ยตามคำแนะนำของผู้ดำเนินการ เพื่อช่วยปรับสภาพความเป็นกรดด่างให้เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักอีกปัจจัยที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรดด่างเหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน ดินมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้ดีขึ้น และช่วยให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ซึ่งสุดท้ายจะส่งผลต่อรอยเท้าน้ำในการผลิตปาล์มน้ำมันให้มีปริมาณการใช้น้ำลดลงในการผลิตปาล์มน้ำมัน เนื่องจากรอยเท้าน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และช่วยให้เกษตรกรมีความยั่งยืนในการประกอบอาชีพสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากสามารถใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม โดยผลวิเคราะห์ดิน-ใบปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในแต่ละจังหวัด นำเสนอผลวิเคราะห์เป็นภาพรวมเปรียบเทียบระหว่างปี 2560 และ 2563 ซึ่งเป็นปีแรกและปีสุดท้ายของการดำเนินงานวิจัย

1.3.1) ผลวิเคราะห์ดิน สวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในแต่ละจังหวัดจะเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าตามความต้องการของปาล์มน้ำมัน ซึ่งหากเกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนการจัดการธาตุอาหารตามคำแนะนำ สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ผ่านมาตรฐานมากกว่าปีที่เริ่มต้นการดำเนินงาน

<u>ความเป็นกรดด่างของดิน</u> ค่าที่เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมันคือ 5.5 หรืออยู่ในช่วง 5.0-6.0 หากค่ากรดด่างต่ำกว่า 5.0 จะแนะนำให้เกษตรกรใช้แหล่งปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 46-0-0 (ค่ากรดด่าง 7.0) ซึ่งช่วยให้ความเป็นกรดด่างของดินมีค่าเพิ่มขึ้นแทน 21-0-0 (ค่ากรดด่าง 5.0) โดยใช้ร่วมกับปูนโดโลไมท์ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ ซึ่งช่วยทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น แต่หากความเป็นกรดด่างของดินมีค่ามากกว่า 6.0 จะแนะนำให้เกษตรกรงดหรือลดการใส่แคลเซียมในดินก่อนเป็นลำดับแรก เนื่องจากส่วนใหญ่ความเป็นด่างของดินจะมาพร้อมกับปริมาณแคลเซียมในดินที่มีปริมาณมากเกินพอ และให้เกษตรกรใช้แหล่งไนโตรเจนเป็นปุ๋ยเคมีเกรด 21-0-0 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 45-0-0 (โพแทสเซียมซัลเฟต) แหล่งโพแทสเซียม เนื่องจากความเป็นกรดด่างของปุ๋ยเคมีทั้ง 2 รายการ มีค่า 5.0 ซึ่งจะช่วยปรับสภาพความเป็นกลางหรือด่างของดินให้มีค่าลดลง และเหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น หรือช่วยให้ดินปลดปล่อยธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

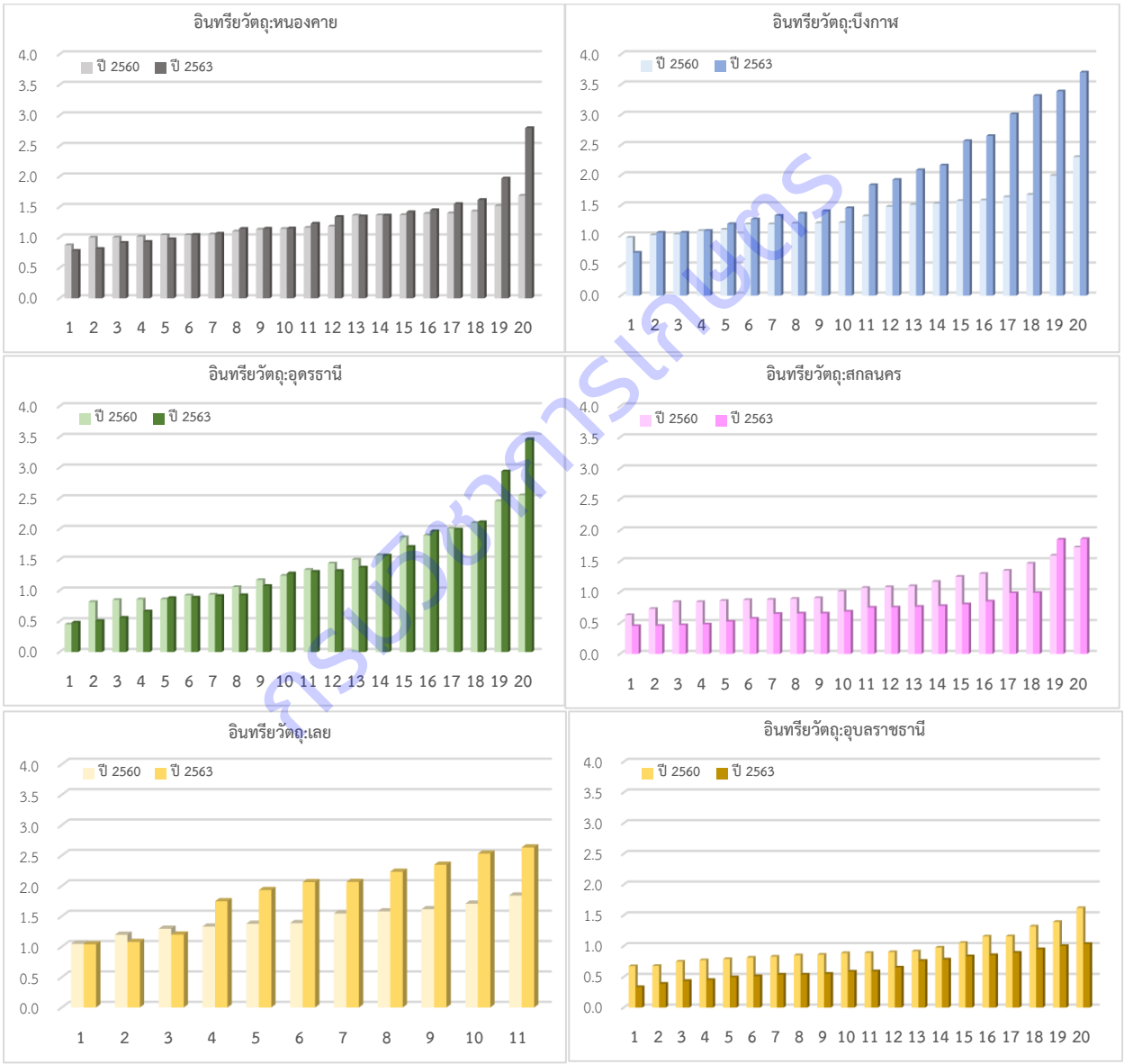
ผลวิเคราะห์ดิน ปี 2560 พบว่า ความเป็นกรดด่างของดินในสวนปาล์มน้ำมันของจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี มีค่า 4.84-6.55 3.88-4.99 4.51-5.88 4.08-4.83 4.43-6.22 และ 3.99-5.93 ตามลำดับ โดยจังหวัดบึงกาฬและสกลนครมีค่าความเป็นกรดด่างของดินในช่วงที่แคบมาก และเป็นกรดจัดกว่าความต้องการของปาล์มน้ำมัน ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์แก่ปาล์มน้ำมันเป็นไปได้ยาก สำหรับจังหวัดหนองคาย อุดรธานี เลยและอุบลราชธานี ความเป็นกรดด่างของดินมีค่าในช่วงที่ค่อนข้างกว้างและปรับสภาพให้ตรงกับความต้องการของปาล์มน้ำมันได้ดีขึ้นหลังมีการจัดการ โดยความเป็นกรดด่างของดินปี 2563 มีค่า 4.06-5.76 4.12-6.12 4.28-5.29 4.36-5.30 4.39-7.11 และ 4.59-6.84 ตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมตรงตามความต้องการของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ยกเว้นบางสวนมีความเป็นกรดด่างลดลงหรือเพิ่มขึ้นเกินความต้องการของปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ความเป็นกรดด่างสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 5.5)

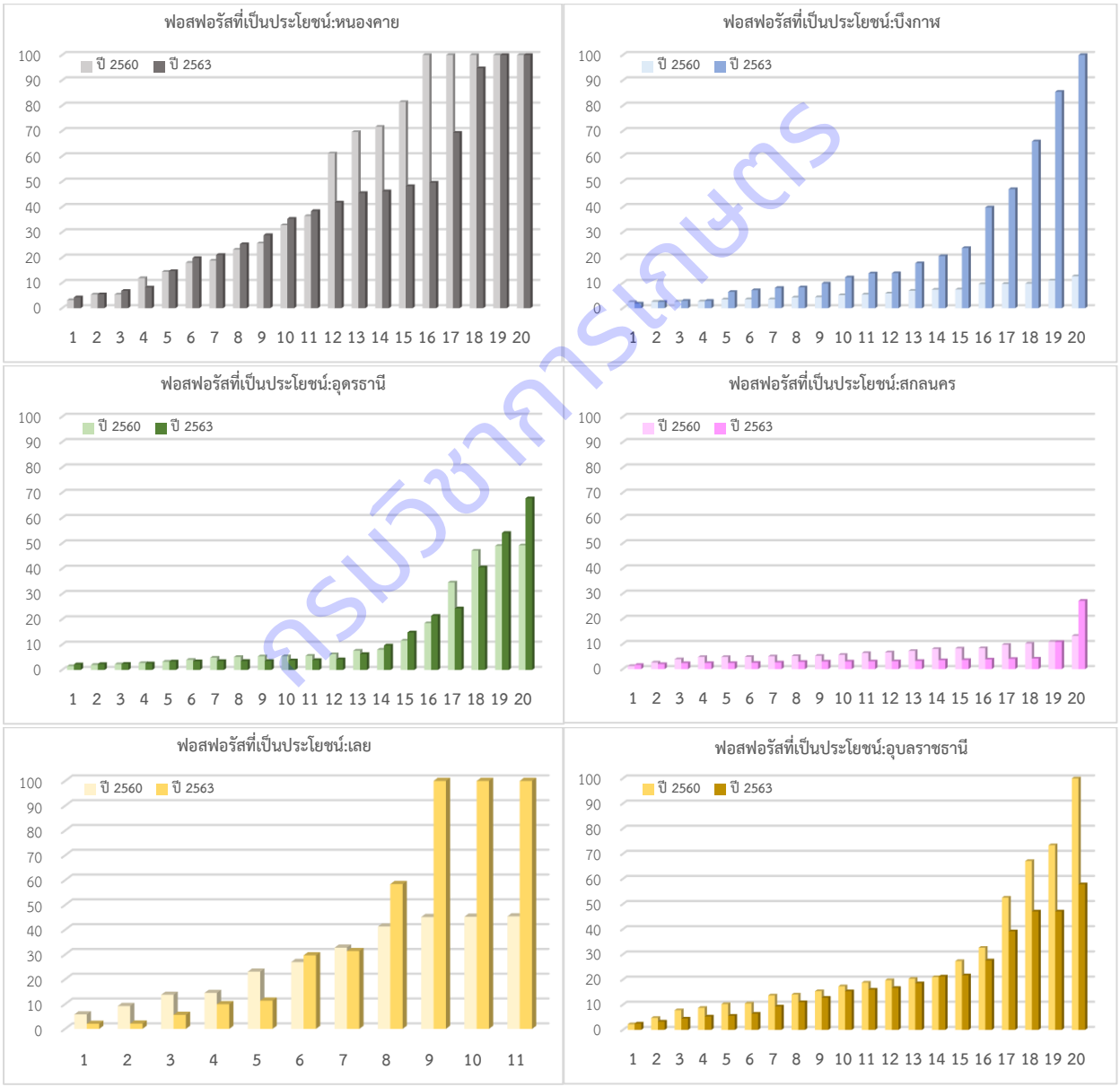
กรมวิชาการเกษตร

ผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของจังหวัดบึงกาฬมีค่าในระดับเหมาะสมกว่าจังหวัดอื่น (0.96-2.30 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออุดรธานี 0.45-2.55 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเลย หนองคาย อุบลราชธานี และสกลนคร อินทรียวัตถุมีค่า 1.05-1.84 0.87-1.69 0.67-1.62 และ 0.63-1.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปี 2563 ปริมาณอินทรียวัตถุของจังหวัดบึงกาฬมีค่าสูงขึ้นเป็น 0.71-3.70 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อุดรธานี เลย หนองคาย และสกลนครมีค่า 0.48-3.46 1.04-2.63 0.78-2.79 และ 0.45-1.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอุบลราชธานีมีปริมาณต่ำสุด (0.33-1.03 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งลดลงกว่าเดิมมาก (ภาพที่ 13) โดยภาพรวมส่วนใหญ่อินทรียวัตถุมีค่าค่อนข้างต่ำ เกษตรกรต้องปรับปรุงดินให้สมบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยให้ดินมีศักยภาพการผลิตเพิ่มมากขึ้น ช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 13 ปริมาณอินทรียวัตถุสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 2.5 เปอร์เซ็นต์)

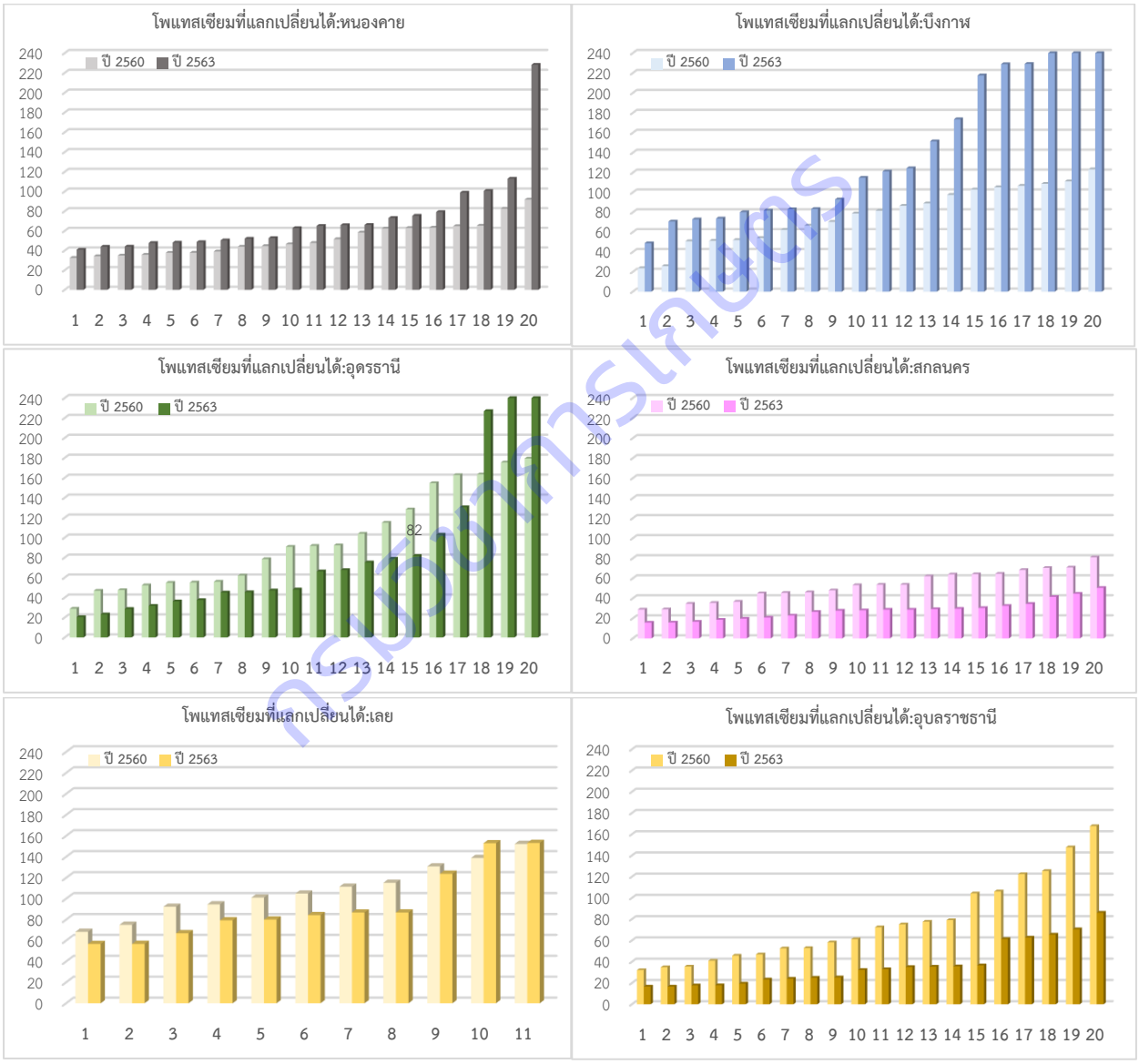
ผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของจังหวัดบึงกาฬ สกลนคร อุดรธานี อุบลราชธานี เลย และหนองคาย ปี 2560 มีค่าในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก (<15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละ 100 100 75 45 27 และ 25 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ และปี 2563 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับเหมาะสมปานกลางขึ้นไป ร้อยละ 40 5 45 55 55 และ 80 (ภาพที่ 14) แสดงว่า เกษตรกรมีการจัดการปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้นในระดับที่น่าพอใจ ยกเว้นสกลนครที่ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำมากร้อยละ 90 ของจำนวนเกษตรกร จากภาพรวม 6 จังหวัด บึงกาฬเป็นจังหวัดที่เกษตรกรมีการปรับการจัดการธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสม ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในปีที่ 4 ของการดำเนินงานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างน่าพอใจ อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรที่ปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะแนะนำให้ลดปุ๋ยฟอสฟอรัสลงอย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

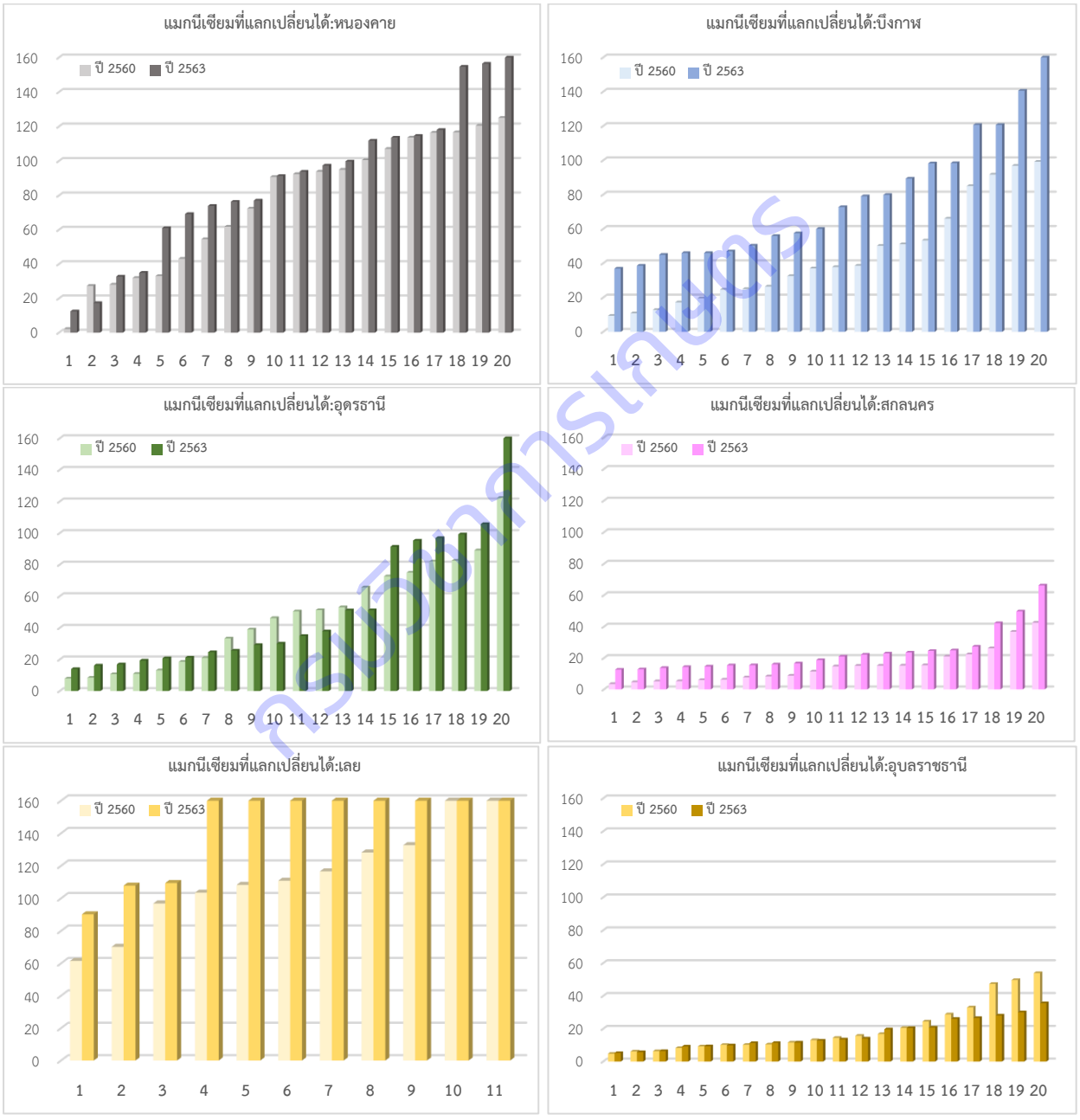
กรมวิชาการเกษตร

ผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลยและอุบลราชธานีร้อยละ 90 50 45 95 18 และ 70 ของจำนวนเกษตรกรมีค่าในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก (<80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งได้แนะนำให้เกษตรกรเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ย 0-0-60 มากกว่าเดิมร้อยละ 25-50 สำหรับผลปี 2563 พบว่า เกษตรกรจังหวัดหนองคายและบึงกาฬมีการจัดการธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ปริมาณโพแทสเซียมฯ ที่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลดลงเหลือร้อยละ 80 และ 20 ของจำนวนเกษตรกร สำหรับเกษตรกรจังหวัดอุดรธานีสกลนคร เลยและอุบลราชธานี ปริมาณโพแทสเซียมฯ ที่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 70 100 36 และ 95 ของจำนวนเกษตรกร (ภาพที่ 15) และเกษตรกรที่ปริมาณโพแทสเซียมฯ มีค่าสูงกว่า 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต้องลด 0-0-60 ลงร้อยละ 25-50 ของอัตราเดิม



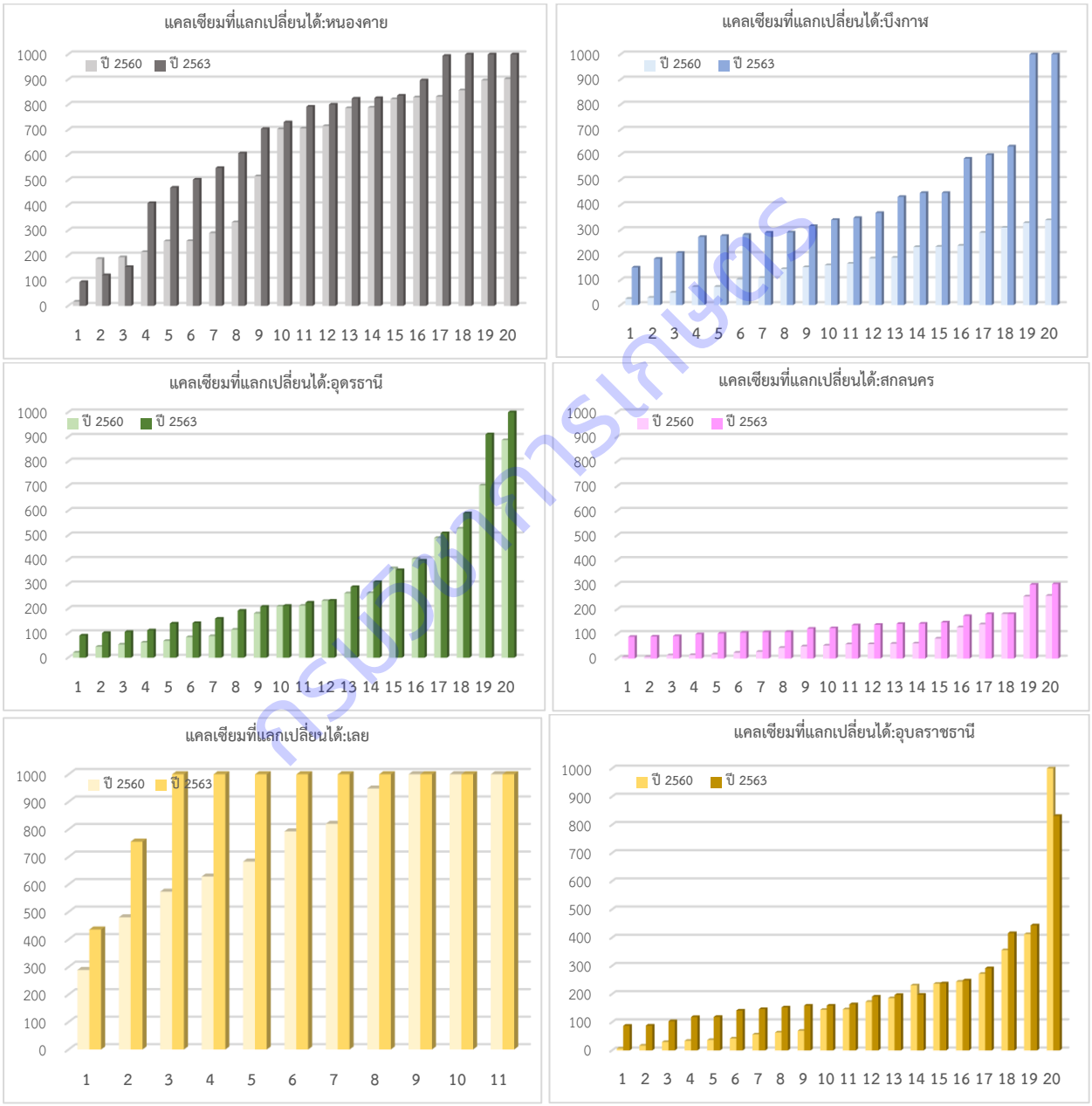
ภาพที่ 15 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของจังหวัดเลยมีค่าเหมาะสมปานกลางถึงสูงมากเช่นเดียวกับปี 2563 และพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมฯ ของจังหวัดสกลนคร อุบลราชธานี บึงกาฬ อุดรธานี และหนองคาย ร้อยละ 100 90 60 50 และ 30 ของจำนวนเกษตรกรมีค่าในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก (<50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในปี 2563 ปริมาณแมกนีเซียมฯ ที่มีค่าในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมากของจังหวัดสกลนคร บึงกาฬและหนองคาย ลดลงเหลือร้อยละ 90 30 และ 20 ของจำนวนเกษตรกร แสดงว่า เกษตรกรมีการจัดการธาตุอาหารที่ดีขึ้น ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมฯ ที่มีค่าในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมากของจังหวัดอุดรธานีและอุบลราชธานี มีสัดส่วนของเกษตรกรเพิ่มขึ้น แสดงว่าการจัดการธาตุอาหารไม่เหมาะสม (ภาพที่ 16)



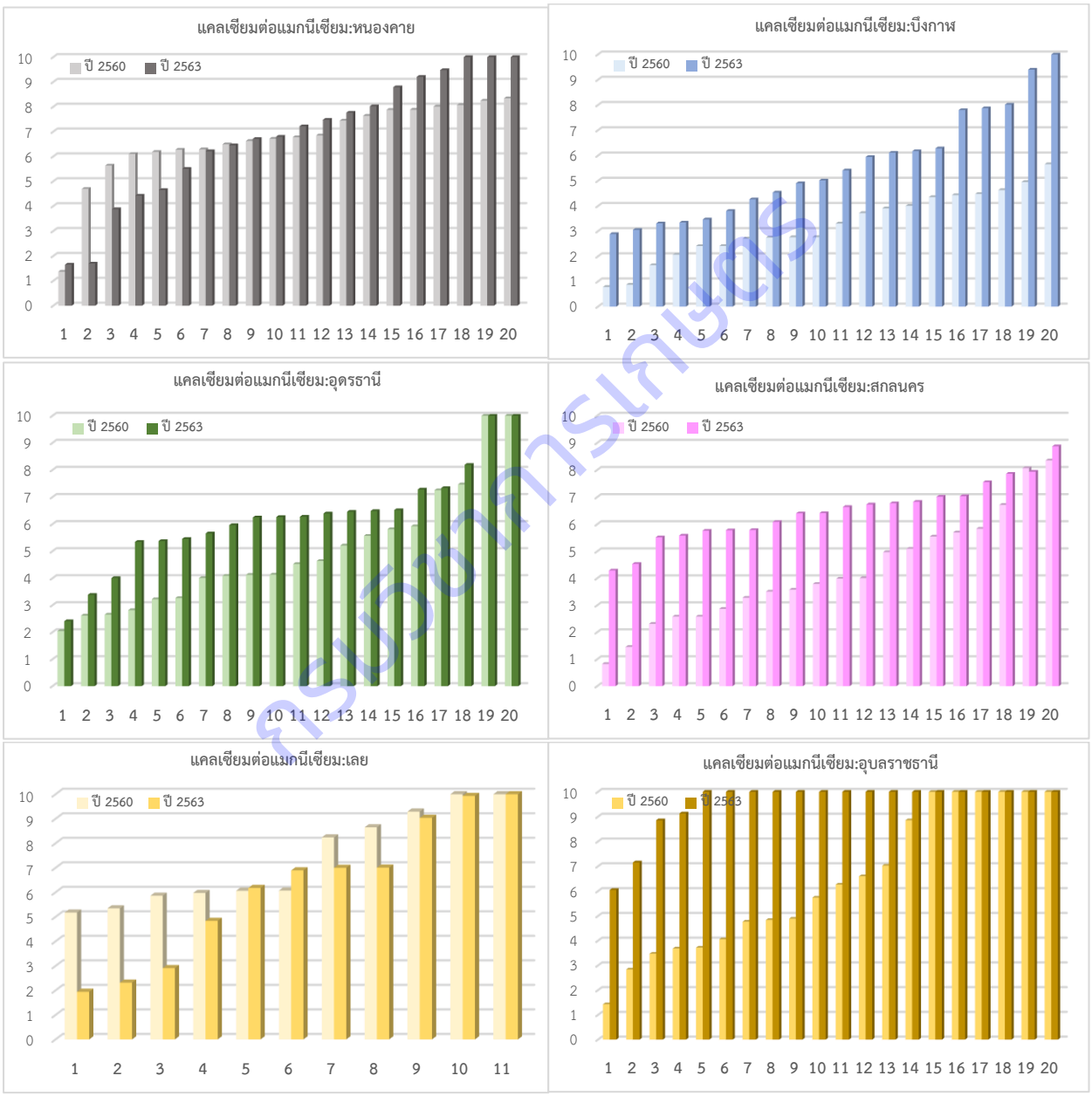
ภาพที่ 16 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ผลวิเคราะห์ดินปี 2560 พบว่า ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของเกษตรกรจังหวัดสกลนคร บึงกาฬ อุบลราชธานี อุดรธานี หนองคายและเลย มีค่าในเกณฑ์เหมาะสม (ต่ำกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละ 100 100 95 85 40 และ 18 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ และในปี 2563 ปริมาณแคลเซียมฯ ในเกณฑ์เหมาะสมของเกษตรกรจังหวัดสกลนครและอุบลราชธานีมีสัดส่วนคงที่คือ ร้อยละ 100 และ 95 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมฯ ในเกณฑ์เหมาะสมของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานีและเลย มีสัดส่วนลดลงในปี 2563 (ภาพที่ 17) อย่างไรก็ตาม หากปริมาณแคลเซียมฯ มีปริมาณต่ำเกินไป เกษตรกรต้องใช้ปูนโดโลไมท์เป็นแหล่งของแคลเซียมเนื่องจากมีแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อปาล์มน้ำมัน



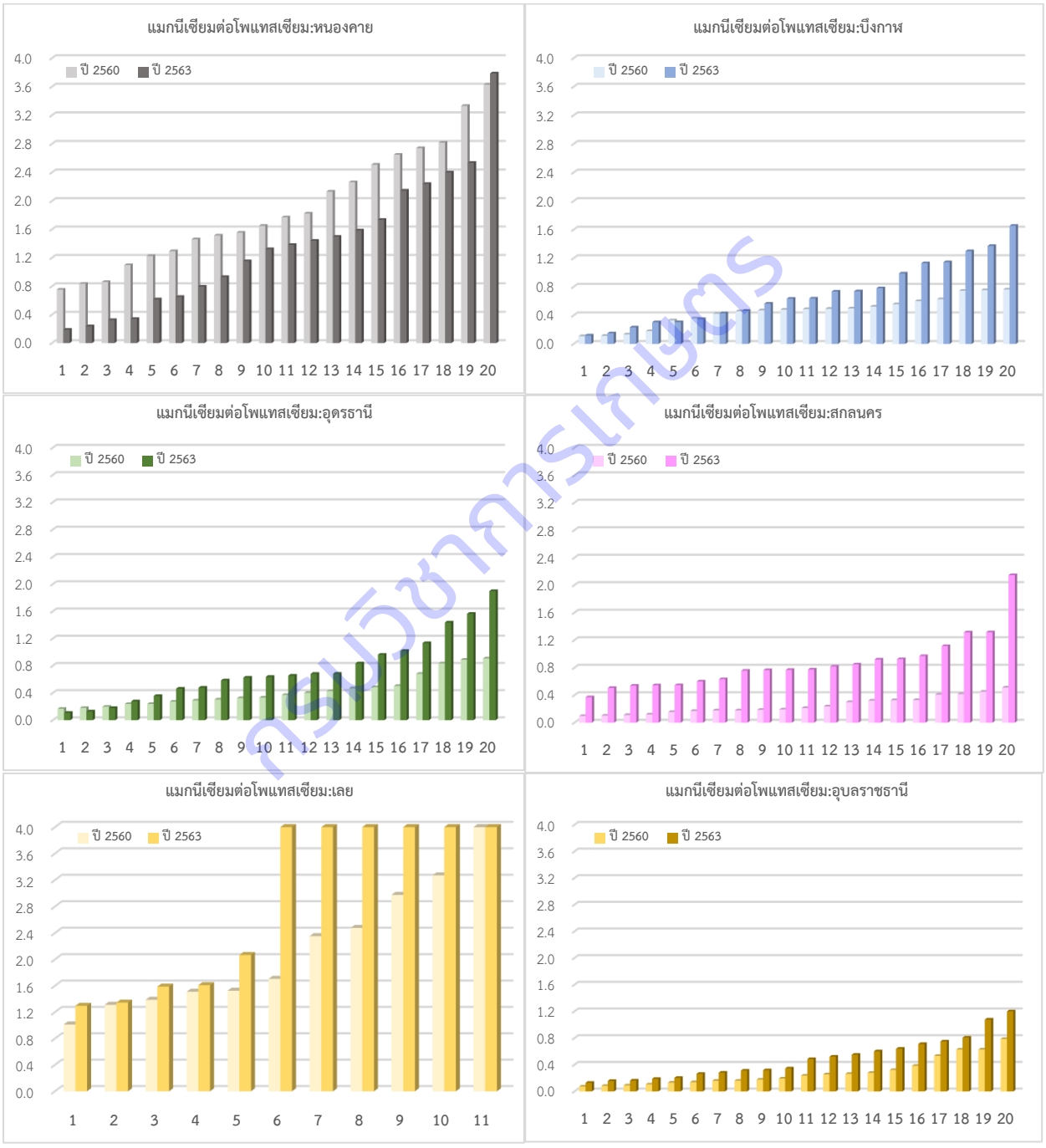
ภาพที่ 17 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ผลวิเคราะห์ดินปี 2560 พบว่า สมดุลของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมของเกษตรกรจังหวัดบึงกาฬ สกลนคร อุดรธานี อุบลราชธานี หนองคายและเลยที่มีความสมดุลหรือผ่านเกณฑ์เหมาะสม (ต่ำกว่า 5.0) ร้อยละ 95 65 60 45 25 และ 0 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ ผลวิเคราะห์ดินปี 2563 สมดุลของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมของเกษตรกรมีปริมาณลดลงคงเหลือร้อยละ 50 10 15 0 36 และ 10 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ โดยเลยเป็นจังหวัดเดียวที่พบความสมดุลของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น และที่อุบลราชธานีพบว่า ไม่สมดุลทั้ง 20 รายในปี 2563 (ภาพที่ 18) เนื่องจากแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าต่ำมาก และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงส่งผลต่อความไม่สมดุลแคลเซียมต่อแมกนีเซียมที่มีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 18 สมดุลระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐานต่ำกว่า 5.0)

ผลวิเคราะห์ดินปี 2560 พบว่า สมดุลระหว่างแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมของเกษตรกรจังหวัดบึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร และอุบลราชธานีมีความสมดุลหรือผ่านเกณฑ์เหมาะสม (ต่ำกว่า 1.2) ทุกราย เกษตรกรจังหวัดหนองคายและเลยมีความสมดุลเพียงร้อยละ 45 และ 9 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ ผลวิเคราะห์ดินปี 2563 สมดุลระหว่างแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี และสกลนคร มีสัดส่วนลดลงคงเหลือร้อยละ 20 85 85 และ 85 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ โดยเลยเป็นจังหวัดเดียวที่แมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมไม่สมดุลทั้งหมด ในขณะที่อุบลราชธานีมีความสมดุลทั้งหมดในปี 2563 (ภาพที่ 19)

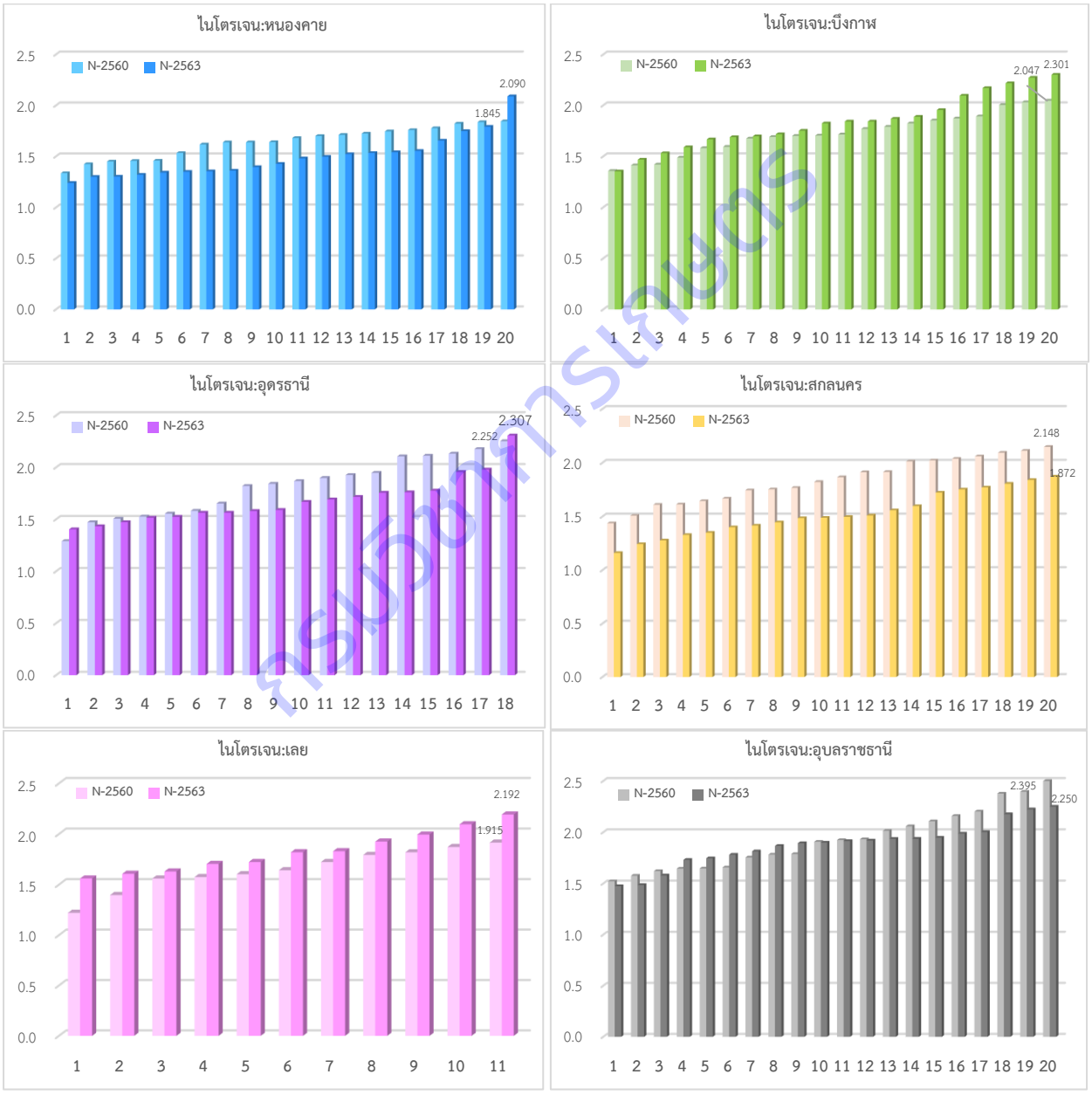


ภาพที่ 19 สมดุลระหว่างแมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐานต่ำกว่า 1.2)

กรมวิชาการเกษตร

1.3.2) ผลวิเคราะห์ใบ หากเกษตรกรปรับเปลี่ยนการจัดการธาตุอาหารตามคำแนะนำ ปริมาณธาตุอาหารในใบจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางบวกตามความต้องการของปาล์มน้ำมันมากกว่าปีที่เริ่มดำเนินงาน (2560) และเนื่องจากมีปาล์มน้ำมันหลายช่วงอายุ จึงใช้ค่าวิกฤตใบปาล์มน้ำมันที่อายุ 8 ปีเป็นตัวแทนประเมินความเหมาะสม

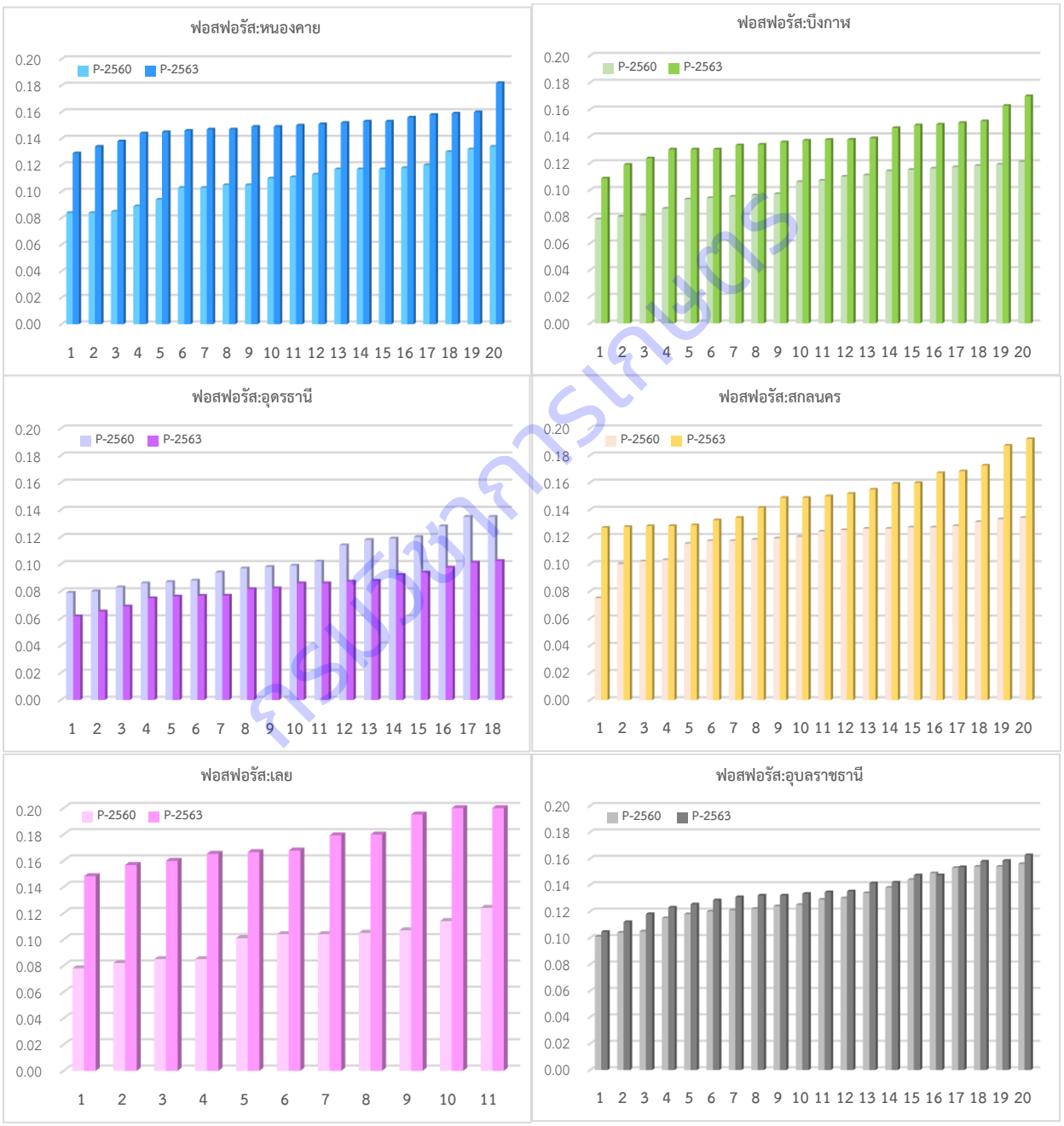
ไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนในใบที่เหมาะสมมีค่า 2.385-2.636 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง จากผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบที่มีค่าสูงกว่า 2.385 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พบเฉพาะสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรที่อุบลราชธานีเพียง 2 ราย (ร้อยละ 10) เท่านั้น ที่เหลือมีค่าต่ำกว่า และในปี 2563 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบต่ำกว่า 2.385 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งทั้ง 6 จังหวัด จากการติดตามการจัดการธาตุอาหารตลอด 4 ปี บางรายปฏิบัติตามคำแนะนำ บางรายปฏิบัติบางส่วน และส่วนใหญ่ปฏิบัติไม่ได้ (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 ปริมาณไนโตรเจนในใบเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 2.385-2.510 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

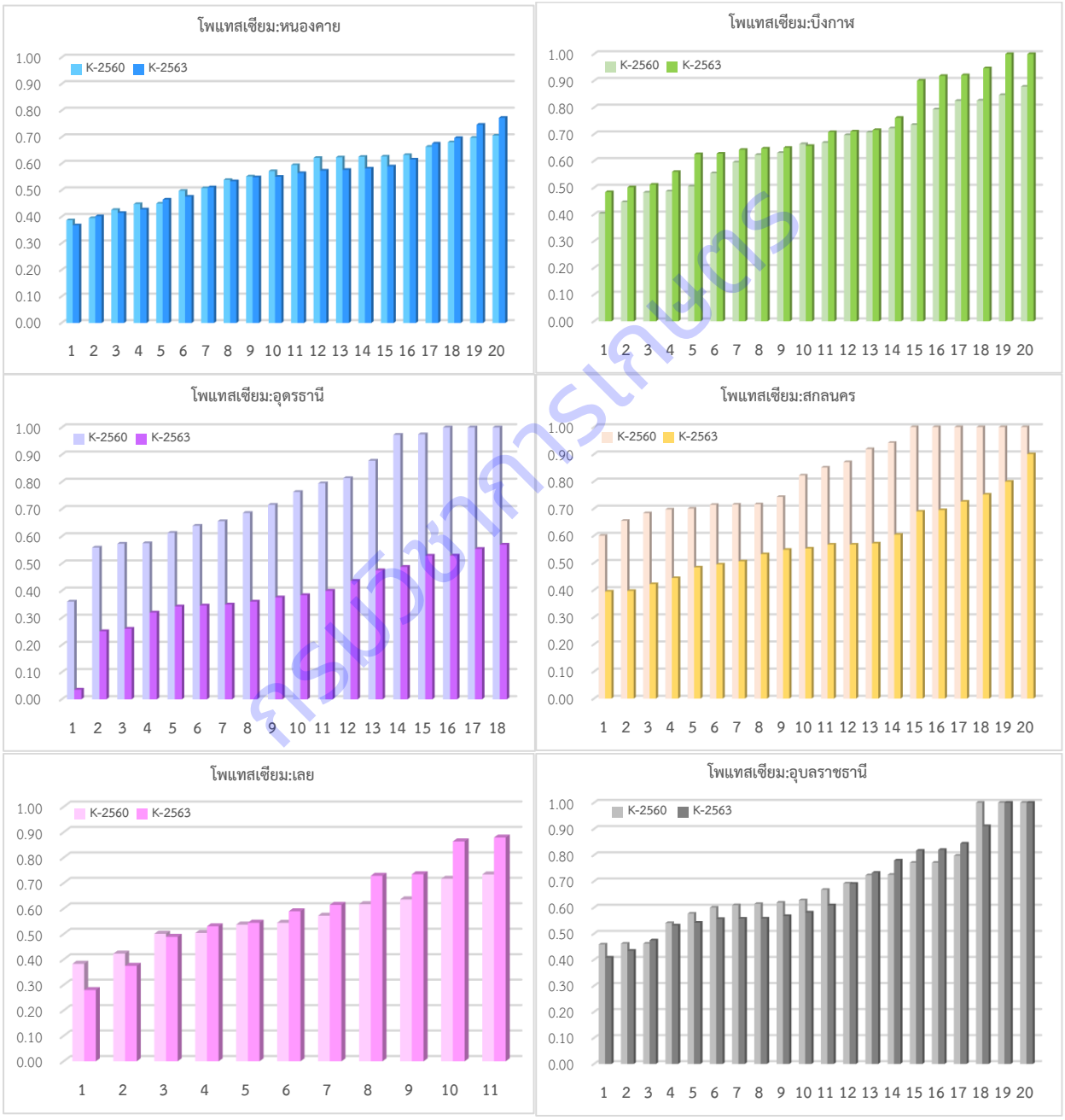
สำนักวิทยบริการฯ

ฟอสฟอรัส ปริมาณฟอสฟอรัสในใบที่เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 0.153-0.169 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์ปี 2560 พบว่า ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบที่มีค่าสูงกว่า 0.153 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พบเฉพาะสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรที่อุบลราชธานีเพียง 4 ราย (ร้อยละ 20) เท่านั้น ที่เหลือมีค่าต่ำกว่า และในปี 2563 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบที่มีค่าสูงกว่า 0.153 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พบที่จังหวัดเลย สกลนคร หนองคาย อุบลราชธานีและบึงกาฬ ร้อยละ 91 40 35 20 และ 10 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ แสดงว่า เกษตรกรในจังหวัดดังกล่าวมีการจัดการที่เหมาะสมมากขึ้นจากเดิม ในขณะที่ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบของจังหวัดอุดรธานีมีปริมาณลดลงกว่าเดิมอย่างมากทุกราย (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ปริมาณฟอสฟอรัสในใบเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 0.153-0.161 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

<u>โพแทสเซียม</u> ปริมาณโพแทสเซียมในใบที่เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 0.90-1.10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์ปี 2560 และ 2563 พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบของเกษตรกรทุกรายในจังหวัดหนองคายและเลยมีค่าต่ำกว่า 0.90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งทั้ง 2 ปี เกษตรกรของจังหวัดบึงกาฬและอุบลราชธานีมีการปรับตัวสูงกว่าค่าวิกฤตร้อยละ 30 และ 15 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ และเกษตรกรที่จังหวัดอุดรธานีและสกลนคร โพแทสเซียมในใบมีปริมาณลดลงอย่างมากจากค่าวิกฤตเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2560 ซึ่งเป็นผลจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยน้อยลง (ราคาปาล์มตกต่ำ-ไม่มีทุนเพียงพอ) และค่าการขาดน้ำในพื้นที่ดังกล่าวที่มีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 22)



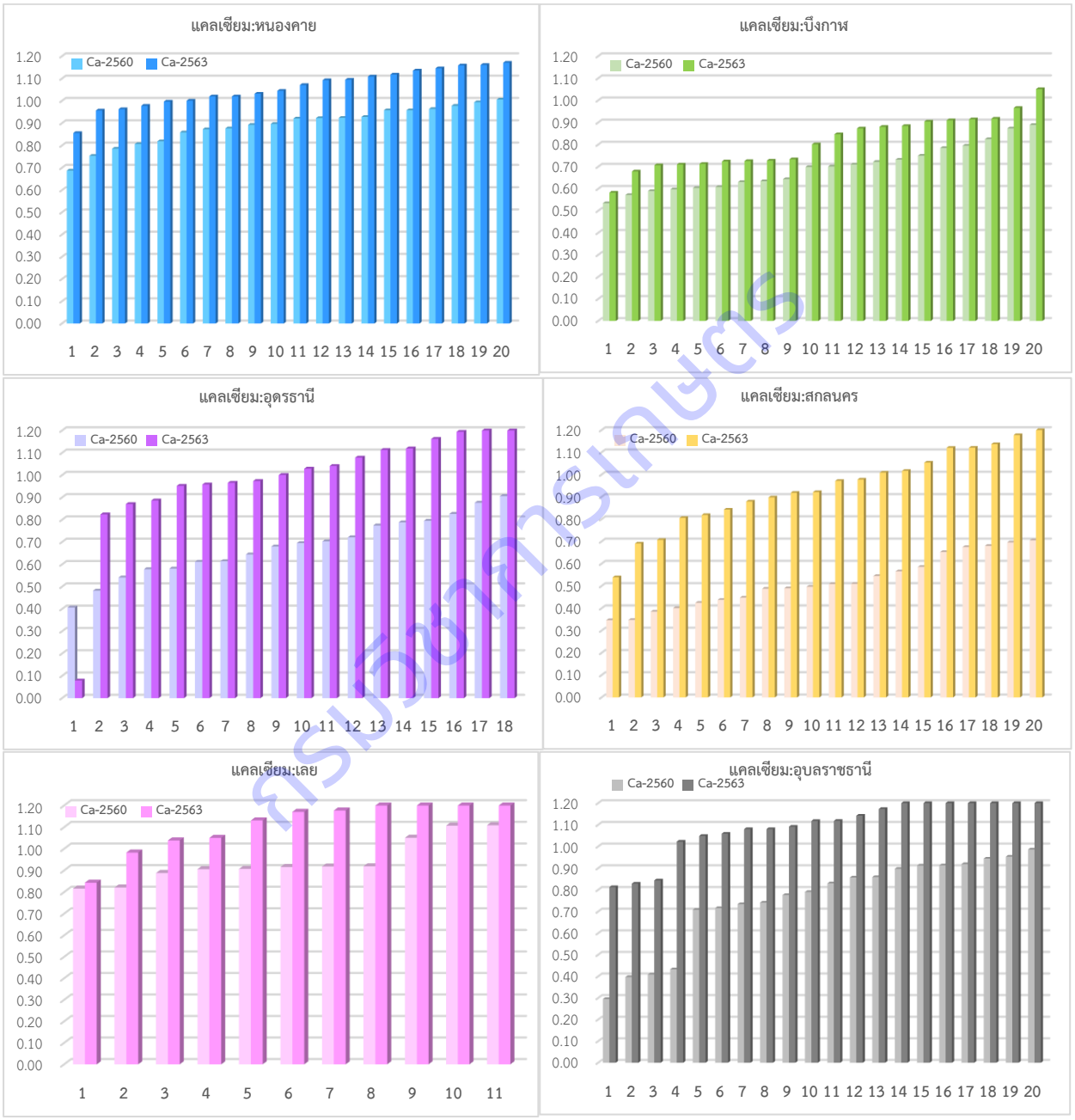
ภาพที่ 22 ปริมาณโพแทสเซียมในใบเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 0.900-1.000 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

<u>แมกนีเซียม</u> ปริมาณแมกนีเซียมในใบที่เหมาะสมมีค่า 0.238-0.263 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์ปี 2563 พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในใบของจังหวัดบึงกาฬและสกลนครมีค่าลดลงต่ำกว่ากว่าปี 2560 แต่จังหวัดหนองคาย อุดรธานี เลย และอุบลราชธานีมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นดีกว่าปี 2560 และในปี 2563 ปริมาณแมกนีเซียมในใบของเกษตรกรจังหวัดอุดรธานี บึงกาฬ เลย อุบลราชธานี หนองคายและสกลนคร มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤตในสัดส่วนร้อยละ 90 75 73 65 50 และ 50 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ แสดงว่าเกษตรกรจัดการใส่กีเซอไรท์ได้เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารอื่นที่ปาล์มน้ำมันต้องการ (ภาพที่ 23)

กรมวิชาการเกษตร

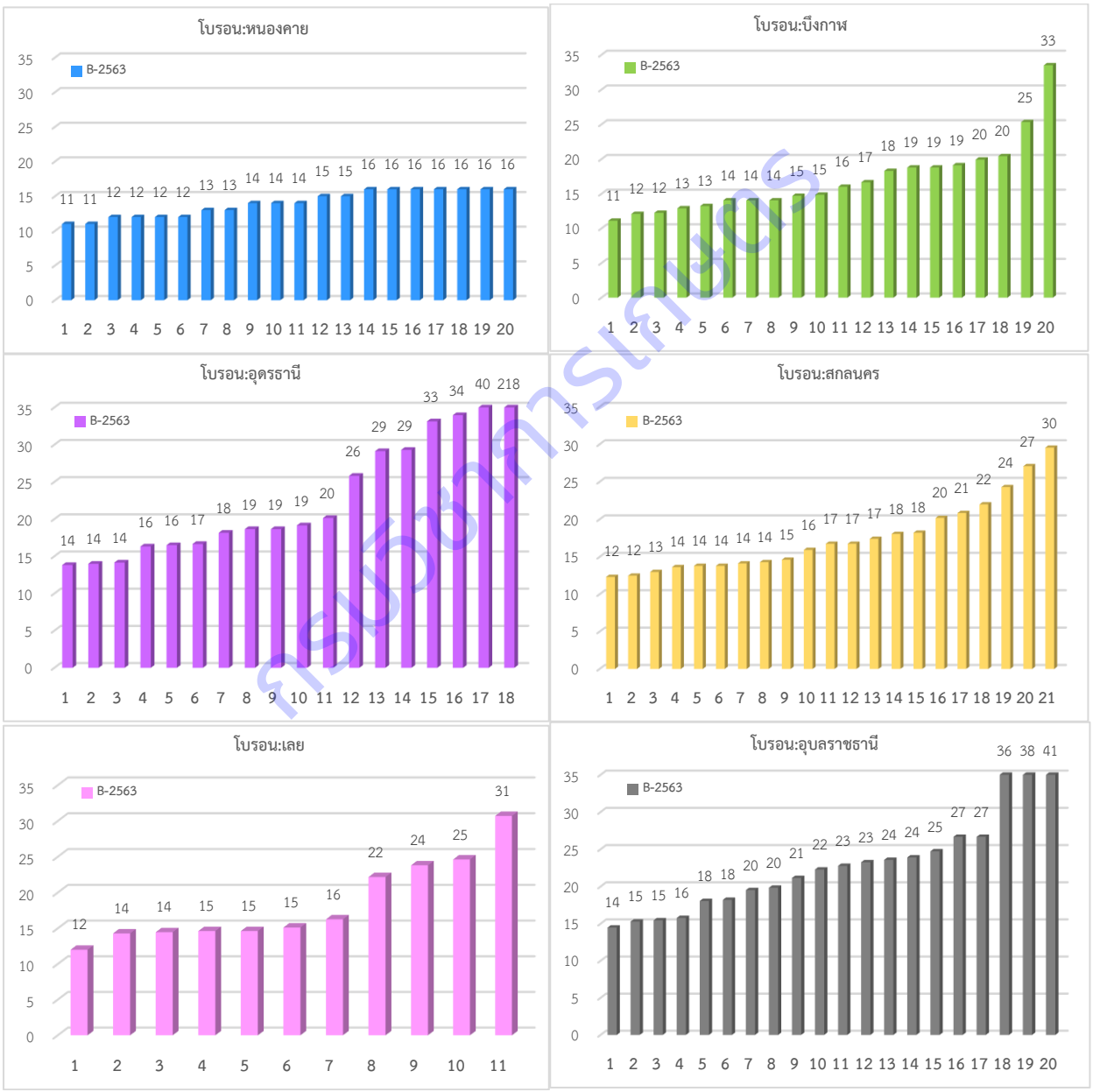
ภาพที่ 23 ปริมาณแมกนีเซียมในใบเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 0.238-0.250 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

แคลเซียม ปริมาณแคลเซียมในใบที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.25-1.00 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์ปี 2560 และ 2563 พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบของเกษตรกรทุกรายในจังหวัดหนองคายและเลยมีค่าต่ำกว่า 0.90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งทั้ง 2 ปี เกษตรกรของจังหวัดบึงกาฬและอุบลราชธานีมีการปรับตัวสูงกว่าค่าวิกฤตร้อยละ 30 และ 15 ของจำนวนเกษตรกรตามลำดับ และเกษตรกรที่จังหวัดอุดรธานีและสกลนคร โพแทสเซียมในใบมีปริมาณลดลงอย่างมากจากค่าวิกฤตเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2560 (ภาพที่ 24) เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 24 ปริมาณแคลเซียมในใบเปรียบเทียบปีที่ 1 และปีที่ 4 ของเกษตรกรจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 0.250-0.625 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

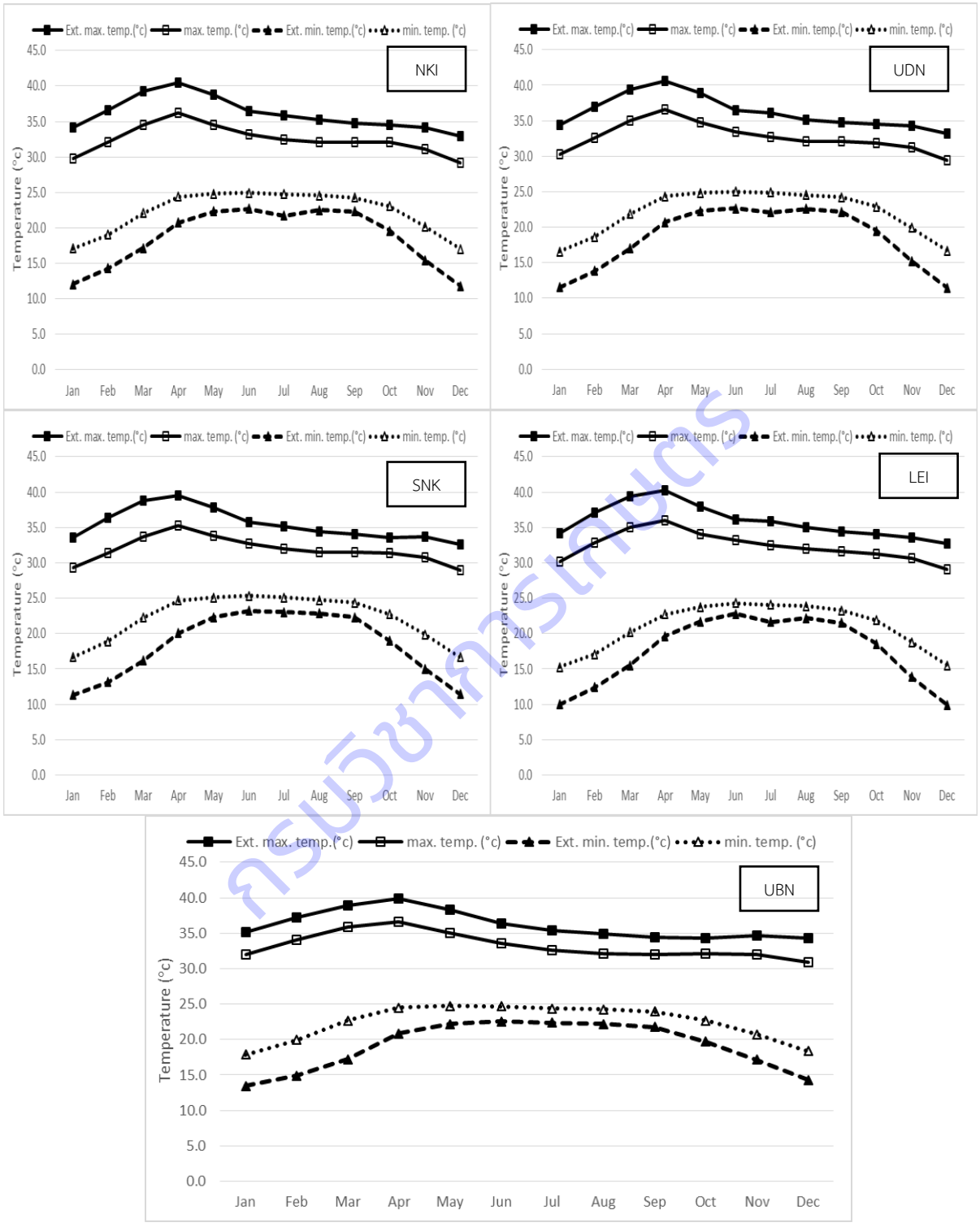
โบรอน ค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 15-25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง หากต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์แสดงว่าขาดโบรอนในระดับวิกฤต ผลวิเคราะห์ปี 2563 พบว่า ไม่มีจังหวัดใดที่ค่าโบรอนต่ำกว่าค่าวิกฤต โดยจังหวัดอุบลราชธานี เลย สกลนคร บึงกาฬ หนองคายและอุดรธานีมีโบรอนในใบในช่วงที่เหมาะสมร้อยละ 70 64 55 55 45 และ 40 ของจำนวนเกษตรกร และจังหวัดอุดรธานี อุบลราชธานี สกลนคร เลย และบึงกาฬมีโบรอนในใบสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ร้อยละ 35 25 10 9 และ 5 ของจำนวนเกษตรกร (ภาพที่ 25) สำหรับเกษตรกรที่มีปริมาณโบรอนในใบต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมได้แนะนำให้ใส่โบรอนอัตรา 150-200 กรัมต่อต้นต่อปี เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับการพัฒนาใบใหม่และหลอดละอองเกสรตัวผู้ ซึ่งส่งผลต่อการผสมเกสรและการผสมติดของช่อดอกตัวเมีย



ภาพที่ 25 ปริมาณโบรอนในใบของจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี (ค่ามาตรฐาน 15-25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)

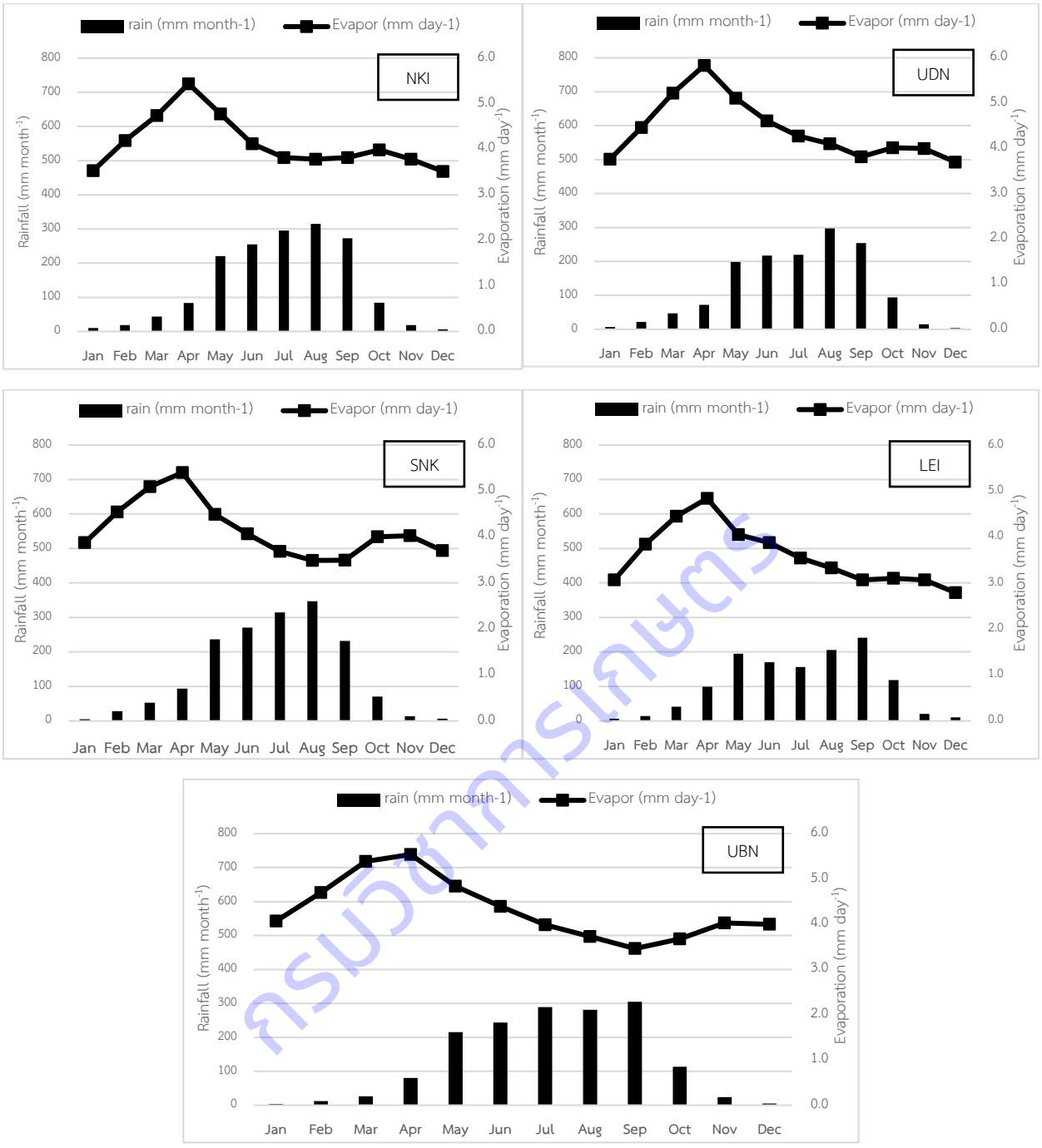
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ปริมาณฝนใช้การ ความต้องการน้ำและความต้องการน้ำชลประทานของปาล์มน้ำมัน

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



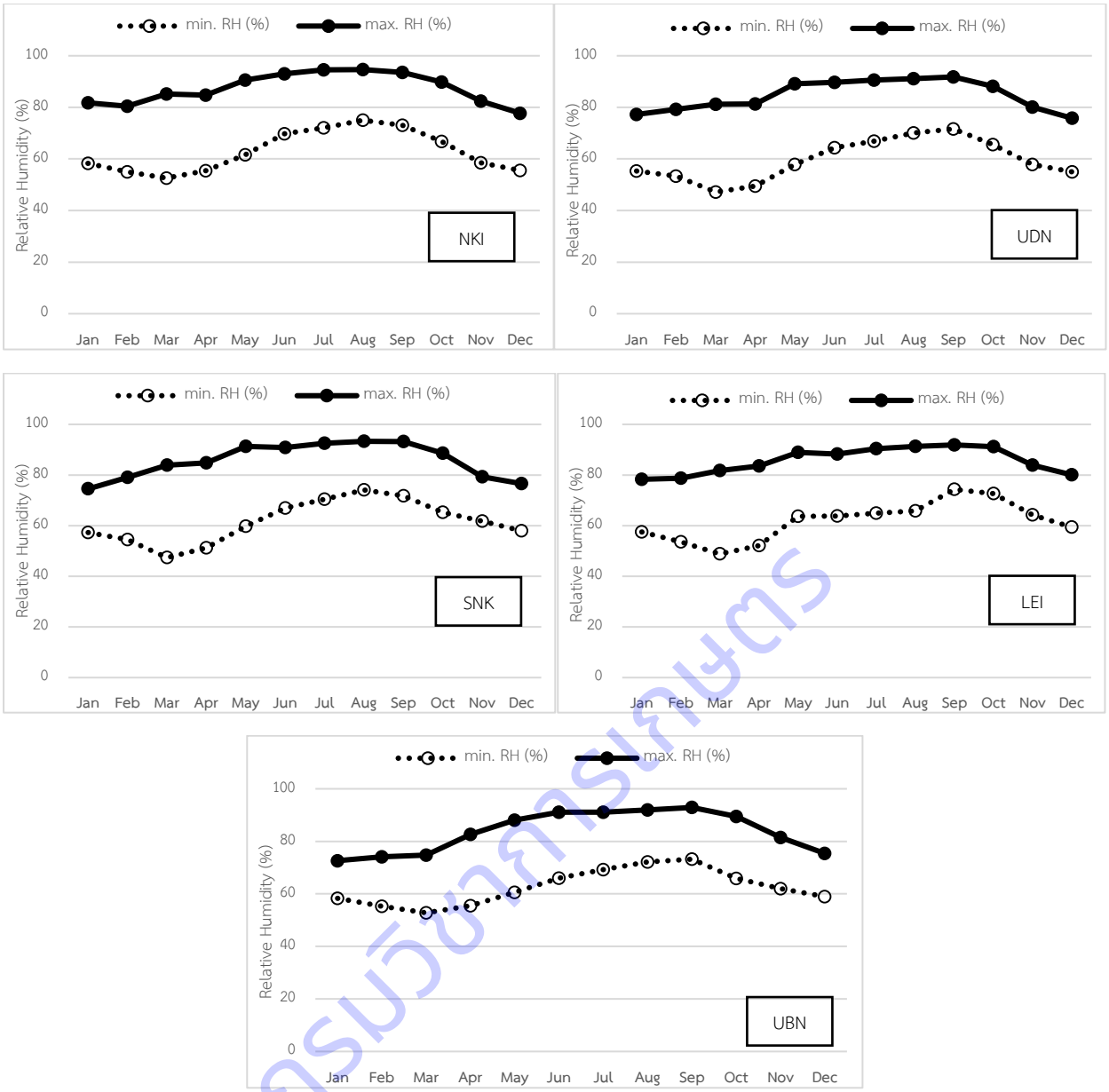
ภาพที่ 26 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2530-2559) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย (NKI) อุดรธานี (UDN) สกลนคร (SNK) เลย (LEI) และอุบลราชธานี (UBN)

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 27 ค่าระเหยน้ำและปริมาณน้ำฝนในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2530-2559) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย (NKI) อุดรธานี (UDN) สกลนคร (SNK) เลย (LEI) และอุบลราชธานี (UBN)



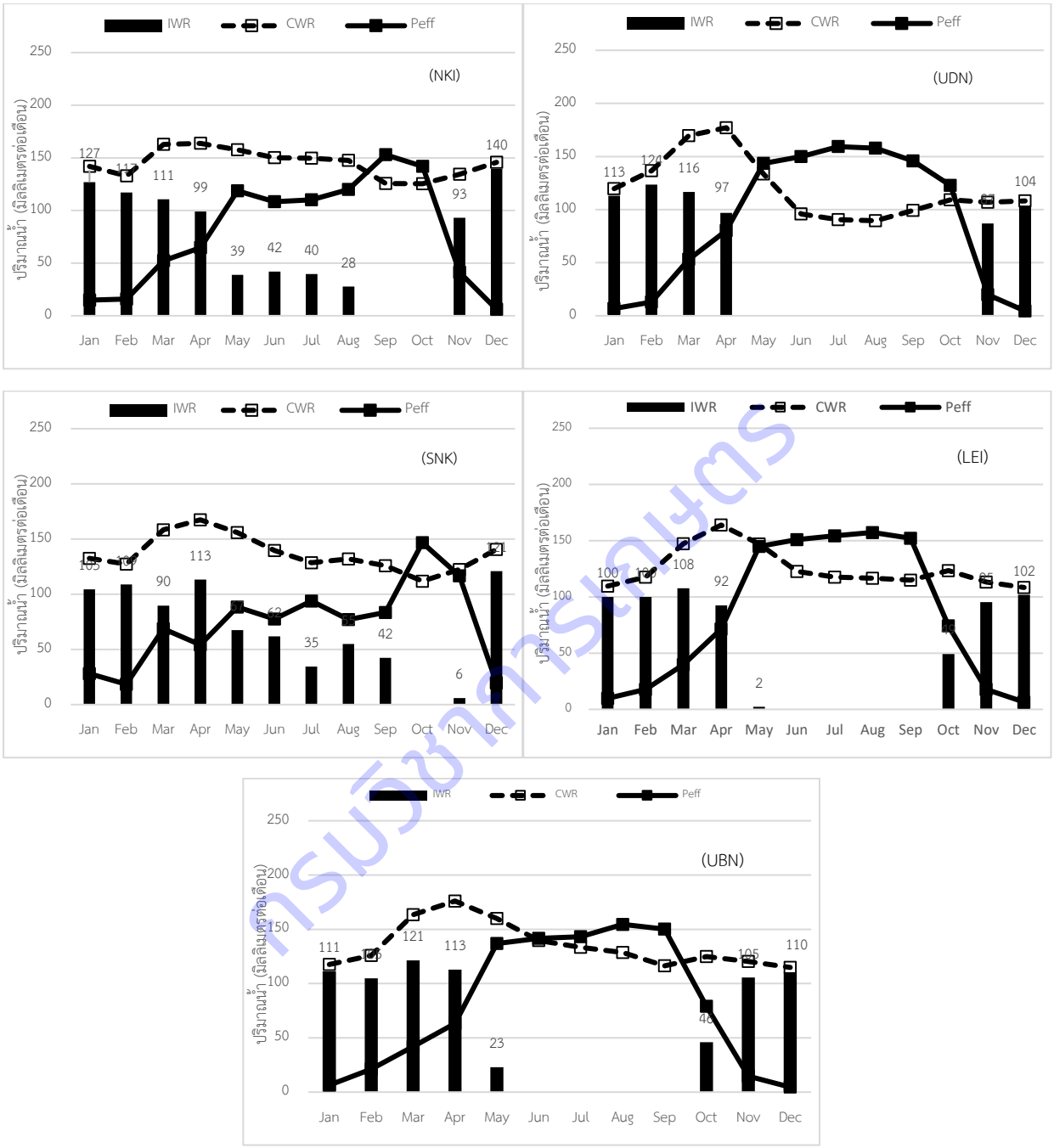
กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 28 ความชื้นเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2530-2559) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย (NKI) อุดรธานี (UDN) สกลนคร (SNK) เลย (LEI) และอุบลราชธานี (UBN)

ปริมาณฝนใช้การ ความต้องการน้ำและความต้องการน้ำชลประทานของปาล์มน้ำมัน

นำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน ค่าระเหยน้ำตลอด 30 ปี และค่า Kc ของปาล์มน้ำมัน มาคำนวณปริมาณฝนใช้การ (Peff) ค่าความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน (CWR) และค่าความต้องการน้ำชลประทาน หรือค่าการขาดน้ำของปาล์มน้ำมันใน 5 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ค่าความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมันในจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี มีค่า 1,502.9, 1,620.6, 1,353.9 1,366.7 และ 1,700.3 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ ปริมาณฝนใช้การมีค่า 997.0, 957.6, 1,003.0, 926.1 และ 980.7 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ จึงส่งผลต่อค่าความต้องการน้ำชลประทานหรือค่าการขาดน้ำของปาล์มน้ำมัน โดยจังหวัดที่มีค่าการ

ขาดน้ำสูงสุดคือ อุบลราชธานี (859 มิลลิเมตรต่อปี) อุดรธานี หนองคาย สกลนครและเลย มีค่าการขาดน้ำ 735 649 573 และ 524 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ (ภาพที่ 29)

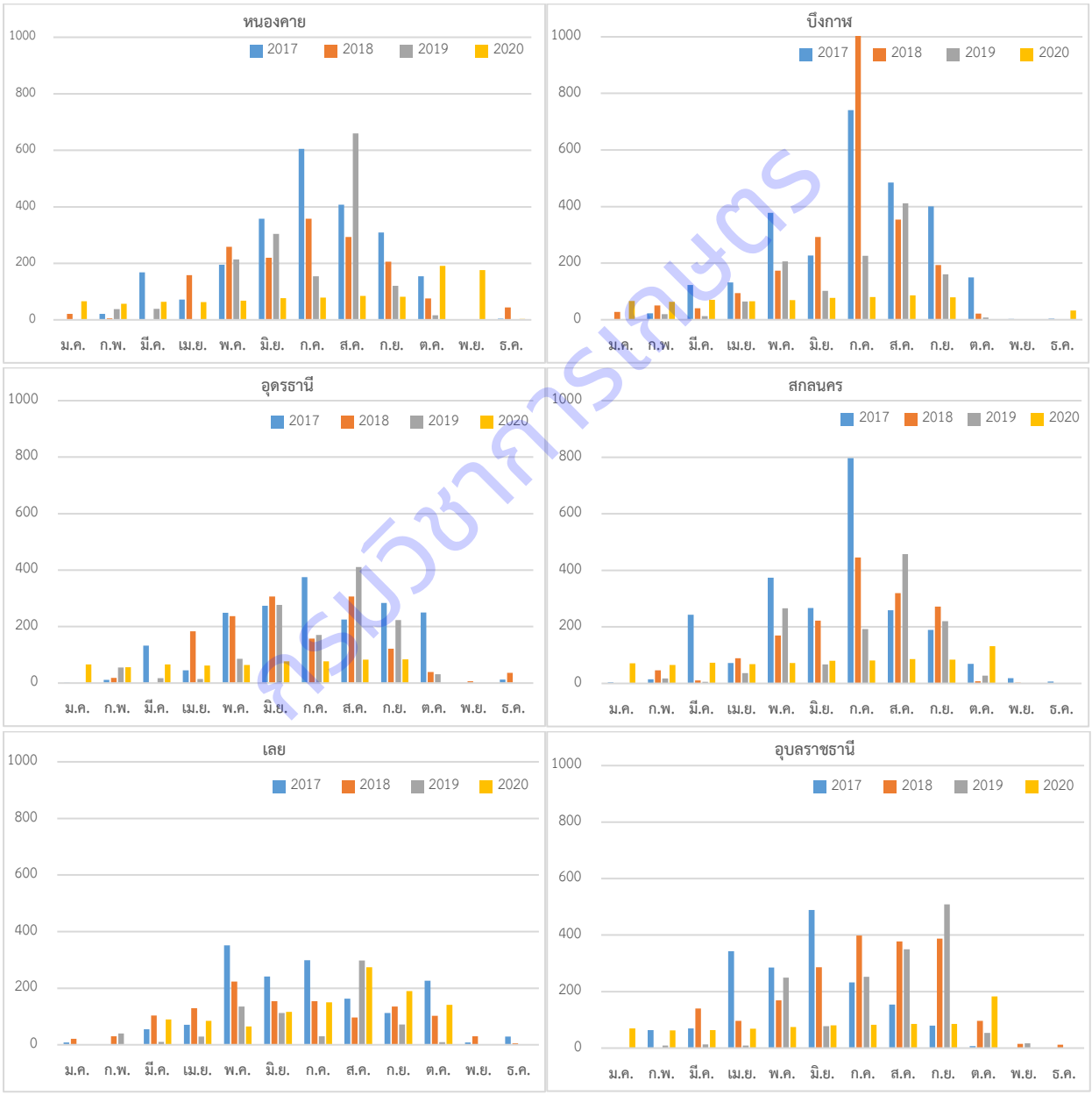


ภาพที่ 29 ปริมาณน้ำฝนที่ใช้การได้ (Precipitation efficiency; Peff.) ความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน (Crop Water Requirement; CWR) และน้ำชลประทานที่ต้องเติมให้ปาล์มน้ำมัน (Irrigation Water Requirement; IWR) ในจังหวัดหนองคาย (NKI) อุดรธานี (UDN) สกลนคร (SNK) เลย (LEI) และอุบลราชธานี (UBN) โดยคำนวณจากข้อมูลน้ำฝนและค่าระเหยเฉลี่ย 30 ปี

กรมวิชาการเกษตร

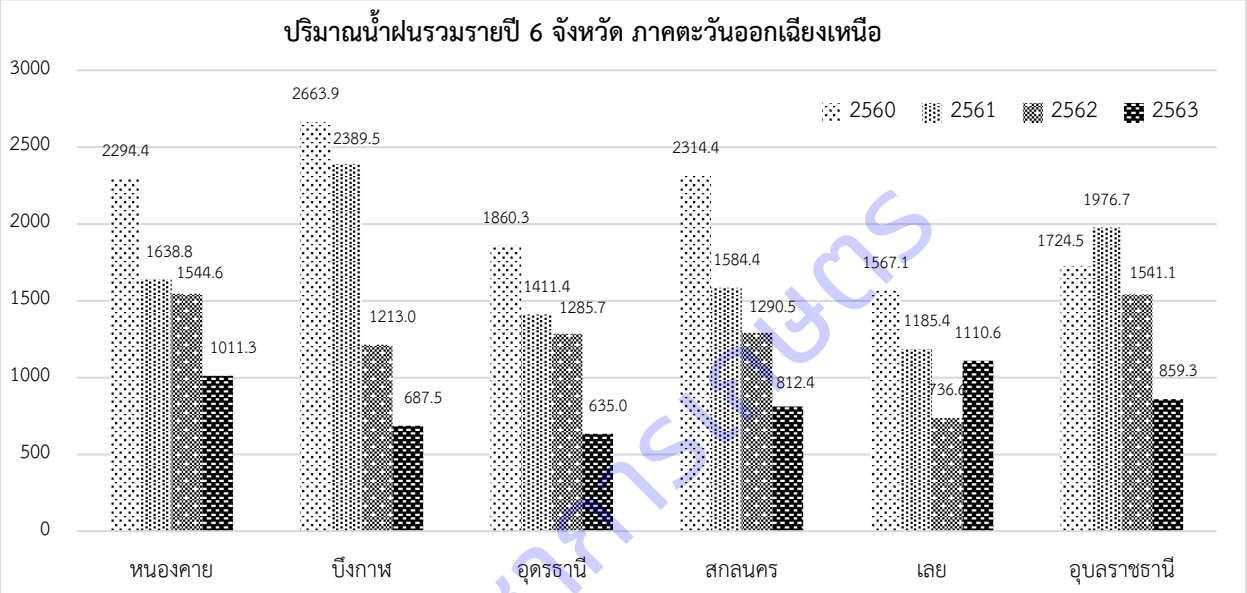
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย 4 ปี (พ.ศ. 2560-2563)

ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนต่อเดือนมีค่าน้อยมากในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน และตุลาคม-ธันวาคม (บางจังหวัดปริมาณน้ำฝนสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน) ภาพรวมของ 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีช่วงแล้งนานประมาณ 7 เดือน และปริมาณฝนเฉลี่ย 4 ปีของจังหวัดบึงกาฬ หนองคาย อุบลราชธานี สกลนคร อุดรธานี และเลย มีค่า 1738.5 1622.3 1525.4 1500.4 1298.1 และ 1149.9 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณฝนดังกล่าวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมาก และเป็นปัจจัยที่มีผลต่อวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับภาคใต้ที่มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่า (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี ระหว่างปีที่ดำเนินการ พ.ศ. 2560-2563

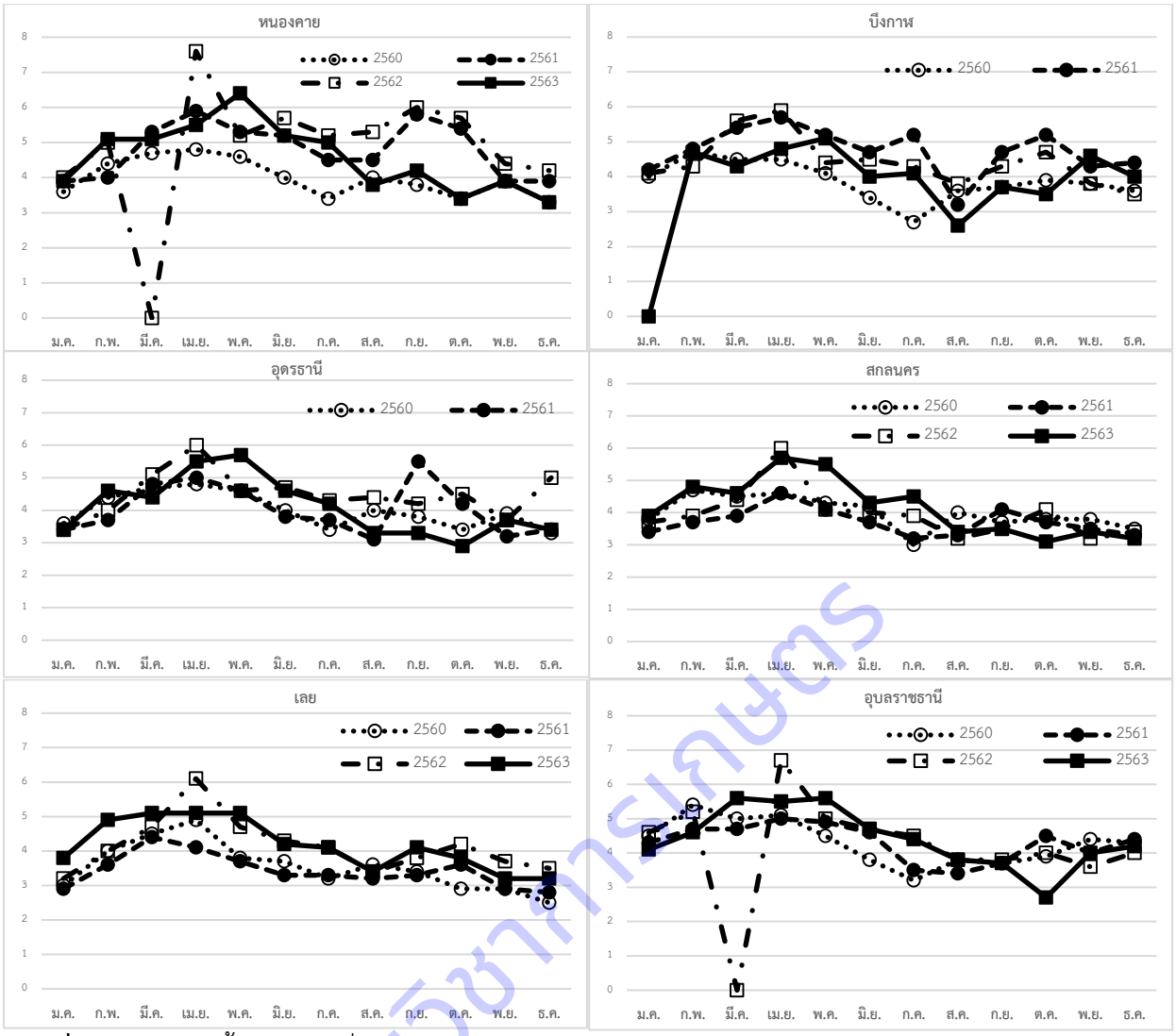
เมื่อรวมปริมาณน้ำฝนรายปีตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย ของ 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีค่าลดลงตามลำดับจากปี 2560-2563 ยกเว้นจังหวัดเลยที่ปริมาณน้ำฝนปี 2563 มีค่าเพิ่มขึ้นจากปี 2562 จากแนวโน้มปริมาณน้ำฝนดังกล่าว สามารถคาดการณ์ได้ว่า จะส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นอย่างมากในปี 2563-2566 หากปริมาณน้ำฝนรวมในปีถัดไปยังคงสภาพเหมือนปี 2563 หรือมีปริมาณน้อยกว่าเดิม โดยเฉพาะจังหวัดบึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร และอุบลราชธานี ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนรวมในปี 2563 เพียง 687.5 635.0 812.4 และ 859.3 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ (ภาพที่ 30)



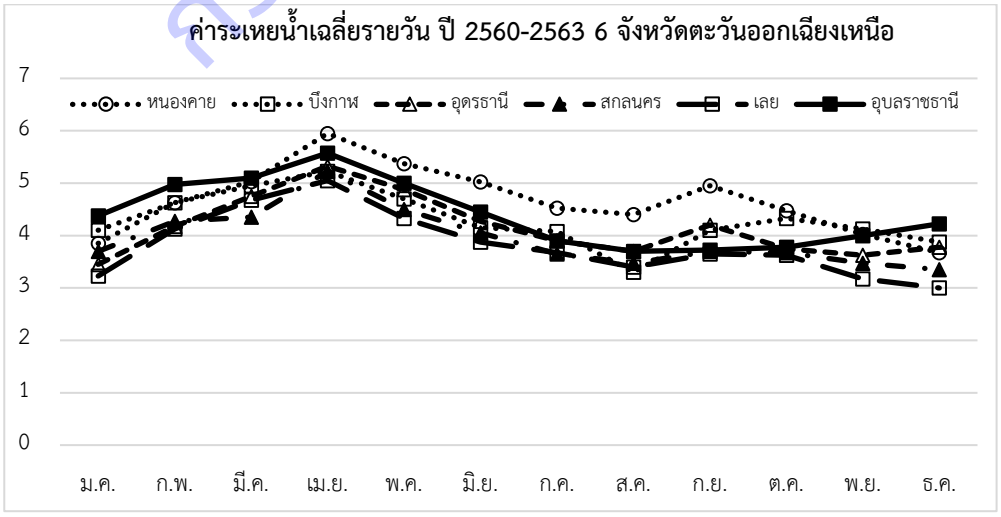
ภาพที่ 30 ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตรต่อปี) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลยและอุบลราชธานี ปีที่ดำเนินการ พ.ศ. 2560-2563

ค่าระเหยน้ำ จังหวัดหนองคายมีค่าระเหยน้ำเฉลี่ยตลอดปีสูงที่สุด 4.66 มิลลิเมตรต่อวัน รองลงมาคือจังหวัดอุบลราชธานี บึงกาฬ อุดรธานี สกลนครและเลยมีค่า 4.40 4.30 4.15 3.95 และ 3.82 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ และภาพรวมของค่าระเหยน้ำรายเดือนตลอดทั้งปีพบว่า เดือนเมษายนมีค่าระเหยน้ำเฉลี่ยสูงสุด 5.39 มิลลิเมตรต่อวัน และเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.65 มิลลิเมตรต่อวัน แสดงให้เห็นถึงปริมาณแสงแดดรายเดือนรวมถึงอุณหภูมิโดยรอบทรงพุ่มที่มีค่าสูง ส่งผลให้ดินมีการระเหยน้ำเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 31) และเมื่อเฉลี่ยค่าระเหยน้ำตลอด 4 ปี ในรอบปี พบว่า จังหวัดหนองคายมีค่าระเหยน้ำสูงกว่าจังหวัดอื่นอย่างชัดเจน และมีค่าสูงถึง 5.95 มิลลิเมตรต่อวันในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศร้อนจัดมาก เช่นเดียวกับจังหวัดอุบลราชธานี อุดรธานี บึงกาฬ สกลนคร และเลยที่มีค่าระเหยน้ำสูง 5.57 5.32 5.22 5.22 และ 5.05 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ จากนั้นค่าระเหยน้ำจะเริ่มลดลงตามปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น และเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนกันยายนและตุลาคมตามปริมาณน้ำฝนที่เริ่มทิ้งช่วงในแต่ละจังหวัด (ภาพที่ 32)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 31 ค่าระเหยน้ำรายวันเฉลี่ยในแต่ละเดือน (มิลลิเมตรต่อวัน) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลยและอุบลราชธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2559-2562



ภาพที่ 32 ค่าระเหยน้ำรายวันเฉลี่ยในแต่ละเดือน (มิลลิเมตรต่อวัน) ตลอด 4 ปี (พ.ศ. 2559-2562) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดหนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลยและอุบลราชธานี

กรมชลประทาน

ธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน ผลผลิตปาล์มน้ำมันและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การเก็บตัวอย่างดินและใบเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดินและธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สำหรับให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในการจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำหรือรอยเท้าน้ำของการผลิตปาล์มน้ำมันโดยปริยาย และช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตปาล์มน้ำมันได้อย่างยั่งยืน เนื่องจากเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอย่างจำกัดและเป็นการลดต้นทุนการผลิต จากการใช้ปุ๋ยหรือธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพตามผลวิเคราะห์ดินและใบช่วยให้มีความสมดุลของธาตุอาหาร อย่างไรก็ตามพบว่า เกษตรกรหลายรายมีปัญหาด้านเงินทุน-ความตั้งใจจริงในการจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของเกษตรกรหลายรายต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในการจัดการธาตุไนโตรเจนที่เกษตรกรให้แก่ปาล์มน้ำมันเพื่อวิเคราะห์ Grey Water Footprint ทำให้ทราบข้อมูลการจัดการธาตุอาหารชนิดอื่นเพิ่มด้วย

หนองคาย ปี 2562 เกษตรกร 24 รายในอำเภอโพนพิสัยมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 75 63 75 42 และ 62 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีทั้งน้อยไปและมากไปเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม โบรอน และฟอสฟอรัส เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 58 38 และ 37 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

บึงกาฬ ปี 2562 เกษตรกร 25 รายในอำเภอเซกามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 64 56 52 8 และ 40 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีทั้งน้อยไปและมากไปเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม โบรอนและโพแทสเซียม เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 92 60 และ 48 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

อุดรธานี ปี 2562 เกษตรกร 21 รายในอำเภอบ้านดุงมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 67 38 81 10 และ 57 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีทั้งน้อยไปและมากไปเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม ฟอสฟอรัสและโบรอน เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 90 62 และ 43 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

สกลนคร ปี 2562 เกษตรกร 17 รายในอำเภอบ้านม่วงมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 47 53 53 6 และ 29 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีปริมาณน้อยกว่าความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม โบรอนและไนโตรเจน เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 94 71 และ 53 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณ

กรมวิชาการเกษตร

ธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

เลย ปี 2562 เกษตรกร 24 รายในอำเภอเชียงคาน ท่าลี่และเอราวัณ มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 54 46 58 4 และ 17 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีทั้งน้อยไปและมากไปเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม โบรอนและฟอสฟอรัส เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 96 83 และ 54 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

อุบลราชธานี ปี 2562 เกษตรกร 27 รายในอำเภอนาจะหลวย มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอนเพียงร้อยละ 85 81 85 7 และ 59 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ และปริมาณที่ใส่มีทั้งน้อยไปและมากไปเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะแมกนีเซียม และโบรอน เกษตรกรไม่ใส่ถึงร้อยละ 93 และ 41 ของจำนวนเกษตรกร ตามลำดับ ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้อย เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตในบางรายมีค่าสูงโดยไม่ได้รับประโยชน์จากผลผลิตปาล์มน้ำมัน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารด้วย (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณเนื้อปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโบรอน (กรัมต่อต้นต่อปี) ของเกษตรกรที่ใส่ให้ปาล์มน้ำมัน 4 ช่วงอายุ (1-4 5-8 9-12 และมากกว่า 12 ปี) จำนวน 142 แปลง ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2562

เนื้อปุ๋ยที่เกษตรกรใส่ (กรัม/ต้น/ปี)	จำนวนเกษตรกร (ราย) ในแต่ละช่วงอายุปาล์มน้ำมัน				รวมทุกอายุ
	1-4 ปี	5-8 ปี	9-12 ปี	>12 ปี	
หนองคาย NKI	**0**	**18**	**6**	**0**	**24**
ไนโตรเจน; N	-	235-1720 (6)	75-910	-	0-1720
ฟอสฟอรัส; P	-	45-1160 (8)	75-800 (1)	-	0-1160
โพแทสเซียม; K	-	300-5800 (6)	975-2400	-	0-5800
แมกนีเซียม; Mg	-	135-540 (14)	-	-	0-540
โบรอน; B	-	11-72.6 (6)	7.26-66 (3)	-	0-72.6
บึงกาฬ BKN	**2**	**14**	**8**	**1**	**25**
ไนโตรเจน; N	920 (1)	290-1950 (7)	210-1380	-	0-1950
ฟอสฟอรัส; P	-	0.12-2300 (8)	15-1485	-	0-2300
โพแทสเซียม; K	600 (1)	80-3000 (7)	240-1350 (3)	-	0-3000
แมกนีเซียม; Mg	-	135 (12)	-	-	0-135
โบรอน; B	3.63 (1)	3.63-44 (7)	22-73 (6)	-	0-73
อุดรธานี UDN	**4**	**16**	**1**	**0**	**21**
ไนโตรเจน; N	135-630 (2)	210-1340 (5)	630	-	0-1340
ฟอสฟอรัส; P	105-120 (2)	15-460 (10)	-	-	0-460

กรมวิชาการเกษตร

เนื้อปุ๋ยที่เกษตรกรใส่	จำนวนเกษตรกร (ราย) ในแต่ละช่วงอายุปาล์มน้ำมัน				รวมทุกอายุ
(กรัม/ต้น/ปี)	1-4 ปี	5-8 ปี	9-12 ปี	>12 ปี	
โพแทสเซียม; K	160-3000 (1)	405-3000 (3)	1800	-	0-3000
แมกนีเซียม; Mg	-	135 (14)	-	-	0-135
โบรอน; B	11-36.3 (2)	3.63-181.5 (7)	3.63	-	0-181.5
สกลนคร SNK	**9**	**6**	**2**	**-**	**17**
ไนโตรเจน; N	183-630 (6)	348-600 (3)	0.1-240	-	0-630
ฟอสฟอรัส; P	45-105 (5)	138-460 (3)	0.2-241	-	0-460
โพแทสเซียม; K	45-1200 (5)	360-1200 (3)	378-1200	-	0-1200
แมกนีเซียม; Mg	135 (8)	-	-	-	0-135
โบรอน; B	3.63 (8)	22 (4)	03.63-11	-	0-22
เลย LEI	**2**	**15**	**4**	**3**	**24**
ไนโตรเจน; N	900 (1)	90-3660 (5)	1380 (3)	1260 (2)	0-3660
ฟอสฟอรัส; P	350 (1)	3.13-1500 (5)	-	-	0-1500
โพแทสเซียม; K	1750 (1)	225-4500 (5)	300-1800 (2)	3600 (2)	0-4500
แมกนีเซียม; Mg	-	135 (14)	-	-	0-135
โบรอน; B	11 (1)	11 (13)	-	3.63 (2)	0-11
อุบลราชธานี UBN	**6**	**8**	**12**	**1**	**27**
ไนโตรเจน; N	61-1680	360-735	375-1680 (4)	574	0-1680
ฟอสฟอรัส; P	20-1125	105-690	97-375 (5)	390	0-1125
โพแทสเซียม; K	320-4512	450-2010	750-4512 (4)	1290	0-4512
แมกนีเซียม; Mg	-	-	250 (11)	-	0-250
โบรอน; B	11-80 (3)	0.7-30 (2)	22-100 (6)	7.26	0-100

หมายเหตุ : ตัวเลขใน () หมายถึง จำนวนเกษตรกรที่ไม่ใส่ปุ๋ยชนิดนั้นจากจำนวนเกษตรกรในแต่ละช่วงอายุของปาล์มน้ำมัน

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน มีความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ และส่วนใหญ่เป็นผลจากความไม่เหมาะสมของพื้นที่ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ร่วมกับสมบัติทางเคมีของดินและการจัดการของเกษตรกร ร่วมกับช่วงอายุของปาล์มน้ำมัน โดยช่วงอายุที่ให้ผลผลิตสูงคือ ช่วงอายุ 9-12 ปี รองลงมาคือ ช่วงอายุปาล์มน้ำมัน 5-8 ปี และช่วงอายุมากกว่า 12 ปี ผลผลิตส่วนใหญ่ค่อนข้างลดลง ทั้งนี้สืบเนื่องจากสภาพอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนที่มีปริมาณลดลงตลอดช่วงเวลาที่ดำเนินงานวิจัยร่วมกับการจัดการของเกษตรกร (ตารางที่ 4)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ผลผลิตเฉลี่ยปาล์มน้ำมัน (ตันต่อไร่ต่อปี) 4 ช่วงอายุ (1-4 ปี 5-8 ปี 9-12 ปี และมากกว่า 12 ปี) 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปีงบประมาณ 2560-2563

ช่วงอายุ	ผลผลิตปาล์มน้ำมัน (ตันต่อไร่ต่อปี)			
	ปีที่ 1 (2560)	ปีที่ 2 (2561)	ปีที่ 3 (2562)	ปีที่ 4 (2563)
หนองคาย				
1-4 ปี	2.75±0.08	2.21	-	
5-8 ปี	4.21±2.25	2.82±0.90	2.67	2.44±0.13
9-12 ปี	4.08±1.14	3.58±1.25	2.76±0.73	2.86±1.57
มากกว่า 12 ปี	5.64±0.75	3.58±1.88	3.28±1.67	3.36±1.14
บึงกาฬ				
1-4 ปี	1.87±1.95	0.42		
5-8 ปี	2.10±0.93	3.24±1.17	2.21±1.20	2.04±0.89
9-12 ปี	2.63±0.89	3.27±1.96	2.08±0.91	2.01±0.99
มากกว่า 12 ปี	3.07±1.32	3.13±1.28	1.73	2.58±1.43
อุดรธานี				
1-4 ปี		0.83		
5-8 ปี	1.44±0.83	1.46±1.10	1.49±0.66	0.92±0.21
9-12 ปี		1.41±0.72	2.34±1.54	2.05±1.04
มากกว่า 12 ปี				
สกลนคร				
1-4 ปี	0.59	1.7		
5-8 ปี	1.49±0.59	2.43±1.47	1.95±1.20	1.23±0.66
9-12 ปี	2.31±0.79	2.37±1.61	2.80±0.99	1.06±0.44
มากกว่า 12 ปี				
เลย				
1-4 ปี	0.90			
5-8 ปี	1.87±0.99	2.51±1.22	2.42±1.77	1.42±0.99
9-12 ปี	3.45±2.59	2.76±0.87	1.79±0.58	1.76±0.73
มากกว่า 12 ปี	2.43±0.48	2.06±0.56		
อุบลราชธานี				
1-4 ปี	1.87±1.95	0.42		
5-8 ปี	1.91±1.06	4.24±1.17	1.68±1.15	2.94±2.50
9-12 ปี	3.28±2.04	4.27±1.96	4.91±2.49	5.45±1.30
มากกว่า 12 ปี	3.39±1.16	3.25±1.35	3.18±0.95	3.41±1.50

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ผลวิเคราะห์กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green WF) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue WF) และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey WF) ของการผลิตปาล์มน้ำมันแต่ละช่วงอายุ ตลอดระยะเวลา 4 ปี และเสนอผลรวมของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย (Total WF) พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตลอดช่วงอายุ 25 ปีมีค่า 739-2.187 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 8) ซึ่งมีค่าทั้งต่ำกว่าและสูงกว่ารายงานของ Suttayakul และคณะ (2016) ที่ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันภาคใต้และภาคตะวันออกตลอดช่วงอายุ 25 ปี มีค่า 1,063 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันที่อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย มีค่าใกล้เคียงกับการใช้พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 888 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน และแต่เมื่อเปรียบเทียบกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันทางตอนกลางของเกาะกาลิมันตัน โดย Safitri และคณะ (2018) ที่มีค่า 560-1,140 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยของความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกขึ้นกับสภาพดิน สภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณฝนและการกระจายตัว

ตารางที่ 5 กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) ของการผลิตปาล์มน้ำมัน ปีที่ 1-4 จำแนกตามช่วงอายุ 4 ช่วงอายุ (1-4 5-8 9-12 และมากกว่า 12 ปี) ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2560-2563

ช่วงอายุ	กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน (ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย)				
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	เฉลี่ย 4 ปี
หนองคาย					
1-4 ปี	580.10	721.80			**650.95**
5-8 ปี	378.90	565.70	597.50	653.80	**548.98**
9-12 ปี	391.00	445.61	578.00	557.80	**493.10**
> 12 ปี	282.85	445.61	486.37	474.79	**422.40**
เฉลี่ย	**408.21**	**544.68**	**553.96**	**562.13**	**528.86**
บึงกาฬ					
1-4 ปี	853.10	3,798.29			**2,325.70**
5-8 ปี	759.66	492.37	721.85	782.00	**688.97**
9-12 ปี	606.57	487.85	766.96	793.67	**663.77**
> 12 ปี	519.64	509.68	922.13	618.33	**642.44**
เฉลี่ย	**684.74**	**1,322.05**	**803.65**	**731.33**	**1,080.22**
อุดรธานี					
1-4 ปี		1,846.06			**1,846.06**
5-8 ปี	1,064.05	1,049.47	1,028.34	1,665.46	**1,201.83**
9-12 ปี		1,086.69	654.80	747.43	**829.64**

กรมวิชาการเกษตร

>12 ปี					
เฉลี่ย	1,064.05	1,327.40	841.57	1,206.45	1,292.51
สกลนคร					
1-4 ปี	2,719.96	943.98			1,831.97
5-8 ปี	1,077.03	660.40	822.96	1,304.69	966.27
9-12 ปี	694.71	677.12	573.13	1,513.94	864.72
> 12 ปี					
เฉลี่ย	1,497.23	760.50	698.05	1,409.32	1,220.99
เลย					
1-4 ปี	1,646.36				1,646.36
5-8 ปี	792.37	590.33	612.28	1,043.47	759.61
9-12 ปี	429.48	536.86	827.78	841.89	659.00
>12 ปี	609.76	719.28			664.52
เฉลี่ย	869.49	615.49	720.03	942.68	932.37
อุบลราชธานี					
1-4 ปี	839.12	3,736.10			2,287.61
5-8 ปี	821.55	370.09	934.02	533.73	664.85
9-12 ปี	478.40	367.49	319.58	287.92	363.35
> 12 ปี	462.88	482.82	493.45	460.16	474.83
เฉลี่ย	650.49	1,239.12	582.35	427.27	947.66

ตารางที่ 6 บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) ของการผลิตปาล์มน้ำมัน ปีที่ 1-4 จำแนกตามช่วงอายุ 4 ช่วงอายุ (1-4 5-8 9-12 และมากกว่า 12 ปี) ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2560-2563

กรมวิชาการเกษตร

ช่วงอายุ	บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน (ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย)				
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	เฉลี่ย 4 ปี
หนองคาย					
1-4 ปี	294.30	366.20			330.25
5-8 ปี	192.20	287.00	303.10	331.70	278.50
9-12 ปี	198.40	226.10	293.20	283.00	250.18
> 12 ปี	143.50	226.10	246.80	240.90	214.33
เฉลี่ย	207.10	276.35	281.03	285.20	268.31
บึงกาฬ					
1-4 ปี	432.80	1,927.06			1,179.93
5-8 ปี	385.41	249.80	366.23	396.75	349.55

9-12 ปี	307.74	247.51	389.12	402.67	**336.76**
> 12 ปี	263.64	258.58	467.84	313.71	**325.94**
เฉลี่ย	**347.40**	**670.74**	**407.73**	**371.04**	**548.05**
อุดรธานี					
1-4 ปี		1,278.03			**1,278.03**
5-8 ปี	736.64	726.55	711.92	1,153.01	**832.03**
9-12 ปี		752.32	453.32	517.45	**574.36**
>12 ปี					
เฉลี่ย	**736.64**	**918.97**	**582.62**	**835.23**	**894.81**
สกลนคร					
1-4 ปี	951.76	330.32			**641.04**
5-8 ปี	376.87	231.09	287.97	456.54	**338.12**
9-12 ปี	243.09	236.94	200.55	529.75	**302.58**
> 12 ปี					
เฉลี่ย	**523.91**	**266.11**	**244.26**	**493.14**	**427.25**
เลย					
1-4 ปี	783.27				**783.27**
5-8 ปี	376.97	280.85	291.30	496.44	**361.39**
9-12 ปี	204.33	255.41	393.82	400.53	**313.52**
>12 ปี	290.10	342.20			**316.15**
เฉลี่ย	**413.67**	**292.82**	**342.56**	**448.49**	**443.58**
อุบลราชธานี					
1-4 ปี	615.69	2,741.27			**1,678.48**
5-8 ปี	602.79	271.54	685.32	391.61	**487.82**
9-12 ปี	351.02	269.63	234.49	211.25	**266.60**
> 12 ปี	339.63	354.26	362.05	337.63	**348.39**
เฉลี่ย	**477.28**	**909.18**	**427.29**	**313.50**	**695.32**

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 7 เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) ของการผลิตปาล์มน้ำมัน ปีที่ 1-4 จำแนกตามช่วงอายุ 4 ช่วงอายุ (1-4 5-8 9-12 และมากกว่า 12 ปี) ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2560-2563

ช่วงอายุ	เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน (ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย)				
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	เฉลี่ย 4 ปี
หนองคาย					
1-4 ปี	0.05	0.06			**0.05**
5-8 ปี	0.03	0.05	0.05	0.05	**0.05**
9-12 ปี	0.03	0.04	0.05	0.05	**0.04**
> 12 ปี	0.02	0.04	0.04	0.04	**0.03**
เฉลี่ย	**0.03**	**0.04**	**0.05**	**0.05**	**0.04**
บึงกาฬ					
1-4 ปี	0.09	0.41			**0.25**
5-8 ปี	0.08	0.05	0.08	0.08	**0.07**
9-12 ปี	0.07	0.05	0.08	0.09	**0.07**
> 12 ปี	0.06	0.05	0.10	0.07	**0.07**
เฉลี่ย	**0.07**	**0.14**	**0.09**	**0.08**	**0.12**
อุดรธานี					
1-4 ปี		0.30			**0.30**
5-8 ปี	0.17	0.17	0.17	0.27	**0.19**
9-12 ปี		0.17	0.11	0.12	**0.13**
>12 ปี					
เฉลี่ย	**0.17**	**0.21**	**0.14**	**0.19**	**0.21**
สกลนคร					
1-4 ปี	0.32	0.11			**0.22**
5-8 ปี	0.13	0.08	0.10	0.15	**0.11**
9-12 ปี	0.08	0.08	0.07	0.18	**0.10**
> 12 ปี					
เฉลี่ย	**0.18**	**0.09**	**0.08**	**0.17**	**0.14**
เลย					
1-4 ปี	0.17				**0.17**
5-8 ปี	0.08	0.06	0.06	0.11	**0.08**
9-12 ปี	0.04	0.06	0.09	0.09	**0.07**
>12 ปี	0.06	0.07			**0.07**

กรมวิชาการเกษตร

เฉลี่ย	0.09	0.06	0.07	0.10	0.10
อุบลราชธานี					
1-4 ปี	0.04	0.17			0.11
5-8 ปี	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03
9-12 ปี	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
> 12 ปี	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
เฉลี่ย	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04

อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 4 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 9-12 และ 12 ปีขึ้นไป มีค่า 981 827 743 และ 637 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 25 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย มีค่า 739 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 615 821 835 และ 847 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 9-12 และ 12 ปีขึ้นไป มีค่า 3,506 1,039 1,001 และ 968 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 25 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ มีค่า 1,391 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 1,032 1,993 1,211 และ 1,102 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 และ 9-12 ปี มีค่า 3,124 2,034 และ 1,404 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 3 ช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 12 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี มีค่า 2,187 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 1,801 2,247 1,424 และ 2,042 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 และ 9-12 ปี มีค่า 2,473 1,304 และ 1,167 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 3 ช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 12 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร มีค่า 1,648 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 2,021 1,027 942 และ 1,903 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 9-12 และ 12 ปีขึ้นไป มีค่า 2,430 1,121 973 และ 981 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 25 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอเชียงคาน ท่าลี่ และเอราวัณ จังหวัดเลย มีค่า 1,234 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 1,283 908 1,063 และ 1,391 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

อำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 5-8 9-12 และ 12 ปีขึ้นไป มีค่า 3,966 1,153 630 และ 823 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ และเมื่อนำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละช่วงอายุมาถ่วงน้ำหนัก และเฉลี่ยตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 25 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันของอำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี มีค่า 1,348 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ยทั้ง 4 ช่วงอายุ ปีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 1,128 2,148 1,010 และ 741 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ของการผลิตปาล์มน้ำมัน ปีที่ 1-3 จำแนกตามช่วงอายุ 4 ช่วงอายุ (1-4 5-8 9-12 และมากกว่า 12 ปี) ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2560-2563

ช่วงอายุ	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมัน (ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย)						
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	เฉลี่ย 4 ปี	จำนวนปีในช่วง	แต่ละช่วงอายุ
หนองคาย							
1-4 ปี	874.45	1088.06			981.3	4	3,925.01
5-8 ปี	571.13	852.75	900.65	985.55	827.5	4	3,310.08
9-12 ปี	589.43	671.75	871.25	840.85	743.3	4	2,973.27
> 12 ปี	426.37	671.75	733.21	715.73	636.8	13	8,277.93
เฉลี่ย	615.35	821.07	835.03	847.38	797.21		739.45
บึงกาฬ							
1-4 ปี	1285.99	5725.77			3505.9	4	14023.5
5-8 ปี	1145.15	742.23	1088.15	1178.83	1038.6	4	4154.4
9-12 ปี	914.38	735.42	1156.16	1196.43	1000.6	4	4002.4
> 12 ปี	783.33	768.31	1390.07	932.10	968.5	13	12589.9
เฉลี่ย	1032.21	1992.93	1211.46	1102.45	1628.38		1390.8
อุดรธานี							
1-4 ปี		3124.38			3124.4	4	12497.5
5-8 ปี	1800.86	1776.19	1740.43	2818.74	2034.1	4	8136.2
9-12 ปี		1839.18	1108.22	1264.99	1404.1	4	5616.5
>12 ปี						13	
เฉลี่ย	1800.86	2246.58	1424.32	2041.87	2187.52		2187.5
สกลนคร							

กรมวิชาการเกษตร

1-4 ปี	3672.04	1274.41			2473.2	4	9892.9
5-8 ปี	1454.03	891.56	1111.03	1761.38	1304.5	4	5218.0
9-12 ปี	937.88	914.14	773.75	2043.87	1167.4	4	4669.6
> 12 ปี						13	
เฉลี่ย	2021.31	1026.70	942.39	1902.63	1648.38		1648.4
เลย							
1-4 ปี	2429.80				2429.80	4	9719.2
5-8 ปี	1169.42	871.24	903.64	1540.01	1121.08	4	4484.3
9-12 ปี	633.86	792.33	1221.69	1242.51	972.60	4	3890.4
>12 ปี	899.92	1061.56			980.74	13	12749.7
เฉลี่ย	1283.25	908.38	1062.66	1391.26	1376.05		1233.7
อุบลราชธานี							
1-4 ปี	1454.85	6477.54			3966.20	4	15864.8
5-8 ปี	1424.38	641.64	1619.39	925.36	1152.69	4	4610.8
9-12 ปี	829.44	637.14	554.09	499.19	629.96	4	2519.9
> 12 ปี	802.53	837.10	855.52	797.82	823.24	13	10702.2
เฉลี่ย	1127.80	2148.35	1009.67	740.79	1643.02		1347.9

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด ตลอดอายุการผลิตปาล์มน้ำมัน 25 ปี โดยแบ่งการศึกษาเป็น 4 ช่วงอายุ ตามลักษณะการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน คำนวณปริมาณฝนใช้การ ความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมันและความต้องการใช้น้ำชลประทาน (ค่าการขาดน้ำในแต่ละจังหวัด) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 30 ปี การจัดการธาตุอาหารของเกษตรกร (คำนวณ Grey Water Footprint จากปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เกษตรกรใช้) และสอบถามการให้น้ำแก่ปาล์มน้ำมันของเกษตรกร เพื่อใช้คำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตปาล์มน้ำมันตลอด 25 ปี สรุปได้ดังนี้

9.1 ความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมันภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด ที่ทำการศึกษา จากการคำนวณโดยใช้ค่า Kc เท่ากับ 1.0 (ค่าการใช้น้ำอ้างอิงของปาล์มน้ำมัน) ร่วมกับค่า ETo เฉลี่ยจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 30 ปี มีค่า 1,354-1,700 มิลลิเมตรต่อปี

9.2 ปริมาณฝนใช้การเฉลี่ยจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 30 ปี ของจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานีมีค่า 997, 958, 1,003, 926 และ 981 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ ๖หนองคายและบึงกาฬใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเดียวกัน)

9.3 ความต้องการน้ำชลประทานหรือค่าการขาดน้ำเฉลี่ยของปาล์มน้ำมัน จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 30 ปี ของจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานี มีค่า 1,503, 1,621, 1,354 1,367 และ 1,700 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

9.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 25 ปี อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคายมีค่าต่ำสุด 739 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย แสดงว่ามีประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตปาล์มน้ำมันสูงสุด โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันช่วงอายุมากกว่า 12 ปี (เฉลี่ย 4 ปี) มีค่าต่ำสุด 636.9 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ทั้งนี้ค่าการขาดน้ำเฉลี่ย 30 ปีของจังหวัดหนองคายมีค่า 1,503 มิลลิเมตรต่อปี และในช่วงปาล์มน้ำมันอายุ 1-4 ปี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงสุด 981.3 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย และส่งผลต่อภาพรวมเฉลี่ยตลอด 25 ปี

9.5 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 25 ปี ของจังหวัดเลย อุบลราชธานี บึงกาฬ สกลนคร และอุดรธานี มีค่า 1,233.7 1,347.9 1,390.8 1,648.4 และ 2,187.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลาย ตามลำดับ

9.6 ปัจจัยที่มีผลต่อวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันประกอบด้วย ช่วงอายุปาล์มน้ำมัน โดยปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 1-4 ปี ยังไม่ให้ผลผลิต โดยเฉพาะช่วง 3 ปีแรก การให้ผลผลิตในปีที่ 4 ปริมาณผลผลิตมีค่าไม่มากนัก เนื่องจากเป็นช่วงที่เพิ่งเริ่มให้ผลผลิตระยะแรก ส่งผลให้ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงใช้น้ำที่ไม่มีผลผลิตมาคำนวณ ความเหมาะสมของพื้นที่ทั้งสมบัติของดินและสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนการกระจายตัวของฝน (จำนวนวันฝนตก) และค่าการระเหยน้ำ สำหรับปัจจัยที่สำคัญมากอีกปัจจัยคือ การจัดการสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรตามความต้องการของปาล์มน้ำมัน ทั้งการจัดการน้ำและการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (ผลผลิตสูง วอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะมีค่าต่ำ แต่หากผลผลิตต่ำ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูง)

9.7 การจัดการธาตุอาหารตามความต้องการของปาล์มน้ำมัน โดยใช้การประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการจากผลวิเคราะห์ดินใบ เป็นวิธีที่แม่นยำและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีการปรับความสมดุลของธาตุอาหาร ไม่ให้ขัดแย้งกันเอง (antagonism) ปาล์มน้ำมันสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารในดินได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้เป็นอย่างดี (กรณีค่าขาดน้ำต่ำกว่า 200 มิลลิเมตรต่อปี)

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เกษตรกรสามารถใช้ข้อมูลลักษณะของชุดดินต่างๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงในพื้นที่ รวมถึงผลวิเคราะห์ดินใบสวนปาล์มน้ำมันตลอดระยะเวลา 4 ปี ในภาพรวมของสวนปาล์มน้ำมันของตำบลและอำเภอที่เป็นตัวแทนของ 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ หนองคาย บึงกาฬ อุดรธานี สกลนคร เลย และอุบลราชธานีในการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสมตรงกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน เพื่อเป็นการใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมันจากการจัดการปัจจัยการผลิตแบบเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) ลดต้นทุนการผลิต และเป็นการผลิตอย่างยั่งยืน

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนต่างๆ ในการพัฒนาศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถใช้ข้อมูลค่าความต้องการน้ำชลประทานในการจัดการให้น้ำปาล์มน้ำมันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งช่วยยกระดับของผลผลิตปาล์มน้ำมันได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้การผลิตปาล์มน้ำมันมีความยั่งยืนมากขึ้น เนื่องจากเป็นการผลิตที่มีการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอย่างจำกัดให้ได้ผลผลิตสูงสุด

กรมวิชาการเกษตร

หน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ในการกำหนดนโยบายการผลิตปาล์มน้ำมัน และการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตปาล์มน้ำมัน สามารถนำข้อมูลวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันไปใช้ประโยชน์ในการจัดการระบบการผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดตามศักยภาพของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : การดำเนินงานวิจัยการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีระยะเวลาต่อเนื่อง 4 ปี เพื่อให้ได้ข้อมูลการจัดการสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 4 ช่วงอายุ การใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้เคียงพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันที่ทำการศึกษาแต่ละจังหวัดในการคำนวณค่าต่างๆ ก่อนดำเนินการ 30 ปี และระหว่างดำเนินการตลอด 4 ปี การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน ปริมาณธาตุอาหารในใบ เพื่อประเมินการจัดการธาตุอาหารปาล์มน้ำมันให้แก่เกษตรกรตามความต้องการของปาล์มน้ำมัน ช่วยให้เกษตรกรที่สนใจสามารถเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน และลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก ดินมีสมบัติที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นในการผลิตปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตปาล์มน้ำมันได้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ต้องอาศัยความช่วยเหลือ ความร่วมมือ แรงกายและแรงใจของผู้ปฏิบัติงานจำนวนมาก ทั้งนักวิชาการเกษตร นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องทดลอง คนงานทดลองเกษตร ทั้งข้าราชการ พนักงานราชการและพนักงานจ้างเหมา รวมถึงบุคลากรฝ่ายสนับสนุนต่าง ๆ ในฝ่ายบริหาร และเกษตรกรเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่กล่าวมาเป็นอย่างมากที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้กระทั่งสำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณคุณพุฒนา รุ่งระวี คุณประกายธรรม สุขสถิตละ ผชช.สมชาย บุญประดับ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตปาล์มน้ำมันและเห็นความสำคัญและประโยชน์ของงานวิจัยนี้

12. เอกสารอ้างอิง

ลักขณา เจริญสุขม รัตชยุดา กองบุญ และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2555. การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 1 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทคบางนา. 17-18 ตุลาคม 2555. หน้า 1-11.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน. [Internet document]. 29 กุมภาพันธ์ 2562. URLhttp://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/oilpalm%2061.pdf

Babel M.S., B. Shrestha and S.R. Perret. 2011. Hydrological impact of biofuel production: A case study of the Khlong Phlo Watershed in Thailand, *Agricultural Water Management* 101: 8-26.

Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya and M.M. Mekonnen. 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Water footprint Network, The Netherlands.

กรมวิชาการเกษตร

Jarernsook L., R. Gongboon and S. Sumpattakul. 2012. Water footprint analysis of oil palm for biodiesel production in Thailand, *The 1st National Conference on Sustainable Industrial Innovation and Management*. Available online: http://dpru.pnru1.com/doc/dprudoc00000100.pdf [assessed 18 July 2013] [in Thai].

Mekonnen M.M. and A.Y. Hoekstra. 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop product. Value of Water Research Report Series No. 47, The Netherlands: UNESCO-IHE, Delft.

Safitri, L., H. Hermantoro, S. Purboseno, V. Kautsar, S.K. Saptomo and A. Kurniawan. 2018. Water Footprint and Crop Water Usage of Oil Palm (*Elaeis guineensis*) in Central Kalimantan: Environmental Sustainability Indicators for Different Crop Age and Soil Conditions. Water 2019 11, 35: 1-16.

Suttayakul, P., A. H-Kittikun, C. Suksaroj, J. Mungkalasiri, R. Wisansuwannakorn and C. Musikavong. 2016. Water footprints of products of oil palm plantations and palm oil mills in Thailand. Sci. Total Environ. 542: 521-529.

Thailand's Royal Irrigation Department (RID). 2010.*The assessment of crop water requirements for cultivation*. Available online: http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/ estimate_ET.pdf [assessed 15 July 2013] [in Thai].

กรมวิชาการเกษตร