



รายงานโครงการวิจัย

พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

โดยใช้เทคนิค image processing

Development a Model of Oil Palm Leaf Nutrient Estimation
using Image Analysis

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สุชาดา โภชาดอม

Suchada Pochadom

ปี พ.ศ. 2564



รายงานโครงการวิจัย

พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

โดยใช้เทคนิค image processing

Development a Model of Oil Palm Leaf Nutrient Estimation
using Image Analysis

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สุชาดา โภชาดอม

Suchada Pochadom

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

โครงการวิจัยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing อยู่ภายใต้แผนงานวิจัยย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน แผนงานวิจัยและพัฒนา ระบบสารสนเทศสู่เกษตรกรดิจิทัล ของกรมวิชาการเกษตร คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันรวดเร็วขึ้น

รายงานฉบับนี้ เป็นการรายงานผลการดำเนินงานภายใต้โครงการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ 1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing และ 2. การพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ ที่ได้ศึกษาและพัฒนาต่อยอดโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2565

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	6
1. กิจกรรมงานวิจัย: ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหาร ของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing	8
2. กิจกรรมงานวิจัย: พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน	44
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณเกษตรกรทุกท่านที่อนุเคราะห์ให้คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างใบ เพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อภิชน ไวทย์ยางกูร และนางสาวกุลนรี กริதியุตตานนท์ ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำการวิเคราะห์ภาพถ่ายและพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 (สวพ.7) กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและบุคลากรอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ตลอดจนคณะผู้บริหาร คณะผู้เชี่ยวชาญ นักวิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินโครงการสำเร็จไปได้ด้วยดี และสุดท้ายขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาและติดตามงานวิจัยทุกคณะของกรมวิชาการเกษตร ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|---|
| 1. นางสาวสุชาดา โภชาตม | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ | สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 2. นายสมัญชัย ขวัญแก้ว | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ | สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 3. นางสาวสุธีรา ถาวรรัตน์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ | สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 4. นางจินตนาพร โคตรสมบัติ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ | สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 5. นางจิตติลักษณ์ เหมะ | นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ | สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 6. นายสมคิด ดำน้อย | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 |
| 7. นายอุดมพร เสือมาก | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 |
| 8. นายสุรภิตติ ศรีกุล | นักวิชาการเกษตรทรงคุณวุฒิ | สำนักผู้เชี่ยวชาญ |

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทั้งด้านอาหารและพลังงาน มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศ โดยเฉพาะในเขตภาคใต้ตอนบน มีพื้นที่ปลูกประมาณ 4.7 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศ และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จากแนวโน้มการบริโภคปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับนโยบายของรัฐที่กำหนดให้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชพลังงานทดแทน และพัฒนาปาล์มสู่อุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล ส่งผลให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการทำสวนปาล์มน้ำมัน พบว่า ต้นทุนการผลิตมากกว่าร้อยละ 50 มาจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโบรอน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันใช้ปริมาณมากในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ทุกครั้งที่มีการนำผลผลิตปาล์มน้ำมันออกจากสวน ทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต โดยผลผลิตปาล์มน้ำมันทะเลายสด 1,000 กิโลกรัม จะมีธาตุไนโตรเจน 2.94 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.44 กิโลกรัม โพแทสเซียม 3.71 กิโลกรัม แมกนีเซียม 0.77 กิโลกรัม และแคลเซียม 0.81 กิโลกรัม (ธีระ, 2554) หากไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับปาล์มน้ำมันในปริมาณที่เพียงพอ อาจส่งผลถึงการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตได้จากสถิติการวิเคราะห์ตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันของห้องปฏิบัติการ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 พบว่า ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในเขตภาคใต้ตอนบนส่วนใหญ่มีปริมาณอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง (ทางใบที่ 17) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งธาตุอาหารทั้งสองชนิดมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ดังนั้นการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันจึงมีความสำคัญที่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ให้เพียงพอกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน จึงจะทำให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตรแนะนำการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการศึกษา วิจัย และมีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในวงการผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับมาตรฐาน RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) ที่สนับสนุนให้มีการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประกอบกับเจ้าของสวนปาล์มน้ำมัน ต้องมีการจัดบันทึกอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ปุ๋ยและข้อมูลผลผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีความแม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากข้อจำกัดข้างต้นจึงควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ เพื่อให้เกษตรกรได้เข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน รวมถึงคำแนะนำการใช้ปุ๋ย ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ภาพ (Image processing) เป็นเทคนิคที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงสำหรับการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น การจัดการข้อมูลสำหรับการเก็บและส่งภาพ และการวิเคราะห์รูปภาพอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งเทคนิคนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การจำแนกบุคคลโดยการจดจำใบหน้า การตรวจจับความเร็วของรถ การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้งานได้ง่าย และเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานไม่สูงมากนัก จึงมีการนำเทคนิค Image processing มาประยุกต์ใช้ในการจัดการการผลิตพืช เช่น การตรวจวัดการเกิดโรคในพืช และการระบาดของแมลง การประเมินการขาดธาตุอาหาร การประเมินคุณภาพของดิน เป็นต้น (Gonzalez & Woods, 2002) จากการศึกษาของ (Mercado-Luna *et al.*, 2002) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในต้นกล้ามะเขือเทศมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Image processing มากกว่าการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วย SPAD-502 chlorophyll meter และเทคนิคนี้ยังช่วยให้ทราบช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบทันเวลา (real time) ซึ่งช่วยให้การจัดการในการปลูกข้าวสาลีมีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการใช้ตารางการปลูกพืชแบบเดิมที่มีการจัดการแบบกำหนดอายุพืช (Kakran & Mahajan, 2012) นอกจากนี้ การประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกข้าว โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยการวัด SPAD meter และการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl Method ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนมีความสอดคล้องกับสีที่ปรากฏบนภาพ (Tewari *et al.*, 2013) และการศึกษาของ (Miyatra & Solanki, 2014) ยังแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาอัลกอริทึมในขั้นตอนการแยกข้อมูลภาพ (Image segmentation) ของเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสามารถตรวจวัดโรคใบจุดและตรวจวัดอาการขาดธาตุไนโตรเจนได้

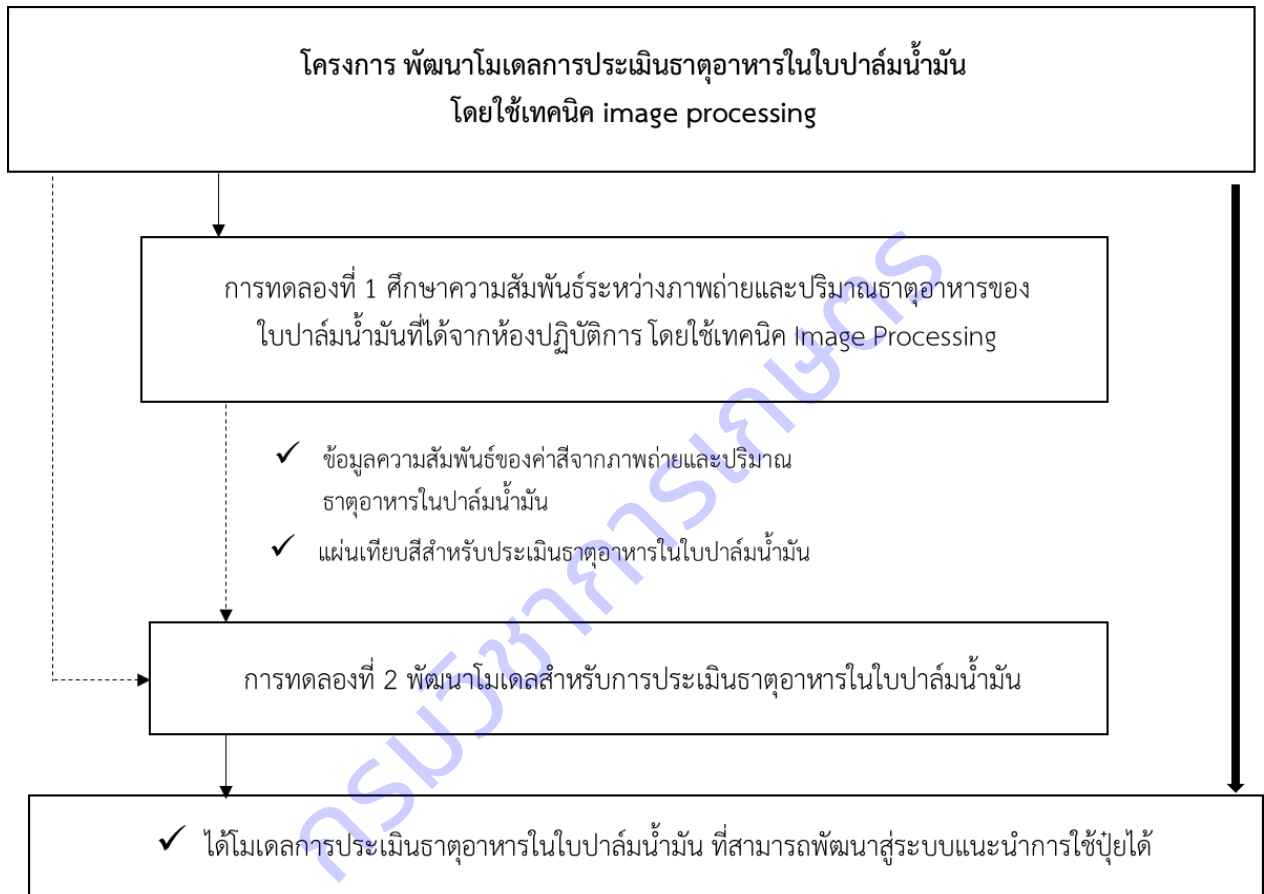
ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ เทคโนโลยีทางการวิเคราะห์ภาพ (Image processing) ทำการศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและค่าสี กับปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และพัฒนาโมเดลประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ได้โมเดลการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน ที่สามารถพัฒนาต่อสู่ระบบประเมินธาตุอาหารและระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมัน
- 2) เพื่อพัฒนาโมเดลประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

3. วิธีการวิจัย

โครงการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing ดำเนินการระหว่างปี 2560-2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing และการทดลองที่ 2 พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นการทดลองที่ต่อเนื่องกัน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

วิธีการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีที่แม่นยำและน่าเชื่อถือที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีกระบวนการวิเคราะห์หลายขั้นตอนและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงทำการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว โดยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหาร จำนวน 2 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมาก ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่ช่วงอายุ 7-12 ปี โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาจำนวน 900 ตัวอย่าง ดำเนินการระหว่างปี 2562- 2564 จากการทำนิตงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยนำภาพถ่ายแปลงผลค่าสีในระบบ Lab, RGB และ HSV และนำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) พบว่า ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ และความความสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียมกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้นการใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ จึงได้นำวิธี K-mean clustering มาพัฒนาหาความสัมพันธ์โดยการจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร พบว่า กลุ่มสีที่มีความเหมาะสมสำหรับประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนจำนวน 5 กลุ่มสี และโพแทสเซียม 30 กลุ่มสี และพัฒนาเป็นแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมเบื้องต้น โดยผลลัพธ์ของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 3 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 80 และ 82.5 ตามลำดับ ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 2 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 4 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 77.5 และ 80 ตามลำดับ สำหรับการพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ดำเนินการทดสอบโมเดล จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs เหมือนกัน พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ต่ำที่สุด หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป

Abstract

Oil palm leaf analysis is precision and reliable method of assess the nutrient status of oil palm. However, this method is limit with complicate process and high cost. Development a Model of Oil Palm Leaf Nutrient Estimation was created to reduce limit of method. The model was developed to assess Nitrogen (N) and Potassium (P) nutrient status, which were a macronutrients of oil palm. The study of relation between image and nutrient status of oil palm on laboratory, the images was interpreted in Lab, RGB and HSV color value to relate between image color value and N and P nutrient status with multiple regression analysis. A total of 900 samples from Suratthani 2 hybrid oil palm with 7-12 years was test in experiment during 2019-2021. The relation between N nutrient and color value with result, r^2 was 0.038, 0.045 and 0.039 with Lab, RGB and HSV color value. The relation between P nutrient and color value with result, r^2 was 0.024, 0.037 and 0.029 with Lab, RGB and HSV color value. The result was found that relationship between nutrient (N and P) and color value was not related. However, Using the color value could not access the nutrient status of oil palm leaf, K-means clustering was taken to solve this problem. K-means clustering was an unsupervised learning algorithm, which groups the unlabeled dataset into different clusters. The result with K-means clustering, color value of N assessing was 5 groups and color value of P assessing was 30 groups that lead to produce the leaf color chart of N and P for 17th and 33rd frond to primary assess the nutrient status of oil palm. The chart of N for 17th was test, the chart could separate 4 groups of nutrient status 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 3 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 1 color values. The chart of N for 33rd was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17th and 33rd frond was 80 and 82.5%. The leaf color chart of P for 17th was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 2 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 4 color values and 4. High was 1 color values. The leaf color chart of N for 33rd was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17th and 33rd frond was 77.5 and 80%. The N and P Prediction Model, which produce 3 models as follow: 1. AlexNet V2, 2. ResNext and 3. MobileNet V3. A total of three models was tested and evaluated by comparing Loss value with 150 Epochs on the training dataset with 17th frond. Loss value was decreased nearly zero every model and MobileNet V3 was the lowest loss value, which could apply to develop model of assessing the nutrient status of oil palm.

กิจกรรมที่ 1

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมัน
ที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing
Study of the Relation Between Images and Nutrient Content of 17th
Oil Palm Leaves by Image Processing Technique

คณะผู้วิจัย

สุชาดา โภชาดอม¹ สญชัย ขวัญเกื้อ¹ สุธีรา ถาวรรัตน์¹ จินตนาพร โคตรสมบัติ¹

จิตติลักษณ์ เหมะ¹ สมคิด ดำน้อย² อุดมพร เสือมาก³ สุรกิตติ ศรีกุล⁴

Suchada Pochadom¹ Sonchai Kwankua¹ Suthira Thawonrat¹ Chintanaporn Kotsombat¹

Jittilux Hama¹ Somkid Damnoi² Udomphon Suamag³ Surakitti Srikul⁴

คำสำคัญ

ปาล์มน้ำมัน, ธาตุอาหารพืช, การประมวลผลภาพ

Keywords

Oil palm, Plant nutrient, Image processing

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ.เชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร

Chiangrai Highland Agricultural Research and development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region1., DOA

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

Chumphon Agricultural Research and Development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

⁴ สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร

Office of Senior Expert., DOA

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่าย และปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ดำเนินการระหว่างปี 2560- 2564 ดำเนินการในกลุ่มตัวอย่างปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่ช่วงอายุ 7-12 ปี โดยเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 จำนวนอย่างละ 450 ตัวอย่าง พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหาร จำนวน 2 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมาก การดำเนินงานศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยนำภาพถ่ายแปลงผลค่าสีในระบบ Lab, RGB และ HSV และนำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) พบว่า ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ และความความสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียมกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้นการใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ จึงได้นำวิธี K-mean clustering มาพัฒนาหาความสัมพันธ์โดยการจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร พบว่า กลุ่มสีที่มีความเหมาะสมสำหรับประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนจำนวน 5 กลุ่มสี และโพแทสเซียม 30 กลุ่มสี และพัฒนาเป็นแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม โดยผลลัพธ์ของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 3 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 80 และ 82.5 ตามลำดับ ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 2 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 4 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 77.5 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันเบื้องต้นได้

Abstract

Study of relation between image and the nutrient status of oil palm with Image Processing on laboratory. The objective of this study was developing the model of oil palm leaf Nutrient estimation from data of this study. A total of 900 samples from Suratthani 2 hybrid oil palm with 7-12 years was test in experiment during 2019-2021. A total of 900 samples consisted of 17th frond with 450 samples and 33rd frond with 450 samples. The model was developed to assess Nitrogen (N) and Potassium (P) nutrient status, which were a macronutrients of oil palm. The study of relation between image and nutrient status of oil palm on laboratory, the images was interpreted in Lab, RGB and HSV color value to relate between image color value and N and P nutrient status with multiple regression analysis. The relation between N nutrient and color value with result, r^2 was 0.038, 0.045 and 0.039 with Lab, RGB and HSV color value. The relation between P nutrient and color value with result, r^2 was 0.024, 0.037 and 0.029 with Lab, RGB and HSV color value. The result was found that relationship between nutrient (N and P) and color value was not related. However, using the color value could not access the nutrient status of oil palm leaf, K-means clustering was taken to solve this problem. K-means clustering was an unsupervised learning algorithm, which groups the unlabeled dataset into different clusters. The result with K-means clustering, color value of N assessing was 5 groups and color value of P assessing was 30 groups that lead to produce the leaf color chart of N and P for 17th and 33rd frond to primary assess the nutrient status of oil palm. The chart of N for 17th was test, the chart could separate 4 groups of nutrient status 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 3 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 1 color values. The chart of N for 33rd was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17th and 33rd frond was 80 and 82.5%. The leaf color chart of P for 17th was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 2 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 4 color values and 4. High was 1 color values. The leaf color chart of N for 33rd was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17th and 33rd frond was 77.5 and 80%. This study could apply to primary assess oil palm leaf Nutrient with image data.

บทนำ

ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในเขตภาคใต้ตอนบนส่วนใหญ่ พบว่ามีปริมาณอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง (ทางใบที่ 17) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม อาการขาดธาตุไนโตรเจนมีผลกระทบต่อการพัฒนาและการทำงานของคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำให้การสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันลดลง ต้นปาล์มน้ำมันจะชะงักการเจริญเติบโต ใบปาล์มน้ำมันจะมีสีเขียวซีดจนเป็นสีเหลือง (chlorosis) ถ้าขาดปริมาณมากปลายใบย่อยจะมีอาการไหม้ (necrosis) โดยเริ่มแสดงอาการขาดจากใบล่างก่อน หากได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้มีการเจริญเติบโตทางใบและลำต้นมากเกินไป ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันมีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงเข้าทำลาย ทำให้ผลผลิตลดลง และยังชักนำให้เกิดการขาดธาตุโบรอน (B) สำหรับอาการขาดธาตุโพแทสเซียม อาการที่บ่งบอกได้ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ทะลายฝ่อ และแสดงอาการทางใบ เช่น อาการจุดแผลสีส้ม (confluent orange spotting) อาการตุ่มแผลสีส้ม (orange blotch) อาการใบเหลืองกลางทรงพุ่ม (diffuse yellowing) และอาการแถบสีขาว (white stripe) ซึ่งอาการที่พบมากที่สุดคือ อาการจุดแผลสีส้ม (confluent orange spotting) โดยเริ่มจากใบสีเหลืองซีด มีจุดรูปร่างไม่แน่นอนตามใบย่อยของทางใบล่าง ถ้าอาการรุนแรงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีส้มและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จากนั้นปลายทางใบจะเริ่มแห้ง เปราะหักง่าย (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

การประมวลผลภาพ (Image processing) เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่างและกำลังเป็นที่นิยมที่มีศักยภาพในการวิเคราะห์ลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงสถานะของสุขภาพพืชได้ การพัฒนาเทคนิคนี้เป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ การวิเคราะห์ภาพถ่าย (RGB image) ของใบพืชสามารถประเมินระดับของธาตุอาหาร ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ โรคพืช และการแก่ของใบพืชได้ (Gupta *et al.*, 2013) งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ของภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

การทบทวนวรรณกรรม

1. การประมวลผลภาพ (Image processing)

การประมวลผลภาพ หรือ Image processing หมายถึง กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น การจัดการข้อมูลภาพสำหรับการเก็บและการส่งภาพ การวิเคราะห์รูปภาพอัตโนมัติ เป็นต้น เทคนิคนี้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกประมาณปี ค.ศ. 1920 (Gonzalez and Wood, 2002) และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนในปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น การจำแนกบุคคลโดยการจดจำใบหน้า การตรวจจับความเร็วของรถ การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร

การนำเทคนิค Image processing มาประยุกต์ใช้ทางการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้งานได้ง่าย และเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานไม่สูงมากนัก จึงมีการนำเทคนิค Image processing มาประยุกต์ใช้ในการจัดการการผลิตพืช เช่น การตรวจวัดการเกิดโรคในพืชและการระบาดของแมลง การประเมินการขาดธาตุอาหาร การประเมินคุณภาพของดิน เป็นต้น

Mercado-Luna *et al.* (2010) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนในต้นกล้ามะเขือเทศที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl Method มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Image processing มากกว่าการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วย SPAD-502 chlorophyll meter ซึ่งการประเมินปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Image processing มีความแม่นยำและรวดเร็วที่จะตรวจวัดการขาดธาตุไนโตรเจนในมะเขือเทศระยะต้นกล้าได้

Mahajan (2012) รายงานว่า การใช้เทคนิค Image processing ช่วยให้ทราบช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบทันเวลา (real time) ซึ่งช่วยให้การจัดการในการปลูกข้าวสาลีมีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการใช้ตารางการปลูกพืชแบบเดิมที่มีการจัดการแบบกำหนดอายุพืช

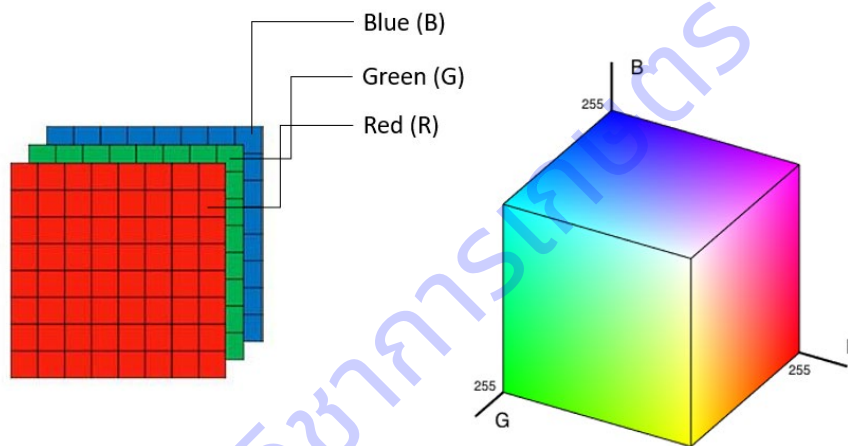
Tewari *et al.* (2013) ศึกษาการประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนในข้าว โดยใช้เทคนิค Image processing เปรียบเทียบกับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วย SPAD meter และการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl Method ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนมีความสอดคล้องกับสีที่ปรากฏบนภาพ โดยมีค่า $r^2 = 0.948$

Miyatra and Solanki (2014) ศึกษาและพัฒนา algorithm ในขั้นตอน image segmentation ของเทคนิค Image processing สำหรับตรวจวัดโรคใบจุดในฝ้ายและตรวจวัดอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) ซัลเฟอร์ (S) แคลเซียม (Ca) และโบรอน (B) พบว่า algorithm ที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงในการตรวจวัดโรคใบจุดและอาการขาดธาตุดังกล่าว

2. มาตรฐานของระบบสี (Color space)

มาตรฐานของระบบสี (Color space) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบ เช่น RGB HSV HSL และ Lab โดยการเลือกใช้ระบบสีจะขึ้นอยู่กับการใช้งาน ทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน

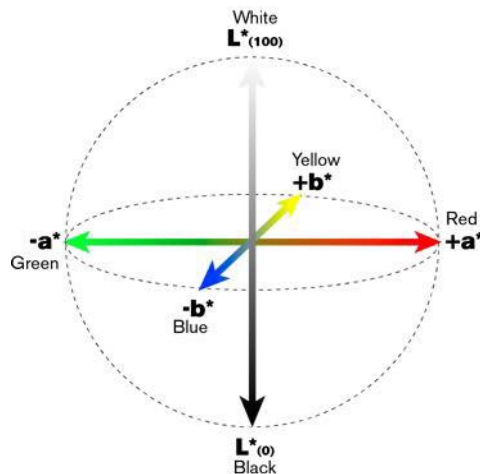
2.1 ระบบสี RGB จะเป็นระบบสีที่มีแม่สีเหมือนกับสีที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยเป็นระบบที่แสดงตามหลักการแสดงสีของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ละสีจะมีค่าความสว่าง 256 ค่า ตั้งแต่ 0-255 (ข้อมูล 8 บิต) เมื่อมีการใช้สัดส่วนของ 3 สีนี้ต่างกัน จะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้อีกมากมายถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ โดยสีที่ได้จากการผสมสีจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของสี ถ้าหากสีมีความเข้มมากเมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว เรียกระบบสีนี้ว่า Additive (Aguirre-Pablo et al., 2017; Srimani & Nithiyandhan, 2016)



ภาพที่ 2 ระบบสี RGB (Aguirre-Pablo et al, 2017)

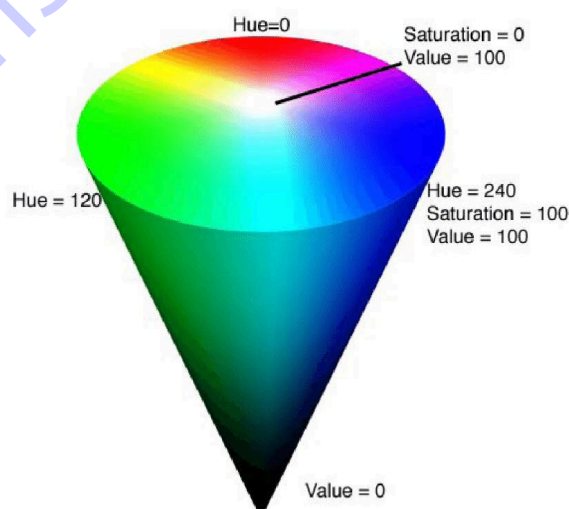
2.2 ระบบสี Lab เป็นระบบที่นิยมใช้ในเครื่องวัดสี (Colorimeter) เป็นค่าสีที่ถูกกำหนดขึ้นโดย CIE (Commission Internationale d' Eclairage) เพื่อให้เป็นสีมาตรฐานกลางของการวัดสีทุกรูปแบบ ครอบคลุมทุกสีใน RGB และ CMYK สามารถใช้กับสีที่เกิดจากอุปกรณ์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ สแกนเนอร์ และอื่นๆ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ค่าสีดังต่อไปนี้ (Afonso et al., 2017; Ly et al., 2020)

- L หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะกลายเป็นสีขาว
- a เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง
- b เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปสีเหลือง โดย a และ b มีค่าตั้งแต่ -128 ถึง 128



ภาพที่ 3 ระบบสี Lab (Afonso, 2017)

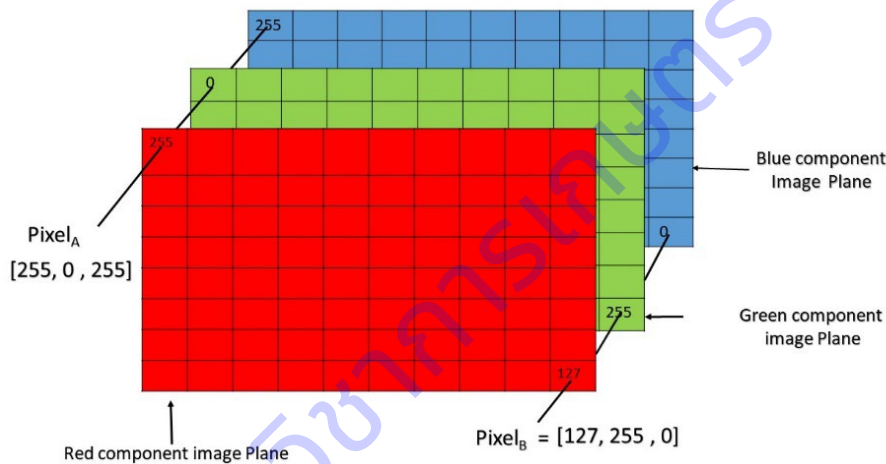
2.3 ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและน้ำเงิน) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ Saturation คือความบริสุทธิ์ของสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 จะได้สีขาวล้วน แต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 100 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Value คือ ความสว่างของสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกัน โดยระบบสี HSV จะนิยมใช้ในงาน image processing เพื่อให้ได้ค่าสีที่แม่นยำขึ้น เพราะค่าสีและค่าความสว่างถูก แยกออกจากกัน นอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้ในงานที่เกี่ยวกับการตรวจสอบจุดที่เป็นโรคบนใบพืชอีกด้วย (Cardani, 2001; Srimani & Nithiyanandhan, 2016)



ภาพที่ 4 ระบบสี HSV (Cardani, 2001)

3. ภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลจะประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบที่เรียกว่า pixel (พิกเซล) เรียงตัวกันทำให้เรามองเห็นเป็นภาพ โดยแต่ละพิกเซลจะบรรจุข้อมูลสีไว้ หากเราสนใจกลุ่มสี RGB ข้อมูลสีที่บรรจุอยู่ใน pixel ก็จะเป็นข้อมูลของสี Red (R) Green (G) และ Blue (B) ค่าของแต่ละสีคือตัวเลขที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 ค่าน้อยหมายถึงค่าของสีนั้นน้อย ในทางตรงข้ามหากมีค่ามากก็แสดงว่ามีสีนั้นอยู่มาก หรือกล่าวได้ว่าค่าของสีแต่ละสีและจำนวน pixel จะมีอิทธิพลต่อการมองเห็นภาพนั้นนั่นเอง เช่น Pixel หนึ่งมีค่าสีเป็น 10 50 200 ก็จะได้ความได้ว่า pixel นั้นมีค่าของสี Red อยู่ 10 ค่าของสี Green อยู่ 50 และ Blue อยู่ 200 หากจำนวน Pixel ที่มีข้อมูลแบบนี้เป็นประชากรส่วนใหญ่ของภาพนั้น แสดงว่าอิทธิพลของสีน้ำเงินมีมากกว่าสีอื่น เป็นต้น ซึ่งแต่ละภาพจะมีจำนวน Pixel ไม่เท่ากัน ขึ้นกับ resolution หรือความละเอียดของจุดภาพ เช่น ภาพที่มีความละเอียด 640 x 480 หมายถึงภาพที่มีความยาว 640 pixels และกว้าง 480 pixels ดังนั้นจำนวน pixels ทั้งหมดคือ 307200 พิกเซล

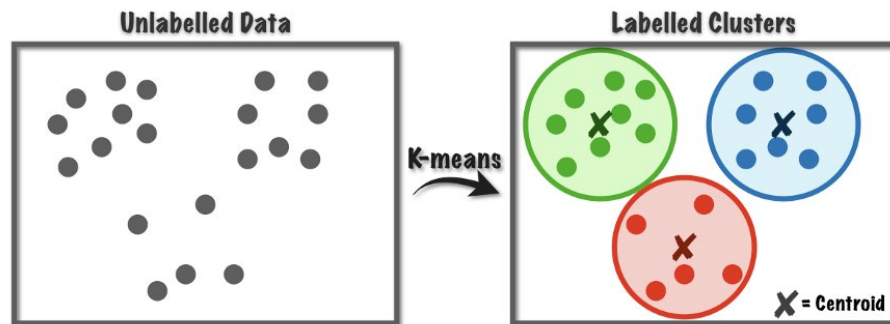


ภาพที่ 5 องค์ประกอบของภาพดิจิทัลระบบสี RGB

4. เทคนิค K-Mean Clustering

การจัดกลุ่มค่าสีโดยใช้เทคนิค K-Mean Clustering ซึ่ง K-means เป็นหนึ่งในอัลกอริทึม (Algorithm) การเรียนรู้ไร้ผู้ฝึกสอน เพราะเป็นการแก้ปัญหาการจัดกลุ่มที่รู้จักกันทั่วไป โดยอัลกอริทึม K-Means จะตัดแบ่ง (Partition) วัตถุหรือภาพออกเป็น K กลุ่ม โดยแทนแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งใช้เป็นจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน (Ruksiamza, 2020) ในขั้นแรกของการจัดกลุ่ม โดยการหาค่าเฉลี่ยแบบเคย์ต้องกำหนดจำนวนกลุ่ม (K) ที่ต้องการ และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุด สิ่งสำคัญในการกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่มนี้ ควรจะถูกกำหนดด้วยวิธีที่เหมาะสม เพราะตำแหน่งจุดศูนย์กลางเริ่มต้นที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายแตกต่างกัน ดังนั้นในทางที่ดีควรกำหนดจุดศูนย์กลางนี้ให้ห่างจากจุดศูนย์กลางอื่นๆ ขั้นตอนต่อไปคือสร้างกลุ่มข้อมูลและความสัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางที่ใกล้มากที่สุด โดยแต่ละจุดจะถูกกำหนดไปยังจุดศูนย์กลางที่ใกล้เคียงที่สุดจนครบทุกจุด และคำนวณจุดศูนย์กลางใหม่ โดยการหาค่าเฉลี่ยทุกวัตถุที่อยู่ในกลุ่ม หากจุดศูนย์กลางในแต่ละกลุ่มถูกเปลี่ยนตำแหน่ง จะได้จุดที่มีความสัมพันธ์กับ

กลุ่มใหม่และใกล้กับจุดศูนย์กลางใหม่ ทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จะสังเกตเห็นว่าผลลัพธ์จากการทำซ้ำแบบนี้ทำให้จุดศูนย์กลางเปลี่ยนตำแหน่งทีละรอบ จนกระทั่งจุดศูนย์กลางจำนวน K จุด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงจะสิ้นสุดกระบวนการ (Dubey *et al.*, 2013; Jumb *et al.*, 2014)



ภาพที่ 7 การจัดกลุ่มด้วย K-Means Clustering (Ruksiamza, 2020)

ครมวิชาการศึกษา

ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing ดำเนินการศึกษาตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 อายุระหว่าง 7-12 ปี สถานที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดชุมพร และจังหวัดกระบี่ ระยะเวลาในการดำเนินการระหว่างปี 2560-2564 โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน

ดำเนินการเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันในช่วงเวลาก่อนการใส่ปุ๋ยประมาณ 3 เดือน โดยเก็บตัวอย่างใบของทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 โดยสังเกตอาการใบที่แสดงอาการขาด เหมาะสม และได้รับธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากเกินไป จำนวนอย่างละ 450 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ภาพถ่ายและค่าวิเคราะห์ครอบคลุมทุกระดับของการได้รับธาตุอาหาร เพื่อจัดทำดัชนีธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างใบ ดังนี้

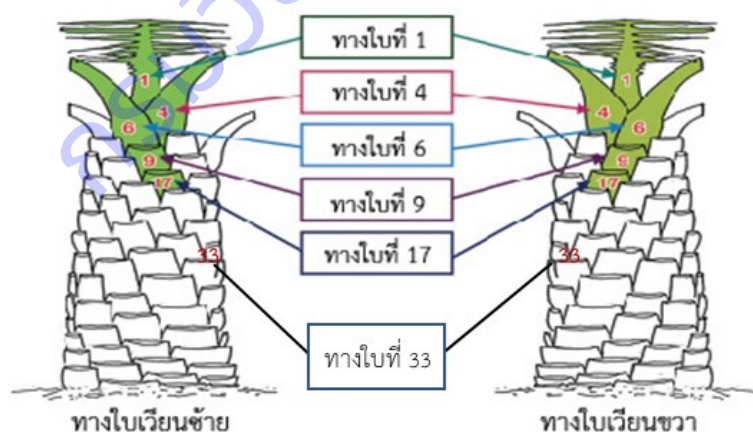
1.1 นับทางใบปาล์มน้ำมันตำแหน่งทางใบที่ 17 และ 33 ให้นับจากใบแรกที่เปิดเต็มที่แล้วบริเวณยอดให้เป็นทางใบที่ 1 แล้วนับลงมา 2 รอบ (รอบใบของปาล์มน้ำมัน คือ 8 ทางใบ/รอบ) จะได้ทางใบที่ 17 และนับต่อลงมาอีก 2 รอบ จะได้ทางใบที่ 33 (ภาพที่ 8)

1.2 ตัดทางใบในแนวเดียวกับทางใบที่ 1

1.3 ตัดใบย่อยบริเวณกลางทางใบ จำนวน 3-6 ใบย่อยของแต่ละด้าน และนำใบย่อยที่ได้มาตัดปลายทั้ง

2 ข้างออกให้เหลือตรงกลางใบย่อย 30 เซนติเมตร

1.4 เช็ดทำความสะอาดใบปาล์มน้ำมันด้วยผ้าสะอาด เก็บใส่ถุงพลาสติกและบันทึกข้อมูลตัวอย่าง



ภาพที่ 8 การนับตำแหน่งทางใบปาล์มน้ำมัน (Chantariyom, 2019)

2. การถ่ายภาพใบปาล์มน้ำมัน

ถ่ายภาพใบปาล์มน้ำมันที่เตรียมได้จากข้อ 1 โดยใช้เครื่องสแกนภาพ Epson Perfection V600 Photo Scanner มีความละเอียดของออฟติคสูงสุดในเครื่องระดับเดียวกันขนาด 6400 จุดต่อนิ้ว และ Optical Density ขนาด 3.4 DMax เครื่องจึงสามารถเก็บรายละเอียดทุกจุดบนแผ่นฟิล์มและภาพถ่ายได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เครื่องสแกนภาพนี้ถูกนำมาใช้ในการถ่ายภาพใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งสามารถสแกนใบปาล์มน้ำมันที่ให้ความละเอียดของภาพเทียบเท่ากับกล้องถ่ายรูป ลดปัญหาเรื่องการไม่สม่ำเสมอของแสงขณะถ่ายภาพ และถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล

3. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

นำใบปาล์มน้ำมันที่ถ่ายภาพและวัดความชื้นแล้ว มาวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีวิธีในการเตรียมตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 การเตรียมตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน

- นำใบปาล์มน้ำมันที่ถ่ายภาพและวัดความชื้นแล้ว เอาก้านใบย่อยและขอบใบออก
- นำส่วนที่เป็นแผ่นใบมาตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 เซนติเมตรและนำไปอบที่อุณหภูมิ 65-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างที่อบแล้วมาบดให้ละเอียด คลุกเคล้าให้เข้ากัน และเก็บใส่ถุงเพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

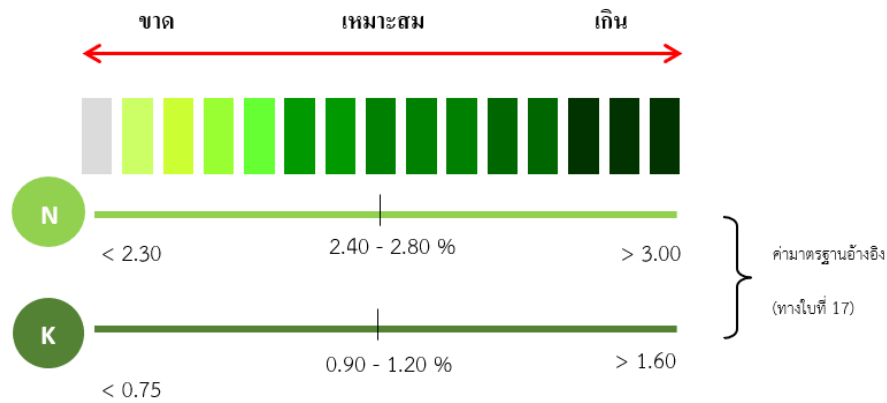
3.2 การวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมัน

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบปาล์มน้ำมันโดยใช้วิธี Kjeldahl (Kjeldahl, 1883) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การย่อยตัวอย่าง (digestion) ด้วยกรดผสม $\text{Conc. H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Se}$
- 2) การกลั่น (distillation) โดยนำสารละลายที่ย่อยได้มากลั่นกับด่างได้แอมโมเนีย ซึ่งจะถูกจับด้วยกรดบอริกในรูปแอมโมเนียมบอเนต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$)
- 3) การไทเทรต (titration) โดยนำสารละลายซึ่งอยู่ในรูปแอมโมเนียมบอเนต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$) มาไตเทรตกับสารละลายกรดมาตรฐาน

3.3 การวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมัน วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบปาล์มน้ำมันประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การย่อยสลายให้เป็นเถ้า (dry ashing) โดยการเผาตัวอย่างในเตาเผาที่ใช้ความร้อนสูง
 - 2) การย่อยสลายด้วยกรด (wet digestion) โดยย่อยด้วยกรดผสม $\text{Conc. HNO}_3 + \text{Conc. HClO}_4$
 - 3) วัดหาปริมาณโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
4. การจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันกับปริมาณธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากในห้องปฏิบัติการ (Fairhurst & Mutert, 1999)



ภาพที่ 10 แสดงการจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายกับค่าวิเคราะห์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยจัดลำดับความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันและค่าสี กับปริมาณธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากในห้องปฏิบัติการ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 โดย Regression analysis

5.2 จัดกลุ่มภาพและสีของใบปาล์มน้ำมันกับค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิค K-mean clustering

ผลการทดลองและอภิปราย

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสี 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับปริมาณธาตุอาหารในไบปาล์มน้ำมันที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินความสัมพันธ์พื้นฐานในการประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมจากสีของไบปาล์มน้ำมัน

1.1 กลุ่มตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษา

เก็บตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันสำหรับนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจน จำนวน 450 ตัวอย่าง และโพแทสเซียม จำนวน 450 ตัวอย่าง ที่ระดับการได้รับธาตุอาหารที่แตกต่างกัน โดยสังเกตอาการใบที่แสดงอาการขาด เหมาะสม และได้รับธาตุอาหารมากเกินไป ส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ และแปลผลจากค่าวิกฤติทางใบที่ 17 (ตารางผนวกที่ 1) พบว่า ตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันที่นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ระดับขาด จำนวน 257 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 176 ตัวอย่าง และระดับเกิน จำนวน 27 ตัวอย่าง และตัวอย่างไบปาล์มน้ำมันที่นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียม ที่ระดับขาด จำนวน 281 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 169 ตัวอย่าง และระดับเกิน จำนวน 0 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างไบปาล์มแบ่งตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารและอาการขาดธาตุอาหาร

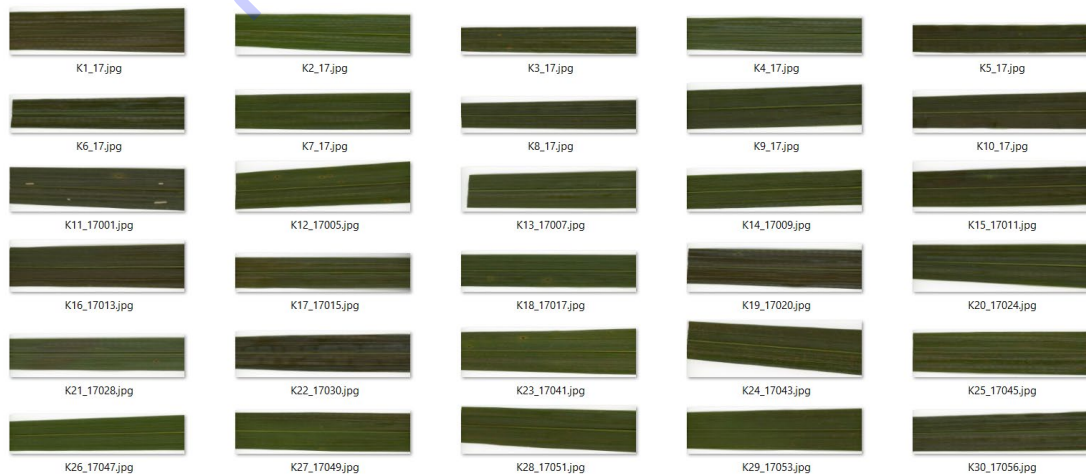
ธาตุอาหาร	ปี 2560		ปี 2561		ปี 2562		รวม
	ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	
N	ขาด	92	ขาด	85	ขาด	80	257
	เหมาะสม	53	เหมาะสม	65	เหมาะสม	58	176
	เกิน	5	เกิน	-	เกิน	12	27
	รวม	150	รวม	150	รวม	150	450
K	ขาด	104	ขาด	82	ขาด	95	281
	เหมาะสม	46	เหมาะสม	68	เหมาะสม	55	169
	เกิน	-	เกิน	-	เกิน	-	-
	รวม	150	รวม	150	รวม	150	450

1.2 การนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันลงคอมพิวเตอร์และการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันเพื่อประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

ใบปาล์มน้ำมันตัวอย่างจะถูกสแกนด้วยเครื่องสแกนภาพสี และนำเข้าข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในสกุลไฟล์ JPG (ภาพที่ 11 และ 12) โดยแต่ละภาพจะมีความกว้างและยาวประมาณ 2,543x1,000 พิกเซล ข้อมูลตัวอย่างจะถูกแบ่งตามอาการขาดธาตุอาหาร คือ ไนโตรเจนและโพแทสเซียม ดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงจำนวนข้อมูลตัวอย่างปี 2560 ถึง 2562 ของแต่ละอาการ โดยใบปาล์มน้ำมันที่นำมาสแกนได้ถูกเลือกมาเป็นตัวแทนจากใบปาล์มจำนวนหลายใบที่นำไปส่งตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหาร ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่ได้จะอยู่ในระบบสี RGB โดยเป็นส่วนกลางของใบย่อย มีพื้นหลังเป็นสีขาว ภาพถ่ายแต่ละภาพจะถูกกำหนดรหัสและชื่อไฟล์ภาพให้ตรงกับรหัสที่ใช้ในการตรวจค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร เพื่อนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์กับผลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร



ภาพที่ 11 ตัวอย่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่อยู่ในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจน



ภาพที่ 12 ตัวอย่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่อยู่ในกลุ่มอาการขาดธาตุโพแทสเซียม

การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันมีความสำคัญเนื่องจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันแต่ละภาพ มีขนาดภาพที่ไม่เท่ากันและมีภาพพื้นหลังสีขาว ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับขนาดภาพให้มีขนาดเท่ากัน (Resize Image) และนำบริเวณพื้นหลังสีขาวออก (Background removal) โดยสร้างโปรแกรมเพื่อประมวลผลภาพถ่ายใบปาล์มอัตโนมัติ หลักการที่ใช้ในการแยกพื้นหลังออกจากบริเวณที่เป็นใบปาล์ม คือ วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor) เพื่อหาความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มสีเขียวของใบปาล์มและสีขาวของพื้นหลัง หลังจากนั้นจะได้เส้นขอบเขต (Contour) ของใบปาล์มน้ำมันสำหรับใช้ในขั้นตอนการตัดภาพและปรับขนาดภาพ การหา Contour เป็นการเชื่อมต่อให้เกิดเส้นของจุดที่มีความต่อเนื่องกัน โดยที่จะต้องมียสีและความเข้มของสี (Intensity) ที่เหมือนกัน



ภาพที่ 13 เส้นขอบเขตใบปาล์มน้ำมัน และจุดสำหรับการตรึงภาพ

หลังจากได้เส้นขอบเขตของใบปาล์มน้ำมันแล้วจะใช้วิธี Ramer–Douglas–Peucker เพื่อหาจุดที่สั้นที่สุดของขอบใบปาล์มที่เอียงสำหรับการตรึงภาพ (Warp) โดยจะทำการสร้างเส้นขอบเขตออกมาโดยเลือกแค่จุดที่จำเป็นตามระยะห่างที่กำหนด (Arc length) ทำให้ภาพที่ได้นั้นมีลักษณะออกมาเป็นด้าน ๆ ได้ ภาพที่ 13 แสดงการหาขอบเขตใบปาล์มและจุดสำหรับการตรึงภาพ หลังจากทำการตรึงภาพแล้วภาพถ่ายใบปาล์มทุกภาพจะถูกตัดให้มีความกว้าง 2,600 พิกเซล และยาว 700 พิกเซล จากนั้นโปรแกรมจะทำการแบ่งภาพออกเป็นสามส่วน เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพขั้นตอนต่อไป ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมในอนาคตอาจจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ใบปาล์มแบบแยกส่วน เนื่องจากใบปาล์มแต่ละส่วนมีลักษณะของสีและอาการขาดธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างการแบ่งส่วนภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน



ภาพต้นฉบับ



ภาพที่ผ่านการตรึงแล้ว

เส้นขอบเขตที่ใช้ในการแบ่งส่วน

ภาพที่ 14 การแบ่งส่วนใบปาล์มน้ำมันบนภาพที่ทำการตรึงแล้ว

การปรับแก้และลดความละเอียดภาพโดยใช้เทคนิค Gaussian Blur filter ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถใช้ในการตรวจกรองสัญญาณรบกวนที่มีคุณลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ใช้สำหรับลดสัญญาณรบกวน (Noise) และลบความคมของรูปภาพ ลักษณะการทำงานของตัวกรองสัญญาณจะสามารถแสดงขั้นตอนได้ ซึ่งตัวกรองสัญญาณรบกวนต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นจะลดสัญญาณรบกวนและรายละเอียดของภาพและทำให้การประมวลผลภาพถูกลดประสิทธิภาพลงไปด้วย (Dolmiere et al., 2008; Waltz & Miller, 1998) ได้ถูกนำมาใช้ทางด้านการประมวลผลภาพ (image processing) ซึ่งมีสมการตัวกรองสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนแบบ 1 มิติ (Donon et al., 2019) มีสมการดังนี้

$$G(x) = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \times e^{-axx^2}$$

หรือเขียนได้จากการใช้พารามิเตอร์ส่วนเบี่ยงเบน คือ

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi \times \sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

เมื่อ x = ค่าตัวแปรในแกน x

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบน

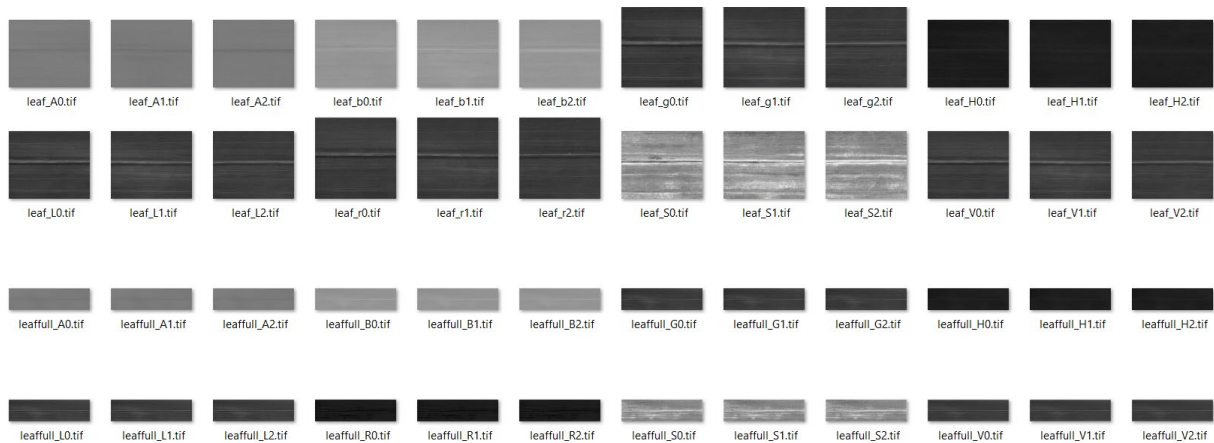
จากการประมวลผลตัวกรองสัญญาณเกาส์เซียน (Gaussian filter) เพื่อลดรายละเอียดและความคมของภาพเพื่อนำไปใช้ในการจัดกลุ่มคลัสเตอร์ในขั้นตอนต่อไป มีตัวอย่างของการประมวลผลดังภาพที่ 15



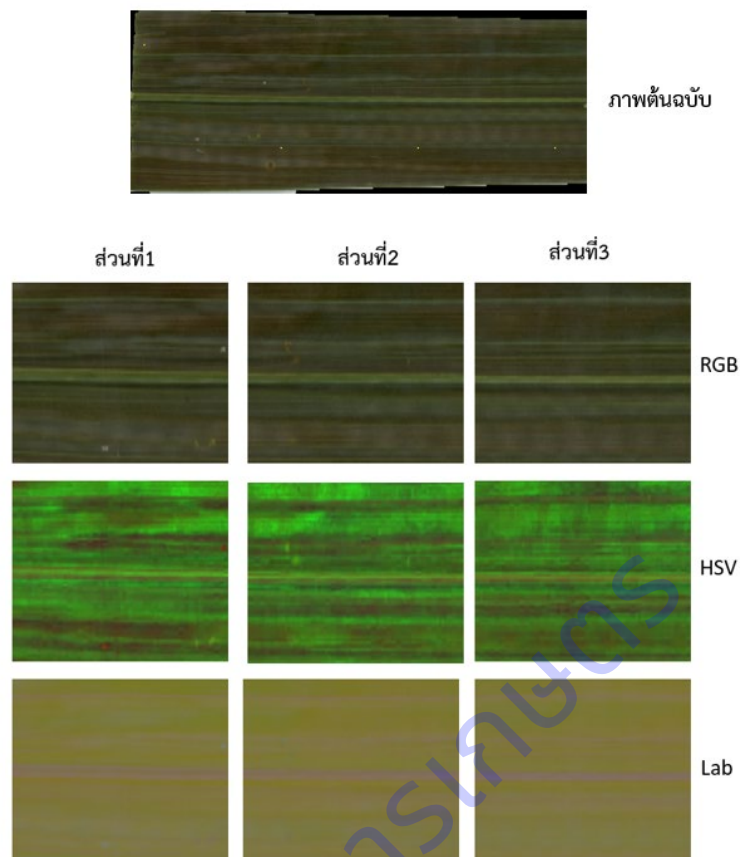
ภาพที่ 15 การปรับแก้และลดความละเอียดภาพด้วยเทคนิค Gaussian filter

1.3 การแปลงภาพ RGB เป็นระบบสี HSV และ Lab

หลังจากทำการเตรียมข้อมูลภาพเสร็จแล้ว ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่อยู่ในระบบสี RGB จะถูกนำมาแปลงเป็นระบบสี HSV และ Lab โดยใช้โปรแกรมประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้น ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่แปลงระบบสีแล้ว จะถูกเก็บอยู่ในสกุลไฟล์ Tiff เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าสีแต่ละระบบสี ภาพที่ 16 และ 17 แสดงตัวอย่างของภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน 1 ภาพ ที่ผ่านการแปลงระบบสีแล้ว



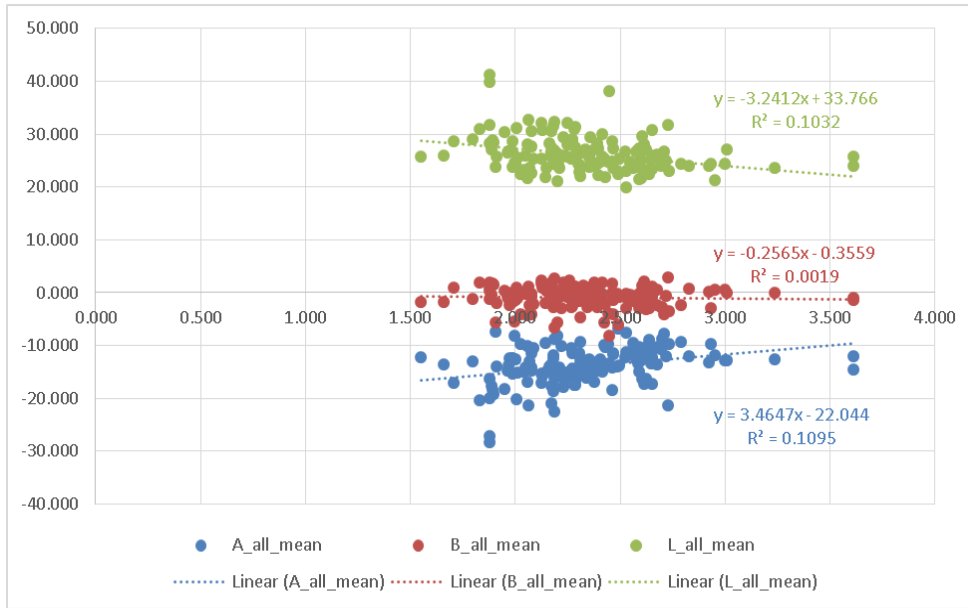
ภาพที่ 16 ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในระบบสี RGB HSV และ Lab ที่จัดเก็บแบบแยกแชนด์



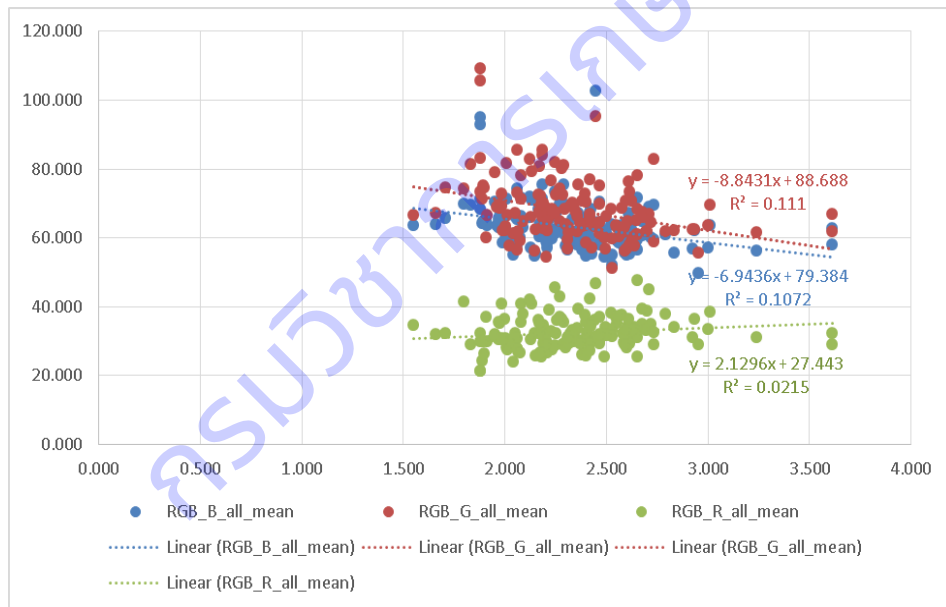
ภาพที่ 17 ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่แบ่งส่วนแล้วในระบบสี RGB HSV และ Lab

1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมัน

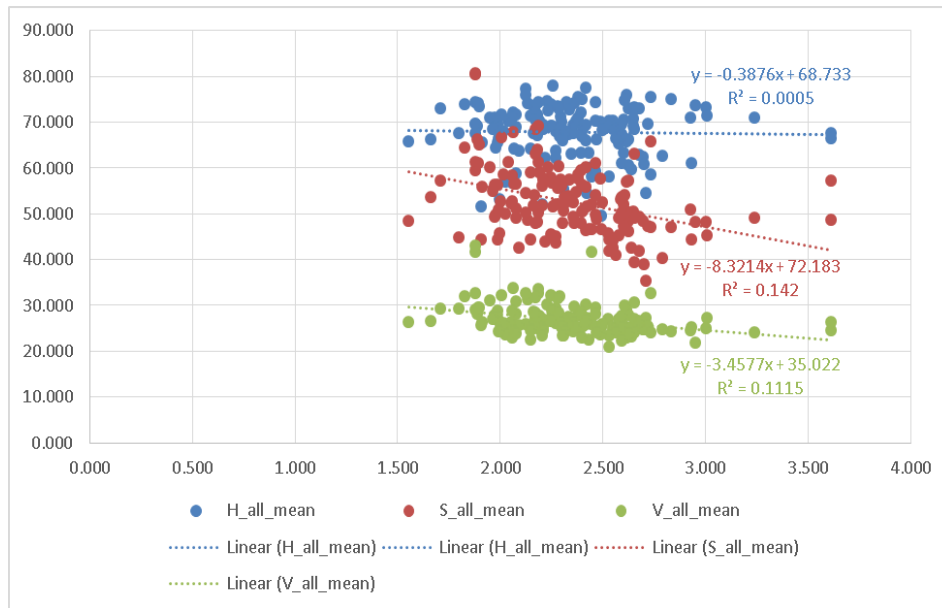
หลังจากนั้นค่าสีจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจะถูกนำมาหาค่าความสัมพันธ์กับผลวิเคราะห์ธาตุอาหาร N และ K จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อเปรียบเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ประเมินธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมัน ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าสีทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับธาตุไนโตรเจน มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ (ภาพที่ 18, 19, 20) มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมันได้



ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ Lab กับปริมาณธาตุ N



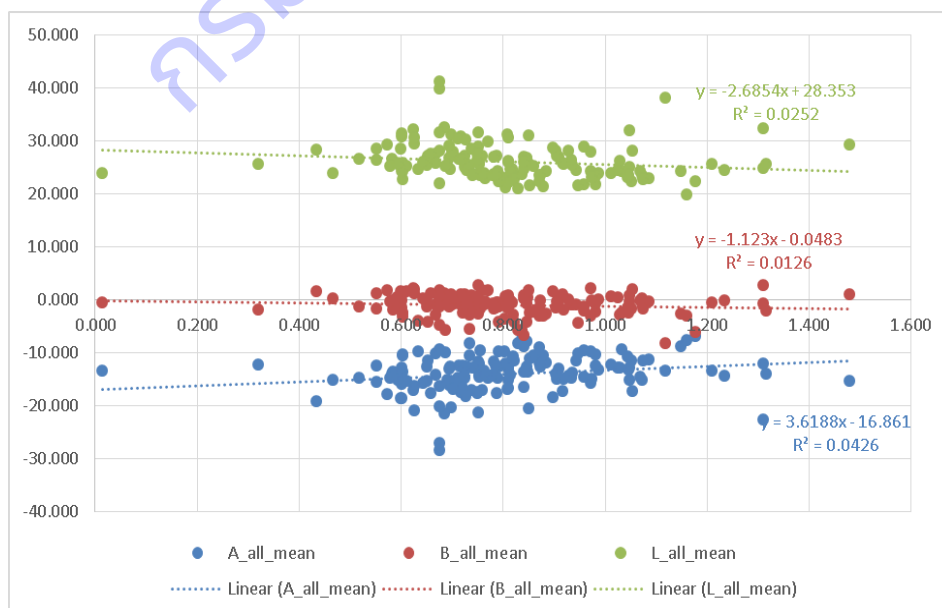
ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ RGB กับปริมาณธาตุ N



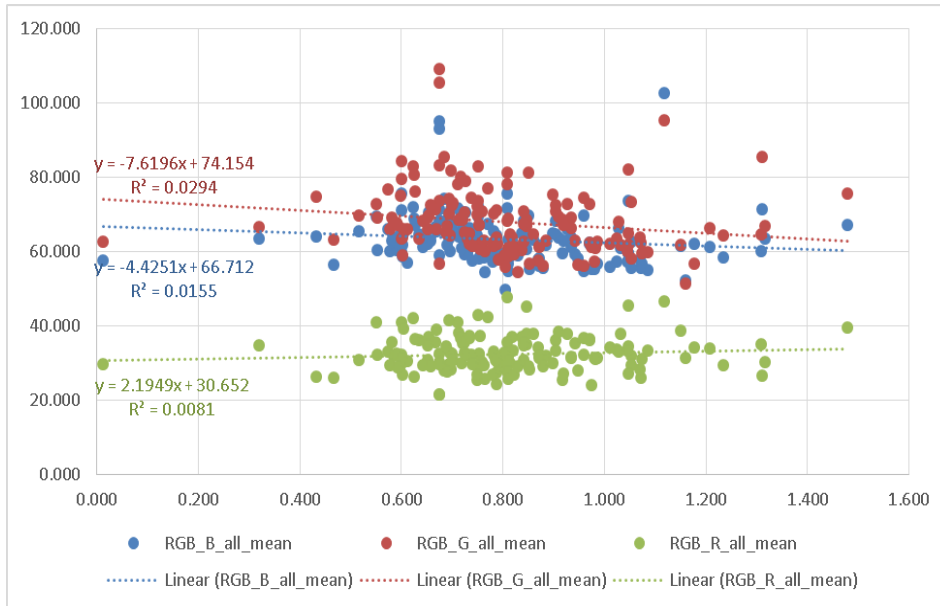
ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ HSV กับปริมาณธาตุ N

1.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมัน

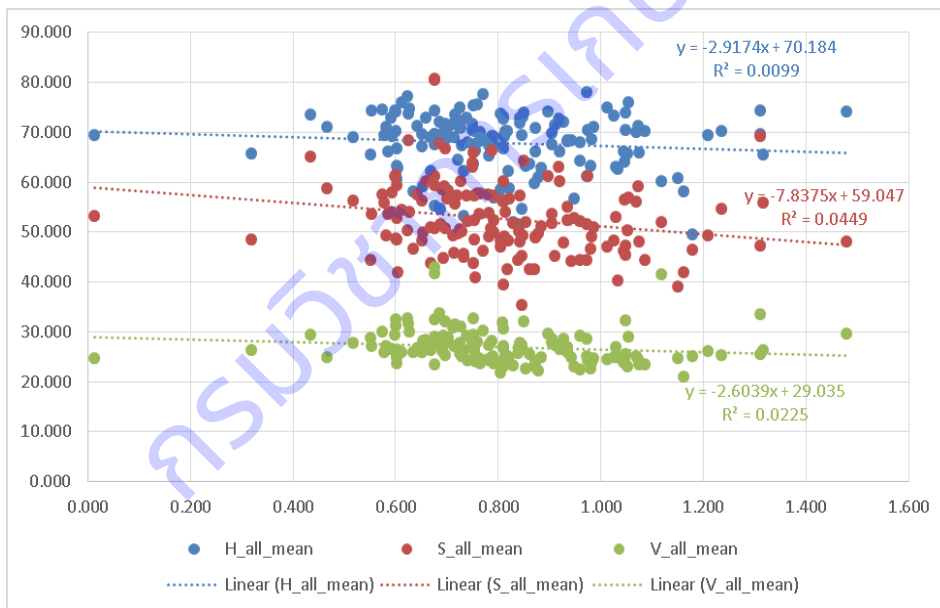
จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อเปรียบเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าสีทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับธาตุไนโตรเจน มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ (ภาพที่ 21, 22, 23) มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ Lab กับปริมาณธาตุ K



ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ RGB กับปริมาณธาตุ K



ภาพที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ HSV กับปริมาณธาตุ K

2. การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันเพื่อจัดกลุ่มค่าสีที่มีความสัมพันธ์กับระดับธาตุอาหาร โดยใช้เทคนิค

K-mean clustering

การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering เพื่อจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม

2.1 กลุ่มตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษา

จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 900 ตัวอย่าง ได้คัดเลือกตัวอย่างที่มีคุณภาพสำหรับใช้ประมวลผลภาพด้วยเทคนิค K-mean clustering เหลือ 829 ตัวอย่าง นำมาจัดกลุ่มและเรียงลำดับตามค่าการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมจากห้องปฏิบัติการและแปลผลจากค่าวิกฤติทางใบที่ 17 โดยแบ่งระดับธาตุอาหารขาดและเกินออกเป็น 2 ระดับ คือ ธาตุไนโตรเจนที่ระดับธาตุอาหารขาดมาก มีไนโตรเจนน้อยกว่า 2.3% และระดับขาดน้อยมีไนโตรเจน ระหว่าง 2.30-2.39% และไนโตรเจนที่ระดับธาตุอาหารเกินมาก มีไนโตรเจนมากกว่า 3.0% และเกินน้อยมีไนโตรเจน ระหว่าง 2.81-3.0% สำหรับธาตุโพแทสเซียมที่ระดับธาตุอาหารขาดมาก มีโพแทสเซียมน้อยกว่า 0.75% และระดับขาดน้อยมีโพแทสเซียม ระหว่าง 0.75-0.89% และโพแทสเซียมที่ระดับธาตุอาหารเกินมาก มีโพแทสเซียมมากกว่า 1.6% และเกินน้อยมีไนโตรเจน ระหว่าง 1.21-1.6% พบว่า กลุ่มตัวอย่างของธาตุไนโตรเจนแบ่งได้ดังนี้ (ตารางที่ 2) ระดับขาดมาก จำนวน 239 ตัวอย่าง ระดับขาดน้อย 51 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 146 ตัวอย่าง ระดับเกินน้อย 7 ตัวอย่าง และระดับเกินมาก 7 ตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างของธาตุโพแทสเซียม แบ่งได้ดังนี้ (ตารางที่ 3) ระดับขาดมาก จำนวน 233 ตัวอย่าง ระดับขาดน้อย 83 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 51 ตัวอย่าง ระดับเกินน้อย 11 ตัวอย่าง และระดับเกินมาก 0 ตัวอย่าง

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอย่างใบปาล์มแบ่งตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารและอาการขาดธาตุไนโตรเจน สำหรับใช้ประมวลผลภาพ

ระดับอาการขาดธาตุ	อาการขาดธาตุไนโตรเจน (N)			รวม
	2560	2561	2562	
ขาดมาก	72	88	79	239
ขาดน้อย	18	20	13	51
เหมาะสม	51	42	53	146
เกินน้อย	4	0	3	7
เกินมาก	5	0	2	7

ตารางที่ 3 จำนวนตัวอย่างใบปาล์มแบ่งตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารและอาการขาดธาตุโพแทสเซียม สำหรับใช้
ประเมินผลภาพ

ระดับอาการขาดธาตุ	อาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K)			รวม
	2560	2561	2562	
ขาดมาก	49	65	119	233
ขาดน้อย	55	43	25	83
เหมาะสม	45	34	3	52
เกินน้อย	1	8	2	11
เกินมาก	0	0	0	0

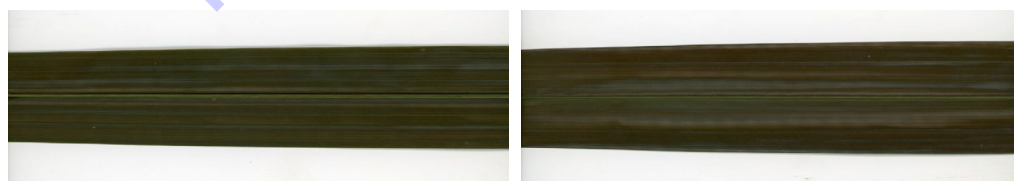


ทางใจ 17

ทางใบ 33



ภาพที่ 24 ตัวอย่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในกลุ่มไนโตรเจน



ทางใจ

ทางใจ

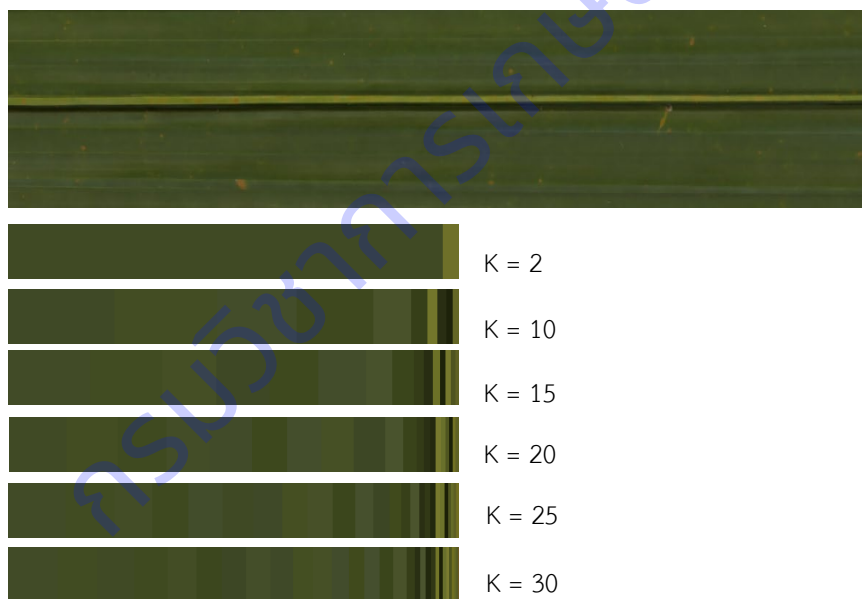


ภาพที่ 25 ตัวอย่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในกลุ่มโพแทสเซียม

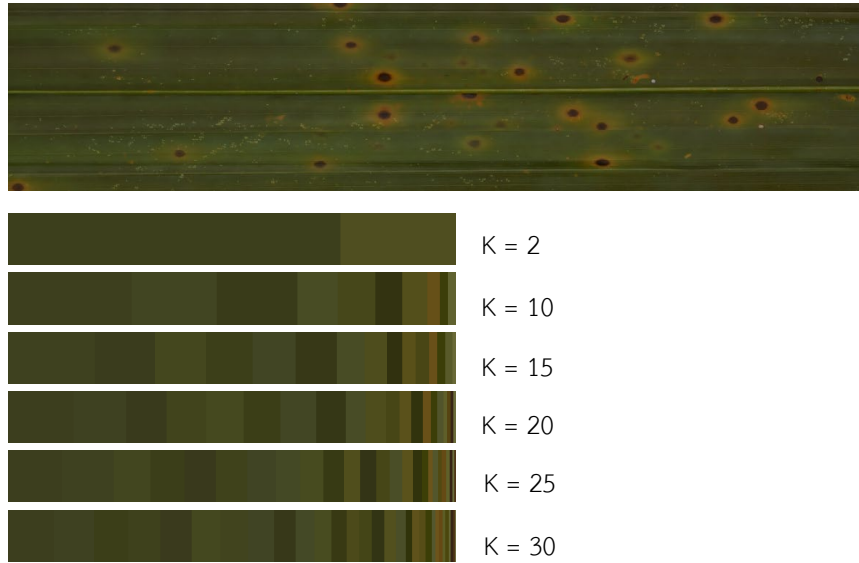
2.2 การนำเข้าสู่ข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันลงคอมพิวเตอร์และการเตรียมตัวอย่างภาพ เช่นเดียวกับข้อ 1.2

2.3 การประมวลผลภาพโดยใช้ K-mean clustering

ใบปาล์มน้ำมันที่ขาดธาตุอาหารจะมีหลากหลายอาการและเฉดสี ในการพัฒนาแผ่นเทียบสีจะนำมาแบ่งกลุ่มตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร และทำการศึกษาค่าสีและความสัมพันธ์กับธาตุอาหารเพื่อทำให้แผ่นเทียบสีมีความแม่นยำและครอบคลุมกับช่วงสีของใบปาล์มน้ำมันที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา (จากการศึกษา แผ่นเทียบสีของพืชแต่ละสายพันธุ์ แต่ละพื้นที่ มีช่วงสีที่ต่างกัน) ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาแบ่งกลุ่มตามค่าธาตุอาหารและจัดทำแผ่นเทียบสีได้ทันที จึงต้องมีการศึกษาและทดลองเพื่อค้นหาปริมาณของค่าสีที่แสดงออกเมื่อมีอาการขาดธาตุ ก่อนที่จะนำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบชาร์จสีสำหรับประเมินอาการขาดธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการทดลองแบ่งกลุ่มค่าสี มีจำนวนกลุ่มที่ทำการทดลองจำนวน 6 กลุ่ม ได้แก่ 2 10 15 20 25 และ 30 กลุ่ม เพื่อหา กลุ่มที่ดีที่สุดของการจัดกลุ่มค่าสีของไนโตรเจนและโพแทสเซียม

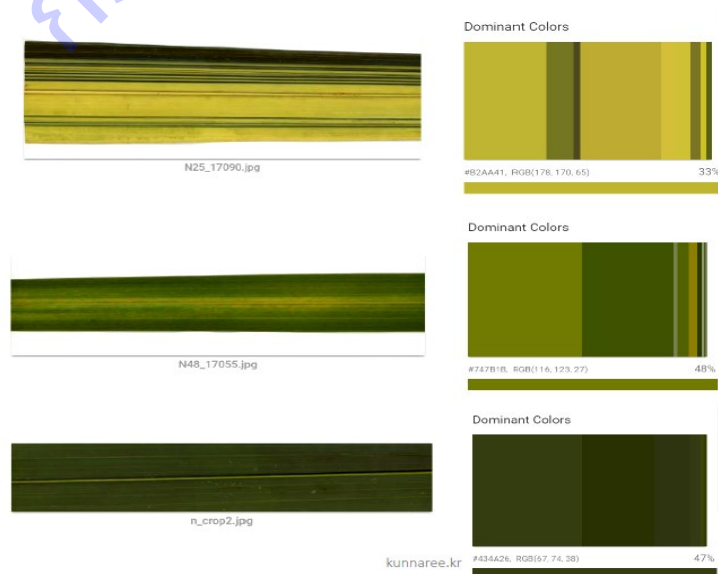


ภาพที่ 26 ตัวอย่างข้อมูลใบปาล์มขาดธาตุไนโตรเจนทดสอบจำนวน k โดยใช้เทคนิค K-Mean Clustering



ภาพที่ 27 ตัวอย่างข้อมูลใบปาล์มขาดธาตุโพแทสเซียมทดสอบจำนวน k โดยใช้เทคนิค K-Mean Clustering

เมื่อทำการกำหนดกลุ่มของค่าสีได้แล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าสีหลัก (Dominant colors) ของภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน ตามจำนวนกลุ่มที่ตั้งไว้ ซึ่งจะมีการกำหนดค่าสีในระบบ Red Green Blue (RGB) ซึ่งเป็นระบบสีที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยระบบนี้จะแสดงค่าสีของความสว่างตั้งแต่ 0-255 ในข้อมูล 8 บิต จำนวน k ค่า จากการสุ่ม เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของแต่ละกลุ่ม และทำการคำนวณภาพทุกพิกเซลจนครบ โดยใช้เทคนิค K-mean clustering เพื่อคำนวณหาระยะทาง/ความใกล้เคียงกันของค่าสีแล้วทำการปรับค่าสีที่ใช้เป็นตัวแทนแต่ละกลุ่มให้ดีขึ้น โดยให้ค่านั้นมีระยะทางที่ใกล้กับค่าสีของพิกเซลอื่น ๆ สั้นที่สุด แต่ยังสามารถแบ่งแยกกับกลุ่มสีอื่นได้ดี หลังจากทำการคำนวณครบทั้งภาพแล้วจึงทำการแบ่งกลุ่มของค่าสีหลักตามจำนวน k และคำนวณหาสัดส่วนของค่าสีในภาพ



ภาพที่ 28 ตัวอย่างการประมวลผลค่าสีของใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค K-mean clustering



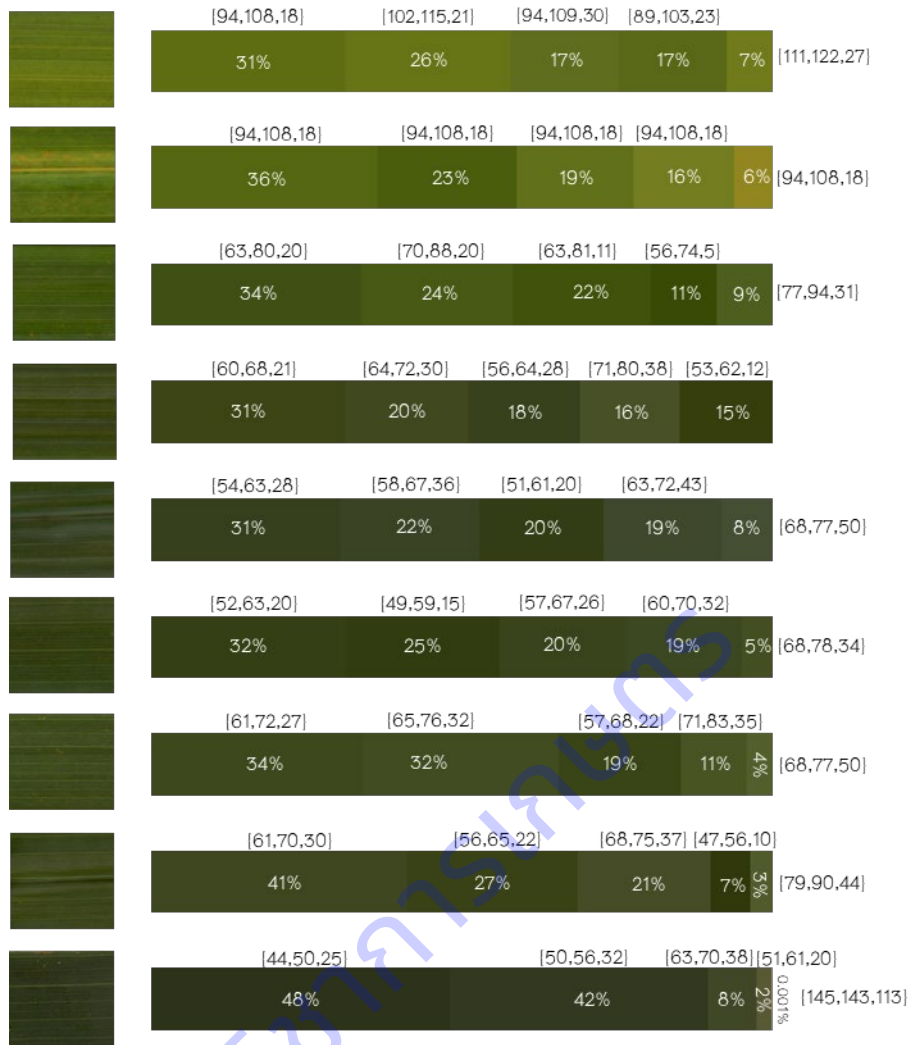
ค่าสี RGB	R	G	B	% of Pixels
[89 99 32]	89	99	32	12.8632
[84 92 26]	84	92	26	12.7758
[95 106 27]	95	106	27	12.5367
[89 99 22]	89	99	22	12.4792
[95 104 37]	95	104	37	11.5737
[100 111 35]	100	111	35	10.967
[79 87 20]	79	87	20	8.6483
[84 92 15]	84	92	15	7.2216
[106 116 43]	106	116	43	6.5604
[73 81 11]	73	81	11	4.3741

ภาพที่ 29 ตัวอย่างการกระจายของค่าสี และร้อยละของสีที่เด่นในใบปาล์มน้ำมัน

2.4 แผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมัน

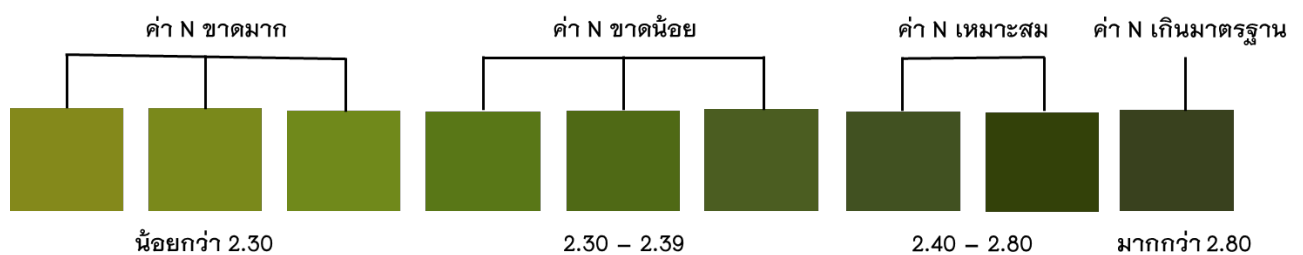
2.4.1 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 17

การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 17 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดไนโตรเจนมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดไนโตรเจนใบจะมีสีเหลืองซีดหรือถ้าขาดมากจะมีสีเหลืองทั้งต้น ซึ่งทำให้ค่าสีของอาการขาดไนโตรเจนมีระดับค่าสีที่สามารถจัดกลุ่มได้ 5 สี (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 ค่าสีจากการจัดกลุ่มสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 17

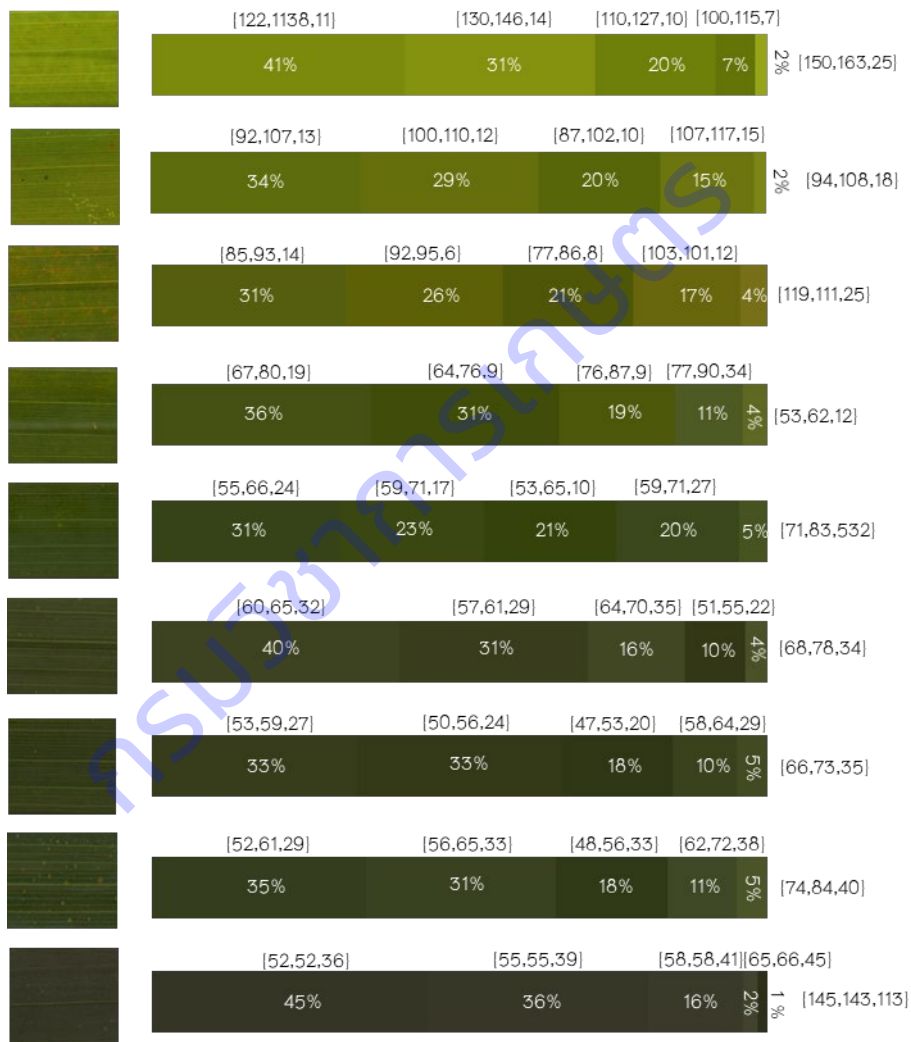
จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผนเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดไนโตรเจนมาก 3 ค่าสี อาการขาดไนโตรเจนน้อย 3 ค่าสี ค่าไนโตรเจนเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 แผนเทียบสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 17

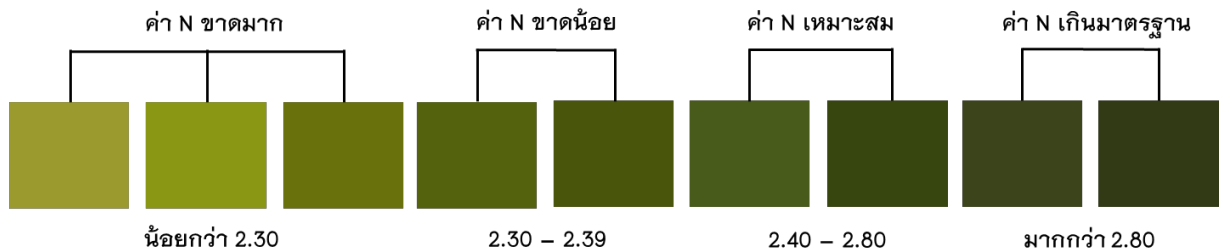
2.4.2 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 33

การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 33 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดไนโตรเจนมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดไนโตรเจนใบจะมีสีเหลืองซีดหรือถ้าขาดมากจะมีสีเหลืองทั้งต้น ซึ่งทำให้ค่าสีของอาการขาดไนโตรเจนมีระดับค่าสีที่สามารถจัดกลุ่มใน 5 สีได้ อย่างไรก็ตาม อาการขาดธาตุอาหารในทางใบที่ 33 มีอาการขาดธาตุที่รุนแรงมากกว่าทางใบที่ 17 (ดังภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 ค่าสีจากการจัดกลุ่มคลัสเตอร์สีของอาการขาดธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 33

จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มคลัสเตอร์สีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผนเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดไนโตรเจนมาก 3 ค่าสี อาการขาดไนโตรเจนน้อย 2 ค่าสี ค่าไนโตรเจนเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี (ดังภาพที่ 33)

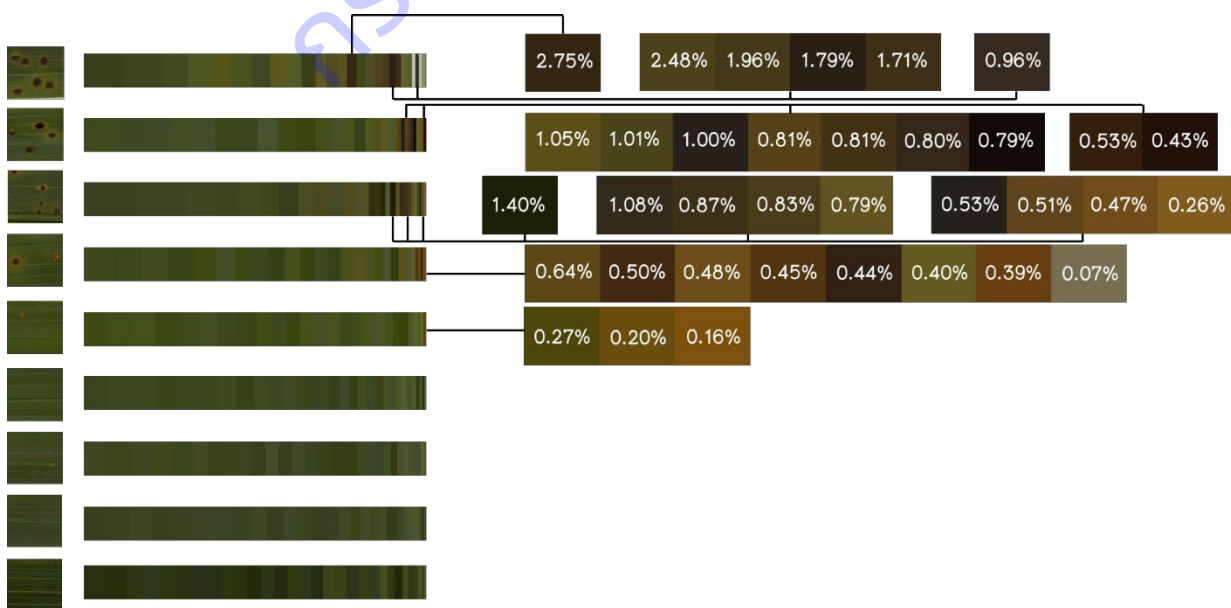


ภาพที่ 33 ตัวอย่างชาร์จสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจน (N) ของทางใบที่ 33

2.5 ผลลัพธ์แผนเทียบสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33

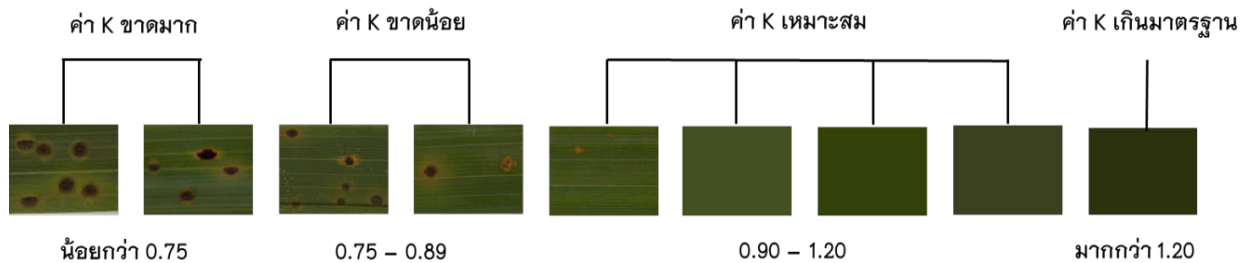
2.5.1 ผลลัพธ์แผนเทียบสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17

การจัดทำแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดโพแทสเซียมมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผนเทียบสี เนื่องจากอาการขาดธาตุโพแทสเซียมโดยปกติจะมีจุดสีส้ม โดยเริ่มจากจุดสีเหลืองบนใบ และเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเกิดอาการขาดธาตุโพแทสเซียมอย่างรุนแรง และจุดจะเปลี่ยนเป็นสีส้มสด ซึ่งส่งผลให้อาการขาดธาตุชนิดนี้มีกลุ่มค่าสีเยอะ จึงทำให้การจัดกลุ่มคลัสเตอร์ค่าสีจาก K-Means Clustering ที่เหมาะสมเป็น 30 กลุ่มค่าสี (ดังภาพที่ 34)



ภาพที่ 34 ค่าสีจากการจัดกลุ่มคลัสเตอร์สีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียมของทางใบที่ 17

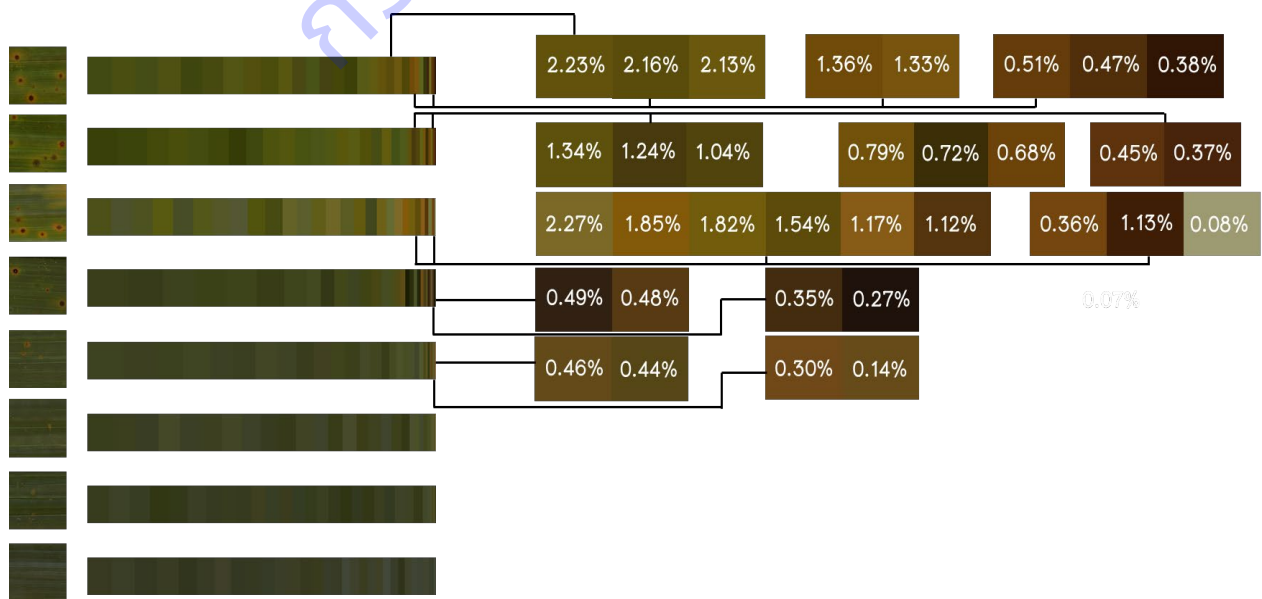
จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผนเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดโพแทสเซียมมาก 2 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 4 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี (ดังภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 ตัวอย่างชาร์จสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17

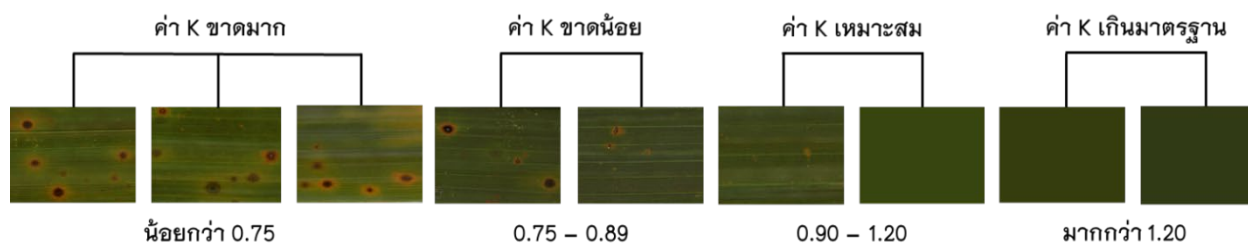
4.2.2 ผลลัพธ์แผนเทียบสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 33

การจัดทำแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 33 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดโพแทสเซียมมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผนเทียบสี เนื่องจากอาการขาดธาตุโพแทสเซียมโดยปรกติจะมีจุดสีส้ม โดยเริ่มจากจุดสีเหลืองบนใบ และเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเกิดอาการขาดธาตุโพแทสเซียมอย่างรุนแรง และจุดจะเปลี่ยนเป็นสีส้มสด ซึ่งส่งผลให้อาการขาดธาตุชนิดนี้มีกลุ่มค่าสีเยอะ จึงทำให้การจัดกลุ่มค่าสีจาก K-Means Clustering ที่เหมาะสมเป็น 30 กลุ่มค่าสี อย่างไรก็ตามใบปาล์มน้ำมันที่ขาดธาตุโพแทสเซียมในทางใบที่ 33 จะแสดงอาการขาดธาตุมากกว่าทางใบที่ 17 ซึ่งเกิดจากการดึงธาตุอาหารไปใช้ในการผลิตผลทะเลายปาล์มน้ำมันแล้ว จึงทำให้เกิดผลลัพธ์ค่าสีที่มีมากกว่าทางใบที่ 17 (ดังภาพที่ 36)



ภาพที่ 36 ค่าสีจากการจัดกลุ่มคลัสเตอร์สีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียมของทางใบที่ 33

จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผนเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดโพแทสเซียมมาก 3 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี



ภาพที่ 37 ตัวอย่างชาร์จสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 33

4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมของทางใบที่ 17 และ 33

การตรวจสอบความถูกต้องของแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมของทางใบที่ 17 และ 33 โดยมีจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 40 จุด แบ่งเป็น อาการขาดมาก ขาดน้อย ธาตุเหมาะสม และเกินมาตรฐาน จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นทางสถิติพื้นฐาน ประกอบด้วย ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) สามารถทำการสรุปผลของการตรวจสอบความถูกต้องของแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนได้ดังตารางการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนก ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ						
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy	
อาการขาดธาตุอาหารจากการใช้แผนเทียบสี	ขาดมาก	9	0	1	0	10	90%	
	ขาดน้อย	0	8	2	0	10	80%	
	เหมาะสม	1	2	7	0	10	70%	
	เกินมาตรฐาน	0	0	2	8	10	80%	
ผลรวม		10	10	12	8	40		
Producer's accuracy		90%	80%	58.33%	100%			
Overall accuracy		80%						

จากตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนที่ระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 80 58.33 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 80 70 และ 80 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80

ตารางที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ						
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy	
อาการขาดธาตุอาหาร จากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	10	0	0	0	10	100%	
	ขาดน้อย	0	7	3	0	10	80%	
	เหมาะสม	2	2	6	0	10	60%	
	เกินมาตรฐาน	0	0	0	10	10	100%	
ผลรวม		11	9	10	10	40		
Producer's accuracy		90%	77.77%	60%	100%			
Overall accuracy		82.5%						

จากตารางที่ 5 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ของความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 77.77 60 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 80 60 และ 100 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 82.5

ตารางที่ 6 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ						
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy	
อาการขาดธาตุอาหาร จากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	6	4	0	0	10	60%	
	ขาดน้อย	1	9	3	0	10	90%	
	เหมาะสม	0	2	8	0	10	80%	
	เกินมาตรฐาน	0	0	2	8	10	80%	
	ผลรวม	7	11	13	8	40		
Producer's accuracy		90%	81.81%	61.53%	100%			
Overall accuracy		77.5%						

จากตารางที่ 6 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 81.81 61.53 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 60 90 80 และ 80 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 77.5

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ						
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy	
อาการขาดธาตุอาหาร จากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	10	0	0	0	10	100%	
	ขาดน้อย	3	7	0	0	10	70%	
	เหมาะสม	0	2	8	0	10	80%	
	เกินมาตรฐาน	0	3	0	7	10	70%	
	ผลรวม	13	12	8	7	40		
Producer's accuracy		90%	76.92%	100%	100%			
Overall accuracy		80%						

จากตารางที่ 7 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 76.92 100 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 70 80 และ 70 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

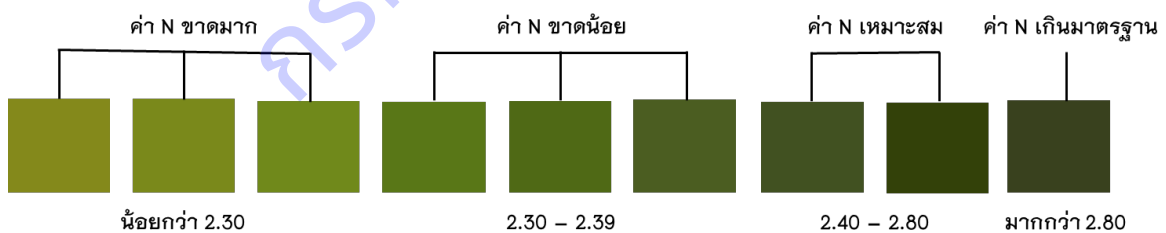
จากการดำเนินงานวิจัย กิจกรรมการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

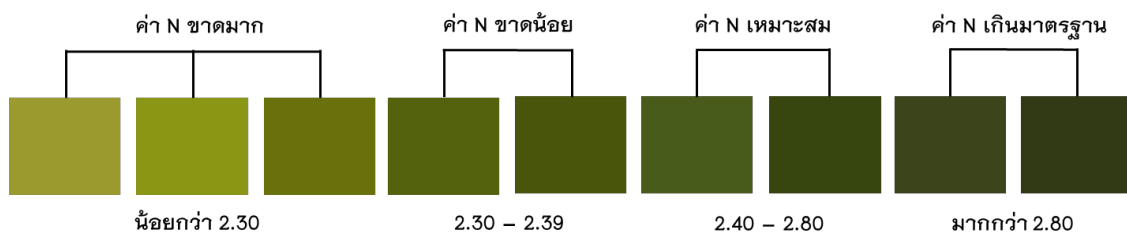
1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่า ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจน กับค่าสีระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ และค่าความสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียม กับค่าสีระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมกับค่าสี พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้

2. การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering สำหรับจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบว่า การสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสีสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจน ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสี และธาตุโพแทสเซียม ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสี

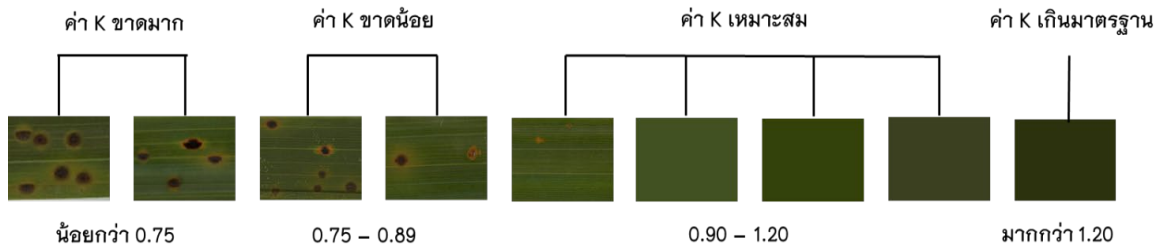
3. ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก 3 ค่าสี ระดับขาดน้อย 3 ค่าสี ระดับเหมาะสม 2 ค่าสี และระดับเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้อง มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80



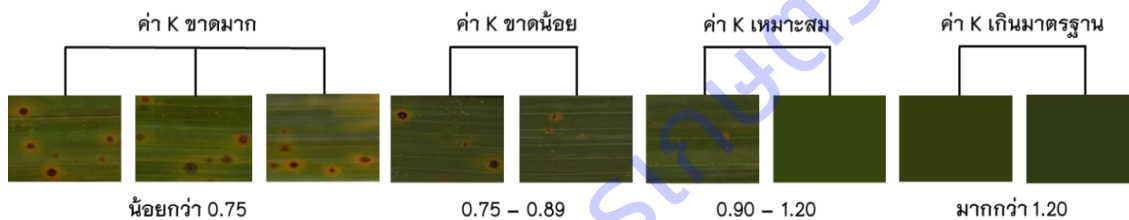
4. ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก 3 ค่าสี ระดับขาดน้อย 2 ค่าสี ระดับเหมาะสม 2 ค่าสี และระดับเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้อง มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 82.5



5. ผลลัพธ์ผ่านเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีในกลุ่มตัวอย่างธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก 2 ค่าสี ระดับขาดน้อย 2 ค่าสี ระดับเหมาะสม 4 ค่าสี และระดับเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้อง มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 77.5



6. ผลลัพธ์ผ่านเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีในกลุ่มธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก 3 ค่าสี ระดับขาดน้อย 2 ค่าสี ระดับเหมาะสม 2 ค่าสี และระดับเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้อง มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80



ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างภาพถ่ายที่ได้จากสแกนในบางตัวอย่างมีภาพและสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริง จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ อย่างไรก็ตามได้มีการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลไว้ด้วย จึงได้นำภาพจากกล้องดิจิทัลมาใช้ในการศึกษาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการศึกษาด้านภาพถ่าย ควรมีการถ่ายภาพจากเครื่องมือที่หลากหลายเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบกับการดำเนินงานวิจัย

2. การใช้ค่าสีจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในการประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 เพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายอื่นๆในการศึกษาวิจัย

3. การใช้งานผ่านเทียบสีใบปาล์มน้ำมันที่พัฒนาจากงานวิจัย สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 ในเบื้องต้นเท่านั้น โดยบอกเป็นระดับปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมที่สะสม คือ ระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน

กิจกรรมที่ 2

พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน Development a Model for Nutrient Estimation in Oil Palm Leaves.

คณะผู้วิจัย

สุชาดา โภชาดอม¹ สณชัย ขวัญเกื้อ¹ สุธีรา ถาวรรัตน์¹ จินตนาพร โคตรสมบัติ¹

จิตติลักษณ์ เหมะ¹ สมคิด ดำน้อย² อุดมพร เสือมาก³ สุรกิตติ ศรีกุล⁴

Suchada Pochadom¹ Sonchai Kwankua¹ Suthira Thawonrat¹ Chintanaporn Kotsombat¹

Jittilux Hama¹ Somkid Damnoi² Udomphon Suamag³ Surakitti Srikul⁴

คำสำคัญ

ปาล์มน้ำมัน, โมเดลทำนายธาตุอาหารพืช

Keyword

Oil palm, Nutrient prediction model

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ.เชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร

Chiangrai Highland Agricultural Research and development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region1., DOA

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

Chumphon Agricultural Research and Development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

⁴ สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร

Office of Senior Expert., DOA

บทคัดย่อ

การพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหาร จำนวน 2 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมาก ดำเนินการระหว่างปี 2562- 2564 ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่ช่วงอายุ 7-12 ปี โดยเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน จำนวน 323 ตัวอย่าง (900 ภาพ) และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม จำนวน 344 ตัวอย่าง (1018 ภาพ) พัฒนาโดยใช้โมเดลประเภทโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network: CNN) โดยดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของโมเดล จำนวน 3 โมเดล คือ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และ โมเดล MobileNet V3 และกำหนดให้มีการใช้พารามิเตอร์พื้นฐานและชุดข้อมูลในการฝึกฝน (Training Data) ที่เหมือนกันเพื่อเลือกโมเดลที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจนและโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม จากการเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน พบว่ามีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และโมเดล MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด การเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม พบว่ามีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และโมเดล MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบ ค่า Loss ของ MobileNet V3 ระหว่างการทำนายธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม พบว่า โมเดลทำนายธาตุไนโตรเจนมีค่า Loss ต่ำกว่า โมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม แสดงว่าโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจนจะมีความแม่นยำมากกว่าธาตุโพแทสเซียม ซึ่งโมเดล MobileNet V3 สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นต่อไป

Abstract

The development of oil palm leaf Nutrient estimation model. The model was developed to assess Nitrogen (N) and Potassium (P) nutrient status, which were a macronutrients of oil palm. The 17th frond's sample of this study from Suratthani 2 hybrid oil palm with 7-12 years, consisted of group of N with 323 samples (900 pictures) and group of P with 344 samples (1,018 pictures) The model run on Convolutional Neural Network (CNN) to test precision of model, which consisted of 3 models as follows: 1. AlexNet V2, 2. ResNext and 3. MobileNet V3. A total of three models was tested and evaluated by comparing Loss value on the training dataset. Loss value was compared with each model of N and P Nutrient estimation. The result was shown that the model of N Nutrient estimation was decreased nearly zero every model and MobileNet V3 model was the lowest loss value. The model of P Nutrient estimation was decreased nearly zero every model and MobileNet V3 model was the lowest loss value. MobileNet V3 model had loss value of model of N Nutrient estimation was lower than model of P Nutrient estimation. The result was shown that accuracy of N Nutrient estimation model was higher than model of P Nutrient estimation and MobileNet V3 model could apply to develop model of assessing the nutrient status of oil palm.

บทนำ

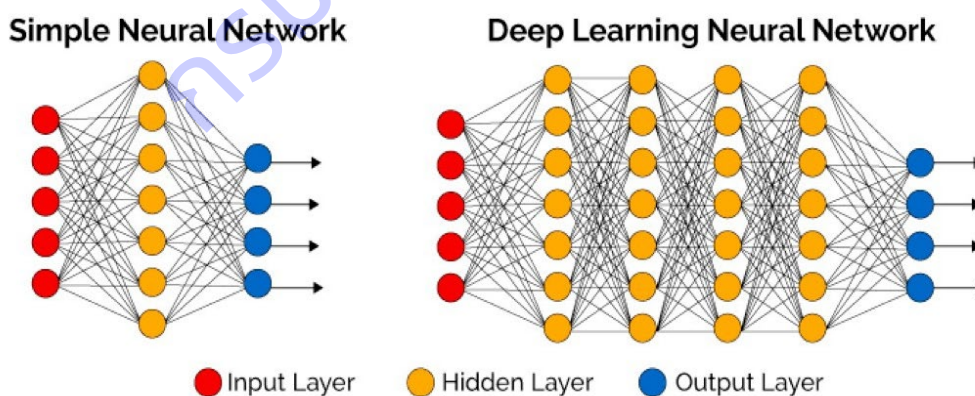
กรมวิชาการเกษตรแนะนำการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการศึกษา วิจัย และมีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในวงการผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับมาตรฐาน RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) ที่สนับสนุนให้มีการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประกอบกับเจ้าของสวนปาล์มน้ำมัน ต้องมีการจัดบันทึกอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ปุ๋ยและข้อมูลผลผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีความแม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากข้อจำกัดข้างต้นจึงควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ เพื่อให้เกษตรกรได้เข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการพัฒนาโมเดลประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ได้โมเดลการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน ที่สามารถพัฒนาต่อสู่ระบบประเมินธาตุอาหารและระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

1. การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียนรู้เชิงลึกเป็นสาขาหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เพื่อการเรียนรู้ข้อมูล โดยจะต้องประกอบไปด้วยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) จำนวนหลายชั้นซึ่งทำให้มีการเรียนรู้ที่ซับซ้อนขึ้นกว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว ในปัจจุบันเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกได้มีการพัฒนาเพื่อใช้ในงานประเภทต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพต่าง ๆ เช่น การจดจำใบหน้าคน การตรวจจับวัตถุต่าง ๆ การทำนายโรคพืชจากภาพถ่าย การตรวจหาเซลล์มะเร็งบนภาพเอกซเรย์ การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นต้น หากเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลภาพ มักจะมีการใช้ Convolutional Neural Network หรือ CNN ร่วมกันกับเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งเป็นโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบพิเศษที่สามารถจำแนกข้อมูลประเภทรูปภาพได้ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมทั่วไป ซึ่งเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและอยู่ภายใต้ระบบปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นระบบประมวลผลที่มีการวิเคราะห์เชิงลึกของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ข้อมูลสำหรับฝึกฝนเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จำและสามารถแก้ไขปัญหาที่ใกล้เคียงได้ โดยนำแนวคิดการทำงานของสมองของมนุษย์มาใช้ในการแก้ปัญหา

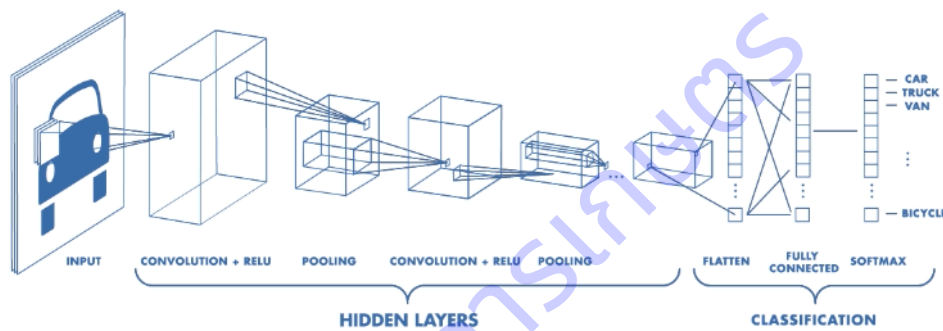
ปัจจุบันนักวิจัยในสาขาต่างๆ ได้มีการปรับแต่งโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกให้มีความซับซ้อนและจำนวนชั้นมากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับการแก้ปัญหาที่ยากและซับซ้อน อย่างไรก็ตามความแม่นยำและประสิทธิภาพของโมเดลไม่ได้ขึ้นอยู่กับความลึกของจำนวนชั้นโครงข่ายประสาทเทียมเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของและจำนวนของชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน



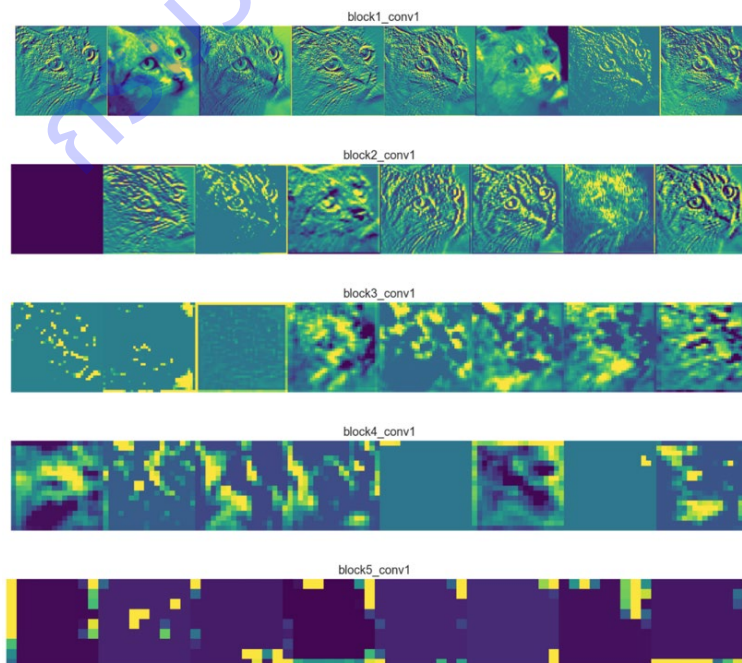
ภาพที่ 38 ตัวอย่างโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบธรรมดาและการเรียนรู้เชิงลึก

2. โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบหนึ่ง ที่จะทำการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) ของข้อมูลภาพออกมาและยังคงความสัมพันธ์ของพิกเซลใกล้เคียงเอาไว้ด้วย เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ลักษณะของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ เช่น รูปร่างของวัตถุ สี ขนาดของวัตถุนภาพ เส้นขอบ เป็นต้น ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานจำแนกประเภทข้อมูลภาพ การรู้จำใบหน้าคน การตรวจจับวัตถุต่าง ๆ เป็นต้น โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันสามารถปรับแก้ชั้นข้อมูลเพื่อให้มีประสิทธิภาพ และตรงกับจุดประสงค์ของงานได้ ภาพที่ 39 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ CNN เบื้องต้นสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ ภาพที่ 40 แสดงตัวอย่างคุณลักษณะของข้อมูลภาพแมวที่ CNN ทำการสกัดออกมาได้ โดยการใช้ตัวกรอง (Filter) ที่มีขนาดของความถี่และรูปแบบแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะบางอย่างมนุษย์ไม่สามารถทำการแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า (Dertat, 2017)



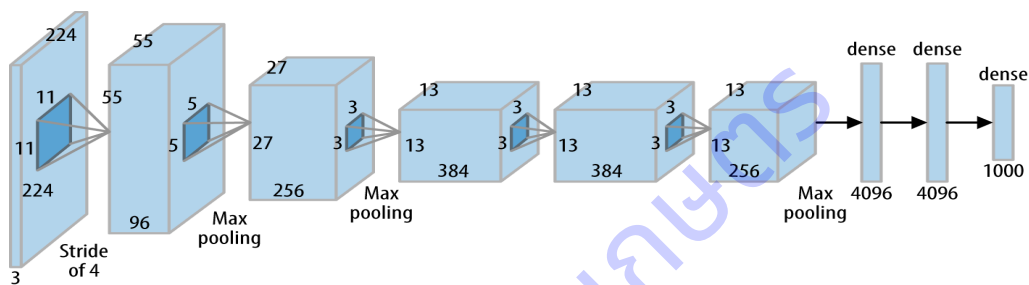
ภาพที่ 39 ตัวอย่างหลักการทำงานของ CNN



ภาพที่ 40 ตัวอย่างหลักการทำงานของ CNN (Dertat, 2017)

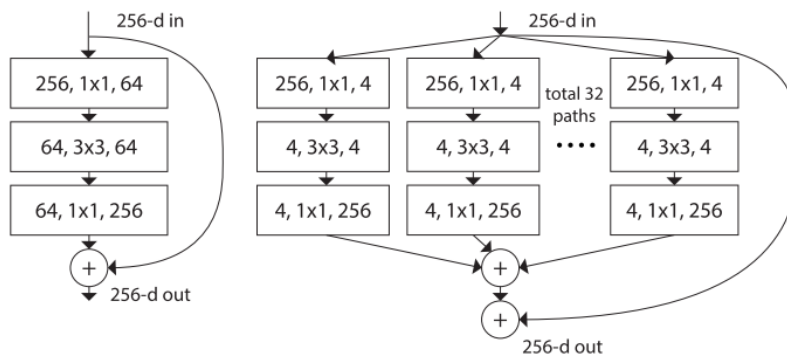
3. โมเดลที่ศึกษา

3.1 โมเดล AlexNet เป็นโมเดลประเภท CNN รูปแบบหนึ่งซึ่งถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานจำแนกประเภทข้อมูลภาพที่มีจำนวนประเภทมากถึง 1000 ประเภท มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องปรับแก้ขณะการฝึกฝนโมเดล 61 ล้าน ตัว จากผลการทดสอบกับชุดข้อมูล ImageNet ซึ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนที่เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดล มีข้อมูลจำนวน 1000 ประเภท พบว่า AlexNet มีค่า Top1 Accuracy อยู่ที่ 56.55 % ซึ่งเป็นค่าที่จะวัดเฉพาะเมื่อโมเดลจำแนกประเภทข้อมูลนั้น ๆ ถูกต้องและให้ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อมูลประเภทนั้นสูงที่สุด โดยในงานวิจัยนี้ได้้นำโมเดล AlexNet มาใช้เนื่องจากเป็นโมเดลที่มีความไม่ซับซ้อน มีจำนวนชั้นโครงข่ายประสาทเทียมน้อย มีจำนวนพารามิเตอร์ที่อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งในงานนี้ได้นำ AlexNet V2 มาใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน (Krizhevsky *et al.*, 2012)



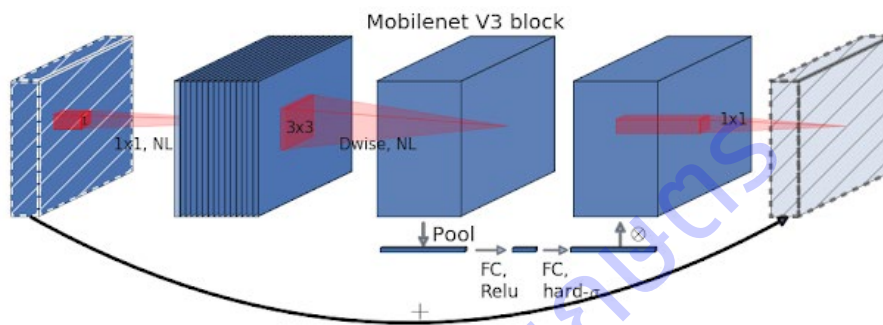
ภาพที่ 41 ตัวอย่างโครงสร้าง AlexNet

3.2 โมเดล ResNext เป็นโมเดลประเภท CNN รูปแบบหนึ่งซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รางวัลอันดับสองในงาน ILSVRC 2016 พัฒนาขึ้นโดย UC San Diego และ Facebook AI Research มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องปรับแก้ขณะการฝึกฝนโมเดล 84 ล้าน ตัว จากผลการทดสอบกับชุดข้อมูล ImageNet พบว่า ResNext มีค่า Top1 Accuracy อยู่ที่ 80.90 % ซึ่งนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ และทดสอบกับชุดข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน โครงสร้างของ ResNext จะมีความคล้ายคลึงกับโมเดล ResNet ที่เป็นที่ยอมรับ แต่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างโดยใช้หลักการ Split-Transform-Merge หรือ การแยก ปรับเปลี่ยน และรวม ภาพที่ 42 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ ResNext เมื่อเปรียบเทียบกับ ResNet (Xie, Saining *et al.*, 2017)



ภาพที่ 42 โครงสร้างบางส่วนของ ResNet (ซ้าย) เปรียบเทียบกับโครงสร้างของ ResNext (ขวา)

3.3 โมเดล MobileNet เป็นโมเดลประเภท CNN รูปแบบหนึ่งที่มีขนาดเล็ก มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยเพียง 5.4 ล้านตัว มีความหวังในการรับส่งข้อมูลน้อยเมื่อนำไปใช้งานจริง เหมาะกับการพัฒนาบนอุปกรณ์หรือเครื่องที่ต้องการความเร็วและมีทรัพยากรจำกัด จากผลการทดสอบกับชุดข้อมูล ImageNet พบว่า MobileNet มีค่า Top1 Accuracy อยู่ที่ 75.20 % ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำสูงและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับจำนวนพารามิเตอร์ ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาระบบและเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานที่ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไปหรือโทรศัพท์มือถือที่ไม่สามารถรองรับการประมวลผลที่ซับซ้อนได้ จึงได้นำโมเดลนี้มาใช้ในการทดสอบและเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของโมเดล MobileNet V3 ซึ่งเป็นโมเดลที่นำมาใช้ในงานวิจัย (Howard *et al.*, 2019)



ภาพที่ 43 ตัวอย่างโครงสร้างของ MobileNet V3

ระเบียบวิธีการวิจัย

พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน มีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1) การเตรียมข้อมูลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนตัวอย่างรวม 900 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม กลุ่มละ 450 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะมีการเก็บใบปาล์มน้ำมันจากทางใบที่ 17 และ 33

2) เตรียมข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมจากห้องปฏิบัติการ

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของใบปาล์มน้ำมันกับค่าวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และค่ามาตรฐานปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการในการแปลผล โดยจัดทำข้อมูลตัวอย่าง (training data) สำหรับการเรียนรู้การจำแนกประเภทข้อมูลใบปาล์มน้ำมันแต่ละอาการ โดยใช้เทคนิค Deep Learning

4) ทดลองการทำโมเดลเบื้องต้น โดยใช้ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิทัลพัฒนาโมเดลแบ่งเป็นโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียมเลือกใช้โมเดลที่เป็นที่นิยม (State of the art) มาพัฒนาโมเดลทำนายผล แบบ Regression ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าธาตุอาหารเปรียบเทียบและเทรนโมเดลหลายรูปแบบ โดยมีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ ชุดข้อมูล ทางใบ เพื่อเลือกโมเดลที่ดีที่สุดสำหรับ ทำนายธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม

ผลการทดลองและอภิปราย

1. ข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันและข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดล

ข้อมูลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนตัวอย่างรวม 900 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม กลุ่มละ 450 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะมีการเก็บใบปาล์มน้ำมันจากทางใบที่ 17 และ 33 และนำใบปาล์มสแกนภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจำนวน 1 ภาพ และถ่ายภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันประมาณ 4-5 ใบ ด้วยกล้องดิจิทัล จากนั้นส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ



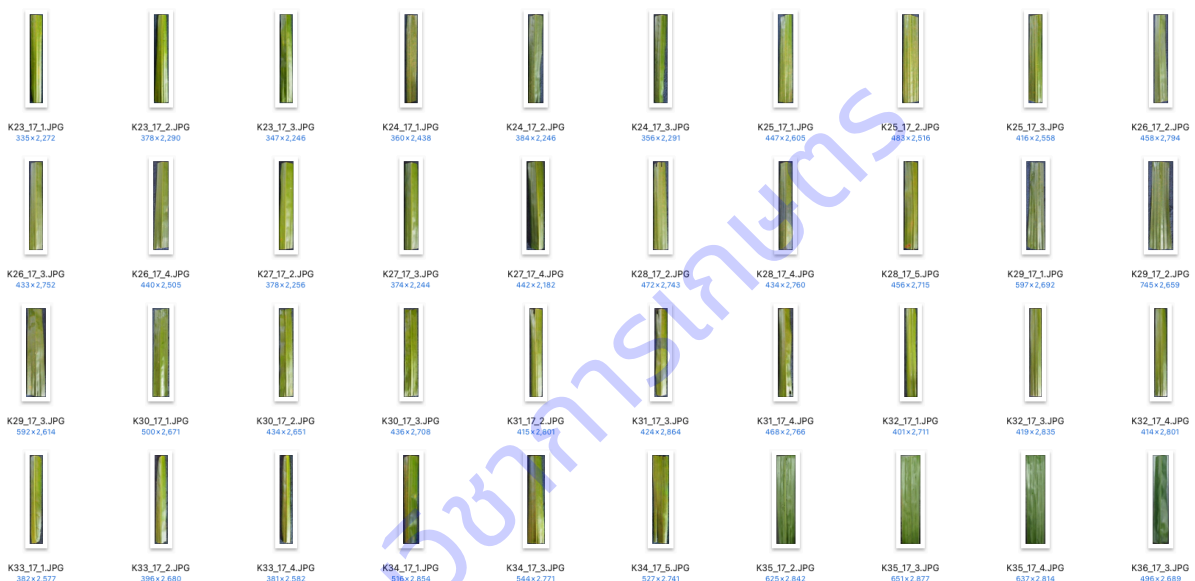
ภาพที่ 44 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลใบปาล์มน้ำมัน

จากการทดลองในปี 2562 และ 2563 พบว่า ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากเครื่องสแกนมีความผิดเพี้ยนของสีภาพ ไม่สามารถทำการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้นำภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิทัลมาทดลองเบื้องต้นในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยทำการตัดภาพเพื่อแยกเป็นภาพของแต่ละใบ เพื่อใช้ในการจัดทำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน (Training Data) (ภาพที่ 45) ได้จำนวนตัวอย่างที่สามารถใช้จัดทำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจน จำนวน 344 ตัวอย่าง 1018 ภาพ และกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจน จำนวน 323 ตัวอย่าง 900 ภาพ (ตารางที่ 7) โดยแต่ละตัวอย่างจะมีค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ได้จากห้องปฏิบัติการซึ่งจะถูกนำมาจัดกลุ่มตามค่ามาตรฐานระดับธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 45) (Fairhurst & Mutert, 1999) และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการฝึกฝนโมเดล (Training Model)

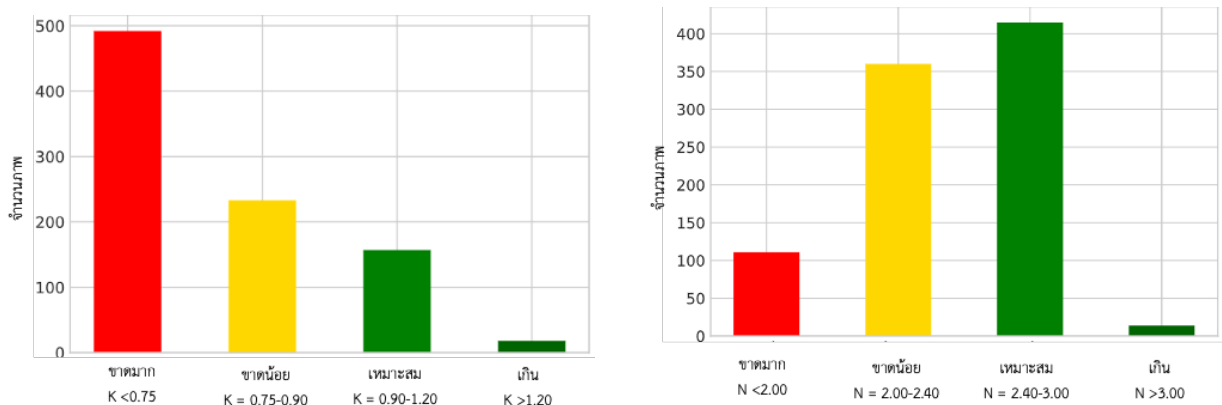
อย่างไรก็ตามข้อมูลจากแต่ละตัวอย่างจะมีมากกว่า 1 ภาพ ที่มีค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารค่าเดียวกันแต่ลักษณะใบปาล์มน้ำมันอาจแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกใบปาล์มน้ำมันที่มีความคล้ายคลึงกันจากแต่ละตัวอย่างเพื่อลดความผิดพลาดและความแปรปรวนของข้อมูลภาพ

ตารางที่ 7 จำนวนตัวอย่างแบ่งตามธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม

กลุ่มตัวอย่างธาตุอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนภาพ
ไนโตรเจน	344	1018
โพแทสเซียม	323	900



ภาพที่ 45 ตัวอย่างภาพจากกล้องดิจิทัลสำหรับใช้ในการจัดทำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน (Training Data)

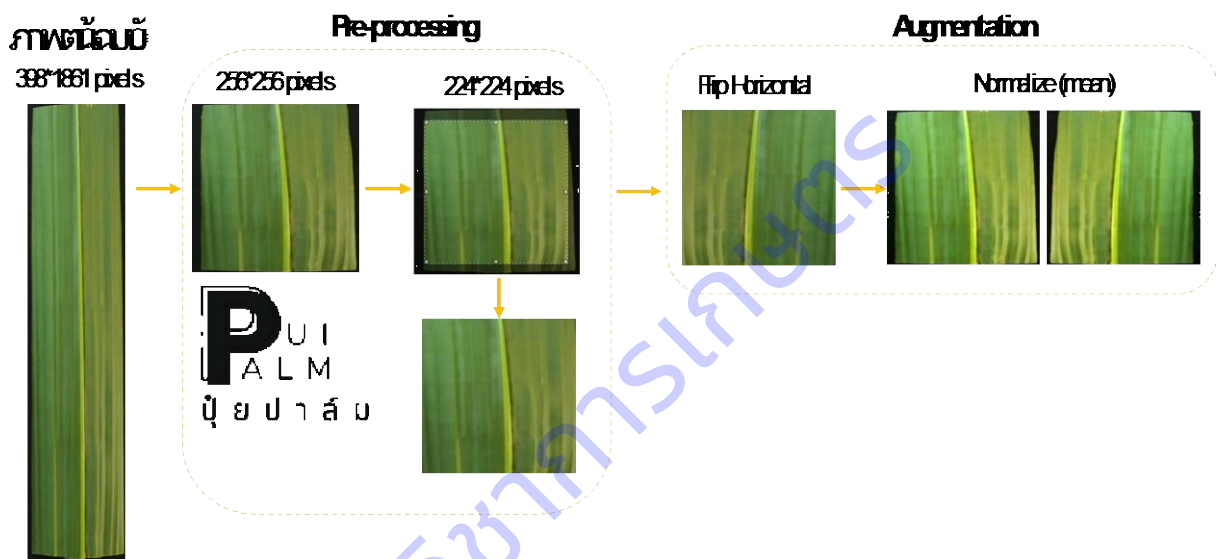


ภาพที่ 45 จำนวนข้อมูลภาพที่ใช้จัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนแบ่งตามสุขภาพ

(ซ้าย) ตัวอย่างในกลุ่มธาตุโพแทสเซียม (ขวา) ตัวอย่างในกลุ่มธาตุไนโตรเจน

2. การเตรียมข้อมูลภาพสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน

ก่อนการนำข้อมูลภาพถ่ายมาใช้สำหรับฝึกฝนโมเดล ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลภาพ (Pre-processing) และการเพิ่มข้อมูลภาพ (Augmentation) สำหรับการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน สำหรับการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน เพื่อให้ภาพเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการทำนายธาตุอาหาร ลดปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ภาพถ่าย ต้นฉบับ เช่น สัดส่วนของภาพ ขนาดของภาพ ค่าความสว่าง เป็นต้น และเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพให้มีความหลากหลายสำหรับการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์โดยการปรับแต่งจากภาพต้นฉบับ เนื่องจากจำนวนข้อมูลภาพตัวอย่างยังคงมีจำนวนน้อยสำหรับงานที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (ภาพที่ 47)



ภาพที่ 47 การปรับแก้และการเพิ่มข้อมูลภาพสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน

2.1 การปรับแก้ข้อมูลภาพ

1) การลดขนาดภาพ (Resize) ปรับแก้ขนาดของภาพต้นฉบับเป็นขนาด 256x256 พิกเซล เพื่อปรับให้ขนาดของภาพมีความเท่ากันและมีขนาดใกล้เคียงกับชั้นโครงข่ายประสาทเทียมแรกของแต่ละโมเดล ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการใช้งานและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลต่าง ๆ

2) การตัดภาพ (Random crop) ตัดภาพให้มีขนาด 224x224 พิกเซล โดยใช้วิธีสุ่มหาพื้นที่ขนาดดังกล่าวบนภาพที่ทำการปรับลดขนาดภาพแล้ว (256x256 พิกเซล) เพื่อตัดข้อมูลบริเวณขอบของภาพซึ่งอาจเป็นพื้นหลังหรือขอบของใบปาล์มน้ำมันที่อาจจะส่งผลให้การทำนายมีความผิดพลาด

2.2 การเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพ

1) การหมุนภาพแบบสุ่มในระนาบแนวนอน (Random Horizontal Flip) นำภาพที่ตัดภาพแล้วขนาด 224x224 พิกเซล มาทำการหมุนแกนภาพแบบสุ่มในระนาบแนวนอน เพื่อเพิ่มจำนวนภาพให้มากขึ้น

2) ปรับแก้ข้อมูลภาพโดยวิธีนอร์มัลไลซ์ (Normalization) ภาพที่ได้ทำการสุ่มหมุนแกนภาพแล้ว จะถูกนำมาปรับแก้ค่าของแต่ละพิกเซลโดยวิธีนอร์มัลไลซ์ด้วย ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (std) ของข้อมูลภาพ

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของโมเดล

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันสำหรับการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของโมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และ โมเดล MobileNet V3 เพื่อเลือกโมเดลที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยกำหนดให้มีการใช้พารามิเตอร์พื้นฐานและชุดข้อมูลในการฝึกฝนที่เหมือนกัน ได้แก่

- จำนวนข้อมูลย่อยในการฝึกฝนแต่ละครั้ง (Batch) = 64 ภาพ
- จำนวนรอบในการฝึกฝน (Epochs) = 150 รอบ
- Optimizer = Stochastic Gradient Descent (SDG)
- ฟังก์ชันการดำเนินงานผล (Activator Function) = ReLU
- GPU = NVIDIA GTX 1080 Ti 11GB
- สัดส่วนของข้อมูลสำหรับฝึกฝนและทดสอบ = 70/30 เปอร์เซนต์
- Learning Rate : 0.00001

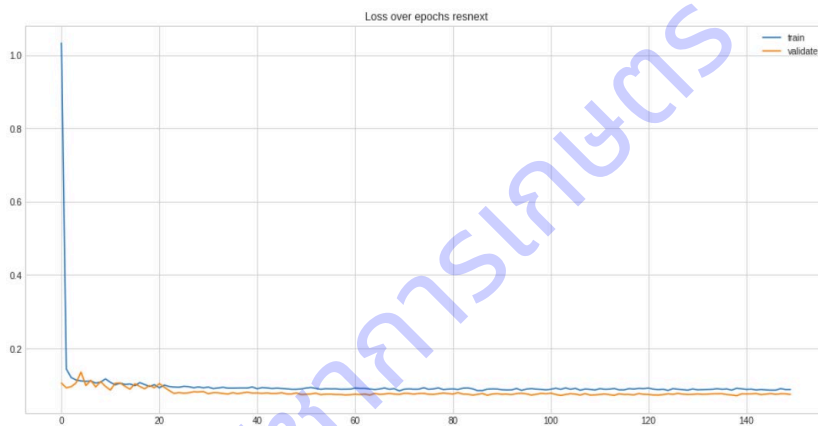
กลุ่มสุภาพร่วมกันสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่าการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนแบบแยกทางใบ และแยกกลุ่มสุภาพ ในรายงานสรุปผลจึงแสดงผลเฉพาะการใช้ข้อมูลในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนเพื่อพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และใช้ข้อมูลในกลุ่มอาการขาดธาตุโพแทสเซียมสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนเพื่อพัฒนาโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

3.1 การเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน

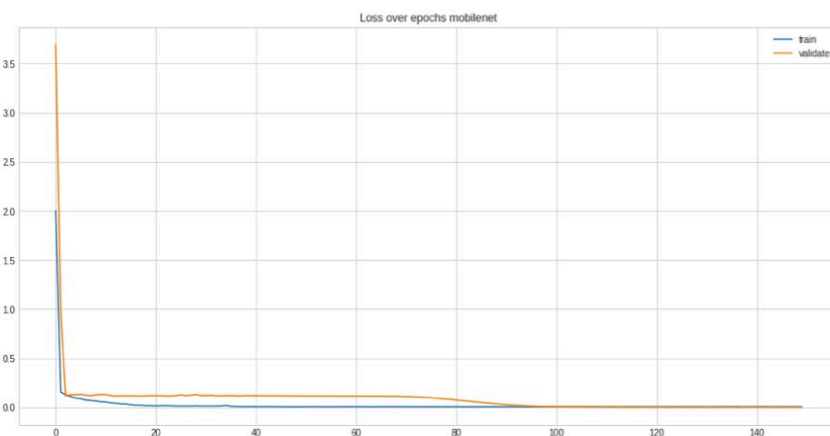
จากการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 48-50)



ภาพที่ 48 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุไนโตรเจน



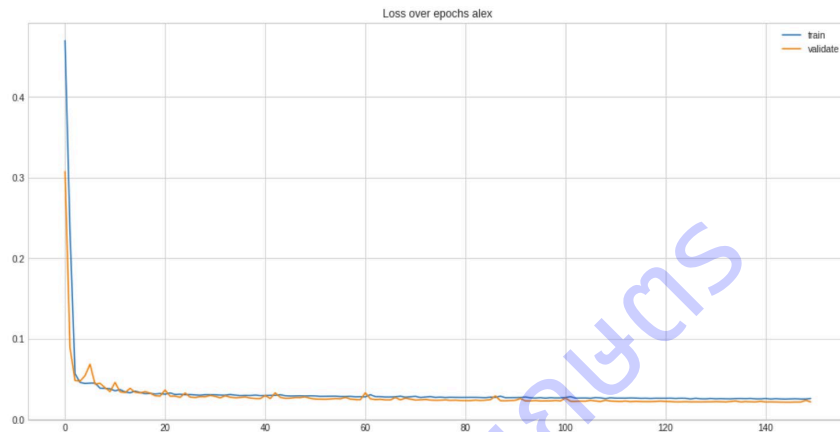
ภาพที่ 49 กราฟแสดงค่า Loss ของ ResNext ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝน ในการทำนายธาตุไนโตรเจน



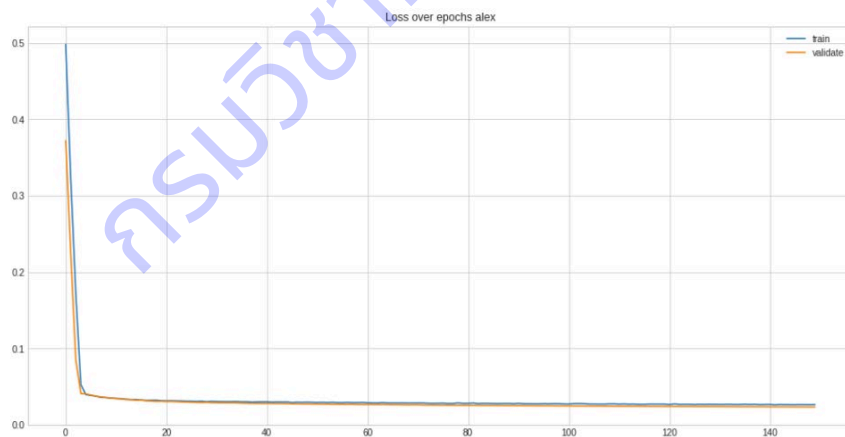
ภาพที่ 50 กราฟแสดงค่า Loss ของ MobileNet V3 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุไนโตรเจน

3.2 การเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม

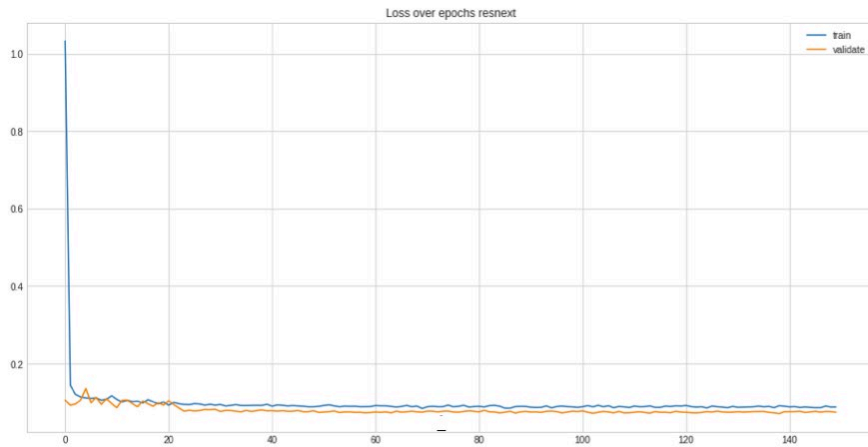
จากการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNet และโมเดล MobileNet V3 โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 51-53) โดยรวมค่า Loss ของการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียมมีค่าที่สูงกว่าธาตุไนโตรเจนทุกโมเดล



ภาพที่ 51 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม



ภาพที่ 52 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝน ในการทำนายธาตุโพแทสเซียม



ภาพที่ 53 กราฟแสดงค่า Loss ของ ResNext ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม



ภาพที่ 54 กราฟแสดงค่า Loss ของ MobileNet V3 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัย กิจกรรมพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน โดยศึกษาและพัฒนา จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด

2. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน โดยศึกษาและพัฒนา จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด

3. ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจนสูงกว่าโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

4. โมเดล MobileNet V3 สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหาร ในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในระดับเหมาะสม และเกินค่ามาตรฐาน มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยทำให้โมเดลมีการเรียนรู้น้อย จึงทำให้ค่าการทำนายในระดับดังกล่าวมีความแม่นยำต่ำ อย่างไรก็ตามได้แก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมให้กับต้นปาล์มน้ำมัน ให้มีการดูดใช้และสะสมธาตุดังกล่าวในให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและเกินค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 แต่ก็ยังมีปริมาณไม่มากพอ จึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลดังกล่าวสะสมในระยะยาวเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของโมเดลให้แม่นยำมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆ นำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน สำหรับพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

3. ควรมีการศึกษาพัฒนาโมเดลสำหรับการทำนายธาตุอาหารธาตุอื่นๆ ที่สำคัญในปาล์มน้ำมันและแสดงอาการขาดทางใบที่ชัดเจน ได้แก่ ธาตุแมกนีเซียมและธาตุโบรอน เป็นต้น

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานของโครงการ พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing ดำเนินการระหว่างปีงบประมาณ 2560-2564 สามารถสรุปผลการดำเนินงานและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการดำเนินงาน

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่าความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมกับค่าสี พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้

2. การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering สำหรับจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบว่า การสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสีสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจน ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสี และธาตุโพแทสเซียม ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสี

3. ได้จัดทำแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ทางใบที่ 17 และ 33 สำหรับประเมินระดับของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเบื้องต้น

4. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม ศึกษาและพัฒนา จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs เหมือนกัน พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ต่ำที่สุด หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างภาพถ่ายที่ได้จากสแกนในบางตัวอย่างมีภาพและสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริง จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ อย่างไรก็ตามได้มีการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลไว้ด้วย จึงได้นำภาพจากกล้องดิจิทัลมาใช้ในการศึกษาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการศึกษาด้านภาพถ่าย ควรมีการถ่ายภาพจากเครื่องมือที่หลากหลายเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบกับการดำเนินงานวิจัย

2. การใช้ค่าสีจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในการประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 เพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายอื่นๆในการศึกษาวิจัย

3. การใช้งานแผ่นเทียบสีไบโพลัมน้ำมันที่พัฒนาจากงานวิจัย สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในไบโพลัมน้ำมันทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 ในเบื้องต้นเท่านั้น โดยบอกเป็นระดับปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมที่สะสม คือ ระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน

4. ตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหาร ในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในระดับเหมาะสม และเกินค่ามาตรฐาน มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยทำให้โมเดลมีการเรียนรู้น้อย จึงทำให้ค่าการทำนายในระดับดังกล่าวมีความแม่นยำต่ำ อย่างไรก็ตามได้แก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมให้กับต้นปาล์มน้ำมัน ให้มีการดูดใช้และสะสมธาตุดังกล่าวในให้อยู่ในระดับเหมาะสมและเกินค่ามาตรฐานธาตุอาหารในไบโพลัมน้ำมันทางใบที่ 17 แต่ก็ยังมีปริมาณไม่มากพอ จึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลดังกล่าวสะสมในระยะยาวเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของโมเดลให้แม่นยำมากขึ้น

5. ควรมีการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆ นำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายไบโพลัมน้ำมัน สำหรับพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

6. ควรมีการศึกษาพัฒนาโมเดลสำหรับการทำนายธาตุอาหารธาตุอื่นๆ ที่สำคัญในปาล์มน้ำมันและแสดงอาการขาดทางใบที่ชัดเจน ได้แก่ ธาตุแมกนีเซียมและธาตุโบรอน เป็นต้น

บรรณานุกรม

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิค Image Processing

- กรมวิชาการเกษตร. 2554. เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร. เอกสารประกอบการอบรม. ธีระ เอกสมธราเมษฐ์. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. ภาควิชาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- Afonso, T., Moresco, R., Uarrota, V. G., Navarro, B. B., Nunes, E. da C., Maraschin, M., & Rocha, M. (2017). UV-Vis and CIELAB Based Chemometric Characterization of *Manihot esculenta* Carotenoid Contents. *Journal of Integrative Bioinformatics*, 14(4), 1–13. <https://doi.org/10.1515/jib-2017-0056>
- Aguirre-Pablo, A. A., Alarfaj, M. K., Li, E. Q., Hernández-Sánchez, J. F., & Thoroddsen, S. T. (2017). Tomographic Particle Image Velocimetry using Smartphones and Colored Shadows. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03722-9>
- Cardani, D. (2001). Adventures in hsv space. de Robótica, Instituto Tecnológico Autónomo de, 1–10. <http://132.68.58.138/labs/anat/hsvspace.pdf>
- Dolmiere, T., Ladret, P., & Nicolas, M. (2008). The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric Fr´ To cite this version: The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric. *Human Vision and Electronic Imaging XII*, 6492, 64920I. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00232709%0Ahttps://se.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/24676-image-blur-metric>
- Donon, Y., Paringer, R., Kupriyanov, A., & Goshin, Y. (2019). Blur-robust image registration and stitching. *Journal of Physics: Conference Series*, 1368(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1368/5/052043>
- Dubey, S. R., Dixit, P., Singh, N., & Gupta, J. P. (2013). Infected Fruit Part Detection using K-Means Clustering Segmentation Technique. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2(2), 65. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2013.229>
- Fairhurst, T. H., & Mutert, E. (1999). Interpretation and Management of Oil Palm Leaf Analysis Data. *Better Crops International*, 13(1), 48–51.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing second edition*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 455.

- Jumb, V., Sohani, M., & Shrivastava, A. (2014). Color Image Segmentation using K-Means Clustering and Otsu's Adaptive Thresholding. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 3(9), 72–76.
- Kakran, A., & Mahajan, R. (2012). Monitoring growth of wheat crop using digital image processing. *Digital Image Processing*, 4(12), 631–635.
- Ly, B. C. K., Dyer, E. B., Feig, J. L., Chien, A. L., & Del Bino, S. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*, 140(1), 3-12.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003>
- Mahajan, S. and Singh, A. (2012). A Review of Methods and Approach for Secure Steganography. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2, 484-488.
- Mercado-Luna, A., Rico-García, E., Lara-Herrera, A., Soto-Zarazúa, G., Ocampo-Velázquez, R., Guevara-González, R., Herrera-Ruiz, G., & Torres-Pacheco, I. (2002). African journal of biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 9(33), 5326–5332.
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92074/81517>
- Miyatra, A., & Solanki, S. (2014). Disease and nutrient deficiency detection in cotton plant. *International Journal of Engineering Development and Research*, 2(2), 2801–2804.
- Ruksiamza, K. (2020). Machine Learning (K-Means Clustering).
<https://kongruksiamza.medium.com/สรุป-machine-learning-ep-7-การจัดกลุ่มด้วย-k-means-k-means-clustering-2423389f6c10>
- Srimani, P. K., & Nithyanandhan, K. (2016). Analysis of the Leaf Histogram with HSV-Model. *International Journal of Engineering and Management Research*, 6, 64–68.
[http://www.ijemr.net/DOC/AnalysisOfTheLeafHistogramWithHSVModel\(64-68\).pdf](http://www.ijemr.net/DOC/AnalysisOfTheLeafHistogramWithHSVModel(64-68).pdf)
- Tewari, V. K., Arudra, A. K., Kumar, S. P., Pandey, V., & Chandel, N. S. (2013). Estimation of plant nitrogen content using digital image processing. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(2), 78–86.
- Waltz, F. M., & Miller, J. W. V. (1998). An efficient algorithm for Gaussian blur using finite-state machines. July, 1–8.

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

Dertat, A. 2017. Convolutional layer filter. Towards Data Science,

<https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2>

Howard, A.; Sandler, M.; Chu, G.; Chen, L.C.; Chen, B.; Tan, M.; Wang, W.; Zhu, Y.; Pang, R.;

Vasudevan, V.; et al. Searching for mobilenetv3. *In* Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Seoul, Korea, 2 September–27 October 2019; pp. 1314–1324.

Krizhevsky, Alex, Sutskever, Ilya, and Hinton, Geoffrey E. 2012. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *In* NIPS, pp. 1097–1105, 2012.

Xie Saining, Ross Girshick, Piotr Dollar, Zhuowen Tu, Kaiming He. 2017. Aggregated Residual Transformations for Deep Neural Networks.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing

ภาคผนวก ก: แผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมัน



กรมวิชาการเกษตร