ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การจัดทำค่ามาตรฐานของมหธาตุสำหรับแปลผลวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชัน

Standard Values of Macronutrient Elements for Soil and Plant Analysis in Turmeric (*Curcuma longa* L.)

นายสุทธิ์เดชา ขุนทอง

นางชนินาถ การะภักดี

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 62-63-09-04-010903-010-106-02-11

กลุ่มวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 62-63-09-04-010903-010-106-02-11

ชื่อโครงการวิจัย การจัดทำค่ามาตรฐานของมหาธาตุสำหรับแปลผลวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชัน

ผู้รับผิดชอบ นายสุทธิ์เดชา ขุนทอง

ที่ปรึกษาโครงการ นายรัตนชาติ ช่วยบุดดา ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์วิจัยดินทางเคมี

ผู้ร่วมดำเนินการ นางชนินาถ การะภักดี

หน่วยงาน กลุ่มวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

เริ่มต้น เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2561 สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2563

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 24 เดือน

สถานที่ดำเนินการ 1) พื้นที่ปลูกขมิ้นชันของจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และกาญจนบุรี รายละเอียดตามภาคผนวกที่ 1

2) ห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2562	-	264,800	264,800
2563	-	300,000	300,000

แหล่งงบประมาณที่ใช้ งบประมาณประจำปีของกรมพัฒนาที่ดิน

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....

นายสุทธิ์เดชา ขุนทอง

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ทะเบียนวิจัยเลขที่	62-63-09-04-010903-010-106-02-11
ชื่อโครงการวิจัย	การจัดทำค่ามาตรฐานของมหธาตุสำหรับแปลผลวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชัน Standard values of macronutrient elements for soil and plant analysis in Turmeric (*Curcuma longa* L.)
กลุ่มชุดดิน	-
สถานที่ดำเนินการ	1) พื้นที่ปลูกขมิ้นชันของจังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และกาญจนบุรี รายละเอียดตามภาคผนวกที่ 1 2) ห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายสุทธิ์เดชา ขุนทอง (Mr. Sutdacha Khunthong) นางชนินาถ การะภักดี (Mrs. Chaninat Karapakdee)

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยา สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในวงการแพทย์ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการปลูกขมิ้นชัน ยังไม่มีรายงานค่ามาตรฐานมหธาตุสำหรับใช้แปลผลวิเคราะห์ดินและพืชในการให้คำแนะนำปุ๋ย ซึ่งเป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการสูง จึงศึกษาการสร้างค่ามาตรฐานของมหธาตุในขมิ้นชัน โดยการวิเคราะห์สถานะธาตุอาหารในดิน ใบ และเหง้าขมิ้นชันจากแปลงของเกษตรกร จำนวน 105 แปลง ครอบคลุมพื้นที่ ทั้งบริเวณที่ให้ผลผลิตสูง ปานกลาง และผลผลิตต่ำ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลผลผลิต และวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าในแต่ละแปลง นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารกับผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ จากนั้นกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารโดยใช้วิธีเส้นขอบเขต พบว่า ดินที่ให้ผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันสูง ควรมีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว อยู่ในช่วง 24.26-31.13, 27.60-35.11 และ 19.70-31.63 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ พีเอช และอินทรียวัตถุ ควรอยู่ในช่วง 5.8-6.4 และ 31.54-39.43 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่สกัดได้ ควรอยู่ในช่วง 16.30-29.78, 167-247, 1,315-1,842, 169-228 และ 4.30-7.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในใบขมิ้นชัน ควรอยู่ในช่วง 23.07-26.16, 2.59-3.08, 31.35-36.59, 9.82-11.34, 2.17-2.59 และ 0.48-0.72 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แนวทางประเมินการใช้ปุ๋ยควรพิจารณาจากสถานะธาตุอาหารในดินและพืชควบคู่กัน

คำสำคัญ: ธาตุอาหารพืช, คำแนะนำปุ๋ย, เคอร์คูมินอยด์, สมดุลธาตุอาหาร, เส้นขอบเขต

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

Turmeric is a plant with medicinal properties that can be used in the medical community. However, the standard concentration values of macronutrients in soil and plant for fertilizer recommendations have not been reported, which is the nutrient group that plants need high. The objective of this research was to establish standard plant nutrients for Turmeric. Samples of 105 plots of turmeric leaf soil and rhizomes from high, medium and low yield areas were analyzed for nutrient status and recorded. Turmeric rhizomes were further analyzed for curcuminoids. The relationship between nutrient concentration and curcuminoid yield were used to set nutrient standard values using boundary-line. The results revealed that the sufficient ranges of sand, silt and clay particles in soils with high curcuminoid yield from turmeric rhizome were 24.26-31.13, 27.60-35.11 and 19.70-31.63 percent, while the sufficient ranges of soil pH, organic matter were 5.8-6.4 and 31.54-39.43 g/kg, respectively. The sufficient ranges of available phosphorus, extractable potassium, calcium, magnesium and sulfur were 16.30-29.78, 167-247, 1,315-1,842, 169-228 and 4.30-7.69 mg/kg, respectively. In addition, the results showed that the sufficient ranges of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur in turmeric leaf were 23.07-26.16, 2.59-3.08, 31.35-36.59, 9.82-11.34, 2.17-2.59 and 0.48-0.72 g/kg, respectively. However, the guidelines for evaluation of fertilizers should consider on the nutrient status in soil and plant.

Keyword: plant nutrients, fertilizer recommendations, curcuminoid, nutrient balance, boundary-line

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์	(1)
บทคัดย่อ	(2)
Abstract	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญภาคผนวก	(8)
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
ระยะเวลา และสถานที่ดำเนินการ	15
วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ	16
ผลการทดลอง	20
วิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	34
ประโยชน์ที่ได้รับ	35
การเผยแพร่ผลงานวิจัย	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	41

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่ามาตรฐานความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืชบางชนิดโดยประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง	9
2	เปรียบเทียบการจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบลองกองระหว่างวิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง และการใช้วิธีเส้นขอบเขต	11
3	ค่ามาตรฐานธาตุอาหารหลักในดินปลูกข้าวจากการใช้สมการพหุนามกำลังสองเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	13
4	ค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้น	27
5	ค่ามาตรฐานของมหธาตุในใบขมิ้นชัน	29

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แนวคิดการตอบสนองของพืชต่อระดับธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอ๊ค ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตพืชจะถูกจำกัดโดยระดับธาตุอาหารที่พืชขาดแคลนสูงสุด จากตัวอย่างโพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำกัดผลผลิต	5
2	แบบจำลองการตอบสนองต่อธาตุอาหารของ Mitscherlich เมื่อสมมติให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 100 หน่วย และปริมาณธาตุอาหารที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 15 หน่วย	6
3	แบบจำลองสมดุลมวลของธาตุอาหารพืชระหว่างแหล่งที่มาของธาตุอาหารในดิน (ลูกศรสีเขียว) กับแหล่งที่ทำให้ธาตุอาหารสูญเสียออกจากพื้นที่ (ลูกศรสีดำ) สำหรับใช้จัดการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้นมะกอก	8
4	การใช้วิธีเส้นขอบเขตกำหนดระดับแคลเซียมที่เหมาะสมในต้นกระบองเพชร	11
5	การใช้สมการพหุนามกำลังสองกำหนดระดับกำมะถันที่เหมาะสมในใบยางพาราระยะก่อนเปิดกรีด	12
6	การใช้สมการพหุนามกำลังสองร่วมกับวิธีเส้นขอบเขตกำหนดระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมในใบยางพารา	13
7	ขนาดอนุภาคทราย (a) ทรายแป้ง (b) ดินเหนียว (c) พีเอช (d) อินทรียวัตถุ (e) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (f) โพแทสเซียม (g) แคลเซียม (h) แมกนีเซียม (i) และกำมะถัน (j) ที่สกัดได้ จากพื้นที่ปลูกขมิ้นชันโดยรวม	21
8	ปริมาณไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในใบขมิ้นชัน	22
9	ปริมาณไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในเหง้าขมิ้นชัน	23

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ปริมาณผลผลิตขมิ้นชัน ได้แก่ ผลผลิตน้ำหนักสด (a) ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (b) และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ ความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์ (c) และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ (d)	24
11	การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับอนุภาคดินขนาดทราย (a) ทรายแป้ง (b) และ ดินเหนียว (c)	25
12	การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับระดับพีเอช (a) อินทรียวัตถุ (b) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (c) โพแทสเซียม (d) แคลเซียม (e) แมกนีเซียม (f) และกำมะถัน (g) ที่สกัดได้ในดิน	26
13	การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับความเข้มข้นไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในใบขมิ้นชัน	28

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวกที่		หน้า
1	รายละเอียดพื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช	42
2	ผลผลิตขมิ้นชันจำแนกรายแปลง	46
3	สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง	50
4	ความเข้มข้นของมหธาตุในใบขมิ้นชันจำแนกรายแปลง	57
5	ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง	61
6	วิธีวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์ ดัดแปลงจากวิธีการของ Thai Herbal Pharmacopoeia volume 1	65
7	การเก็บตัวอย่างดิน เหง้า และใบขมิ้นชัน บริเวณ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับใช้จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช	66
8	การให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับวิธีเก็บตัวอย่างดิน และเหง้าขมิ้นชัน สำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหาร ในพื้นที่ อำเภอสังขละบุรี และ ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	66
9	การเก็บตัวอย่างใบขมิ้นชันบริเวณพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและกาญจนบุรีสำหรับใช้จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช	67
10	การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืช แก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช	67

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวกที่		หน้า
11	การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืช แก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอศีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	68
12	การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืช แก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอไทรโยค สังขละบุรี และ ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	68

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

หลักการและเหตุผล

ขมิ้นชัน (Turmeric : *Curcuma longa* L.) จัดเป็นพืชสมุนไพร 1 ใน 6 ชนิดของยาบัญชีหลัก เนื่องจากในเหง้าขมิ้นชันพบสารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านยา อาหาร และเครื่องสำอาง ประกอบกับปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางทางการแพทย์จึงมีนโยบายเร่งด่วน สนับสนุนให้มีการพัฒนางานวิจัยและการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรของไทยทั้งในด้านการผลิตเป็นยารักษาโรคเพื่อทดแทนการนำเข้ายาแผนปัจจุบันจากต่างประเทศและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและผลักดันให้เป็นสินค้าส่งออกสำหรับพื้นที่ปลูกขมิ้นชัน ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 5,000 ไร่ 90 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในภาคใต้ ส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชรอง หรือพืชเสริมรายได้ในช่วงที่ราคายางพาราตกต่ำ อย่างไรก็ตาม การปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวมีน้อยทำให้ไม่มีการเก็บสถิติเนื้อที่ปลูกและผลผลิต แต่มีรายงานแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราชพังงา ชุมพร พัทลุง ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ชลบุรี กาญจนบุรี และนครราชสีมา ผลผลิตรวมทั้งประเทศ ประมาณ 10,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548)

การปลูกขมิ้นชันให้ได้ทั้งปริมาณผลผลิต และมีคุณภาพแต่ยังคงความความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ ในกระบวนการปลูกจำเป็นต้องมีการจัดการดูแลตามหลักวิชาการ โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหาร มหธาตุ (macronutrient elements) ซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันจึงถือเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมปริมาณ และคุณภาพผลผลิต (ยงยุทธ, 2552) แต่ในปัจจุบันค่ามาตรฐานของธาตุอาหารดังกล่าวสำหรับใช้แปลผลการวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชันยังไม่มีการศึกษาแน่ชัด ถึงระดับธาตุอาหารในช่วงขาดแคลน (deficient) ต่ำ (low) เพียงพอ (sufficient) หรือสูงเกินไป (excessive) โดยทั่วไปแนะนำใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใส่ประมาณ 15 กรัมต่อต้น โดยใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังปลูก 1 เดือน ส่วนครั้งที่สอง หลังปลูก 3 เดือน (สุภาภรณ์, 2558) คำแนะนำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจึงอาจไม่มีความเหมาะสม อาจส่งผลให้ขมิ้นชันได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ หรือมากเกินไป ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน เช่น ในกรณีของลองกองที่ขาดแคลเซียม และแมกนีเซียม พบว่ามีโพแทสเซียมในใบเกินความต้องการ หรือในกรณีของฟอสฟอรัสหากมีการใส่ฟอสเฟตมากเกินไป ฟอสฟอรัสอาจไปลดความเป็นประโยชน์ของสังกะสี (จำเป็น และคณะ, 2549)

ดังนั้น จำเป็นต้องจัดทำค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน สำหรับแปลผลการวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชัน เพื่อใช้ให้คำแนะนำปุ๋ยแก่เกษตรกร ซึ่งสามารถทำได้โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างดิน และพืชจากแปลงเกษตรกร จากนั้นใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน หรือพืชกับปริมาณผลผลิต สำหรับจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ในช่วงขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป โดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหาร กับปริมาณผลผลิตในช่วง <60, 60-80, 80-100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เริ่มทำให้ผลผลิตลดลง ตามลำดับ (จำเป็น และคณะ, 2549)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์

จัดทำค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน สำหรับใช้แปลผลวิเคราะห์ดินและพืชในขมิ้นชัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การตรวจเอกสาร

1. ขมิ้นชัน (Turmeric :*Curcuma longa* L.)

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพร จัดเป็นพืชพืชล้มลุกในตระกูลชิงจิเบอราซีอี (Zingiberaceae) มีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดเกี่ยวกับแหล่งธรรมชาติในสภาพพืชป่า มีข้อสันนิษฐานว่าเป็นพืชปลูกที่เกิดจากกระบวนการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ และมีโครโมโซม 3 ชุด ซึ่งเป็นหมันและมีการสืบทอดพันธุ์กันต่อมาโดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์ และขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ระหว่างขมิ้นชันสายพันธุ์ที่มีโครโมโซม 2 คู่ และ 4 คู่ การปลูกขมิ้นชันสันนิษฐานว่าเริ่มขึ้นในประเทศอินเดีย และแพร่กระจายไปสู่ประเทศจีน แอฟริกาตะวันออก และแอฟริกาตะวันตก ในศตวรรษที่ 7, 8 และ 13 ตามลำดับ ปัจจุบันมีเขตการกระจายพันธุ์ปลูกทั่วไปในภูมิภาคที่มีอากาศร้อน หรือร้อนชื้นทั่วโลก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) แหล่งปลูกขมิ้นชันเป็นการค้า ได้แก่ อินเดีย บังคลาเทศ จีน ไต้หวัน เปรู และอินโดนีเซีย ในแต่ละปีมีผลผลิตประมาณ 200,000-300,000 ตัน โดยมีอินเดียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก ซึ่งผลผลิตจากอินเดีย และบังคลาเทศรวมกันประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตโลก อย่างไรก็ตาม ความต้องการใช้ภายในประเทศของอินเดียค่อนข้างสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตในประเทศส่วนที่เหลือส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 5,000 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) ในแต่ละท้องถิ่นมีชื่อเรียกขมิ้นชันแตกต่างกันไป ได้แก่ ขมิ้นแกง (เชียงใหม่) ขมิ้นชัน (กลาง, ใต้) ขมิ้นหยอก (เชียงใหม่) ขมิ้นหัว (เชียงใหม่) ขี้มิ้น, หมิ้น (ตรัง, ใต้) ตายอ (กะเหรี่ยง กำแพงเพชร) และ สะยอ (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) (วิกิพีเดีย, 2562) 90 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกอยู่ในภาคใต้ ส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชรองหรือพืชเสริมรายได้ นิยมใช้ปรุงแต่งกลิ่นและรสในอาหารหลายชนิด เช่น แกงเหลือง แกงไตปลา แกงกะหรี่ ไก่ทอดขมิ้น เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548)

ขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุกอายุหลายปีมีลำต้นจริงอยู่ใต้ดินเรียกว่า เหง้า (rhizome) ซึ่งประกอบด้วยเหง้าหลักใต้ดินเรียกว่า “หัวแม่” มีลักษณะรูปไข่ และแตกแขนงทรงกระบอกออกด้านข้างทั้ง 2 ด้าน เรียกว่า “แง่ง” (finger) ส่วนลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นที่เกิดจากการอัดตัวกันของกาบใบมีความสูงประมาณ 30-90 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ มีลักษณะยาวรี โคนใบสอบหรือมน ปลายใบแหลม กว้างประมาณ 10-20 เซนติเมตร และยาวประมาณ 30-45 เซนติเมตร มีเส้นกลางใบเห็นได้ชัดเจนทางด้านล่างของใบ ใบเรียงแบบสลับและอยู่กันเป็นกลุ่ม เมื่อโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 6-10 ใบต่อต้น ก้านใบยาวประมาณ 8-15 เซนติเมตร เป็นก้านใบแคบ ๆ มีร่องแผ่ครึ่งออกเล็กน้อย ในหน้าแล้งใบจะแห้ง เหลือเฉพาะเหง้าอยู่ใต้ดิน แต่ในฤดูฝนหากไม่เก็บเกี่ยวผลผลิตเหง้าในดินสามารถแตกต้นใหม่ออกมาอีกครั้ง ส่วนลักษณะดอกจะออกเป็นช่อใหญ่ แทงออกจากเหง้า ก้านช่อดอกมียาวประมาณ 5-8 เซนติเมตร ตรงปลายช่อดอกจะมีสีชมพูอ่อน จัดเรียงซ้อนกันอย่างมีระเบียบ ใบประดับ 1 ใบ จะมีดอกอยู่ 2 ดอก ใบประดับย่อยนั้นรูปขอบจะขนานยาว 3-3.5 เซนติเมตร กลีบรองกลีบดอกจะเชื่อมติดกันเป็นรูปท่อ มีขน กลีบดอกจะมีสีขาว ตรงโคนเชื่อมติดกันเป็นท่อยาว ส่วนปลายแยกเป็น 3 ส่วน ปกติดอกจะบานครั้งละ 3-4 ดอก อย่างไรก็ตาม ปกติดอกขมิ้นชันจะเป็นหมัน จึงมักไม่ติดผลและเมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) ขมิ้นชันชอบแสงแดดจัด เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทราย การระบายน้ำดี อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27-33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 81 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝน 1,800-2,000 มิลลิเมตรต่อปี วิธีปลูกหากใช้ส่วนของแง่ง ต้องเลือกแง่งที่

สมบูรณ์ มีตา 2-3 ตา น้ำหนักประมาณ 10-20 กรัมต่อแง่ง ส่วนการใช้หัวแม่ ให้ใช้ 1 หัวต่อหลุม แต่หากหัวพันธุ์มีขนาดใหญ่ให้ตัดเป็นท่อน ๆ แต่ต้องมีตาติดอยู่ไม่น้อยกว่า 2 ตา เช่นเดียวกับการใช้แง่ง การปลูกใช้ระยะ 35 x 50 เซนติเมตร ขุดหลุมลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร เริ่มปลูกในช่วงต้นฤดูฝนประมาณปลายเดือนเมษายน ถึงต้นเดือนพฤษภาคม ขมิ้นจะใช้เวลาในการงอกประมาณ 30-70 วันหลังปลูก ในระยะนี้หากฝนไม่ตกจำเป็นต้องให้น้ำ หลังจากนั้นเมื่อขมิ้นมีอายุได้ 9-11 เดือน จึงจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (สุภาภรณ์,2558) ปัจจุบันขมิ้นชันจัดเป็นพืชสมุนไพร 1 ใน 6 ชนิดของยาบัญชีหลัก เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารสำคัญประเภทเคอร์คูมินอยด์ เป็นสารสีเหลืองส้ม หรือสีเหลืองแดง และน้ำมันหอมระเหยมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งขมิ้นชันที่ดีต้องมีปริมาณเคอร์คูมินอยด์คำนวณเป็นเคอร์คูมินไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และน้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ตามมาตรฐานของตำรับยาสมุนไพรไทย หรือตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกต้องไม่น้อยกว่า 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันมีฤทธิ์ทางยาที่สำคัญคือกระตุ้นการขับน้ำดีทำให้การย่อยอาหารดีขึ้นลดการบีบตัวของลำไส้ ต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหารลดการอักเสบต้านอนุมูลอิสระต้านเชื้อแบคทีเรียต้านเชื้อรา ปัจจุบันจึงเป็นที่ต้องการของตลาดยา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการธาตุอาหารพืช (theory of plant nutrient management)

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชมี 17 ธาตุ แบ่งเป็นกลุ่มที่พืชได้รับจากน้ำและอากาศ 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ส่วนใหญ่จึงเป็นธาตุที่มีเพียงพอ ส่วนธาตุอีกกลุ่มพืชได้รับจากดิน และมักเป็นธาตุที่จำกัดผลผลิตพืช แบ่งเป็นมหธาตุ จัดเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณสูง มี 6 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน โดยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้พืชทุกชนิดยังต้องการธาตุอาหารกลุ่มจุลธาตุ เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่ขาดไม่ได้ มี 8 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิเกิล (ยงยุทธ, 2552) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมหธาตุเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก สำหรับใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต และสร้างองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งส่วนใหญ่มักมีการสูญเสียไปกับผลผลิตอย่างต่อเนื่องทุกปี จากการผลิตพืชในเชิงการค้า มหธาตุจึงมักเป็นธาตุที่มีไม่เพียงพอและมักเป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตพืชในวงกว้าง ประกอบกับการจัดการธาตุอาหารที่พืชได้รับจากดินมีความซับซ้อน เนื่องจากธาตุอาหารมีหลายธาตุ และมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน เช่น สภาพแวดล้อมในพื้นที่ วัตถุต้นกำเนิดดิน สัดส่วนความสมดุลของธาตุอาหารแต่ละชนิด รวมถึงการจัดการธาตุอาหารของเกษตรกร ซึ่งหากมีการจัดการธาตุอาหารที่ไม่ถูกต้องยิ่งเป็นปัจจัยเร่ง ลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชจะได้รับ จนส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโต และทำให้ผลผลิตพืชลดลงในที่สุด ดังนั้นเพื่อให้การจัดการธาตุอาหารในดินมีความเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของพืช จึงได้มีผู้เสนอทฤษฎีสำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารพืช ซึ่งปัจจุบันทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและได้รับการยอมรับ มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง พบว่ามีอยู่ 3 ทฤษฎี 1) ทฤษฎีถังไม้โอ๊ค 2) ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหาร และ 3) ทฤษฎีการจัดการธาตุอาหารแบบสมดุลมวล

2.1 ทฤษฎีถังไม้โอ๊ค (law of the minimum)

ทฤษฎีนี้เสนอโดย Justus von Liebing นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน เขาได้นำเสนอหลักการที่ว่าผลผลิตของพืชไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุอาหาร แต่ขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่พืชขาดแคลนมากที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิตของพืชจะถูกจำกัดโดยระดับธาตุอาหารที่พืชชนิดนั้นขาดแคลนมากสุด (Hiddink and Kaiser, 2005) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระดับความสูงของซี่ไม้ ที่ประกอบเป็นถังไม้โอ๊ค ความแตกต่างของระดับความสูงของซี่ไม้แต่ละซี่จะเปรียบเสมือนระดับของธาตุอาหารแต่ละธาตุที่ขาดแคลน และเมื่อบรรจุน้ำในถังดังกล่าว ระดับของน้ำจะถูกจำกัดอยู่ที่ระดับความสูงของซี่ไม้ ซี่ที่มีความสูงต่ำสุด นั้นคือระดับของน้ำในถัง จะเปรียบเสมือนการเจริญเติบโต หรือปริมาณผลผลิตพืช ซึ่งจะถูกจำกัดโดยธาตุที่พืชชนิดนั้นขาดแคลนมากที่สุด (ภาพที่ 1) หากต้องการเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตพืชตามทฤษฎีนี้ จำเป็นต้องค้นหาว่าพืชขาดธาตุอาหารชนิดใด ซึ่งสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ดินและพืช และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอสำหรับพืชชนิดนั้น ๆ แบบเฉพาะเจาะจง (สุมิตรา และวิเชียร, 2546; จำเป็น และคณะ, 2549; สมศักดิ์, 2551; ภรภัทร และสมศักดิ์, 2559)

ภาพที่ 1 แนวคิดการตอบสนองของพืชต่อระดับธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอ๊ค ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตพืชจะถูกจำกัดโดยระดับธาตุอาหารที่พืชขาดแคลนสูงสุด จากตัวอย่างโพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำกัดผลผลิต
ที่มา: https://www.sustainablesoils.com/how-much-does-this-method-cost/

2.2 ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหาร (low of diminishing returns)

ทฤษฎีนี้ถูกนำเสนอโดย E.A. Mitscherlich ในปี ค.ศ. 1909 หลักการของทฤษฎีนี้คือ พืชจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อมีการเพิ่มธาตุอาหารในช่วงที่พืชขาดแคลนธาตุอาหารชนิดนั้นมาก ในขณะที่ผลผลิตส่วนที่เพิ่มขึ้น จะลดลงตามระดับที่พืชขาดแคลน กล่าวอีกนัยหนึ่งคือการเพิ่มปุ๋ยในอัตราสูงเกินไปอาจส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อยลง เนื่องจากเมื่อถึงจุดหนึ่งตามทฤษฎีนี้ อัตราการเพิ่มของผลผลิตจากการเพิ่มปริมาณปุ๋ยจะอยู่ในระดับต่ำ ทำให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ไม่คุ้มกับรายจ่ายค่าปุ๋ยที่ใช้ไป โดยเฉพาะในสภาวะที่ราคาผลผลิตตกต่ำ แต่ปุ๋ยมีราคาแพง ซึ่งโดยหลักการสามารถอธิบายทฤษฎีนี้ได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ (สมการที่ 1) หรือ (สมการที่ 2) ตามลำดับ (สมศักดิ์, 2552; Nievergelt, 2013)

$$\frac{dy}{dx} = (A-y)\, c \qquad \text{.....1}$$

หรือ

$$y = A\,(1-10^{-cx}) \qquad \text{.....2}$$

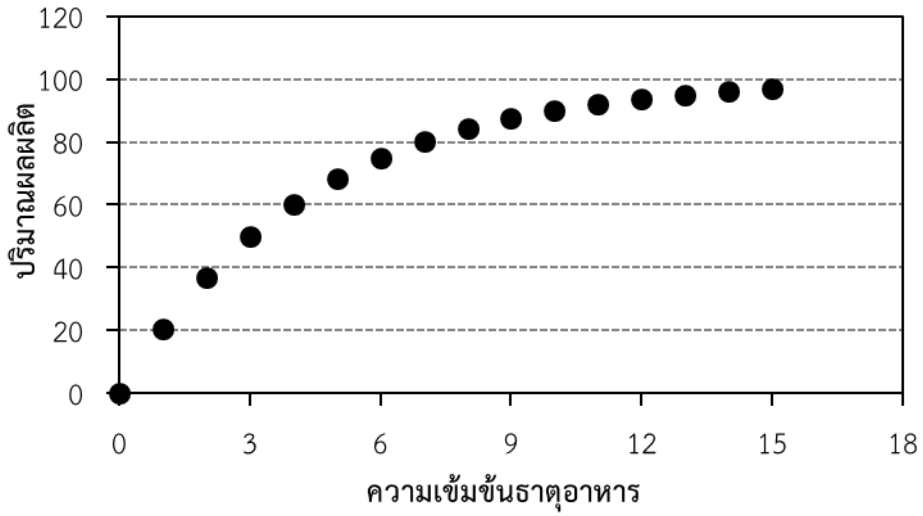
เมื่อ y คือ ผลผลิต

x คือ ความเข้มข้นธาตุอาหาร

A คือ ผลผลิตสูงสุด

c คือ ค่าคงที่ของสมการ

เมื่อนำสมการที่ได้มาสร้างแบบจำลองโดยสมมติให้พืชมีการเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิต (A) 100 หน่วย และได้ค่าคงที่ของสมการ (c) เท่ากับ 0.1 พบว่า ความเข้มข้นธาตุอาหาร (x) ที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุด คือ 15 หน่วย (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แบบจำลองการตอบสนองต่อธาตุอาหารของ Mitscherlich เมื่อสมมติให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 100 หน่วย และปริมาณธาตุอาหารที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 15 หน่วย

จากแบบจำลองชี้ให้เห็นว่า หากในดินไม่มีธาตุอาหารอยู่เลย เมื่อเกษตรกรเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหาร 6 หน่วย ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น 75 หน่วย และหากเกษตรกรยังคงเพิ่มปริมาณธาตุอาหารต่อไปอีกเท่าตัว รวมเป็น 12 หน่วย พบว่า ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 20 หน่วย ดังนั้นหากธาตุอาหารมีราคา 1,000 บาทต่อหน่วย และผลผลิตพืชมีราคา 120 บาทต่อหน่วย ในกรณีแรกเกษตรจ่ายค่าปุ๋ย 6,000 บาท ในขณะที่สามารถขายผลผลิตได้ 9,000 บาท ทำให้เกษตรกรได้ผลตอบแทน 3,000 บาท แต่ในกรณีที่เกษตรกรเพิ่มธาตุอาหารทั้งหมดเป็น 12 หน่วย เกษตรกรต้องจ่ายค่าปุ๋ย 12,000 บาท แต่สามารถขายผลผลิตได้เพียง 11,400 บาท ส่งผลให้เกษตรกรขาดทุน 600 บาท ดังนั้น หลักการจัดการธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเกษตรกร อย่างไรก็ตามการคำนวณความต้องการธาตุอาหารของพืชตามทฤษฎีนี้ ในทางปฏิบัติทำได้

ยาก เนื่องจากค่าผลผลิตสูงสุด และค่าคงที่ของสมการ ประเมินได้ยาก และมีความแปรปรวนเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง (Harmsen, 2000) ดังนั้น หากต้องการความแม่นยำ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากการทดลองในปริมาณมาก สำหรับนำมาใช้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของสมการ การคำนวณระดับความเข้มข้นธาตุอาหารที่เหมาะสม ตามทฤษฎีของ Mitscherlich จึงใช้ได้ผลในกรณีที่ปัญหาการขาดธาตุอาหารไม่ซับซ้อน อย่างกรณีการประเมินอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันฝรั่งเพียงธาตุเดียว พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (Nievergelt, 2013) ส่วนในบริเวณที่ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวนการนำสมการดังกล่าวไปใช้จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจากการดัดแปลงสมการให้มีความเหมาะสมกับปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่เขตเมดิเตอร์เรเนียน พบว่า สามารถนำมาใช้คำนวณอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับข้าวสาลีได้ (Harmsen *et al.,* 2001) อย่างไรก็ตาม หากต้องจัดการธาตุอาหารหลาย ๆ ธาตุไปพร้อมกัน จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากการทดลองจำนวนมาก ปัจจุบันจึงมีการใช้แบบจำลองสมดุลมวลมาใช้จัดการธาตุอาหารที่มีความซับซ้อน ซึ่งมีค่าใช้จ่าย และใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการใช้สมการดังกล่าว ประกอบกับงานวิจัยในระยะต่อมา พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน เป็นไปได้ 4 แบบ คือ รูป U คว่ำ, V คว่ำ, S และ C (สมศักดิ์, 2552) ทุกรูปแบบผลผลิตของพืชจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงเกินไป ซึ่งไม่เป็นไปตามสมการของ Mitscherlich แต่สมการนี้ยังคงเป็นรากฐานที่มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาเทคนิคหลักการจัดการธาตุอาหารในปัจจุบัน

2.3 ทฤษฎีการจัดการธาตุอาหารแบบสมดุลมวล (mass balance model)

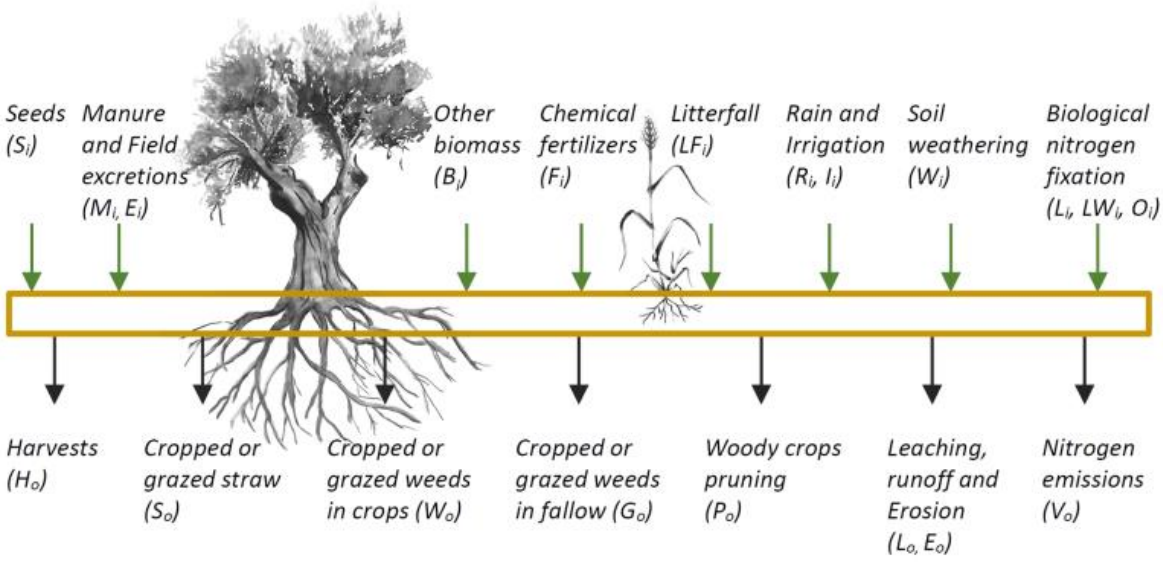
การใช้สมการแบบดั้งเดิมมาประเมินความต้องการธาตุอาหารพืชนั้นทำได้ยาก เนื่องจากปัญหาความไม่แน่นอนของค่าตัวแปรในสมการที่ใช้ ซึ่งเกิดจากความซับซ้อนของสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ทำให้การจัดการธาตุอาหารขาดความแม่นยำ ประกอบกับการเกษตรเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากการเกษตรภาคครัวเรือน มาเป็นการเกษตรเชิงการค้าในภาคอุตสาหกรรม ผลผลิตทางการเกษตรจึงถูกเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต ในช่วงศตวรรษที่ 19 นักวิทยาศาสตร์ทางดิน จึงเริ่มเปลี่ยนวิธีการจัดการธาตุอาหารแบบดั้งเดิม มาสู่วิธีการจัดการธาตุอาหารแบบสมดุลมวลของสสาร หลักการของทฤษฎีนี้จะประเมินความต้องการธาตุอาหารที่ต้องเพิ่มในดินจากปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกจากระบบ (Garcia-Ruiz *et al.,* 2012) โดยประเมินจากสมดุลของธาตุอาหารที่ดินได้รับ (input) กับส่วนที่สูญเสียออกจากพื้นที่ (output) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย (สมการที่ 3) และ (สมการที่ 4) ตามลำดับ

ธาตุอาหารระดับที่สมดุล = ธาตุอาหารที่ต้องเพิ่มในดิน - ธาตุอาหารที่สูญเสียจากพื้นที่ 3

ธาตุอาหารที่ต้องเพิ่มในดิน = ธาตุอาหารระดับที่สมดุล + ธาตุอาหารที่สูญเสียจากพื้นที่ 4

จากการสร้างแบบจำลองสมดุลมวลเพื่อใช้จัดการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สำหรับต้นมะกอก พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่ดินได้รับ หรือส่วนที่มีการเพิ่มเข้ามาในระบบ มาจากหลายส่วน ได้แก่ เมล็ดพืช รวมทั้งชีวมวลอื่นๆ ที่ร่วงลงดิน หรือจากปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี น้ำฝน น้ำชลประทาน การผุพังสลายตัว

ของดิน และพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น ส่วนแหล่งปัจจัยที่ทำให้ธาตุอาหารสูญเสียออกจากพื้นที่ ได้แก่ ผลผลิต ชีวมวลที่นำออกจากพื้นที่โดยกิจกรรมของมนุษย์ หรือสัตว์ กระบวนการชะละลายธาตุอาหาร การไหลบ่าของน้ำ การกร่อนดิน และการสูญเสียไนโตรเจนสู่บรรยากาศ (ภาพที่ 3) (Carmo *et al.*, 2017) จากแบบจำลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ทฤษฎีสมดุลมวลเป็นเทคนิคการจัดการธาตุอาหารแบบองค์รวม ซึ่งครอบคลุมปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องทั้งระบบ จึงน่าจะช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีนี้มุ่งเน้นรักษาสถานะของธาตุอาหารให้สมดุลกับส่วนที่สูญเสียไป จึงเหมาะกับบริเวณที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่แล้ว แต่หากนำไปใช้ในพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และต้องการยกระดับผลผลิต จำเป็นต้องพิจารณาร่วมกับค่ามาตรฐานของธาตุอาหารในดิน หรือพืชในระดับที่เพียงพอสำหรับพืชชนิดนั้นๆ จึงจะสามารถเพิ่มผลผลิตพืช และยังคงความอุดมสมบูรณ์ของดินเอาไว้ ดังนั้นการจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ซึ่งมีความจำเพาะตามชนิดพืช (สุมิตรา และคณะ, 2544) เป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาใช้เป็นค่าวินิจฉัยสำหรับแนะนำปุ๋ยแก่เกษตรกร



ภาพที่ 3 แบบจำลองสมดุลมวลของธาตุอาหารพืชระหว่างแหล่งที่มาของธาตุอาหารในดิน (ลูกศรสีเขียว) กับแหล่งที่ทำให้ธาตุอาหารสูญเสียออกจากพื้นที่ (ลูกศรสีดำ) สำหรับใช้จัดการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้นมะกอก

ที่มา: Carmo และคณะ (2017)

3. การจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช (preparation of plant nutrient standards)

ค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืชเป็นค่าที่บ่งชี้สถานะความพอเพียงของธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ สำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการความสมดุลธาตุอาหาร หรือใช้เป็นเกณฑ์ประเมินผลวิเคราะห์ดินและพืชในการให้คำแนะนำปุ๋ย ซึ่งมีความจำเพาะต่อชนิดพืชแบบเฉพาะเจาะจง วิธีการที่ดีที่สุดในการสร้างค่ามาตรฐานคือการปลูกพืชในแปลงทดลองที่ให้ระดับธาตุอาหารแตกต่างกัน จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารกับการตอบสนองของพืช อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีดังกล่าวมีข้อจำกัด เนื่องจากหากต้องการข้อมูลที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ในวงกว้าง และครบทุกชนิดธาตุ การศึกษาจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานาน และมี

ค่าใช้จ่ายสูง ส่วนใหญ่จึงนิยมใช้วิธีสำรวจเก็บตัวอย่างดิน และพืชจากแปลงเกษตรกร ทั้งบริเวณที่ให้ผลผลิตต่ำ และบริเวณที่ให้ผลผลิตสูง (สุมิตรา และวิเชียร, 2546; จำเป็น และคณะ, 2549; สมศักดิ์, 2551; ภรภัทร และสมศักดิ์, 2559) จากนั้นนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหาร กับปริมาณผลผลิต ทั้งนี้การใช้วิธีสำรวจสถานะของธาตุอาหารในดิน และพืช ต้องคำนึงถึงขั้นตอนและรายละเอียดต่างๆ ตั้งแต่วิธีการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง เทคนิคการวิเคราะห์ดินและพืชที่ใช้ ตลอดจนเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก และใช้ระยะเวลานาน เพื่อให้ได้มาซึ่งค่ามาตรฐานที่มีความถูกต้อง และแม่นยำ จากการรวบรวมเอกสาร พบว่า เทคนิคที่นิยมใช้จัดทำค่ามาตรฐานพืชจากการสำรวจ มีอยู่ 3 วิธี คือ 1) การประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง 2) การใช้วิธีเส้นขอบเขต (จำเป็น และคณะ, 2549) และ 3) การใช้สมการพหุนามกำลังสอง (ภรภัทร และสมศักดิ์, 2559)

3.1 การประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง (high yield method)

การจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืชจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง อาศัยหลักการที่ว่าสถานะธาตุอาหารในดิน และพืชจากบริเวณที่ให้ผลผลิตดี คือสถานะความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยจะวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน และพืชจากพื้นที่ดังกล่าวในปริมาณที่มากพอ จากนั้นนำความเข้มข้นธาตุอาหารจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงไปประมาณช่วงความเข้มข้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับพืชชนิดนั้นๆ จากการกำหนดช่วงความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหาร จากต้นที่ให้ผลผลิตสูงในลองกอง ทุเรียน และมังคุด พบว่า ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ สอดคล้องกับการใช้วิธีเส้นขอบเขต (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิคนี้อาจรวมธาตุอาหารในส่วนที่บริโภคฟุ่มเฟือยเอาไว้ด้วย เนื่องจากบริเวณพื้นที่ให้ผลผลิตสูงส่วนใหญ่มักมีการใส่ปุ๋ยในปริมาณมาก จนเกินความต้องการของพืช ค่ามาตรฐานที่ได้จึงอาจสูงกว่าความเป็นจริง (สุมิตรา และคณะ, 2547)

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืชบางชนิดโดยประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง

ธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอ (g/kg)	[1/]ลองกอง	[2/]ทุเรียน	[3/]มังคุด
N	22.95-25.37	20.00-23.00	11.00-14.00
P	1.83-2.07	1.50-2.50	0.50-0.80
K	18.67-20.85	17.00-25.00	0.60-11.00
Ca	10.93-13.93	15.00-25.00	11.00-14.00
Mg	2.67-3.37	3.50-6.00	12.00-18.00

ที่มา: [1/]จำเป็น และคณะ (2549)

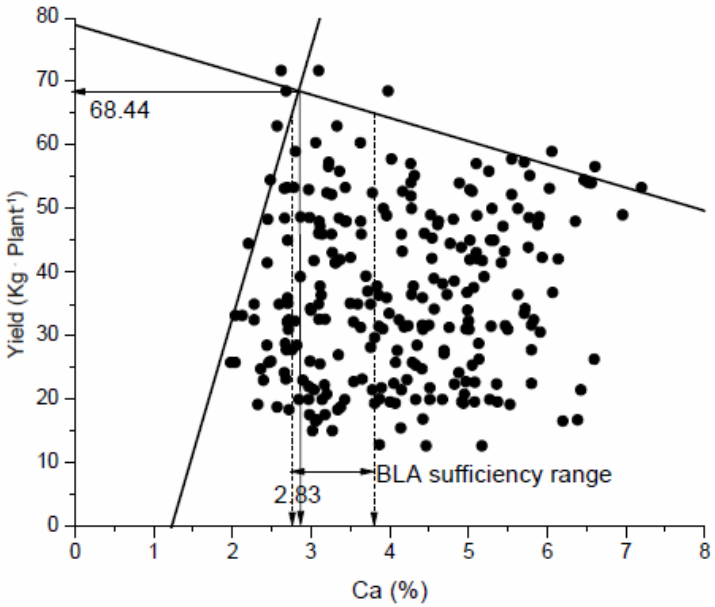
[2/]สุมิตรา และคณะ (2544)

[3/]สุมิตรา และคณะ (2547)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3.2 การใช้วิธีเส้นขอบเขต (boundary line method)

การใช้วิธีเส้นขอบเขตสามารถทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาพิจารณาการกระจายของข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหาร กับการตอบสนองของพืช จากนั้นอาศัยหลักการที่ว่าในช่วงแรกความต้องการธาตุอาหารพืชจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่พืชมีการเจริญเติบโต หรือให้ผลผลิตสูงสุด แต่หลังจากนั้นผลผลิต หรือการเจริญเติบโตจะลดลง เมื่อความเข้มข้นธาตุอาหารยังคงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปกติเมื่อใช้ความเข้มข้นธาตุอาหารพืชที่ได้จากการสำรวจในแต่ละพื้นที่ มาหาความสัมพันธ์กับการตอบสองของพืช พบว่า ส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต หรือผลผลิตพืช เช่น โรค แมลง ปริมาณความชื้นในดิน หรือสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดการตอบสนองของพืชได้เช่นเดียวกัน ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อความสัมพันธ์ในทางสถิติที่ใช้กันอยู่ทั่วไป (สุมิตรา และคณะ, 2544) ดังนั้นจึงมีการนำวิธีเส้นขอบเขตมาใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการ ลากเส้นขอบเขตรอบนอกของการกระจายข้อมูลสองเส้นตัดกันในลักษณะของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีสมมติฐานว่ากลุ่มข้อมูลบริเวณเส้นขอบเขตนอกเป็นอิทธิพลที่เกิดจากธาตุอาหารภายใต้สภาวะแวดล้อมอื่นที่เหมาะสม การใช้เทคนิคดังกล่าวจะทำให้ได้เส้นแนวโน้ม สองเส้น เส้นแนวโน้มเส้นแรกจะบ่งชี้ระดับความเข้มข้นธาตุอาหารต่อการตอบสนองของพืชจากน้อยไปมาก จนส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตสูงสุด ส่วนเส้นแนวโน้มเส้นที่สองเมื่อพิจารณาจากจุดสูงสุดจะบ่งชี้ความเข้มข้นธาตุอาหารที่เริ่มทำให้พืชมีการตอบสนองลดลง หลังจากมีความเข้มข้นธาตุอาหารสูงเกินไป จากการหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นแคลเซียมในต้นกระบองเพชรกับการเจริญเติบโต พบว่า เมื่อหาความสัมพันธ์ทางสถิติทั่วไป จะไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูล โดยการลากเส้นขอบเขตนอกสองเส้นตัดกัน ชี้ให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวในลักษณะรูปสามเหลี่ยม ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมองความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นสามเหลี่ยม (ภาพที่ 4) และจากการใช้วิธีเส้นขอบเขตทำให้ได้ความเข้มข้นแคลเซียมที่ทำให้ต้นกระบองเพชรมีการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 2.83 เปอร์เซ็นต์ (Blanco-Macias *et al.*, 2009)



ภาพที่ 4 การใช้วิธีเส้นขอบเขตกำหนดระดับแคลเซียมที่เหมาะสมในต้นกระบองเพชร
ที่มา: Blanco-Macias และคณะ (2009)

การใช้วิธีเส้นขอบเขตสามารถจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืชได้ละเอียดกว่าการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง เนื่องจากสามารถบ่งชี้ค่าความเข้มข้นธาตุอาหารได้ในระดับ ขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป ในขณะที่วิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงสามารถบอกปริมาณธาตุอาหารในระดับเพียงพอ และต่ำหรือสูงกว่าค่าที่เพียงพอเท่านั้น จากการเปรียบเทียบวิธีจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบลองกอง โดยวิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง และวิธีเส้นขอบเขต (ตารางที่ 2) พบว่า ทั้งสองวิธีให้ผลสอดคล้องกัน แต่วิธีเส้นขอบเขตสามารถกำหนดช่วงค่ามาตรฐานได้ละเอียดกว่า (จำเป็น และคณะ, 2549) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจึงนิยมนำวิธีเส้นขอบเขตมาใช้จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารในพืชหลายชนิด เช่น ทุเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2544) มังคุด (สุมิตรา และคณะ, 2547) และมะม่วงหิมพานต์ (Widiatmaka *et al.*, 2014)

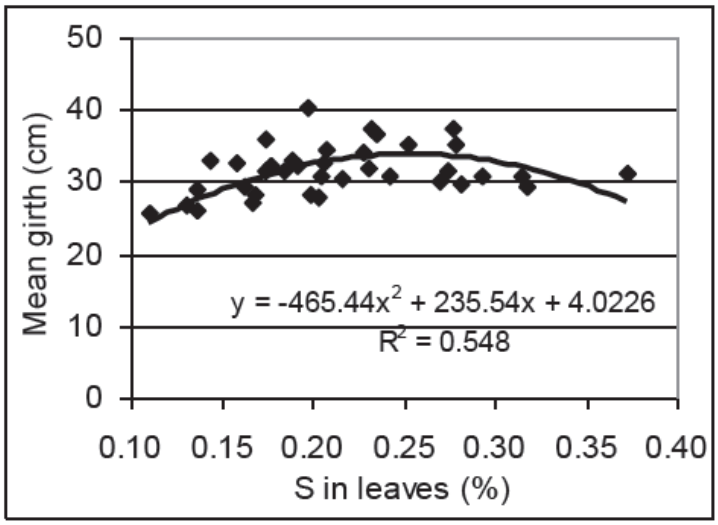
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบลองกองระหว่างวิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง และการใช้วิธีเส้นขอบเขต

ธาตุอาหาร	การประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง			การใช้วิธีเส้นขอบเขต			
(g/kg)	ต่ำ	เพียงพอ	สูง	ขาดแคลน	ต่ำ	เพียงพอ	สูงเกินไป
N	<22.95	22.95-25.37	>25.37	<19.72	19.72-22.96	22.96-26.21	>26.21
P	<1.83	1.83-2.07	>2.07	<1.53	1.53-1.70	1.70-1.87	>1.87
K	<18.67	18.67-20.85	>20.85	<14.30	14.30-17.44	17.44-20.58	>20.58
Ca	<10.93	10.93-13.93	>13.93	<8.21	8.21-10.37	10.37-12.53	>12.53
Mg	<2.67	2.67-3.37	>3.37	<2.03	2.03-2.40	2.40-2.78	>2.78

ที่มา: จำเป็น และคณะ (2549)

3.3 การใช้สมการพหุนามกำลังสอง (quadratic equations method)

การใช้สมการพหุนามกำลังสอง ($y = ax^2 + bx + c$) จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช เป็นวิธีที่คล้ายกับการใช้วิธีเส้นขอบเขต เพียงแต่วิธีเส้นขอบเขตใช้เส้นแนวโน้มสองเส้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ในขณะที่การใช้สมการพหุนามกำลังสองใช้เส้นแนวโน้มเพียงเส้นเดียว จึงช่วยลดความยุ่งยากในการประมวลผล การใช้วิธีนี้จะได้เส้นแนวโน้ม ที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ โดยอาศัยหลักการตอบสนองของพืชต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารเช่นเดียวกับการใช้วิธีเส้นขอบเขต คือ ในช่วงแรกความต้องการธาตุอาหารพืชจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่พืชมีการเจริญเติบโต หรือให้ผลผลิตสูงสุด แต่หลังจากนั้นผลผลิต หรือการเจริญเติบโตจะลดลง หากความเข้มข้นธาตุอาหารยังคงเพิ่มขึ้นอีก จากการใช้สมการพหุนามกำลังสองกำหนดความเข้มข้นของกำมะถันที่เหมาะสมในใบยางพาราระยะก่อนเปิดกรีด พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นยางพารากับระดับกำมะถันในใบเป็นไปในลักษณะเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การใช้สมการพหุนามกำลังสองกำหนดระดับกำมะถันที่เหมาะสมในใบยางพาราระยะก่อนเปิดกรีด
ที่มา: ภรภัทร และ สมศักดิ์ (2559)

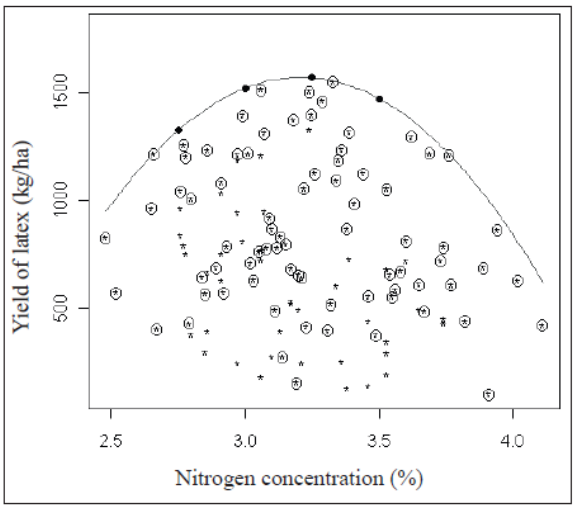
จากภาพแสดงให้เห็นว่าต้นยางพารามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของกำมะถัน และมีการเจริญเติบโตสูงสุด เมื่อมีความเข้มข้นของกำมะถันในใบประมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ แต่หากระดับความเข้มข้นกำมะถันสูงกว่าค่าดังกล่าว จะส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง (ภรภัทร และ สมศักดิ์, 2559) นอกจากนี้การใช้สมการพหุนามกำลังสองสามารถกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารได้อย่างละเอียดเช่นเดียวกับวิธีเส้นขอบเขต จากการจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารหลักในดินสำหรับข้าวโดยใช้สมการพหุนามกำลังสองเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า สามารถกำหนดระดับธาตุอาหาร ในช่วงขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป (ตารางที่ 3) โดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน กับปริมาณผลผลิต ในช่วง <60, 60-80, 80-100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เริ่มทำให้ผลผลิตลดลงตามลำดับ (สุทธิ์เดชา และคณะ, 2562)

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานธาตุอาหารหลักในดินปลูกข้าวจากการใช้สมการพหุนามกำลังสองเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ธาตุอาหารหลัก	ค่ามาตรฐานธาตุอาหารหลักในดินปลูกข้าว			
	ขาดแคลน	ต่ำ	เพียงพอ	สูงเกินไป
Total N (g/kg)	<0.53	0.53-1.02	1.02-1.84	>1.84
Avai. P (mg/kg)	<11.01	11.01-19.22	19.22-27.33	>27.33
Extr. K (mg/kg)	<32.64	32.64-76.88	76.88-120.80	>120.80

ที่มา: สุทธิ์เดชา และคณะ (2562)

อย่างไรก็ตามจากสาเหตุที่ข้อมูลความเข้มข้นธาตุอาหารที่ได้จากการสำรวจส่วนใหญ่มักไม่พบความสัมพันธ์กับการตอบสนองของพืช เนื่องจากความแปรปรวนของสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ส่งผลให้ไม่สามารถใช้สมการพหุนามกำลังสองวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้วิธีเส้นขอบเขต แต่การใช้วิธีเส้นขอบเขตต้องลากเส้นแนวโน้มสองเส้น และสร้างสมการสองชุดสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งอาจทำให้เสียเวลา เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการดัดแปลงวิธีเส้นขอบเขตมาใช้ร่วมกับสมการพหุนามกำลังสอง โดยการลากเส้นขอบเขตรอบนอกสุดของการกระจายข้อมูลในลักษณะเส้นโค้งรูประฆังคว่ำที่เกิดจากการใช้สมการพหุนามกำลังสองเพียงเส้นเดียว แทนการลากเส้นแนวโน้มสองเส้นแบบสามเหลี่ยม ทำให้ช่วยลดความยุ่งยากในการประมวลผล จากการจัดทำค่ามาตรฐานความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบยางพารา พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างสุ่ม ไม่มีรูปแบบแน่นอน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การใช้สมการพหุนามกำลังสองร่วมกับวิธีเส้นขอบเขตกำหนดระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมในใบยางพารา

ที่มา: Banneheka และคณะ (2013)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การใช้สมการพหุนามกำลังสองเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ แต่เมื่อนำเทคนิควิธีเส้นขอบเขตมาใช้ร่วมกับสมการพหุนามกำลังสอง สามารถกำหนดค่ามาตรฐานของธาตุอาหารได้ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบยางพาราที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูงสุดมีความเข้มข้นประมาณ 3.3 เปอร์เซ็นต์ (Banneheka *et al.,* 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้วิธีดังกล่าวกับพืชชนิดอื่น เช่น กระบองเพชร (Blanco-Macias *et al.,* 2009) มะม่วงหิมพานต์ (Widiatmaka *et al.,* 2014) เมล่อน (Maia *et al.,* 2016) และ บลูเบอร์รี่ (Lafond, 2009) แต่เหนือสิ่งอื่นใดการจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืชจะยึดติดกับวิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียวไม่ได้ ทั้งนี้ควรพิจารณาจากลักษณะการกระจายข้อมูล และเลือกวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนั้นๆ จากการจัดทำค่ามาตรฐานของสมบัติดินสำหรับปลูกมะม่วงหิมพานต์ พบว่า การกำหนดปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่เหมาะสม ใช้วิธีเส้นขอบเขตร่วมกับสมการพหุนามกำลังสอง ในขณะที่การกำหนดระดับพีเอชที่เหมาะสม ใช้วิธีเส้นขอบเขตที่มีเส้นแนวโน้มสองเส้นตัดกันในลักษณะของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งทั้งหมดเลือกวิธีประมวลผลจากรูปแบบการกระจายของข้อมูล (Widiatmaka *et al.,* 2014)

การรวบรวมเอกสารในครั้งนี้ยังพบว่าพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกัน จากการจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชในส้มโอ พบว่า ค่าแนะนำการวิเคราะห์ดินสำหรับส้มโอใกล้เคียงกับค่าแนะนำสำหรับพืชทั่วไป ในขณะที่ค่าแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ใบมีความจำเพาะต่อส้มโอมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลส้มชนิดอื่น พบว่า ส้มโอต้องการฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าแต่ต้องการ แคลเซียม และแมกนีเซียมใกล้เคียงกัน (สมศักดิ์, 2551) ส่วนในยางพาราระยะก่อนเปิดกรีดพบว่าดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยางพาราควรมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 10-26 กรัมต่อกิโลกรัม, 10-20 และ 40-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในใบควรมีความเข้มข้นของปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่ในช่วง 30-38, 2.5-3.0 และ 10-14 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภรภัทร และสมศักดิ์, 2559) การศึกษาค่ามาตรฐานในใบมะม่วง พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 12.2-17.2, 2.3-6.4 และ 6.2-11.4 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่ากรณีของมะม่วงมีค่าไนโตรเจนแนะนำต่ำกว่าในยางพาราอย่างเด่นชัด (อัศจรรย์, 2545) ส่วนในใบส้มมีรายงานปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 24-26, 1.2-1.6 และ 8-11 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแนะนำต่ำกว่าคำแนะนำในมะม่วงอย่างชัดเจน (นันทรัตน์, 2544 อ้างโดย จำเป็น และคณะ, 2549) จากกรณีศึกษาในข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดแบบเฉพาะเจาะจง เช่นเดียวกับกรณีของขมิ้นชันซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ยังไม่มีรายงานค่ามาตรฐานของระดับธาตุอาหารสำหรับให้คำแนะนำปุ๋ยแก่เกษตรกร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ระยะเวลา และสถานที่ดำเนินการ

1. ระยะเวลาทำการวิจัย

1 ตุลาคม 2561 – 30 กันยายน 2563

2. สถานที่ดำเนินการ

1. ห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
2. พื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช พื้นที่ปลูกขมิ้นชัน จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และกาญจนบุรี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 สารเคมี

1) โพแทสเซียมไดโครเมท
2) เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต
3) ออร์โทฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์
4) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
5) กรดไนตริกเข้มข้น
6) กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น
7) กรดไฮโดรคลอริก
8) แอมโมเนียมฟลูออไรด์
9) แอมโมเนียมโมลิบเดต
10) แอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท
11) แอสคอร์บิก
12) โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต
13) กรดอะซิติก
14) แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
15) โพแทสเซียมคลอไรด์
16) สตรอนเซียมคลอไรด์
17) แคลเซียมคาร์บอเนต
18) แมกนีเซียมออกไซด์
19) แบเรียมคลอไรด์
20) กัมอะคาเซีย
21) โพแทสเซียมซัลเฟต
22) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
23) โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต
24) โซเดียมคาร์บอเนต
25) เกล็ดโซดาไฟ
26) กรดบอริก
27) สารเร่งปฏิกิริยาสำเร็จรูปชนิดอัดเม็ดของเจลดาห์ล
28) โซเดียมไฮดรอกไซด์
29) โบรโมครีซอลกรีน
30) เมทิลเรด
31) เอทิลแอลกอฮอล์

32) โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต

33) แอมโมเนียมเมตาวานาเดต

34) แอมโมเนียมอะซิเตต

35) สารเคอร์คูมิน

36) เตตระไฮโดรฟิวแรน

1.2 อุปกรณ์

1) เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

2) ตู้อบ

3) ตู้ดูดควัน

4) เตาให้ความร้อน

5) เครื่องบดตัวอย่าง

6) เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

7) เครื่องเฟลมโฟโทมิเตอร์

8) เครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

9) เครื่องย่อยสลายตัวอย่างแบบกึ่งอัตโนมัติ

10)เครื่องย่อยของเจลดาห์ล

11) เครื่องกลั่นของเจลดาห์ล

12) เครื่องวัดพีเอช

13) เครื่องเขย่า

14) เครื่องกวนสารละลาย

15) เครื่องเจือจางสารละลาย

16) ไฮโดรมิเตอร์

17) กระบอกตวง ขนาด 10, 50, 100, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

18) หลอดแก้ว ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

19) แท่งแก้วคน

20) กระจกนาฬิกา

21) กรวยพลาสติก

22) บิวเรต

23) บีกเกอร์ ขนาด 50, 250 และ 500 มิลลิลิตร

24) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50, 250 และ 500 มิลลิลิตร

25) ขวดปริมาตร ขนาด 10, 25, 50, 100, 1,000 และ 2,000 มิลลิลิตร

26) ขวดสีชาขนาด 2.5 ลิตร

27) กระดาษกรองวัตแมน เบอร์ 1 และ เบอร์ 5

28) หลอดเหวี่ยงพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.3 วัสดุอื่นๆ

1) ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดิน
2) ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างพืช
3) กรรไกร
4) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (จอบ พลั่วสนาม ออร์เกอร์)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างดิน และพืช

เก็บตัวอย่างดิน ใบ และเหง้าขมิ้นชันจากแปลงของเกษตรกร จำนวน 105 แปลง บริเวณพื้นที่ปลูกจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กาญจนบุรี เลือกเก็บครอบคลุมพื้นที่ ทั้งบริเวณที่ใส่ปุ๋ย และไม่ใส่ปุ๋ย หรือบริเวณที่ให้ผลผลิตดี ปานกลาง และผลผลิตต่ำ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลผลผลิตของแต่ละพื้นที่ เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงสุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ จากนั้นนำมาคลุกเคล้าผสมกัน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง สำหรับใบขมิ้นชันเก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างดิน สุ่มเก็บตัวอย่างแปลงละ 10-12 ใบ ในช่วงกลางฤดูปลูกก่อนระยะเหง้าขยายตัว หรือช่วงที่ขมิ้นชันมีอายุประมาณ 5-6 เดือน โดยเลือกเก็บใบที่ขยายตัวเต็มที่แต่ยังไม่แก่ ดัดแปลงจาก (สุมิตรา และคณะ, 2545ก) ส่วนเหง้าขมิ้นชันเลือกเก็บตัวอย่างในระยะเก็บเกี่ยวผลลิต สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ อย่างน้อยแปลงละ 4 กอ นำมาคลุกเคล้าผสมกัน จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาประมาณ 500 กรัม สำหรับนำส่งห้องปฏิบัติการ

2.2 การวิเคราะห์ดินและพืช

1) การวิเคราะห์ดิน

นำตัวอย่างดินมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นจึงบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร (ISO 11464, 2006) นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) (ISO 10390, 2005) รวมถึงปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่สกัดได้ (extractable potassium, calcium, magnesium and sulfur) ตามคู่มือวิเคราะห์ดิน (Jones, 2001) และหาขนาดอนุภาคเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) (Bouyoucos, 1927)

2) การวิเคราะห์พืช

นำตัวอย่างใบมาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าสะอาดที่ผ่านการชุบน้ำพอหมาด ๆ ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนเหง้าขมิ้นชันล้างทำความสะอาดเอาดินออก หั่นตัวอย่างเป็นชิ้นบาง ๆ แยกเหง้าขมิ้นชันออกเป็น 2 ส่วน ๆ หนึ่ง นำไปชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาน้ำหนักแห้ง (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547ก) ส่วนเหง้าขมิ้นชันอีกส่วน รวมถึงตัวอย่างใบนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จากนั้นจึงบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช สำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมด (total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur) ตามคู่มือวิเคราะห์พืช (Jones, 2001) นำตัวอย่างเหง้าอีกส่วนมาหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ ดัดแปลงจากวิธีการของ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Thai Herbal Pharmacopoeia volume 1 (Ministry of Public Health, 2009) รายละเอียดตามภาคผนวกที่ 6

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาสร้างกราฟการกระจายระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหาร กับปริมาณผลผลิต และพิจารณาเส้นขอบเขตนอก (boundary line) ของกราฟ ที่มีปริมาณผลผลิตอยู่ในระดับสูงสุดในแต่ละระดับความเข้มข้น เมื่อปัจจัยอื่นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งในช่วงแรกปริมาณผลผลิตจะเพิ่มตามความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น จากนั้นผลผลิตจะเริ่มลดลงเมื่อความเข้มข้นธาตุอาหารยังคงเพิ่มขึ้น นำจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนหรือใกล้เส้นขอบเขตนอกของแต่ละช่วงมาสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุอาหาร (จำเป็น และคณะ, 2549) สำหรับกำหนดช่วงความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารแต่ละธาตุ ใน 4 ระดับ คือ ช่วงขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป จากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน หรือพืช กับปริมาณผลผลิต ในช่วง <60, 60-80, 80-100 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เริ่มทำให้ผลผลิตลดลง ตามลำดับ (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) ในกรณีที่ความสัมพันธ์ไม่เด่นชัด สามารถใช้วิธีหาช่วงค่าความเหมาะสมจากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับปัจจัยอื่นแทน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลอง

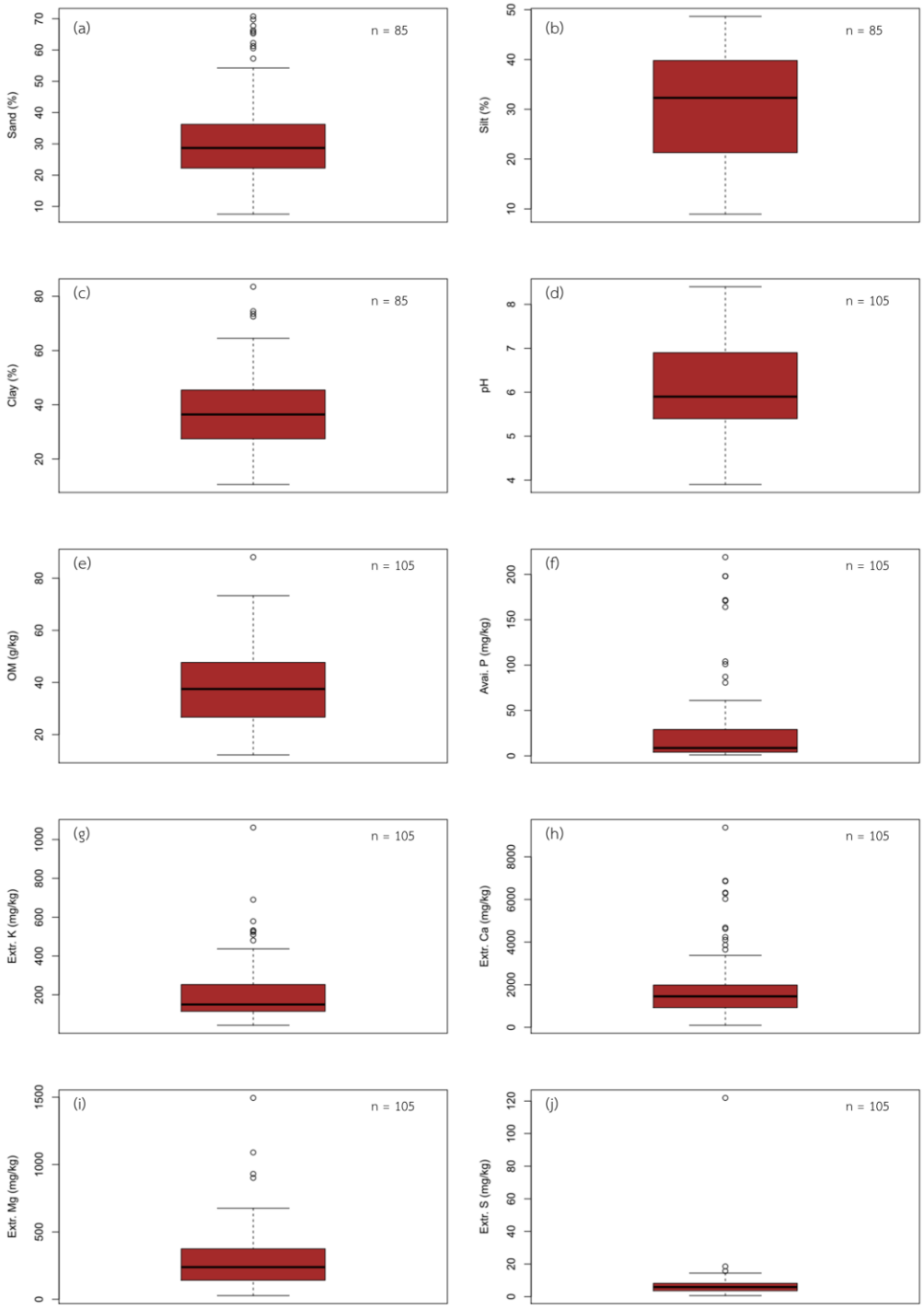
1. ข้อมูลดินที่ใช้ศึกษา

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากแหล่งปลูกขมิ้นชันที่สำคัญ บริเวณพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และกาญจนบุรี จำนวนทั้งหมด 105 แปลง (ภาพที่ 7) พบว่า พื้นที่โดยรวม ดินมีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว อยู่ในช่วง 7.54-70.74, 8.94-48.66 และ 10.60-83.52 เปอร์เซ็นต์ มีค่ากลางของแต่ละขนาดอนุภาคเท่ากับ 28.68, 32.30 และ 36.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ปลูกขมิ้นส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียด ส่วนพีเอชของดิน อยู่ในช่วง 3.9-8.4 มีค่ากลางเท่ากับ 5.9 ปริมาณอินทรียวัตถุในแต่ละแปลงมีความผันแปรอยู่ในช่วง 12.20-88.10 กรัมต่อกิโลกรัม และมีค่ากลาง 37.50 กรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความแปรปรวนสูง พบค่าอยู่ในช่วง 1-219 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่ากลาง 8.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป ส่วนปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ มีค่าครอบคลุมอยู่ในช่วง 43-1,062, 97-9,376 และ 27-1,495 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่ากลาง 150, 1,454 และ 239 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้มีความผันแปร พบค่าอยู่ในช่วง 0.6-122 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่ากลางเท่ากับ 5.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าค่าแนะนำโดยทั่วไป

2. ข้อมูลพืชที่ใช้ศึกษา

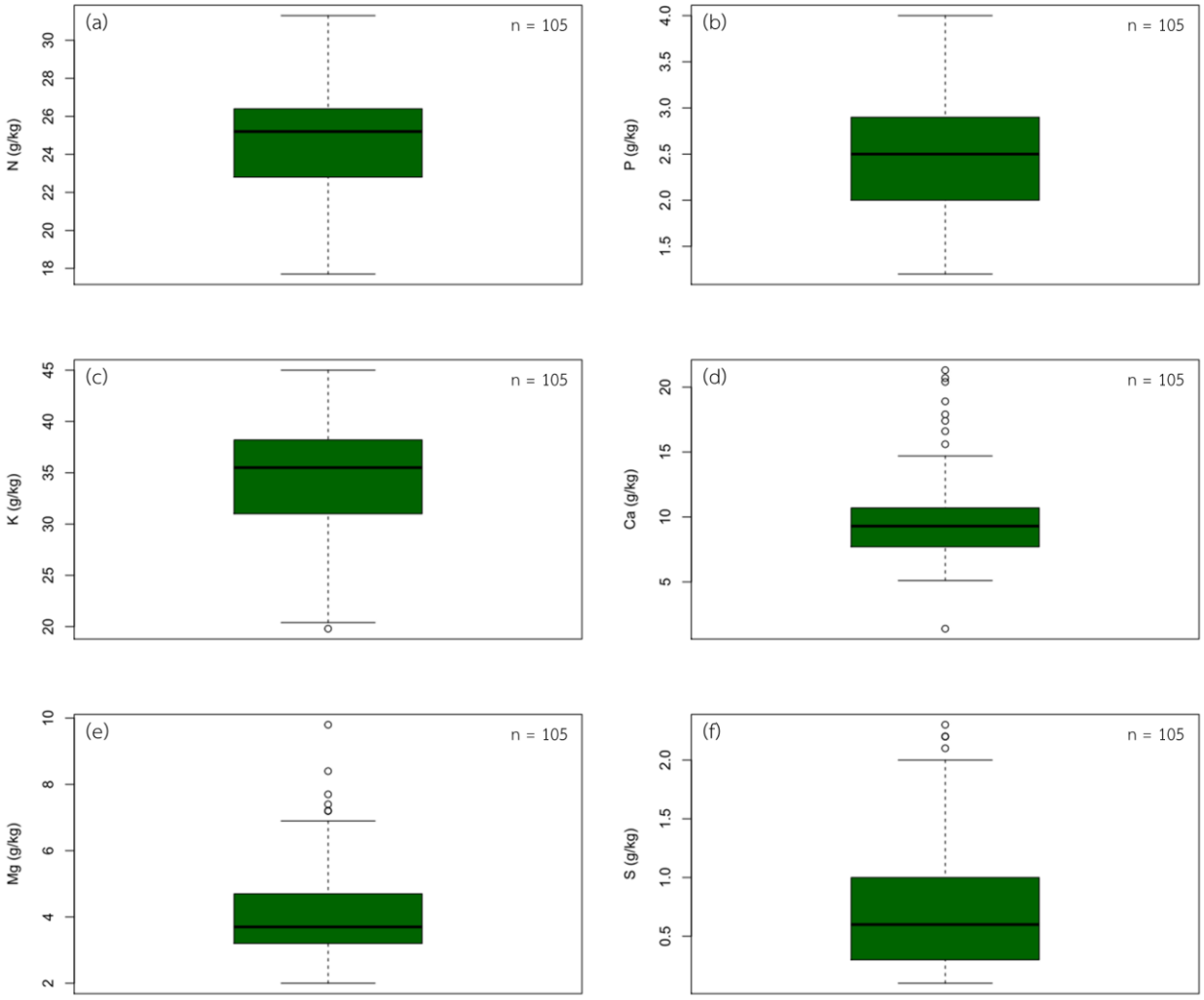
2.1 สถานะธาตุอาหารในใบขมิ้นชัน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างใบขมิ้นชันจากแหล่งปลูกบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ จำนวนทั้งหมด 105 แปลง อันแสดงถึงการสะสมธาตุอาหารสำหรับนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต พบว่าไนโตรเจนมีค่ากลาง 25.20 กรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นครอบคลุมอยู่ในช่วง 17.70-31.30 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสมีค่ากลาง 2.50 กรัมต่อกิโลกรัม มีความผันแปรอยู่ในช่วง 1.20-4.00 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนความเข้มข้นโดยรวมของโพแทสเซียมสูงกว่าไนโตรเจน มีค่ากลาง 35.50 กรัมต่อกิโลกรัม และมีค่ากระจายอยู่ในช่วง 19.80-45.00 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในพืชทั่วไปจะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่า นอกจากนี้ พบว่าแคลเซียมมีค่ากลาง 9.30 กรัมต่อกิโลกรัม การกระจายของความเข้มข้นมีความผันแปรสูงอยู่ในช่วง 1.40-21.30 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแมกนีเซียมมีค่ากลาง 3.70 กรัมต่อกิโลกรัม พบความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2.00-9.80 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ กำมะถันมีค่ากลาง 0.60 กรัมต่อกิโลกรัม พบความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วงแคบ 0.10-2.30 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 ขนาดอนุภาคทราย (a) ทรายแป้ง (b) ดินเหนียว (c) พีเอช (d) อินทรียวัตถุ (e) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (f) โพแทสเซียม (g) แคลเซียม (h) แมกนีเซียม (i) และกำมะถัน (j) ที่สกัดได้ จากพื้นที่ปลูกขมิ้นชันโดยรวม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

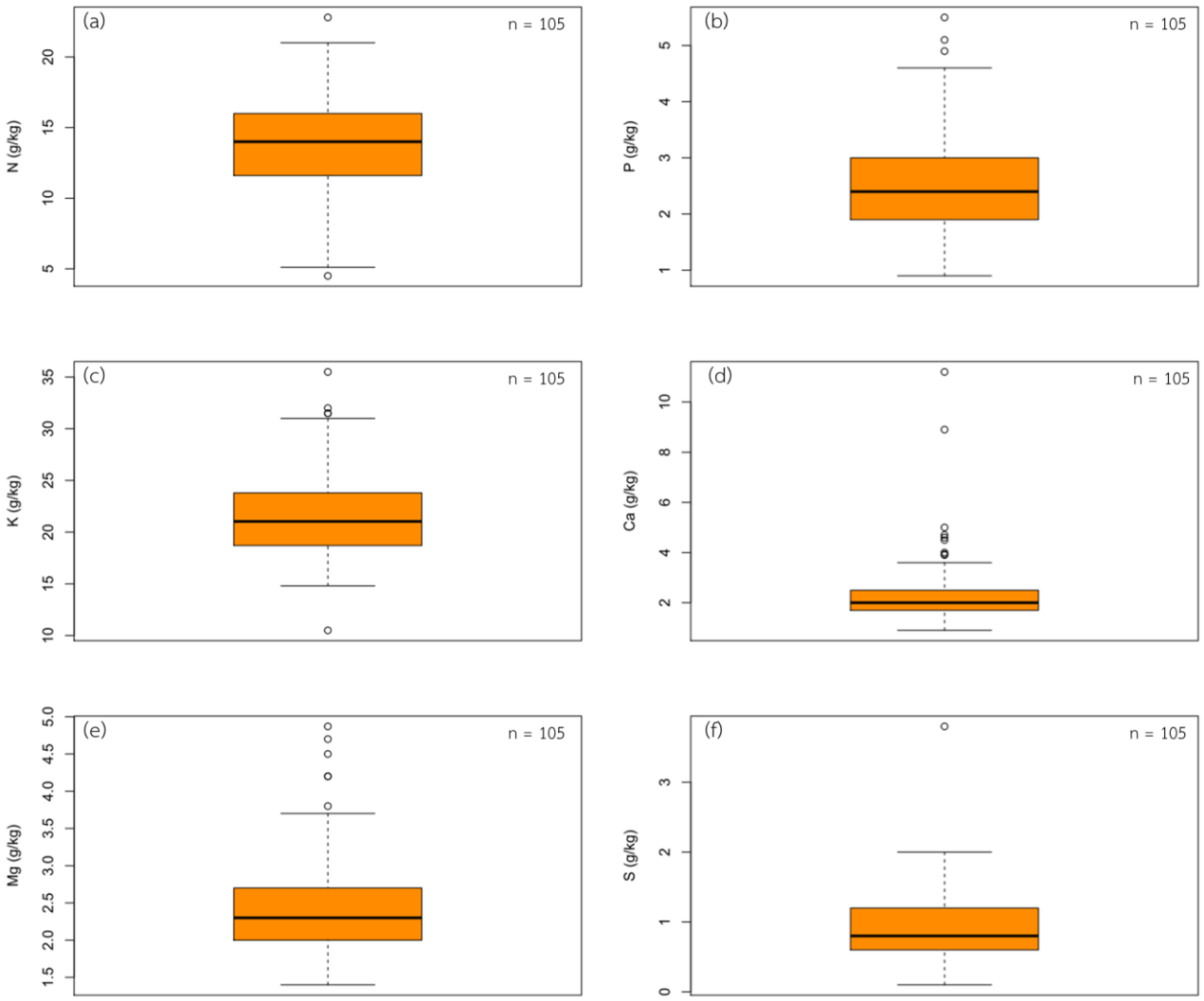


ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในใบขมิ้นชัน

2.2 สถานะธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน อันแสดงถึงความเข้มข้นธาตุอาหารที่ถูกนำไปใช้สร้างผลผลิต และสูญเสียออกจากพื้นที่ พบว่า เหง้าขมิ้นชันมีการสะสมไนโตรเจน ประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นในใบ มีค่ากลาง 14.00 กรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นครอบคลุมอยู่ในช่วง 4.50-22.80 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสมีค่ากลาง 2.40 กรัมต่อกิโลกรัม มีความผันแปรอยู่ในช่วง 0.90-5.50 กรัมต่อกิโลกรัม หรือมีการสะสมในเหง้าประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มข้นในใบ ส่วนความเข้มข้นโดยรวมของโพแทสเซียมสูงกว่าไนโตรเจน สอดคล้องกับความเข้มข้นในใบ มีค่ากลาง 21.04 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเทียบได้กับ 59 เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มข้นในใบ และมีค่ากระจายอยู่ในช่วง 10.50-35.50 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ พบว่า แคลเซียมมีการสะสมในเหง้าประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มข้นในใบ มีค่ากลาง 2.00 กรัมต่อกิโลกรัม การกระจายของความเข้มข้นมีความผันแปรสูงเช่นเดียวกับความเข้มข้นในใบ อยู่ในช่วง

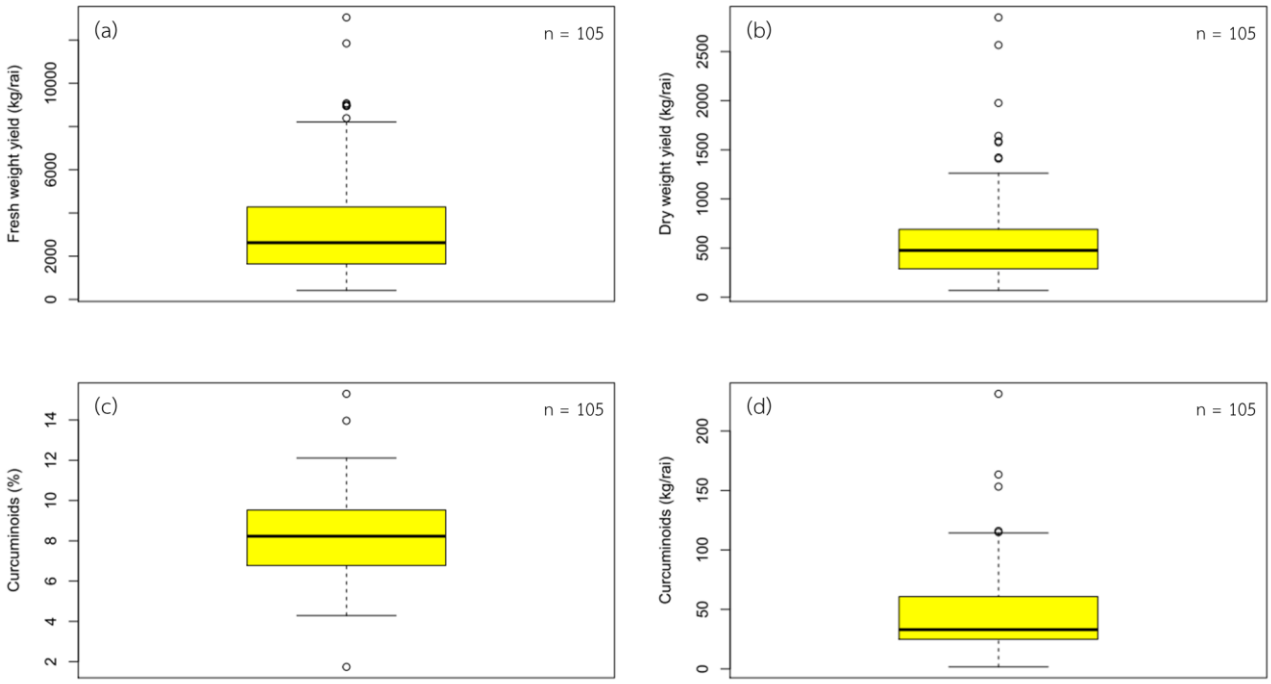
0.90-11.20 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแมกนีเซียมมีค่ากลาง 2.30 กรัมต่อกิโลกรัม พบความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.40-4.87 กรัมต่อกิโลกรัม หรือมีการสะสมในเหง้าประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความเข้มข้นในใบ ในขณะที่ กำมะถันมีความเข้มข้นสูงกว่าในใบ 33 เปอร์เซ็นต์ มีค่ากลาง 0.80 กรัมต่อกิโลกรัม แต่พบความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วงแคบ 0.10-3.80 กรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับในใบ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ปริมาณไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในเหง้าขมิ้นชัน

2.3 ผลผลิตและคุณภาพขมิ้นชัน

ผลการประเมินปริมาณผลผลิตจากพื้นที่เก็บข้อมูล พบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเหง้าขมิ้นชัน มีค่ากลาง 2,623 และ 476 กิโลกรัมต่อไร่ มีความผันแปรอยู่ในช่วง 414-13,047 และ 69-2,847 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนผลวิเคราะห์ความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน อันแสดงถึงคุณภาพของผลผลิต พบว่า ความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์มีค่ากลาง 8.23 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วง 1.74-15.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่จะได้รับต่อหน่วยพื้นที่ พบว่า มีค่ากลาง 33 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณเคอร์คูมินอยด์มีความผันแปรอยู่ในช่วง 2-231 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 10)

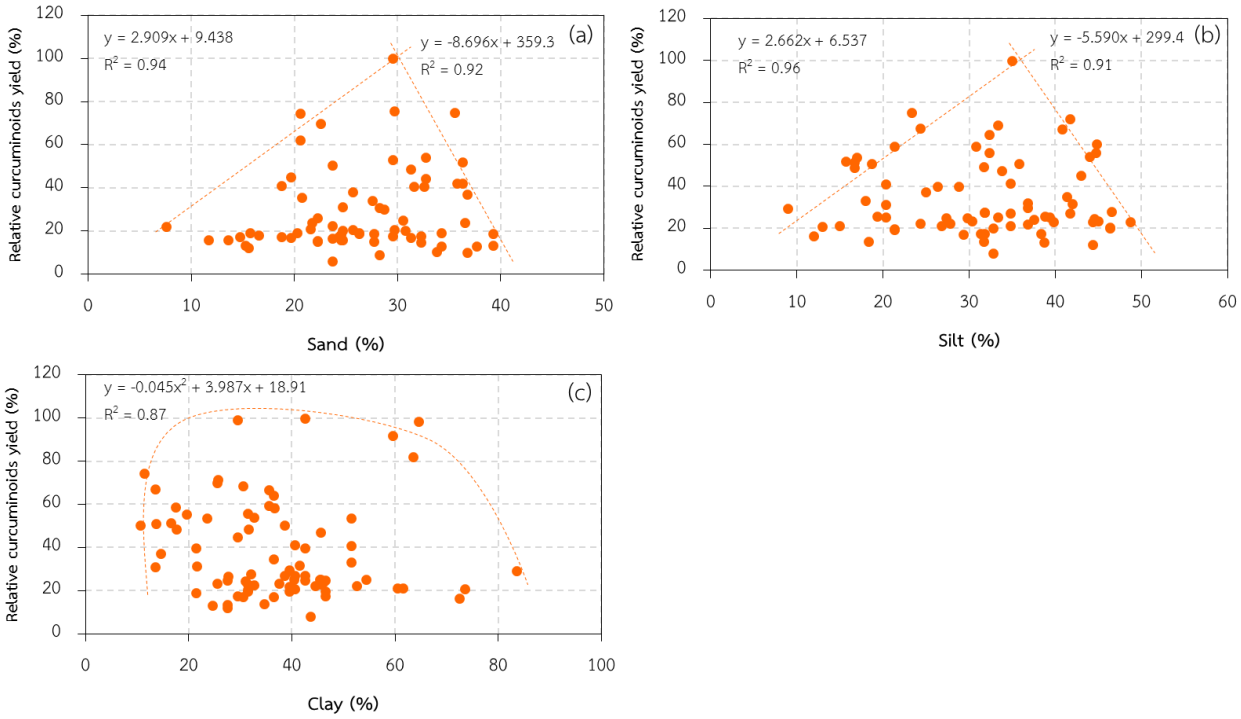


ภาพที่ 10 ปริมาณผลผลิตขมิ้นชัน ได้แก่ ผลผลิตน้ำหนักสด (a) ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (b) และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ ความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์ (c) และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ (d)

3. ค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้น

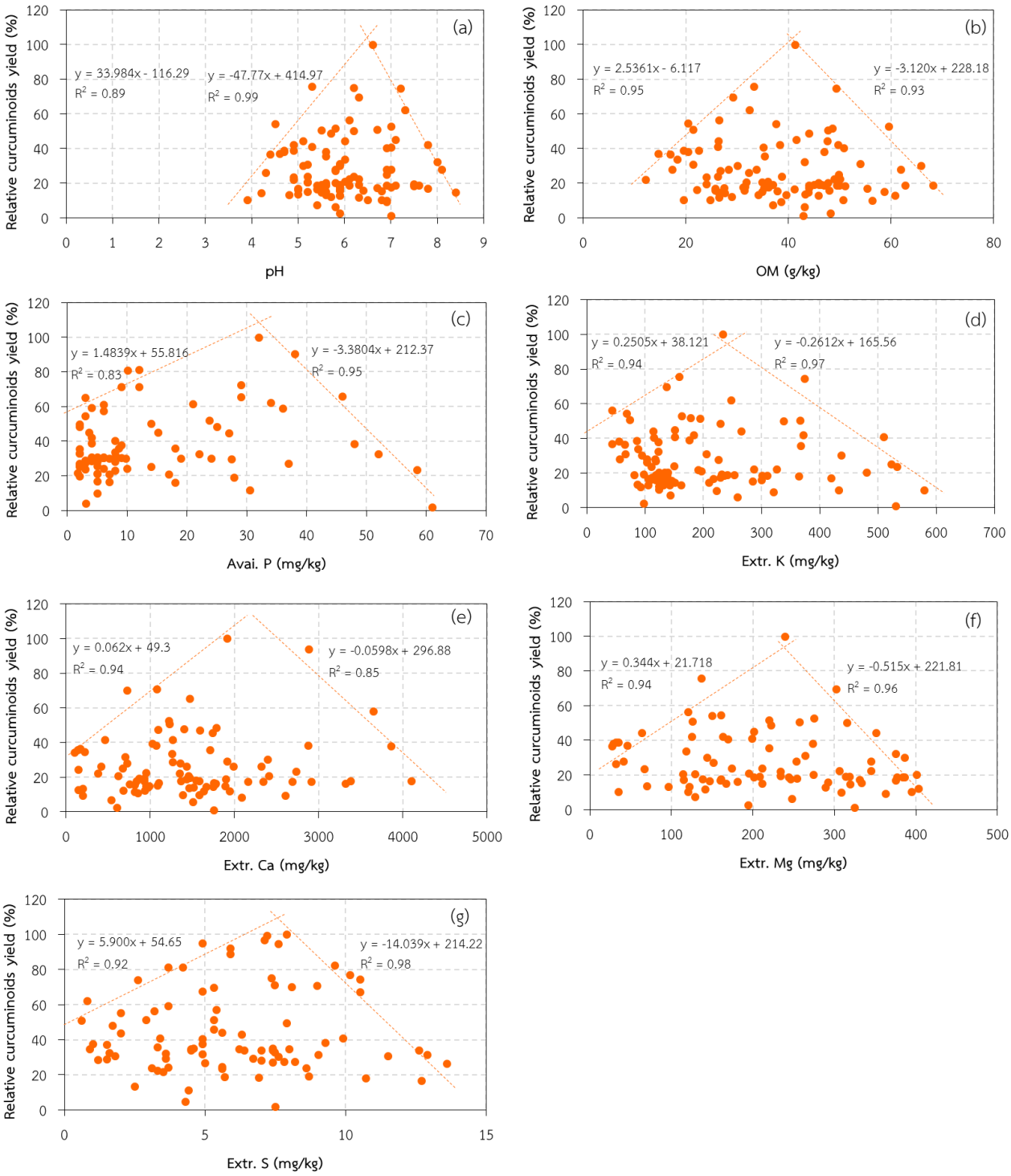
จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชันเมื่อพิจารณาจากผลผลิตสัมพัทธ์ในช่วง 80-100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธีเส้นขอบเขต (ภาพที่ 11-12) ทำให้สามารถคำนวณค่ามาตรฐานของสมบัติดินที่อยู่ในช่วงเพียงพอสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นได้ พบว่า อนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ควรอยู่ในช่วง 24.26-31.13, 27.60-35.11 และ 19.70-31.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ พีเอช และอินทรียวัตถุ ควรอยู่ในช่วง 5.8-6.4 และ 31.54-39.43 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่สกัดได้ ควรอยู่ในช่วง 16.30-29.78, 167-247, 1,315-1,842, 169-228 และ 4.30-7.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

(ตารางที่ 4) ส่วนค่าที่ต่ำกว่าช่วงนี้ สามารถจัดแบ่งเป็นสองระดับ คือ ต่ำ และขาดแคลน เมื่อประเมินจากผลผลิตสัมพัทธ์ในช่วง 60-80 และ <60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หากมีค่าสูงกว่าช่วงแนะนำแสดงว่ามีมากเกินพอ



ภาพที่ 11 การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับอนุภาคดินขนาดทราย (a) ทรายแป้ง (b) และ ดินเหนียว (c)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 12 การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับระดับพีเอช (a) อินทรียวัตถุ (b) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (c) โพแทสเซียม (d) แคลเซียม (e) แมกนีเซียม (f) และกำมะถัน (g) ที่สกัดได้ในดิน

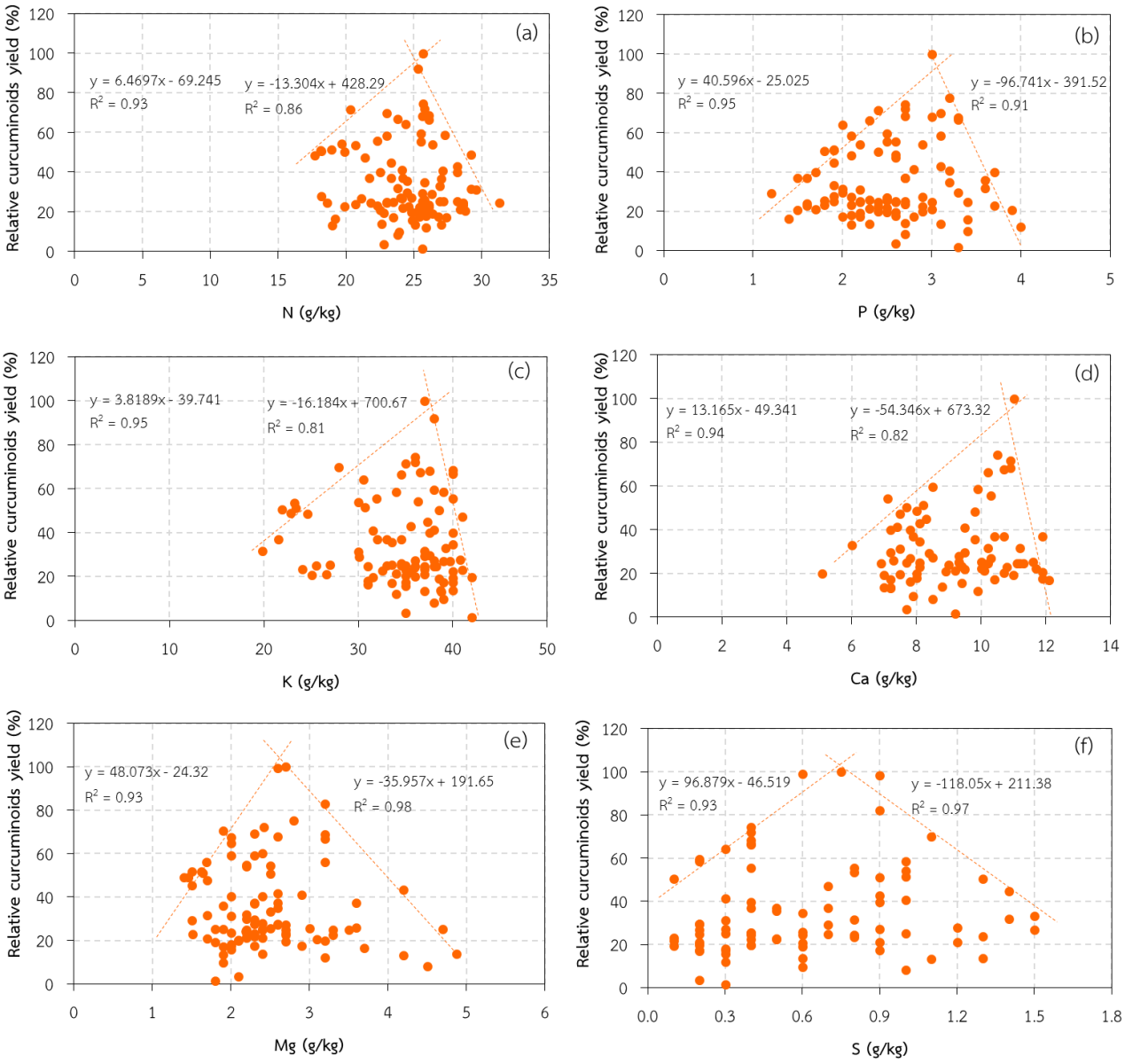
ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้น

สมบัติดิน	ค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับขมิ้นชัน			
	ขาดแคลน	ต่ำ	เพียงพอ	สูงเกินไป
Sand (%)	<17.38	17.38-24.26	24.26-31.13	>31.13
Silt (%)	<20.08	20.08-27.60	27.60-35.11	>35.11
Clay (%)	<11.91	11.91-19.70	19.70-31.63	>31.63
pH	<5.2	5.2-5.8	5.8-6.4	>6.4
OM (g/kg)	<23.66	23.66-31.54	31.54-39.43	>39.43
Avai. P (mg/kg)	<2.82	2.82-16.30	16.30-29.78	>29.78
Extr. K (mg/kg)	<87.34	87.34-167	167-247	>247
Extr. Ca (mg/kg)	<787	787-1,315	1,315-1,842	>1,842
Extr. Mg (mg/kg)	<111	111-169	169-228	>228
Extr. S (mg/kg)	<0.91	0.91-4.30	4.30-7.69	>7.69

4. ค่ามาตรฐานของมหธาตุในใบขมิ้นชัน

มหธาตุจัดเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณสูง โดยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบขมิ้นชัน (ภาพที่ 13) เมื่อพิจารณาจากเส้นขอบเขต ที่ระดับผลผลิตสัมพัทธ์ 80-100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถคำนวณความเข้มข้นที่เหมาะสมของมหธาตุได้ พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ควรอยู่ในช่วง 23.07-26.16, 2.59-3.08, 31.35-36.59, 9.82-11.34, 2.17-2.59 และ 0.48-0.72 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ส่วนค่าที่ต่ำกว่าช่วงนี้ สามารถจัดแบ่งออกเป็นสองระดับ คือ ต่ำ และขาดแคลน เมื่อประเมินจากผลผลิตสัมพัทธ์ในช่วง 60-80 และ <60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หากมีค่าสูงกว่าช่วงแนะนำแสดงว่ามีมากเกินพอ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 13 การใช้วิธีเส้นขอบเขตหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันกับความเข้มข้นไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) แมกนีเซียม (e) และกำมะถัน (f) ในใบขมิ้นชัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานของมหธาตุในใบขมิ้นชัน

มหธาตุ	ค่ามาตรฐานของมหธาตุในใบขมิ้นชัน			
	ขาดแคลน	ต่ำ	เพียงพอ	สูงเกินไป
N (g/kg)	<19.98	19.98-23.07	23.07-26.16	>26.16
P (g/kg)	<2.09	2.09-2.59	2.59-3.08	>3.08
K (g/kg)	<26.12	26.12-31.35	31.35-36.59	>36.59
Ca (g/kg)	<8.31	8.31-9.82	9.82-11.34	>11.34
Mg (g/kg)	<1.75	1.75-2.17	2.17-2.59	>2.59
S (g/kg)	<0.24	0.24-0.48	0.48-0.72	>0.72

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วิจารณ์

1. ข้อมูลดินที่ใช้ศึกษา

จากผลวิเคราะห์สมบัติดินจากแหล่งปลูกขมิ้นชันโดยรวม ซึ่งครอบคลุมทั้งแปลงที่ให้ผลผลิตดี ปานกลาง และต่ำนั้น แสดงให้เห็นว่า ดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียด มีสมบัติเป็นกรดปานกลาง (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากพื้นที่ปลูกขมิ้นชันส่วนใหญ่อยู่ในที่ดอนมีฝนตกชุกภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้น ดินเกิดกระบวนการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรง ส่งผลให้มีการสะสมไฮโดรเจนไอออน (H^+) อยู่ในระดับสูง ในขณะที่แคตไอออนประจุบวกด่างถูกชะละลายออกไป จากอำนาจการไล่ที่ของไฮโดรเจนไอออน ทำให้ดินมีผลตกค้างเป็นกรด อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรียวัตถุแหล่งของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่สกัดได้ มีความแปรปรวน พบค่า ตั้งแต่ช่วงต่ำถึงสูง ทั้งนี้ เป็นไปได้ว่า แปลงที่มีค่าต่ำ เกษตรกรอาจมีการจัดการธาตุอาหารไม่สมดุลกับส่วนที่สูญเสียไป เมื่อปลูกขมิ้นชันติดต่อกันหลายปี จึงส่งผลให้ระดับธาตุอาหารในดินเหลืออยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกับกรณีศึกษาโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินนา พบว่า ในอดีตเกษตรกรไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากตามธรรมชาติของดินเหนียวมีการสะสมโพแทสเซียมอยู่สูง แต่เมื่อมีการปลูกข้าวติดต่อกันหลายปีส่งผลให้โพแทสเซียมที่พืชสามารถดูดใช้ได้อยู่ในระดับต่ำ (สุทธิ์เดชา และคณะ, 2562) จากประเด็นดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า การปลูกพืชในเชิงการค้าจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยธาตุอาหารในระดับที่สมดุลกับส่วนที่ติดไปกับผลผลิตหรือสูญเสียออกจากพื้นที่ โดยสามารถประเมินปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้และสูญเสียไปกับผลผลิต จากการวิเคราะห์สถานะธาตุอาหารในพืช

2. ข้อมูลพืชที่ใช้ศึกษา

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างใบขมิ้นจากพื้นที่โดยรวม ซึ่งครอบคลุมทั้งแปลงที่ให้ผลผลิตดี ปานกลาง และต่ำนั้น แสดงให้เห็นว่า ขมิ้นชันต้องการโพแทสเซียมปริมาณสูง เนื่องจากมีความเข้มข้นในใบสูงกว่าธาตุชนิดอื่นอย่างเด่นชัด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ ขมิ้นชันจำเป็นต้องใช้โพแทสเซียมในกระบวนการลำเลียงแป้งและน้ำตาลไปสะสมบริเวณเหง้า จึงมีการสะสมในใบเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่กระบวนการดังกล่าว ส่วนไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เป็นธาตุที่ขมิ้นชันต้องการในปริมาณรองลงมาถัดจากโพแทสเซียม ตามลำดับ สอดคล้องกับการสะสมโพแทสเซียมในเหง้าขมิ้นชัน พบว่า หากประเมินจากค่ากลาง ผลผลิตเหง้าขมิ้นชัน 1 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง จะมีการสะสมโพแทสเซียมประมาณ 21 กรัม สูงกว่าข้อมูลที่มีรายงานในเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งรายงานการสะสมโพแทสเซียมในเหง้า 11.5 กรัมต่อกิโลกรัม (Ezui *et al.,* 2016) ชี้ให้เห็นว่า การปลูกขมิ้นชันควรให้ความสำคัญกับโพแทสเซียม เนื่องจากมีการสูญเสียไปกับผลผลิตในอัตราสูง ส่วนธาตุอาหารชนิดอื่น ในผลผลิต 1 กิโลกรัม มีการสะสม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน 14, 2.4, 2, 2.3 และ 0.8 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น หากการปลูกขมิ้นชันที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 476 กิโลกรัมต่อไร่ (ค่ากลางจากการสำรวจ) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ที่สูญเสียไปกับผลผลิต คือ 7, 1, 10, 1, 1 และ 0.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นั้นหมายถึงปริมาณธาตุอาหารที่ต้องเติมกลับคืนสู่ดินเพื่อชดเชยส่วนที่สูญเสียออกไป หรือคิดเป็นปริมาณปุ๋ย N, P_2O_5, K_2O, CaO, MgO และ S จำนวน 7, 2.6, 12, 1.3, 1.8 และ 0.4

กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับธาตุอาหารในข้างต้น สามารถใช้ได้ในกรณีที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่แล้วเท่านั้น หากเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือมีปัญหาความสมดุลของธาตุอาหาร จำเป็นต้องนำผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช มาพิจารณาร่วมกับผลวิเคราะห์ดิน เพื่อพิจารณาความเพียงพอและความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของธาตุชนิดนั้น ๆ นอกจากนี้ จากผลวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน เมื่อพิจารณาจากค่ากลาง ชี้ให้เห็นว่า ส่วนใหญ่มีการสะสมสารเคอร์คูมินอยด์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของตำรับยาสมุนไพรไทย ซึ่งกำหนดให้มีความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (Ministry of Public Health, 2009) และเมื่อประเมินผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ต่อหน่วยพื้นที่ปลูก พบว่า มีความผันแปรค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 2-231 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากความแตกต่างของปัจจัยทางสภาวะแวดล้อม (Sandeep *et al.,* 2017) โดยเฉพาะสมบัติดินทางเคมีและกายภาพที่ต่างกัน ประกอบกับการปลูกขมิ้นชันมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการสารสำคัญจากผลผลิต ดังนั้น การเลือกใช้ผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับเป็นตัวแปรในการจัดทำค่ามาตรฐานสมบัติดินหรือสถานะธาตุอาหารที่เหมาะสมในพืช จึงมีความเหมาะสมกว่าการเลือกใช้ผลผลิตน้ำหนักสดหรือน้ำแห้งของเหง้าขมิ้นชัน

3. ค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้น

ผลการจัดทำค่ามาตรฐานสมบัติดินที่เหมาะสมสำหรับขมิ้นชันจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ เมื่อพิจารณาจากช่วงที่เหมาะสมของสมบัติดินสำหรับขมิ้นชันโดยใช้วิธีเส้นขอบเขต ชี้ให้เห็นว่า พีเอชดินควรอยู่ในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง (5.8-6.4) (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562) เนื้อดิน ควรเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ดินร่วน หรือดินร่วนเหนียว ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินปานกลางถึงละเอียด เนื่องจากขมิ้นชันต้องการโพแทสเซียมสูงในการทำหน้าที่ลำเลียงแป้งและน้ำตาลไปสร้างผลผลิต มีรายงานเหง้าขมิ้นชันมีการสะสมคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Nelson *et al.,* 2017) ในขณะที่ ดินเนื้อละเอียดมีการสะสมโพแทสเซียมอยู่สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (พัสกร และคณะ, 2561) สอดคล้องกับค่ามาตรฐานในช่วงที่เพียงพอของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า อยู่ในช่วง 167-247 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าค่าแนะนำในดินทั่วไป (61-90 มก./กก.) (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547ข) นาข้าว (76.88-120.80 มก./กก.) (สุทธิ์เดชา และคณะ, 2562) และมันสำปะหลัง (59-98 มก./กก.) (Howeler, 2017) เช่นเดียวกับกรณีของอินทรียวัตถุ ชี้ให้เห็นว่า ระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วงสูงกว่าค่าแนะนำปกติ ทั้งนี้ อินทรียวัตถุเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชหลากหลายชนิดธาตุ โดยเฉพาะแหล่งของไนโตรเจน ซึ่งมีความเข้มข้นในใบและเหง้าขมิ้นชันสูง รองจากโพแทสเซียม มีรายงานเหง้าขมิ้นชันมีโปรตีนสะสมอยู่ประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Nelson *et al.,* 2017) คาร์บอนจากอินทรียวัตถุยังเป็นองค์ประกอบของกรดซินนามิก (cinnamic acid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคอร์คูมินอยด์ (Rodrigues *et al.,* 2015) นอกจากนี้ อินทรียวัตถุยังช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหาร ในขณะที่ ขมิ้นชันอาจมีการดูดใช้ธาตุอาหารแบบค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น แหล่งของธาตุอาหารจึงมาจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารในดิน ซึ่งจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา อีกทั้ง ในกรณีดินเนื้อละเอียด อินทรียวัตถุยังช่วยปรับโครงสร้างดิน ให้สามารถระบายน้ำระบายอากาศได้ดี จึงช่วยให้เหง้าขมิ้นชันไม่ได้รับความเสียหายจากสาเหตุน้ำท่วมขัง ทำให้สามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่าบริเวณที่มีอินทรียวัตถุต่ำ

การจัดการธาตุอาหาร จึงควรเพิ่มอินทรียวัตถุในดินก่อน จากนั้นค่อยใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเติมธาตุอาหารในส่วนที่ขาด ส่วนช่วงที่เหมาะสมของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 16.30-29.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใกล้เคียงกับค่าแนะนำสำหรับดินปลูกข้าว (19.22-27.33 มก./กก.) (สุทธิ์เดชา และคณะ, 2562) แต่อยู่ในช่วงสูงกว่าค่าแนะนำในมันสำปะหลัง (4-15 มก./กก.) (Howeler, 2017) ทั้งนี้ เนื่องจากระดับพีเอชดินที่เหมาะสมสำหรับขมิ้นชันอยู่ในช่วงสูงกว่า 5.5 ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สามารถละลายออกมาได้ดี ค่าที่เหมาะสมจึงอยู่ในช่วงสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากค่ากลางที่ได้จากการสำรวจ ชี้ให้เห็นว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในพื้นที่ดังกล่าว อาจสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของรูปพลังงานที่ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมรวมถึงการสังเคราะห์สารสำคัญในขมิ้นชัน (Rodrigues *et al.,* 2015) ในขณะที่ช่วงที่เหมาะสมของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับค่าแนะนำในดินทั่วไป (แคลเซียมแมกนีเซียมที่สกัดได้ 1001-2000, 121-365 มก./กก.) (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547ข) แต่อยู่ในช่วงสูงกว่าค่าแนะนำในดินปลูกมันสำปะหลัง (แคลเซียมแมกนีเซียมที่สกัดได้ 200-1000, 49-122 มก./กก.) ส่วนช่วงที่เพียงพอของกำมะถันที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในช่วงต่ำกว่าค่าแนะนำดังกล่าว (40-70 มก./กก.) (Howeler, 2017) แสดงให้เห็นว่า ความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จึงควรจัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารแบบเฉพาะเจาะจงตามชนิดพืช ซึ่งจะช่วยให้การจัดการดินและปุ๋ยสอดคล้องกับความต้องการของพืชอย่างแท้จริง

4. ค่ามาตรฐานของมหธาตุในใบขมิ้นชัน

ผลการจัดทำค่ามาตรฐานมหธาตุที่เหมาะสมในใบขมิ้นชันจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารกับผลผลิตเคอร์คูมินอยด์ เมื่อพิจารณาจากช่วงที่เพียงพอของความเข้มข้นธาตุอาหารในใบโดยใช้วิธีเส้นขอบเขต ชี้ให้เห็นว่า ระดับไนโตรเจนที่เหมาะสม อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับค่าแนะนำสำหรับไม้ผลบางชนิด เช่น ลองกอง (23.0-26.2 ก./กก.) (จำเป็น และคณะ, 2549) และทุเรียน (20.0-24.0 ก./กก.) (สุมิตรา และคณะ, 2545ข) แต่อยู่ในช่วงต่ำกว่าค่าแนะนำสำหรับมันสำปะหลัง (51.0-58.0 ก./กก.) (Howeler, 2017) และเผือก (40.0-45.0 ก./กก.) (Miyasaka *et al.,* 2002) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก พื้นที่ปลูกขมิ้นชันส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกับบริเวณที่ปลูกลองกองและทุเรียน เช่น อยู่ในพื้นที่ดอน ปริมาณน้ำฝนสูง ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไนโตรเจนในใบจึงอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ มันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในเขตแห้งแล้ง ส่วนเผือกอยู่ในที่พื้นที่ลุ่มต่ำกว่า สำหรับความเข้มข้นที่เหมาะสมของฟอสฟอรัส อยู่ในช่วงแคบและต่ำกว่าค่าแนะนำในใบมันสำปะหลัง (3.8-5.0 ก./กก.) (Howeler, 2017) และเผือกเล็กน้อย (3.0-5.0 ก./กก.) (Miyasaka *et al.,* 2002) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากค่ากลางของความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบที่ได้จากการสำรวจ ชี้ให้เห็นว่า ระดับฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย สอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่อยู่ในช่วงต่ำกว่าช่วงที่เพียงพอ จึงอาจเป็นธาตุที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตขมิ้นชันในอนาคตได้ หากมีการจัดการธาตุอาหารไม่เหมาะสม ส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมในใบ อยู่ในช่วงสูงกว่าค่าแนะนำสำหรับมันสำปะหลัง (14.2-18.8 ก./กก.) (Howeler, 2017) แต่ใกล้เคียงกับค่าแนะนำในใบเผือก (32.0-55.0 ก./กก.) (Miyasaka *et al.,* 2002) เมื่อพิจารณาจากค่ากลางที่ได้จากการสำรวจ แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบอยู่ในระดับเพียงพอ อย่างไรก็ตาม เพื่อรักษาความอุดม

สมบูรณ์ของดิน เกษตรกรจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยโพแทสเซียมที่ติดไปกับผลผลิต ซึ่งเป็นธาตุที่ติดไปกับเหง้าขมิ้นชันสูงกว่าธาตุชนิดอื่นอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เหมาะสมในใบ อยู่ในช่วงเดียวกับค่าแนะนำสำหรับเผือก (แคลเซียมแมกนีเซียม 7.0-15.0, 2.0-5.0 ก./กก.) (Miyasaka *et al.,* 2002) แต่อยู่ในช่วงแคบกว่า เมื่อประเมินจากผลการสำรวจโดยใช้ค่ากลาง ชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นแคลเซียมในใบอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่าแนะนำเล็กน้อย ทั้งที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วงที่เพียงพอ ในขณะที่ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน รวมถึงความเข้มข้นในใบ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์แนะนำ อาจเนื่องจาก ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร แมกนีเซียมที่สูงกว่าเกณฑ์ในดินอาจเป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้แคลเซียมของต้นขมิ้น (ยงยุทธ, 2552) ส่วนความเข้มข้นในช่วงเพียงพอ ของกำมะถันในใบขมิ้นชัน อยู่ในช่วงต่ำกว่าค่าแนะนำในมันสำปะหลัง (3.0-3.6 ก./กก.) (Howeler, 2017) และเผือก (2.0-3.0 ก./กก.) (Miyasaka *et al.,* 2002) ชี้ให้เห็นว่า ขมิ้นชันต้องการกำมะถันในปริมาณต่ำกว่า มันสำปะหลังและเผือกอย่างเด่นชัด ถึงแม้จะเป็นพืชที่มีหัวหรือเหง้าเหมือนกัน ดังนั้น การจัดการธาตุอาหารตามเกณฑ์มาตรฐานที่มีความจำเพาะตามชนิดพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับแนวทางการนำเกณฑ์มาตรฐานธาตุอาหารในใบพืชไปใช้นั้น หากเกษตรกรเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์ และพบว่า ค่าอยู่ในระดับต่ำหรือขาดแคลน เกษตรกรจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารชนิดนั้นเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ แต่หากธาตุอาหารอยู่ในระดับเพียงพอเกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยสูตรเดิมและอัตราเท่าเดิม ในขณะที่ หากระดับธาตุอาหารในพืชอยู่ในระดับมากเกินพอ เกษตรกรก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย หรือสามารถลดปริมาณปุ๋ยลงได้ ในฤดูการผลิตถัดไป (จำเป็น และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีรายงานความไม่สมดุลของธาตุอาหารบางชนิดในดิน ส่งผลให้เกิดอันตรกิริยาเชิงลบหรือเป็นปฏิปักษ์ระหว่างกัน (สุทธิ์เดชา และคณะ, 2563) การพิจารณาการใส่ปุ๋ยจึงควรพิจารณาการวิเคราะห์ดินและธาตุอาหารในพืชควบคู่กัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการใช้วิธีเส้นขอบเขตจัดทำค่ามาตรฐานของสมบัติดิน และปริมาณมหธาตุสำหรับขมิ้นชัน แสดงให้เห็นว่า ดินที่ให้ผลผลิตเคอร์คูมินอยด์จากเหง้าขมิ้นชันสูง ควรมีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว อยู่ในช่วง 24.26-31.13, 27.60-35.11 และ 19.70-31.63 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ พีเอช และอินทรียวัตถุ ควรอยู่ในช่วง 5.8-6.4 และ 31.54-39.43 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่สกัดได้ ควรอยู่ในช่วง 16.30-29.78, 167-247, 1,315-1,842, 169-228 และ 4.30-7.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในใบขมิ้นชัน ควรอยู่ในช่วง 23.07-26.16, 2.59-3.08, 31.35-36.59, 9.82-11.34, 2.17-2.59 และ 0.48-0.72 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ แนวทางประเมินการใช้ปุ๋ยควรพิจารณาจากสถานะธาตุอาหารในดินและพืชควบคู่กัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เกษตรกรในพื้นที่รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบถึงข้อจำกัดของดินที่ส่งผลต่อผลผลิตขมิ้นชัน
2. เกษตรกรได้ข้อมูลแนวทางจัดการดินเพื่อปรับความสมดุลของธาตุอาหารในดินและพืช
3. นักวิชาการมีข้อมูลค่ามาตรฐานธาตุอาหาร เพื่อใช้แปลผลวิเคราะห์ดินและพืช และสามารถให้คำแนะนำปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันได้อย่างเหมาะสม
4. นักวิชาการรวมถึงเกษตรกรได้แนวทางในการจัดการธาตุอาหารเพื่อผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดในขณะที่ยังคงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการประจำปีของกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปีงบประมาณ 2565

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ขมิ้นชัน. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

จำเป็น อ่อนทอง พิรุณ ติระพัฒน์ และ คศิกาญจน์ สุขมี. 2550. ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ในใบลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.). ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29: 287-296.

จำเป็น อ่อนทอง สายใจ กิ้มสงวน และ พิรุณ ติระพัฒน์. 2549. ค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกอง. ว. วิทย. กษ. 37: 257-268.

พัสกร ทะสานนท์, ทิมทอง ดรุณสนธยา, วิทยา จินดาหลวง และชัยภัทร คงแก้ว. 2561. รูปของโพแทสเซียมในดินนาที่ราบภาคกลางของประเทศไทย. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 5: 58-66.

ภรภัทร สุชาติกูล และ สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2559. การจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับการแปลผลการวิเคราะห์ดินและพืชในยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ระยะก่อนเปิดกรีด. ว. ยางพารา 37: 27-45.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิกิพีเดีย. 2562. ขมิ้น. เข้าถึงได้จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/%E 0%B8%82%E0%B8%A1%E0% B8%B 4%E0 %B9%89%E0%B8%99. [เข้าถึงเมื่อ 4 ธันวาคม 2562].

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2551. การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำคำแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. ว. วิทย. กษ. 39: 62-65.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2552. การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารและการจัดการเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพในเขตลุ่มน้ำปากพนัง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2552. พจนานุกรมศัพท์ปฐพีศาสตร์ฉบับราชบัณฑิตยสภา. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. การศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพรไทยกรณีขมิ้นชัน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547ก. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547ข. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สุทธิ์เดชา ขุนทอง กมรินทร์ นิ่มนวลรัตน์ ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข สุรเชษฐ์ นาราภัทร์ วิวัฒน์ สวยสม และสุภาภรณ์ ขุนทอง. 2562. การประเมินธาตุอาหารหลักสำหรับการผลิตข้าวจากผลวิเคราะห์ดินและพืช. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 6: 72-85.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สุทธิ์เดชา ขุนทอง ณัฐพร ประคองเก็บ มนต์ระวี มีแต้ม นิยม สุรักษ์ วิวัฒน์ สวยสม ชนิดา เกิดชนะ ชนินาถ การะภักดี ปราณี จอมอุ่น จิราพร สวยสม และ ทิพานันท์ อุปนิสากร. 2563. อันตรกิริยาระหว่างแมงกานีสกับธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ในดินปลูกชาน้ำมัน บ้านปางมะหัน จังหวัดเชียงราย. ว. พืชศาสตร์ สงขลานครินทร์ 7: 217-234.

สุภาภรณ์ สาชาติ. 2558. รายงานโครงการวิจัยพัฒนาการผลิตขมิ้นชันอย่างยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สุมิตรา ภู่วโรดม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยม และ จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร. 2544. ความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในใบทุเรียน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุมิตรา ภู่วโรดม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยม และ จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร. 2545ก. การสร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน: 1 วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบ. ว. วิทย. กษ. 33: 269-278.

สุมิตรา ภู่วโรดม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยม และ จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร. 2545ข. การสร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน: 2 ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร. ว. วิทย. กษ. 33: 279-286.

สุมิตรา ภู่วโรดม พรทิวา กัญยวงศ์หา นุจรี บุญแปลง และ ชัยวัฒน์ มครเพศ. 2547. การวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในมังคุด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุมิตรา ภู่วโรดม และ วิเชียร จาฏุพจน์. 2546. การใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. ว. วิทย. กษ. 34: 51-58.

อัศจรรย์ สุขธำรง. 2545. การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Banneheka, B.M.S.G., M.P. Dhanushika, W. Wijesuriya and K. Herath. 2013. A linear programming approach to fitting an upper quadratic boundary line to natural rubber data. J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka 41: 13-20.

Blanco-Macias, F., R. Magallanes-Quintanar, R.D. Valdez-Cepeda, R. Vazquez-Alvarado, E. Olivares-Saenz, E. Gutierrez-Ornelas and J.A. Vidales-Contreras. 2009. Comparison between CND norms and boundary-line approach nutrient standards: *Opuntia ficus-indica* L. case. Rev. Chapingo. Ser. Hortic. 15: 217-223.

Bouyoucos, G.J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. Soil Science 23:343-353.

Carmo, M., R. Garcia-Ruiz, M.I. Ferreira and T. Domingos. 2017. The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: the transition from organic to chemical fertilization. Sci. Rep. 7: 8111. DOI:10.1038/s41598-017-08118-3.

Ezui, K.S. A.C. Franke, A. Mando, B.D.K. Ahiabor, F.M. Tetteh, J. Sogbedji, B.H. Janssen and K.E. Giller. 2016. Fertiliser requirements for balanced nutrition of cassava across eight locations in West Africa. Field Crop. Res. 185: 69-78.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Garcia-Ruiz, R., M. Gonzalez De Molina, G. Guzman, D. Soto and J. Infante-Amate. 2012. Guidelines for constructing nitrogen, phosphorus, and potassium balances in historical agricultural systems. J. Sustain. Agr. 36: 650-682.

Harmsen, K. 2000. A modified Mitscherlich equation for rainfed crop production in semi-arid areas: 1. theory. Neth. J. Agr. Sci. 48: 237-250.

Harmsen, K., A.E. Matar, M.C. Saxena and S.N. Silim. 2001. Yield response to phosphorus fertilizer in a wheat-lentil rotation in a Mediterranean environment. Neth. J. Agr. Sci. 49: 385-404.

Hiddink, J.G. and M.J. Kaiser. 2005. Implications of Liebig's law of the minimum for the use of ecological indicators based on abundance. Ecography 28: 264-271.

Howeler, R. 2017. Diagnosis of nutritional problems of cassava. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Relation-between-the-relative-yield-or-dry-matter-production-of-the-plant-and-the_fig1_322069770 [accessed 5 June 2020].

ISO 10390. 2005. Soil quality-determination of pH. International Standard.

ISO 11464. 2006. Soil quality-pretreatment of samples for physico-chemical analysis. International Standard.

Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. New York: CRC Press.

Lafond, J. 2009. Optimum leaf nutrient concentrations of wild low bush blueberry in Quebec. Can. J. Plant Sci. 89: 341-347.

Maia, C.E. and E.R.C. Morais. 2016. Boundary line model to estimate the nutrient sufficiency range in muskmelon leaves. Rev. Bras. Cienc. Solo. 40:e0160033.

Ministry of Public Health. 2009. Thai herbal pharmacopoeia volume I. Nonthaburi, Thailand.

Miyasaka, S.C., R.T. Hamasaki and R.S. de la Pena. 2002. Nutrient deficiencies and excesses in Taro. Availablefrom:https://www.researchgate.net/publication/29744647_Nutrient_Deficiences_and_Excesses_in_Taro [accessed 25 June 2020].

Nelson, K.M., J.L. Dahlin, J. Bisson, J. Graham, G.F. Pauli and M.A. Walters. 2017. The essential medicinal chemistry of curcumin. J. Med. Chem. 60: 1620-1637.

Nievergelt, Y. 2013. On the existence of best Mitscherlich, Verhulst, and west growth curves for generalized least-squares regression. J. Comput. Appl. Math. 248: 31-46.

Rodrigues, J.L., K.L.J. Prather, L.D. Kluskens and L.R. Rodrigues. 2015. Heterologous production of curcuminoids. Microbiol. Mol. Biol. R. 79: 39-60.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Sandeep, I.S., S. Das, N. Nasim, A. Mishra, L. Acharya, R.K. Joshi, S. Nayak and S. Mohanty. 2017. Differential expression of CURS gene during various growth stages, climatic condition and soil nutrients in turmeric (Curcuma longa): Towards site specific cultivation for high curcumin yield. Plant Physiol. Bioch. 118: 348-355.

Widiatmaka, A. Sutandi, A. Iswandi, U. Daras, M. Hikmat and A. Krisnohadi. 2014. Establishing land suitability criteria for cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Indonesia. Appl. Environ. Soil. Sci. 743194. doi.org/10.1155/2014/743194.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดพื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช

แปลงที่	รหัส	ชื่อเจ้าของแปลง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	
			บ้านเลขที่/หมู่/ตำบล	อำเภอ/จังหวัด
1	Ron 01	นายประเสริฐ ช่วยพูล	323 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
2	Ron 02	นายเฉวง พูลช่วย	323 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
3	Ron 03	นายสุจินต์ ชูศรี	15/3 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
4	Ron 04	นายสุจินต์ ชูศรี	15/3 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
5	Ron 05	นายสมพงค์ สุขเจริญ	17 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
6	Ron 06	นายกฤษณา สืบคง	15/12 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
7	Ron 07	นายเจริญกิจ ถาวรพล	324/1 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
8	Ron 08	นายสมโชค เพ็งสง	324/1 ม. 3 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
9	Ron 09	นายวีระ เจริญชน	127/3 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
10	Ron 10	นายบุญนำ หมีทอง	130 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
11	Ron 11	นางหนูรอง หลีประเสริฐ	151/10 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
12	Ron 12	นางอารมย์ ฤทธิ์มนตรี	151/10 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
13	Ron 13	นายจริน ฤทธิ์มนตรี	151/9 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
14	Ron 14	นางวิภารัตน์ สุขศรีโรจน์	151/2 ม. 2 ต. ร่อนพิบูลย์	อ. ร่อนพิบูลย์ จ. นครศรีธรรมราช
15	Sai 01	นายปรีชา เจริญเกตุ	48/1 ม. 6 ต. ไทรโยค	อ. ไทรโยค จ.กาญจนบุรี
16	Sai 02	นายปรีชา เจริญเกตุ	48/1 ม. 6 ต. ไทรโยค	อ. ไทรโยค จ.กาญจนบุรี
17	Thong 01	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
18	Thong 02	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
19	Thong 03	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
20	Thong 04	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
21	Thong 05	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
22	Thong 06	นายเพลิน บุญปลูก	33 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
23	Thong 07	นายหนุ่ม คนดี	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
24	Thong 08	นายหนุ่ม คนดี	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
25	Thong 09	นายบัณฑูร โต๊ะทอง	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
26	Thong 10	นายบัณฑูร โต๊ะทอง	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
27	Thong 11	นายบัณฑูร โต๊ะทอง	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
28	Thong 12	นายบัณฑูร โต๊ะทอง	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
29	Thong 13	นายบัณฑูร โต๊ะทอง	29/23 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดพื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช

แปลงที่	รหัส	ชื่อเจ้าของแปลง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	
			บ้านเลขที่/หมู่/ตำบล	อำเภอ/จังหวัด
30	Thong 14	นางบุญช่วย แซ่ตัน	34/3 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
31	Thong 15	นางบุญช่วย แซ่ตัน	34/3 ม. 3 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
32	Sang 01	นายบรรจบ ผ่องนา	95/3 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
33	Sang 02	นางสาวนิราภรณ์ คำทุม	83 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
34	Sang 03	นางจันทร์ อินยา	51 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
35	Sang 04	นายประเสริฐ อุปวัน	65 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
36	Sang 05	นายประเสริฐ อุปวัน	65 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
37	Sang 06	นางสำเภา วันเครือ	33/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
38	Sang 07	นางทวี สายมัว	84 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
39	Sang 08	นายกล้าพิทักษ์ พรมสอน	43/4 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
40	Sang 09	นายกล้าพิทักษ์ พรมสอน	43/4 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
41	Sang 10	นางสมยงค์ คงสังคะ	54/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
42	Sang 11	นางวิชัย พิมพา	13 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
43	Sang 12	นางซ่อนกลิ่น บุญจันทร์	228 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
44	Sang 13	นายนรินทร์ จำปีขาว	41/1 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
45	Sang 14	นายนรินทร์ จำปีขาว	41/1 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
46	Sang 15	นายสถิตย์ ผุยดา	17 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
47	Sang 16	นางสาวเกสนีย์ นวลป้อง	138 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
48	Sang 17	นายช้าง นวลป้อง	91/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
49	Sang 18	นางสาวบัวหล้า กิตติศรีเบ็ญลา	182 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
50	Sang 19	นางสาวนวลปราง นวลป้อง	91/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
51	Sang 20	นางวันทอง คำทุม	83/2 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
52	Sang 21	นางทองใส แก้วกระจาย	82 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
53	Sang 22	นายไกร กาญจนสาธร	201 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
54	Sang 23	นางสาวอิงฝัน คนบุญ	7/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
55	Sang 24	นายวอน เมืองนา	7 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
56	Sang 25	นายวอน เมืองนา	7 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
57	Sang 26	นายวอน เมืองนา	7 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
58	Sang 27	นางเลียม คนบุญ	74/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดพื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช

แปลงที่	รหัส	ชื่อเจ้าของแปลง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	
			บ้านเลขที่/หมู่/ตำบล	อำเภอ/จังหวัด
59	Sang 28	นางเลียม คนบุญ	74/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
60	Sang 29	นายทวี คำภาป้อง	40/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
61	Sang 30	นางทองดี อ่อนตาผา	40 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
62	Sang 31	นายสายธาร สีประทุม	5/1 ม. 1 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
63	Sang 32	นางสาวสุทรารัตน์ อุ่นพา	82/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
64	Sang 33	นางสาวสุทรารัตน์ อุ่นพา	82/1 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
65	Sang 34	นางเกวียน เนตรจอย	74 ม. 2 ต. ปรังเผล	อ. สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี
66	Nop 01	นางศรีสุดา ระวังวงศ์	5/2 ม. 9 ต. นาเหรง	อ. นบพิตำ จ. นครศรีธรรมราช
67	Nop 02	นางศรีสุดา ระวังวงศ์	5/2 ม. 9 ต. นาเหรง	อ. นบพิตำ จ. นครศรีธรรมราช
68	Khiri 01	นายณัฐพงศ์ ทองคำ	278 ม. 7 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
69	Khiri 02	นายมาโนช รุจิตร	32 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
70	Khiri 03	นางสุจิรัตน์ วิเชียร	25/3 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
71	Khiri 04	นายนุกูล สังข์ทอง	71 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
72	Khiri 05	นายบรรหาร ไกรวงศ์	34/1 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
73	Khiri 06	นายนุกูล สังข์ทอง	71 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
74	Khiri 07	นายอมร พิทักษ์	71 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
75	Khiri 08	นายอุทร พิทักษ์	71 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
76	Khiri 09	นายคารม รุจิตร	71 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
77	Khiri 10	นายสมโชค บัวแก้ว	32 ม. 6 ต. ย่านยาว	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
78	Khiri 11	นางกมลทิพย์ สาเรศ	5/1 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
79	Khiri 12	นางกมลทิพย์ สาเรศ	5/1 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
80	Khiri 13	นางปราณี สระทองเอ่น	147/1 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
81	Khiri 14	นายกิจติพงศ์ พัฒสังวาลย์	159 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
82	Khiri 15	นางมลฤดี สระกอบแก้ว	17 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
83	Khiri 16	นายวันสิทธิ์ วังฉาย	13 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
84	Khiri 17	นายวันสิทธิ์ วังฉาย	13 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
85	Khiri 18	นายวันสิทธิ์ วังฉาย	13 ม. 4 ต. ทำเนียบ	อ. คีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ธานี
86	Thong 16	นางสาว ณภัทรา ทิพชิรดาจิตดี	582 ม. 1 ต. ท่าขนุน	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
87	Thong 17	นางสาว ณภัทรา ทิพชิรดาจิตดี	582 ม. 1 ต. ท่าขนุน	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ภาคผนวกที่ 1 รายละเอียดพื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพืช

แปลงที่	รหัส	ชื่อเจ้าของแปลง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	
			บ้านเลขที่/หมู่/ตำบล	อำเภอ/จังหวัด
88	Thong 18	นางสาว ณภัทรา ทิพชิรดาจิตดี	582 ม. 1 ต. ท่าขนุน	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
89	Thong 19	นาย ชูยี กลุ่มชาติพันธุ์	185/พ ม. 1 ต. ท่าขนุน	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
90	Thong 20	นาย ชูยี กลุ่มชาติพันธุ์	185/พ ม. 1 ต. ท่าขนุน	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
91	Thong 21	นางปุ๊ กลุ่มชาติพันธุ์	418 ม. 6 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
92	Thong 22	นางปุ๊ กลุ่มชาติพันธุ์	418 ม. 6 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
93	Thong 23	นาย จีรศักดิ์ หังสเนตร	16/2 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
94	Thong 24	นาย จีรศักดิ์ หังสเนตร	16/2 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
95	Thong 25	นายกุ้ง แสงภา	25/8 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
96	Thong 26	นาย ชายุ กลุ่มชาติพันธุ์	3 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
97	Thong 27	นายจอลิน กลุ่มชาติพันธุ์	42/6 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
98	Thong 28	นายจอลิน กลุ่มชาติพันธุ์	42/6 ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
99	Thong 29	นางกล้วย กลุ่มชาติพันธุ์	ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
100	Thong 30	นางกล้วย กลุ่มชาติพันธุ์	ม. 2 ต. ชะแล	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
101	Thong 31	นางทองจี่ ทองผาสง่า	30 ม. 1 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
102	Thong 32	นางทองจี่ ทองผาสง่า	30 ม. 1 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
103	Thong 33	นางทองจี่ ทองผาสง่า	30 ม. 1 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
104	Thong 34	นางสาวดอกรัก จันทร์หอม	13/2 ม. 5 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
105	Thong 35	นางสาวดอกรัก จันทร์หอม	13/2 ม. 5 ต. หินดาด	อ. ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 2 ผลผลิตขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	% (w/w)	กก./ไร่
1	Ron 01	1,793	184.34	8.26	15.23
2	Ron 02	1,859	189.06	8.44	15.96
3	Ron 03	4,777	641.71	9.28	59.57
4	Ron 04	4,612	615.42	9.64	59.33
5	Ron 05	4,385	572.39	9.81	56.15
6	Ron 06	4,613	600.78	9.75	58.58
7	Ron 07	3,894	531.63	5.85	31.11
8	Ron 08	9,021	909.81	6.90	62.77
9	Ron 09	6,833	721.31	8.92	64.34
10	Ron 10	8,970	960.45	8.64	82.98
11	Ron 11	2,053	324.18	8.78	28.48
12	Ron 12	1,912	294.67	8.94	26.34
13	Ron 13	2,757	427.24	6.48	27.67
14	Ron 14	2,986	468.63	6.87	32.19
15	Sai 01	1,804	310.40	7.32	22.71
16	Sai 02	2,240	407.42	11.60	47.27
17	Thong 01	2,443	723.39	10.78	77.96
18	Thong 02	4,717	1,164.54	7.40	86.23
19	Thong 03	16,111	5,133.25	8.04	412.83
20	Thong 04	7,577	547.20	4.84	26.48
21	Thong 05	2,918	324.29	4.29	13.90
22	Thong 06	1,646	340.86	6.94	23.65
23	Thong 07	1,659	262.21	8.45	22.17
24	Thong 08	1,161	188.10	8.30	15.61
25	Thong 09	1,020	582.59	6.19	36.09
26	Thong 10	2,812	912.51	7.44	67.92
27	Thong 11	4,622	268.03	10.96	29.38
28	Thong 12	1,186	367.17	7.94	29.14
29	Thong 13	1,896	262.40	10.90	28.61
30	Thong 14	1,376	799.04	8.08	64.52

ภาคผนวกที่ 2 ผลผลิตขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	% (w/w)	กก./ไร่
31	Thong 15	3,479	362.94	7.11	25.80
32	Sang 01	1,547	833.09	9.53	79.41
33	Sang 02	4,454	853.31	8.72	74.39
34	Sang 03	5,491	384.96	10.44	40.20
35	Sang 04	2,372	211.90	9.34	19.78
36	Sang 05	1,067	266.43	10.19	27.14
37	Sang 06	1,759	499.20	9.24	46.14
38	Sang 07	2,598	199.62	10.10	20.17
39	Sang 08	1,315	269.70	8.53	23.02
40	Sang 09	1,408	267.84	10.81	28.96
41	Sang 10	1,489	258.75	11.24	29.08
42	Sang 11	1,202	205.50	9.85	20.25
43	Sang 12	1,008	277.70	9.11	25.31
44	Sang 13	1,543	580.42	6.34	36.81
45	Sang 14	3,938	495.10	5.94	29.39
46	Sang 15	3,470	605.89	5.20	31.52
47	Sang 16	3,173	393.98	6.79	26.75
48	Sang 17	1,969	356.99	6.79	24.25
49	Sang 18	1,635	1,262.59	9.19	116.03
50	Sang 19	7,687	455.10	7.53	34.27
51	Sang 20	2,306	382.85	7.48	28.62
52	Sang 21	1,951	639.42	4.93	31.52
53	Sang 22	3,689	1,077.63	7.18	77.36
54	Sang 23	4,895	483.97	9.53	46.14
55	Sang 24	4,174	771.01	8.95	69.01
56	Sang 25	3,671	708.80	9.57	67.83
57	Sang 26	1,581	308.74	6.46	19.94
58	Sang 27	3,150	580.22	8.23	47.75
59	Sang 28	1,330	207.04	11.10	22.99
60	Sang 29	1,808	319.23	8.08	25.80

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 2 ผลผลิตขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	% (w/w)	กก./ไร่
61	Sang 30	1,984	344.96	7.13	24.59
62	Sang 31	2,540	578.94	9.45	54.70
63	Sang 32	3,333	656.51	8.89	58.39
64	Sang 33	2,769	523.78	5.94	31.14
65	Sang 34	414	106.56	8.88	9.46
66	Nop 01	3,161	672.87	8.39	56.49
67	Nop 02	3,752	668.80	6.43	43.00
68	Khiri 01	6,318	1,409.86	6.76	95.24
69	Khiri 02	9,075	1,575.87	6.77	106.73
70	Khiri 03	4,087	732.48	8.47	62.03
71	Khiri 04	2,229	512.06	6.59	33.75
72	Khiri 05	1,722	389.63	6.17	24.04
73	Khiri 06	8,211	1,642.24	6.96	114.29
74	Khiri 07	13,047	2,847.17	8.12	231.23
75	Khiri 08	1,460	342.59	7.15	24.48
76	Khiri 09	3,219	577.02	6.64	38.34
77	Khiri 10	1,336	281.92	6.70	18.90
78	Khiri 11	11,847	2,566.02	6.37	163.41
79	Khiri 12	2,649	618.82	5.89	36.47
80	Khiri 13	3,793	783.62	6.63	51.96
81	Khiri 14	8,387	1,587.40	7.24	114.86
82	Khiri 15	6,929	1,422.21	5.70	81.05
83	Khiri 16	1,759	415.30	6.49	26.96
84	Khiri 17	3,612	937.34	6.66	62.39
85	Khiri 18	8,947	1,976.45	7.75	153.22
86	Thong 16	2,806	410.50	10.43	42.81
87	Thong 17	2,294	343.04	8.73	29.93
88	Thong 18	3,005	533.38	8.04	42.90
89	Thong 19	2,491	422.40	6.74	28.45
90	Thong 20	509	333.18	10.24	34.13

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 2 ผลผลิตขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ผลผลิต (กก./ไร่)		ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	% (w/w)	กก./ไร่
91	Thong 21	993	126.40	8.93	11.29
92	Thong 22	4,445	569.34	7.49	42.65
93	Thong 23	574	68.74	5.78	3.97
94	Thong 24	1,841	230.53	8.99	20.72
95	Thong 25	1,385	189.31	15.30	28.96
96	Thong 26	4,902	550.78	13.96	76.90
97	Thong 27	3,784	498.11	9.96	49.63
98	Thong 28	1,768	282.82	10.05	28.42
99	Thong 29	2,904	376.45	10.98	41.35
100	Thong 30	1,489	199.23	9.07	18.08
101	Thong 31	1,440	194.30	8.15	15.83
102	Thong 32	1,019	97.28	1.74	1.69
103	Thong 33	5,151	755.14	11.07	83.56
104	Thong 34	1,565	185.66	12.11	22.48
105	Thong 35	8,949	803.14	9.85	79.13

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
1	Ron 01	36.74	38.66	24.6	ดินร่วน	6.90	56.30	18.00	222	2,600	308	10.71
2	Ron 02	33.74	31.66	34.6	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.50	19.50	5.00	123	1,383	120	8.69
3	Ron 03	67.74	15.66	16.6	ดินร่วนปนทราย	4.90	22.50	104.00	176	169	32	7.48
4	Ron 04	69.74	16.66	13.6	ดินร่วนปนทราย	4.70	19.60	34.00	86	161	35	8.99
5	Ron 05	65.74	16.66	17.6	ดินร่วนปนทราย	4.40	17.00	36.00	65	97	27	10.52
6	Ron 06	70.74	18.66	10.6	ดินร่วนปนทราย	4.70	20.40	21.00	55	138	29	8.09
7	Ron 07	30.74	41.66	27.6	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.80	45.80	52.00	480	1,432	274	15.71
8	Ron 08	18.74	48.66	32.6	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	5.30	26.20	46.00	510	1,066	199	7.35
9	Ron 09	35.74	44.66	19.6	ดินร่วน	4.90	38.30	171.00	372	1,026	125	10.14
10	Ron 10	32.74	41.66	25.6	ดินร่วน	4.50	37.50	101.00	1,062	1,230	150	18.54
11	Ron 11	24.52	44.52	30.96	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.90	46.90	19.00	310	2,913	244	12.61
12	Ron 12	18.74	48.66	32.6	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	5.90	27.40	3.00	690	753	115	9.02
13	Ron 13	16.52	37.52	45.96	ดินเหนียว	5.90	31.50	3.00	364	1,752	254	7.46
14	Ron 14	21.52	46.52	31.96	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.00	35.90	8.00	196	1,471	195	9.28
15	Sai 01	32.26	21.3	46.44	ดินเหนียว	5.50	26.30	3.00	125	1,460	506	7.40
16	Sai 02	28.26	20.3	51.44	ดินเหนียว	5.20	21.40	2.00	66	1,267	427	2.00
17	Thong 01	62.26	24.3	13.44	ดินร่วนปนทราย	6.70	21.40	164.00	73	1,399	126	14.30

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
18	Thong 02	65.26	23.3	11.44	ดินร่วนปนทราย	6.10	26.40	38.00	43	1,216	120	7.90
19	Thong 03	50.26	36.3	13.44	ดินร่วน	5.90	38.50	32.00	115	1,366	219	9.20
20	Thong 04	24.26	44.3	31.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.70	35.20	198.00	419	1,766	331	12.90
21	Thong 05	28.26	44.3	27.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.90	38.60	219.00	320	2,081	363	12.70
22	Thong 06	22.26	46.3	31.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.80	37.80	198.00	285	1,664	333	7.00
23	Thong 07	57.26	21.3	21.44	ดินร่วนเหนียวปนทราย	4.20	27.60	8.00	209	197	37	13.60
24	Thong 08	54.26	18.3	27.44	ดินร่วนเหนียวปนทราย	3.90	24.70	7.00	432	198	35	6.90
25	Thong 09	66.26	20.3	13.44	ดินร่วนปนทราย	4.90	24.00	9.00	111	376	67	9.90
26	Thong 10	61.26	21.3	17.44	ดินร่วนปนทราย	5.10	26.30	9.00	114	464	64	3.70
27	Thong 11	26.26	19.3	54.44	ดินเหนียว	5.90	45.00	5.00	97	4,102	314	4.60
28	Thong 12	34.26	20.3	45.44	ดินเหนียว	6.30	45.90	4.00	118	3,376	481	0.90
29	Thong 13	26.26	27.3	46.44	ดินเหนียว	7.60	49.90	24.00	301	6,853	386	7.40
30	Thong 14	36.26	32.3	31.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	7.80	49.60	1.00	183	6,877	163	11.30
31	Thong 15	31.26	24.3	44.44	ดินเหนียว	7.80	55.30	37.00	217	9,376	375	11.50
32	Sang 01	36.26	33.3	30.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.80	48.60	7.00	178	1,783	220	4.90
33	Sang 02	31.26	32.3	36.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.70	44.00	3.00	229	1,741	222	5.90
34	Sang 03	22.26	41.3	36.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	4.30	32.20	4.00	103	143	32	5.30

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
35	Sang 04	34.26	29.3	36.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.90	45.80	7.00	162	1,941	289	5.60
36	Sang 05	32.26	30.3	37.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.50	36.10	4.00	121	1,099	161	1.60
37	Sang 06	52.26	26.3	21.44	ดินร่วนเหนียวปนทราย	5.90	65.80	25.00	437	1,358	386	13.30
38	Sang 07	39.26	31.3	29.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.60	34.10	5.00	105	936	122	3.10
39	Sang 08	22.26	46.3	31.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.20	34.80	10.00	148	975	167	8.20
40	Sang 09	39.26	33.3	27.44	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.40	44.00	9.00	253	834	201	4.50
41	Sang 10	20.26	39.3	40.44	ดินเหนียว	5.50	46.40	6.00	241	1,578	208	6.20
42	Sang 11	15.26	38.3	46.44	ดินเหนียว	4.80	39.50	5.00	142	677	96	3.70
43	Sang 12	23.68	36.8	39.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.40	41.10	2.00	134	1,086	147	7.60
44	Sang 13	21.68	36.8	41.52	ดินเหนียว	5.20	38.70	4.00	150	951	174	2.00
45	Sang 14	15.68	38.8	45.52	ดินเหนียว	5.60	37.00	6.00	231	1,361	318	7.40
46	Sang 15	25.68	31.8	42.52	ดินเหนียว	5.20	31.70	2.00	133	923	129	1.00
47	Sang 16	14.68	39.8	45.52	ดินเหนียว	5.50	44.00	5.00	229	1,778	246	4.90
48	Sang 17	24.68	34.8	40.52	ดินเหนียว	5.90	47.90	14.00	300	1,885	292	1.50
49	Sang 18	29.68	27.8	42.52	ดินเหนียว	5.30	33.20	4.00	158	1,079	137	7.00
50	Sang 19	23.68	36.8	39.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.10	50.00	18.00	326	2,408	306	3.40
51	Sang 20	27.68	29.8	42.52	ดินเหนียว	6.10	68.10	7.00	138	2,686	377	7.00

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
52	Sang 21	29.68	31.8	38.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.20	34.90	2.00	139	869	114	4.90
53	Sang 22	23.68	40.8	35.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.50	47.70	12.00	366	1,093	257	11.70
54	Sang 23	28.68	28.8	42.52	ดินเหนียว	5.10	30.00	2.00	94	727	144	4.00
55	Sang 24	19.68	44.8	35.52	ดินร่วนเหนียวปนทราย	7.10	41.50	29.00	151	4,622	201	9.60
56	Sang 25	32.68	30.8	36.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.00	47.60	12.00	265	1,266	351	4.20
57	Sang 26	37.68	31.8	30.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.90	60.70	17.00	131	1,633	433	8.60
58	Sang 27	24.68	34.8	40.52	ดินเหนียว	5.90	54.00	14.00	205	1,909	264	3.20
59	Sang 28	27.68	32.8	39.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.60	58.60	6.00	144	1,515	211	7.80
60	Sang 29	19.68	27.8	52.52	ดินเหนียว	5.00	25.70	2.00	105	814	160	1.80
61	Sang 30	11.68	26.8	61.52	ดินเหนียว	5.00	22.10	2.00	108	948	181	6.70
62	Sang 31	20.68	33.8	45.52	ดินเหนียว	5.60	35.30	6.00	367	1,260	220	0.80
63	Sang 32	25.68	35.8	38.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	5.60	46.90	6.00	122	1,708	273	5.30
64	Sang 33	24.68	34.8	40.52	ดินเหนียว	5.60	47.70	22.00	123	1,894	401	1.50
65	Sang 34	23.68	32.8	43.52	ดินเหนียว	5.80	43.10	5.00	258	1,507	248	4.40
66	Nop 01	36.76	31.72	31.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	4.60	14.60	4.00	43	218	46	4.90
67	Nop 02	60.54	24.94	14.52	ดินร่วนปนทราย	5.80	17.30	59.00	56	415	41	5.30
68	Khiri 01	20.54	15.94	63.52	ดินเหนียว	7.30	32.40	32.00	248	3,647	1,090	3.30

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
69	Khiri 02	22.54	17.94	59.52	ดินเหนียว	6.30	29.20	4.00	137	1,471	431	2.80
70	Khiri 03	31.54	16.94	51.52	ดินเหนียว	6.90	50.70	3.00	115	3,859	931	2.60
71	Khiri 04	7.54	8.94	83.52	ดินเหนียว	4.90	12.20	2.00	191	616	234	121.90
72	Khiri 05	13.54	12.94	73.52	ดินเหนียว	6.40	25.70	2.00	145	1,745	462	1.20
73	Khiri 06	20.54	14.94	64.52	ดินเหนียว	7.20	49.30	4.00	374	6,024	1,495	2.10
74	Khiri 07	11.54	13.94	74.52	ดินเหนียว	7.10	25.80	5.00	106	1,650	672	8.10
75	Khiri 08	24.54	14.94	60.52	ดินเหนียว	5.90	31.40	5.00	118	984	422	3.60
76	Khiri 09	30.54	17.94	51.52	ดินเหนียว	6.90	49.80	8.00	523	2,728	901	5.60
77	Khiri 10	15.54	11.94	72.52	ดินเหนียว	5.70	28.90	2.00	124	813	403	3.30
78	Khiri 11	40.54	41.94	17.52	ดินร่วน	7.50	34.00	30.00	184	1,914	420	12.90
79	Khiri 12	36.54	41.94	21.52	ดินร่วน	6.20	26.20	48.00	532	1,350	211	6.30
80	Khiri 13	27.54	42.94	29.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.00	18.30	3.00	88	698	118	3.70
81	Khiri 14	35.54	34.94	29.52	ดินร่วนปนดินเหนียว	6.20	19.40	4.00	59	726	133	3.10
82	Khiri 15	29.54	44.94	25.52	ดินร่วน	7.00	59.50	171.00	163	4,681	275	7.10
83	Khiri 16	29.54	44.94	25.52	ดินร่วน	7.00	31.20	8.00	112	3,316	138	3.60
84	Khiri 17	32.54	43.94	23.52	ดินร่วน	7.00	35.10	29.00	151	2,870	169	10.50
85	Khiri 18	29.54	45.94	24.52	ดินร่วน	6.60	41.20	12.00	233	2,884	239	14.40

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
86	Thong 16	-	-	-	-	8.10	33.70	3.60	117	2,315	546	0.60
87	Thong 17	-	-	-	-	7.50	24.00	8.10	135	1,541	484	3.30
88	Thong 18	-	-	-	-	6.90	28.30	15.20	103	1,432	253	2.90
89	Thong 19	-	-	-	-	7.10	62.70	9.80	235	2,339	574	4.50
90	Thong 20	-	-	-	-	6.30	48.90	8.60	287	1,454	345	4.90
91	Thong 21	-	-	-	-	5.40	37.00	30.50	143	532	129	2.50
92	Thong 22	-	-	-	-	7.00	61.90	27.00	226	1,983	345	7.90
93	Thong 23	-	-	-	-	5.90	48.20	3.10	98	603	194	4.30
94	Thong 24	-	-	-	-	5.00	43.20	1.70	87	145	70	5.60
95	Thong 25	-	-	-	-	5.60	49.40	5.90	81	927	384	8.00
96	Thong 26	-	-	-	-	6.20	88.10	10.10	338	1,585	315	5.90
97	Thong 27	-	-	-	-	8.00	43.10	23.70	122	2,393	375	5.40
98	Thong 28	-	-	-	-	7.50	51.00	27.40	125	2,156	436	6.40
99	Thong 29	-	-	-	-	5.80	26.70	80.60	118	673	152	1.70
100	Thong 30	-	-	-	-	6.30	26.50	27.90	92	851	141	3.50
101	Thong 31	-	-	-	-	6.80	50.60	87.10	579	1,583	395	5.70
102	Thong 32	-	-	-	-	7.00	42.90	61.00	530	1,755	325	7.50

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 3 สมบัติดินที่ใช้ปลูกขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	ขนาดอนุภาค (%)			เนื้อดิน	pH	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Extr. K (mg/kg)	Extr. Ca (mg/kg)	Extr. Mg (mg/kg)	Extr. S (mg/kg)
		Sand	Silt	Clay								
103	Thong 33	-	-	-	-	8.40	20.40	12.40	68	4,235	161	7.20
104	Thong 34	-	-	-	-	8.40	43.90	58.40	151	6,288	319	5.00
105	Thong 35	-	-	-	-	8.30	73.30	171.70	195	6,319	675	7.60

ภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของมหธาตุในใบขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
1	Ron 01	19.00	2.10	38.80	7.20	3.60	2.20
2	Ron 02	22.60	2.70	38.70	8.80	3.60	1.30
3	Ron 03	18.90	1.90	30.70	8.20	2.10	1.00
4	Ron 04	18.10	1.90	23.40	12.70	3.60	0.90
5	Ron 05	17.70	2.10	24.60	9.80	2.80	2.20
6	Ron 06	18.20	1.80	21.90	14.70	2.70	1.30
7	Ron 07	21.10	2.50	39.70	7.80	3.60	1.50
8	Ron 08	19.70	2.90	36.30	7.10	3.30	1.00
9	Ron 09	25.50	2.50	31.90	10.30	3.40	0.80
10	Ron 10	20.30	2.40	35.00	10.90	2.70	1.20
11	Ron 11	18.60	2.20	38.20	11.20	3.10	0.80
12	Ron 12	19.90	1.60	32.50	1.40	2.60	1.70
13	Ron 13	20.70	1.60	35.90	9.00	2.80	1.30
14	Ron 14	18.20	1.90	40.80	9.30	3.00	1.20
15	Sai 01	25.60	2.50	31.50	7.50	5.30	0.40
16	Sai 02	27.10	3.20	31.50	9.50	4.20	1.00
17	Thong 01	29.90	3.30	36.50	10.70	4.70	0.20
18	Thong 02	25.70	2.70	36.00	10.50	4.90	0.40
19	Thong 03	26.80	4.00	35.50	10.60	5.20	0.30
20	Thong 04	24.60	3.70	41.00	10.80	3.50	0.50
21	Thong 05	25.90	4.00	34.00	9.90	4.60	0.30
22	Thong 06	28.80	3.90	35.00	10.70	3.40	0.20
23	Thong 07	26.40	2.20	38.50	7.00	2.80	0.60
24	Thong 08	27.00	2.30	37.00	7.20	3.60	1.10
25	Thong 09	29.60	2.20	30.00	7.50	3.60	0.30
26	Thong 10	27.30	2.10	34.00	6.60	3.20	0.20
27	Thong 11	27.20	2.50	27.00	9.30	6.90	0.40
28	Thong 12	26.90	2.70	25.50	11.60	7.20	1.00
29	Thong 13	28.60	2.40	36.00	11.10	7.20	0.70
30	Thong 14	22.30	2.60	40.00	17.90	5.80	0.40

ภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของมหธาตุในใบขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
31	Thong 15	26.10	2.90	40.00	10.00	3.20	0.50
32	Sang 01	26.10	2.70	40.00	6.20	3.50	0.20
33	Sang 02	24.40	2.00	30.50	6.00	2.70	0.30
34	Sang 03	25.80	3.20	40.00	8.10	2.70	0.60
35	Sang 04	27.40	2.00	33.50	12.10	5.40	0.20
36	Sang 05	28.60	2.70	37.00	9.40	5.30	0.80
37	Sang 06	28.20	3.70	40.00	7.80	5.20	0.90
38	Sang 07	26.80	2.20	39.00	10.40	3.60	0.90
39	Sang 08	24.80	2.40	36.00	5.10	3.90	0.40
40	Sang 09	23.00	2.20	35.00	9.30	4.30	0.40
41	Sang 10	28.20	2.60	33.00	8.10	2.80	0.30
42	Sang 11	25.40	2.60	35.00	11.90	2.80	0.30
43	Sang 12	24.20	2.50	35.50	9.50	3.60	0.10
44	Sang 13	23.80	3.60	37.00	10.20	3.10	1.40
45	Sang 14	25.60	1.80	33.50	10.00	4.20	0.40
46	Sang 15	24.80	2.10	36.00	13.10	4.70	0.90
47	Sang 16	22.30	2.10	35.00	8.10	3.80	0.10
48	Sang 17	25.80	3.00	37.00	8.90	3.80	0.90
49	Sang 18	25.70	3.00	37.00	11.90	3.40	0.30
50	Sang 19	24.50	2.00	37.50	7.20	4.40	0.20
51	Sang 20	21.80	2.60	37.00	6.90	3.80	0.20
52	Sang 21	24.00	2.90	38.00	8.50	2.60	0.30
53	Sang 22	23.80	3.30	40.00	7.60	3.80	0.40
54	Sang 23	22.50	1.70	37.50	7.20	3.30	0.40
55	Sang 24	25.50	2.50	38.00	8.50	4.00	0.20
56	Sang 25	23.00	3.10	39.00	9.90	3.80	1.00
57	Sang 26	23.50	2.80	40.00	7.20	3.00	0.20
58	Sang 27	24.10	2.80	38.00	7.40	3.00	0.30
59	Sang 28	25.20	2.90	42.00	8.00	4.50	0.20
60	Sang 29	25.40	2.40	45.00	11.70	2.30	0.40

ภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของมหธาตุในใบขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
61	Sang 30	25.70	2.30	34.00	9.20	2.00	0.20
62	Sang 31	21.40	2.60	41.00	7.50	3.30	0.70
63	Sang 32	19.90	2.40	38.50	7.70	2.90	0.10
64	Sang 33	24.10	2.50	39.00	10.30	4.00	0.20
65	Sang 34	23.80	2.70	38.00	8.50	3.40	1.00
66	Nop 01	29.20	2.60	22.80	8.00	2.90	2.30
67	Nop 02	24.20	1.50	21.50	10.40	3.30	1.70
68	Khiri 01	20.10	1.80	22.60	17.40	7.70	0.90
69	Khiri 02	25.30	2.10	41.40	7.20	4.20	1.90
70	Khiri 03	20.70	1.50	23.20	20.40	9.80	0.80
71	Khiri 04	26.30	1.20	30.10	8.40	4.60	0.70
72	Khiri 05	22.50	1.50	25.10	11.90	8.40	0.60
73	Khiri 06	27.80	1.90	27.90	7.20	2.70	0.90
74	Khiri 07	26.40	2.00	34.70	8.80	4.30	1.30
75	Khiri 08	28.40	1.70	26.60	10.10	7.40	1.20
76	Khiri 09	26.90	1.90	39.20	6.00	3.50	1.50
77	Khiri 10	19.20	1.40	31.00	7.80	5.60	1.80
78	Khiri 11	29.00	1.50	27.50	7.30	5.20	2.10
79	Khiri 12	29.20	2.00	19.80	11.20	5.70	0.80
80	Khiri 13	23.30	1.90	37.30	8.30	3.40	1.40
81	Khiri 14	18.20	3.20	20.40	18.90	3.30	0.60
82	Khiri 15	23.00	3.10	27.90	21.30	3.80	1.10
83	Khiri 16	26.10	1.80	24.10	20.70	4.20	1.80
84	Khiri 17	26.40	2.20	30.00	16.60	3.90	2.00
85	Khiri 18	28.10	1.50	21.90	5.10	3.20	1.70
86	Thong 16	21.70	1.60	34.50	7.90	6.10	0.40
87	Thong 17	25.80	2.30	34.50	7.30	4.80	0.60
88	Thong 18	23.30	2.70	32.00	11.90	5.60	0.50
89	Thong 19	23.00	3.00	31.00	10.20	4.50	0.60
90	Thong 20	25.60	3.30	37.00	9.50	3.70	0.20

ภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของมหธาตุในใบขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
91	Thong 21	23.90	3.40	39.00	7.90	3.00	0.60
92	Thong 22	27.00	2.70	33.00	10.70	4.70	0.70
93	Thong 23	22.80	2.60	35.00	7.70	3.30	0.20
94	Thong 24	25.90	2.10	31.00	8.00	3.70	0.30
95	Thong 25	23.50	1.90	34.50	7.70	5.00	0.40
96	Thong 26	26.10	2.30	34.50	10.20	3.10	0.40
97	Thong 27	28.20	3.10	35.50	8.10	5.60	0.90
98	Thong 28	31.30	3.40	38.00	11.30	4.30	0.40
99	Thong 29	24.50	3.60	33.50	9.80	3.80	0.50
100	Thong 30	24.90	3.40	35.00	9.40	3.20	0.30
101	Thong 31	25.10	3.10	40.00	7.00	2.70	0.60
102	Thong 32	25.60	3.30	42.00	9.20	2.90	0.30
103	Thong 33	25.80	2.70	22.50	15.60	4.30	0.40
104	Thong 34	22.80	2.60	40.00	11.00	5.60	0.10
105	Thong 35	25.60	3.00	37.50	10.90	5.50	0.40

ภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
1	Ron 01	13.50	2.60	24.60	3.60	4.20	1.20
2	Ron 02	14.38	2.74	26.64	3.94	4.87	1.26
3	Ron 03	11.60	3.40	19.90	1.60	1.50	0.80
4	Ron 04	11.71	3.68	21.04	1.78	1.62	0.92
5	Ron 05	11.52	3.35	19.21	1.52	1.46	0.85
6	Ron 06	11.68	3.57	20.47	1.84	1.64	0.11
7	Ron 07	16.20	2.50	24.50	2.20	2.60	1.20
8	Ron 08	11.80	2.90	35.50	2.50	2.20	1.10
9	Ron 09	15.45	3.54	22.37	1.80	1.69	0.90
10	Ron 10	17.53	3.12	31.49	2.66	2.42	1.38
11	Ron 11	8.60	1.70	28.10	3.20	2.20	0.70

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
12	Ron 12	7.99	1.38	19.24	1.95	1.51	0.69
13	Ron 13	11.58	2.01	27.90	2.83	2.19	1.00
14	Ron 14	12.70	2.20	30.60	3.10	2.40	1.10
15	Sai 01	22.80	3.10	23.40	2.60	3.20	0.60
16	Sai 02	20.10	3.10	21.30	1.60	2.90	0.70
17	Thong 01	13.90	3.80	15.50	1.60	2.60	0.40
18	Thong 02	16.50	3.80	16.10	1.70	2.80	0.50
19	Thong 03	13.30	4.60	21.80	2.50	3.40	0.80
20	Thong 04	15.70	5.50	23.70	1.80	2.70	0.40
21	Thong 05	17.20	3.90	20.80	1.90	3.20	0.80
22	Thong 06	15.20	5.10	22.40	1.90	3.10	0.60
23	Thong 07	18.30	2.80	17.20	1.20	1.80	1.10
24	Thong 08	18.00	2.60	21.90	1.80	1.90	0.70
25	Thong 09	18.00	2.40	16.60	1.50	2.00	0.10
26	Thong 10	15.50	1.80	18.10	1.60	2.00	0.10
27	Thong 11	14.70	2.60	17.60	2.00	3.00	0.60
28	Thong 12	16.10	2.80	18.30	2.90	4.70	0.40
29	Thong 13	16.70	3.00	27.20	2.20	2.40	0.60
30	Thong 14	14.50	4.20	19.80	11.20	3.20	0.80
31	Thong 15	15.00	3.10	18.70	2.60	2.70	0.80
32	Sang 01	14.00	2.70	22.30	2.00	2.30	0.70
33	Sang 02	14.80	2.00	24.90	2.10	2.00	0.30
34	Sang 03	19.30	3.80	21.60	1.80	2.60	0.70
35	Sang 04	16.00	1.60	15.70	1.20	1.90	0.30
36	Sang 05	12.90	2.60	20.80	1.90	2.00	0.20
37	Sang 06	17.20	4.00	24.90	1.50	2.00	0.10
38	Sang 07	15.10	2.70	21.90	3.00	2.90	0.60
39	Sang 08	14.50	3.00	20.80	1.90	2.10	0.90
40	Sang 09	17.30	2.20	23.90	1.80	2.40	0.20
41	Sang 10	15.20	1.80	20.30	1.50	1.80	0.10

ภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
42	Sang 11	12.80	2.40	18.20	1.60	2.00	0.60
43	Sang 12	18.10	2.30	20.30	1.90	2.30	0.50
44	Sang 13	13.00	2.40	24.90	2.20	2.20	0.50
45	Sang 14	15.20	2.80	26.00	2.40	2.50	0.80
46	Sang 15	15.00	2.20	19.20	2.10	2.60	0.50
47	Sang 16	14.90	4.20	25.00	2.20	2.30	1.20
48	Sang 17	14.10	2.20	23.40	2.40	2.40	1.30
49	Sang 18	14.10	2.30	21.70	2.10	2.50	0.60
50	Sang 19	13.60	2.50	23.20	1.70	2.20	0.60
51	Sang 20	9.10	2.30	18.30	1.90	3.30	0.70
52	Sang 21	12.20	2.50	19.70	2.10	2.30	1.20
53	Sang 22	14.10	1.50	19.20	0.90	2.00	0.30
54	Sang 23	12.80	2.20	23.30	2.00	2.40	0.70
55	Sang 24	12.80	2.20	23.30	2.00	2.40	0.70
56	Sang 25	13.80	1.80	20.90	2.20	2.30	0.50
57	Sang 26	13.80	1.80	20.90	2.20	2.30	0.50
58	Sang 27	12.90	1.80	20.70	2.00	2.60	0.60
59	Sang 28	16.00	1.90	23.80	4.00	2.10	0.60
60	Sang 29	13.40	2.80	22.00	2.20	3.30	0.80
61	Sang 30	13.10	2.60	19.80	1.30	2.20	0.80
62	Sang 31	17.60	2.70	16.70	1.40	1.70	0.30
63	Sang 32	12.70	2.20	18.70	1.80	2.50	0.30
64	Sang 33	13.50	2.00	19.30	2.40	2.70	0.20
65	Sang 34	14.50	3.40	17.90	2.30	4.50	0.50
66	Nop 01	9.80	1.90	16.90	1.10	1.40	1.20
67	Nop 02	10.00	2.60	15.90	1.90	2.30	1.00
68	Khiri 01	16.80	2.90	26.70	1.80	3.20	0.80
69	Khiri 02	18.00	1.70	25.60	1.50	1.90	2.00
70	Khiri 03	14.10	1.60	23.10	1.70	2.20	1.30
71	Khiri 04	17.50	1.10	20.60	1.20	1.50	0.80

ภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
72	Khiri 05	12.50	1.30	23.60	1.50	1.70	0.60
73	Khiri 06	18.80	1.90	26.20	2.20	2.60	1.10
74	Khiri 07	15.90	2.00	17.40	1.90	3.80	0.70
75	Khiri 08	20.00	1.90	17.40	1.00	2.20	2.00
76	Khiri 09	14.10	1.90	25.10	1.90	2.50	1.50
77	Khiri 10	17.10	3.30	22.60	2.20	3.70	1.10
78	Khiri 11	16.30	1.80	22.10	1.80	2.50	1.50
79	Khiri 12	13.80	1.90	22.10	1.10	1.70	0.80
80	Khiri 13	15.60	1.70	22.60	1.40	1.50	0.70
81	Khiri 14	13.20	1.90	18.40	2.10	2.70	1.30
82	Khiri 15	21.00	3.00	21.00	1.30	1.90	1.00
83	Khiri 16	20.90	2.00	17.40	1.50	2.20	1.00
84	Khiri 17	17.00	2.60	14.80	2.20	2.50	1.10
85	Khiri 18	15.00	2.00	17.90	1.80	2.20	3.80
86	Thong 16	10.30	1.20	16.50	2.70	3.60	1.20
87	Thong 17	10.80	1.30	20.00	3.10	3.60	1.20
88	Thong 18	8.40	1.30	10.50	2.10	2.60	1.20
89	Thong 19	9.30	2.60	17.00	3.20	2.70	1.60
90	Thong 20	11.10	2.40	27.50	2.30	2.30	1.40
91	Thong 21	5.70	2.30	27.00	2.80	1.90	0.10
92	Thong 22	8.50	1.90	17.50	2.80	2.30	1.30
93	Thong 23	5.90	1.30	21.50	3.00	2.10	1.40
94	Thong 24	8.90	1.30	21.00	1.70	2.00	0.40
95	Thong 25	11.20	0.90	18.50	1.60	1.90	0.80
96	Thong 26	5.30	2.00	32.00	2.50	3.20	1.70
97	Thong 27	9.00	1.90	19.50	5.00	4.20	0.70
98	Thong 28	12.25	2.60	22.50	4.50	3.50	1.60
99	Thong 29	4.50	2.10	20.50	1.80	1.90	0.60
100	Thong 30	5.90	3.20	22.50	2.20	2.00	1.70
101	Thong 31	9.50	4.90	27.50	3.00	2.40	1.60

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของมหธาตุในเหง้าขมิ้นชันจำแนกรายแปลง

แปลงที่	รหัส	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)
102	Thong 32	5.50	1.30	31.50	3.90	1.80	1.00
103	Thong 33	8.90	3.30	18.50	8.90	3.70	0.90
104	Thong 34	5.10	1.80	24.00	4.60	2.70	0.70
105	Thong 35	8.60	3.90	31.00	4.70	3.20	1.70

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวกที่ 6 วิธีวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์ ดัดแปลงจากวิธีการของ Thai Herbal Pharmacopoeia volume 1

สารเคมี

1) สารเคอร์คูมิน
2) เอทิลแอลกอฮอล์
3) เตตระไฮโดรฟิวแรน

อุปกรณ์

1) ขวดปริมาตร ขนาด 10, 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร
2) ปิเปต ขนาด 0.5, 1 และ 5 มิลลิลิตร
3) เครื่องเขย่า
4) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5) เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน ความเข้มข้น 0, 0.8, 1.6, 2.4 และ 3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสารเคอร์คูมิน 0.0020 g ใส่ขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายสารเคอร์คูมินด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ปรับปริมาตรให้ได้ครบ 25 มิลลิลิตร
2) ดูดสารละลายจากขวดปริมาตรมา 0, 1, 2.5, 3 และ 4 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างผงขมิ้นชันประมาณ 0.3000 กรัม ใส่ขวดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2) ละลายตัวอย่างด้วยสารละลายเตตระไฮโดรฟิวแรน และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร พร้อมกับทำแบลงค์
3) นำไปเขย่าเบา ๆ บนเครื่องเขย่าเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง
4) หลังเขย่า ดูดสารละลายส่วนใสเหนือตะกอนมา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ในขวดปริมาตร
5) ดูดสารละลายจากในข้อ 4 มา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ในขวดปริมาตร
6) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยวัดค่าสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมินความเข้มข้น 0, 0.8, 1.6, 2.4 และ 3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อน จากนั้นวัดค่าแบลงค์และสารละลายตัวอย่าง ตามลำดับ
7) หาสมการความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน นำสมการที่ได้หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง ดัดแปลงจาก (Ministry of Public Health, 2009)

ภาคผนวกที่ 7 การเก็บตัวอย่างดิน เหง้า และใบขมิ้นชัน บริเวณ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับใช้จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช

ภาคผนวกที่ 8 การให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับวิธีเก็บตัวอย่างดิน และเหง้าขมิ้นชัน สำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารในพื้นที่ อำเภอสังขละบุรี และ ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาคผนวกที่ 9 การเก็บตัวอย่างใบขมิ้นชันบริเวณพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและกาญจนบุรีสำหรับใช้จัดทำค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืช

ภาคผนวกที่ 10 การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืชแก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาคผนวกที่ 11 การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืชแก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอศีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวกที่ 12 การให้คำแนะนาการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับขมิ้นชันเบื้องต้นจากผลวิเคราะห์ดินและพืชแก่เกษตรกรบริเวณพื้นที่ อำเภอไทรโยค สังขละบุรี และ ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน