



โครงสร้าง พฤษเคมี และการสะสมแร่ธาตุของสมุนไพรกระต่ายจาม (*Adenosma indianum*  
(Lour.) Merr) ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

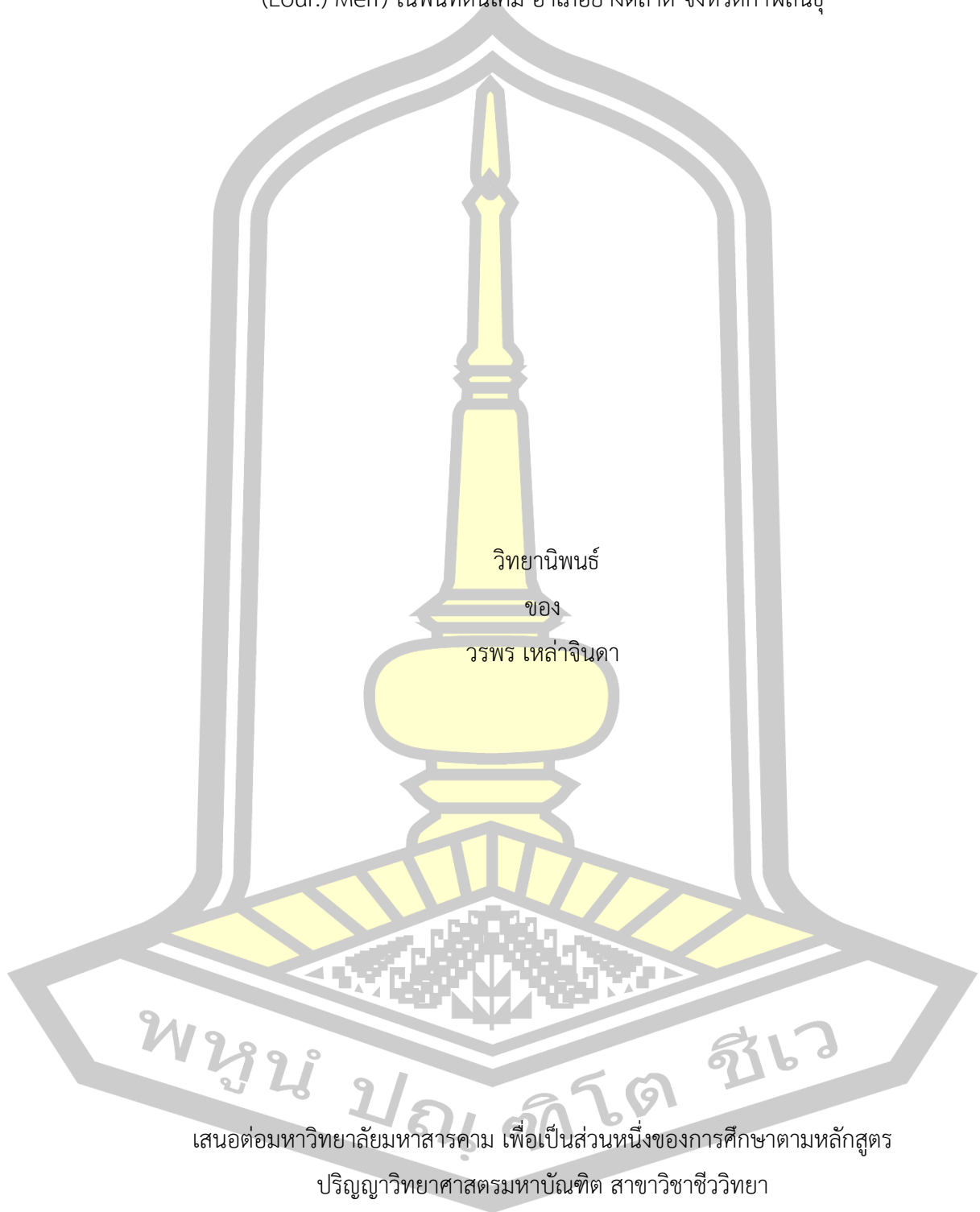
วิทยานิพนธ์  
ของ  
วราพร เหล่าจินดา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ธันวาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โครงสร้าง พฤษเคมี และการสะสมแร่ธาตุของสมุนไพรกระต่ายจาม (*Adenosma indianum*  
(Lour.) Merr) ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์



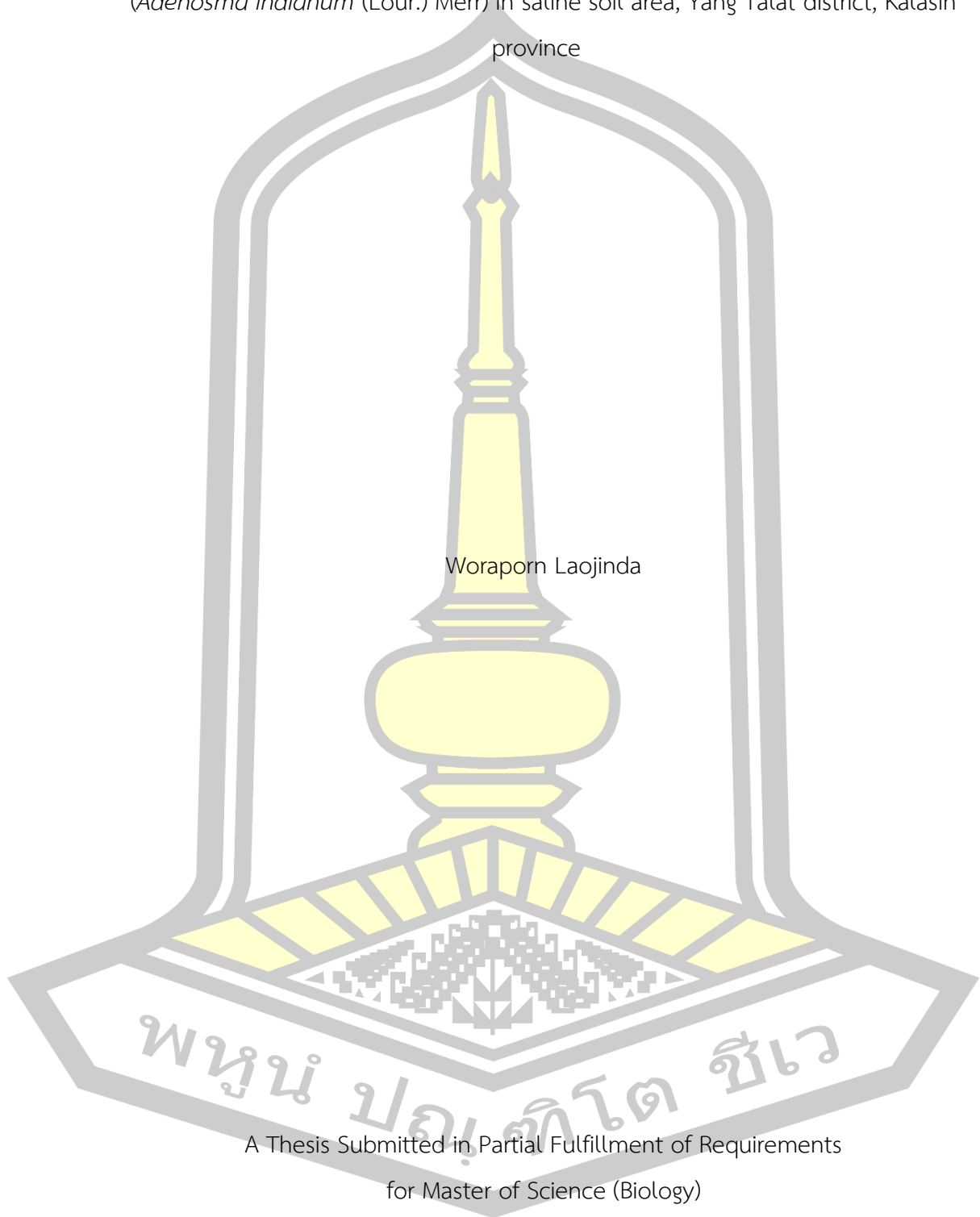
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ธันวาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Structures, phytochemicals and element accumulation of herbal Kratai Cham  
(*Adenosma indianum* (Lour.) Merr) in saline soil area, Yang Talat district, Kalasin  
province



Woraporn Laojinda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Master of Science (Biology)

December 2022

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาววรพร เหล่าจินดา แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. นพรัตน์ พุทธกาล )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. ปิยนุช คະណะมา )

กรรมการ

(ผศ. ดร. อนุวัฒน์ วันทอง )

กรรมการ

(รศ. ดร. วรณันต์ นาคบรรพต )

กรรมการ

(รศ. ดร. วรณชัย ชาแท่น )

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล )

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พูน บัณฑิต ชีวะ

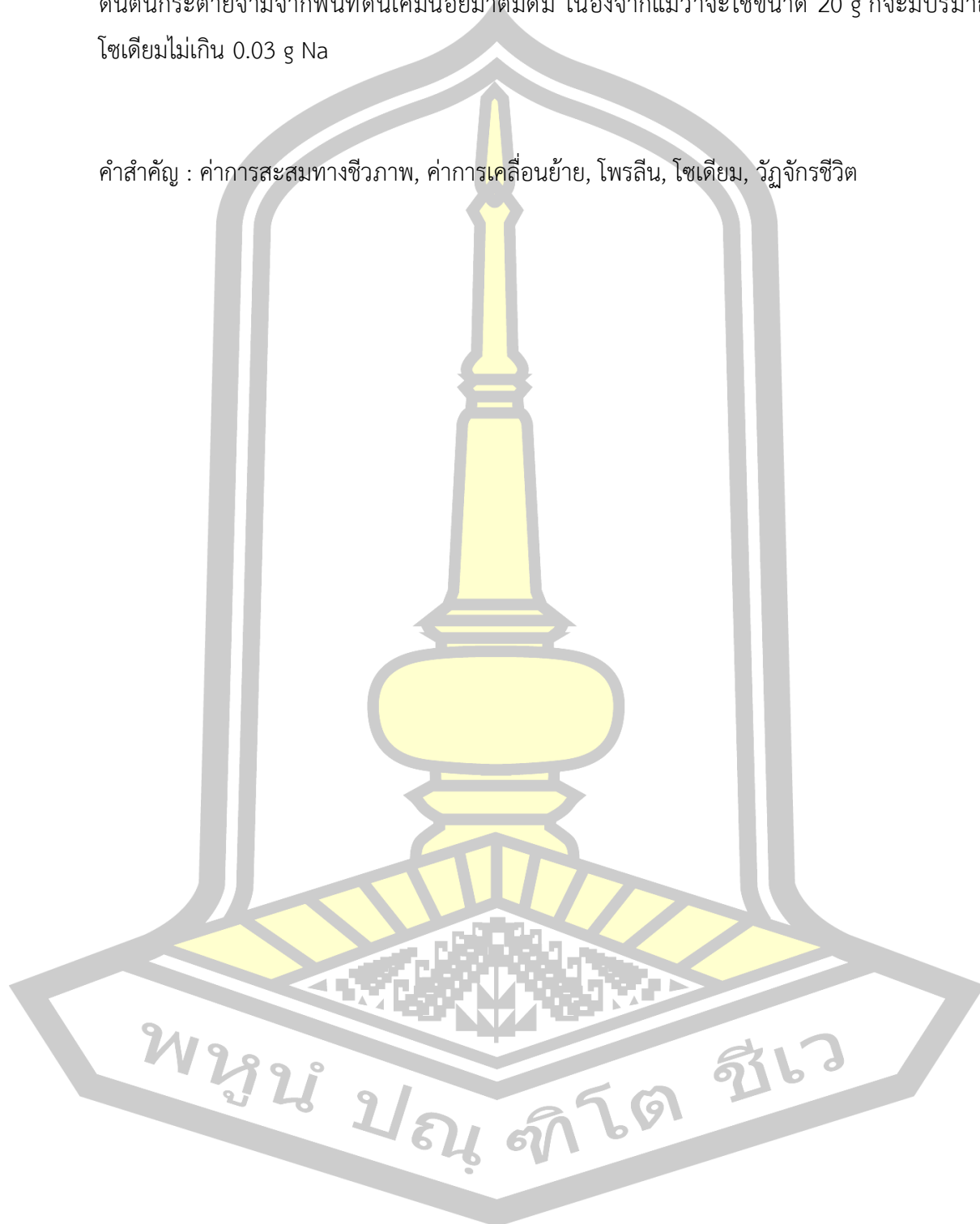
ชื่อเรื่อง	โครงสร้าง พฤษเคมี และการสะสมแร่ธาตุของสมุนไพรกระต่ายจาม ( <i>Adenosma indianum</i> (Lour.) Merr) ในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์		
ผู้วิจัย	วรพร เหล่าจินดา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยนุช คະណະมา		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ชีววิทยา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2565

### บทคัดย่อ

กระต่ายจามเป็นพืชสมุนไพรในตำหรับแพทย์แผนไทยโบราณที่มีฤทธิ์โดดเด่นในการยับยั้งแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ขับปัสสาวะ แก้ไข้ บรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะ บรรเทาอาการท้องอืดและรักษาโรคติดเชื้อในไวรัสตับอักเสบ โดยมีวิธีการใช้คือนำส่วนลำต้นเหนือดินขนาดไม่เกิน 10 - 20 g มาต้มดื่มต่อวัน อย่างไรก็ตาม การแพร่กระจายพันธุ์ของกระต่ายจามในปัจจุบันมีจำนวนลดลงอย่างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการขยายตัวของชุมชนและภาคการเกษตรในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจเบื้องต้นพบการแพร่กระจายพันธุ์ของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม ตำบลคลองขามและตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ค่อนข้างมาก เพื่อให้เกิดความชัดเจนของข้อมูลทางชีววิทยา รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการใช้งานทางการแพทย์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัฏจักรชีวิต นิเวศวิทยา สันฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ การตรวจสอบสารพฤษเคมีเบื้องต้น และการสะสมทางชีวภาพของไอออนเกลือของกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มดังกล่าว รวมถึงศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อสันฐานวิทยาและสารชีวเคมี ผลการศึกษาวัฏจักรชีวิตในช่วงปี พ.ศ. 2562 – 2565 พบว่ากระต่ายจามมีการเจริญเติบโตในช่วงเดือนกรกฎาคม – กุมภาพันธ์ ของทุกปี โดยพบการเจริญในพื้นที่โล่งหรือเขตรอยต่อระหว่างป่ากับพื้นที่โล่งทั้งในดินที่ไม่เค็ม (0 – 2 dS/m) จนกระทั่งถึงดินเค็มระดับเค็มน้อย (2 – 4 dS/m) และพบลักษณะพิเศษคือใบมีเซลล์ขนที่ประกอบด้วย 3 – 4 เซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว และมีขนต่อม 2 ชนิด (ขนรูปโล่และขนแคบปีเตต) พบว่าใบมีการสังเคราะห์สารพฤษเคมีมากกว่าราก ลำต้น และผล โดยพบสารพฤษเคมีอย่างน้อย 8 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก อัลคาลอยด์ คูมารินส์ ซาโปนิน แทนนิน เทอร์ปีนอยด์และแอนทราควิโนน ใบของต้นกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็มน้อยมีการสะสมโซเดียมต่ำกว่าในพื้นที่ดินไม่เค็ม ( $0.63 < 1.54$  g Na/kg) รวมถึงส่วนของลำต้นเหนือดินเช่นเดียวกัน ( $1.46 < 2.37$  g Na/kg) และผลการวิเคราะห์ principal component analysis พบว่าฤดูกาลมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของกระต่ายจาม โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ซึ่งคลอโรฟิลล์เอ

แคโรทีนอยด์ และโพรลีนจะมีบทบาทอย่างยิ่ง จากผลการวิจัยช่วยลดข้อกั่วงวลในการนำลำต้นเหนือดินต้นกระต่ายจามจากพื้นที่ดินเค็มน้อยมาต้มดื่ม เนื่องจากแม้ว่าจะใช้ขนาด 20 g ก็จะมีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 0.03 g Na

คำสำคัญ : ค่าการสะสมทางชีวภาพ, ค่าการเคลื่อนย้าย, โพรลีน, โซเดียม, วัฏจักรชีวิต



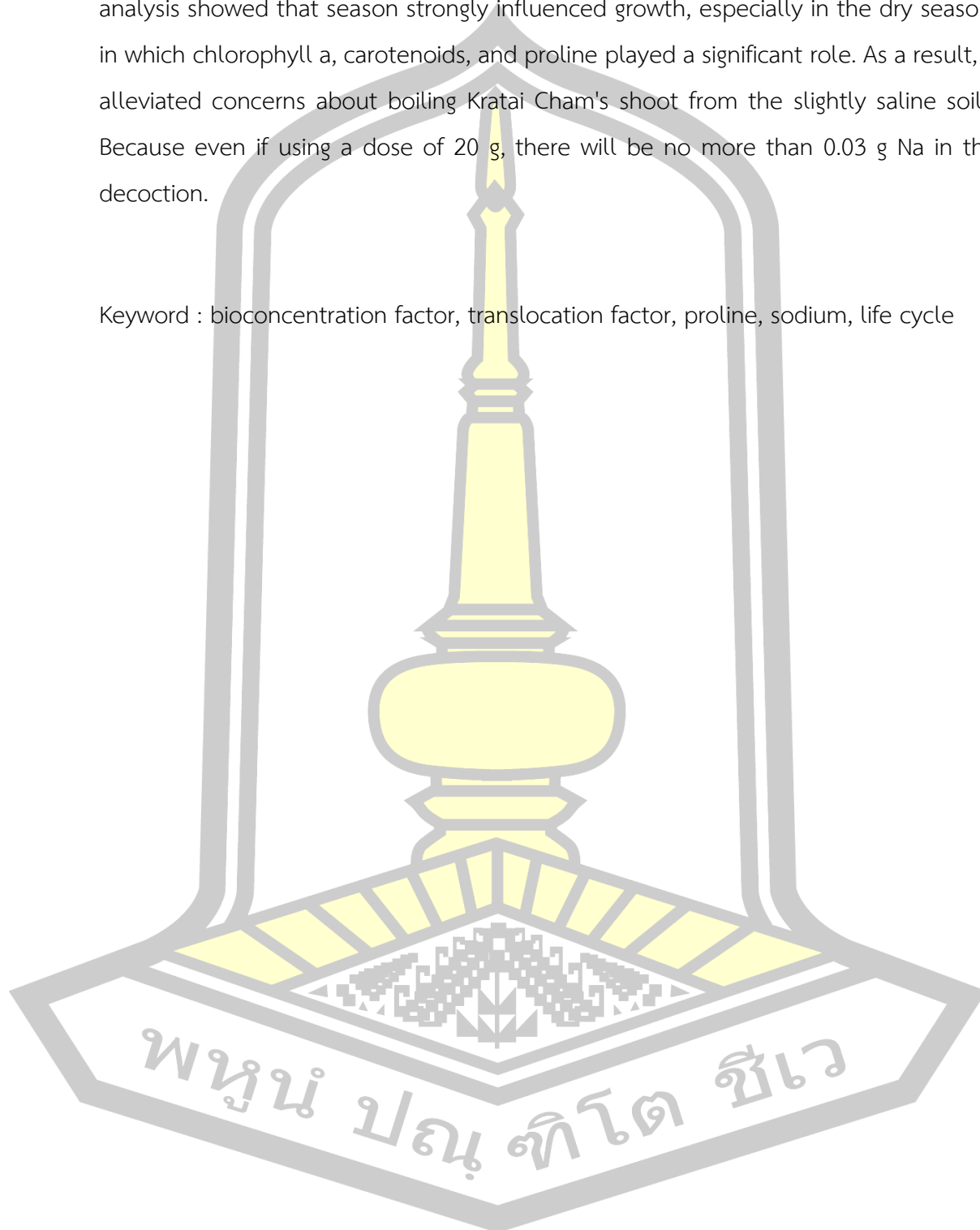
<b>TITLE</b>	Structures, phytochemicals and element accumulation of herbal Kratai Cham ( <i>Adenosma indianum</i> (Lour.) Merr) in saline soil area, Yang Talat district, Kalasin province		
<b>AUTHOR</b>	Woraporn Laojinda		
<b>ADVISORS</b>	Assistant Professor Piyanut Khanema , Ph.D.		
<b>DEGREE</b>	Master of Science	<b>MAJOR</b>	Biology
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2022

### ABSTRACT

Kratai Cham is a medicinal plant in Thai traditional medicine with therapeutic properties in inhibiting bacteria, anti-inflammatory, diuretic, fever, vertigo, dyspepsia and treating jaundice in viral hepatitis. The daily dose for suggestion should not exceed 10 - 20 g of shoots in decoction. Because of expansions of urban and agricultural areas, the plant population was reduced. However, from the preliminary survey, it was found that there was more distribution of Kratai Cham in saline soils at Klong Kham Subdistrict and Hua Na Kham Subdistrict, Yang Talat District, Kalasin Province. Including being valid for biological information and medical uses, this research aimed to study the life cycle, ecology, morphology, epidermal leaf anatomy, preliminary examination of phytochemicals, and salt ion accumulation of Kratai Cham growing in the saline soil areas, and also influenced of seasons on morphology and phytochemicals. The results of life cycle studies during 2019 - 2022 found that the plant grew from July to February yearly. It grew in open areas or at the ecotone between forests and open areas in non-saline soils (0 – 2 dS/m) to slightly saline soils (2 – 4 dS/m). Leaves showed specific characteristics of 3 - 4 multicellular-uniseriate hairs and two types of glandular trichomes (peltate and capitate). Phytochemicals in leaves were more outstanding than in roots, stems, and fruits, which found at least eight groups such as flavonoids, phenolics, alkaloids, coumarins, saponins, tannins, terpenoids, and anthraquinones. Sodium contents accumulated in the leaves of the plant grown in slightly saline soil were lower than that in non-salinity saline soil (0.63

< 1.54 g Na/kg), as well as the shoots (1.46 < 2.37 g Na/kg). The principal component analysis showed that season strongly influenced growth, especially in the dry season, in which chlorophyll a, carotenoids, and proline played a significant role. As a result, it alleviated concerns about boiling Kratai Cham's shoot from the slightly saline soils. Because even if using a dose of 20 g, there will be no more than 0.03 g Na in the decoction.

Keyword : bioconcentration factor, translocation factor, proline, sodium, life cycle





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2563 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยนุช คะณเมมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษา แนวทางแก้ไขและปรับปรุง รวมทั้งแนะนำองค์ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบข้อบกพร่องของเล่มวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจ เข้าใจและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่และน้องในห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และสนับสนุนในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

วรพร เหล่าจินดา



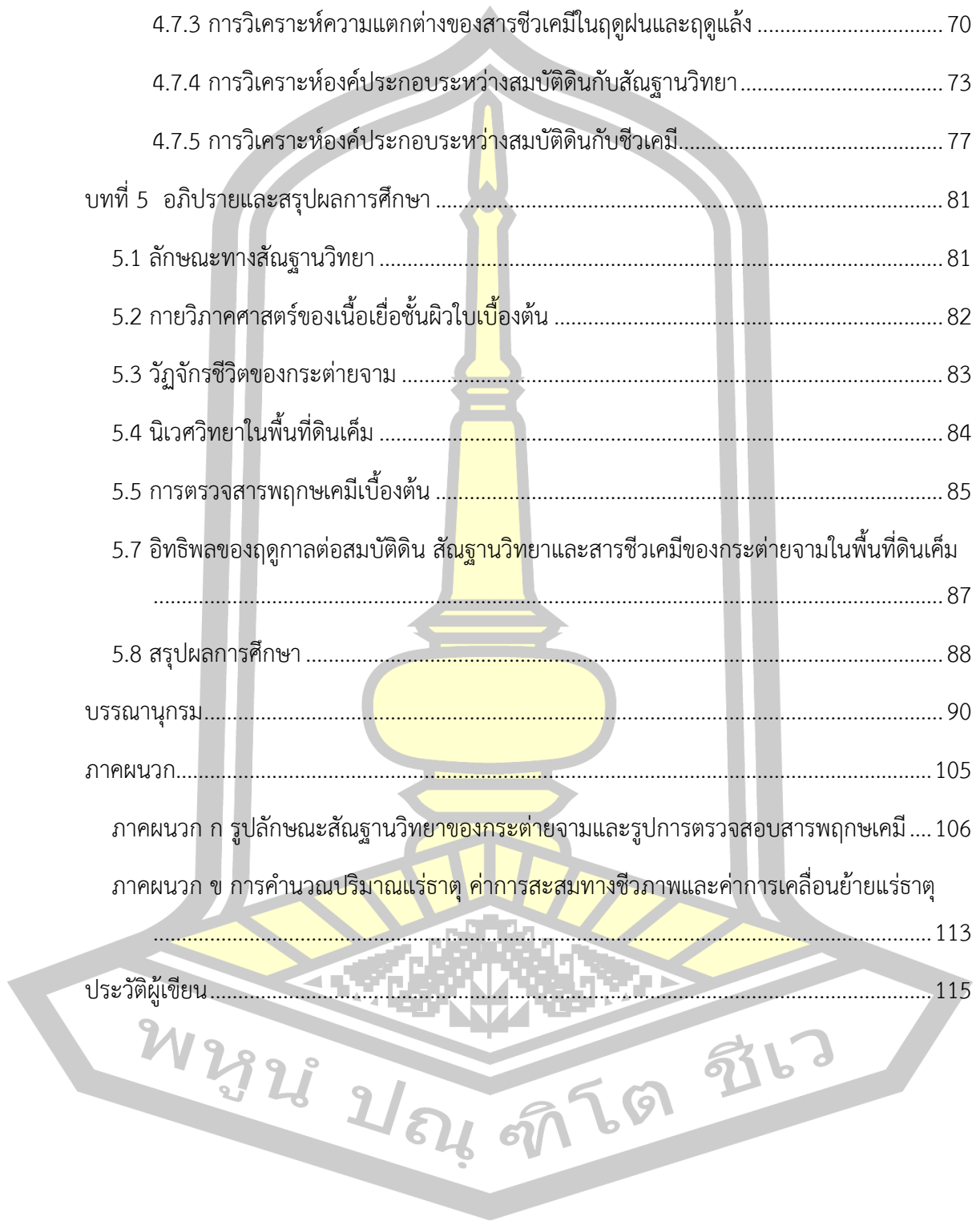
## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฐ
สารบัญตาราง.....	ฒ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 สถานที่วิจัย.....	3
1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 ปรัชญาเอกสารข้อมูล.....	6
2.1 กระดาษจาม.....	6
2.2 ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	10
2.2.1 ดินเค็มในจังหวัดกาฬสินธุ์.....	12
2.2.2 การจำแนกชนิดดินเค็ม.....	13
2.2.3 ความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	14
2.2.4 กลไกการทนเค็มของพืช.....	16

2.3 ธาตุอาหารพืช .....	18
2.3.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช .....	18
2.3.2 รูปแบบแร่ธาตุอาหารในดินและการดูดซึมของพืช .....	19
2.3.3 ความผิดปกติของพืชจากแร่ธาตุ.....	20
2.4 สัณฐานวิทยาของพืช.....	21
2.4.1 ราก.....	21
2.4.2 ลำต้น.....	21
2.4.4 ดอก.....	22
2.4.5 ผล.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือในการศึกษา .....	25
3.1.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา .....	25
3.1.2 การศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น.....	25
3.1.3 การศึกษาวัฏจักรชีวิต .....	26
3.1.4 การศึกษานิเวศวิทยา .....	26
3.1.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น.....	26
3.1.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ.....	27
3.1.7 การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยา และสารชีวเคมี .....	28
3.2 วิธีการวิจัย .....	31
3.2.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา .....	31
3.2.2 การศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น.....	31
3.2.3 การศึกษาวัฏจักรชีวิต .....	32
3.2.4 การศึกษานิเวศวิทยา .....	33
3.2.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น.....	33

3.2.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ.....	35
3.2.7 การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมี.....	37
3.2.8 สถิติที่ใช้ในการศึกษา.....	45
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	46
4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม .....	46
4.1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้น .....	46
4.1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ .....	46
4.1.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอก .....	48
4.1.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผล.....	49
4.2 กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวหนังเบื้องต้น .....	51
4.3 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจาม .....	52
4.4 นิเวศวิทยาในพื้นที่ดินเค็ม .....	54
4.4.2 นิเวศวิทยาป่ายูคาลิปตัส .....	54
4.4.3 นิเวศวิทยานาร้าง.....	54
4.4.4 นิเวศวิทยาป่าไม้ละเมาะ .....	54
4.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น .....	55
4.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ.....	57
4.6.1 การวิเคราะห์สมบัติดิน.....	57
4.6.2 การวิเคราะห์การสะสมแร่ธาตุในกระต่ายจาม.....	57
4.6.3 ค่าการสะสมทางชีวภาพ .....	58
4.6.4 ค่าการเคลื่อนย้าย.....	58
4.7 อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม .....	61
4.7.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง .....	61

4.7.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัณฐานวิทยาในฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	67
4.7.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสารชีวเคมีในฤดูฝนและฤดูแล้ง .....	70
4.7.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยา.....	73
4.7.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับชีวเคมี.....	77
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา .....	81
5.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา .....	81
5.2 กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น .....	82
5.3 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจาม .....	83
5.4 นิเวศวิทยาในพื้นที่ดินเค็ม .....	84
5.5 การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้น .....	85
5.7 อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม .....	87
5.8 สรุปผลการศึกษา .....	88
บรรณานุกรม.....	90
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก รูปลักษณะสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามและรูปการตรวจสอบสารฟลักซ์เคมี ....	106
ภาคผนวก ข การคำนวณปริมาณแร่ธาตุ ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ .....	113
ประวัติผู้เขียน.....	115

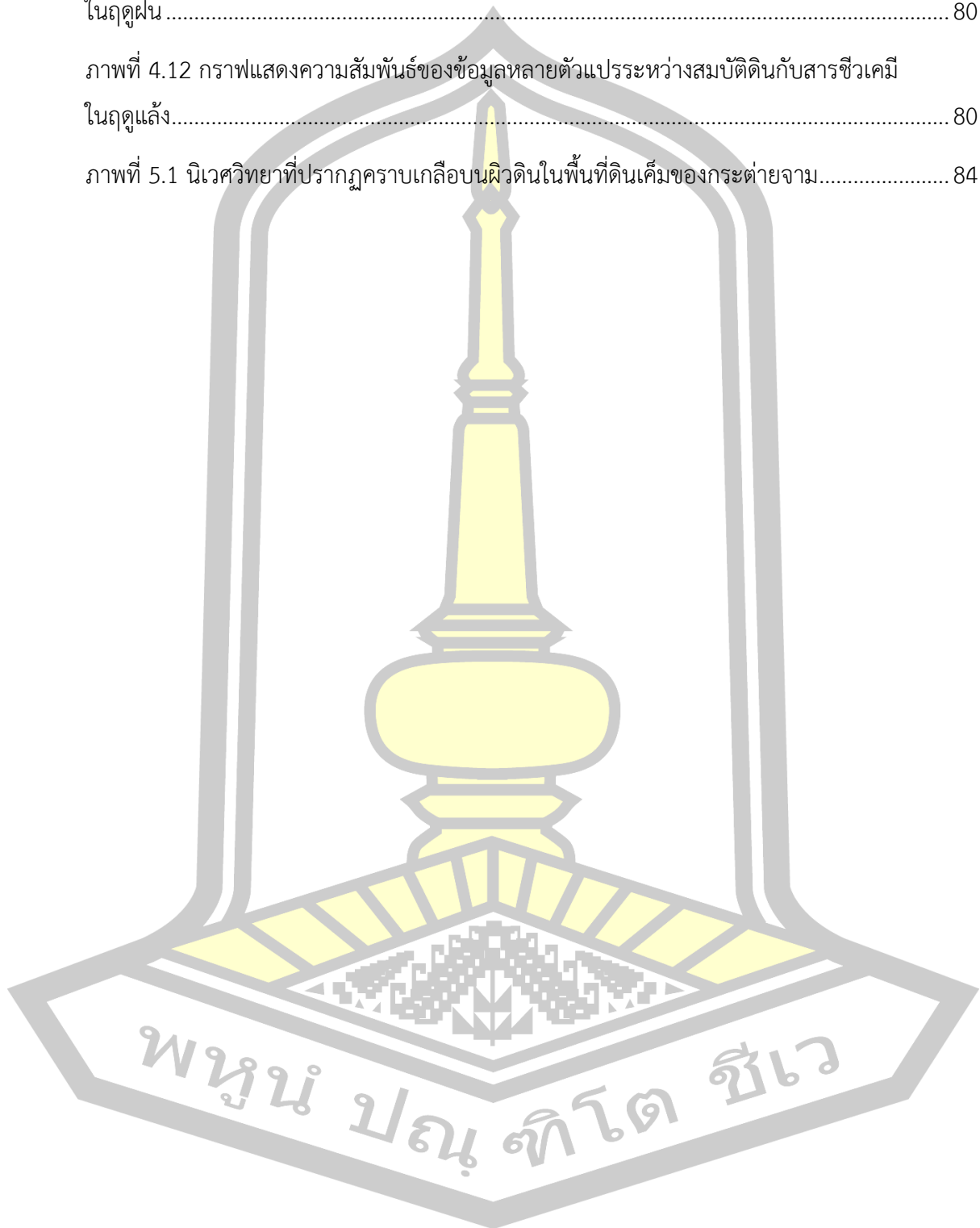


พูน ปณ ภิโต สีเว

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจาม.....	7
ภาพที่ 2.2 การกระจายของดินเค็มในประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ .....	11
ภาพที่ 2.3 ลำดับชั้นหินหมวดหินมหาสารคาม บริเวณอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ .....	11
ภาพที่ 2.4 พื้นที่แหล่งเกลือหินในจังหวัดกาฬสินธุ์.....	12
ภาพที่ 2.5 การส่งสัญญาณที่จำเพาะของพืชภายใต้สภาวะความเครียดเค็ม.....	16
ภาพที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแร่ธาตุและระดับธาตุอาหารในพืช .....	20
ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่าง 5 สถานที่ และ 4 จุดเก็บตัวอย่าง.....	32
ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่าง 4 นิเวศวิทยา.....	44
ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้นกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม.....	47
ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม .....	47
ภาพที่ 4.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของช่อดอกและดอกกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม .....	49
ภาพที่ 4.4 ลักษณะผลของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม.....	50
ภาพที่ 4.5 กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อผิวใบด้านบนของกระต่ายจาม .....	51
ภาพที่ 4.6 กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อผิวใบด้านล่างของกระต่ายจาม .....	52
ภาพที่ 4.7 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็ม .....	53
ภาพที่ 4.8 นิเวศวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม.....	55
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยา ในฤดูฝน.....	76
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยา ในฤดูแล้ง.....	76

ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมี ในฤดูฝน.....	80
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมี ในฤดูแล้ง.....	80
ภาพที่ 5.1 นิเวศวิทยาที่ปรากฏคราบเกลือบนผิวดินในพื้นที่ดินเค็มของกระต่ายจาม.....	84



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช .....	14
ตารางที่ 3.1 วิธีการทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น.....	34
ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างดินและพืช 14 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	45
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นในราก ลำต้น ใบและผลของกระต่ายจามใน พื้นที่ดินเค็ม.....	56
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินบริเวณที่กระต่ายจามเจริญเติบโต.....	59
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเหล็กในราก ลำต้น ใบและผลกระต่ายจาม .....	59
ตารางที่ 4.4 ค่าการสะสมทางชีวภาพของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเหล็กใน กระต่ายจาม .....	60
ตารางที่ 4.5 ค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเหล็กใน กระต่ายจาม .....	60
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินและลักษณะเนื้อดิน .....	62
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นรวม ความเป็นกรด - ด่าง ค่าการนำ ไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง .....	63
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัส และเหล็กของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง .....	64
ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสูง จำนวนใบ จำนวนผล ความชื้น มวลชีวภาพ พื้นที่ใบทั้งหมด ความกว้างใบและความยาวใบของกระต่ายจามในฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	68
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน น้ำตาลที่ละลายได้ และโปรตีนในฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	71



ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA ระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูฝน .... 74

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA ระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูแล้ง... 74

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA ระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูฝน..... 78

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA ระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูแล้ง ..... 79



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

กระต่ายจาม (*Adenosma indianum* (Lour.) Merr) เป็นพืชสมุนไพรที่นำมาใช้เป็นยาแผนโบราณ เครื่องหอมและเครื่องเทศ โดยในประเทศมาเลเซียใช้ส่วนรากในการรักษาลำไส้แปรปรวน (bowel complaints) โรครูมาติก (rheumatism) และลำต้นเหนือดินใช้เป็นยาพอกแก้ปวด (Jayaweera, 1982; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003) ประเทศเวียดนามใช้ส่วนลำต้นเหนือดินเพื่อกระตุ้นการหลั่งน้ำดี (cholagogic) ขับปัสสาวะ แก้ไข้ บรรเทาอาการเวียนศีรษะ ปวดตา ท้องอืด รักษาภาวะตัวเหลือง (jaundice) ในคนที่เป็นไวรัสตับอักเสบบ (viral hepatitis) และใช้เป็นยาบำรุงสำหรับผู้หญิงหลังคลอดบุตร นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial) ( World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila, 1990; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003) เกษชาในประเทศอินโดนีเซียใช้ใบในการแก้ไข้ (Jayaweera, 1982) ประเทศจีนใช้เป็นยาประคบ ใช้ตกแต่งภายในห้องเพื่อไล่แมลง ใช้เป็นเครื่องหอมและเครื่องประดับ (Lemmens and Bunyapraphatsara, 2003) และประเทศไทยใช้ลำต้นและใบในการบำรุงเลือด บรรเทาอาการเวียนศีรษะ (วงศ์สฤติย์ ฉั่วกุล, 2539; Suksri et al., 2005) และใช้ส่วนช่อดอกแห้งเป็นเครื่องเทศในการประกอบอาหาร (ภูาดา ชอบทาทิ, 2560) นอกจากนี้ World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) มีการรายงานสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่พบในกระต่ายจาม ได้แก่ คูมารินส์ (coumarins) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซาโปนิน (saponins) กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไทรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoid) และน้ำมันหอมระเหย (essential oils) โดยน้ำมันหอมระเหยที่พบมากในกระต่ายจาม ได้แก่ อัลฟาไลโมนีน ( $\alpha$ -limonene) เฟนโชน (fenchone) อัลฟาแคร์โอฟิลลีน ( $\alpha$ -caryophyllene) บีตาแคร์โอฟิลลีน ( $\beta$ -caryophyllene) คารีน (carene) 1,8 ซิเนโอล (1,8-cineole) พิเพอริโทนออกไซด์ (piperitenone oxide) และเสสควิเทอปีนออกไซด์ (sesquiterpene oxide) (World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila, 1990; Bhuiyan et al., 2010; Zeng et al., 2013)

สถานการณ์ปัจจุบันของกระทายจามในพื้นที่ดินเค็มตำบลคลองขามและตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยดินในพื้นที่เป็นดินเค็มเนื่องจากได้รับผลกระทบจากชั้นเกลือหิน (rock salt) ในหมวดหินมหาสารคาม (Maha Sarakham Formation) เป็นชั้นเกลือหินแทรกสลับกับ หินตะกอน ในบางพื้นที่ชั้นเกลือหินแทรกตัวขึ้นเป็นโดมเกลือ (Wongsomsak, 1986; Arunin & Pongwichian, 2015) ซึ่งมีการรายงานพบกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม ในบริเวณพื้นที่บ้านโพธิ์สม ตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ (อรุณี ยูวะนิยม, 2546) โดยปัจจุบันกระทายจามในพื้นที่ดินเค็มมีการเกิดซ้อนทับกับพื้นที่ทางการเกษตรและพื้นที่ร้างที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ ทำให้ถูกมองเป็นวัชพืชที่สร้างความรบกวนให้แก่พื้นที่ และด้วยความต้องการใช้พื้นที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการตัดและเผาทำลายกระทายจาม รวมทั้งกระทายจามยังมีลักษณะทางสัณฐานในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน เช่น ความสูงของต้น รูปร่างแผ่นใบ สีของลำต้นและใบ

จากการรายงานที่เกี่ยวข้องกับกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม มีเพียงรายงานที่พบกระทายจามในพื้นที่ดินเค็มของอรุณี ยูวะนิยม (2546) แต่ยังไม่มีการรายงานลักษณะทางสัณฐานวิทยา วัฏจักรชีวิต นิเวศวิทยา ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ และการเจริญเติบโต ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงมีการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา วัฏจักรชีวิต นิเวศวิทยา สารพิษเคมีเบื้องต้น ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ และอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระทายจามในพื้นที่ดินเค็มตำบลคลองขามและตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อที่จะสามารถนำกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม ไปพัฒนาต่อยอดและใช้ประโยชน์ในด้านพืชสมุนไพรให้เกิดประโยชน์อย่างแพร่หลายมากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น วัฏจักรชีวิต และนิเวศวิทยาของกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.2.2 เพื่อตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นในราก ลำต้น ใบ และผลของกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.2.4 เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระทายจามในพื้นที่ดินเค็ม

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 พื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่าง คือ พื้นที่ดินเค็มในตำบลคลองขามและตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์
- 1.3.2 ตรวจสอบพฤษเคมีเบื้องต้น 10 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก แทนนิน คูมารินส์ อัลคาลอยด์ ซาโบนิน สเตียรอยด์ เทอร์พีนอยด์ แอนทราควิโนน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์
- 1.3.3 วิเคราะห์แร่ธาตุในราก ลำต้น ใบ และผล 5 แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และเหล็ก (Fe)
- 1.3.4 ฤดูกาลที่ศึกษา คือ ฤดูฝนและแล้งตามสภาพอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย โดยฤดูฝนจะอยู่ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ส่วนฤดูแล้งจะอยู่ในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคมและกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์

### 1.4 สถานที่วิจัย

- 1.4.1 พื้นที่ดินเค็มตำบลคลองขามและตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์
- 1.4.2 ห้องปฏิบัติการ SC1-308 และ SC1-309/1 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
- 1.4.3 ห้อง SC1-109 หน่วยบริการวิชาการด้านเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พญ. ปณ. ทิโต ชีเว

## 1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	พ.ศ.										
	2562		2563			2564			2565		
	พ.ค.	ก.ย.	ม.ค.	พ.ค.	ก.ย.	ม.ค.	พ.ค.	ก.ย.	ม.ค.	พ.ค.	ก.ย.
	ส.ค.	ธ.ค.	เม.ย.	ส.ค.	ธ.ค.	เม.ย.	ส.ค.	ธ.ค.	เม.ย.	ส.ค.	ธ.ค.
การสอบเค้าโครง											
การดำเนินการศึกษา - สันฐานวิทยา - กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น - วัฏจักรชีวิต - นิเวศวิทยา - ตรวจสอบสภาวะพืชเคมีเบื้องต้น - การสะสมและเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ - อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สันฐานวิทยาและสารชีวเคมี											
จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์											
เขียนบทความวิจัย											

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.6.1 ได้ข้อมูลลักษณะทางสันฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น วัฏจักรชีวิต และนิเวศวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.6.2 ได้ข้อมูลสารพิษเคมีเบื้องต้นที่พบในราก ลำต้น ใบ และผลของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.6.3 ได้ข้อมูลค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม
- 1.6.4 ได้ข้อมูลอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อสมบัติดิน สันฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1.7.1 พื้นที่ดินเค็ม เป็นพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีชั้นเกลือหินวางตัวอยู่ใต้ดินและมีการดันตัวขึ้นมาเป็นโดมเกลือใกล้ผิวดิน เมื่อชั้นเกลือหินเกิดการพองและสลายตัวจะถูกพัดพาไปสะสมในชั้นดินแล้วละลายเข้ากับน้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม และน้ำเค็มจะขึ้นสู่ผิวดินโดยการระเหยของน้ำในดินแล้วเกิดการสะสมเกลือบนผิวดิน หลังจากเกิดกระบวนการเหล่านี้เป็นเวลานานทำให้เกิดเป็นพื้นที่ดินเค็ม
- 1.7.2 ดินเค็มน้อย เป็นดินที่มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) อยู่ในช่วง 2-4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (°C) หรือมีเกลือละลายในดิน 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ (%) และความเค็มในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป
- 1.7.3 นาข้าว (paddy field) เป็นพื้นที่ร้างที่ไม่มีการใช้ประโยชน์แล้วถูกเปลี่ยนแปลงมาเพาะปลูกข้าว มีลักษณะเป็นที่โล่ง มีไม้พุ่มและต้นไม้ใหญ่ขึ้นรอบพื้นที่
- 1.7.4 ป่ายูคาลิปตัส (eucalyptus garden) เป็นป่าปลูกต้นยูคาลิปตัส มีลักษณะเป็นป่าโปร่งไม่ผลัดใบ มีไม้พุ่มและหญ้าขึ้นเป็นหย่อม
- 1.7.5 นาร้าง (abandoned paddy field) เป็นพื้นที่นาข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์เป็นเวลานาน แต่พื้นที่ยังมีลักษณะเป็นนาข้าวและมีหญ้าขึ้นปกคลุม
- 1.7.6 ป่าไม้ละเมาะ (shrubus land) เป็นป่าที่มีไม้พุ่มขึ้นคลงกับต้นไม้ใหญ่ขึ้นเป็นหย่อม มีลักษณะพื้นที่เป็นที่โล่งและโปร่งและยังมีคราบเกลือสีขาวขึ้นตรงกลางพื้นที่
- 1.7.8 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น (phytochemical screening) เป็นการตรวจสอบหาสารพิษเคมี โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนสี การตกตะกอน และการเกิดฟอง

## บทที่ 2

### ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

#### 2.1 กระจ่ายจาม

การจัดจำแนกกระจ่ายจาม (Joshi et al., 2021; Santisuk & Larsen, 1990)

Kingdom: Plantae

Class: Magnoliopsida

Order: Lamiales

Family: Plantaginaceae

Genus: *Adenosma* R. Brown

Species: *Adenosma indianum* (Lour.) Merr

กระจ่ายจามมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Adenosma indianum* (Lour.) Merr (ชื่อพ้อง: *Adenosma buchneroides* Bonati, *Adenosma bilabiata* (Roxb.) Merr, *Adenosma capitata* Benth. ex Hance, *Adenosma capitatum* (Bentham) Bentham ex Hance, *Adenosma indiana* (Lour.) Merr, *Manulea indiana* Lour และ *Pterostigma capitatum* Bentham) (Lemmens & Bunyaphatsara, 2003; Quattrocchi, 2012; Santisuk & Larsen, 1990) จัดอยู่ในวงศ์เทียนเกล็ดหอย (Plantaginaceae) (Albach et al., 2005) โดยในประเทศไทยมีชื่อเรียกท้องถิ่น ได้แก่ พริกกระจ่าย ข้าวกำ ไชเซ การบูรป่าและกระจ่ายจาม นอกจากนี้กระจ่ายจามยังมีชื่อเรียกท้องถิ่นในหลายประเทศ ได้แก่ ประเทศมาเลเซียมีชื่อท้องถิ่น ได้แก่ Rumpit kuching-kuching, Ruku hutan และ Tasek-tasek ประเทศกัมพูชามีชื่อท้องถิ่น คือ Mréch' te:hs ประเทศลาวมีชื่อท้องถิ่น คือ Hnha: z khauz kamx (Sédone) และประเทศเวียดนามมีชื่อท้องถิ่น ได้แก่ Bo bo, Chè cat, Chè dong และ Chè noi (Lemmens & Bunyaphatsara, 2003; Quattrocchi, 2012; Santisuk & Larsen, 1990)

**ลักษณะทางสัณฐานวิทยา** กระจ่ายจามเป็นไม้ล้มลุกปีเดียว (annual herb) ลำต้นส่วนมากเป็นลำต้นเดี่ยวไม่ค่อยพบการแตกกิ่ง สูง 15-70 เซนติเมตร (cm) หรือมากกว่า (ภาพที่ 2.1) มีขนปกคลุมทั่วลำต้น ใบมีก้านใบยาว 0.2-0.9 cm ใบเดี่ยวเรียงตรงกันข้ามแผ่นใบรูปไข่หรือรูปขอบขนาน กว้าง 0.5-2.0 cm ยาว 1-3.5 cm ขอบใบหยักมีขนปกคลุมกระจายทั่วผิวใบด้านหลังใบและตามเส้นใบด้านท้องใบช่อดอกรูปทรงกลมหรือทรงกระบอกออกเป็นกระจุกที่ปลายยอด ใบประดับที่มีลักษณะคล้ายใบ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นหลอดกลีบเลี้ยงปลายแหลมแยกเป็น 5 แฉก มีขนสีขาว



ปกคลุม ดอกมีสมมาตรด้านข้างเป็นดอกสมบูรณ์เพศที่มีขนาดเล็กสีม่วงอมน้ำเงินกลีบดอกเชื่อมติดกัน เป็นรูปหลอดส่วนปลายกลีบแยกเป็น 5 แฉก ได้แก่ ด้านบน 2 แฉก และล่าง 3 แฉก ภายในดอกมี เกสรเพศผู้มี 4 อัน ติดอยู่ที่โคนหลอดกลีบดอกและเกสรเพศเมียมี 1 อัน มีลักษณะก้านเกสรรูป เส้นด้าย ปลายพองออกคล้ายกรวย มีรังไข่เหนือวงกลีบ และผลเป็นผลแห้งแตกรูปไข่มีเมล็ดมีสีเหลือง จำนวนมากอยู่ภายใน (Jayaweera, 1982; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003; Santisuk & Larsen, 1990; World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila, 1990)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจาม

**นิเวศวิทยา** มีรายงานพบมีดังนี้ ในพื้นที่นาข้าวและที่ราบอินเดียนตะวันตก (Hooker, 1885) พื้นที่ดินมีความแห้งแล้ง (barren lands) ภูเขาบริเวณที่แห้ง ริมลำธารและนาข้าวบริเวณที่ราบต่ำของประเทศจีน (Wu & Raven, 1998) บริเวณที่เป็นเนินเขาและภูเขาในประเทศเวียดนาม (World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila, 1990) และบริเวณป่าเปิด ป่าผลัดใบ ชายป่า ทุ่งหญ้า นาข้าวและพื้นที่มีระดับความสูง 1,200 เมตร (Santisuk & Larsen, 1990; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003)



**การกระจายพันธุ์** พบได้ในหลายประเทศในทวีปเอเชีย ได้แก่ อินเดีย ศรีลังกา จีน เวียดนาม ลาว กัมพูชา เมียนมาร์ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และประเทศไทย (Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003; Santisuk & Larsen, 1990; Wu & Raven, 1998) โดยในประเทศไทย พบได้ในทุกภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือมีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดเชียงใหม่ แพร่และตาก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดเลย นครราชสีมา มหาสารคาม กาฬสินธุ์และหนองคาย ภาคกลางมีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดสระบุรี ภาคตะวันออกมีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดชลบุรีและตราด ภาคตะวันตกมีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ และภาคใต้มีการกระจายพันธุ์ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา ระนอง พังงาและสตูล (วรชาติ โตแก้ว และ ปิยะ โมคมูล, 2559; Santisuk & Larsen, 1990; Suksri et al., 2005)

**สารพฤกษเคมี** จากการรายงานของ World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) ได้รายงานสารพฤกษเคมีในกระต่ายจาม ได้แก่ คูมารินส์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน กรดฟีนอลิก ไทรเทอร์พีนอยด์และน้ำมันหอมระเหย มีรายละเอียดดังนี้

1. คูมารินส์ (1,2-benzopyrones; 2H-1-benzopyran-2-ones) เป็นสารในกลุ่มเบนโซไพโรน (benzopyrones) โดยในธรรมชาติมีทั้งอยู่รูปอิสระและไกลโคไซด์ มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบไปด้วยวงเบนซีน (benzene ring) จับกับวงไพโรน (pyrone ring) ซึ่งตำแหน่งที่ C7 ส่วนมากพบหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่แอลคอกซิล และคูมารินส์ยังมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย (bacteriostatic) ฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเนื้องอก (anti-tumor activity) (Jain & Joshi, 2012) ป้องกันการแข็งตัวของเลือด รักษาโรคหอบหืด และลดภาวะการบวมน้ำเหลือง (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ อุทัย โสธนะพันธุ์ และประไพ วงศ์สินคังมัน, 2551)
2. ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenolic compound) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ที่พบมากที่สุดที่ในธรรมชาติ (รัตนา อินทรานุกุล, 2550) มีโครงสร้างประกอบไปด้วยวงฟีนิล (phenyl ring) จับกับสายโซ่โพรเพน (propane chain) (Huvaere & Skibsted, 2015) โดยสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation reaction) และปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน (esterification reaction) กับน้ำตาลและอาจจะมีหมู่เอซิล (acyl group) อยู่ในโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ (ณัฐริกา ศิลาฉาย, 2549) สามารถแบ่งได้ 6 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (flavones) ฟลาโวนอล (flavonols) ฟลาวาโนน (flavanones) ฟลาวาโนนอล (flavanonols) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และไอโซฟลาโวน (isoflavones) (Ross & Kasum, 2002) และยังมีฤทธิ์รักษาโรคเส้นเลือดฝอยเปราะ ต้านเชื้อรา ต้านอักเสบและต้านเซลล์มะเร็ง (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ อุทัย โสธนะพันธุ์ และประไพ วงศ์สินคังมัน, 2551)

3. ซาโปนิน เป็นสารกลุ่มไกลโคไซด์ (glycoside) โครงสร้างประกอบด้วยไกลโคไซด์จับกับน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล ซึ่งซาโปนินสามารถแบ่งตามไกลโคไซด์ 3 กลุ่ม ได้แก่ ไตรเทอร์ปีน (triterpene) สเตียรอยด์ (steroid) และสเตียรอยด์-อัลคาลอยด์ (steroid-alkaloid) (Hostettmann & Marston, 1995) ซาโปนินมีคุณสมบัติทำให้เกิดฟองเมื่อละลายในน้ำ สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ มีฤทธิ์แก้ไอ และมีฤทธิ์บำรุงสมอง (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ อุทัย โสธนะพันธุ์ และประไพ วงศ์สินคงมัน, 2551)
4. กรดฟีนอลิก เป็นสารในกลุ่มสารประกอบกรดฟีนอลิกที่เป็นโพลีฟีนอล (polyphenols) มีโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่จับกับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) หรือหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic group) 1 หมู่หรือมากกว่า 1 หมู่ (Pereira et al., 2009) โดยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acids) และกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) กรดฟีนอลิกมีฤทธิ์ต้านการเกิดสภาวะออกซิเดชัน ฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ด้านสภาวะการอักเสบต่างๆ และช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน (ลือชัย บุตุคูป, 2012)
5. ไตรเทอร์ปีนอยด์ เป็นสารประกอบกลุ่มเทอร์ปีนอยด์ที่ประกอบขึ้นจากหน่วยไอโซพรีน (isoprene) 6 หน่วย ที่เป็นโซ่แขนงของคาร์บอน 5 ตัว มีพันธะไม่อิ่มตัว 2 พันธะเชื่อมกันแบบหัวไปหาง และยังพบไตรเทอร์ปีนอยด์เป็นสารประกอบในกลุ่มแอลคาลอยด์ ซาโปนิน เรซินและอื่นๆ (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2550)
6. น้ำมันหอมระเหย ทำให้พืชบางชนิดมีกลิ่นเฉพาะ โดยในกระต่ายจามมีน้ำมันหอมระเหยที่พบมากได้แก่ อัลฟาไลโมนีน เฟนโคน อัลฟาแคโรโอฟิลลีน บีตาแคโรโอฟิลลีน คารินซิเนอล พิเพอริโทนออกไซด์ และเสสควิเทอปีนออกไซด์ (Bhuiyan et al., 2010; World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila, 1990; Zeng et al., 2013)

พจน ปลูก ทัโต ชีเว

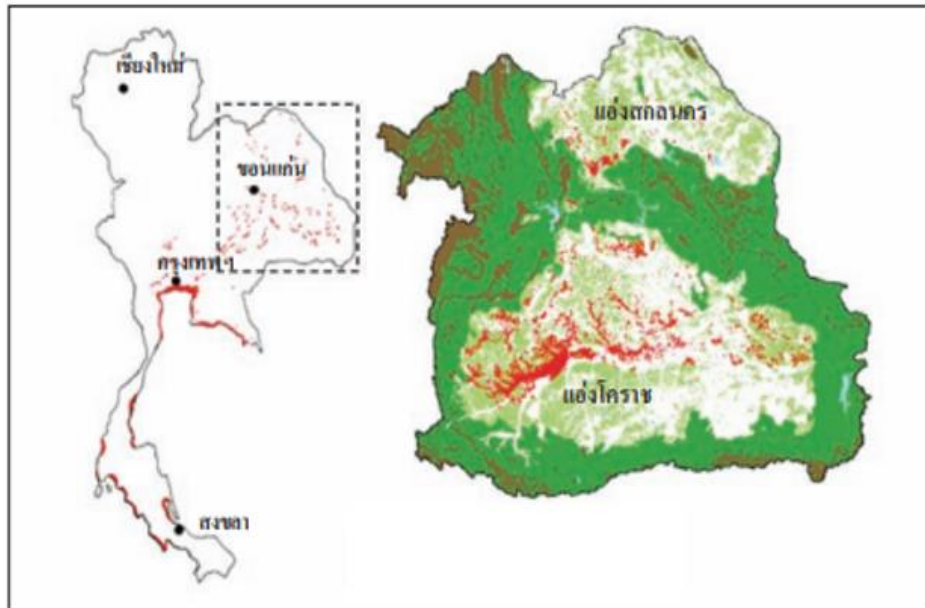
**การใช้ประโยชน์** สามารถนำกระต่ายจามไปใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนทั้ง ราก ลำต้น ใบและผล โดยนำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านล้านนา การแพทย์แผนโบราณจีนและการแพทย์อายุรเวท (วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, 2539; Wang et al., 2021) มีรายละเอียดดังนี้ รากแก้รักษาไล่ไส้แปรปรวนและโรครูมาติก (Jayaweera, 1982; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003) ลำต้นและใบเพิ่มการหลั่งน้ำดี ขับปัสสาวะ แก้ไข้ บรรเทาอาการปวดตา อาการเวียนศีรษะ อาการท้องอืด การบำรุงเลือด รักษาภาวะตัวเหลืองในคนที่เป็นไวรัสตับอักเสบและใช้เป็นยาบำรุงสำหรับผู้หญิงหลังคลอดบุตร นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาพอกและประคบและมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย (วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, 2539; Lemmens & Bunyapraphatsara, 2003; Santisuk & Larsen, 1990; Suksri et al., 2005) และผลแห้งรวมทั้งช่อดอกจะถูกดัดใช้เป็นเครื่องเทศในการประกอบอาหาร (ญาตา ชอบทาทิ, 2560)

## 2.2 ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

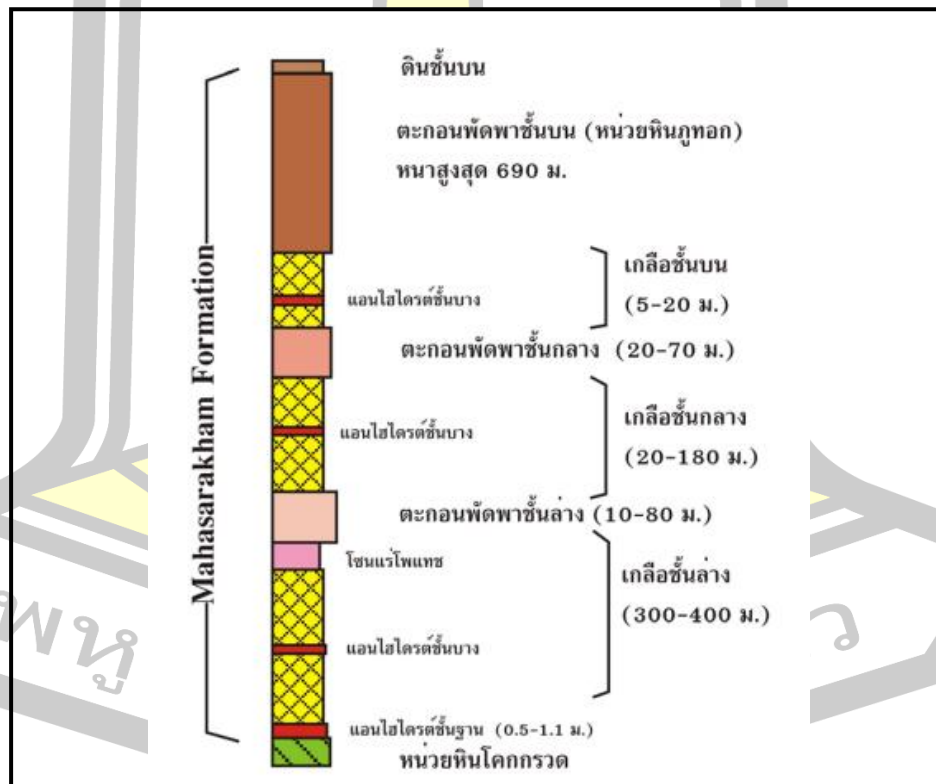
ดินเค็ม (saline soil) เป็นดินที่มีเกลือละลายได้สะสมอยู่ในดินปริมาณมาก ประเมินได้จากค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าตั้งแต่ 2 dS/m อุณหภูมิ 25 °C อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่า 13 อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมต่ำกว่า 15 และปรากฏคราบเกลือบนผิวดินตั้งแต่ 1% ของพื้นที่ จนส่งผลต่อการงอก การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช รวมทั้งส่งผลต่อการใช้ประโยชน์และการจัดการที่ดิน (ปราณี สีหพันธ์, 2558; พิชัย วิชัยดิษฐ, 2540; สมศรี อรุณินท์, 2539; เอิบ เขียวรีนรมณ์, 2550)

ประเทศไทยมีดินเค็มประมาณ 19.7 ล้านไร่ พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ราบภาคกลาง และบริเวณติดชายฝั่งทะเล โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีดินเค็มประมาณ 17.8 ล้านไร่ (ภาพที่ 2.2) แบ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มจัด 1.5 ล้านไร่ ดินเค็มปานกลาง 3.7 ล้านไร่ และเค็มน้อย 12.6 ล้านไร่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2552; สมศรี อรุณินท์, 2539; เอิบ เขียวรีนรมณ์, 2550) ซึ่งมีสาเหตุจากชั้นเกลือหินในหมวดหินมหาสารคามที่เป็นชั้นเกลือหินแทรกสลับกับหินตะกอน (หินทราย หินทรายแป้งและหินโคลน) (ภาพที่ 2.3) และบางพื้นที่เกลือหินแทรกตัวขึ้นเป็นโดมเกลือใต้ดินและมีการกระจายตัวอยู่ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร (พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์, 2542; Arunin & Pongwichian, 2015; Wongsomsak, 1986)

พูนุ ปณุกิตโต ชิว



ภาพที่ 2.2 การกระจายของดินเค็มในประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
ที่มา: เอิบ เขียวรีนรมณ์ (2550)

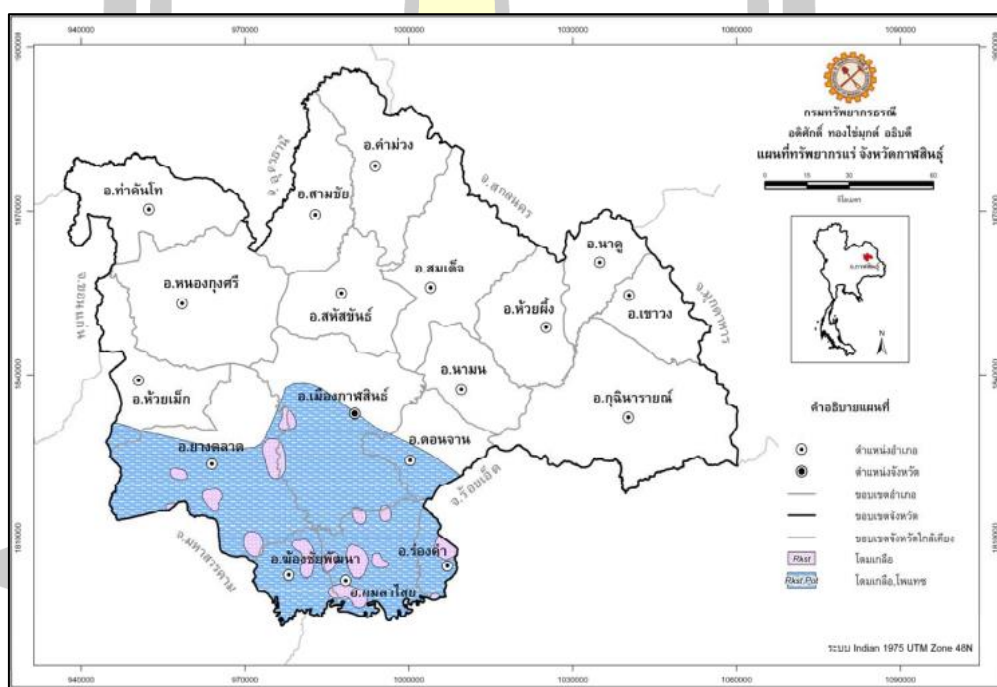


ภาพที่ 2.3 ลำดับชั้นหินหมวดหินมหาสารคาม บริเวณอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์  
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (2552)

### 2.2.1 ดินเค็มในจังหวัดกาฬสินธุ์

จังหวัดกาฬสินธุ์ตั้งอยู่ทางตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 13 อำเภอ มีพื้นที่ทั้งจังหวัดประมาณ 4,341,716 ไร่ มีพื้นที่แหล่งเกลือหิน 7 อำเภอ ได้แก่ อ่างศิลา ฆ้องชัยพัฒนา กมลาไสย ร่องคำ ยางตลาด เมืองกาฬสินธุ์ ดอนจานและห้วยเม็ก ครอบคลุมเนื้อที่ประมาณ 169.58 ตารางกิโลเมตร หรือ 105,990 ไร่ มีปริมาณเกลือหิน 599,150 ล้านเมตริกตัน (ภาพที่ 2.4) และมีแอ่งเกลือ 1 แห่ง และโดมเกลือ 15 แห่ง (กรมทรัพยากรธรณี, 2552; กรมพัฒนาที่ดิน, 2564)

การที่มีชั้นเกลือหินอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ส่งผลให้พื้นที่ดินนั้นเป็นดินเค็มเนื่องจากมีปัจจัยร่วมให้เกิดดินเค็ม ดังนี้ สภาพพื้นที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน มีมวลเกลือที่ดันลอยขึ้นมาเป็นโดมเกลือใกล้ผิวดิน ระยะอิทธิพลของแรงดึงดูดของเหลว (capillary forces) ที่ส่งผลต่อการละลายของชั้นเกลือหินและน้ำเค็มที่แพร่กระจายชั้นสู่ผิวดิน การตัดไม้ทำลายป่าและมีแนวรอยแตกของเปลือกโลกพาดผ่าน



ภาพที่ 2.4 พื้นที่แหล่งเกลือหินในจังหวัดกาฬสินธุ์

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (2552)

## 2.2.2 การจำแนกชนิดดินเค็ม

การจำแนกชนิดดินเค็มในประเทศไทยที่เป็นพื้นที่เขตร้อน สามารถพิจารณาได้จาก ระดับความเค็มที่วัดจากค่าการนำไฟฟ้า (ตารางที่ 2.1) อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมและความเป็นกรด - ด่าง (positive potential of the hydrogen ions; pH) โดยแบ่งชนิดดินเค็มเป็น 4 ชนิด (อรุณี ยูวะนิยม, 2546; เอิบ เขียว รื่นรมณ์, 2550) มีรายละเอียดดังนี้

1. ดินเค็ม คือ ดินที่มีเกลือที่ละลายได้สะสมในปริมาณมาก วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินได้ตั้งแต่ 2 dS/m ขึ้นไป ที่อุณหภูมิ 25 °C อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ 15 ขึ้นไป หรืออัตราส่วนการดูดซับโซเดียม 13 ขึ้นไป และความเป็นกรด - ด่างอาจต่ำกว่า 8.5
2. ดินโซดิก (sodic soil) คือ ดินที่ไม่เค็มหรือเค็มน้อย มีปริมาณเกลือสูง วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินมีค่าต่ำกว่า 2 dS/m ที่อุณหภูมิ 25 °C อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ 15 ขึ้นไป หรืออัตราส่วนการดูดซับโซเดียม 13 ขึ้นไป และความเป็นกรด - ด่างอาจสูงกว่า 8.5
3. ดินเค็มโซดิก (saline-sodic soil) คือ ดินที่มีลักษณะของดินเค็มและดินโซดิก วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินได้ตั้งแต่ 2 dS/m ขึ้นไป ที่อุณหภูมิ 25 °C อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ 15 ขึ้นไป หรืออัตราส่วนการดูดซับโซเดียม 13 ขึ้นไป และความเป็นกรด - ด่างอาจต่ำกว่า 8.5
4. ดินเค็มโซดิกกรด (acidic saline-sodic soil) คือ ดินที่มีลักษณะเหมือนกับดินเค็มโซดิกและมีความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก



ตารางที่ 2.1 ระดับความเค็มของดินที่มีผลกระทบต่อพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
0-2	<0.1	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต
2-4	0.1-0.2	เค็มน้อย	มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืชไม่ทนเค็ม
4-8	0.2-0.4	เค็มปานกลาง	มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8-16	0.4-0.8	เค็มมาก	เฉพาะพืชทนเค็มเท่านั้นจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้
> 16	> 0.8	เค็มจัด	เฉพาะพืชทนเค็มจัดจึงเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้

ที่มา : ปราณิ สีหพันธ์ (2558) สมศรี อรุณินท์ (2539) และ United States Salinity Laboratory Staff (1954)

### 2.2.3 ความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ความเค็มของดินมีผลกระทบต่ออาการ รอก การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืช เนื่องจากพืชเกิดความเครียดและการสะสมแร่ธาตุจนเกิดความเป็นพิษ ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (สมศรี อรุณินท์, 2539) โดยส่งผลให้พืชเกิดความเครียด ได้แก่ ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ความเครียดที่เกิดจากการสะสมแร่ธาตุที่เป็นพิษ (ion toxicity) และความเครียดที่เกิดจากการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระ (oxidative stress) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สุมาลี ชูกำแพง, 2555; Assaha et al., 2017; Bernstein, 1964)

1. ความเครียดออสโมติก เกิดจากปริมาณไอออนเกลือที่ละลายได้ในดินมีปริมาณมาก ทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) เพิ่มขึ้นและทำให้ค่าศักย์ออสโมติก (water potential) ในดินต่ำกว่าในรากพืช ทำให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้ลดลง เนื่องจากน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีค่าศักย์ออสโมติกสูงไปยังบริเวณที่มีค่าศักย์ออสโมติกต่ำ ทำให้พืชสูญเสียน้ำจากราก ความเป็นประโยชน์ของน้ำใน

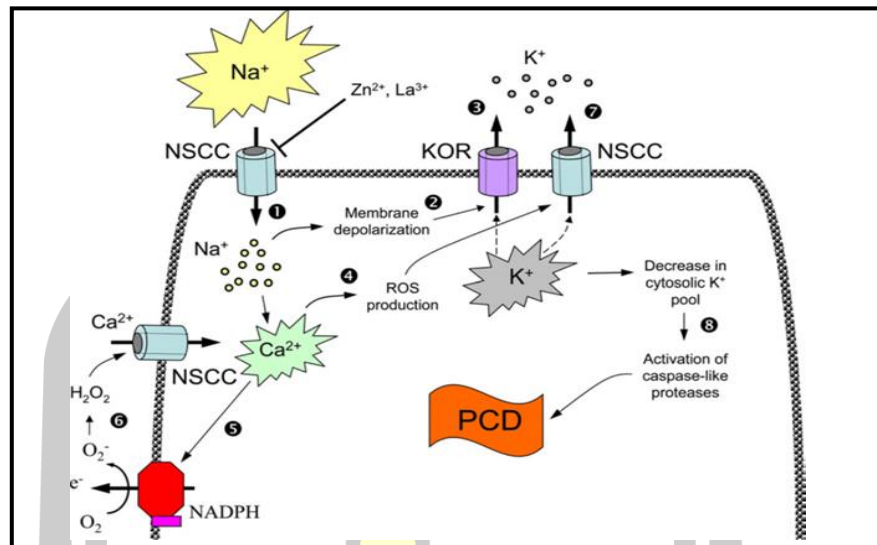
ดินจะลดลง มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ (สุมาลี ชูกำแพง, 2555; อรุณี ยูวะนิยม, 2546; Alshareef & Tester, 2019)

2. ความเครียดที่เกิดจากรังสีที่เป็นพิษ เกิดจากการที่พืชดูดซึมแร่ธาตุเข้าไปสะสมมากเกินไปจนเกินความต้องการ โดยเฉพาะโซเดียมและคลอไรด์ ทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมแทบอลิซึมที่จำเป็นต่อพืช เนื่องจากโซเดียมเข้าไปทำหน้าที่แทนโพแทสเซียมบางส่วนในกระบวนการต่างๆ นอกจากนี้ทำให้เกิดพืชมีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) หรือคลอโรซิส (chlorosis) และมีการตายของเซลล์หรือเนโครซิส (necrosis) เช่น มีอาการขอบใบไหม้แล้วลุกลามเข้าเส้นกลางใบ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558; Zhao et al., 2020; Zhu, 2007) มีรายละเอียดดังนี้

ภายใต้สภาวะความเครียดเค็ม โซเดียมจะเข้ามาในเซลล์ผ่าน non selective cation channel (NSCC) ที่บริเวณรากมากขึ้น ทำให้ลดการมีขั้วลบของเยื่อหุ้มเซลล์ (depolarization) และทำให้โพแทสเซียมรั่วออกนอกเซลล์ผ่าน depolarization-activated outward rectifying K channel (KOR) และโซเดียมยังไปกระตุ้น NADPH oxidase ให้นำเข้าแคลเซียมเพิ่มภายในเซลล์ผ่าน NSCC เมื่อปริมาณแคลเซียมมีการสะสมในปริมาณที่มากขึ้น จะไปกระตุ้นให้สร้างสารอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species; ROS) แล้ว ROS ไปกระตุ้นให้โพแทสเซียมรั่วไหลออกนอกเซลล์ผ่าน NSCC มากขึ้น เซลล์พืชจะสูญเสีย  $K^+$  มากขึ้นจนไม่สามารถรักษาระดับ  $K^+$  ในเซลล์ได้ จึงส่งผลให้เซลล์เข้าสู่กระบวนการตายของเซลล์อย่างเป็นระบบ (programmed cell death; PCD) (ภาพที่ 2.5)

พหุ ประถมศึกษา





ภาพที่ 2.5 การส่งสัญญาณที่จำเพาะของพืชภายใต้สภาวะความเครียดเค็ม  
ที่มา: Shabala (2009)

3. ความเครียดที่เกิดจากการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระ ที่เป็นผลมาจากพืชขาดน้ำเนื่องจากความเครียดออสโมติก แล้วปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ทำให้เกิดการรั่วไหลของอิเล็กตรอนและมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษภายในเซลล์ปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดการสร้างและสะสมสารอนุมูลอิสระที่มีผลทำลายโปรตีนกรดนิวคลีอิก ไขมันในบริเวณต่างๆ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์ (Hussain et al., 2008; Karuppanapandian et al., 2011)

#### 2.2.4 กลไกการทนเค็มของพืช

กลไกการทนเค็มของพืชเป็นความสามารถของพืชที่จะปรับตัวให้เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มได้ โดยอาศัยกลไกการทนเค็ม ดังนี้ การปรับแรงดันออสโมติก การรักษาสสมดุลไอออนและการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ มีรายละเอียดดังนี้

1. การปรับแรงดันออสโมติก เพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ได้ภายในเซลล์ของรากพืชจำเป็นต้องมีค่าศักย์ออสโมติกต่ำกว่าในดิน ดังนั้นพืชจึงดูดซึมหรือสังเคราะห์สารออร์แกนิกออสโมไลต์ (organic osmolytes) ได้แก่ โพรลีน (proline) ไกลซีนเบตาอีน (glycine betaine) กรดแกมมาอะมิโนบิว - ทีริก (gamma-aminobutyric acid; GABA) และน้ำตาลละลายได้ (soluble sugars) เพื่อปรับแรงดันออสโมติกของเซลล์ (Sharma et al., 2019) นอกจากนี้ ออร์แกนิกออสโมไลต์ยังมีการสะสมที่ลำต้นหรือใบเพื่อให้พืชสามารถลำเลียงน้ำขึ้นไปใช้ได้ต่อเนื่อง (Hussain et al., 2008)

2. การรักษาสสมดุลไอออน โดยเซลล์จะสะสมไอออนที่จำเป็นและกำจัดไอออนที่เป็นพิษเพื่อป้องกันอันตรายต่อเซลล์ (Food and Agriculture Organization, 1976; Zhu, 2007) ซึ่งในสภาวะเครียดเค็มอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียม ( $K^+/Na^+$  ratios) ในไซโทพลาสซึมมีความสำคัญมาก โดยปกติเซลล์พืชจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าปริมาณโซเดียม (Apse & Blumwald, 2007) ดังนั้นพืชจึงพยายามกำจัดโซเดียมที่มากเกินไปออกจากไซโทพลาสซึม เพื่อให้อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมสูงขึ้นและทำให้เซลล์กลับเข้าสู่สภาวะสมดุล (Glenn et al., 1999) โดยมีกลไกที่เยื่อหุ้มเซลล์และแควคิ่วโอลมีรายละเอียดดังนี้

พืชมีการส่งสัญญาณไปยัง salt-overly-sensitive (SOS) ซึ่งทำงานร่วมกับ SOS1, SOS2, SOS3, SOS4 และ SOS5 เมื่อโซเดียมเข้าสู่เซลล์ทำให้ตัวรับสัญญาณที่เยื่อหุ้มเซลล์ส่งสัญญาณไปยังแคลเซียม ซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณต่อไปยัง SOS3, SOS2 และ SOS1 ตามลำดับ โดย SOS1 เป็นโปรตีนที่แทรกอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์จะเป็นตัวขับไอออนโซเดียมออกนอกเซลล์โดยทำหน้าที่เป็น  $Na^+/H^+$  antiporter

ขณะเดียวกันแคลเซียมจะไปกระตุ้นให้พืชมีการสร้างสาร Arabidopsis abscisic acid insensitive1 (*ABI1*) เพื่อให้เกิดการชักนำการแสดงออกของยีน endosomal  $Na^+ (K^+)/H^+$  exchanger (NHX1) ในขณะที่ SOS3 เมื่อได้รับสัญญาณจะกระตุ้นการนำโปรตรอน ( $H^+$ ) เข้าสู่แควคิ่วโอลเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนกับโซเดียมส่วน SOS2 ก็จะไปกระตุ้นการทำงานของ NHX1 และ cation exchanger 1 (CAX1) ที่แควคิ่วโอลให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออน  $Na^+/H^+$  เพื่อจะนำโซเดียมที่มากเกินไปในไซโทพลาสซึมไปเก็บไว้ที่แควคิ่วโอล

SOS4 จะกระตุ้นให้เกิดการสร้าง pyridoxal phosphate kinase เพื่อชักนำให้สร้าง pyridoxal-5-phosphate (PLP) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของ SOS1 และ Arabidopsis  $K^+$  transporter (AKT1) เพื่อเพิ่มการขับโซเดียมออกนอกเซลล์และนำ โพแทสเซียมเข้าสู่ภายในเซลล์ และในส่วนของ SOS5 จะทำงานเมื่อเกิดสภาวะเครียดออสโมติกและถูกชักนำด้วย abscisic acid (ABA) (สุมาลี ชูกำแพง, 2555; Shabala, 2009; Türkan & Demiral, 2009)

3. การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ พืชจะสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อเปลี่ยนสารอนุมูลอิสระให้อยู่ในรูปสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช ซึ่งมี 2 รูปแบบ ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระในรูปของเอนไซม์ (enzymatic antioxidants) ได้แก่ แอสคอร์เบท เพอร์ออกซิเดส (ascorbate peroxidase; APX) กลูตาไธโอนเอสทรานสเฟอเรส (glutathione-S-transferases (GST) คาทาเลส (catalase; CAT) และสารต้านอนุมูลอิสระไม่ได้อยู่ในรูปของเอนไซม์ (non-enzymatic antioxidants) ได้แก่ กลูตาไธโอน (glutathione; GSH) กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid; AA), โทโคฟีรอล (tocopherols; TOCs), แคโรทีนอยด์ (carotenoids; CARs) และฟลาโวนอยด์ (Hussain et al., 2008; Karuppanapandian et al., 2011)

### 2.3 ธาตุอาหารพืช

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้จากสารอนินทรีย์ โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อให้ได้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตและยังสังเคราะห์สารประกอบที่จำเป็นในการเจริญเติบโต เช่น สารประกอบโปรตีนและไขมัน ซึ่งพืชมีปัจจัยในการเจริญเติบโตหลายปัจจัย สามารถแบ่งออกเป็นปัจจัยใหญ่ๆ ได้ 2 ปัจจัย ได้แก่ พันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยดินเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่เป็นแหล่งแร่ธาตุและน้ำเพื่อให้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต (ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย, 2559; ลิลลี่ กาวีตี๊ะ และ, 2556)

#### 2.3.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

เมื่อวิเคราะห์แร่ธาตุในพืชพบอย่างน้อย 60 แร่ธาตุ แต่มีเพียง 17 แร่ธาตุ ที่พบมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป ซึ่งมีการกำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาแร่ธาตุ (ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย, 2559; ลิลลี่ กาวีตี๊ะ และคณะ, 2556) มีรายละเอียดดังนี้

1. แร่ธาตุนั้นจำเป็นต่อการเจริญเติบโต เมื่อขาดแร่ธาตุพืชจะหยุดการเจริญเติบโตหรืออยู่ได้ไม่ครบวัฏจักร
2. หน้าที่ของแร่ธาตุนั้นไม่สามารถทดแทนด้วยแร่ธาตุอื่นได้
3. ธาตุนั้นต้องมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทางตรงเท่านั้น

จากหลักเกณฑ์ในการพิจารณาแร่ธาตุ มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช 16 แร่ธาตุ แบ่งตามแหล่งที่ได้ 2 แหล่ง ได้แก่ ได้จากอากาศและน้ำ 3 แร่ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) และได้จากดิน 14 แร่ธาตุ ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก 3 แร่ธาตุ ประกอบด้วย ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง 3 แร่ธาตุ ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน (S) และธาตุอาหาร

เสริม 8 แร่ธาตุ ประกอบด้วย เหล็ก แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni) (ยงยุทธ โอสดสภา, 2558; ลิลลี่ กาวีตี้ และ, 2556)

### 2.3.2 รูปแบบแร่ธาตุอาหารในดินและการดูดซึมของพืช

แร่ธาตุอาหารในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในทันที ต้องมีการสลายหรือผุพังเพื่อปลดปล่อยแร่ธาตุต่างๆ ออกมา โดยรูปแบบแร่ธาตุอาหารในดินมี 2 รูปแบบ (ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย, 2559; ลิลลี่ กาวีตี้ และคณะ, 2556) มีรายละเอียดดังนี้

1. แร่ธาตุที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันที (unavailable form) อยู่ในรูปสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โครงสร้างซับซ้อนและโมเลกุลจับกันแน่นแล้วละลายน้ำยาก
2. แร่ธาตุที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (available form) อยู่ในรูปสารประกอบที่มีโมเลกุลแตกตัวเป็นไอออนหรืออนุโมลได้ง่าย ทำให้ละลายน้ำได้ง่าย หรืออยู่ในรูปของไอออนในสารละลายดิน

การดูดซึมแร่ธาตุของพืชประกอบด้วยขบวนการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุจากสารละลายดินไปยังผิวรากและขบวนการดูดซึมแร่ธาตุจากดินเข้าสู่ภายในเซลล์ราก (ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย, 2559; ยงยุทธ โอสดสภา, 2558) มีรายละเอียดดังนี้

1. ขบวนการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุจากสารละลายดินไปยังผิวรากพืช สามารถทำได้ 3 ทาง ได้แก่ การหยั่งรากของพืชเพื่อแลกเปลี่ยน การไหลของมวลแร่ธาตุมาที่ราก และการแพร่กระจายที่อาศัยความเข้มข้นของแร่ธาตุ
2. การดูดซึมแร่ธาตุจากดินเข้าสู่ภายในเซลล์รากพืช สามารถเกิดได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบพาสซีฟ (passive transport) เป็นการเคลื่อนที่แบบไม่อาศัยพลังงานจากเซลล์ มักเกิดขึ้นกับพวกไอออนบวก มีการเคลื่อนที่ 2 วิธี คือ การแพร่และการออสโมซิส และการเคลื่อนที่แบบแอคทีฟ (active transport) เป็นการเคลื่อนที่แบบอาศัยพลังงานจากเซลล์ มักเกิดขึ้นกับพวกไอออนลบ โดยเคลื่อนย้ายผ่านโปรตีนตัวพา (carrier protein)

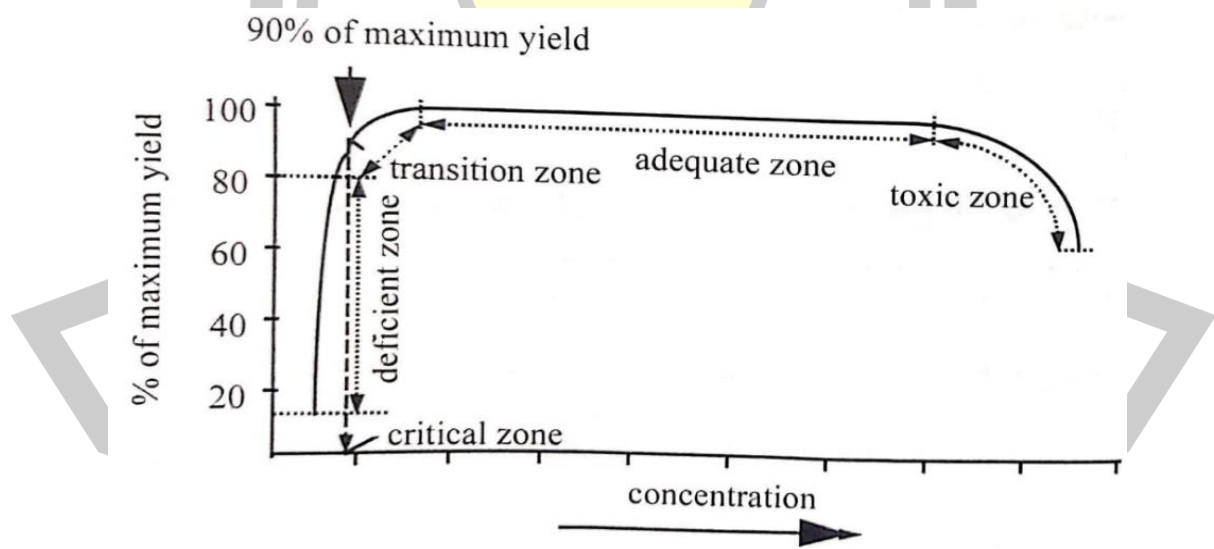
แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชส่วนมากจะอยู่ในรูปเกลือที่ละลายง่าย และยังขึ้นกับความชื้นดิน - ค่าของดินในบริเวณนั้นๆ โดยแร่ธาตุส่วนมากจะอยู่ในรูปเป็นประโยชน์เมื่อดินเป็นกรดอ่อนจนถึงปานกลาง (ลิลลี่ กาวีตี้ และคณะ, 2556)

### 2.3.3 ความผิดปกติของพืชจากแร่ธาตุ

ความผิดปกติของพืชเนื่องจากแร่ธาตุจะเกิดเมื่อพืชได้รับแร่ธาตุในปริมาณน้อยหรือมากกว่าความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ ความผิดปกติที่พบบมี 2 ประเภท ได้แก่ การขาดแคลน (deficiencies) และการเป็นพิษ (toxicities) มีรายละเอียดดังนี้ (ยงยุทธ โอสธสภ, 2558)

1. การขาดแคลนเกิดจากในเนื้อเยื่อพืชมีความเข้มข้นของแร่ธาตุต่ำกว่าระดับวิกฤต โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่พืชมีความเข้มข้นของแร่ธาตุในเนื้อเยื่อต่ำกว่าระดับวิกฤตเล็กน้อยและพืชไม่แสดงอาการผิดปกติ และช่วงที่พืชขาดแคลนแร่ธาตุอย่างรุนแรงทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติ (ภาพที่ 2.6)
2. การเป็นพิษเกิดจากที่พืชได้รับแร่ธาตุปริมาณมาก โดยมีสาเหตุจากดินเป็นกรด ดินเค็มและดินที่ใช้ปุ๋ยในปริมาณมาก และทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติที่ลักษณะอาการเฉพาะ

อาการผิดปกติที่พบเป็นส่วนใหญ่ในพืชมี 2 อาการที่สำคัญ โดยมีสาเหตุจากการขาดแคลนและการเป็นพิษ ได้แก่ คลอโรซิสเป็นอาการซีดเผือกที่ลำต้นและใบของพืชเนื่องจากสูญเสียคลอโรฟิลล์และเนโครซิสเป็นการตายของเซลล์ เนื้อเยื่อหรืออวัยวะเป็นหย่อมๆ เมื่อได้รับความเครียดรุนแรง จนกระบวนการทางชีวเคมีในเซลล์หยุดและไม่สามารถกลับมาทำงานได้อีก (ยงยุทธ โอสธสภ, 2558)



ภาพที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแร่ธาตุและระดับธาตุอาหารในพืช  
ที่มา : ลิลลี่ กาวีตีะ และคณะ, 2556

## 2.4 ลักษณะวิทยาของพืช

การจำแนกพืชจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลถิ่นที่อยู่ ลักษณะวิสัย และลักษณะวิทยาของพืช โดยลักษณะวิทยาของพืชที่เป็นลักษณะเด่นจะใช้ในการสนับสนุนการจัดจำแนกชนิด และลักษณะวิทยาของพืชยังใช้ในการบรรยายรูปร่างลักษณะ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ ราก (roots) ลำต้น (stems) ใบ (leaves) ดอก (flowers) และผล (fruits) (ก่องกานดา ชยามฤต และวรตลต์ แจ่มจำรูญ, 2559; สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554) มีรายละเอียดดังนี้

### 2.4.1 ราก

รากเป็นส่วนไม่มีข้อ ปล้องและตา ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและแร่ธาตุภายในดิน และยึดให้ส่วนของลำต้นเหนือดินทรงตัวอยู่ได้ สามารถแบ่งรากออกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ รากแก้ว รากแขนงและรากพิเศษ (ก่องกานดา ชยามฤต และวรตลต์ แจ่มจำรูญ, 2559; สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554)

### 2.4.2 ลำต้น

ลำต้นเป็นส่วนที่มีข้อ ปล้องและตา โดยตาเป็นที่เกิดใบ ดอกและผล ลำต้นแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ลำต้นเหนือดิน (aerial stem) และลำต้นใต้ดิน (underground stem) โดยลำต้นเหนือดิน เมื่อพิจารณาการแตกกิ่งก้านและทรงรูปสามารถนำมาจำแนกลักษณะวิสัยของพืชได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ ไม้ต้น (tree) ไม้พุ่ม (shrub) ไม้เถา (climber) และไม้ล้มลุก (herb) และลำต้นใต้ดินมีหน้าที่เก็บสะสมอาหาร สามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ได้แก่ เหง้า (rhizome) หัวแบบมันฝรั่ง (tuber) หัวแบบเผือก (corm) และหัวแบบหอม (bulb) (ก่องกานดา ชยามฤต และวรตลต์ แจ่มจำรูญ, 2559; สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554)

### 2.4.3 ใบ

ใบเกิดบริเวณข้อของลำต้น ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง หายใจและคายน้ำ โดยใบประกอบด้วย แผ่นใบ ก้านใบและหูใบ สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ ใบเดี่ยว (simple leaf) และใบประกอบ (compound leaf) ในการศึกษาลักษณะพื้นฐานของใบ มีการศึกษา ลักษณะ (ก่องกานดา ชยามฤต และวรตลต์ แจ่มจำรูญ, 2559; สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, 2554) ดังนี้

1. รูปร่างแผ่นใบ (leaf shape) ใช้ส่วนที่กว้างที่สุดแบ่งรูปร่างสามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ รูปไข่ รูปไข่กลับ ใบรูปรี และใบรูปขอบขนาน
2. ปลายใบ (leaf apex) ได้แก่ แหลม เรียวแหลม แหลมเข้มน ยาวคล้ายหาง ม้วนเป็นดิ่งแหลม เว้าตื้น เป็นดิ่งหนาม รูปหัวใจกลับ มน เว้าบวม และตัด



3. โคนใบ (leaf base) ได้แก่ สอบเรียว รูปตั้งหู รูปเจี๊ยงลูกศร รูปหัวใจ รูปลิ้ม รูปเจี๊ยงใบหอก เฉียง มน ตัด แบบก้นปัด และรอบข้อ
4. ขอบใบ (leaf margin) ได้แก่ เป็นขนครุย หยักมน หยักซี่ฟัน จักฟันเลื่อยซ้อน เรียบ จักลึก เป็นหยัก เป็นแฉก หยักแบบขนนก จักฟันเลื่อย จักฟันเลื่อยถี่ และเป็นคลื่น
5. ผิวใบ (leaf surface) หรือสิ่งปกคลุมใบ (indumentum) ได้แก่ ใบเกลี้ยง เกือบเกลี้ยง มีขนสั้นนุ่ม ขนสั้นหนานุ่ม มีขนยาวห่าง มีขนอยู่ ขนแบบขนแกะ ขนสาก ขนหยาบแข็ง ขนแข็งเอน มีขนต่อม มีขนรูปดาว และมีนวลหรือขี้ผึ้ง
6. เนื้อใบ (leaf texture) ได้แก่ คล้ายเยื่อ คล้ายกระดาษ คล้ายแผ่นหนัง ลักษณะบางและแห้ง และอวบน้ำ
7. การเรียงตัวของเส้นใบ (leaf venation) มี 2 แบบ ได้แก่ เส้นใบขนานที่พบบ่อยในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และเส้นใบร่างแห  
การเรียงของใบ (phyllotaxy) มี 2 แบบ ได้แก่ เรียงสลับ เรียงตรงข้าม และเรียงวงรอบ

#### 2.4.4 ดอก

ดอกเกิดจากตาดอกที่อยู่ปลายกิ่ง โดยเป็นกิ่งและใบที่เปลี่ยนสภาพมาทำหน้าที่สืบพันธุ์ ซึ่งดอกมีส่วนประกอบ 4 วง ได้แก่ วงกลีบเลี้ยง (calyx) วงกลีบดอก (corolla) วงเกสรเพศผู้ (androecium) และวงเกสรเพศเมีย (gynoecium) ดอกที่พบวงประกอบ 4 วง เรียกว่า ดอกสมบูรณ์ (complete flower) ดอกที่พบเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน เรียกว่า ดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) และดอกมี 2 ประเภท ได้แก่ ดอกเดี่ยวและช่อดอก ในการศึกษาลักษณะสัณฐานของดอกมีการศึกษาลักษณะ ดังนี้

1. ใบประดับ (bracts) เป็นใบที่เปลี่ยนแปลงมาทำหน้าที่ป้องกันดอกอ่อนและรองรับดอกหรือช่อดอก โดยสามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น ใบประดับคล้ายใบ ใบประดับคล้ายกลีบดอก กาบหุ้มช่อดอก วงใบประดับ และริ้วประดับ
2. สมมาตรของดอก (symmetry of flower) มี 2 แบบ ได้แก่ สมมาตรตามแนวรัศมี (radial symmetry) และสมมาตรด้านข้าง (bilateral symmetry)
3. ฐานดอก (receptacle) เป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของก้านดอกและเป็นบริเวณที่รองรับส่วนต่างๆ ของดอก
4. วงกลีบ (perianth) หรือวงกลีบรวม (tepals) คือ ลักษณะของวงกลีบเลี้ยงและวงกลีบดอกที่มีความคล้ายกันหรือไม่มีความแตกต่างชัดเจน

5. วงกลีบเลี้ยง คือ ชั้นที่อยู่นอกสุดของดอก มี 3 แบบ ได้แก่ กลีบเลี้ยงแยก หลอดกลีบเลี้ยงและกลีบเลี้ยงเชื่อมกัน
6. วงกลีบดอกหรือกลีบดอก (petal) มี 2 แบบ ได้แก่ กลีบดอกแยกจากกัน และกลีบดอกเชื่อมกันที่มีรูปร่างแตกต่างกันไป
7. การจัดเรียงตัวของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกในดอกตูม มี 5 ลักษณะ ได้แก่ เรียงจรดกัน เรียงซ้อนเหลื่อม เรียงบิดเวียน และเรียงซ้อนคลุม
8. วงเกสรเพศผู้ เป็นเกสรเพศผู้ (stamen) ตั้งแต่ 1 จนถึงจำนวนมาก โดยประกอบด้วย ก้านชูอับเรณู (filament) อับเรณู (anther) และละอองเรณู (pollen) มีการศึกษาในหลายส่วน ได้แก่ ตำแหน่งติดของเกสรเพศผู้ การติดของก้านชูอับเรณูกับอับเรณู จำนวนเกสรเพศผู้ การเชื่อมติดกันของเกสรเพศผู้ การแตกของอับเรณู และเรณูและกลุ่มเรณู
9. วงเกสรเพศเมีย เป็นเกสรเพศเมีย (pistil) ตั้งแต่ 1 จนถึงจำนวนมาก โดยประกอบด้วย รังไข่ (ovary) ไข่ ก้านยอดเกสรเพศเมีย (style) และยอดเกสรเพศเมีย (stigma) มีการศึกษาในหลายส่วน ได้แก่ ประเภทของเกสรเพศเมีย ตำแหน่งของรังไข่ การเรียงพลาเซนตา ก้านยอดเกสรเพศเมียและยอดเกสรเพศเมีย และการติดของก้านยอดเกสรเพศเมียกับรังไข่
10. ช่อดอก (inflorescences) เป็นกลุ่มดอกที่เกิดบนก้านช่อดอกเดียวกัน แบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ช่อดอกแบบช่อกระจุก (cymose) หรือช่อดอกยอดเกิดก่อน (determinate inflorescence) และช่อดอกแบบช่อกระจະ (racemose) หรือช่อดอกที่โคนเกิดก่อน (indeterminate inflorescence) โดยในช่อดอกแต่ละกลุ่มจะมีการแบ่งช่อดอกย่อยลงไป



#### 2.4.5 ผล

ผลเกิดจากรังไข่ที่เปลี่ยนแปลงหลังเกิดการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย โดยผลประกอบด้วย ผนังผล (pericarp) และเมล็ด ซึ่งผนังผลเจริญมาจากผนังรังไข่ แบ่งออกได้ 3 ชั้น ได้แก่ ผนังผลชั้นนอก ผนังผลชั้นกลางและผนังผลชั้นใน และเมล็ดเจริญมาจากไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิ ประกอบด้วย เปลือกเมล็ด (seed coat) เอ็มบริโอ (embryo) และเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ในการศึกษาลักษณะสัณฐานของผล มีการศึกษาลักษณะ ดังนี้

1. ชนิดของผล (type of fruits) ที่พิจารณาจากประเภทของเกสรเพศเมีย แบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผลเดี่ยว ผลกลุ่ม และผลรวม
2. ลักษณะของเนื้อผล แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผลมีเนื้อ (fleshy fruits) ได้แก่ ผลผนังชั้นในแข็ง ผลมีเนื้อหนึ่งถึงหลายเมล็ด ผลแบบส้ม ผลแบบแตงและผลแบบแอปเปิล และผลแห้ง (dry fruits) แบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผลแห้งแก่แล้วแตก ผลแห้งแก่แล้วไม่แตก และผลแยกแล้วแตกหรือผลแห้งแยก



### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือในการศึกษา

##### 3.1.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

1. เอทานอล (ethanol) 70%
2. ถังพลาสติกและหนังยาง
3. ขวดดอง (storage bottle)
4. ปากคืบ
5. เข็มเขี่ย
6. ใบมีดโกน
7. จานเพาะเชื้อ
8. เข็อก
9. กรรไกร
10. กระจกอัดพันธุ์ไม้
11. แผงอัดพันธุ์ไม้ ขนาด 30×45 เซนติเมตร
12. กลองจุลทรรศน์สเตอริโออียี่ห้อ Olympus รุ่น SZX7
13. เอกสารทางอนุกรมวิธาน

##### 3.1.2 การศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น

1. สีซาฟรานินโอ (safranin O) 1%
2. เอทานอล 70%, 95% และ 100%
3. ไซลีน (xylene)
4. เปอร์เมต (permount)
5. น้ำกลั่น (distilled water)
6. ใบมีดโกน
7. จานเพาะเชื้อ
8. พู่กัน
9. สไลด์และกระจกปดสไลด์
10. กลองจุลทรรศน์แบบ compound ยี่ห้อ Olympus และยี่ห้อ Leica รุ่น DM750
11. เอกสารทางกายวิภาคศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.1.3 การศึกษาวิถีจักรชีวิต

1. แวนชยาย
2. สมุดบันทึกข้อมูล
3. กล้องถ่ายภาพ
4. เครื่อง global positioning system (GPS)

### 3.1.4 การศึกษานิเวศวิทยา

1. สมุดบันทึกข้อมูล
2. กล้องถ่ายภาพ
3. เครื่อง GPS

### 3.1.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

1. เอทานอล 80%
2. น้ำกลั่น
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 5% และ 10%
4. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 10%
5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl)
6. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl<sub>3</sub>) 1% และ 5%
7. กรดซัลฟิวริก (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 10%
8. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
9. สารละลายรีเอเจนต์แวกเนอร์ (Wagner's reagent) (ละลายไอโอดีน (I<sub>2</sub>) 1.27 กรัม (g) และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 g ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (ml))
10. คลอโรฟอร์ม (CHCl<sub>3</sub>)
11. แอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) 10%
12. กรดแอสติก (CH<sub>3</sub>COOH)
13. หลอดทดลองและชั้นวางหลอดทดลอง
14. ปีกเกอร์
15. เครื่องชั่ง
16. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
17. เครื่องซอกท์เลต (soxhlet extraction)
18. เครื่องระเหยระบบสุญญากาศ (rotary vacuum evaporator)
19. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

### 3.1.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ

#### 1. การวิเคราะห์สมบัติดิน

- 1.1 น้ำกลั่น
- 1.2 สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M pH 7.0
- 1.3 สารละลายมาตรฐาน (standard set) โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก
- 1.4 ถูพลาสติกและหนังยาง
- 1.5 ปากกาเคมี
- 1.6 เสียม
- 1.7 ถาดและตะกร้า
- 1.8 บีกเกอร์
- 1.9 กระจกตวง (cylinder)
- 1.10 แท่งแก้วคนสาร
- 1.11 ตะแกรง
- 1.12 ถูพลาสติกและหนังยาง
- 1.13 ปากกาเคมี
- 1.14 ถาดและตะกร้า
- 1.16 กระจด مخروط No. 1 และ 42
- 1.17 เครื่องชั่ง
- 1.18 ตู้บลมร้อน
- 1.19 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)
- 1.20 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter)
- 1.21 เครื่อง GPS
- 1.22 ไมโครปิเปต (micropipette)
- 1.23 เครื่อง atomic absorption spectroscopy (AAS)

#### 2. การวิเคราะห์แร่ธาตุในพืช

- 2.1 กรดไนตริกเข้มข้น (conc.  $\text{HNO}_3$ )
- 2.2 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
- 2.3 กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (conc.  $\text{HClO}_4$ )
- 2.4 น้ำกลั่น
- 2.5 ถูพลาสติกและหนังยาง

- 2.6 ปากกาเคมี
- 2.7 ถาดและตะกร้า
- 2.8 หลอดย่อยตัวอย่าง (digestion tube)
- 2.9 ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) 100 ml
- 2.10 ปีกเกอร์
- 2.11 กระบอกตวง
- 2.12 เครื่องชั่ง
- 2.13 เครื่องย่อย
- 2.14 เครื่อง atomic absorption spectroscopy
- 2.15 เครื่อง GPS
- 2.16 micropipette

### 3.1.7 การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สันฐานวิทยา และสารชีวเคมี

#### 1. การวิเคราะห์สมบัติดิน

- 1.1 น้ำกลั่น
- 1.2 โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1 นอร์แมลิตี (normality; N)
- 1.3 กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 1.4 กรดซัลฟูริก 0.1 และ 1 โมลาริตี (molarity; M)
- 1.5 ออร์โทฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์ (o-phenanthroline indicator)
- 1.6 สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ; FAS) 0.5 N
- 1.7 โพแทสเซียมโครเมต ( $K_2CrO_4$ )
- 1.8 ซิลเวอร์ไนเตรท ( $AgNO_3$ ) 0.01 N
- 1.9 น้ำยาสกัด Olsen ( $0.5 M NaHCO_3$  pH 8.5)
- 1.10 สารละลายซัลฟูริกโมลิบดีเตทาร์เตรท (sulfuric molybdate tartrate solution และ Reagent A)
- 1.11 กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid)
- 1.12 น้ำยา develop (กรดแอสคอร์บิก Reagent A และกรดซัลฟูริก 0.1 M)
- 1.13 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (mg/kg) P
- 1.14 สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 M pH 7.0
- 1.15 สารละลายมาตรฐานโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก

- 1.16 สารละลาย calgon 5% (โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> 50 g และโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 8.3 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร)
- 1.17 ถุงพลาสติกและหนังยาง
- 1.18 ปากกาเคมี
- 1.19 กระบอกลึบตัวอย่างดิน (soil core)
- 1.20 เสียม
- 1.21 ตะแกรง
- 1.22 ปีกเกอร์
- 1.23 กระบอกตวง 25, 50, 100 และ 1000 ml
- 1.24 ขวดปรับปริมาตร 50, 100 และ 1000 ml
- 1.25 ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) 50 และ 250 ml
- 1.26 หลอดทดลองและชั้นวางหลอดทดลอง
- 1.27 กรวยกรอง (funnel)
- 1.28 แท่งแก้วคนสาร
- 1.29 บิวเรต
- 1.30 กระจกกรอง No. 1 และ 42
- 1.31 pH meter
- 1.32 EC meter
- 1.33 เทอร์มิเตอร์ (thermometer)
- 1.34 ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer)
- 1.35 micropipette
- 1.36 เครื่องชั่ง
- 1.37 ตู้บลูมร้อน
- 1.38 เครื่อง UV-visible spectrophotometer
- 1.39 เครื่อง atomic absorption spectroscopy (AAS)
- 1.40 เครื่อง GPS

## 2. การวิเคราะห์พื้นฐานวิทยา

- 2.1 ถุงพลาสติกและหนังยาง
- 2.2 ปากกาเคมี
- 2.3 ไม้บรรทัดหรือสายวัด
- 2.4 ปีกเกอร์

- 2.5 เครื่องชั่ง
- 2.6 ตู้บลมร้อน
- 2.7 โปรแกรมสำเร็จรูป
- 2.8 กล้องถ่ายภาพ
- 2.9 เครื่อง GPS

### 3. การวิเคราะห์สารชีวเคมี

- 3.1 อะซีโตน ( $C_3H_6O$ )
- 3.2 สารละลาย 0.1% ไฮโดรคลอริกในเอทานอล 95%
- 3.3 สารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.025 M pH 1
- 3.4 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต ( $CH_3COONa$ ) 0.4 M pH 4.5
- 3.5 เอทานอล 80%
- 3.6 สารละลายฟีนอล ( $C_6H_5OH$ ) 1%
- 3.7 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
- 3.8 สารละลายมาตรฐานกลูโคส
- 3.9 สารละลายกรดซัลโฟลิก ( $C_7H_6O_6S$ ) 3%
- 3.10 สารละลายกรดอินทรีย์ไฮดรอน ( $C_6H_6O_4$ )
- 3.11 กรดแกลเซียลแอซิดเข้มข้น (conc.  $CH_3COOH$ )
- 3.12 สารละลายกรดฟอสฟอริก 6M
- 3.13 โทลูอินเข้มข้น (conc.  $C_7H_8$ )
- 3.14 สารละลายมาตรฐานโพรีลีน
- 3.15 น้ำกลั่น
- 3.16 ถุงพลาสติกและหนังยาง
- 3.17 ปากกาเคมี
- 3.18 ปีกเกอร์
- 3.19 กระบอกตวง
- 3.20 แท่งคนสาร
- 3.21 โกร่งบดยา
- 3.22 หลอดทดลองและชั้นวางหลอดทดลอง
- 3.23 ขวดปรับปริมาตร
- 3.24 กระดาษกรอง No. 1
- 3.25 กระดาษอะลูมิเนียม

3.26 เครื่อง UV-visible spectrophotometer

3.27 ตู้แช่ 4 °C

3.28 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.29 เครื่อง GPS

3.30 micropipette

3.31 เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer)

### 3.2 วิธีการวิจัย

#### 3.2.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

1. สุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (ธวัชชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
2. นำกระต่ายจามที่ได้จากภาคสนามมาทำพรรณไม้แห้งและทำการดองด้วยเอทานอล 70% และเก็บไว้ในตู้เย็น
3. ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจาม แล้วบันทึกภาพในส่วนของ ลำต้น ใบ ดอกและผล ด้วยกล้องถ่ายภาพและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโออียี่ห้อ Olympus รุ่น SZX7
4. นำลักษณะที่พบไปเปรียบเทียบกับรูปพรรณและเอกสารที่เกี่ยวข้องของ ราชบัณฑิตยสถาน (2541) Jayaweera (1982) Santisuk & Larsen (1990) World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) และ Wu & Raven (1998)

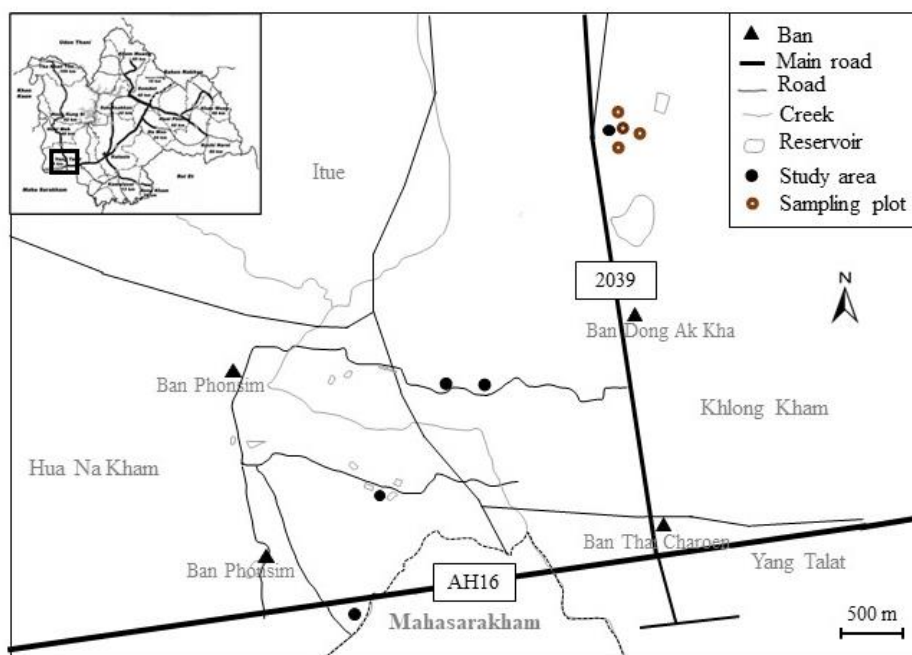
#### 3.2.2 การศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวหนังเบื้องต้น

1. สุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (ธวัชชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
2. นำใบกระต่ายจามไปรักษาสภาพด้วยเอทานอล 70% อย่างน้อย 24 ชั่วโมงและเก็บไว้ในตู้เย็น
3. นำตัวอย่างใบพืชสดและที่รักษาสภาพไว้ในเอทานอล 70% การลอกผิวหนังด้วยใบมีดโกน โดยใช้ใบมีดโกนชุดผิวหนังด้านที่ไม่ต้องการออก
4. นำชิ้นตัวอย่างมาแช่ในเอทานอล 70% เป็นเวลา 5-10 นาที แล้วนำมาข้อมด้วย สีฟารานิน 1% 2-3 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยเอทานอล 70% ดึงน้ำออกจากชิ้นตัวอย่าง โดยแช่ในเอทานอลที่มีความเข้มข้น 70%, 95%, 100% และเอทานอล 100% ผสมไซลีนในอัตราส่วน 1:1 ขึ้นตอนละ 5 นาที ตามลำดับ แล้วนำชิ้นตัวอย่าง



แช่ในโซลีน 5 นาที และพ่นิกส์ไลต์ (จิตาภา พรหมสิงห์ และคณะ, 2559; ลัดดาวัลย์ พะวร และคณะ, 2552)

- นำสไลด์ตัวอย่างไปบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ compound ยี่ห้อ Leica รุ่น DM750 และนำภาพวิทยาศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวไปเปรียบเทียบกับเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อัจฉรา ธรรมถาวร (2535) เทียมใจ คมกฤส (2542) จิตาภา พรหมสิงห์ และคณะ (2559) ลัดดาวัลย์ พะวร และคณะ (2012) Bahadar et al. (2018) Butt et al. (2021) และ Werke et al. (1993)



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่าง 5 สถานที่ และ 4 จุดเก็บตัวอย่างที่มา : ดัดแปลงจาก Kost et al. (2011)

### 3.2.3 การศึกษาวัฏจักรชีวิต

- สุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (อวัชชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
- ศึกษาวัฏจักรชีวิตในภาคสนามเดือนละ 2-4 ครั้ง/สัปดาห์ ทำการจดบันทึกระยะการเจริญเติบโตในช่วงเวลานั้นๆ และบันทึกภาพ ทำการศึกษาตั้งแต่มีถุนายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

### 3.2.4 การศึกษานิเวศวิทยา

1. สุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (รั้วชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
2. ศึกษานิเวศวิทยาในภาคสนามในช่วงฤดูกาลเกิดของกระต่ายจาม ทำการบันทึกข้อมูลและบันทึกภาพนิเวศวิทยา ทำการศึกษาตั้งแต่มีถุนายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

### 3.2.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

1. สุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (รั้วชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
2. นำตัวอย่างกระต่ายจามมาล้างทำความสะอาดทั้งตัว รือให้สะอาดแล้วแยกส่วนเป็นราก ลำต้น ใบและผล นำเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 °C จนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียดแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
3. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วของราก ลำต้น ใบและผล 10 g นำมาสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยซอกซ์เลต (วิภาวรรณ นีละพงษ์ และคณะ, 2561) โดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำกลั่นและเอทานอล 80% ปริมาตร 250 ml
4. นำสารสกัดที่ได้มากรอง แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยระบบสูญญากาศและอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ แล้วเก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C
5. นำสารสกัดมาทดสอบสารพิษเคมี 8 วิธี 10 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก คูมารินส์ แอลคาลอยด์ ซาโปนิน สเตียรอยด์ แทนนิน ไทรเทอร์พีนอยด์ แอนทราควิโนน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสี การเกิดฟอง และการตกตะกอนเพื่อใช้ในการตรวจสอบ (ตารางที่ 3.1)

พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 3.1 วิธีการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

No.	Phytoconstituents	Test	Observation	References
1	Flavonoids (Alkaline Reagent test)	2 ml extract + 5 drops 5% NaOH	deep-yellow coloration	Tiwari et al. (2011) Rahman et al. (2018) Kancherla et al. (2019)
2	Phenolics and Tannins (Ferric Chloride test)	2 ml extract + 2ml H <sub>2</sub> O + 5 drops FeCl <sub>3</sub> 5%	bluish - black coloration or green precipitate	Tiwari et al. (2011) Rahman et al. (2018)
3	Alkaloids (Wagner's test)	2 ml extract + 1 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10% + 5 drops Wagner's reagent	brown or reddish precipitate	Tiwari et al. (2011) Iqbal et al. (2015)
4	Coumarin	2ml extract + 3ml NaOH 10%	yellow coloration	Yadav et al. (2014)
5	Saponins (Foam test)	5 ml extract + 5 ml H <sub>2</sub> O + heat	froth appears	Yadav et al. (2014)
6	Steroids and Terpenoids (Salkowski test)	2 ml extract + 2 ml CHCl <sub>3</sub> + 2ml conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reddish brown coloration at the interface	Ayoola et al. (2008) Iqbal et al. (2015)
7	Anthraquinone (Borntrager's test)	3 ml extract + 3 ml CHCl <sub>3</sub> + 5 ml NH <sub>3</sub> 10%	pink, violet and red coloration in ammoniacal layer	Hwa et al. (2019) Yadav et al. (2014)
8	Cardiac glycosides (Keller-Killiani test)	2ml extract + 2ml CH <sub>3</sub> COOH + 5 drops FeCl <sub>3</sub> 5% + 0.5 ml conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	formation of brown ring at the interface	Ayoola et al. (2008) Iqbal et al. (2015)

### 3.2.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ

1. สุ่มเก็บตัวอย่างดินและพืชในจุดเดียวกันแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (ธวัชชัย วรพงศธร, 2561) จาก 1 สถานที่ และต้องมีนิเวศวิทยาใกล้เคียงกัน โดยเลือกกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับไม่เค็มและในระดับเค็ม ระดับละ 2 จุดเก็บ (ภาพที่ 3.1) และจับพิกัด GPS
2. เก็บตัวอย่างดินและพืชในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม) โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 5×5 เมตร (m) และเก็บตัวอย่างดินและพืชกระจายทั่วแปลงเก็บตัวอย่าง
  - 2.1 การเก็บตัวอย่างดินจะใช้การเก็บแบบรบกวนโครงสร้างของดิน โดยจะกวาดเศษพืชหรือวัสดุที่ผิวดินออก ขุดหลุมเป็นรูปวีให้ลึกในแนวตั้งประมาณ 15 cm แล้วชะเอาดินด้านหนึ่งหนาประมาณ 2-3 cm จากปากถึงก้นหลุม นำดินที่ได้มาคลุกเคล้าให้เข้ากันแผ่ให้เป็นรูปวงกลมแล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่ากัน เก็บดินมาเพียง 1 ส่วน น้ำหนักประมาณ 500 g ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก)
  - 2.2 ตัวอย่างพืชที่เก็บจะเป็นต้นที่เจริญในระยะแก่และการร่วงในช่วงฤดูแล้ง ทำการเก็บทั้งต้นแล้วใช้ถุงคลุมแยกส่วนลำต้นเหนือดินและส่วนลำต้นใต้ดิน
3. การเตรียมตัวอย่างดินจะแบ่งดินไปหาความชื้นและผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้งสนิทแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและแห้ง และตัวอย่างพืชจะนำแปลงมาปิดทำความสะอาด แล้วนำเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 °C จนแห้งสนิท แล้วนำมาบดให้ละเอียดแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและแห้ง
4. การวิเคราะห์สมบัติดิน
  - 4.1 ค่าการนำไฟฟ้า นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ซั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ml คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน 30 นาที แล้วจึงวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินในส่วนที่เป็นน้ำใสด้วย EC meter แล้วนำไปคำนวณหาค่า EC extract (ECe) จากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

พหุ ประถมศึกษา

$$EC_{25} = \frac{EC_t}{[1+0.02 \times (t-25)]}$$

เมื่อ  $EC_{25}$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C

$EC_t$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ที่อุณหภูมิ t °C

t = อุณหภูมิ (°C)

4.2 ความชื้นดิน (soil moisture) ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ปิกรเกอร์ เก็บน้ำหนักก่อนอบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70-80 °C จนกระทั่งดินแห้งสนิทหรือน้ำหนักดินคงที่ นำตัวอย่างไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งเก็บน้ำหนักหลังอบแล้ว ชั่งน้ำหนักของปิกรเกอร์ และนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณความชื้น จากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(W_s - W_c) - (W_a - W_c)}{(W_a - W_c)} \times 100$$

เมื่อ  $W_s$  = น้ำหนักรวมก่อนอบ (g)

$W_a$  = น้ำหนักรวมหลังอบ (g)

$W_c$  = น้ำหนักภาชนะ (g)

4.3 ความเป็นกรด - ด่าง นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ในปิกรเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ml คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน 30 นาที แล้ววัดความเป็นกรด - ด่างตรงส่วนใสของน้ำด้วย pH meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียมและเหล็กในดิน นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml เติมน้ำละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 M ปริมาตร 50 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ No.42 ล้างตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1M ทีละน้อยๆ จนได้ปริมาตรเกือบ 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณเป็นหน่วย กรัม/กิโลกรัม (g/kg) หรือ mg/kg (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

5. การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียมและเหล็กในพืช โดยชั่งราก ลำต้น ใบและดอก อย่างละ 0.2 g ลงในหลอดย่อยตัวอย่างแล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นอัตราส่วน 10:5:5 ml ตามลำดับ แล้วนำเข้าเครื่องย่อยที่วางอยู่ในตู้ดูดควัน ซึ่งเริ่มจากใช้อุณหภูมิ 150 °C 1-2 ชั่วโมง และเพิ่มเป็น 200 °C ย่อยต่อจนได้สารละลายใส วางไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณเป็นหน่วย g/kg หรือ mg/kg (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2544)

### 3.2.7 การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมี

1. สุ่มเก็บตัวอย่างดินและพืชแบบไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือก ตัวอย่างแบบเจาะจง (ธวัชชัย วรพงศธร, 2561) ที่พบกระต่ายจาม (ภาพที่ 3.2) โดยประเมินระดับความเค็มเบื้องต้นจากการปรากฏคราบเกลือบนผิวดิน (พิชัย วิชัยดิษฐ, 2540) และจับพิกัด GPS ในพื้นที่ดินเค็มตำบลคลองขามและห้วยนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ (ตารางที่ 3.2)
2. เก็บตัวอย่างดินและพืช 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (กันยายน พ.ศ. 2564) และฤดูแล้ง (ธันวาคม พ.ศ. 2564) โดยวางแปลงตัวอย่างขนาด 5×5 m แล้วเก็บตัวอย่างพืชและดินกระจายทั่วบริเวณ
  - 2.1 การเก็บตัวอย่างดินมี 2 วิธี ได้แก่ การเก็บแบบไม่รบกวนโครงสร้างของดินที่ใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน จุดเก็บตัวอย่างละ 3 จุด และการเก็บแบบรบกวนโครงสร้างของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก) ให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 กรัม ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง
  - 2.2 การเก็บตัวอย่างพืชที่เก็บจะเป็นต้นที่เจริญเต็มที่และเก็บทั้งต้นไว้ในถุงสีดำแล้วปิดปากให้สนิท
3. การเตรียมตัวอย่างดินจะนำไปหาความชื้นและผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้งสนิทแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและแห้ง และตัวอย่างพืชทำการทดลองทันทีหรือเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C

#### 4. การวิเคราะห์สมบัติดิน

4.1 ความชื้นดินและความหนาแน่นรวมของดิน นำกระบอกพร้อมตัวอย่างดินจากภาคสนามไปชั่งเก็บน้ำหนักก่อนอบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70-80 °C จนกระทั่งดินแห้งสนิทหรือน้ำหนักดินคงที่ ทิ้งตัวอย่างไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งเก็บน้ำหนักหลังอบแล้วชั่งน้ำหนักของกระบอกเก็บดิน และนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณความชื้นและความหนาแน่นรวมของดิน จากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(W_s - W_c) - (W_a - W_c)}{(W_a - W_c)} \times 100$$

เมื่อ  $W_s$  = น้ำหนักรวมก่อนอบ (g)

$W_a$  = น้ำหนักรวมหลังอบ (g)

$W_c$  = น้ำหนักกระบอกเก็บตัวอย่าง (g)

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน (g/cm}^3\text{)} = \frac{W_d}{V}$$

เมื่อ  $W_d$  = น้ำหนักดินอบแห้ง (g)

$V$  = ปริมาตรภายในของกระบอก (ลูกบาศก์เซนติเมตร; cm<sup>3</sup>)

4.2 ความเป็นกรด-ด่าง นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ml คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน 30 นาที แล้ววัดความเป็นกรด-ด่างตรงส่วนใสของน้ำด้วย pH meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

4.3 ค่าการนำไฟฟ้า นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 ml คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน 30 นาที แล้วจึงวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินในส่วนที่เป็นน้ำใสด้วย EC meter แล้วนำไปคำนวณหาค่า EC extract (EC<sub>e</sub>) จากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)



$$EC_{25} = \frac{EC_t}{[1+0.02 \times (t-25)]}$$

เมื่อ  $EC_{25}$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C

$EC_t$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ที่อุณหภูมิ t °C

t = อุณหภูมิ (°C)

4.4 อินทรีย์วัตถุของดิน (organic matter; OM) นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ซึ่งตัวอย่างดิน 1 g ใส่ขวดชมพูขนาด 250 ml เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 1 N ปริมาตร 10 ml แล้วค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 20 ml เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะติดอยู่ตามข้างขวด เขย่าเบาๆ ให้ตัวอย่างเข้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 ml แลวทิ้งไว้ให้เย็น หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟenantโรลีน 5 หยด และไทเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5 N ที่จุดยุติสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลม่วง ส่วน blank ให้เริ่มจากเติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 1 N จนถึงการไทเตรท แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอินทรีย์วัตถุของดินจากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

$$\% \text{ อินทรีย์วัตถุ} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W}$$

เมื่อ B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเตรท blank (ml)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเตรทตัวอย่าง (ml)

W = น้ำหนักดิน (g)

N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต (N)

4.5 ปริมาณคลอไรด์ ด้วยวิธี Mohr's นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรงซึ่งดิน 10 g ใส่ขวดชมพูขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ No. 1 ตวงสารละลายตัวอย่าง 25 ml ใส่ในขวดชมพู เติมอินดิเคเตอร์สารละลายโพแทสเซียมโครเมต 1% ปริมาตร 1 ml แล้วนำไปไทเตรทด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท 0.01 N จนกระทั่งเกิดตะกอนสีแดง ส่วน blank ให้ใช้น้ำกลั่น แล้วคำนวณปริมาณคลอไรด์ได้จากสูตร (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2544)

$$\text{ปริมาณคลอไรด์ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 35450}{V}$$

เมื่อ A = ปริมาตรสารซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาตรสารซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้ไทเทรต blank (ml)

N = ความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้ไทเทรต (N)

V = ปริมาตรตัวอย่าง (ml)

4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus; avail. P) ด้วยวิธีน้ำยาสกัด Olsen นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 1 g ใส่ขวดรูปชมพูนขนาด 50 ml เติมน้ำยาสกัด Olsen ปริมาตร 10 ml เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.1 เปิดสารละลายดินที่สกัดได้มา 1 ส่วน ต่อ working solution 6 ส่วน ลงในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที และนำสารละลายไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร ส่วน blank และชุดของสารละลายมาตรฐานให้เริ่มจากการเติม working solution ในอัตราส่วน 1: 16 แล้วคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)} = \frac{B \times DF(\text{sample}) \times X}{A \times DF(\text{standard})}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = น้ำยาสกัด (ml)

X = ค่าที่อ่านได้เมื่อเทียบกับ standard set

DF = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

4.7 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียมและเหล็ก นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ชั่งตัวอย่างดิน 5 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml เติมน้ำยาละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1-M pH 7.0 ปริมาตร 50 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ No.42 ล้างตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1M ทีละน้อยจนได้ปริมาตรเกือบ 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณเป็นหน่วย g/kg หรือ mg/kg (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

4.8 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินและเนื้อดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร้อนผ่านตะแกรง ซึ่งตัวอย่างดิน 10 g นำไปอบเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน และชั่งตัวอย่างดิน 50 g เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 200 ml และสารละลาย calgon 5% ปริมาตร 100 ml คนให้เข้ากันแล้ว วางทิ้งไว้ข้ามคืน หลังจากนั้นคนให้เข้ากันหรือทำการกระจายอนุภาคดินด้วยเครื่องกระจายอนุภาคเป็นเวลา 5 นาที เทตัวอย่างลงในกระบอกตวง 1000 ml แล้วปรับ ปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นคว่ำ – หายกระบอกตวงอย่างน้อย 10 ครั้ง ให้เข้ากัน แล้วอ่านค่าไฮโดรมิเตอร์ที่ 50 วินาที และ 2 ชั่วโมง พร้อมบันทึกอุณหภูมิของ สารละลายในกระบอกตวง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคขนาดดินทราย ดินทรายแป้งและดินเหนียว และทำ blank โดยใช้สารละลาย calgon 5% ปริมาตร 100 ml แทนตัวอย่าง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก)

5. การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาจะมีการคัดเลือกตัวอย่างกระต่ายจามที่ใช้ศึกษาต้องมี ความสูงของลำต้นประมาณ  $30 \pm 5$  cm แล้วทำการนับจำนวนใบและจำนวนดอกต่อ ต้น แล้วนำตัวอย่างไปซึ่งเก็บน้ำหนักก่อนอบที่อุณหภูมิ  $70-80$  °C จนกระทั่งแห้งสนิทหรือน้ำหนักคงที่ ทิ้งตัวอย่างไว้ให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปซึ่ง เก็บน้ำหนักหลังอบ สามารถคำนวณความชื้นของต้นและมวลชีวภาพ จากสูตร (จุฬาลักษณ์ ขวัญเจริญศรี และ, 2556)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(W_s - W_c) - (W_a - W_c)}{(W_a - W_c)} \times 100$$

เมื่อ  $W_s$  = น้ำหนักรวมก่อนอบ (g)

$W_a$  = น้ำหนักรวมหลังอบ (g)

$W_c$  = น้ำหนักกระบอกเก็บตัวอย่าง (g)

$$\text{มวลชีวภาพ (g)} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{\text{ความชื้น (\%)} + 100}$$

พจนานุกรมศัพท์ชีวเว

การทำพื้นที่ใบโดยประมาณ ดัดแปลงมาจากวิธีใช้กระดาษกราฟ โดยการบันทึกภาพใบในตำแหน่งที่ 2-4 นับจากยอด พร้อมสเกล 1.00×1.00 ตารางเซนติเมตร (cm<sup>2</sup>) และสเกล 5 cm นำเข้าโปรแกรมแล้วสร้างตารางที่มีขนาด 1×1 cm<sup>2</sup> เท่ากับสเกลภาพ พื้นที่ใบโดยประมาณจะได้ออกมาจากการนับช่องบนตารางแต่ละช่อง ที่มีหน่วยเป็น cm<sup>2</sup> ส่วนความยาวและความกว้างใบวัดจากสเกล 5 cm มีหน่วยเป็น cm

#### 6. การวิเคราะห์สารชีวเคมี

6.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ด้วยวิธีของ Lichtenthaler (1987) และ Shabala et al. (1998) โดยตัดตัวอย่างใบสดเป็นชิ้นเล็กแล้วชั่งมา 100 mg ใส่ในหลอดทดลองที่หุ้มด้วยกระดาษอลูมิเนียม เติมน้ำอะซิโตนปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากัน ปิดปากหลอดให้สนิท นำเก็บไว้ในตู้เย็น 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง แล้วนำสารสกัดไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 662, 644 และ 470 นาโนเมตร ส่วน blank ใช้เป็นอะซิโตน 80% และนำมาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll A) คลอโรฟิลล์บี (chlorophyll B) คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll) และแคโรทีนอยด์ หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร (mg/l) จากสูตร และคำนวณเป็นหน่วย มิลลิกรัม/กรัม (mg/g)

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ } a \text{ (mg/l)} = 9.784D_{662} - 0.99D_{644}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ } b \text{ (mg/l)} = 21.42D_{644} - 4.65D_{662}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/l)} = \text{Chl } a + \text{Chl } b$$

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/l)} = \frac{1000D_{470} - 1.90\text{Chl } a - 63.14\text{Chl } b}{214}$$

เมื่อ D = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น

6.2 ปริมาณแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ดัดแปลงมาจาก Mancinelli (1990) และ Wroistad (1976) ด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-differential method) โดยตัดตัวอย่างใบพืชสดเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยโกร่งพอลิเอทิลีน เทฟล่อน 500 mg ใส่หลอดทดลองที่หุ้มด้วยกระดาษอลูมิเนียม เติมน้ำละลายไฮโดรคลอริก 0.1 % ในเอทานอล ปริมาตร 3 ml เขย่าให้เข้ากัน ปิดปากหลอดให้สนิท นำเก็บไว้ในตู้เย็น 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง นำสารสกัดที่ได้ใส่ในหลอด

ทดลอง 2 หลอด หลอดที่ 1 เดิมสารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.025 M pH 1.0 และหลอดที่ 2 เดิมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตด 0.4 M pH 4.5 ในอัตราส่วน 1:5 ตั้งทิ้งไว้ที่มีดในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ส่วน blank ใช้เป็นน้ำกลั่น และคำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน หน่วยเป็น mg/L จากสูตร และคำนวณเป็นหน่วยไมโครกรัม/กรัม ( $\mu\text{g/g}$ )

$$\text{แอนโทไซยานิน (mg/L)} = \frac{D \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

เมื่อ  $D = (D_{520} - D_{700}) \text{ pH } 1.0 - (D_{520} - D_{700}) \text{ pH } 4.5$

MW = ค่ามวลโมเลกุลของแอนโทไซยานิน ในที่นี้ใช้มวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 499.2 กรัมต่อโมล

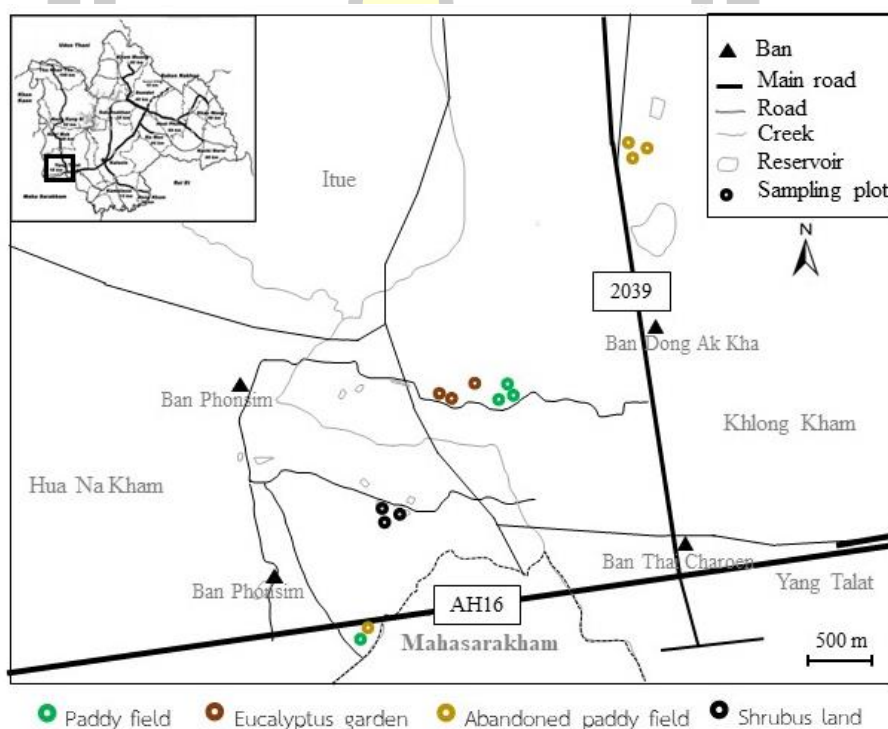
DF = Dilution factor

$\epsilon$  = โมลาร์แอบซอร์บติวิตี ในที่นี้ใช้ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0 มีค่าเท่ากับค่าของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 26,900 ลิตรต่อโมลต่อเซนติเมตร

$l$  = ขนาดความกว้างของคิวเวต (เซนติเมตร) ที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสง

6.3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ด้วยวิธี phenol sulfuric acid ดัดแปลงมาจาก DuBois et al. (1956) โดยตัดตัวอย่างใบพืชสดเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยโกร่งพอเซลล์แตก แล้วชั่งมา 5 g ใส่บีกเกอร์ 100 ml เติมหาทานอล 80% ปริมาตร 45 ml ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นเอาออกมาพักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ กรองและปรับปริมาตรเป็น 100 ml แล้วเตรียมสารละลายมาตรฐานจากกลูโคส หลังจากนั้นบีเปตสารสกัดมาหรือสารละลายมาตรฐานกลูโคส 2 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายฟีนอล 1% ปริมาตร 1 ml และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 5 ml นำไป vortex และต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 80-100 °C 10 นาที เมื่อครบนำออกมาพักไว้ให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร ส่วน blank ใช้เป็นน้ำกลั่น และเริ่มจากขั้นตอนเดิมสารละลายฟีนอล 1% นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณเป็นหน่วย  $\mu\text{g/g}$

6.4 ปริมาณโพรลีน (proline) ด้วยวิธีของ Bates et al. (1973) โดยตัดตัวอย่างใบพืชสดเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยโกร่ง ชั่งมา 500 mg เติมสารละลายกรดซัลโฟซาลิซิลิก 3% ปริมาตร 10 ml เขย่าแล้วตั้งไว้ 30 นาที นำมากรองด้วยกระดาษกรอง ปิดเตาสารสกัดมา 2 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติมกรดแกลเลียมแอซีติกเข้มข้นและสารละลายกรดนิโคตินิก (ซึ่งนิโคตินิก 1.25 g ละลายในเติมกรดแกลเลียมแอซีติกเข้มข้น ปริมาตร 30 ml และสารละลายกรดฟอสฟอริก 6M ปริมาตร 20 ml แล้วนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ) ปริมาตร 2 ml เขย่าให้สารละลายเข้ากันแล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90-100 °C 1 ชั่วโมง แล้วหยุดปฏิกิริยาในอ่างน้ำแข็ง นำออกมาให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากับอุณหภูมิห้อง เติมโทลูอีนเข้มข้น ปริมาตร 4 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น แล้วนำส่วนสีแดงด้านบนไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ส่วน blank ใช้เป็น โทลูอีนและนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน



ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่าง 4 นิเวศวิทยา

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kost et al. (2011)



ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างดินและพืช 14 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

Study area	Sampling plot	GPS	%Salt on soil surface	Topographic
Paddy field	1	16°23'27.1"N 103°16'42.9"E	<1%	Plain
	2	16°24'19.1"N 103°17'10.6"E	<1%	Lowland
	3	16°24'19.1"N 103°17'10.6"E	<1%	Lowland
	4	16°24'19.1"N 103°17'10.6"E	<1%	Lowland
Eucalyptus garden	1	16°24'18.4"N 103°16'55.7"E	1-10%	Lowland
	2	16°24'18.4"N 103°16'55.7"E	1-10%	Lowland
	3	16°24'19.1"N 103°17'10.6"E	1-10%	Plain
Abandoned paddy field	1	16°23'27.1"N 103°16'42.9"E	<1%	Plain
	2	16°41'68.1"N 103°29'51.2"E	<1%	Lowland
	3	16°41'68.1"N 103°29'51.2"E	<1%	Lowland
	4	16°41'68.1"N 103°29'51.2"E	<1%	Plain
Shrubus land	1	16°23'52.4"N 103°16'46.5"E	1-10%	Plain
	2	16°23'52.4"N 103°16'46.5"E	1-10%	Lowland
	3	16°23'52.4"N 103°16'46.5"E	1-10%	Plain

### 3.2.8 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในกระต่ายจามทุกการทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) โดยทดสอบสถิติ t-test ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 กลุ่ม และ one way ANOVA ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนตั้งแต่ 3 กลุ่ม เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value < 0.05) ส่วนการศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็มทุกการทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทดสอบสถิติ t-test ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 กลุ่ม และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแบบองค์ประกอบหลักเชิงสำรวจหรือปัจจัยแบบ principal component analysis (PCA)



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษากระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็มตำบลคลองขามและหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวหนังเบื้องต้น วัฏจักรชีวิต นิเวศวิทยา การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ และอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมี ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 มีผลการศึกษาดังนี้

#### 4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม

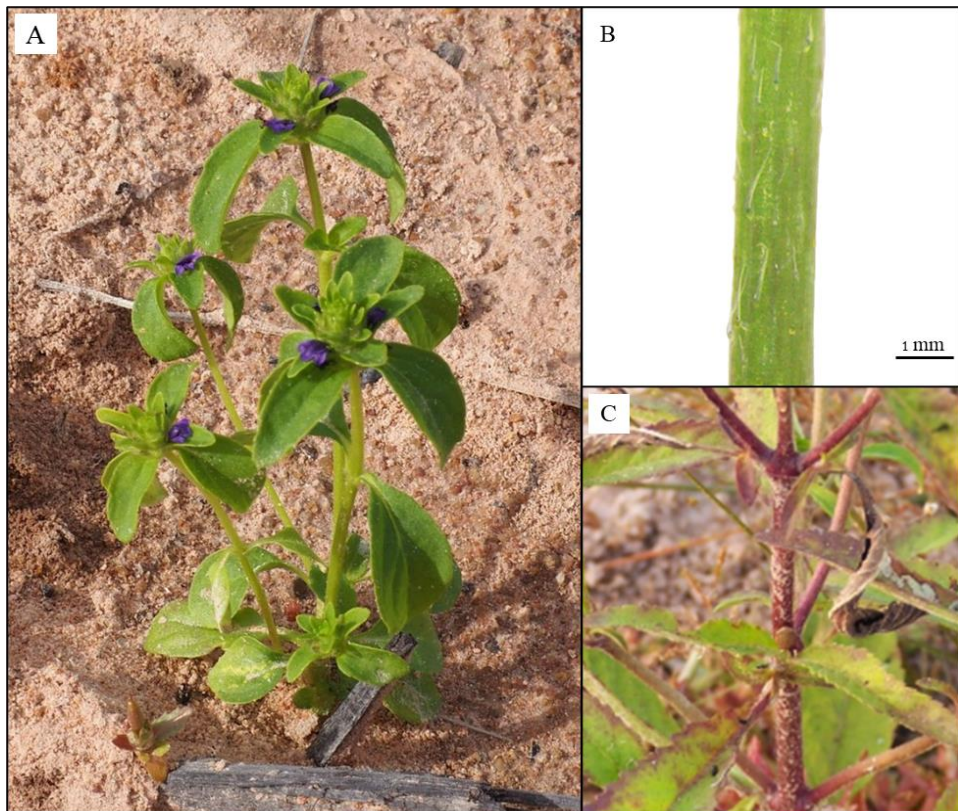
ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม 5 สถานที่ 4 นิเวศวิทยา พบว่า กระต่ายจามมีลักษณะวิสัยเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุปีเดียว โดยพบมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้น ใบ ดอกและผล มีรายละเอียดดังนี้

##### 4.1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้น

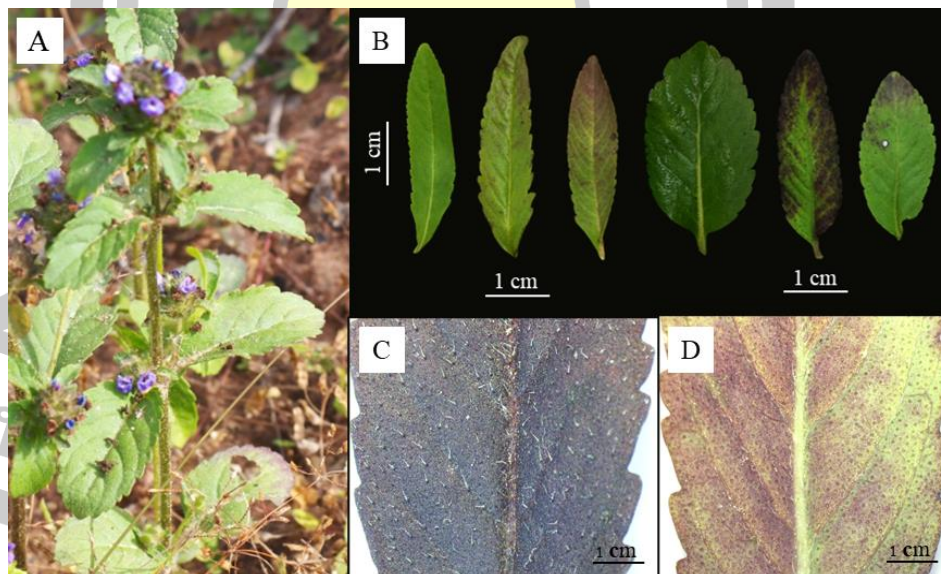
ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง พบทั้งลำต้นไม่มีการแตกกิ่งและมีการแตกกิ่งมาก ลำต้นมีความสูงตั้งแต่ 1.00-60.00 cm มีสิ่งปกคลุม (indumentum) เป็นขนหยาบแข็ง (hirsute) สีขาวปกคลุมทั่วลำต้น มีลักษณะเป็นเซลล์ขน (hair cells) หลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดี่ยว (multicellular uniseriate hair) มีขนต่อม (glandular hair) สีเหลืองปกคลุมทั่วลำต้น ลำต้นมีสีเขียว ม่วงและแดง และลำต้นมีกลิ่นคล้ายการบูร (ภาพที่ 4.1)

##### 4.1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ

ใบเป็นใบเดี่ยว มีการจัดเรียงใบแบบตรงกันข้าม (opposite) ก้านใบยาว 0.20-1.00 cm ใบมีรูปร่างรูปไข่ (ovate) หรือรูปขอบขนาน (oblong) กว้าง 0.50-2.50 cm ยาว 1.00-5.80 cm ปลายใบแหลม (acute) หรือมน (obtuse) โคนใบสอบเรียว (attenuate) ขอบใบแบบจักฟันเลื่อย (serrate) เนื้อใบคล้ายกระดาษ (chartaceous) ผิวใบ (epidermal) มีสิ่งปกคลุมเป็นขนหยาบแข็งสีขาว มีลักษณะเป็นเซลล์ขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดี่ยวกระจายทั่วผิวใบด้านบนและกระจายตามเส้นใบผิวใบด้านล่าง มีขนต่อมสีเหลืองกระจายบนผิวใบด้านล่าง ใบมีรังควันสีเขียว ม่วงและแดง โดยตรงควันสีม่วงและแดงจะพบมากบริเวณขอบใบของผิวใบด้านบน ตำแหน่งที่ 2-4 นับจากยอด และใบมีกลิ่นคล้ายการบูร (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้นกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (A) ลักษณะลำต้น (B) ขนและขนต่อม และ (C) สีบนลำต้น



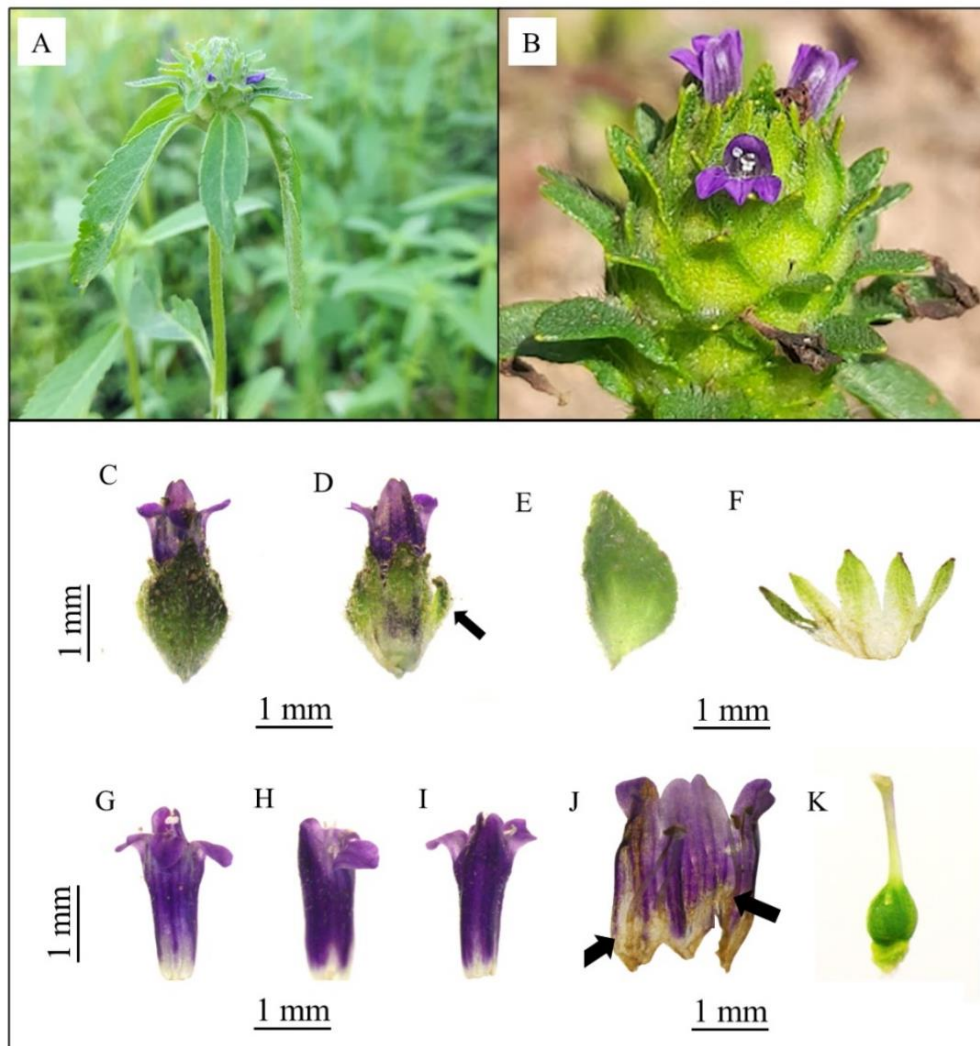
ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (A) การเรียงตัวของใบ (B) รูปร่างแผ่นใบ (C) เซลล์ขนบนผิวใบด้านบน และ (D) เซลล์ขนและขนต่อมบนผิวใบด้านล่าง

#### 4.1.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอก

ช่อดอกออกบริเวณปลายกิ่งและปลายยอด (inflorescences terminal) มีลักษณะเป็นช่อดอกแบบกระจุกแน่น (head) มีดอกขนาดเล็กออกบนช่อดอกจำนวนมาก ดอกที่อยู่ด้านล่างจะบานก่อนดอกที่อยู่ด้านบนคล้ายกับช่อดอกแบบช่อเชิงลด (spike) ก้านช่อดอกยาว 0.30-14.00 cm มีเซลล์ขนสีขาวที่มีลักษณะเป็นขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว มีขนต่อมสีเหลืองปกคลุมและมีกลิ่นคล้ายการบูร บริเวณฐานช่อดอกมีใบหรือลักษณะคล้ายใบเรียงซ้อนกัน 2-16 ใบ มีเซลล์ขนสีขาวที่มีลักษณะเป็นขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว มีขนต่อมสีเหลืองปกคลุมและมีกลิ่นคล้ายการบูร ใบประดับโอบรอบดอกย่อยแต่ละดอก จึงมองเห็นใบประดับเรียงซ้อนกันเป็นแถวคล้ายเกล็ดปลารอบแกนกลางช่อดอก (rachis) มีเซลล์ขนสีขาวที่มีลักษณะเป็นขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว มีขนต่อมสีเหลืองปกคลุมและมีกลิ่นคล้ายการบูร ใบประดับย่อย (bracteoles) มีขนาดเล็ก 2 ใบ ประกบอยู่ด้านข้างดอกย่อย บริเวณโคนใบประดับย่อยมีสีขาวใสส่วนปลายมีสีเขียว ม่วง และแดง มีเซลล์ขนสีขาวที่มีลักษณะเป็นขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว มีขนต่อมสีเหลืองปกคลุมและมีกลิ่นคล้ายการบูร กลีบเลี้ยง (sepal) บริเวณโคนจะเชื่อมติดกันเป็นหลอด ส่วนปลายแยกเป็น 5 แฉก มีเส้นกลางแฉก ส่วนโคนกลีบเลี้ยงมีสีขาวใส ส่วนปลายมีสีเขียว ม่วง และแดง มีเซลล์ขนสีขาวที่มีลักษณะเป็นขนหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว มีขนต่อมสีเหลืองปกคลุมและมีกลิ่นคล้ายการบูร ดอกมีขนาดเล็ก ก้านดอกสั้นเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) มีสมมาตรแบบด้านข้าง (bilateral symmetry) รูปดอกเป็นรูปปากเปิด (bilabiate form) มีแฉกกลีบดอกแยกออกเป็นกลีบปากบน (upper lip) 2 แฉก และกลีบปากล่าง (lower lip) 3 แฉก กลีบดอกมีสีม่วงจนถึงน้ำเงิน มีเกสรเพศผู้มี 4 อัน และ 2 คู่ ยาวไม่เท่ากัน โคนก้านชูอับเรณูเชื่อมติดบริเวณโคนกลีบดอกมีการติดของก้านชูอับเรณูกับอับเรณูตรงกลาง (versatile) และมีเกสรเพศเมีย 1 อัน ก้านชูเกสรเพศเมียบริเวณโคนและปลายจะกว้างมากกว่าบริเวณตรงกลาง ยอดเกสรเพศเมียจะพองออกคล้ายปากกรวยมีสีขาวถึงใสและรังไข่มีสีเขียวอยู่เหนือวงกลีบดอก (superior ovary) (ภาพที่ 4.3)

พญ. ปณ. ทิ. โต ชี. เว



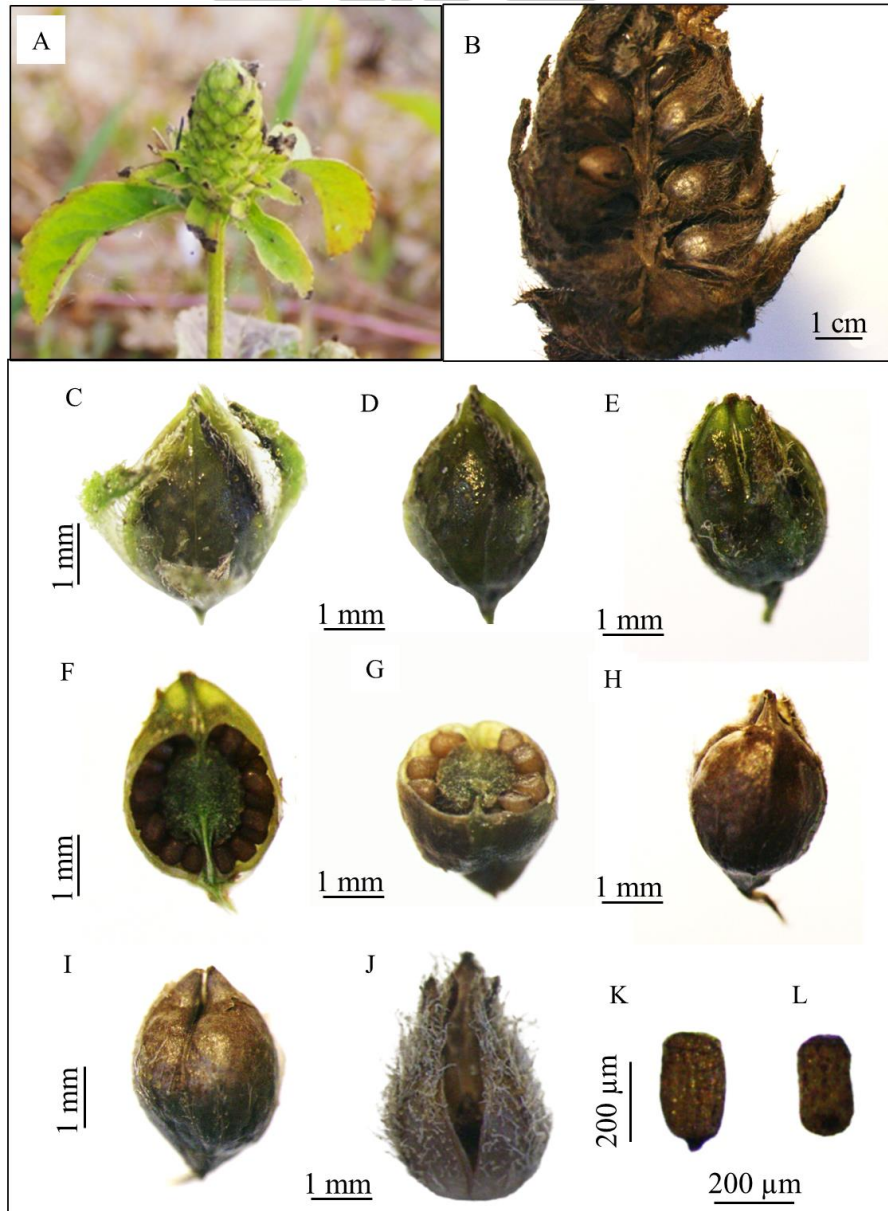


ภาพที่ 4.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของช่อดอกและดอกกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (A)-(B) ช่อดอก (C) ดอกย่อย (D) ใบประดับย่อย (E) ใบประดับ (F) กลีบเลี้ยง (G)-(J) กลีบดอกกับเกสรเพศผู้ และ (K) เกสรเพศเมียกับรังไข่

#### 4.1.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผล

ผลเป็นผลเดี่ยวที่พัฒนามาจากรังไข่ของดอกย่อยแต่ละดอก โดยมีใบประดับและใบประดับย่อยยังติดอยู่ จึงมองเห็นใบประดับโอบรอบผลเรียงซ้อนกันเป็นแถวหรือวงคล้ายเกล็ดปลารอบแกนกลางช่อดอกเป็นรูปทรงกลมหรือทรงกระบอกมีความยาว 0.50-4.50 cm ผลอ่อนมีสีเขียว รูปทรงรูปไข่ ปลายเรียว ขั้วผลสั้น โดยด้านหน้ามีเส้นตรงกลางด้านข้างของผลมีร่องตรงกลางไปถึงปลายของผล การเรียงของพลาเซนตา (placentation) แบบรอบแกนร่วม (axile placentation) ที่ภายในรังไข่มีผนังกัน (septum) เป็น 2 ช่องหรือ 2 คาร์เพล (carpel) ออวูลจะอยู่ภายในช่องว่างของรังไข่และติดที่แกนกลาง ผลแก่มีสีน้ำตาล รูปทรงรูปไข่ ปลายเรียว เป็นแบบผลแก่แห้งที่ไม่มีเนื้อ ผลอยู่ในกลุ่มผลแห้งแตก

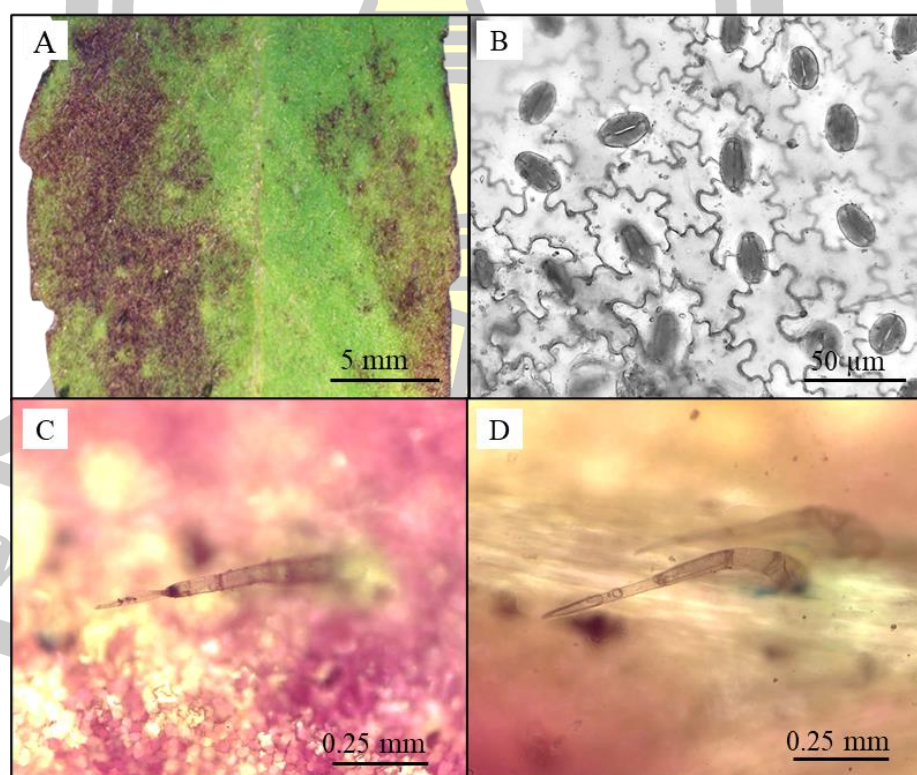
กลางพู่ (loculicidal capsule) และเมล็ด (seed) มีขนาดเล็กกรูปร่างหรือทรงรีอยู่ภายในผล มีประมาณ 80-200 เมล็ดต่อผล โดยเมล็ดที่อยู่ในผลอ่อนระยะเริ่มแรกมีสีขาวใสแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล ส่วนเมล็ดที่อยู่ในผลแก่แห้งจะมีสีน้ำตาล (ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 ลักษณะผลของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (A)-(B) ช่อดอกที่มีผลพัฒนาอยู่ (C)-(E) การพัฒนาการของผลอ่อน (F)-(G) การจัดเรียงของพลาเซนตาที่ตัดตามยาวและตัดตามขวาง (H)-(J) พัฒนาการของผลแก่ และ (K)-(L) เมล็ดแก่แห้ง

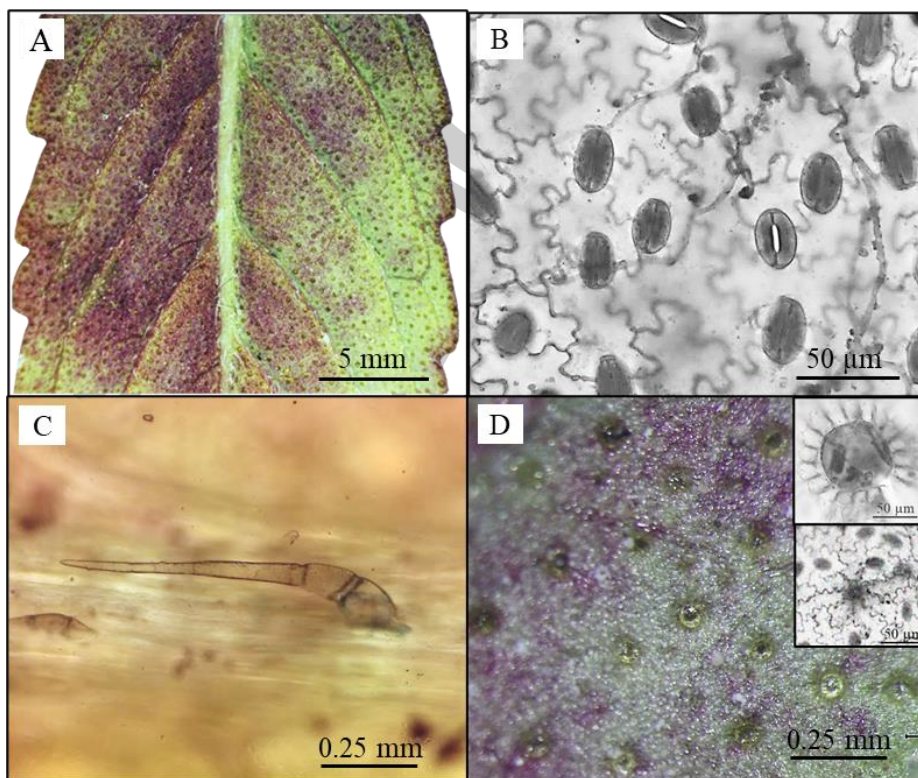
#### 4.2 กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น

ผลการศึกษากายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ (epidermal tissues) ของกระต่ายจาม ในพื้นที่ดินเค็ม 5 สถานที่ ใน 4 นิเวศวิทยา พบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน (upper epidermis tissues) มีรูปร่างเซลล์ที่ไม่แน่นอน (irregular shapes) ที่มีผนังเซลล์หยาบและเว้าลึก โดยเซลล์แต่ละเซลล์เรียงต่อกันคล้ายจิ๊กซอว์ ปากใบเป็นแบบแอนอโมไซติก (anomocytic stomata) ที่ล้อมรอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวธรรมดา (subsidiary cell) และมีเซลล์ขนที่ประกอบด้วย 3-4 เซลล์ เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว (multicellular-uniseriate hair) มีสีขาวใสและเกิดกระจายทั่วเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน (ภาพที่ 4.5) และเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง (lower epidermis tissues) มีรูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวเป็นรูปร่างเซลล์ที่ไม่แน่นอนที่มีผนังเซลล์หยาบและเว้าลึก โดยเซลล์แต่ละเซลล์เรียงต่อกันคล้ายจิ๊กซอว์ ปากใบเป็นแบบแอนอโมไซติก มีเซลล์ขนที่ประกอบด้วย 3-4 เซลล์ เรียงต่อกันเป็นแถวเดียวที่มีสีขาวใส พบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) และเส้นใบ (vein) ส่วนขนต่อมมี 2 ชนิด ได้แก่ ขนรูปโล่ (peltate glandular trichomes) ที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และขนแคปปีเตต (capitate glandular trichomes) ที่มีขนาดเล็ก ขนต่อม 2 ชนิดพบกระจายทั่วเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.5 กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนของกระต่ายจาม (A) ผิวใบด้านบน (B) รูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบน และ (C)-D) เซลล์ขน





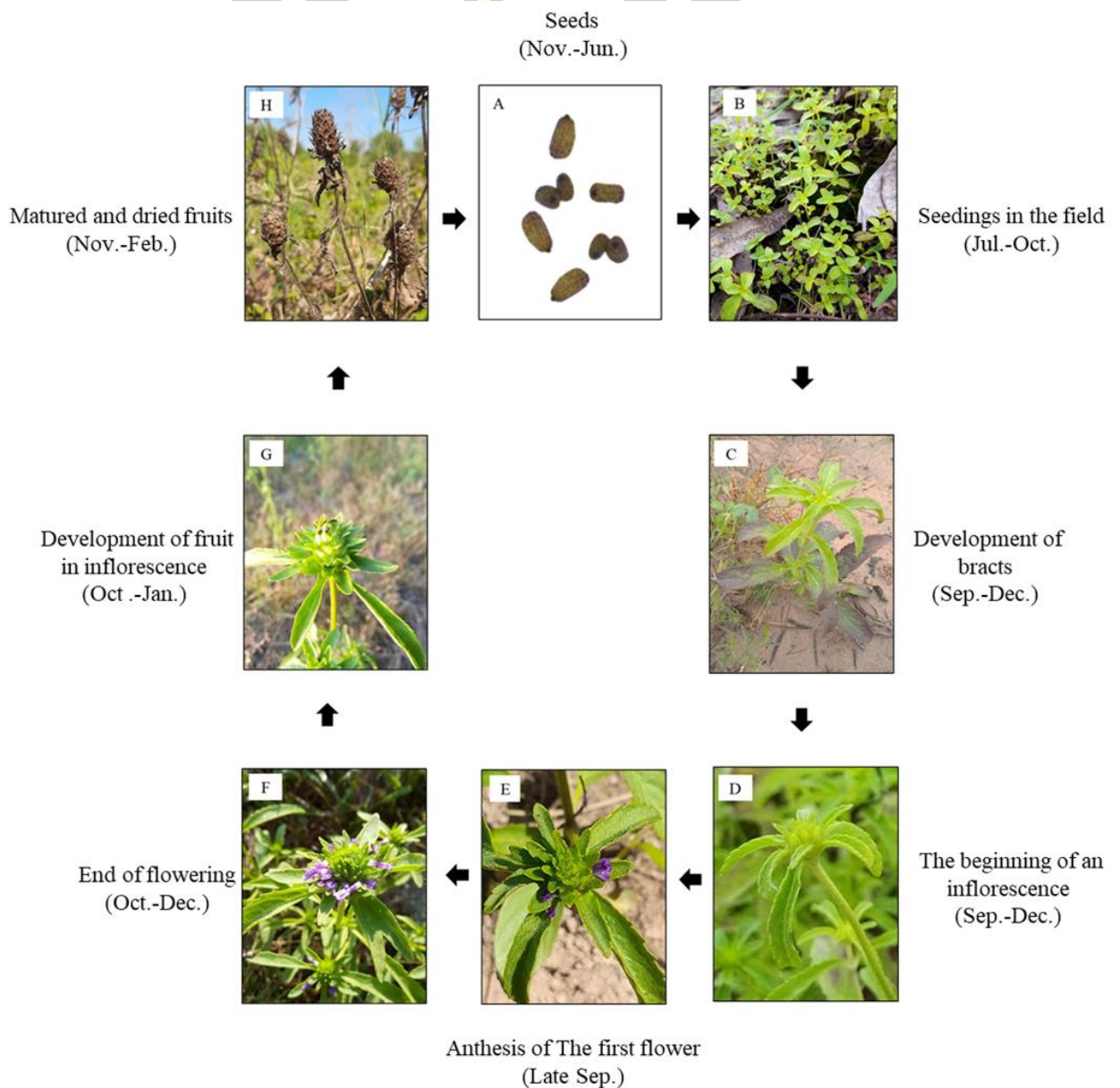
ภาพที่ 4.6 กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อผิวใบด้านล่างของกระต่ายจาม (A) ผิวใบด้านล่าง (B) รูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง (C) เซลล์ขนบนเส้นใบ และ (D) ขนต่อม

#### 4.3 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจาม

ผลการศึกษาวัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 พบว่า วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามใน 1 ฤดูกาล ใช้ระยะเวลา ประมาณ 6 เดือน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ภาพที่ 4.7) **การงอกของแมล็ด** เริ่มมีการงอกในช่วงเดือน กรกฎาคมที่มีฝนตกต่อเนื่อง และสิ้นสุดในช่วงเดือนตุลาคมเมื่อฝนทิ้งช่วง **การแตกใบ** เริ่มหลังจาก การงอกของแมล็ดกระต่ายจามประมาณ 3-4 สัปดาห์ หรือในช่วงเดือนสิงหาคมไปจนถึงพฤศจิกายน โดยการแตกใบเป็นช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเนื่องจากต้นอ่อนมีขนาดเล็กมาก **การพัฒนาของกิ่ง** เริ่มหลังจากมีการแตกใบประมาณ 2-3 สัปดาห์ หรือในช่วงเดือนกันยายนถึง พฤศจิกายน **การออกดอก** เริ่มหลังจากมีการพัฒนาของกิ่งประมาณ 1-2 สัปดาห์ โดยมีการออกดอก ครั้งแรกในช่วงปลายเดือนกันยายน โดยสามารถสังเกตได้จากการพัฒนาของใบหรือลักษณะคล้ายใบที่ เรียงอัดแน่นซ้อนกันบริเวณปลายกิ่งหรือปลายยอด ใช้ระยะเวลาในการออกดอกประมาณ 4-6 วัน ซึ่งดอกที่อยู่ด้านล่างจะบานก่อนดอกที่อยู่ด้านบนและสิ้นสุดการออกดอกในช่วงเดือน



ธันวาคม การติดผล เริ่มหลังจากดอกบาน 3-4 วัน เมื่อดอกได้รับการปฏิสนธิ กลีบดอกจะเหี่ยวและหลุดร่วงไป ในช่วงเดือนกันยายน – ธันวาคม และการพัฒนาผล มีการพัฒนาอยู่ในช่อดอกใช้ระยะเวลาประมาณ 3-5 สัปดาห์ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ หลังจากการพัฒนาผลต้นจะยืนต้นตาย เริ่มจากใบเหี่ยวแห้ง ตามด้วยช่อดอก ลำต้น และรากตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็ม ตำบลคลองขามและหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 โดยจะเริ่มจากเมล็ดมีการงอก แล้วพัฒนาใบและกิ่ง จนมีการออกดอก การติดผล และการพัฒนาผล แล้วจะเหี่ยวแห้งและตาย วนเป็นวัฏจักรชีวิตในแต่ละปี

#### 4.4 นิเวศวิทยาในพื้นที่ดินเค็ม

ผลการศึกษานิเวศวิทยาในพื้นที่ดินเค็มระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 พบว่า นิเวศวิทยาที่มีการเจริญเติบโตของกระต่ายจาม ได้แก่ นาข้าว ป่ายูคาลิปตัส นาไร่ และป่าไม้ละเมาะ (ภาพที่ 4.8) มีรายละเอียดดังนี้

##### 4.4.1 นิเวศวิทยานาข้าว

สภาพพื้นที่นาข้าวค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด พบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่บนผิวดินเป็นหย่อมๆ กระต่ายจามในช่วงที่มีน้ำขังในนาข้าวบริเวณเนินดินและคันนา ส่วนในช่วงที่ไม่มีน้ำขังในนาข้าวพบกระจายทั่วบริเวณนาข้าว โดยเกิดปะปนไปกับหญ้าและข้าวในแปลง

##### 4.4.2 นิเวศวิทยาป่ายูคาลิปตัส

สภาพพื้นที่ป่ายูคาลิปตัสค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดและมีความลาดชันเล็กน้อย เคยเป็นพื้นที่ป่าไม้มาก่อนแล้วมีการเปลี่ยนมาปลูกต้นยูคาลิปตัส พบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่บนผิวดินเป็นหย่อมๆ กระต่ายจามเกิดปะปนกับหญ้าในป่ายูคาลิปตัสบริเวณพื้นที่ราบต่ำ

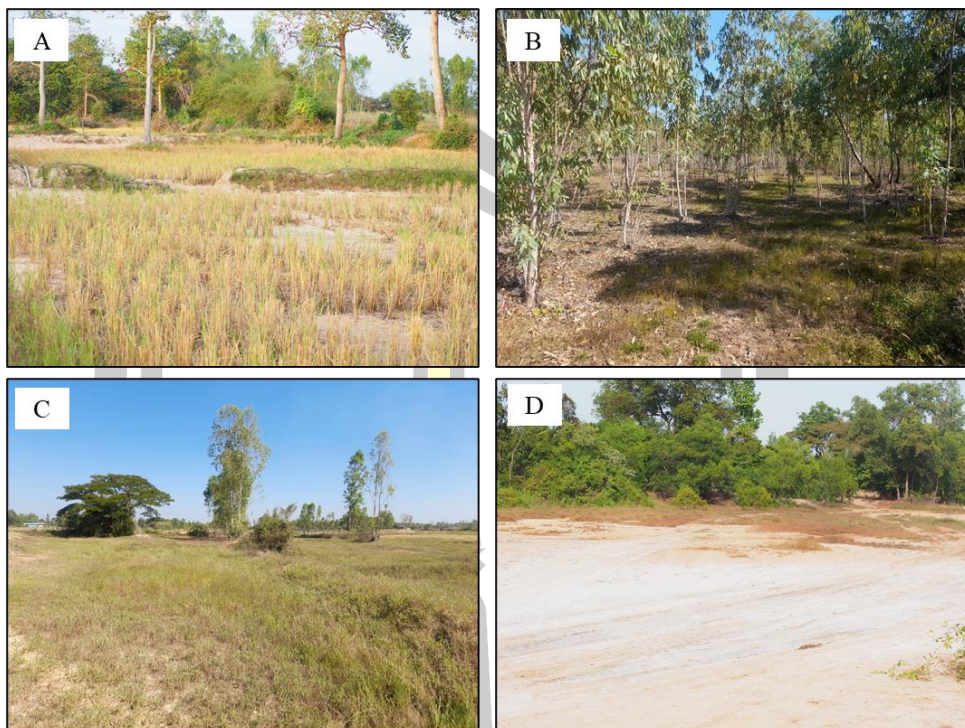
##### 4.4.3 นิเวศวิทยานาไร่

สภาพพื้นที่นาข้าวค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เคยมีการทำนามาก่อนแล้วปล่อยทิ้งร้าง มีวัชพืชเกิดปกคลุม พบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่บนผิวดินเป็นหย่อมๆ และบนผิวดินมีสีเหลืองหรือแดง กระต่ายจามจะเกิดปะปนไปกับหญ้ากระจายทั่วบริเวณแปลงนาไร่

##### 4.4.4 นิเวศวิทยาป่าไม้ละเมาะ

สภาพพื้นที่นาข้าวค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดและมีความลาดชันเล็กน้อย พบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่บนผิวดินเป็นบริเวณกว้าง เป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม มีไม้พุ่มและไม้ละเมาะเกิดรอบๆ คราบเกลือ เช่น หนามพุงดอและหนามแดง โดยกระต่ายจามเกิดปะปนไปกับหญ้ากระจายทั่วบริเวณและใต้พุ่มหนามพุงดอ

พจน ปรณ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 4.8 นิเวศวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (A) นาข้าว (B) ป่ายูคาลิปตัส  
(C) นาร้าง และ (D) ป่าไม้ละเมาะ

#### 4.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของกระต่ายจามในส่วนของราก ลำต้น ใบและผล ที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็ม โดยทำการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยซอกซ์เลต ที่ใช้ตัวทำละลายน้ำกลั่นและเอทานอล 80% พบว่า สารสกัดรากที่ใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล 80% เป็นตัวทำละลายพบสารพิษเคมี 1 กลุ่ม คือ ฟลาโวนอยด์ สารสกัดลำต้นที่ใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล 80% เป็นตัวทำละลายพบสารพิษเคมี 7 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก อัลคาลอยด์ คูมารินส์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ สารสกัดใบที่ใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล 80% เป็นตัวทำละลายพบสารพิษเคมี 8 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก อัลคาลอยด์ คูมารินส์ ซาโปนิน แทนนิน เทอร์ปีนอยด์ และแอนทราควิโนน และสารสกัดผลที่ใช้ น้ำกลั่นและเอทานอล 80% เป็นตัวทำละลายพบสารพิษเคมี 6 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก อัลคาลอยด์ คูมารินส์ แทนนิน และเทอร์ปีนอยด์ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบการเกิดเบืองต้นในราก ลำต้น ใบและผลของกระต่ายจามในพืชที่ต้นเต็ม

No.	Phytochemical constituent	Roots		Stems		Leaves		Fruits	
		DI	EtOH 80%	DI	EtOH 80%	DI	EtOH 80%	DI	EtOH 80%
1	Flavonoids	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Phenolics	-	-	+	+	+	+	+	+
3	Alkaloids	-	-	+	+	+	+	+	+
4	Coumarin	-	-	+	+	+	+	+	+
5	Saponins	-	-	+	+	+	+	-	-
6	Steroids	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Tannins	-	-	+	+	+	+	+	+
8	Terpenoids	-	-	+	+	+	+	+	+
9	Anthraquinone	-	-	-	-	+	+	-	-
10	Cardiac glycosides	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : + หมายถึง ตรวจสอบพบ และ - หมายถึง ตรวจสอบไม่พบ



#### 4.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ

การศึกษาค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในกระต่ายจาม โดยทำการวิเคราะห์สมบัติดิน ปริมาณแร่ธาตุที่สะสมในราก ลำต้น ใบและผล การเคลื่อนย้ายแร่ธาตุจากดินสู่ต้น และการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุจากรากสู่ลำต้นเหนือดินของกระต่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มและดินเค็ม มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

##### 4.6.1 การวิเคราะห์สมบัติดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติดิน พบว่า ความชื้นดินในดินไม่เค็ม ( $5.50 \pm 0.83\%$ ) มีค่าสูงกว่าในดินเค็ม ( $3.91 \pm 0.89\%$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมในดินไม่เค็ม ( $1.57 \pm 0.14$  dS/m,  $0.39 \pm 0.06$ ,  $0.40 \pm 0.00$  และ  $1.08 \pm 0.31$  g/kg ตามลำดับ) มีค่าต่ำกว่าในดินเค็ม ( $3.74 \pm 0.92$  dS/m,  $0.62 \pm 0.04$ ,  $0.65 \pm 0.18$  และ  $1.98 \pm 0.41$  g/kg ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

##### 4.6.2 การวิเคราะห์การสะสมแร่ธาตุในกระต่ายจาม

ผลการวิเคราะห์การสะสมแร่ธาตุในกระต่ายจาม พบว่า กระต่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมสะสมที่มีค่าสูงที่สุด ( $0.36 \pm 0.05$  และ  $0.29 \pm 0.02$  g/kg ตามลำดับ) โพแทสเซียมและอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมสะสมที่ผลมีค่าสูงที่สุด ( $0.21 \pm 0.05$  g/kg และ  $0.35 \pm 0.11$  ตามลำดับ) และเหล็กสะสมที่ราก ลำต้นและใบสูงที่สุด ( $3.04 \pm 0.32$ ,  $3.63 \pm 0.35$  และ  $3.24 \pm 0.83$  mg/kg ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกระต่ายจามที่เจริญในดินเค็มมีปริมาณแคลเซียมสะสมที่ใบและผลมีค่าสูงที่สุด ( $0.24 \pm 0.11$  และ  $0.18 \pm 0.02$  g/kg ตามลำดับ) แมกนีเซียมและโพแทสเซียมสะสมที่ผลมีค่าสูงที่สุด ( $0.33 \pm 0.17$  และ  $0.12 \pm 0.02$  g/kg ตามลำดับ) และเหล็กสะสมที่รากและผลมีค่าสูงที่สุด ( $4.74 \pm 0.29$  และ  $5.48 \pm 2.69$  mg/kg ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) และกระต่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มมีปริมาณแคลเซียมสะสมที่ใบและผลสูงกว่าในดินเค็ม เช่นเดียวกับกับโซเดียมมีการสะสมที่ใบสูงกว่าในดินเค็ม และโพแทสเซียมและอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมมีการสะสมที่ผลสูงกว่าในดินเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

#### 4.6.3 ค่าการสะสมทางชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพจากดินสู่ต้น พบว่า กระจ่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มมีการดูดซึมแคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียม ( $1.97 \pm 0.32$ ,  $1.51 \pm 0.33$  และ  $4.46 \pm 2.09$  ตามลำดับ) ได้มากกว่ากระจ่ายจามที่เจริญในดินเค็ม ( $0.98 \pm 0.37$ ,  $0.93 \pm 0.52$  และ  $1.75 \pm 1.03$  ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าการสะสมทางชีวภาพมากกว่า 1 (bioconcentration factor > 1) ยกเว้นค่าการสะสมโพแทสเซียมในกระจ่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็ม เช่นเดียวกันกับแคลเซียมและแมกนีเซียมในกระจ่ายจามที่เจริญในดินเค็ม (ตารางที่ 4.4)

#### 4.6.4 ค่าการเคลื่อนย้าย

ผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุจากรากสู่ลำต้นเหนือ พบว่า กระจ่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มมีค่าการเคลื่อนย้ายแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก ( $11.30 \pm 0.79$ ,  $31.53 \pm 8.27$  และ  $3.09 \pm 0.42$  ตามลำดับ) ได้มากกว่ากระจ่ายจามที่เจริญในดินเค็ม ( $7.20 \pm 0.15$ ,  $21.27 \pm 5.54$  และ  $3.09 \pm 0.42$  ตามลำดับ) ส่วนโพแทสเซียมในกระจ่ายจามที่เจริญในดินไม่เค็มมีค่าการเคลื่อนย้ายได้น้อยกว่าในดินเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าการเคลื่อนย้ายมากกว่า 1 (translocation factor > 1) (ตารางที่ 4.5)



ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินบริเวณที่กระต่ายจามเจริญเติบโต

Sampling plot	Salinity level	Moisture (%)	Ece (dS/m)	pH	Ca <sup>2+</sup> (g/kg)	Mg <sup>2+</sup> (g/kg)	Na <sup>+</sup> (g/kg)	K <sup>+</sup> (g/kg)	Fe <sup>2+</sup> (mg/kg)
1	Non saline	5.50±0.83 <sup>A</sup>	1.57±0.14 <sup>B</sup>	6.00±0.17 <sup>A</sup>	0.39±0.06 <sup>B</sup>	0.40±0.00 <sup>B</sup>	1.08±0.31 <sup>B</sup>	0.49±0.18 <sup>A</sup>	2.85±0.65 <sup>A</sup>
2	Low saline	3.91±0.89 <sup>B</sup>	3.74±0.92 <sup>A</sup>	5.95±0.29 <sup>A</sup>	0.62±0.04 <sup>A</sup>	0.65±0.18 <sup>A</sup>	1.98±0.41 <sup>A</sup>	0.26±0.21 <sup>A</sup>	3.38±1.09 <sup>A</sup>

หมายเหตุ : n=6, mean±S.D. <sup>A, B...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (p-value <0.05) ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และเหล็กในราก ลำต้น ใบและผลกระต่ายจาม

Sampling plot	Salinity level	Ca <sup>2+</sup> (g/kg)	Mg <sup>2+</sup> (g/kg)	Na <sup>+</sup> (g/kg)	K <sup>+</sup> (g/kg)	Fe <sup>2+</sup> (mg/kg)	K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio	
1	Non saline	Roots	0.06±0.01 <sup>Ac</sup>	0.02±0.01 <sup>Ab</sup>	1.20±0.63 <sup>Ab</sup>	0.04±0.01 <sup>Ab</sup>	3.04±0.32 <sup>Ab</sup>	0.04±0.02 <sup>Ab</sup>
		Stems	0.08±0.03 <sup>Ac</sup>	0.16±0.08 <sup>Ab</sup>	0.83±0.22 <sup>Ab</sup>	0.05±0.02 <sup>Ab</sup>	3.63±0.35 <sup>Aa</sup>	0.07±0.04 <sup>Ab</sup>
		Leaves	0.36±0.05 <sup>Aa</sup>	0.29±0.02 <sup>Aa</sup>	1.54±0.84 <sup>Aa</sup>	0.02±0.01 <sup>Ab</sup>	3.24±0.83 <sup>Aa</sup>	0.02±0.01 <sup>Ab</sup>
		Fruits	0.25±0.04 <sup>Ab</sup>	0.13±0.01 <sup>Bb</sup>	0.68±0.36 <sup>Ab</sup>	0.21±0.05 <sup>Aa</sup>	2.42±0.69 <sup>Bb</sup>	0.35±0.11 <sup>Aa</sup>
2	Low saline	Roots	0.07±0.02 <sup>Ab</sup>	0.02±0.00 <sup>Ab</sup>	0.82±0.60 <sup>Ab</sup>	0.04±0.03 <sup>Ab</sup>	4.74±0.29 <sup>Bab</sup>	0.13±0.13 <sup>Aa</sup>
		Stems	0.09±0.07 <sup>Ab</sup>	0.06±0.01 <sup>Bb</sup>	0.77±0.24 <sup>Aa</sup>	0.06±0.03 <sup>Ab</sup>	1.70±1.27 <sup>Bc</sup>	0.09±0.07 <sup>Aa</sup>
		Leaves	0.24±0.11 <sup>Ba</sup>	0.12±0.01 <sup>Ab</sup>	0.63±0.30 <sup>Ba</sup>	0.04±0.02 <sup>Ab</sup>	3.20±0.87 <sup>Abc</sup>	0.09±0.08 <sup>Aa</sup>
		Fruits	0.18±0.02 <sup>Ba</sup>	0.33±0.17 <sup>Aa</sup>	0.94±0.32 <sup>Aa</sup>	0.12±0.02 <sup>Ba</sup>	5.48±2.69 <sup>Aa</sup>	0.13±0.02 <sup>Ba</sup>

หมายเหตุ : n=6, mean±S.D. <sup>A, B...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (p-value <0.05) ในแนวตั้ง และ <sup>a, b...</sup> แสดงความแตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในแนวตั้ง



ตารางที่ 4.4 ค่าการสะสมทางชีวภาพของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเหล็กในกระต่ายงาม

Sampling plot	Salinity level	Bioconcentration factor				
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
1	Non saline	1.97±0.32 <sup>A</sup>	1.51±0.33 <sup>A</sup>	4.46±2.09 <sup>A</sup>	0.72±0.33 <sup>A</sup>	4.57±1.27 <sup>A</sup>
2	Low saline	0.98±0.37 <sup>B</sup>	0.93±0.52 <sup>B</sup>	1.75±1.03 <sup>B</sup>	1.66±1.32 <sup>A</sup>	4.47±0.31 <sup>A</sup>

หมายเหตุ : n=6, mean±S.D. <sup>A, B, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (p-value <0.05) ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.5 ค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และเหล็กในกระต่ายงาม

Sampling plot	Salinity level	Translocation factor				
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
1	Non saline	11.30±0.79 <sup>A</sup>	31.53±8.27 <sup>A</sup>	3.15±1.43 <sup>A</sup>	6.23±2.76 <sup>B</sup>	3.09±0.42 <sup>A</sup>
2	Low saline	7.20±0.15 <sup>B</sup>	21.27±5.54 <sup>B</sup>	1.80±0.53 <sup>A</sup>	9.40±0.52 <sup>A</sup>	2.15±0.91 <sup>B</sup>

หมายเหตุ : n=6, mean±S.D. <sup>A, B, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (p-value <0.05) ในแนวตั้ง

#### 4.7 อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม

การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม 4 นิเวศวิทยา 14 จุดเก็บตัวอย่าง ที่มีลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ราบและราบลุ่มในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

##### 4.7.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสมบัติดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์สมบัติดิน พบว่า เนื้อดินที่พบในฤดูฝนและแล้งมีอนุภาคขนาดทรายมากที่สุด (76.27-84.30%) รองลงมาเป็นอนุภาคขนาดทรายแป้ง (10.52-18.40%) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (3.91-6.43%) ตามลำดับ และเมื่อเทียบสัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดินกับตารางสามเหลี่ยมมาตรฐานทำให้มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) (ตารางที่ 4.6) และปริมาณความชื้น ความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ แมกนีเซียม โพแทสเซียม คลอไรด์ และเหล็กในฤดูฝนและฤดูแล้งส่วนมากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียม โซเดียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูฝนและฤดูแล้งทุกจุดเก็บมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7-4.8) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ค่าการนำไฟฟ้าในทุกจุดเก็บตัวอย่างที่พบในฤดูฝน ( $0.02 \pm 0.00 - 0.30 \pm 0.01$  dS/m) มีค่าน้อยกว่าในฤดูแล้ง ( $0.14 \pm 0.00 - 1.71 \pm 0.05$  dS/m) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) และมีความเค็มในระดับไม่เค็มทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง
2. ปริมาณแคลเซียมในนิเวศวิทยานาข้าว 1 จุดเก็บตัวอย่าง ป่ายูคาลิปตัส 1 จุดเก็บตัวอย่าง และนาไร่ 2 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $0.47 \pm 0.01$ ,  $0.92 \pm 0.01$  และ  $2.52 \pm 0.02$ ,  $0.79 \pm 0.07$  g/kg ตามลำดับ) มีปริมาณน้อยกว่าในฤดูแล้ง ( $0.83 \pm 0.00$ ,  $1.34 \pm 0.00$  และ  $2.59 \pm 0.01$ ,  $1.80 \pm 0.01$  g/kg ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ ในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)
3. ปริมาณโซเดียมในจุดเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบต่ำในฤดูฝน ( $0.42 \pm 0.00 - 1.80 \pm 0.04$  g/kg) มีปริมาณมากกว่าในฤดูแล้ง ( $0.23 \pm 0.00 - 0.80 \pm 0.01$  g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบในฤดูฝน ( $0.01 \pm 0.00 - 0.68 \pm 0.01$  g/kg) มีปริมาณน้อยกว่าในฤดูแล้ง ( $0.30 \pm 0.01 - 1.64 \pm 0.01$  g/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในนิเวศวิทยานาข้าวทุกจุดเก็บตัวอย่างในฤดูฝน ( $5.30 \pm 0.01$ - $6.30 \pm 0.01$  mg/kg) มีปริมาณน้อยกว่าในฤดูแล้ง ( $6.08 \pm 0.00$ - $7.11 \pm 0.01$  mg/kg) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินและลักษณะเนื้อดิน

Study area	Sampling plot	Season	Soil particle size			Soil texture
			%Sand	%Silt	%Clay	
Paddy field	1	Wet	82.79	12.89	4.33	Loamy sand
		Dry	82.06	14.03	3.91	Loamy sand
	2	Wet	79.78	15.89	4.33	Loamy sand
		Dry	78.56	15.03	6.41	Loamy sand
	3	Wet	81.30	14.37	4.32	Loamy sand
		Dry	83.57	10.52	5.91	Loamy sand
	4	Wet	79.78	14.89	5.33	Loamy sand
		Dry	80.58	13.51	5.91	Loamy sand
Eucalyptus garden	1	Wet	81.28	14.39	4.33	Loamy sand
		Dry	83.57	12.53	3.91	Loamy sand
	2	Wet	84.27	11.39	4.33	Loamy sand
		Dry	82.05	14.04	3.91	Loamy sand
	3	Wet	84.30	11.37	4.32	Loamy sand
		Dry	83.57	12.53	3.91	Loamy sand
Abandoned paddy field	1	Wet	76.27	18.40	5.33	Loamy sand
		Dry	82.01	11.56	6.43	Loamy sand
	2	Wet	79.80	15.88	4.32	Loamy sand
		Dry	78.49	17.59	3.92	Loamy sand
	3	Wet	79.80	15.88	4.32	Loamy sand
		Dry	80.58	15.52	3.90	Loamy sand
	4	Wet	79.78	15.89	4.33	Loamy sand
		Dry	80.60	15.50	3.90	Loamy sand
Shrubus land	1	Wet	82.80	12.87	4.32	Loamy sand
		Dry	82.06	12.53	5.41	Loamy sand
	2	Wet	78.28	17.39	4.33	Loamy sand
		Dry	80.56	14.03	5.41	Loamy sand
	3	Wet	84.30	11.37	4.32	Loamy sand
		Dry	83.55	11.03	5.42	Loamy sand

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นรวม ความนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง

Study area	Sampling plot	Season	Moisture (%)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	pH	ECe (dS/m)	OM (%)
Paddy field	1	Wet	17.97±0.42 <sup>a</sup>	1.97±0.10 <sup>a</sup>	5.35±0.05 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.50±0.11 <sup>a</sup>
		Dry	6.18±0.50 <sup>b</sup>	2.04±0.10 <sup>a</sup>	6.90±0.05 <sup>a</sup>	0.49±0.03 <sup>a</sup>	0.76±0.19 <sup>a</sup>
	2	Wet	8.57±0.08 <sup>a</sup>	1.83±0.09 <sup>a</sup>	5.91±0.11 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.76±0.33 <sup>b</sup>
		Dry	6.32±0.20 <sup>b</sup>	1.90±0.08 <sup>a</sup>	6.15±0.01 <sup>a</sup>	0.39±0.00 <sup>a</sup>	1.96±0.48 <sup>a</sup>
	3	Wet	8.45±0.27 <sup>a</sup>	1.81±0.14 <sup>a</sup>	5.80±0.02 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>b</sup>	0.95±0.82 <sup>a</sup>
		Dry	7.62±0.15 <sup>b</sup>	1.74±0.15 <sup>a</sup>	6.66±0.02 <sup>a</sup>	0.51±0.01 <sup>a</sup>	0.95±0.68 <sup>a</sup>
Eucalyptus garden	1	Wet	8.59±0.39 <sup>a</sup>	1.93±0.15 <sup>a</sup>	6.18±0.02 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	1.01±0.11 <sup>b</sup>
		Dry	6.54±0.16 <sup>b</sup>	1.96±0.09 <sup>a</sup>	6.76±0.06 <sup>a</sup>	1.38±0.04 <sup>a</sup>	2.21±0.29 <sup>a</sup>
	2	Wet	14.68±0.29 <sup>a</sup>	1.84±0.01 <sup>b</sup>	6.36±0.03 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>b</sup>	1.07±0.22 <sup>a</sup>
		Dry	5.64±0.75 <sup>b</sup>	1.95±0.02 <sup>a</sup>	6.86±0.09 <sup>a</sup>	0.97±0.02 <sup>a</sup>	1.39±0.39 <sup>a</sup>
	3	Wet	15.33±0.62 <sup>a</sup>	1.69±0.19 <sup>a</sup>	5.93±0.01 <sup>b</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	1.96±0.11 <sup>a</sup>
		Dry	5.24±0.41 <sup>b</sup>	1.87±0.16 <sup>a</sup>	6.83±0.02 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	1.58±0.11 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นไฟฟ้าและปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง (ต่อ)

Study area	Sampling plot	Season	Moisture (%)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	pH	Ece (dS/m)	OM (%)
Abandoned paddy field	1	Wet	17.49±0.60 <sup>a</sup>	2.01±0.03 <sup>b</sup>	7.76±0.10 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	1.77±0.11 <sup>a</sup>
		Dry	13.63±0.53 <sup>b</sup>	2.11±0.04 <sup>a</sup>	6.95±0.02 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	2.27±0.33 <sup>a</sup>
Abandoned paddy field	2	Wet	12.28±0.25 <sup>b</sup>	1.95±0.09 <sup>a</sup>	6.41±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	1.45±0.11 <sup>b</sup>
		Dry	13.23±0.19 <sup>a</sup>	2.02±0.04 <sup>a</sup>	6.84±0.12 <sup>a</sup>	0.48±0.01 <sup>a</sup>	2.46±0.19 <sup>a</sup>
Abandoned paddy field	3	Wet	13.81±0.39 <sup>a</sup>	1.92±0.04 <sup>b</sup>	5.98±0.02 <sup>b</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	1.14±0.19 <sup>b</sup>
		Dry	12.16±0.34 <sup>b</sup>	2.04±0.04 <sup>a</sup>	6.89±0.02 <sup>a</sup>	0.24±0.00 <sup>a</sup>	2.33±0.22 <sup>a</sup>
Abandoned paddy field	4	Wet	15.12±0.21 <sup>a</sup>	1.92±0.20 <sup>a</sup>	6.18±0.01 <sup>b</sup>	0.30±0.01 <sup>b</sup>	1.32±0.33 <sup>b</sup>
		Dry	14.51±0.94 <sup>a</sup>	2.03±0.13 <sup>a</sup>	6.79±0.01 <sup>a</sup>	0.57±0.00 <sup>a</sup>	1.96±0.22 <sup>a</sup>
Shrubus land	1	Wet	14.37±0.50 <sup>a</sup>	1.77±0.03 <sup>b</sup>	5.70±0.05 <sup>b</sup>	0.26±0.00 <sup>b</sup>	1.51±0.19 <sup>a</sup>
		Dry	11.47±0.02 <sup>b</sup>	1.89±0.03 <sup>a</sup>	6.83±0.05 <sup>a</sup>	1.13±0.05 <sup>a</sup>	1.45±0.11 <sup>a</sup>
Shrubus land	2	Wet	9.70±0.06 <sup>a</sup>	1.72±0.08 <sup>a</sup>	6.38±0.12 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>	1.20±0.11 <sup>b</sup>
		Dry	9.50±0.53 <sup>a</sup>	1.81±0.10 <sup>a</sup>	6.85±0.01 <sup>a</sup>	0.62±0.02 <sup>a</sup>	2.40±0.11 <sup>a</sup>
Shrubus land	3	Wet	21.23±0.37 <sup>a</sup>	1.62±0.03 <sup>b</sup>	6.06±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	1.64±0.29 <sup>a</sup>
		Dry	18.96±0.61 <sup>b</sup>	1.79±0.04 <sup>a</sup>	6.88±0.07 <sup>a</sup>	1.71±0.05 <sup>a</sup>	1.77±1.39 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัสและเหล็กของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง

Study area	Sampling plot	Season	Ca <sup>2+</sup> (g/kg)	Mg <sup>2+</sup> (g/kg)	Na <sup>+</sup> (g/kg)	K <sup>+</sup> (g/kg)	Cl <sup>-</sup> (g/kg)	avai. P (mg/kg)	Fe <sup>2+</sup> (mg/kg)
Paddy field	1	Wet	0.47±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.00 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	6.30±0.01 <sup>b</sup>	0.71±0.10 <sup>a</sup>
		Dry	0.83±0.00 <sup>a</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>	0.54±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.04 <sup>a</sup>	7.11±0.01 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>
	2	Wet	0.74±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.00 <sup>b</sup>	1.80±0.04 <sup>a</sup>	0.23±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.04 <sup>a</sup>	5.39±0.01 <sup>b</sup>	1.14±0.15 <sup>a</sup>
		Dry	0.63±0.00 <sup>b</sup>	0.65±0.00 <sup>a</sup>	0.80±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	6.08±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>
	3	Wet	0.79±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.19±0.08 <sup>b</sup>	6.00±0.00 <sup>b</sup>	1.27±0.00 <sup>a</sup>
		Dry	0.54±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.36±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>	0.38±0.04 <sup>a</sup>	6.45±0.02 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>b</sup>
Eucalyptus garden	1	Wet	0.45±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>b</sup>	0.42±0.00 <sup>a</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.04 <sup>b</sup>	6.30±0.00 <sup>b</sup>	1.90±0.08 <sup>a</sup>
		Dry	0.36±0.01 <sup>b</sup>	0.76±0.00 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.00 <sup>b</sup>	0.76±0.29 <sup>a</sup>	6.47±0.00 <sup>a</sup>	1.05±0.12 <sup>b</sup>
	2	Wet	0.75±0.00 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>a</sup>	0.44±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.04 <sup>b</sup>	5.30±0.01 <sup>b</sup>	3.00±0.07 <sup>a</sup>
		Dry	0.37±0.00 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>	0.24±0.04 <sup>a</sup>	6.51±0.02 <sup>a</sup>	0.21±0.03 <sup>b</sup>
	3	Wet	0.54±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>	0.77±0.01 <sup>a</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>	6.35±0.02 <sup>a</sup>	2.76±0.15 <sup>a</sup>
		Dry	0.37±0.00 <sup>b</sup>	0.28±0.00 <sup>a</sup>	0.27±0.00 <sup>b</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>	0.24±0.04 <sup>a</sup>	5.72±0.00 <sup>b</sup>	0.55±0.07 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัสและเหล็กของดินในฤดูฝนและฤดูแล้ง (ต่อ)

Study area	Sampling plot	Season	Ca <sup>2+</sup> (g/kg)	Mg <sup>2+</sup> (g/kg)	Na <sup>+</sup> (g/kg)	K <sup>+</sup> (g/kg)	Cl <sup>-</sup> (g/kg)	avai. P (mg/kg)	Fe <sup>2+</sup> (mg/kg)
Abandoned	1	Wet	2.52±0.02 <sup>b</sup>	0.24±0.00 <sup>b</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.00 <sup>a</sup>	0.35±0.07 <sup>a</sup>	7.29±0.00 <sup>a</sup>	0.47±0.15 <sup>a</sup>
		Dry	2.59±0.01 <sup>a</sup>	0.61±0.00 <sup>a</sup>	0.54±0.00 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	6.50±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.03 <sup>b</sup>
paddy field	2	Wet	0.49±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	0.17±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	5.95±0.02 <sup>b</sup>	1.88±0.17 <sup>a</sup>
		Dry	0.21±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.21 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>b</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>	0.57±0.07 <sup>a</sup>	6.36±0.00 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>
	3	Wet	1.00±0.00 <sup>a</sup>	0.84±0.01 <sup>a</sup>	1.36±0.01 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.17±0.04 <sup>a</sup>	7.02±0.01 <sup>a</sup>	1.46±0.05 <sup>a</sup>
		Dry	0.77±0.01 <sup>b</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>	0.30±0.01 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.19±0.04 <sup>a</sup>	6.25±0.00 <sup>b</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>
	4	Wet	0.79±0.07 <sup>b</sup>	0.22±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>	0.45±0.04 <sup>b</sup>	5.58±0.02 <sup>b</sup>	1.70±0.10 <sup>a</sup>
		Dry	1.80±0.01 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>b</sup>	0.97±0.08 <sup>a</sup>	6.33±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>b</sup>
Shrubus land	1	Wet	1.07±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.00 <sup>a</sup>	0.68±0.01 <sup>b</sup>	0.48±0.00 <sup>b</sup>	0.35±0.07 <sup>b</sup>	6.23±0.00 <sup>a</sup>	1.88±0.03 <sup>a</sup>
		Dry	0.79±0.01 <sup>b</sup>	0.39±0.01 <sup>b</sup>	1.19±0.00 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>a</sup>	0.73±0.04 <sup>a</sup>	6.18±0.01 <sup>b</sup>	1.90±0.08 <sup>a</sup>
	2	Wet	0.72±0.00 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.04 <sup>b</sup>	3.45±0.00 <sup>b</sup>	0.78±0.22 <sup>a</sup>
		Dry	0.52±0.01 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>	0.83±0.00 <sup>a</sup>	0.61±0.04 <sup>a</sup>	6.20±0.00 <sup>a</sup>	0.49±0.05 <sup>a</sup>
	3	Wet	0.63±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.00 <sup>b</sup>	0.30±0.00 <sup>b</sup>	0.18±0.00 <sup>b</sup>	0.31±0.08 <sup>b</sup>	6.51±0.00 <sup>a</sup>	1.80±0.05 <sup>b</sup>
		Dry	0.47±0.01 <sup>b</sup>	0.38±0.00 <sup>a</sup>	1.64±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>	0.85±0.07 <sup>a</sup>	5.94±0.00 <sup>b</sup>	3.49±0.10 <sup>a</sup>

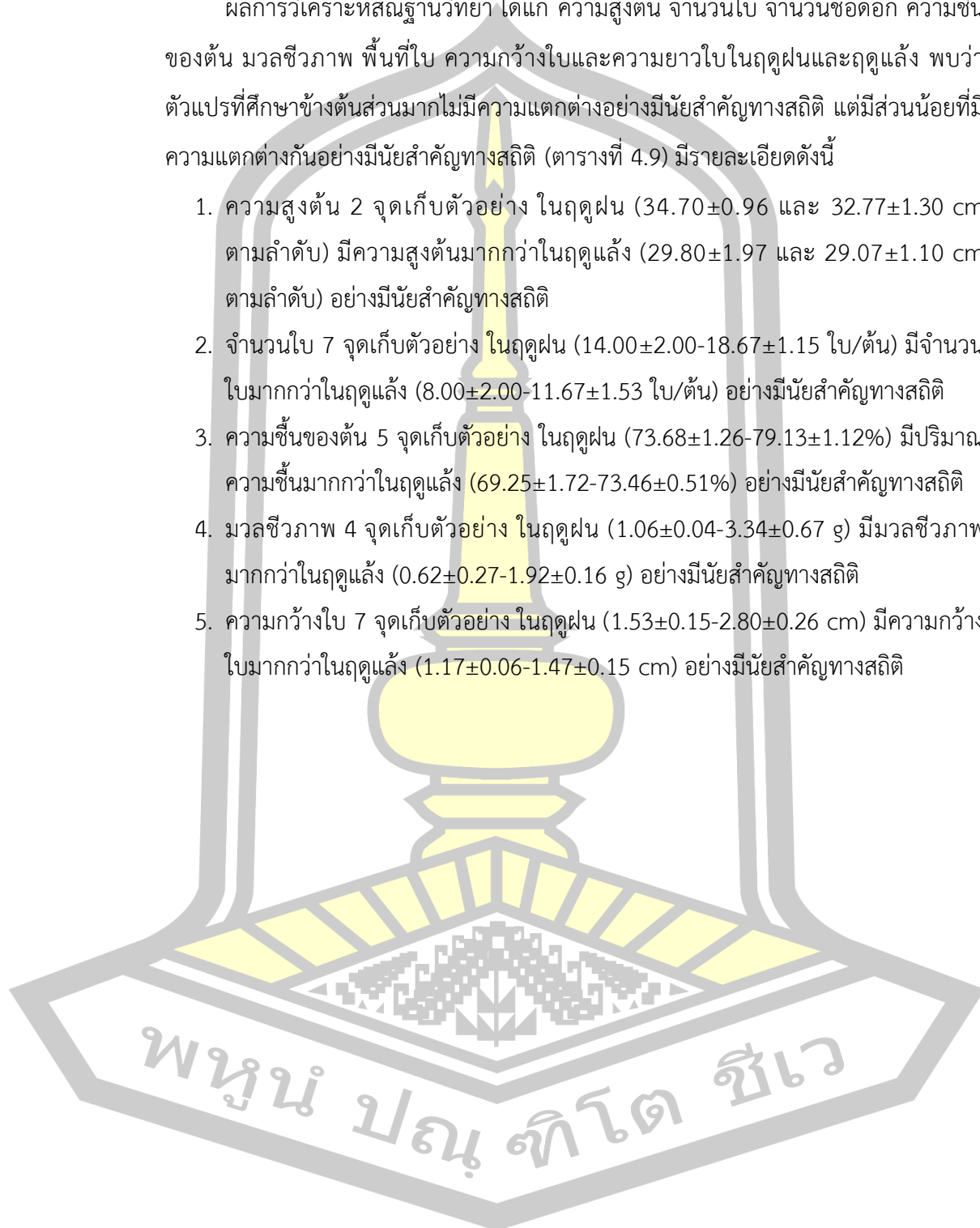
หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน



#### 4.7.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัณฐานวิทยาในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยา ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนช่อดอก ความชื้นของต้น มวลชีวภาพ พื้นที่ใบ ความกว้างใบและความยาวใบในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าตัวแปรที่ศึกษาข้างต้นส่วนมากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีส่วนน้อยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.9) มีรายละเอียดดังนี้

1. ความสูงต้น 2 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $34.70 \pm 0.96$  และ  $32.77 \pm 1.30$  cm ตามลำดับ) มีความสูงต้นมากกว่าในฤดูแล้ง ( $29.80 \pm 1.97$  และ  $29.07 \pm 1.10$  cm ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. จำนวนใบ 7 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $14.00 \pm 2.00$ - $18.67 \pm 1.15$  ใบ/ต้น) มีจำนวนใบมากกว่าในฤดูแล้ง ( $8.00 \pm 2.00$ - $11.67 \pm 1.53$  ใบ/ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. ความชื้นของต้น 5 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $73.68 \pm 1.26$ - $79.13 \pm 1.12\%$ ) มีปริมาณความชื้นมากกว่าในฤดูแล้ง ( $69.25 \pm 1.72$ - $73.46 \pm 0.51\%$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. มวลชีวภาพ 4 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $1.06 \pm 0.04$ - $3.34 \pm 0.67$  g) มีมวลชีวภาพมากกว่าในฤดูแล้ง ( $0.62 \pm 0.27$ - $1.92 \pm 0.16$  g) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
5. ความกว้างใบ 7 จุดเก็บตัวอย่าง ในฤดูฝน ( $1.53 \pm 0.15$ - $2.80 \pm 0.26$  cm) มีความกว้างใบมากกว่าในฤดูแล้ง ( $1.17 \pm 0.06$ - $1.47 \pm 0.15$  cm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสูง จำนวนใบ จำนวนผล ความชื้น มวลชีวภาพ พื้นที่ใบทั้งหมด ความกว้างใบและความยาวใบของกระต่ายจามในฤดูฝนและฤดูแล้ง

Study area	Sampling plot	Season	Shoot and Root Morphology				Leaf Morphology			
			Plant height (cm)	Number of leaves per tree	Number of inflorescences per tree	Moisture (%)	Biomass (g)	Total area (cm <sup>2</sup> )	Width (cm)	Long (cm)
Paddy field	1	Wet	30.03±1.29 <sup>a</sup>	16.67±2.08 <sup>a</sup>	3.33±0.58 <sup>a</sup>	74.23±1.45 <sup>a</sup>	3.34±0.67 <sup>a</sup>	4.67±0.58 <sup>a</sup>	1.20±0.20 <sup>a</sup>	5.33±0.85 <sup>a</sup>
		Dry	31.43±0.81 <sup>a</sup>	12.67±2.08 <sup>a</sup>	2.67±1.53 <sup>a</sup>	71.77±1.76 <sup>a</sup>	1.92±0.16 <sup>b</sup>	4.67±0.58 <sup>a</sup>	1.00±0.20 <sup>a</sup>	5.20±0.66 <sup>a</sup>
	2	Wet	30.83±1.37 <sup>a</sup>	13.67±3.51 <sup>a</sup>	3.67±1.15 <sup>a</sup>	77.66±3.17 <sup>a</sup>	3.57±0.92 <sup>a</sup>	8.67±1.53 <sup>a</sup>	1.67±0.12 <sup>a</sup>	5.73±0.67 <sup>a</sup>
		Dry	31.13±0.42 <sup>a</sup>	9.67±1.53 <sup>a</sup>	2.33±0.58 <sup>a</sup>	72.46±1.09 <sup>a</sup>	2.08±0.65 <sup>a</sup>	7.33±1.53 <sup>a</sup>	1.57±0.06 <sup>a</sup>	5.50±0.26 <sup>a</sup>
	3	Wet	30.60±0.79 <sup>a</sup>	18.33±3.21 <sup>a</sup>	5.33±3.21 <sup>a</sup>	75.17±1.45 <sup>a</sup>	2.41±1.13 <sup>a</sup>	9.33±2.52 <sup>a</sup>	1.83±0.21 <sup>a</sup>	6.17±0.35 <sup>a</sup>
		Dry	29.33±1.53 <sup>a</sup>	9.67±1.53 <sup>b</sup>	2.67±0.58 <sup>a</sup>	72.10±2.43 <sup>a</sup>	1.58±0.09 <sup>a</sup>	8.67±1.53 <sup>a</sup>	1.50±0.10 <sup>a</sup>	6.27±0.50 <sup>a</sup>
	4	Wet	34.70±0.96 <sup>a</sup>	14.00±2.00 <sup>a</sup>	2.67±1.15 <sup>a</sup>	69.89±3.35 <sup>a</sup>	1.17±0.19 <sup>a</sup>	12.67±1.53 <sup>a</sup>	2.80±0.26 <sup>a</sup>	6.53±0.25 <sup>a</sup>
		Dry	29.80±1.97 <sup>b</sup>	9.00±1.00 <sup>b</sup>	1.67±1.15 <sup>a</sup>	73.17±0.43 <sup>a</sup>	1.68±0.33 <sup>a</sup>	11.67±1.15 <sup>a</sup>	1.47±0.15 <sup>b</sup>	6.67±0.15 <sup>a</sup>
Eucalyptus garden	1	Wet	30.33±0.85 <sup>a</sup>	14.33±1.53 <sup>a</sup>	3.33±0.58 <sup>a</sup>	77.11±0.91 <sup>a</sup>	2.26±0.06 <sup>b</sup>	9.00±1.00 <sup>a</sup>	1.93±0.12 <sup>a</sup>	5.10±0.61 <sup>a</sup>
		Dry	29.97±0.65 <sup>a</sup>	9.00±1.00 <sup>b</sup>	1.67±0.58 <sup>b</sup>	71.68±0.99 <sup>b</sup>	2.56±0.18 <sup>a</sup>	9.00±1.00 <sup>a</sup>	1.27±0.25 <sup>b</sup>	4.97±0.55 <sup>a</sup>
	2	Wet	30.73±1.23 <sup>a</sup>	13.67±4.04 <sup>a</sup>	4.00±1.00 <sup>a</sup>	78.06±0.20 <sup>a</sup>	2.30±0.80 <sup>a</sup>	7.33±0.58 <sup>a</sup>	1.53±0.61 <sup>a</sup>	4.67±0.58 <sup>a</sup>
		Dry	29.37±1.07 <sup>a</sup>	8.67±1.15 <sup>a</sup>	2.67±0.58 <sup>a</sup>	73.46±0.51 <sup>b</sup>	1.73±0.15 <sup>a</sup>	5.67±0.58 <sup>b</sup>	1.27±0.12 <sup>a</sup>	4.67±0.58 <sup>a</sup>
	3	Wet	31.93±1.72 <sup>a</sup>	18.67±1.15 <sup>a</sup>	5.33±1.53 <sup>a</sup>	74.84±2.54 <sup>a</sup>	2.07±0.85 <sup>a</sup>	9.67±1.53 <sup>a</sup>	1.83±0.47 <sup>a</sup>	6.43±0.40 <sup>a</sup>
		Dry	33.00±0.60 <sup>a</sup>	9.33±1.15 <sup>b</sup>	3.33±1.53 <sup>a</sup>	72.80±1.51 <sup>a</sup>	1.57±0.23 <sup>a</sup>	9.33±1.53 <sup>a</sup>	1.47±0.15 <sup>a</sup>	6.30±0.26 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความสูง จำนวนใบ จำนวนผล ความชื้น มวลชีวภาพ พื้นที่ใบทั้งหมด ความกว้างใบและความยาวใบของกระต่ายจามในฤดูฝนและฤดูแล้ง (ต่อ)

Study area	Sampling plot	Season	Shoot and Root Morphology				Leaf Morphology			
			Plant height (cm)	Number of leaves per tree	Number of inflorescences per tree	Moisture (%)	Biomass (g)	Total area (cm <sup>2</sup> )	Width (cm)	Long (cm)
Abandoned paddy field	1	Wet	29.53±0.46 <sup>a</sup>	15.33±2.52 <sup>a</sup>	2.00±1.00 <sup>a</sup>	75.06±5.47 <sup>a</sup>	1.06±0.04 <sup>a</sup>	4.33±0.58 <sup>a</sup>	1.07±0.06 <sup>a</sup>	3.83±0.67 <sup>a</sup>
		Dry	30.40±1.08 <sup>a</sup>	8.00±2.00 <sup>b</sup>	1.33±0.58 <sup>a</sup>	71.48±1.03 <sup>a</sup>	0.62±0.27 <sup>b</sup>	3.67±0.58 <sup>a</sup>	1.00±0.20 <sup>a</sup>	3.83±0.67 <sup>a</sup>
	2	Wet	32.77±1.30 <sup>a</sup>	12.67±1.15 <sup>a</sup>	1.67±1.15 <sup>a</sup>	77.28±1.06 <sup>a</sup>	2.17±1.13 <sup>a</sup>	8.33±1.53 <sup>a</sup>	1.90±0.10 <sup>a</sup>	5.33±1.31 <sup>a</sup>
		Dry	29.07±1.10 <sup>b</sup>	9.67±1.53 <sup>a</sup>	2.33±0.58 <sup>a</sup>	74.25±2.33 <sup>a</sup>	1.51±0.28 <sup>a</sup>	8.33±1.53 <sup>a</sup>	1.17±0.15 <sup>b</sup>	5.33±0.31 <sup>a</sup>
	3	Wet	31.13±1.40 <sup>a</sup>	12.00±2.00 <sup>a</sup>	1.33±0.58 <sup>b</sup>	77.69±1.45 <sup>a</sup>	2.21±0.79 <sup>a</sup>	6.67±1.53 <sup>a</sup>	1.60±0.00 <sup>a</sup>	5.43±0.51 <sup>a</sup>
		Dry	30.00±1.00 <sup>a</sup>	10.33±2.52 <sup>a</sup>	2.67±0.58 <sup>a</sup>	72.90±0.23 <sup>b</sup>	1.44±0.21 <sup>a</sup>	6.67±1.53 <sup>a</sup>	1.33±0.15 <sup>b</sup>	5.47±0.47 <sup>a</sup>
	4	Wet	31.20±1.61 <sup>a</sup>	15.33±2.31 <sup>a</sup>	1.33±0.58 <sup>b</sup>	79.13±1.12 <sup>a</sup>	3.22±0.93 <sup>a</sup>	6.33±1.53 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>	6.03±0.40 <sup>a</sup>
		Dry	30.00±1.00 <sup>a</sup>	10.33±2.52 <sup>a</sup>	3.33±0.58 <sup>a</sup>	69.25±1.72 <sup>b</sup>	1.76±0.10 <sup>a</sup>	6.33±1.53 <sup>a</sup>	1.27±0.25 <sup>b</sup>	5.90±0.17 <sup>a</sup>
Shrubus land	1	Wet	31.83±0.65 <sup>a</sup>	17.67±0.58 <sup>a</sup>	3.67±1.53 <sup>a</sup>	63.47±6.79 <sup>a</sup>	1.80±0.35 <sup>a</sup>	10.00±1.00 <sup>a</sup>	2.23±0.31 <sup>a</sup>	6.10±0.89 <sup>a</sup>
		Dry	27.20±4.94 <sup>a</sup>	10.33±1.53 <sup>b</sup>	3.33±1.53 <sup>a</sup>	65.89±1.50 <sup>a</sup>	1.37±0.15 <sup>a</sup>	8.67±2.08 <sup>a</sup>	1.17±0.25 <sup>b</sup>	6.00±0.78 <sup>a</sup>
	2	Wet	30.93±0.78 <sup>a</sup>	16.67±1.15 <sup>a</sup>	3.67±1.15 <sup>a</sup>	70.71±2.75 <sup>a</sup>	1.62±0.23 <sup>a</sup>	7.67±1.15 <sup>a</sup>	1.53±0.15 <sup>a</sup>	4.93±0.06 <sup>a</sup>
		Dry	30.80±0.36 <sup>a</sup>	11.67±1.53 <sup>b</sup>	2.67±0.58 <sup>a</sup>	68.27±3.75 <sup>a</sup>	0.84±0.10 <sup>b</sup>	5.67±1.15 <sup>a</sup>	1.17±0.06 <sup>b</sup>	4.97±0.06 <sup>a</sup>
	3	Wet	30.47±0.21 <sup>a</sup>	10.67±3.06 <sup>a</sup>	1.33±0.58 <sup>a</sup>	73.68±1.26 <sup>a</sup>	2.57±0.42 <sup>a</sup>	8.00±2.65 <sup>a</sup>	1.67±0.31 <sup>a</sup>	5.00±0.87 <sup>a</sup>
		Dry	29.97±0.57 <sup>a</sup>	10.00±2.00 <sup>a</sup>	1.67±1.15 <sup>a</sup>	69.82±7.10 <sup>b</sup>	1.08±0.07 <sup>b</sup>	7.33±1.53 <sup>a</sup>	1.23±0.21 <sup>a</sup>	4.83±0.59 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

#### 4.7.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสารชีวเคมีในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์สารชีวเคมี พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน น้ำตาลทั้งหมดและโพรลีนในฤดูฝนและฤดูแล้งส่วนมากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10) มีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอที่พบในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.36 \pm 0.05$ - $0.90 \pm 0.05$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.35 \pm 0.03$ - $0.45 \pm 0.25$  mg/g) ในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.17 \pm 0.00$ - $0.32 \pm 0.01$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.19 \pm 0.00$ - $0.33 \pm 0.01$  mg/g) ในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. ปริมาณคลอโรฟิลล์บีที่พบในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.18 \pm 0.00$ - $0.33 \pm 0.01$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.15 \pm 0.00$ - $0.21 \pm 0.01$  mg/g) ในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.12 \pm 0.01$ - $0.14 \pm 0.00$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.09 \pm 0.00$ - $0.19 \pm 0.00$  mg/g) ในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่พบในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.54 \pm 0.01$ - $1.22 \pm 0.00$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.51 \pm 0.00$ - $0.66 \pm 0.02$  mg/g) ในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในนิเวศวิทยานาข้าว ( $0.29 \pm 0.01$ - $0.47 \pm 0.01$  mg/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.28 \pm 0.00$ - $0.52 \pm 0.01$  mg/g) ในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. ปริมาณแอนโทไซยานินที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่างในฤดูฝน ( $2.23 \pm 0.96$ - $93.51 \pm 2.89$   $\mu$ g/g) มีปริมาณน้อยกว่าในฤดูแล้ง ( $22.27 \pm 1.93$ - $250.48 \pm 6.68$   $\mu$ g/g) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
5. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่พบในนิเวศวิทยานาร้างในฤดูฝน ( $115.30 \pm 0.50$ - $135.41 \pm 1.44$   $\mu$ g/g) มีปริมาณมากกว่าในฤดูแล้ง ( $49.19 \pm 0.21$ - $103.20 \pm 0.83$   $\mu$ g/g) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
6. ปริมาณโพรลีนที่พบในนิเวศวิทยาป่ายูคาลิปตัส ( $0.51 \pm 0.07$ - $0.76 \pm 0.04$   $\mu$ moles/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.32 \pm 0.05$ - $0.64 \pm 0.06$   $\mu$ moles/g) ในฤดูฝนมีปริมาณน้อยกว่านิเวศวิทยาป่ายูคาลิปตัส ( $0.79 \pm 0.08$ - $1.27 \pm 0.07$   $\mu$ moles/g) และป่าไม้ละเมาะ ( $0.80 \pm 0.13$ - $1.15 \pm 0.09$   $\mu$ moles/g) ในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน น้ำตาลที่ละลายได้ และโพรงสีในใบตูดฝนและตูดแห้ง

Study area	Sampling plot	Season	Total						
			Chlorophyll A (mg/g)	Chlorophyll B (mg/g)	Chlorophyll (mg/g)	Carotenoids (µg/g)	Anthocyanin (µg/g)	Total sugar (µg/g)	Proline (µmoles/g)
Paddy field	1	Wet	0.36±0.05 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.54±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>	38.41±2.89 <sup>b</sup>	109.97±0.17 <sup>a</sup>	0.70±0.08 <sup>b</sup>
		Dry	0.32±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	0.47±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>a</sup>	149.18±5.10 <sup>a</sup>	91.18±0.00 <sup>b</sup>	1.31±0.07 <sup>a</sup>
	2	Wet	0.57±0.18 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.76±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>	2.23±0.96 <sup>b</sup>	112.24±0.59 <sup>b</sup>	1.72±0.04 <sup>a</sup>
		Dry	0.19±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	0.33±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>a</sup>	180.35±8.84 <sup>a</sup>	122.81±0.32 <sup>a</sup>	0.83±0.07 <sup>b</sup>
	3	Wet	0.90±0.05 <sup>a</sup>	0.31±0.00 <sup>a</sup>	1.22±0.00 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	3.34±0.00 <sup>b</sup>	97.58±1.25 <sup>b</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>
		Dry	0.17±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.01 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	250.48±6.68 <sup>a</sup>	124.16±0.42 <sup>a</sup>	1.28±0.04 <sup>a</sup>
	4	Wet	0.67±0.01 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>	0.99±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	3.34±1.67 <sup>b</sup>	88.19±0.79 <sup>a</sup>	0.74±0.08 <sup>a</sup>
		Dry	0.17±0.00 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>	0.30±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	60.67±11.12 <sup>a</sup>	57.16±0.37 <sup>b</sup>	0.97±0.16 <sup>a</sup>
Eucalyptus garden	1	Wet	0.58±0.04 <sup>a</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	0.83±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	7.79±0.96 <sup>b</sup>	75.08±0.35 <sup>a</sup>	0.51±0.07 <sup>b</sup>
		Dry	0.14±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.24±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	153.63±12.04 <sup>a</sup>	59.61±0.74 <sup>b</sup>	0.79±0.08 <sup>a</sup>
	2	Wet	0.41±0.05 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.60±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>b</sup>	5.01±1.67 <sup>b</sup>	107.36±0.69 <sup>b</sup>	0.56±0.04 <sup>b</sup>
		Dry	0.15±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.25±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	86.83±13.36 <sup>a</sup>	124.29±0.18 <sup>a</sup>	1.06±0.06 <sup>a</sup>
	3	Wet	0.20±0.07 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.33±0.01 <sup>b</sup>	0.11±0.01 <sup>b</sup>	13.36±1.67 <sup>b</sup>	136.69±0.75 <sup>a</sup>	0.76±0.04 <sup>b</sup>
		Dry	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.23±0.02 <sup>a</sup>	0.52±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>	47.31±4.82 <sup>a</sup>	83.64±0.49 <sup>b</sup>	1.27±0.07 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b, ...</sup> แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน น้ำตาลที่ละลายได้ และโพรงสีในยอดฟางและยอดแห้ง (ต่อ)

Study area	Sampling plot	Season	Chlorophyll A		Chlorophyll B		Total Chlorophyll		Carotenoids (µg/g)	Anthocyanin (µg/g)	Total sugar (µg/g)	Proline (µmoles/g)
			(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)					
Abandoned paddy field	1	Wet	0.24±0.06 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	46.20±5.37 <sup>b</sup>	115.30±0.50 <sup>a</sup>	0.34±0.05 <sup>b</sup>			
		Dry	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.56±0.01 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	92.40±15.43 <sup>a</sup>	103.20±0.83 <sup>b</sup>	1.81±0.23 <sup>a</sup>			
	2	Wet	0.84±0.02 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>	1.13±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	11.69±2.89 <sup>b</sup>	135.41±1.44 <sup>a</sup>	0.76±0.04 <sup>b</sup>			
		Dry	0.17±0.00 <sup>b</sup>	0.11±0.00 <sup>b</sup>	0.27±0.00 <sup>b</sup>	0.13±0.00 <sup>b</sup>	50.10±10.02 <sup>a</sup>	49.19±0.21 <sup>b</sup>	1.25±0.12 <sup>a</sup>			
	3	Wet	0.52±0.03 <sup>a</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	0.70±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	10.02±0.00 <sup>b</sup>	131.52±0.92 <sup>a</sup>	0.75±0.08 <sup>b</sup>			
		Dry	0.15±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	22.27±1.93 <sup>a</sup>	52.07±1.12 <sup>b</sup>	1.25±0.03 <sup>a</sup>			
	4	Wet	0.25±0.06 <sup>a</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.33±0.00 <sup>b</sup>	0.08±0.00 <sup>b</sup>	15.03±4.42 <sup>b</sup>	118.24±1.92 <sup>a</sup>	1.32±0.04 <sup>a</sup>			
		Dry	0.25±0.01 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	80.15±8.84 <sup>a</sup>	72.48±0.83 <sup>b</sup>	1.09±0.05 <sup>b</sup>			
Shrubus land	1	Wet	0.40±0.07 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	25.60±0.96 <sup>b</sup>	68.74±0.75 <sup>a</sup>	0.64±0.06 <sup>b</sup>			
		Dry	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	63.46±4.42 <sup>a</sup>	67.95±0.59 <sup>a</sup>	0.94±0.04 <sup>a</sup>			
	2	Wet	0.35±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.00 <sup>a</sup>	0.51±0.00 <sup>a</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>	93.51±2.89 <sup>b</sup>	93.30±0.33 <sup>a</sup>	0.38±0.07 <sup>b</sup>			
		Dry	0.33±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	0.46±0.00 <sup>b</sup>	0.18±0.00 <sup>a</sup>	121.35±10.74 <sup>a</sup>	70.22±0.92 <sup>b</sup>	1.15±0.09 <sup>a</sup>			
	3	Wet	0.45±0.25 <sup>a</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>	11.13±0.96 <sup>b</sup>	79.86±0.10 <sup>a</sup>	0.32±0.05 <sup>b</sup>			
		Dry	0.33±0.01 <sup>b</sup>	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.52±0.01 <sup>b</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	166.99±14.56 <sup>a</sup>	75.18±0.00 <sup>b</sup>	0.80±0.13 <sup>a</sup>			

หมายเหตุ : n=3, mean±S.D. <sup>a, b</sup>... แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม (p-value <0.05) ในจุดเดียวกัน

#### 4.7.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยา

ผลการศึกษาค่าองค์ประกอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยา โดยวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยการจัดองค์ประกอบเชิงสำรวจแบบ PCA มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

**1. การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูฝน** พบว่าเมื่อกำหนดองค์ประกอบให้มี 3 องค์ประกอบ ที่มีค่า eigenvalues มากกว่า 1 พบมีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 69.48% (ตารางที่ 4.11) เมื่อหมุนแกนปัจจัยเพื่อให้ผลรวมความแปรปรวนของน้ำหนักแต่ละองค์ประกอบมีค่าสูงที่สุดแล้วนำมาพล็อตกราฟ 3 มิติ และคงค่าความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดไว้ที่ 69.48% (ภาพที่ 4.9) มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 32.80% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ปริมาณแคลเซียม ความสูงต้น มวลชีวภาพ พื้นที่ใบ ความกว้างใบและความยาวใบ โดยมีความสูงต้น พื้นที่ใบ ความกว้างใบและความยาวใบมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนความชื้นดิน แคลเซียมและมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ในทางลบ

องค์ประกอบที่ 2 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 20.07% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คลอไรด์และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยมีความสัมพันธ์ในทางบวก

องค์ประกอบที่ 3 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 16.61% ประกอบด้วย ความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ แคลเซียมและมวลชีวภาพ โดยความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุและแคลเซียมมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ในทางลบ

**2. การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูแล้ง** พบว่าเมื่อกำหนดองค์ประกอบให้มี 3 องค์ประกอบ ที่มีค่า eigenvalues มากกว่า 1 พบมีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 75.14% (ตารางที่ 4.12) เมื่อหมุนแกนปัจจัยเพื่อให้ผลรวมความแปรปรวนของน้ำหนักแต่ละองค์ประกอบมีค่าสูงที่สุดแล้วนำมาพล็อตกราฟ 3 มิติ และคงค่าความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดไว้ที่ 75.14% (ภาพที่ 4.10) มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 32.99% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียม โซเดียม คลอไรด์และเหล็ก โดยมีความชื้นดิน ค่าการนำไฟฟ้า โซเดียม คลอไรด์และเหล็กมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนแคลเซียมมีความสัมพันธ์ในทางลบ



องค์ประกอบที่ 2 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 28.75% ประกอบด้วย ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณคลอไรด์ มวลชีวภาพ พื้นที่ใบ ความกว้างใบและความยาวใบมีความสัมพันธ์ในทางบวก

องค์ประกอบที่ 3 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 13.41% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ปริมาณแคลเซียม โขเดียม คลอไรด์และมวลชีวภาพ โดยความชื้นดิน แคลเซียม โขเดียมและคลอไรด์มีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนมวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ในทางลบ

**ตารางที่ 4.11** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัญญาณวิทยาในฤดูฝน โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

Variables	Principal Component		
	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	3.94	2.41	1.99
Initial eigenvalues % of Variance	32.80	20.07	16.61
Cumulative %	32.80	52.87	69.48
-----Rotated Component Matrix <sup>a</sup> -----			
Moisture soil	-0.609	0.539	
pH	-0.153		0.879
ECe	0.202	0.865	-0.169
OM		0.562	0.537
Ca <sup>2+</sup>	-0.401	0.231	0.716
Cl <sup>-</sup>	-0.144	0.882	
avai. P		0.572	0.149
Plant height	0.749		
Biomass	-0.369		-0.790
Leaf area	0.861	-0.140	
Leaf width	0.894		
Leaf long	0.704		-0.390

**Note:** Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

<sup>a</sup>. Rotation converged in 4 iterations.

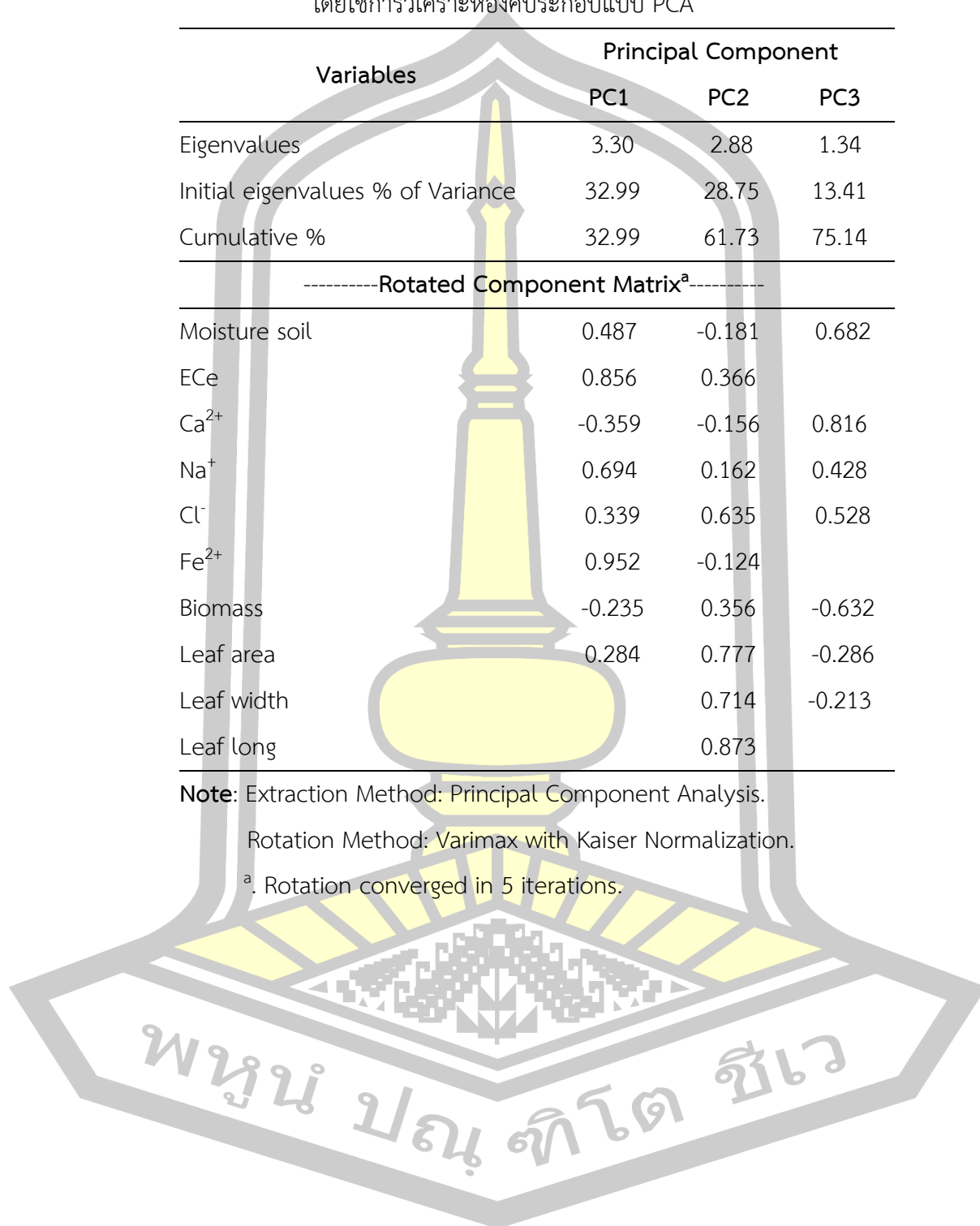
ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสัญญาณวิทยาในฤดูแล้ง  
โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

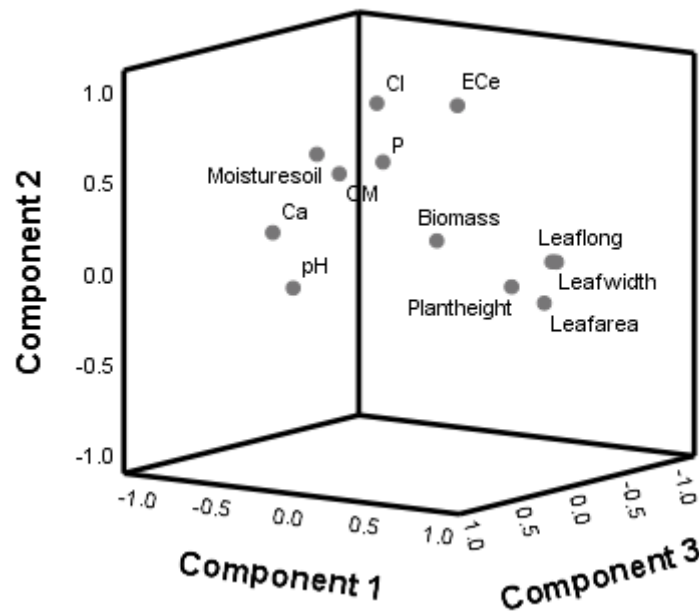
Variables	Principal Component		
	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	3.30	2.88	1.34
Initial eigenvalues % of Variance	32.99	28.75	13.41
Cumulative %	32.99	61.73	75.14
-----Rotated Component Matrix <sup>a</sup> -----			
Moisture soil	0.487	-0.181	0.682
ECe	0.856	0.366	
Ca <sup>2+</sup>	-0.359	-0.156	0.816
Na <sup>+</sup>	0.694	0.162	0.428
Cl <sup>-</sup>	0.339	0.635	0.528
Fe <sup>2+</sup>	0.952	-0.124	
Biomass	-0.235	0.356	-0.632
Leaf area	0.284	0.777	-0.286
Leaf width		0.714	-0.213
Leaf long		0.873	

**Note:** Extraction Method: Principal Component Analysis.

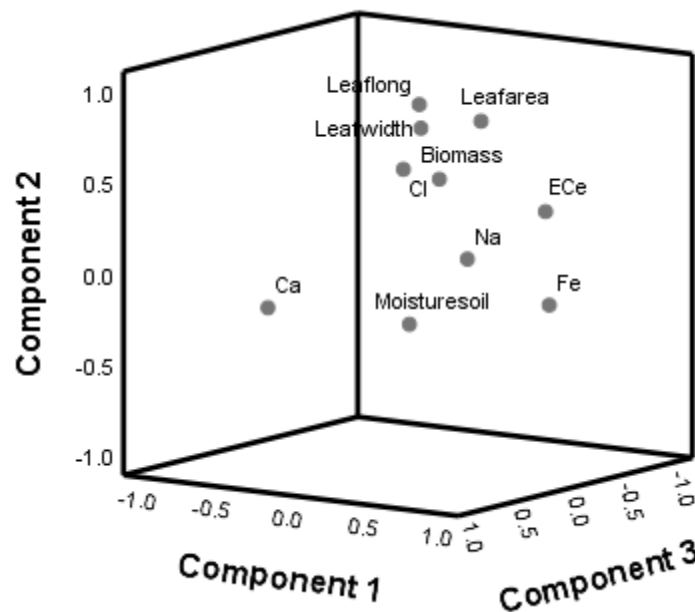
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

<sup>a</sup>. Rotation converged in 5 iterations.





ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูฝน โดยมีความสูงต้น พื้นที่ใบ ความกว้างใบและความยาวใบมีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่สูง (0.704-0.894) เมื่อใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสัณฐานวิทยาในฤดูแล้ง โดยมีเหล็ก ค่าการนำไฟฟ้าและโซเดียมมีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่สูง (0.694-0.952) เมื่อใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

#### 4.7.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับชีวเคมี

ผลการศึกษารวบรวมองค์ประกอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างระหว่างสมบัติดินกับชีวเคมี โดยวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยการจัดองค์ประกอบเชิงสำรวจแบบ PCA มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

**1. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินกับชีวเคมีในฤดูฝน** พบว่าเมื่อกำหนดองค์ประกอบให้มี 3 องค์ประกอบ ที่มีค่า eigenvalues มากกว่า 1 พบมีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 76.39% (ตารางที่ 4.13) เมื่อหมุนแกนปัจจัยเพื่อให้ผลรวมความแปรปรวนของน้ำหนักแต่ละองค์ประกอบมีค่าสูงที่สุดแล้วนำมาพล็อตกราฟ 3 มิติ และคงค่าความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดไว้ที่ 76.39% (ภาพที่ 4.11) มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบหลักที่ 1 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 32.57% ประกอบด้วย ปริมาณคลอไรด์ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและแคโรทีนอยด์ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและแคโรทีนอยด์มีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนปริมาณคลอไรด์มีความสัมพันธ์ในทางลบ

องค์ประกอบหลักที่ 2 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 28.42% ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืชและน้ำตาลทั้งหมด โดยความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืชและน้ำตาลทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนปริมาณโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์ในทางลบ

องค์ประกอบหลักที่ 3 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 15.41% ประกอบด้วย ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณโพแทสเซียม คลอไรด์และฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืชที่มีความสัมพันธ์ในทางบวก

**2. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินกับชีวเคมีในฤดูแล้ง** พบว่าเมื่อกำหนดองค์ประกอบให้มี 3 องค์ประกอบ ที่มีค่า eigenvalues มากกว่า 1 พบมีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 78.13% (ตารางที่ 4.14) เมื่อหมุนแกนปัจจัยเพื่อให้ผลรวมความแปรปรวนของน้ำหนักแต่ละองค์ประกอบมีค่าสูงที่สุดแล้วนำมาพล็อตกราฟ 3 มิติ และคงค่าความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดไว้ที่ 78.13% (ภาพที่ 4.12) มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบหลักที่ 1 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 29.42% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณแคลเซียม คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์และโปรตีนที่มีความสัมพันธ์ในทางบวก

องค์ประกอบหลักที่ 2 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 25.24% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียม เหล็ก น้ำตาล ทั้งหมดและโพรลีน โดยความชื้นดิน ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณเหล็กมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณแคลเซียม น้ำตาลทั้งหมดและโพรลีนมีความสัมพันธ์ในทางลบ

องค์ประกอบหลักที่ 3 มีความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมด 21.76% ประกอบด้วย ความชื้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณแคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานินและน้ำตาลทั้งหมด โดยแคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานินและโพรลีนมีความสัมพันธ์ในทางบวก ส่วนความชื้นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรด - ด่างมีความสัมพันธ์ในทางลบ

**ตารางที่ 4.13** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูฝน  
โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

Variables	Principal Component		
	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	2.93	2.56	1.39
Initial eigenvalues % of Variance	32.57	28.42	15.41
Cumulative %	32.57	60.99	76.39
-----Rotated Component Matrix <sup>a</sup> -----			
Bulk density		0.701	
ECe		-0.277	0.878
K <sup>+</sup>	-0.140	-0.723	0.350
Cl <sup>-</sup>	-0.334	-0.130	0.834
avai. P		0.612	0.627
Chlorophyll A	0.946		
Chlorophyll B	0.959		-0.159
Carotenoids	0.659	-0.494	-0.126
Total sugar	-0.178	0.826	

**Note:** Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

<sup>a</sup>. Rotation converged in 5 iterations.

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูแล้ง  
โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

Variables	Principal Component		
	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	3.24	2.78	2.39
Initial eigenvalues % of Variance	29.42	25.24	21.76
Cumulative %	29.42	54.67	76.43
-----Rotated Component Matrix <sup>a</sup> -----			
Moisture soil	0.635	0.397	-0.374
Bulk density	0.153	-0.521	-0.617
pH	0.380	0.113	-0.637
ECe		0.875	-0.121
Ca <sup>2+</sup>	0.686	-0.475	-0.208
Fe <sup>2+</sup>	0.198	0.903	
Chlorophyll A	0.914		
Carotenoids	0.757		0.549
Anthocyanin		0.135	0.869
Total sugar	0.154	-0.345	0.807
Proline	0.577	-0.663	-0.168

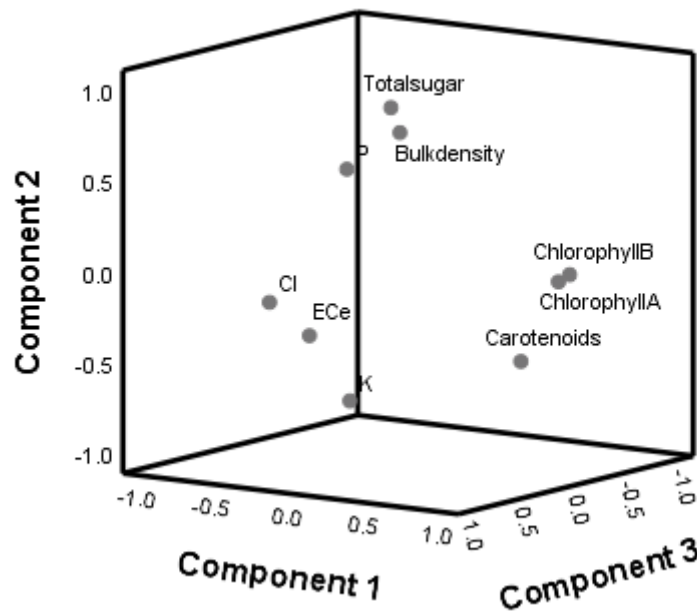
**Note:** Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

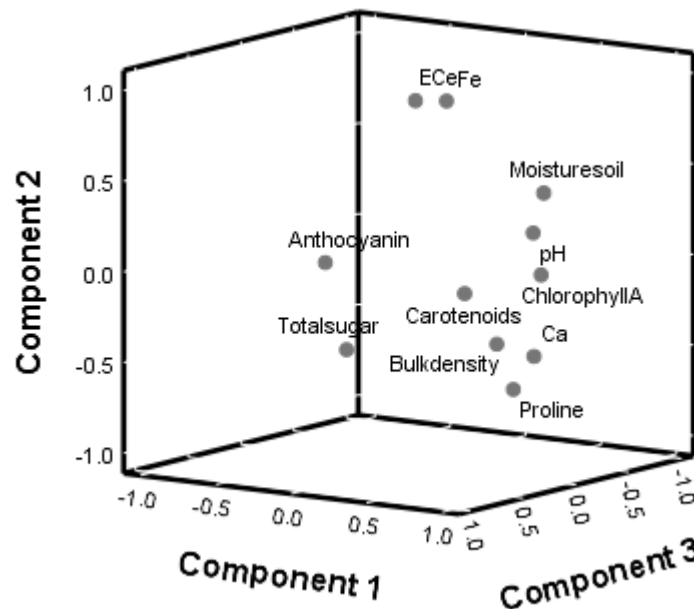
<sup>a</sup>. Rotation converged in 6 iterations.

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ





ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูฝน โดยมีคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและแคโรทีนอยด์มีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่สูง (0.659-0.959) เมื่อใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายตัวแปรระหว่างสมบัติดินกับสารชีวเคมีในฤดูแล้ง โดยมีความชื้นดิน แคลเซียม คลอโรฟิลล์เอ และแคโรทีนอยด์มีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่สูง (0.635-0.914) เมื่อใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ PCA

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

#### 5.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาทางด้านลำต้น ใบ ดอกและผล มีความสอดคล้องกับรายงานของ Santisuk & Larsen (1990) ที่รายงานพรรณพฤกษชาติที่พบในประเทศไทย รายงานของ World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) ที่รายงานพืชสมุนไพรในประเทศเวียดนามและรายงานของ Ye et al. (2022) รายงานด้วยาจีนที่พบได้ทั่วไปในพืชในวงศ์ต่างๆ รวมทั้งกระต่ายจามในวงศ์วงศ์มณเฑียรทอง (Scrophulariaceae) ที่เป็นวงศ์เดิม ลักษณะทางสัณฐานวิทยาทางด้านลำต้น ใบ ดอก ผล เซลล์ขนและขนต่อม สอดคล้องกับรายงานของ Hooker (1885) ที่รายงานพรรณพฤกษชาติที่พบในบริติชราชอินเดียน รายงานของ Jayaweera (1982) ที่รายงานพืชสมุนไพรที่ใช้ในประเทศศรีลังกาและรายงานของ Wu & Raven (1998) ที่รายงานพรรณพฤกษชาติที่พบในประเทศจีน และลักษณะทางสัณฐานวิทยาทางด้านลำต้น ดอกและผล มีความสอดคล้องกับรายงานของ Lemmens & Bunyapraphatsara (2003) ที่รายงานทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้กระต่ายจามยังมีกลิ่นคล้ายการบูรในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ ใบประดับและกลีบเลี้ยง เนื่องจากมีขนต่อม (Hooker, 1885; Jayaweera, 1982; Wu & Raven, 1998) ที่สามารถผลิตและสะสมน้ำมันหอมระเหยเช่นเดียวกันกับพืชวงศ์กระเพรา (Jia et al., 2012; Svidenko et al., 2018) โดยน้ำมันหอมระเหยของกระต่ายจามมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย ด้านการอักเสบ (Ji & Pu, 1985; Zeng et al., 2013) และมีฤทธิ์ในการไล้ยุง นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยของกระต่ายจามยังมีการทดสอบเพื่อรักษาโรคที่เกิดจากยุง (Sidi et al., 2019)

กระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม (ภาพที่ 3.1) มีความผันแปรของลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยเป็นลักษณะที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย ด้านลักษณะลำต้น ได้แก่ ความสูง การแตกกิ่งและสีของลำต้น ด้านลักษณะใบ ได้แก่ พื้นที่ใบ รูปร่างใบและสีของใบ และด้านลักษณะช่อดอกและดอก ได้แก่ ความยาวของช่อดอกและสีของดอก ซึ่งอาจเกิดจากความผันแปรที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความชื้นและปริมาณธาตุอาหารในดิน ที่ไม่เหมาะสมหรือไม่สมดุล (Dalle Fratte et al., 2019) รวมทั้งความเค็มของดิน (ตารางที่ 4.2) ทำให้พืชมีการตอบสนอง โดยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมแทบอลิซึมและปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม (Ceyhan et al., 2012) ทำให้ลักษณะของพืชมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม (Macri et al., 2021) เช่นเดียวกับรายงานของสันติ สายสุวรรณ และฉันทนา สุวรรณธาดา (2551) ได้ศึกษากล้วยไม้ดิน

เอื้องน้ำตัน (*Calanthe cardioglossa* Schltr.) ที่มีการเจริญเติบโตในระดับความสูงเหนือน้ำทะเลที่แตกต่างกัน (800, 1,000 และ 1,200 เมตร) พบมีความผันแปรของลักษณะดอก ใบ และลำลูกกล้วย และรายงานของ Macri et al. (2021) ได้ศึกษาไม้ล้มลุกชนิด *Lilium pomponium* ที่บริเวณชายทะเลและเทือกเขาแอลป์ของแคว้นลิกูเรีย ประเทศอิตาลี พบมีความผันแปรของลักษณะดอกที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และความผันแปรของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม ยังไม่เพียงพอต่อการระบุชนิดหรือระดับต่ำกว่าชนิด เนื่องจากมีลักษณะที่สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ (ภาพที่ 4.1-4.4) เช่นเดียวกับรายงานของ Thanh et al. (2021) ได้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระต่ายจามใน 6 จังหวัด ของประเทศเวียดนามด้วย ISSR Markers พบพันธุกรรมของกระต่ายจามมีค่า Jaccard's coefficient อยู่ในช่วง 50-100% และพันธุกรรมระหว่างประชากรมีความคล้ายคลึงกันสูงถึง 80% ส่งผลให้ความผันแปรของลักษณะทางพันธุกรรมของกระต่ายจามที่พบในประชากรและระหว่างประชากรในประเทศเวียดนามมีความผันแปรทางพันธุกรรมที่ต่ำ

## 5.2 กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้น

จากผลการศึกษากายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบเบื้องต้นของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า รูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของกระต่ายจามมี 1 แบบ (ภาพที่ 4.5B และภาพที่ 4.6B) คือรูปร่างเซลล์ที่ไม่แน่นอน โดยมีความเหมือนกับพืชในสกุล *Plantago* ที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน มีการศึกษาในประเทศปากีสถาน จำนวน 17 ชนิด บางชนิดมีรูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวที่ไม่แน่นอน (Bahadar et al., 2018) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในประเทศบัลแกเรีย จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Plantago media*, *Plantago major* และ *Plantago lanceolata* (Lukova et al., 2018) มีความเหมือนกับพืชในวงศ์เทียนเกล็ดหอย ชนิด *Veronica anagallis-aquatica* L ที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน (Butt et al., 2021) และพืชในวงศ์ขี้เหล็กเพรา (Lamiaceae) ชนิด *Mentha x gracilis* Sole ที่อยู่ในอันดับเดียวกัน (Pegoraro et al., 2011) พบมีรูปร่างเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวที่ไม่แน่นอน

บริเวณที่พบและรูปแบบของปากใบของกระต่ายจามที่มีปากใบทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นใบ (amphistomatic type) และมีรูปแบบของปากใบเป็นแบบแอนอโมไซติก (ภาพที่ 4.5B และภาพที่ 4.6B) ซึ่งมีความเหมือนกับพืชในสกุล *Plantago* จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ *P. amplexicaulis*, *P. depressa*, *P. stocksii*, *P. exigua*, *P. ciliate*, *P. major*, *P. media*, *P. australis*, *P. lanceolata* และ *P. catharinea* (Bahadar et al., 2018; Lukova et al., 2018; Mesquita et al., 2017) และพืชชนิด *Veronica anagallis-aquatica* L (Butt et al., 2021)

ลักษณะเซลล์ขนและขนต่อมของกระต่ายจาม เซลล์ขนประกอบด้วย 3-4 เซลล์ เรียงต่อกัน เป็นแถวเดี่ยวส่วนปลายแหลม (ภาพที่ 4.5C-D และภาพที่ 4.6C) และขนต่อมมี 2 แบบ ได้แก่ ขนรูป โไล่และขนแคบปีเตต (ภาพที่ 4.6D) โดยเซลล์ขนมีความเหมือนกับเซลล์ขนในสกุล *Plantago* จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *P. media*, *P. major* และ *P. lanceolata* (Lukova et al., 2018) และสกุล *Leucas* และสกุล *Colquhounia* ในวงศ์กะเพรา (Hu et al., 2012; Mannethody & Sunojkumar, 2018) ส่วนขนต่อมรูปโไล่และขนต่อมแคบปีเตตมีความคล้ายกับในพืชวงศ์กะเพราที่สามารถผลิตและสะสม น้ำมันหอมระเหย เมื่อขนต่อมแตกจะปล่อยน้ำมันหอมระเหยออกมา (Jia et al., 2012; Svidenko et al., 2018) เช่นเดียวกับพืชชนิด *Dracocephalum moldavica* L. ในวงศ์กะเพราที่พบขนต่อม 2 แบบนี้ที่ใบพืชเช่นกัน (Dmitruk et al., 2019)

### 5.3 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจาม

จากผลการศึกษาวัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า การเติบโตและ พัฒนาการของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็มมีครบ 3 ระยะ (ภาพที่ 4.7) ได้แก่ การเติบโตและ พัฒนาการทางด้านของลำต้น การเติบโตและพัฒนารทางด้านเซลล์สืบพันธุ์ และการแก่และการร่วง (ลิลลี่ กาวีตะ และคณะ, 2556) โดยช่วงการเติบโตและพัฒนารทางด้านเซลล์สืบพันธุ์ในพื้นที่ดิน เค็มสอดคล้องกับรายงานของ Jayaweera (1982) ที่รายงานการออกดอกของกระต่ายจามในช่วง เดือนพฤศจิกายน รายงานของ Wu & Raven (1998) รายงานของ Kumar et al. (2020) และ รายงานของ Ye et al. (2022) ที่รายงานการออกดอกและติดผลของกระต่ายจามในช่วงเดือน กันยายน - พฤศจิกายน ส่วนรายงานของ World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) รายงานช่วงเวลาออกดอกของกระต่ายจามอยู่ในช่วงเดือนเมษายน - กรกฎาคม ซึ่งเร็วกว่าเวลาออกดอกในพื้นที่ดินเค็มที่ศึกษา

กระต่ายจามที่เจริญในพื้นที่ดินเค็มมีช่วงเวลาการเกิดที่เฉพาะ คือ ระหว่างเดือนกรกฎาคม - กุมภาพันธ์ เนื่องจากในช่วงเดือนมีนาคม - มิถุนายน ดินยังมีความเค็มสูง สามารถสังเกตได้จากการ ปรากฏคราบเกลือบนผิวดินที่มีตั้งแต่ร้อยละ 1% จนถึงมากกว่า 50% ของพื้นที่ (พิชัย วิชัยดิษฐ, 2540) และอุณหภูมิของอากาศที่สูง โดยความเค็มมีผลให้เกิดการยับยั้งการงอกของเมล็ดหรือทำให้ ระยะเวลาที่ใช้ในการงอกของเมล็ดนานมากกว่าปกติ รวมทั้งกระทบต่อพัฒนาการของพืช (กิตติพัฒน์ จุลพงษ์ และคณะ 2558; จุฑามาส พิภทองพรรณ, 2559; Cirka et al., 2021; Pavli et al., 2021) จึงไม่พบกระต่ายจามในช่วงเวลาดังกล่าว เมื่อถึงเดือนกรกฎาคมในช่วงฝนตก คราบเกลือบนผิวดินจะ ถูกชะล้างด้วยน้ำฝนเช่นเดียวกันกับการชะล้างเกลือ (salt leaching) ในการแก้ไขปรับปรุงดินเค็ม (อรุณี ยูวะนิม, 2546) ทำให้ดินมีความเค็มลดลงและพืชสามารถเจริญเติบโตได้ และเมื่อเข้าสู่เดือน ธันวาคมความเค็มของดินเริ่มสูงขึ้น กระต่ายจามจะเริ่มตายแล้วทิ้งเมล็ดให้รอสภาวะที่เหมาะสมต่อ

การงอกและการเจริญเติบโต คาดว่ากระต่ายจามมีการตอบสนองต่อความเครียด โดยการปรับวัฏจักรชีวิตเพื่อหนีสภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (ยงยุทธ โอสดสภา, 2559) นอกจากนี้ในสภาวะที่เหมาะสมกระต่ายจามสามารถงอกเมล็ดนอกฤดูกาลข้างต้นที่กล่าวมาได้

#### 5.4 นิเวศวิทยาในพื้นที่ดินเค็ม

จากผลการศึกษา นิเวศวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า นิเวศวิทยาเป็นที่โล่งจนถึงร่มรื่นที่มีพืชวงศ์หญ้า (Poaceae หรือ Gramineae) เป็นพืชชั้นล่างและไม่เป็นพื้นที่เกิดน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน (ภาพที่ 4.8) โดยมีความชื้นดินอยู่ในช่วง 5-20% (ตารางที่ 4.7) เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน (ตารางที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารรายงานของ Hooker (1885) ที่รายงานนิเวศวิทยาเป็นนาข้าว รายงานของ Santisuk & Larsen (1990) ที่รายงานนิเวศวิทยาเป็นนาข้าว ป่าผลัดใบและสนามหญ้า รายงานของ Wu & Raven (1998) ที่รายงานนิเวศวิทยาเป็นบริเวณที่แห้งแล้ง ภูเขาบริเวณที่แห้ง ริมลำธารและนาข้าว และรายงานของ Lemmens & Bunyapraphatsara (2003) ที่รายงานนิเวศวิทยาเป็นป่าผลัดใบ สนามหญ้า นาข้าวและริมลำน้ำ และรายงานของ Ye et al. (2022) ที่รายงานนิเวศวิทยาเป็นบริเวณที่แห้งแล้ง ภูเขาบริเวณที่แห้ง ริมลำธารและนาข้าว

กระต่ายจามที่เจริญเติบโตในนิเวศวิทยาที่มีการปรากฏคราบเกลือสีขาวบนผิวดิน โดยพบกระต่ายจามเกิดปะปนกับพืชวงศ์หญ้า อาจเนื่องจากวงศ์หญ้าจะช่วยในการคลุมหน้าดินเพื่อรักษาความชื้นดิน ป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มและลดการสะสมเกลือที่ดินชั้นบน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558; อรุณี ยูวะนิยม, 2546) ทำให้กระต่ายจามเจริญใกล้บริเวณที่ปรากฏคราบเกลือบนผิวดินได้ (ภาพที่ 5.1)



ภาพที่ 5.1 นิเวศวิทยาที่ปรากฏคราบเกลือบนผิวดินในพื้นที่ดินเค็มของกระต่ายจาม



### 5.5 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

จากผลการตรวจสอบสารพิษเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า สารพิษเคมีของกระต่ายจามมีความสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าของ World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (1990) ที่รายงานสารพิษเคมี 5 กลุ่ม ได้แก่ คูมารินส์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน กรดฟีนอลิก และไทรเทอร์พีนอยด์ และรายงานของ Wang et al. (2021) ที่รายงานสารพิษเคมีของสกุล *Adenosma* ที่พบมาก 3 กลุ่ม ได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และเทอร์พีนอยด์ นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้พบสารพิษเคมีเพิ่มเติม 3 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ แทนนินและแอนทราควิโนน

การใช้น้ำกลั่นและเอทานอล 80% ในการสกัดสารสำคัญ เมื่อนำมาตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นพบสารในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากน้ำและเอทานอล 80% มีความมีขั้วของสารละลายใกล้เคียงกัน คือ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว (polar solvents) และเอทานอล 80% เป็นตัวทำละลายกึ่งมีขั้ว (semi-polar solvents) (วิภาวรรณ นีละพงษ์ และคณะ, 2561; Fonmboh et al., 2020 และ Pandey & Tripathi, 2014) นอกจากนี้ส่วนรากกระต่ายจามมีการศึกษาและนำไปเป็นส่วนผสมของยาต้มเพื่อผลิตเป็นยาต้มสมุนไพร (Vorravongpitak et al., 2022) ส่วนใบกระต่ายจามได้รับการทดสอบการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากใบที่สกัดจากน้ำด้วยหอยน้ำจืดชนิด *Indoplanorbis exustus* พบไม่มีความเป็นพิษต่อหอยชนิดนี้ (สุธรรม อารีกุล, 2551) และมีการใช้ทั้งต้นต้มกินแก้เวียนศีรษะ (สุกิจ ทองแบน และวาสนา ประภาเลิศ, 2552)

### 5.6 การวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ

จากผลการวิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุต่างๆ ในกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในดินไม่เค็มและดินเค็มจนถึงระยะการแก่และการร่วง พบว่า มีการสะสมโซเดียมในราก ลำต้น ใบและผลในปริมาณมากเกินความจำเป็นของธาตุเสริมประโยชน์ เนื่องจากดินไม่เค็มและดินเค็มมีโซเดียมสะสมอยู่ ( $1.08 \pm 0.31$  และ  $1.98 \pm 0.41$  g/kg ตามลำดับ) พืชจึงมีการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งโซเดียมเข้าไปในเซลล์ราก โดยโซเดียมจะเข้ามาในเซลล์รากผ่านช่องทาง NSCC (glutamate receptor-like (GLRs) channels หรือ cyclic nucleotide-gated (CNGCs) และ high-affinity  $K^+$  transporters (HKT2) (Assaha et al., 2017; Zhao et al., 2020) แล้วจะมีการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆ ขึ้นสู่ลำต้นเหนือดินผ่านไซเล็มและมีการสะสมไว้ในลำต้น ใบและผล (ตารางที่ 4.2) เมื่อพืชมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่มากจะทำให้เกิดความเครียดและส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโต โดยเฉพาะส่วนของแผ่นใบที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญอย่างคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งโซเดียมจะ

ทำให้คลอโรพลาสต์เกิดความเครียดแล้วส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากโซเดียมมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ทำลายเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ มีผลต่อลูกโซ่ขนส่งอิเล็กตรอน เปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์และเปลี่ยนแปลงรูปแบบวัฏจักรคลอโรฟิลล์ (Assaha et al., 2017; Hameed et al., 2021; Zhao et al., 2020) ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบของโซเดียมต่อแผ่นใบ พืชมีการควบคุมปริมาณโซเดียมในไซเล็ม มีการดึงโซเดียมออกจากไซเล็มและนำโซเดียมที่สะสมอยู่ในใบลำเลียงไปยังโพลีเอมพร้อมกับน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Zhao et al., 2020) เช่นเดียวกับกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในดินเค็มที่มีปริมาณโซเดียมสะสมในใบ ( $0.63 \pm 0.30$  g/kg) มีค่าน้อยกว่าส่วนของลำต้นและผล ( $0.77 \pm 0.24$  และ  $0.94 \pm 0.32$  g/kg ตามลำดับ) แต่ไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เพื่อที่จะตอบสนองต่อความเครียดเค็มกระต่ายจามจึงมีการสะสมแคลเซียมไว้ในส่วนต่างๆ โดยเฉพาะสะสมไว้ในใบและผลของต้นที่เจริญในดินไม่ดินเค็ม ( $0.36 \pm 0.05$  และ  $0.25 \pm 0.04$  g/kg ตามลำดับ) และดินเค็ม ( $0.24 \pm 0.11$  และ  $0.18 \pm 0.02$  g/kg ตามลำดับ) เนื่องจากสภาวะเครียดเค็มในพืชทำให้เกิดความเครียดออสโมติกและความเครียดจากการสะสมไอออนที่เป็นพิษแล้วทำให้โพแทสเซียมรั่วออกจากเซลล์ พืชจึงมีการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในไซโตซอลของเซลล์ เพื่อเป็นสัญญาณเริ่มต้นของกลไกในการตอบสนองต่อความเครียดเค็มและสัญญาณแคลเซียมจะจับกับ  $Ca^{2+}$  sensor protein ที่มีความจำเพาะต่อเซลล์เป้าหมาย และอาศัยกลไก SOS ในการทนเค็มและปกป้องเซลล์ (Assaha et al., 2017; Zhao et al., 2020; Zhao et al., 2021)

การสะสมปริมาณโพแทสเซียมและการรักษาอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมของกระต่ายจาม โดยเฉพาะผลมีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดทั้งในต้นที่เจริญในดินไม่ดินเค็มและดินเค็ม ( $0.21 \pm 0.05$  และ  $0.12 \pm 0.02$  g/kg ตามลำดับ) เช่นเดียวกับอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมในผลที่มีอัตราส่วนมากที่สุดทั้งต้นที่เจริญในดินไม่ดินเค็มและดินเค็ม ( $0.35 \pm 0.11$  และ  $0.13 \pm 0.02$  ตามลำดับ) เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ การควบคุมออสโมซิสและรักษาสมดุลของเซลล์ (ยงยุทธ โอสดสภา, 2560) พืชที่เจริญในดินที่มีโซเดียมสะสมอยู่ โซเดียมจะแข่งขันกับโพแทสเซียมเข้าสู่เซลล์ราก ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมและอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมในเซลล์ลดลง พืชจึงต้องมีการตอบสนองและพยายามปรับปริมาณโพแทสเซียมและอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมให้สูงขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดการตายของเซลล์ โดยอาศัยกลไก SOS ในการขับโซเดียมออกจากเซลล์และเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมเข้ามาในเซลล์ เพื่อที่พืชจะสามารถทนต่อความเครียดได้ (Assaha et al., 2017; Zhao et al., 2021)



## 5.7 อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของฤดูกาลต่อสมบัติดิน สัณฐานวิทยาและสารชีวเคมีในฤดูฝน และฤดูแล้งของกระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า ฤดูฝนกระต่ายจามมีการเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นดินไม่มาก โดยอยู่ระหว่าง  $8.45 \pm 0.27 - 21.23 \pm 0.37\%$  (ตารางที่ 4.7) เนื่องจากบริเวณที่น้ำท่วมขังมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินทางกายภาพและเคมี โดยมีผลต่อการไหลเวียนของอากาศในดินแล้วอาจทำให้รากพืชขาดออกซิเจน จึงส่งผลกระทบต่อการหายใจและการดูดซึมแร่ธาตุ (Sharma et al., 2021) รวมทั้งมีการชะล้างเกลือบริเวณหน้าดินมาพร้อมกับน้ำ ซึ่งดูได้จากในพื้นที่ราบต่ำที่พบมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าในฤดูแล้ง (ตารางที่ 4.8) อาจส่งผลให้พืชเกิดความเครียดจากน้ำท่วมขังและความเค็ม (ยงยุทธ โอสภสภา, 2559) และอย่างไรก็ตามในฤดูฝนกระต่ายจามมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีในปริมาณที่มากกว่าในฤดูแล้ง ทำให้พืชมีแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในกลไกต้านความเครียดเค็ม (ตารางที่ 4.10) เนื่องจากคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหลักของระบบแสง (photosystems) (Pareek et al., 2017) โดยคลอโรฟิลล์เอเป็นรงควัตถุสำคัญ (primary pigment) ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีสีเขียวอมน้ำเงินและดูดซับพลังงานแสงในช่วง 430-662 นาโนเมตร ส่วนคลอโรฟิลล์บีเป็นรงควัตถุประกอบ (accessory pigment) ทำหน้าที่ในการรับพลังงานแสงในช่วงที่คลอโรฟิลล์เอดูดซับไม่ได้ แล้วส่งต่อให้คลอโรฟิลล์เอเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีสีเขียวอมเหลืองและดูดซับพลังงานแสงในช่วง 454-643 นาโนเมตร โดยทั่วไปคลอโรฟิลล์เอจะมีมากกว่าคลอโรฟิลล์บี 2-3 เท่า เช่นเดียวกับกระต่ายจามที่พบปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีมากกว่าคลอโรฟิลล์บี (ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย, 2559; ลิลลี่ กาวิต๊ะ และคณะ, 2556; Pareek et al., 2017)

ในฤดูแล้งโซเดียมเป็นอิทธิพลหลักที่ชักนำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น โดยเฉพาะในจุดที่เป็นพื้นที่ราบ (ตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8) ที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมและค่าการนำไฟฟ้าที่ชัดเจน เนื่องจากดินมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินตะกอนเนื้อหยาบมีชั้นเกลือหินแทรกอยู่ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย (ตารางที่ 4.6) (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548) ทำให้เกิดการชะล้างของดิน การพังทลายของดินและการสูญเสียความชื้นดินได้ง่าย ซึ่งน้ำในดินเป็นตัวทำลายเกลือที่ฝังตามธรรมชาติแล้วซึมลงดินชั้นล่าง เมื่อเกิดการระเหยของน้ำขึ้นสู่ผิวดินจะนำพาเกลือที่ละลายได้จากดินชั้นล่างขึ้นมาสะสมบนผิวดิน (ปราณี สีหพันธ์, 2558) และความชื้นดินมีบทบาทในการกำหนดการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโพรตีนในกระต่ายจาม เนื่องจากน้ำในดินของพื้นที่ดินเค็มมีเกลือที่ละลายได้ปนอยู่ เมื่อพืชดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์จะได้รับเกลือที่ละลายได้เข้าสู่เซลล์ด้วยเช่นกัน เมื่อเกิดการสะสมเกลือที่ละลายได้ โดยเฉพาะโซเดียมที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์มากที่สุดจะทำให้เกิดสภาวะความเครียดเค็มได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณคลอโรพลาสต์รวมทั้ง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Assaha et al., 2017; Hameed et al., 2021; Zhao et al., 2020) และพืชมีการสังเคราะห์โพรงเพื่อช่วยในการปรับค่าแรงดันออสโมติก (ธีระรัตน์ อุบลรัตน์ และคณะ, 2560)

## 5.8 สรุปผลการศึกษา

- 5.8.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม ไม่มีความแตกต่างกับลักษณะสัณฐานวิทยาที่พบในพื้นที่ทั่วไป และพบสารแอนโทไซยานินบริเวณของลำต้นและใบ
- 5.8.2 กายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ โดยมีเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบเป็นรูปจิกซอร์วปากใบแบบแอนอโมไซติก เซลล์ขนมีลักษณะเป็นหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดี่ยว และมีขนต่อม 2 ชนิด ได้แก่ ขนรูปโล่และขนแคบปีเตต
- 5.8.3 วัฏจักรชีวิตของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็มมีช่วงฤดูกาลเกิดในช่วงเดือนกรกฎาคม – กุมภาพันธ์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
- 5.8.4 นิเวศวิทยาของกระต่ายจามในพื้นที่ดินเค็ม มีลักษณะพื้นที่เป็นที่โล่งหรือเป็นเขตรอยต่อระหว่างป่ากับพื้นที่โล่งที่มีพืชวงศ์หญ้าเกิดปกคลุม
- 5.8.5 สารพฤกษเคมีที่ตรวจพบในห้องปฏิบัติการจากกระต่ายจามมีอย่างน้อย 8 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก อัลคาลอยด์ คูมารินส์ ซาโปนิน แทนนิน เทอร์ปีนอยด์และแอนทราคิโนน
- 5.8.6 กระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มจนถึงระยะแก่และการร่วง มีการสะสมโซเดียมในท่อน้ำจำนวนมาก ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็กมีการสะสมในปริมาณที่ต่ำกว่าความต้องการของพืชโดยทั่วไป
- 5.8.7 ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียมในฤดูแล้งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในฤดูฝน ความสูง จำนวนใบ ความชื้นของต้น มวลชีวภาพและพื้นที่ใบในฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลงจากในฤดูฝน และปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีในฤดูฝนมีปริมาณที่มากกว่าในฤดูแล้งและปริมาณแคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานินและโพรงในฤดูแล้งมีปริมาณที่มากกว่าในฤดูฝน
- 5.8.8 อิทธิพลของความชื้นดินมีผลต่อสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามมากที่สุดในฤดูฝน และอิทธิพลของค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียมมีผลต่อสัณฐานวิทยาของกระต่ายจามมากที่สุดในฤดูแล้ง
- 5.8.9 อิทธิพลของโซเดียมไม่กระทบต่อสารชีวเคมีในฤดูฝน แต่อิทธิพลของความชื้นดินและปริมาณแคลเซียมมีผลต่อสารชีวเคมีในฤดูแล้ง

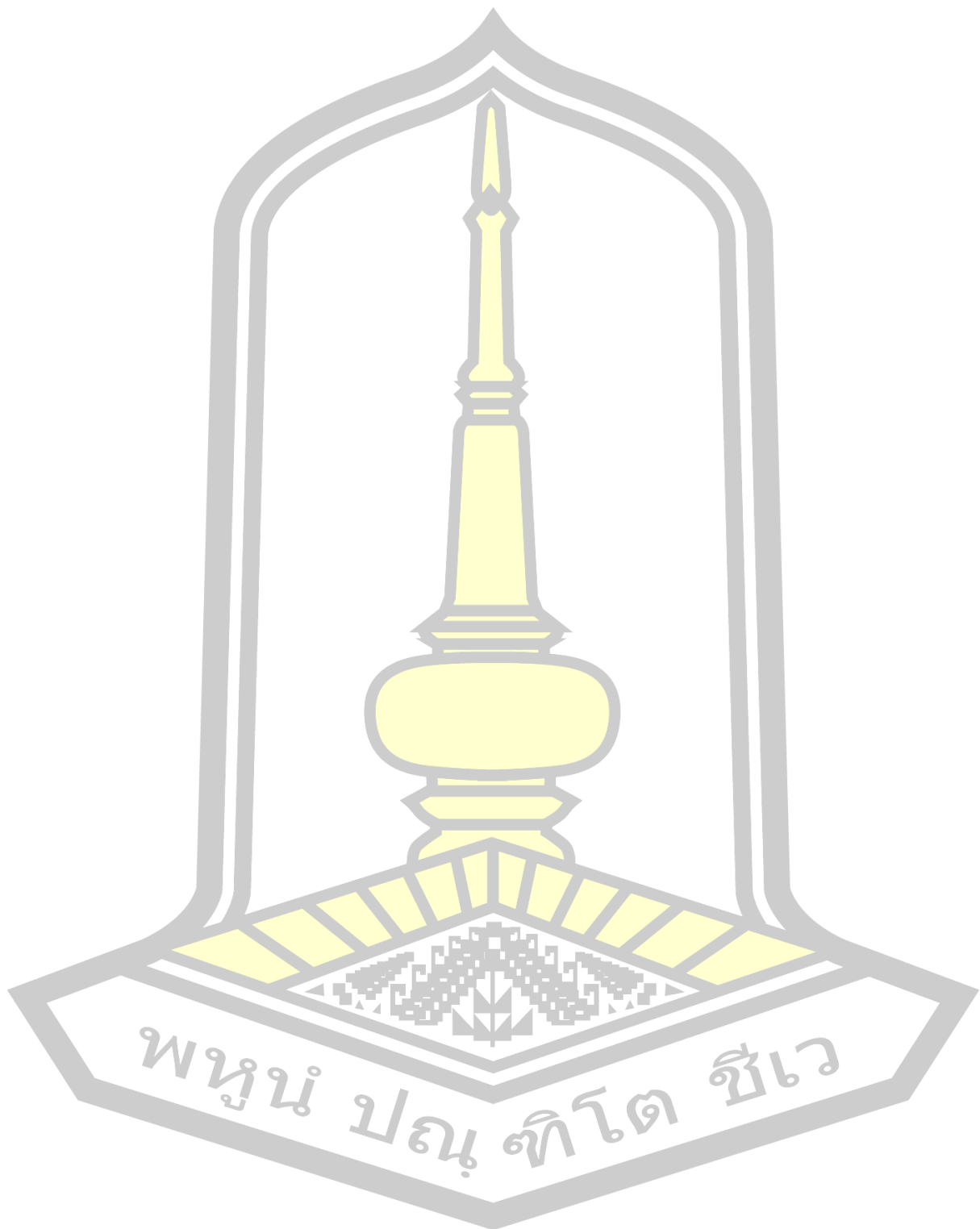
## 5.9 ข้อเสนอแนะ

5.9.1 การใช้ประโยชน์กระต่ายจามที่เจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มเป็นพืชสมุนไพรเพื่อบำบัดโรคด้วยการบริโภคโดยตรง สามารถใช้กระต่ายจามที่เจริญเติบโตทั้งในดินไม่เค็มและดินเค็มน้อยได้ เนื่องจากเมื่อใช้เป็นส่วนประกอบของตำรับยาในขนาด 10 - 20 g จะได้รับปริมาณโซเดียมไม่เกิน 0.03 g Na ส่วนการใช้เพื่อบำบัดโรคภายนอกสามารถใช้กระต่ายจามที่เจริญเติบโตทั้งในดินไม่เค็มและดินเค็มน้อยได้เช่นกัน เช่น การใช้ประโยชน์จากน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่รุนแรงขึ้น โดยอาจจะได้รับการกระตุ้นสารสำคัญจากความเครียดเค็ม

5.9.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของกลไกการทนเค็มของกระต่ายจาม ปริมาณสารพฤกษเคมีที่ถูกกระตุ้นด้วยความเครียดเค็มและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมทั้งการพัฒนาต่อยอดให้เป็นผลิตภัณฑ์จากพื้นที่ดินเค็ม



บรรณานุกรม



### บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2552). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณี จังหวัดกาฬสินธุ์*. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553ก). *คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ*. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553ข). *คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี*. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2558). *คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร*. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2564). *แนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก*. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองกานดา ชยามฤต และวรดลต์ แจ่มจำรูญ. (2559). *คู่มือจำแนกพรรณไม้ ฉบับปรับปรุง*. สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- กิตติพัฒน์ จุลพงษ์, ภาณุวัฒน์ เอ็งวงศ์ตระกูล, เสาวนิตย์ เนตรจินดา, มานิกา แยมสุข, พรพรรณ เชียงฉิน, ชุติมา พูลทอง, ทิวา พาโคกหอม, และคัทลียา ฉัตรเที่ยง. (2558). การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12: ตามรอยพระยุคลบาทเกษตรศาสตร์กำแพงแสน. *ผลของความเค็มต่อการงอกและลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวนาสวนและข้าวเก่า*, 1805–1814.
- จิตาภา พรหมสิงห์, อนิษฐาน ศรีนวล, และวิโรจน์ เกษรบัว. (2559). กายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชวงศ์ส้ม (Rutaceae) บางชนิดในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 18(3), 87–100. <http://www.qsbg.or.th/bot/journal/showarticle.aspx?type=article&id=178>
- จุฑามาส พักทองพรรณ. (2559). การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม. *วารสารวิชาการเกษตร*, 34(2), 196–210.

- จุฬาลักษณ์ ขวัญเจริญศรี, กิตติ เอกอำพน, และรุ่งเรือง พูลศิริ. (2556). การเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในสบูดำ. *วารสารวนศาสตร์*, 32(3), 1-11.
- ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. (2559). *สรีรวิทยาพืชไร่* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ญาดา ชอบทาทิ. (2560). รูปแบบและกลยุทธ์การตลาดการท่องเที่ยวเชิงอาหารพื้นถิ่นชายฝั่งทะเล ภาคตะวันออกเพื่อรองรับบริบทของสังคมไทยแลนด์ 4.0. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ณัฐิกา ศิลาลาย. (2549). ฟลาโวนอยด์ในใบชา : หน้าที่ การใช้ประโยชน์และการวิเคราะห์. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 2(1).
- เทียมใจ คมกฤส. (2542). *กายวิภาคศาสตร์ของพฤษศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธวัชชัย วรพงศธร. (2561). ประชากร ตัวอย่าง และขนาดตัวอย่าง สำหรับงานวิจัย. *Thailand Journal of Health Promotion and Environmental Health*, 11-22.
- นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, อุทัย โสธนะพันธ์, และประไพ วงศ์สินคงมัน. (2551). *ทีแอลซี : วิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องยาไทย*. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข.
- ปราณี สีหพันธ์. (2558). เอกสารวิชาการแนวทางการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ดินเค็ม. *สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์*.
- พิชัย วิชัยดิษฐ์. (2540). การอ่านและการใช้แผนที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กองอนุรักษ์ดินและน้ำ*. กรมพัฒนาที่ดิน.
- พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์. (2542). แหล่งแร่เกลือหินในประเทศไทย. *วารสารเศรษฐศาสตร์มหาวิทยาลัย*, 1(10).
- ยงยุทธ โอสภสภ. (2558). *ธาตุอาหารพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ โอสภสภ. (2559). ความเครียดของพืชและการบรรเทาความเครียด. *วารสารดินและปุ๋ย*, 38(1-4), 47-78.
- ยงยุทธ โอสภสภ. (2560). ภาวะธาตุของธาตุอาหารในพืช. *วารสารดินและปุ๋ย*, 39(1).
- รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2550). *การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร*. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ราชบัณฑิตยสถาน. (2541). *ศัพท์พฤษศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*.

ราชบัณฑิตยสถาน.

ลัดดาวัลย์ พะวร, ปิยะพร แสนสุข, สุรพล แสนสุข, และอุษา ทองไพโรจน์. (2555). กายวิภาคศาสตร์ เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชวงศ์ผักบุ้งสกุล *Merremia* บางชนิด. *KKU Research Journal*, 17(3), 401–409.

ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุรียา ตันติวิวัฒน์, และณรงค์ วงศ์กันทรากร. (2556). *สรีรวิทยาของพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลือชัย บุตุคูป. (2555). สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. *Journal of Science and Technology Mahasarakham*, 31(4), 443–455.

วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล. (2539). *สมุนไพรพื้นบ้านล้านนา*. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วรชาติ โตแก้ว และปิยะ โมคมูล. (2559). The 10 th AGILE Conference. อุบลราชธานี, *ความหลากหลายของพืชมีท่อลำเลียงในพื้นที่ดินเค็มบริเวณอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ จังหวัดมหาสารคาม* (101–116). การประชุมวิชาการพฤษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10.

วิภาวรรณ นีละพงษ์, บุษา ผลโยธิน, และวันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. (2561). การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรไทย: การสกัดด้วยไอน้ำและการสกัดด้วยตัวทำละลาย. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 28(4), 901–910. <https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2018.10.001>

ศรีสม สุวรรณวงศ์. (2544). *การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศรี อรุณินท์. (2539). *ดินเค็มในประเทศไทย*. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สันติ สายสุวรรณ และฉันทนา สุวรรณธาดา. (2551). ความผันแปรของลักษณะดอก ใบ และลำลูกกล้วยของเอื้องน้ำต้นที่กระจายพันธุ์ในสภาพธรรมชาติ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 39(3), 140–144.

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. (2554). *คู่มือการสำรวจความหลากหลายพรรณไม้*. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุกิจ ทองแบน และวาสนา ประภาเลิศ. (2552). *ศึกษาสารที่มีคุณสมบัติทางยาจากพืชสมุนไพร ในพื้นที่ชุมชนสะลวง จังหวัดเชียงใหม่*.

สุธรรม อารีกุล. (2551). *องค์ความรู้เรื่องพืชของไทยในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์*.



สุมาลี ชูกำแพง. (2555). พืชในสภาวะเครียดเกลือ. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย*, 4(1), 15–24.

<https://doi.org/10.1038/npg.els.0001300>

อรุณี ยูวะนิยม. (2546). *การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม*. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม  
สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

อัจฉรา ธรรมถาวร. (2535). *ปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ของพืช*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. (2550). *ดินเค็มในประเทศไทย*. เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชัน จำกัด.

Al-shareef, N. O., & Tester, M. (2019). Plant Salinity Tolerance. *ELS. John Wiley & Sons, Ltd, March*, 1–6. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0001300.pub3>

Albach, D. C., Meudt, H. M., & Oxelman, B. (2005). Piecing together the “new”  
Plantaginaceae. *American Journal of Botany*, 92(2), 297–315.

<https://doi.org/10.3732/ajb.92.2.297>

Apse, M. P., & Blumwald, E. (2007). Na<sup>+</sup> transport in plants. *FEBS Letters*, 581(12),  
2247–2254. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.04.014>

Arunin, S., & Pongwichian, P. (2015). Salt-affected Soils and Management in Thailand.  
*Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan*, 69(5), 319–325.

<https://doi.org/10.11457/swsj.69.319>

Assaha, D. V. M., Ueda, A., Saneoka, H., Al-Yahyai, R., & Yaish, M. W. (2017). The role of  
Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transporters in salt stress adaptation in glycophytes. *Frontiers in  
Physiology*, 8(July), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509>

Ayoola, G., Coker, H., Adesegun, S., Adepoju-Bello, A., Obaweya, K., Ezennia, E., &  
Atangbayila, T. (2008). Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of  
Some Selected Medicinal Plants Used for Malaria Therapy in Southwestern  
Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1019–1024.

<https://doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14686>

- Bahadar, K., Zaynab, M., Noman, A., & Fatima, M. (2018). Morphological, Anatomical and Palynological Investigation of *Plantago cordata* Lam. (Plantaginaceae) from Pakistan. *PSM Biological Research*, 3(1), 29–33.  
<https://journals.psmpublishers.org/index.php/biolres/article/view/161>
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies Summary. *Plant and Soil*, 39, 205–207.
- Bernstein, L. (1964). Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. *Plant Anal. Fert. Probl*, 4, 25–45.
- Bhuiyan, N. I., Akter, F., Chowdhury, J. U., & Jaripa, B. (2010). Chemical constituents of essential oils from aerial parts of *Adenosma capitatum* and *Limnophila aromatica*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 5(1), 13–16.  
<https://doi.org/10.3329/bjp.v5i1.4019>
- Butt, M. A., Zafar, M., Ahmad, M., Kayani, S., Bahadur, S., Ullah, F., & Khatoun, S. (2021). The use of taxonomic studies to the identification of wetlands weeds. *Advances in Weed Science*, 39(Keddy 2010), 1–13.  
<https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:000013>
- Ceyhan, E., Kahraman, A., & Onder, M. (2012). The Impacts of Environment on Plant Products. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(1), 48–51. <https://doi.org/10.7763/ijbbb.2012.v2.68>
- Cirka, M., Kaya, A. R., & Eryiğit, T. (2021). Influence of Temperature and Salinity Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Soybean (*Glycine max* L.). *Legume Research*, 44(9), 1053–1059. <https://doi.org/10.18805/LR-628>
- Dalle Fratte, M., Brusa, G., Pierce, S., Zanzottera, M., & Cerabolini, B. E. L. (2019). Plant trait variation along environmental indicators to infer global change impacts. *Flora*, 254, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.12.004>

- Dmitruk, M., Sulborska, A., Zuraw, B., Stawiarz, E., & Weryszko-Chmielewska, E. (2019). Sites of secretion of bioactive compounds in leaves of *Dracocephalum moldavica* L.: anatomical, histochemical, and essential oil study. *Brazilian Journal of Botany*, *42*, 701–715. <https://doi.org/10.1007/s40415-019-00559-6>
- DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, *28*(3), 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Fonmboh, D. J., Abah, E. R., Fokunang, T. E., Herve, B., Teke, G. N., Rose, N. M., Borgia, N. N., Fokunang, L. B., Andrew, B. N., Kaba, N., Bathelemy, N., & Ntungwen, F. C. (2020). An Overview of Methods of Extraction, Isolation and Characterization of Natural Medicinal Plant Products in Improved Traditional Medicine Research. *Asian Journal of Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*, *9*(2), 31–57. <https://doi.org/10.9734/ajrimps/2020/v9i230152>
- Food and Agriculture Organization. (1976). *Prognosis of Salinity and Alkalinity*. 260. <http://www.fao.org/docrep/x5870e/x5870e00.htm>
- Glenn, E. P., Brown, J. J., & Blumwald, E. (1999). Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes. In *Critical Reviews in Plant Sciences* (Vol. 18, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/07352689991309207>
- GS, L., QJ, H., Y, Y., WJ, L., QK, Y., & WC, H. (2014). Separation and determination of betulinic acid in *Adenosma indianum* (Lour.) Merr. by HPLC. *Chin J Exp Tradit Med*, *4*, 90–92.
- Hameed, A., Ahmed, M. Z., Hussain, T., Aziz, I., Ahmad, N., Gul, B., & Nielsen, B. L. (2021). Effects of salinity stress on chloroplast structure and function. *Cells*, *10*. <https://doi.org/10.3390/cells10082023>
- Hooker, J. D. (1885). *The Flora of British India* (4th ed.). <https://www.biodiversitylibrary.org/item/13817#page/268/mode/2up>

Hostettmann, K., & Marston, A. (1995). *Saponins*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511565113>

Hu, G. X., Balangcod, T. D., & Xiang, C. L. (2012). Trichome micromorphology of the Chinese-Himalayan genus *Colquhounia* (Lamiaceae), with emphasis on taxonomic implications. *Biologia*, *67*(5), 867–874. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0076-z>

Hussain, T. M., Chandrasekhar, T., Hazara, M., Sultan, Z., Saleh, B. K., & Gopal, G. (2008). Recent advances in salt stress biology. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, *3*(1), 008–013.

Huvaere, K., & Skibsted, L. H. (2015). Flavonoids protecting food and beverages against light. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(1), 20–35. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6796>

Hwa, C. Y., Perveen, N., Paliwal, N., & Hasan Khan, N. (2019). Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant activity determination of *Trigonella foenum-graecum* seeds. *Pharmacy & Pharmacology International Journal*, *7*(4). <https://doi.org/10.15406/ppij.2019.07.00249>

Iqbal, E., Salim, K. A., & Lim, L. B. L. (2015). Phytochemical screening, total phenolics and antioxidant activities of bark and leaf extracts of *Goniothalamus velutinus* (Airy Shaw) from Brunei Darussalam. *Journal of King Saud University - Science*, *27*(3), 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.02.003>

Jain, P. K., & Joshi, H. (2012). Coumarin: Chemical and pharmacological profile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *2*(6), 236–240. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2012.2643>

Jayaweera, D. M. A. (1982). *MEDICINA L PLANTS (Indigenous and Exotic) Used in Ceylon*. The National Research Council of Sri Lanka.

- Ji, X. D., & Pu, Q. L. (1985). Studies on the components of the essential oil from *Adenosma indianum* (Lour.). *Acta Botanica Sinica*, 27, 80–38.
- Jia, P., Gao, T., & Xin, H. (2012). Changes in structure and histochemistry of glandular trichomes of *thymus quinquecostatus* Celak. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1100/2012/187261>
- Joshi, T., Gupta, A., Kumar, P., Singh, A., & Kumar, A. (2021). *Bacopa monnieri* (Brahmi). *Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease*, September, 243–256. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819212-2.00020-7>
- Kancherla, N., Dhakshinamoothi, A., Chitra, K., & Komaram, R. B. (2019). Preliminary Analysis of Phytoconstituents and Evaluation of Anthelmintic Property of *Cayratia auriculata* (In Vitro). *Maedica*, 14(4), 350–356.
- Karuppanapandian, T., Moon, J. C., Kim, C., Manoharan, K., & Kim, W. (2011). Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 709–725.
- Kost, G. J., Sakaguchi, A., Curtis, C., Tran, N. K., Katip, P., & Louie, R. F. (2011). Enhancing crisis standards of care using innovative point-of-care testing. *American Journal of Disaster Medicine*, 6(6), 351–368. <https://doi.org/10.5055/ajdm.2011.0074>
- Kumar, A., Sachan, S., Shil, T., & Maurya, O. N. (2020). An annotated checklist of the vascular plants of the Udaipur wildlife sanctuary, West Champaran, Bihar, India. *Tropical Plant Research*, 7(1), 209–228. <https://doi.org/10.22271/tpr.2020.v7.i1.027>
- Lemmens, R. H. M. J., & Bunyaphratharsara, N. (2003). *Plant Resources of South-East Asia*. 12(3).
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350–382.

- Lukova, P., Karcheva-Bahchevanska, D., Dimitrova-Dyulgerova, I., Katsarov, P., Mladenov, R., Iliev, I., & Nikolova, M. (2018). A comparative pharmacognostic study and assesment of antioxidant capacity of three species from plantago genus. *Farmacia*, *66*(4), 609–614. <https://doi.org/10.31925/farmacia.2018.4.8>
- Macri, C., Dagnino, D., Guerrina, M., Médail, F., Minuto, L., Thompson, J. D., & Casazza, G. (2021). Effects of environmental heterogeneity on phenotypic variation of the endemic plant *Lilium pomponium* in the Maritime and Ligurian Alps. *Oecologia*, *195*(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04806-6>
- Mancinelli, A. L. (1990). Interaction between light quality and light quantity in the photoregulation of anthocyanin production. *Plant Physiology*, *92*(4), 1191–1195. <https://doi.org/10.1104/pp.92.4.1191>
- Mannethody, S., & Sunojkumar, P. (2018). Trichome micromorphology and its systematic significance in Asian *Leucas* (Lamiaceae). *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, *242*(March), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.03.007>
- Mesquita, L. M. de S., Colpo, K. D., da Rocha, C. Q., Gatte-Picchi, D., Tangerina, M. M. P., Zachello-Nunes, B., Martins, M. B. G., & Vilegas, W. (2017). Anatomical differentiation and metabolomic profiling: a tool in the diagnostic characterization of some medicinal *Plantago* species. *Revista Brasileira de Botanica*, *40*(3), 801–810. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0388-x>
- Pandey, A., & Tripathi, S. (2014). Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *2*(5), 115–119.



- Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G. A., & Yahia, E. M. (2017). Chlorophylls: Chemistry and biological functions. In E. M. Yahia (Ed.), *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health* (Vol. 2, Issue September, pp. 269–284). John Wiley & Sons Ltd.  
<https://doi.org/10.1002/9781119158042.ch14>
- Pavli, O. I., Foti, C., Skoufogianni, G., Karastergiou, G., Panagou, A., & Khah, E. M. (2021). Effect of Salinity on Seed Germination and Seedling Development of Soybean Genotypes. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 27(2), 1–9. <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2021.27.556210>
- Pegoraro, R. L., Techio, V. H., Barp, E. A., & Soares, G. L. G. (2011). Morpho-anatomical changes in leaves of *Mentha x gracilis* Sole (Lamiaceae) submitted to different levels of shade DOI:10.5007/2178-4574.2011n40p55. *INSULA Revista de Botânica*, 0(40). <https://doi.org/10.5007/2178-4574.2011n40p55>
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202–2211.  
<https://doi.org/10.3390/molecules14062202>
- Quattrocchi, U. (2012). *CRC world dictionary of medicinal and poisonous plants: common names, scientific names, eponyms, synonyms, and etymology* (Vol. 5). CRC press. <https://doi.org/10.1038/196609b0>
- Rahman, S. M. M., Mony, T., Ahammed, K., Naher, S., Haque, R., & Jui, S. M. (2018). Qualitative phytochemical screening and evaluation of analgesic and antidiarrheal activity of ethanolic extract of *Leucas cephalotes* Leaves. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 1484–1492.
- Ross, J. A., & Kasum, C. M. (2002). Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review of Nutrition*, 22, 19–34.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957>

Santisuk, T., & Larsen, K. (1990). *Flora of Thailand*, 5(2).

<https://www.dnp.go.th/botany/eflora/floraspecies.html?tdcode=01083>

Shabala, S. (2009). Salinity and programmed cell death: Unravelling mechanisms for ion specific signalling. *Journal of Experimental Botany*, 60(3), 709–712.

<https://doi.org/10.1093/jxb/erp013>

Shabala, S. N., Shabala, S. I., Martynenko, A. I., Babourina, O., & Newman, I. A. (1998). Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na<sup>+</sup> accumulation and chlorophyll fluorescence of maize leaves: a comparative survey and prospects for screening. *Aust. J. Plant Physiol.*, 25, 609–616.

Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S. K., Sidhu, G. P. S., Bali, A. S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R., & Zheng, B. (2019). Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules*, 9(7).

<https://doi.org/10.3390/biom9070285>

Sharma, S., Sharma, J., Soni, V., Kalaji, H. M., & Elsheery, N. I. (2021). Waterlogging tolerance: A review on regulative morpho-physiological homeostasis of crop plants. *Journal of Water and Land Development*, 49, 16–28.

<https://doi.org/10.24425/jwld.2021.137092>

Sidi, W., He, H., & Jipu, S. (2019). *Annual report 2018* (C. Jin (ed.)). Xishuangbanna Tropical Botanical Garden Chinese Academy of Sciences.

<https://doi.org/10.3934/ElectrEng.2019.1.98>

Suksri, S., Premcharoen, S., Thawatphan, C., & Sangthongprow, S. (2005). Ethnobotany in Bung Khong Long non-hunting area, northeast Thailand. *Ethnobotany in Bung Khong Long Non-Hunting Area, Northeast Thailand*, 39(3), 519–533.

- Svidenko, L., Olga, G., Vergun, O., Natalia, H., Vladimíra, H. S., Jana, Š., & Ján, B. (2018). *Characteristic of Leaf Peltate Glandular Trichomes and Their Variability of Some Lamiaceae Martinov Family Species. December*, 124–132. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246.124-132>
- Thanh, T. N., Tuyen, N. M., Giang, D. T., Anh, D. T. N., Vuong, T. Van, & Khiem, N. Van. (2021). Assessment of Genetic Diversity in *Adenosma indianum* Populations from Different Provinces of Vietnam by ISSR Markers. *Journal of Medicinal Materials*, 26(1–2), 120–126.
- Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). Phytochemical Screening of Tubers and Leaf extracts of *Sagittaria sagittifolia* L.: Newsa (Arrowhead). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 1(1), 98–106.
- Türkan, I., & Demiral, T. (2009). Recent developments in understanding salinity tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 67, 2–9.
- United States Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. In *Agriculture Handbook* (Vol. 60). <https://doi.org/10.2136/sssaj1954.03615995001800030032x>
- Vorravongpitak, J., E-sor, A., Chankaew, N., & Mamah, L. (2022). The Development of Local Herb Product, According to the Creative Economy Concept, of Piyamit Tunnel 1 Community, Betong District, Yala Province, Thailand. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 28(2), 1–9.
- Wang, C., Zhang, H., Liu, Q., Qi, J., Zhuang, H., Gou, Y., Wang, H., & Wang, Y. (2021). A review of the aromatic genus *Adenosma*: Geographical distribution, traditional uses, phytochemistry and biological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114075>

- Werke R, E., Putievsky, E., Ravid, U., Dudaij, N., & Katzir, I. (1993). Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *ocimum basilicum* L. (lamiaceae). In *Annals of Botany* (Vol. 71, Issue 1, pp. 43–50). <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1005>
- Wongsomsak, S. (1986). Salinization in northeast Thailand. *Southeast Asian Studies (Kyoto)*, 24(2), 133–153.
- World Health Organization Regional Office for the Western Pacific Manila (Ed.). (1990). *Medicinal Plants in Viet Nam* (3rd ed.). World Health Organization Regional Office for the Western Pacific MANILA and Institute of Materia Medica Hanoi.
- Wroistad, R. E. (1976). *Color and pigment analyses in fruit products*. Agricultural Experiment Station Oregon State University Station Bulletin 624.
- Wu, Z. Y., & Raven, P. H. (1998). *Flora of China (Scrophulariaceae through Gesneriaceae)* (Vol. 18). Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press.
- Yadav, M., Chatterji, S., Gupta, S. K., & Watal, G. (2014). Preliminary phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(5), 539–542.
- Ye, H., Li, C., Ye, W., Zeng, F., Liu, F., Liu, Y., Wang, F., Ye, Y., Fu, L., & Li, J. (2022). Medicinal Angiosperms of Scrophulariaceae. In H. Ye, C. Li, W. Ye, & F. Zeng (Eds.), *Common Chinese Materia Medica* (pp. 175–267). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-5904-1\\_4](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-5904-1_4)
- Yoon, J., Xinde C., Qixing Z., & Lena Q. M. (2006). Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Journal Science of the total environment*. 368: 456-464. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.01.016

Zeng, Z., Meng, C., Ye, X., & Zeng, Z. (2013). Analysis of volatile components of *Adenosma indianum* (Lour.) Merr. by steam distillation and headspace solid-phase microextraction. *Journal of Chemistry*, 2013.

<https://doi.org/10.1155/2013/545760>

Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K., & Shabala, S. (2020). Mechanisms of Plant Responses and Adaptation to Soil Salinity. *The Innovation*, 1(1), 1–41.

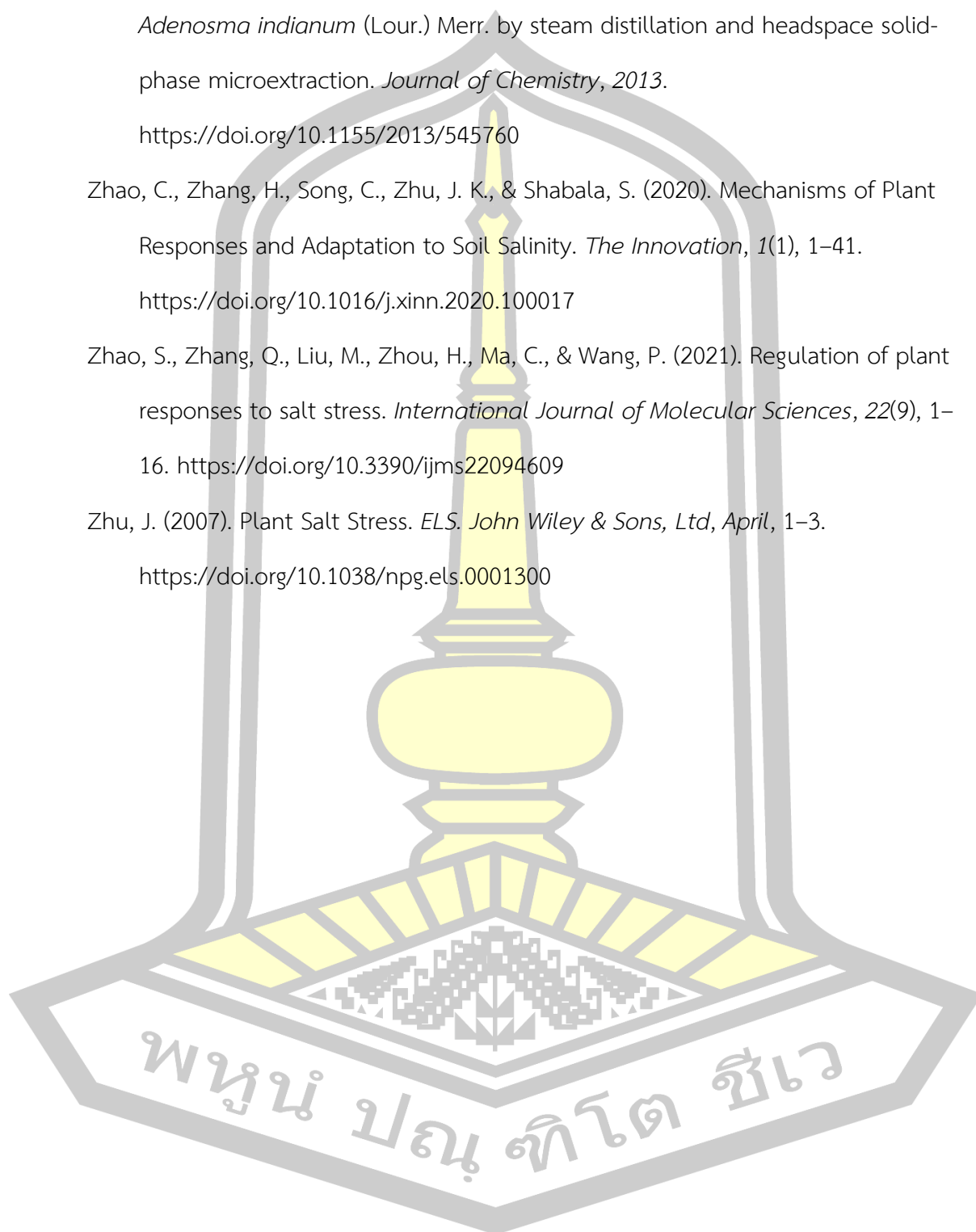
<https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017>

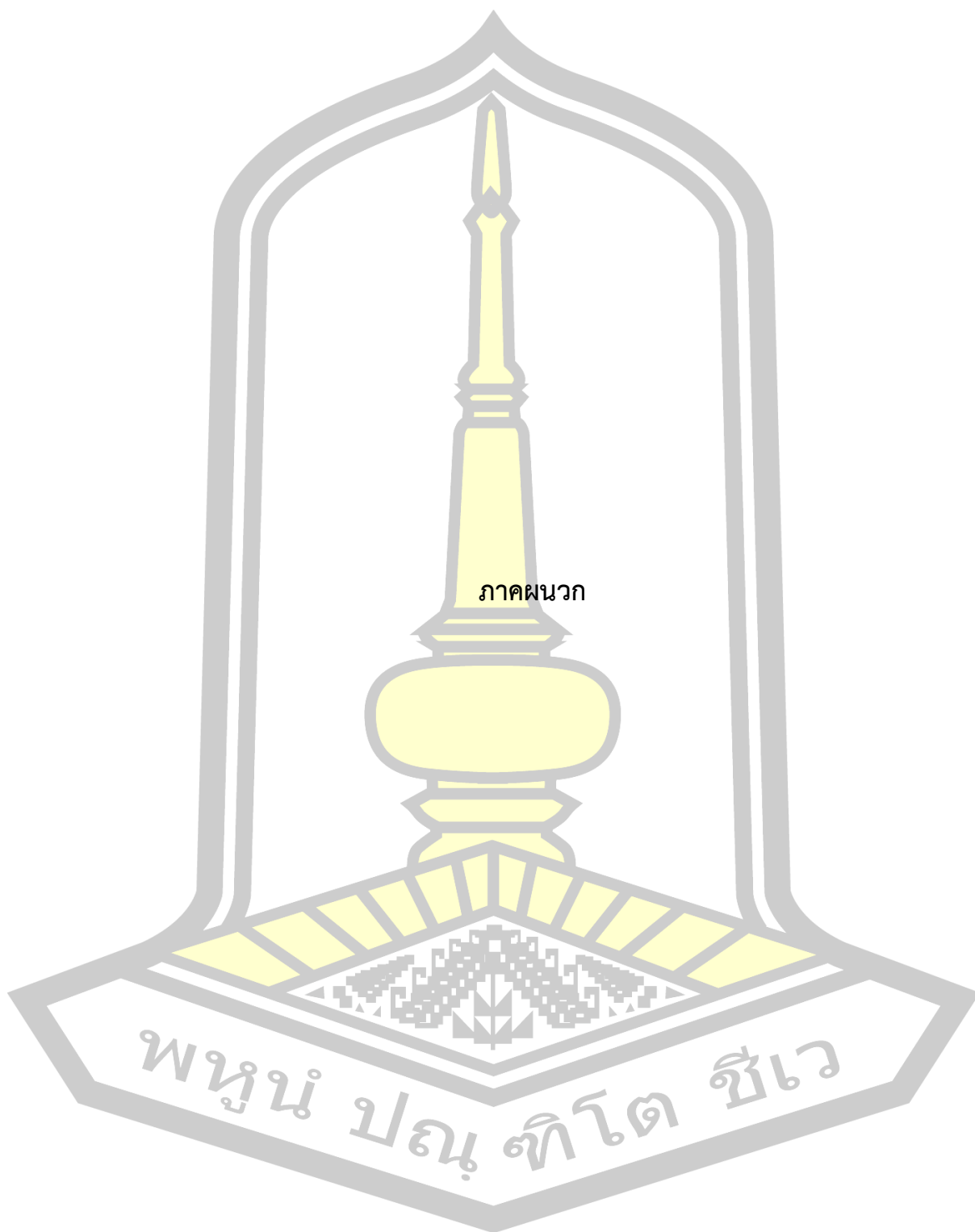
Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 1–

16. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>

Zhu, J. (2007). Plant Salt Stress. *ELS. John Wiley & Sons, Ltd, April*, 1–3.

<https://doi.org/10.1038/npg.els.0001300>

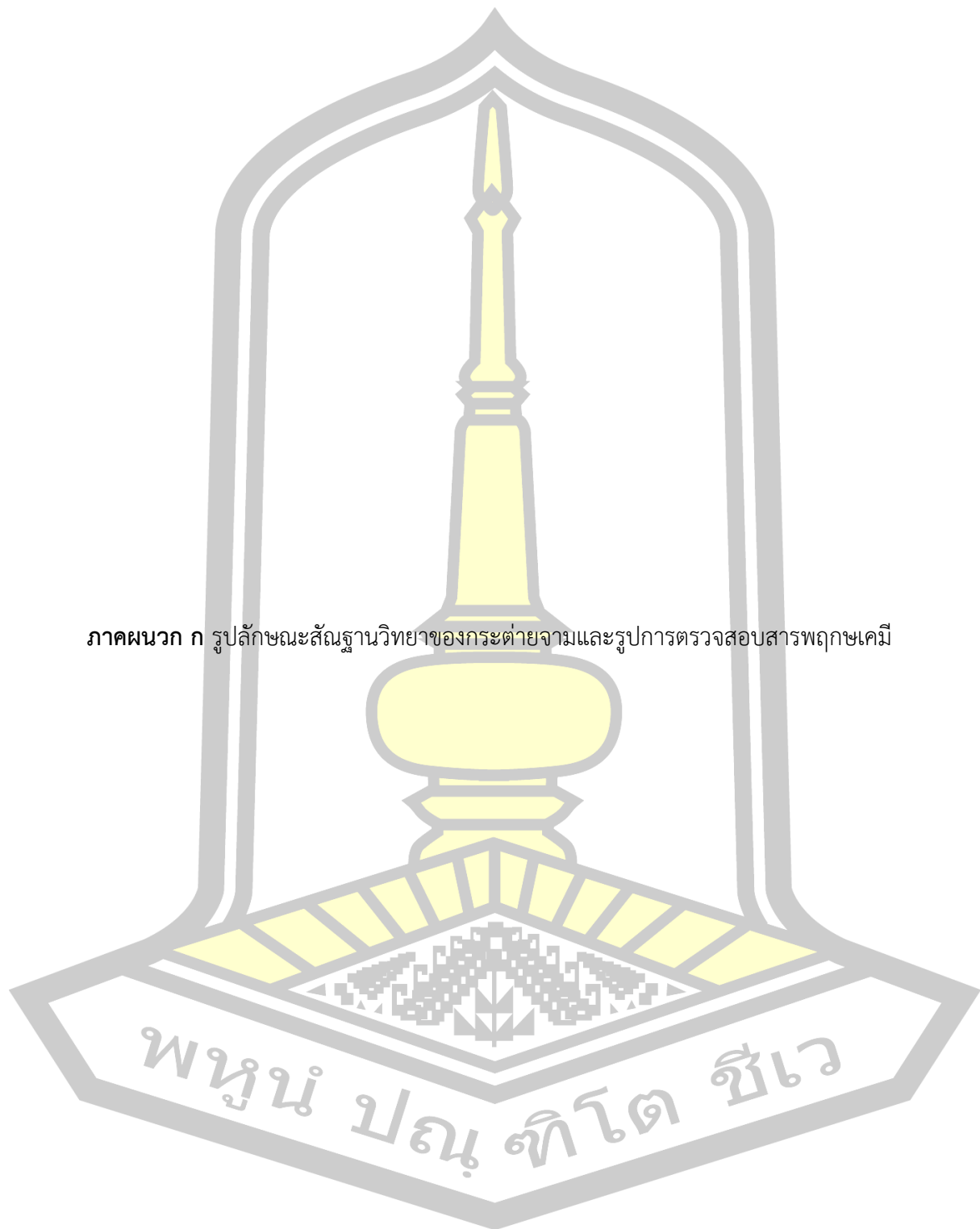


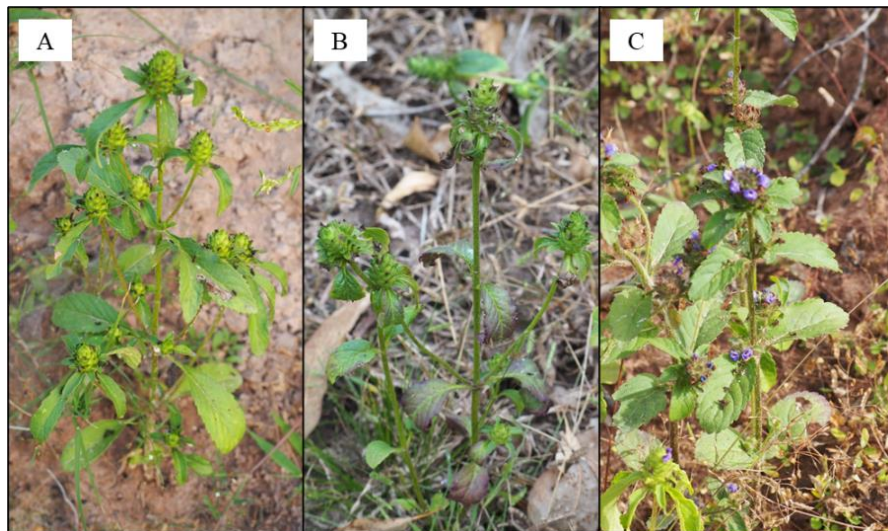


ภาคผนวก

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว



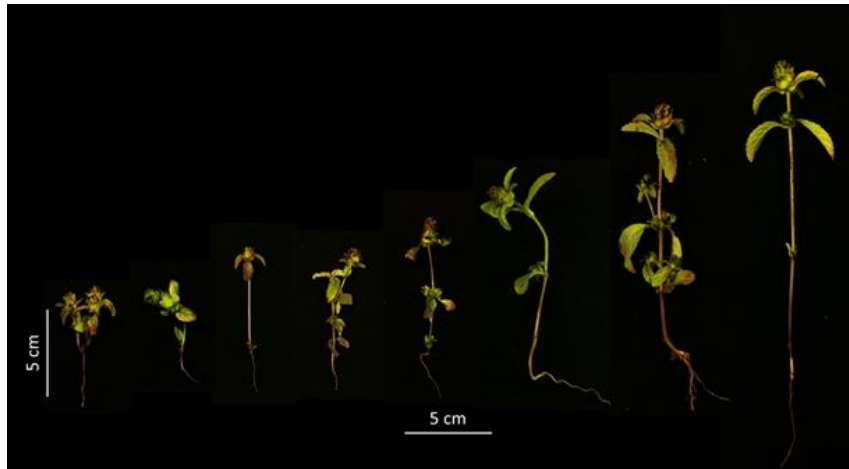




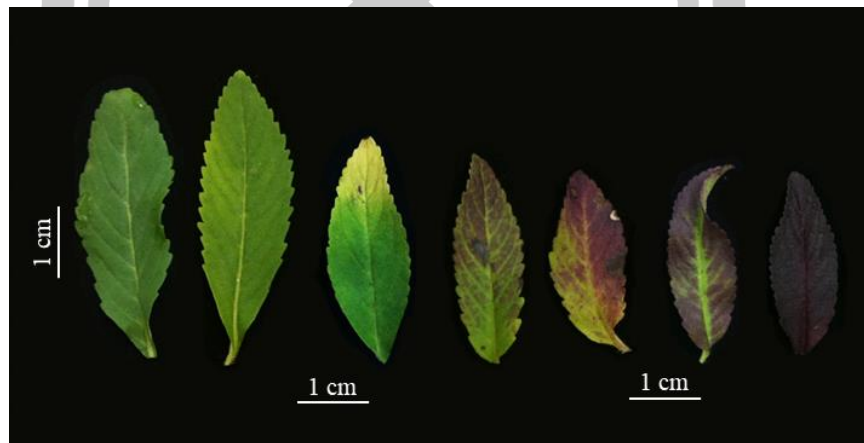
ภาพประกอบภาคผนวก 1 ลักษณะของต้นกระต่ายจามในนิเวศวิทยาที่พบในพื้นที่ดินเค็ม  
(A) นาข้าวและป่าไม้ละเมาะ (B) สวนป่ายูคาลิปตัส และ (C) นาร้าง



ภาพประกอบภาคผนวก 2 ลักษณะของรากและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของลำต้น

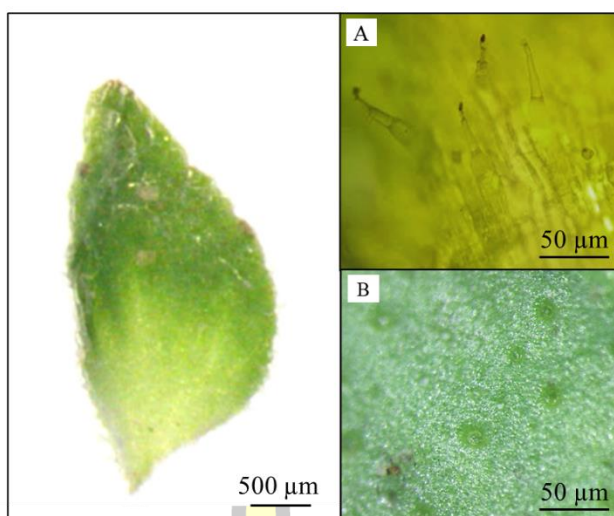


ภาพประกอบภาคผนวก 3 ความสูงของลำต้น



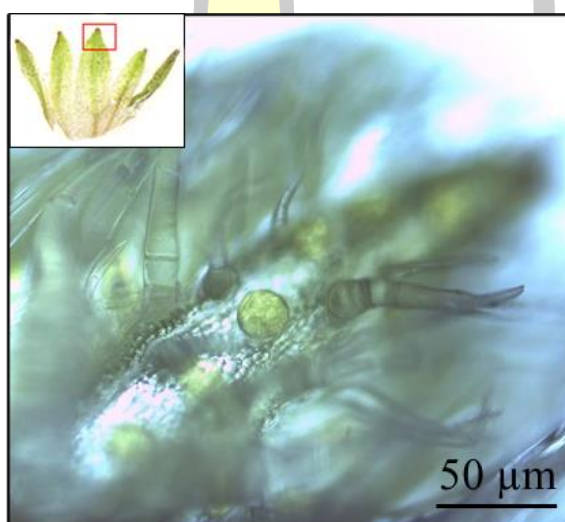
ภาพประกอบภาคผนวก 4 การกระจายสีรงควัตถุบนแผ่นใบของต้นกระต่ายจาม  
ในตำแหน่งที่ 2-4 นับจากยอดของต้นกระต่ายจามอายุ 3 เดือน





ภาพประกอบภาคผนวก 5 ลักษณะสัณฐานของใบประดับ

(A) เซลล์ขน และ (B) ขนต่อม

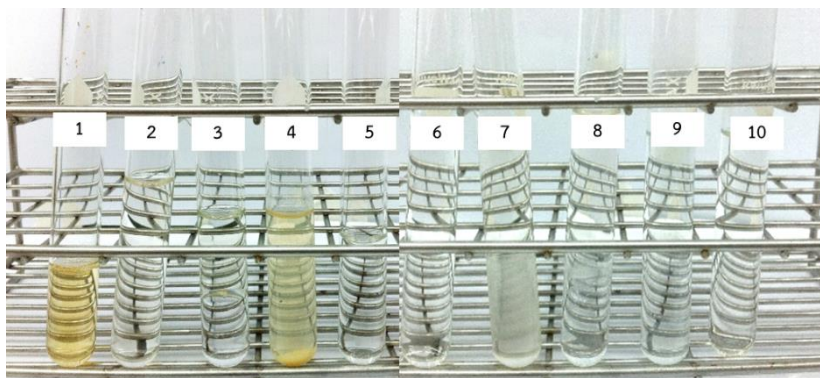


ภาพประกอบภาคผนวก 6 ลักษณะสัณฐานของใบประดับ

(A) เซลล์ขน และ (B) ขนต่อม

พหุพันธุ์ ปณฺ ทิโต ชีเว





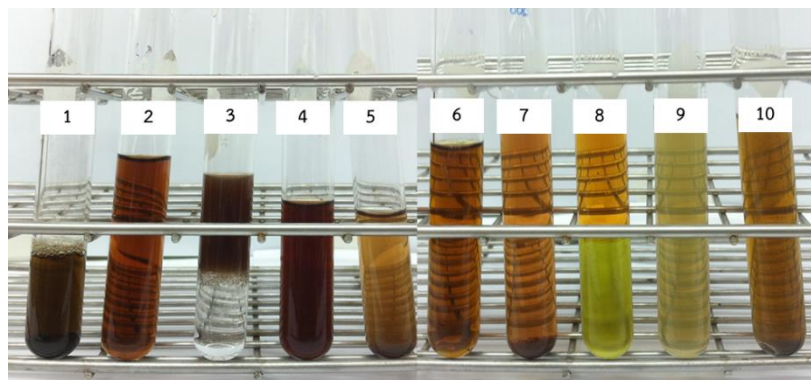
ภาพประกอบภาคผนวก 7 การตรวจสอบสารพิษเคมีในราก

หลอด	ทดสอบ	หลอด	ทดสอบ
1	ฟีนอลิกและแทนนิน	6	คาร์ติแอกไกลโคไซด์
2	ซาโปนิน	7	ไกลโคไซด์
3	เทอร์ปีนอยด์และสเตียรอยด์	8	คูมารินส์
4	ฟลาโวนอยด์	9	แอลคาลอยด์
5	ฟลาโวนอยด์	10	แอนทราควิโนน



ภาพประกอบภาคผนวก 8 การตรวจสอบสารพิษเคมีในลำต้น

หลอด	ทดสอบ	หลอด	ทดสอบ
1	ฟีนอลิกและแทนนิน	6	คาร์ติแอกไกลโคไซด์
2	ซาโปนิน	7	ไกลโคไซด์
3	เทอร์ปีนอยด์และสเตียรอยด์	8	คูมารินส์
4	ฟลาโวนอยด์	9	แอลคาลอยด์
5	ฟลาโวนอยด์	10	แอนทราควิโนน



ภาพประกอบภาคผนวก 9 การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีในเบ

หลอด	ทดสอบ	หลอด	ทดสอบ
1	ฟีนอลิกและแทนนิน	6	คาร์ติแอกไกลโคไซด์
2	ซาโปนิน	7	ไกลโคไซด์
3	เทอร์ปีนอยด์และสเตียรอยด์	8	คูมารินส์
4	ฟลาโวนอยด์	9	แอลคาลอยด์
5	ฟลาโวนอยด์	10	แอนทราควิโนน



ภาพประกอบภาคผนวก 10 การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีในผล

หลอด	ทดสอบ	หลอด	ทดสอบ
1	ฟีนอลิกและแทนนิน	6	คาร์ติแอกไกลโคไซด์
2	ซาโปนิน	7	ไกลโคไซด์
3	เทอร์ปีนอยด์และสเตียรอยด์	8	คูมารินส์
4	ฟลาโวนอยด์	9	แอลคาลอยด์
5	ฟลาโวนอยด์	10	แอนทราควิโนน



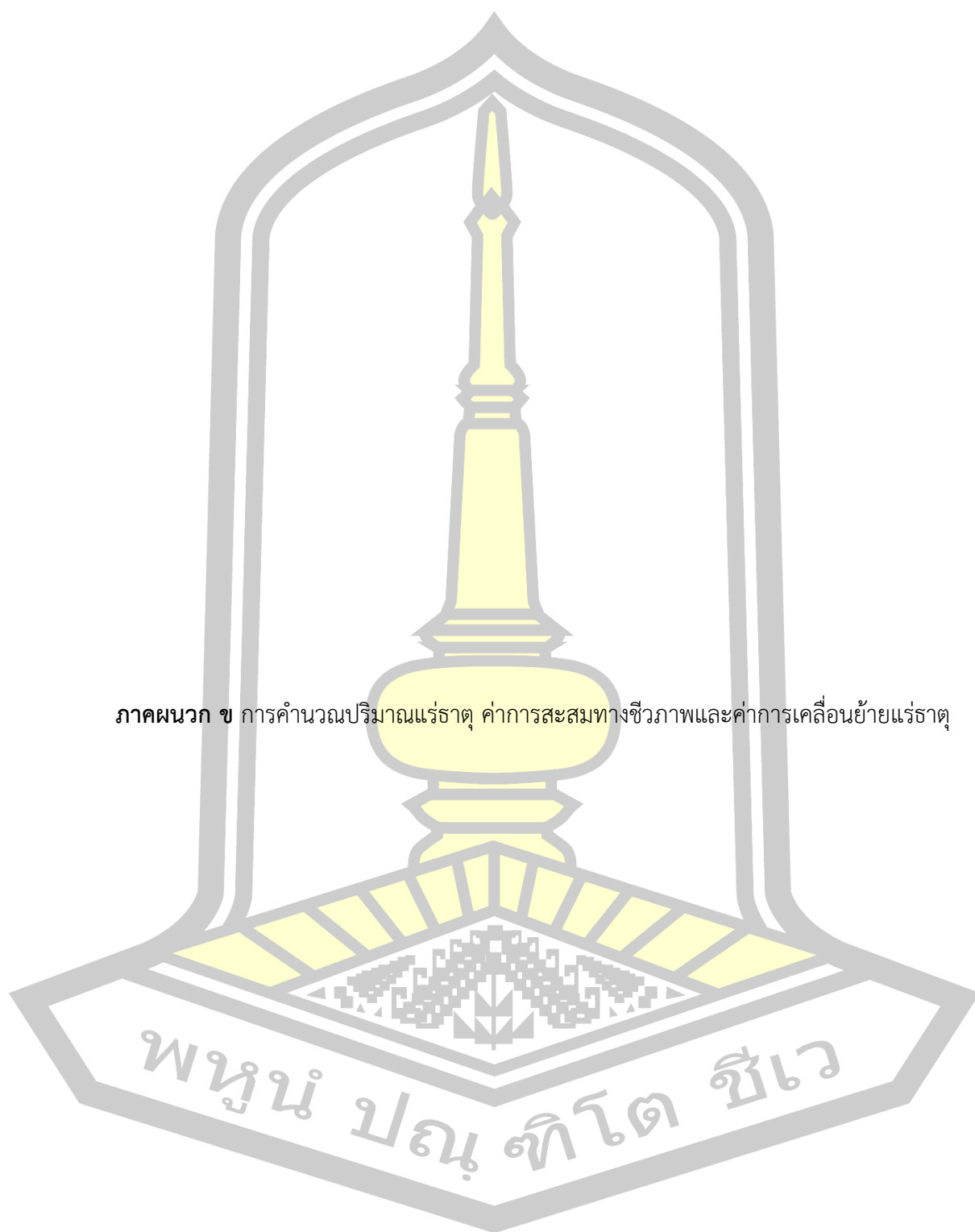


ภาพประกอบภาคผนวก 11 สารสารพฤษเคมีกลุ่มคูมารินสีในราก  
ลำต้น ใบและผล



ภาพประกอบภาคผนวก 12 สารสารพฤษเคมีกลุ่มแอลคาลอยด์ในราก  
ลำต้น ใบและผล





ภาคผนวก ข การคำนวณปริมาณแร่ธาตุ ค่าการสะสมทางชีวภาพและค่าการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุ

### 1. การคำนวณหาปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก

สามารถคำนวณหาปริมาณโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก ได้จากการเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานแล้วคำนวณจากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข) และแปลงหน่วยให้เป็น g/kg หรือ mg/kg

$$\text{Ca, Mg, Na, K และ Fe} = \frac{R \times df}{W}$$

(mg/L)

เมื่อ R = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง atomic absorption spectrophotometer แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน

df = dilution factor

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

### 2. ค่าการสะสมทางชีวภาพ

สามารถนำแต่ละค่าของปริมาณแร่ธาตุมาคำนวณหาอัตราระหว่างความเข้มข้นของแร่ธาตุที่สะสมในพืชต่อแร่ธาตุในดินที่ละลายแร่ธาตุ ดังสมการต่อไปนี้ (Yoon et al., 2006)

$$\text{BCF} = \frac{\text{plant (g/kg)}}{\text{soil (g/kg)}}$$

### 3. ค่าการเคลื่อนย้าย

สามารถนำแต่ละค่าของปริมาณแร่ธาตุมาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างแร่ธาตุในส่วนลำต้นเหนือดินต่อแร่ธาตุในส่วนลำต้นใต้ดินที่ละลายแร่ธาตุ ดังสมการต่อไปนี้ (Yoon et al., 2006)

$$\text{TF} = \frac{\text{shoot (mg/kg)}}{\text{root (mg/kg)}}$$

พหุ ประสิทธิภาพ ชีว

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาววรพร เหล่าจินดา
วันเกิด	15 พฤษภาคม พ.ศ. 2538
สถานที่เกิด	18 หมู่ 2 ตำบลห้วยแอ่ง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	3/1 หมู่ 13 ตำบลสีแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ร้อยเอ็ด ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี พ.ศ. 2560 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2565 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ประเภททุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผลงานวิจัย	-

พูน ปณ ทิโต ชีเว