

สมบัติดิน คุณภาพน้ำ ปริมาณธาตุอาหารในใบและผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง  
ในพื้นที่ที่ถูกรุก้ำด้วยน้ำเค็ม

SOIL PROPERTIES, WATER QUALITY, NUTRIENT ELEMENTS IN LEAF  
AND FRUIT OF 'NAMDOKMAI SITHONG' MANGO IN AREA  
AFFECTED BY SEAWATER INTRUSION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-409

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOIL PROPERTIES, WATER QUALITY, NUTRIENT ELEMENTS IN LEAF  
AND FRUIT OF ‘NAMDOKMAI SITHONG’ MANGO IN AREA  
AFFECTED BY SEAWATER INTRUSION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE  
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2023  
KMITL-2023-AG-M-065-409

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติดิน คุณภาพน้ำ ปริมาณธาตุอาหารในใบและผลของมะม่วง น้ำดอกไม้สีทอง ในพื้นที่ที่ถูกรुक้าด้วยน้ำเค็ม
ชื่อนักศึกษา	นางสาวทราย ห้วยหงษ์ทอง
รหัสประจำตัว	63604008
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สุกัญญา แยมประชา

### บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการรูก้าน้ำเค็มต่อสมบัติดิน คุณภาพน้ำ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในพื้นที่ที่ถูกรูก้าจากน้ำเค็มเป็นประจำ ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งหมดเจ็ดสวน อยู่ห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 88-93 กิโลเมตร ศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2565 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) เก็บตัวอย่างดิน 2 ครั้ง ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (ฤดูฝน) และเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (ฤดูแล้ง) เพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน เก็บตัวอย่างน้ำทุกเดือนตลอดระยะเวลาการศึกษาเป็นจำนวนทั้งสิ้น 7 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เก็บตัวอย่างใบมะม่วงในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (ระยะออกช่อดอก) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 (ระยะออกผล) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และเก็บตัวอย่างผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 เพื่อวิเคราะห์การดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal components analysis; PCA) พบว่าสวนมะม่วงทั้งเจ็ดสวนเป็นกลุ่มเนื้อดินละเอียด ดินมีความเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลางอยู่ในพิสัย 3.5-6.0 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง ไนโตรเจนทั้งหมดในดินอยู่ในพิสัย 0.1-1.8 เปอร์เซ็นต์ กำมะถันทั้งหมดในดินอยู่ในพิสัย 0.04-0.29 เปอร์เซ็นต์ สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นดินไม่เค็มถึงเค็มน้อยอยู่ในพิสัย 0.36-4.33 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกและคลอไรด์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และพบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า อัตราการดูดซับโซเดียม และปริมาณร่อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งคลอไรด์ในดินของสวนที่ 1, 3 และ 5 มีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่น เพราะใช้น้ำโดยตรงจากแม่น้ำบางปะกง ดังนั้นสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ใช้ในสวน และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนวสสสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และกึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดการธาตุอาหารในสวน คุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของทั้งเจ็ดสวน พบว่าสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 เริ่มมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ทำให้สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน อัตราการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ เกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเกษตร สวนที่ 3 และ 7 มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 1.20 และ 1.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน อัตราการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเกษตร จึงอาจสรุปได้ว่าหากสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มของน้ำในสวนมะม่วงมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้สมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในส่วนของความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทั้งระยะออกช่อดอก และออกผล มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก และโบรอนทั้งหมดอยู่ในระดับที่เพียงพอ สังกะสีทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอ แมงกานีส โมลิบดีนัม และนิกเกิลทั้งหมดอยู่ในระดับสูง ในขณะที่แคลเซียม และทองแดงทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ และพบว่าการดูดซับโซเดียมของผลมะม่วงเป็นปฏิสัมพันธ์ต่อการดูดซับธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม นอกจากนี้ทุกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำและดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า อัตราการดูดซับโซเดียม ปริมาณร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ ไอออนประจุบวกในน้ำ และคลอไรด์ไอออน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ความเข้มข้นของโพแทสเซียม และคาร์บอนทั้งหมดในใบมะม่วง การดูดซับโพแทสเซียม และคาร์บอนในผลมะม่วง น้ำดอกไม้สีทอง พบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม โดยเฉพาะโซเดียมไอออนในน้ำ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเป็นปฏิสัมพันธ์กับธาตุดังกล่าว ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาในแปลงมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ปลูกในพื้นที่ที่ถูกน้ำเค็มรุกราน จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทางใบ เพิ่มสัดส่วนโพแทสเซียมต่อโซเดียม (K : Na) เพื่อให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองดูดซับโพแทสเซียมได้มากขึ้น และไม่ควรรุบน้ำจากแม่น้ำบางปะกงโดยตรงหากสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ภาครัฐควรมีมาตรการในการป้องกันและแก้ไขการรุกรานน้ำเค็ม

<b>Thesis Title</b>	Soil Properties, Water Quality, Nutrient Elements in Leaf and Fruit of ‘Namdokmai Sithong’ Mango in Area Affected by Seawater Intrusion
<b>Student Name</b>	Miss Sai Huaihongthong
<b>Student ID</b>	63604008
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Agriculture
<b>Year</b>	2023
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Sukunya Yampracha

### Abstract

The objective of the study was to investigate the effect of seawater intrusion on the soil properties, water quality, nutrient concentrations in leaf, and nutrient uptake of ‘Namdokmai Sithong’ mango in Khlong Khuean Sub-district, Khlong Khuean District, Chachoengsao Province, Thailand during November 2021 to May 2022. There were 7 mango orchards in this study. The distance from all mango orchards to the Bang Pakong River estuary was around 88-93 km. The soil samples were collected to analyze soil properties in November 2021 and May 2022. The water samples were collected for 7 months for water quality analysis. Then, the mango leaf samples were collected to analyze nutrients concentration in November 2021 and February 2022. Moreover, Mango fruit samples were collected in March for determining nutrient uptakes also. The analysis of variance tested to compare difference between the mean by Duncan’s multiple range test (DMRT). The principal component analysis (PCA) performed to understand the relationship between soil properties, water qualities, leave nutrient concentrations, and nutrient uptakes. The results showed that 7 orchards were fine-textured soils, the soil pH was extremely acid to moderately acid (3.5-6.0) and organic matter in the soil was low to medium. The range of soil total nitrogen was 0.1-1.8 %, the total sulfur ranged from 0.04-0.29 % and the electrical conductivity (EC) was 0.36-4.33 dS/m (non-saline – slightly saline). The ranges of exchangeable potassium, calcium, magnesium, and sodium were from medium to high. The cation exchange capacity (CEC) and chloride ranged from medium to high. The values of EC, SAR, ESP, and chloride were higher in orchards 1, 3, and 5 compared to others. Because those orchards used direct water from the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bang Pakong River. These properties were related to water quality in mango orchards and management practices in the orchards. The results showed that orchards 1, 2, 4, and 5 recorded the mixing ratio (F) was higher than 2 % from February to May 2022 due to the EC, salinity, sodium ion concentration (Na), SAR, and soluble sodium percentage (SSP) were over the acceptable limits for the agricultural water use. The seawater mixing ratio (F) values in orchards 3 and 7 were 1.20 % and 1.87 %, respectively which affected the water quality e.g., EC, salinity, Na, SAR, and SSP to be higher than the accepted value. Therefore, it concluded that the seawater mixing ratio of the mango orchard was higher than 2 %, impacting the water properties associated with water salinity which are unsuitable for the growth of the 'Namdokmai Sithong' mango. The nutrients concentration in mango leaves of both stages showed that all orchards had sufficient levels of total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total magnesium, total sulfur, total iron, and total boron. The range of total zinc was deficient to a sufficient level. The total manganese, molybdenum, and nickel were high levels while calcium and copper were deficient levels. Orchard 5 had the values of nutrient uptake including potassium, calcium, and sodium were higher than other orchards and showed that sodium uptake was an antagonist of other elements such as phosphorus, potassium, and calcium. All salty parameters of water and soil including EC, SAR, ESP, sodium, and chloride were a negative correlation with exchangeable potassium, total potassium, and total carbon in mango leaves, and potassium and carbon uptakes in mango fruit. The exchangeable sodium was an antagonist of other elements such as potassium and carbon. According to this study, it was suggested that the potassium fertilizer should applied as foliar to increase potassium in mango. Furthermore, the higher seawater mixing ratio >2 % in the Bang Pakong River should not suitable for irrigation in orchards. Moreover, the government should set a policy to solve and prevent seawater intrusion in this areas.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.สุกัญญา แยมประชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ ที่ให้ทั้งความรู้ ประสบการณ์ ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่าง ๆ และช่วยชี้แนะให้คำปรึกษาปัญหาทั้งด้านงานวิจัย ปัญหาส่วนตัว อีกทั้งคอยอบรมสั่งสอนให้มีความรับผิดชอบ ซัดเกล้านิสัย และให้คำชี้แนะถึงข้อบกพร่องในตัวนักวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ ผศ.ดร.ภัทรารัตน์ เทียมเก่า และ ผศ.ดร.ช่อแก้ว อนิลบล ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ และชี้แนะถึงข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนยกเว้นค่าหน่วยกิต จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเงินทุนอื่นๆ จากผศ.ดร.สุกัญญา แยมประชา

ผู้วิจัยขอขอบคุณรุ่นพี่ในระดับปริญญาโท ปริญญาเอก ที่คอยสอนและให้คำปรึกษา เพื่อนและน้องในเอกปฐพีวิทยาและพืชไร่ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ที่เป็นทั้งแรงงาน และกำลังใจ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่คอยสนับสนุนในทุกด้าน และให้กำลังใจตลอดทุกช่วงเวลาที่ยี่เรียนปริญญาโท

นางสาวทราย ห้วยหงษ์ทอง

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญตารางภาคผนวก.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญรูปภาคผนวก.....	ด
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	4
2.2 คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร.....	5
2.2.1 สมบัติน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อ การเกษตร.....	5
2.2.2 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง.....	6
2.2.3 ปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกง.....	7
2.3 ดินเค็ม.....	9
2.3.1 การจำแนกดินเค็ม.....	9
2.3.2 อิทธิพลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	10
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	13
3.2 การเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืช.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน.....	14
3.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ.....	15
3.2.3 การเก็บตัวอย่างพืช.....	15
3.3 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ และพืช.....	16
3.3.1 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน.....	16
3.3.2 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	18
3.3.3 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างพืช.....	19
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	20
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....</b>	
4.1 ผลวิเคราะห์สมบัติดิน.....	21
4.1.1 ประเภทเนื้อดิน (soil texture).....	21
4.1.2 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH).....	23
4.1.3 อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter; OM).....	24
4.1.4 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen).....	26
4.1.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorus).....	27
4.1.6 กำมะถันทั้งหมดในดิน (total sulfur).....	29
4.1.7 เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน (extractable Fe, Mn, Zn, and Cu).....	30
4.1.8 สภาพการนำไฟฟ้าในสถานะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity; EC <sub>e</sub> ).....	34
4.1.9 เบสที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (exchangeable base).....	36
4.1.10 ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange capacity; CEC).....	40
4.1.11 อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน (sodium adsorption ratio; SAR <sub>e</sub> ).....	42
4.1.12 ปริมาณร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage; ESP).....	43
4.1.13 คลอไรด์ในดิน (chloride; Cl <sub>s</sub> ).....	45
4.2 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	46
4.2.1 ความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH <sub>w</sub> ).....	46
4.2.2 สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity; EC <sub>w</sub> ).....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และขโมยอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 ความเค็ม (salinity).....	49
4.2.4 ความเข้มข้นของโซเดียม (sodium ion; Na).....	50
4.2.5 อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio; SAR <sub>w</sub> ).....	52
4.2.6 เปอร์เซนต์โซเดียมที่ละลายได้ (solution sodium percentage; SSP)	53
4.2.7 สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F).....	54
4.3 ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผล มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	57
4.3.1 ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	57
4.3.2 การดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	62
4.4 ความสัมพันธ์ของสมบัติดิน คุณภาพน้ำ ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบและ การดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	64
4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและสมบัติดิน.....	64
4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ มะม่วงและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	66
4.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ มะม่วง.....	70
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
5.1.1 อิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มต่อสมบัติดินในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	74
5.1.2 อิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง....	74
5.1.3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วง น้ำดอกไม้สีทอง.....	75
5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน ความเข้มข้นธาตุอาหารไน โบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	75
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	75
เอกสารอ้างอิง.....	76
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียน.....	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และขิงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	เกณฑ์มาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตร..... 5
2.2	การจำแนกดินเค็ม..... 9
2.3	การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช..... 11
3.1	แสดงข้อมูลสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง..... 14
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F) กับคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม โซเดียมไอออน อัตราการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และคลอไรด์ไอออน..... 56
4.2	ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (total C, N, P, K, Ca, Mg และ S) และโซเดียมทั้งหมด (total Na) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกช่อดอก) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564..... 58
4.3	ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (total C, N, P, K, Ca, Mg และ S) และโซเดียมทั้งหมด (total Na) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกผล) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565..... 59
4.4	ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นจุลธาตุอาหาร (total Fe, Cu, B, Mn, Mo, Ni, Zn และ Cl) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกช่อดอก) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564..... 60
4.5	ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นจุลธาตุอาหาร (total Fe, Cu, B, Mn, Mo, Ni, Zn และ Cl) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกผล) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565..... 61
4.6	ผลการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง..... 62

# สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และคุณภาพน้ำที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	87
2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และคุณภาพน้ำที่เก็บในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.....	88
3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	89
4 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	90
5 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	91
6 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	92
7 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	93
8 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.....	94
9 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	95
10 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ญึง อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
11 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.....	97
12 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 กับความสามารถดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	98



# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในพื้นที่อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่าง พ.ศ. 2560 - 2564.....	6
2.2	แผนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่ น้ำปราจีน-บางปะกง.....	8
2.3	ค่าความเค็มน้ำจุดตรวจในแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2564.....	8
3.1	แผนที่แสดงตำแหน่งสวนมะม่วงที่ศึกษาในตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา.....	13
3.2	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทองบริเวณทรงพุ่มครั้งที่ 1 (a) และครั้งที่ 2 (b).....	14
3.3	แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างใบมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทอง.....	15
3.4	การเตรียมตัวอย่างส่วนของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทอง ได้แก่ เนื้อ (a) เปลือก (b) และเมล็ด (c).....	16
4.1	การจำแนกอนุภาคเนื้อดินของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทองทั้ง 7 สวน เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร จากไดอะแกรมสามเหลี่ยมตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา.....	21
4.2	การจำแนกอนุภาคเนื้อดินของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทองทั้ง 7 สวน เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร จากไดอะแกรมสามเหลี่ยมตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา.....	22
4.3	ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	24
4.4	อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	25

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	27
4.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	28
4.7 กำมะถันทั้งหมด (total S) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	30
4.8 เหล็กที่สกัดได้ (extractable Fe) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	31
4.9 แมงกานีสที่สกัดได้ (extractable Mn) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	32
4.10 สังกะสีที่สกัดได้ (extractable Zn) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	33
4.11 ทองแดงที่สกัดได้ (extractable Cu) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	34

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.12	สภาพการนำไฟฟ้าในสภาพที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	36
4.13	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	37
4.14	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	38
4.15	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	39
4.16	โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Na) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	40
4.17	ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	41
4.18	อัตราการดูดซับโซเดียม ( $SAR_s$ ) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	43

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	44
4.20 คลอไรด์ในดิน (Cl <sub>s</sub> ) ที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1 <sup>st</sup> sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2565 (2 <sup>nd</sup> sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร.....	46
4.21 ความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH <sub>w</sub> ) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	47
4.22 สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity; EC <sub>w</sub> ) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	48
4.23 ความเค็มของน้ำ (salinity) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	50
4.24 ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน (sodium ion; Na) ในน้ำสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565...	51
4.25 อัตราการดูดซับโซเดียมไอออนในน้ำ (sodium adsorption ratio; SAR <sub>w</sub> ) สวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	52
4.26 เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ของน้ำ (solution sodium percentage; SSP) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	54
4.27 สัดส่วนการรุกราน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F) ของน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	56
4.28 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างของการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	63
4.29 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	65

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.30	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับ สมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	66
4.31	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	67
4.32	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.....	68
4.33	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับการดูใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	69
4.34	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564.....	70
4.35	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565.....	71
4.36	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 กับ ความสามารถดูใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....	72

# สารบัญรูปลูกคผนวก

รูปภาคผนวกที่	หน้า
1 สภาพสวนมะม่วงที่ 1.....	99
2 สภาพสวนมะม่วงที่ 2.....	99
3 สภาพสวนมะม่วงที่ 3.....	100
4 สภาพสวนมะม่วงที่ 4.....	100
5 สภาพสวนมะม่วงที่ 5.....	101
6 สภาพสวนมะม่วงที่ 6.....	101
7 สภาพสวนมะม่วงที่ 7.....	102
8 แสดงอาการไปไหม้ของใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของสวนที่ 1 (a) และสวนที่ 5 (b) .....	102



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และดิงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดฉะเชิงเทรา และยังได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดฉะเชิงเทรา (geographical indication; GI) ในปี พ.ศ. 2563 จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่เพาะปลูก 22,654 ไร่ ซึ่งมากที่สุดในภาคตะวันออก โดยแหล่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีชื่อเสียงคืออำเภอกลองเชื่อน มีพื้นที่เพาะปลูก 2,556 ไร่ หรือ 11 เปอร์เซ็นต์ของจังหวัดฉะเชิงเทรา (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากอำเภอกลองเชื่อนมีรูปลักษณ์และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ จึงเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาในการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เนื่องจากการรुक้ำของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของทุกปี น้ำทะเลจากอ่าวไทยหนุนน้ำจืดขึ้นไปในแม่น้ำบางปะกงถึงจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดนครนายก (กุลศิริ อรุณภาคย์, 2548) และปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอผลักดันน้ำเค็มออกสู่อ่าวไทยได้ ประกอบกับภาวะโลกร้อนที่ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น (Becker et al., 2012) การรुक้ำน้ำเค็มในลุ่มน้ำบางปะกงช่วงฤดูแล้ง จึงเกิดขึ้นเป็นประจำและมีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน (ศิริรัตน์ สังขรักษ์ และคณะ, 2563) พื้นที่ในตำบลกลองเชื่อน อำเภอกลองเชื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงเป็นพื้นที่ที่ถูกรุก้ำน้ำเค็มรुक้ำเป็นประจำ

การรुक้ำของน้ำเค็มเข้าสู่แหล่งน้ำทางการเกษตร เป็นข้อจำกัดของคุณภาพน้ำชลประทาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการทำการเกษตร เมื่อค่าความเค็มของน้ำสูงกว่าค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร (2.00 กรัมต่อลิตร) (ธรรมบุญ รัศมีมาสเมือง และคณะ, 2565) จะส่งผลกระทบต่อสมบัติดิน เกิดการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวและทรายแป้ง การเคลื่อนที่ของคอลลอยด์ไปอุดตันช่องว่างในดิน และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำลดลง ทำให้ดินแน่นทึบ มีปัญหาการระบายน้ำและอากาศ จำกัดการเจริญของรากพืช (Goldberg and Forster, 1990; Gonzalez et al., 2015; Miller et al., 1990) เกิดการสะสมความเข้มข้นของโซเดียม และคลอไรด์ในดินเพิ่มขึ้น ถึงแม้คลอไรด์จะเป็นธาตุอาหารพืช แต่พืชต้องการในปริมาณน้อย เมื่อมีปริมาณที่มากเกินไปความต้องการทำให้เป็นพิษต่อพืช (Tanji and Kielen, 2002) พืชจะแสดงอาการใบไหม้ หรือขอบใบแห้ง เนื่องจากเนื้อเยื่อถูกทำลาย (Isayenkov and Maathuis, 2019) ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งทนความเค็มน้อยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตในสภาวะดินที่ไม่มีปัญหา โดยความเค็มจำกัดอัตราการสังเคราะห์แสง เนื่องจากสภาวะที่ดินเค็มพืชมีประสิทธิภาพในการดูดใช้น้ำลดลง เกิดการสังเคราะห์กรดแอบไซสิก (ABA) ทำให้เซลล์คุมเหี่ยว (guard cell) ส่งผลต่อการเปิดปิดของปากใบ (Hnilickova et al., 2017; ยงยุทธ โอสดสภา, 2559) ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร

ลดลง พืชได้รับความเข้มข้นของโซเดียมและคลอไรด์สูงเกินความต้องการของพืช เกิดความไม่สมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของธาตุอาหารภายในต้นพืช และลดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารภายในต้นพืช เช่น โพสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในขณะที่ส่งเสริมการดูดใช้คลอไรด์ ขัดขวางการเคลื่อนย้ายแคลเซียมภายในต้นพืช ผลกระทบเหล่านี้ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชลดลง (Choudhary et al., 2011) พืชที่ได้รับ ความเค็มมักมีอาการคล้ายพืชขาดน้ำ เช่น ใบเหี่ยว ใบหนาขึ้น และใบเหลือง เป็นต้น หากรุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้พืชตายในที่สุด (Luttge et al., 1984; Munns, 2002; Sharma, 1984; Srivastav et al., 2011) ในขณะที่เดียวกันเกษตรกรมีความเชื่อว่าน้ำเค็มและน้ำกร่อย ส่งผลให้มะม่วงมีรสชาติดี จากการสร้างสาร compatible solutes ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการป้องกันความเครียดจากความเค็ม (กุลศิริ อรุณภาคย์, 2548) ในขณะที่เดียวกันหากมะม่วงได้รับความเค็มมากเกินไปจะส่งผลเสียมากกว่าผลดี ผลผลิตลดลง และอาจทำให้ตายได้

สวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองบริเวณริมแม่น้ำบางปะกง ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการรุกคืบของน้ำเค็มต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตามการศึกษาผลที่เกิดจากปัญหาการรุกคืบน้ำเค็มต่อสมบัติดิน คุณภาพน้ำ ปริมาณธาตุอาหารในใบและผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองยังมีข้อมูลค่อนข้างน้อย จึงมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อ ศึกษาสมบัติดิน คุณภาพน้ำ ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบและผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในตำบล คลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการรุกคืบน้ำเค็มต่อสมบัติดินและคุณภาพน้ำ ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการรุกคืบน้ำเค็มต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและการดูดใช้ธาตุอาหารของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการออกสำรวจสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัด ฉะเชิงเทรา บริเวณริมฝั่งแม่น้ำบางปะกง พบอาการผิดปกติ ได้แก่ ผลผลิตต่ำ ใบและผลร่วง ใบไหม้ จากบริเวณปลายใบเข้าไปแผ่นใบ ซึ่งเป็นการได้รับความเป็นพิษจากธาตุโซเดียม และคลอไรด์ ในขณะที่สวนที่อยู่ห่างจากริมฝั่งแม่น้ำบางปะกง ไม่พบปัญหาดังกล่าว โดยคาดว่าสวนที่ใกล้และรับน้ำโดยตรง จากแม่น้ำบางปะกงอาจได้รับผลกระทบจากการรุกคืบของน้ำเค็ม ส่งผลให้สมบัติดิน คุณภาพน้ำ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและการดูดใช้ธาตุอาหารของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองแตกต่างจากสวนที่ไม่ได้รับผลจากการรุกคืบของน้ำเค็ม

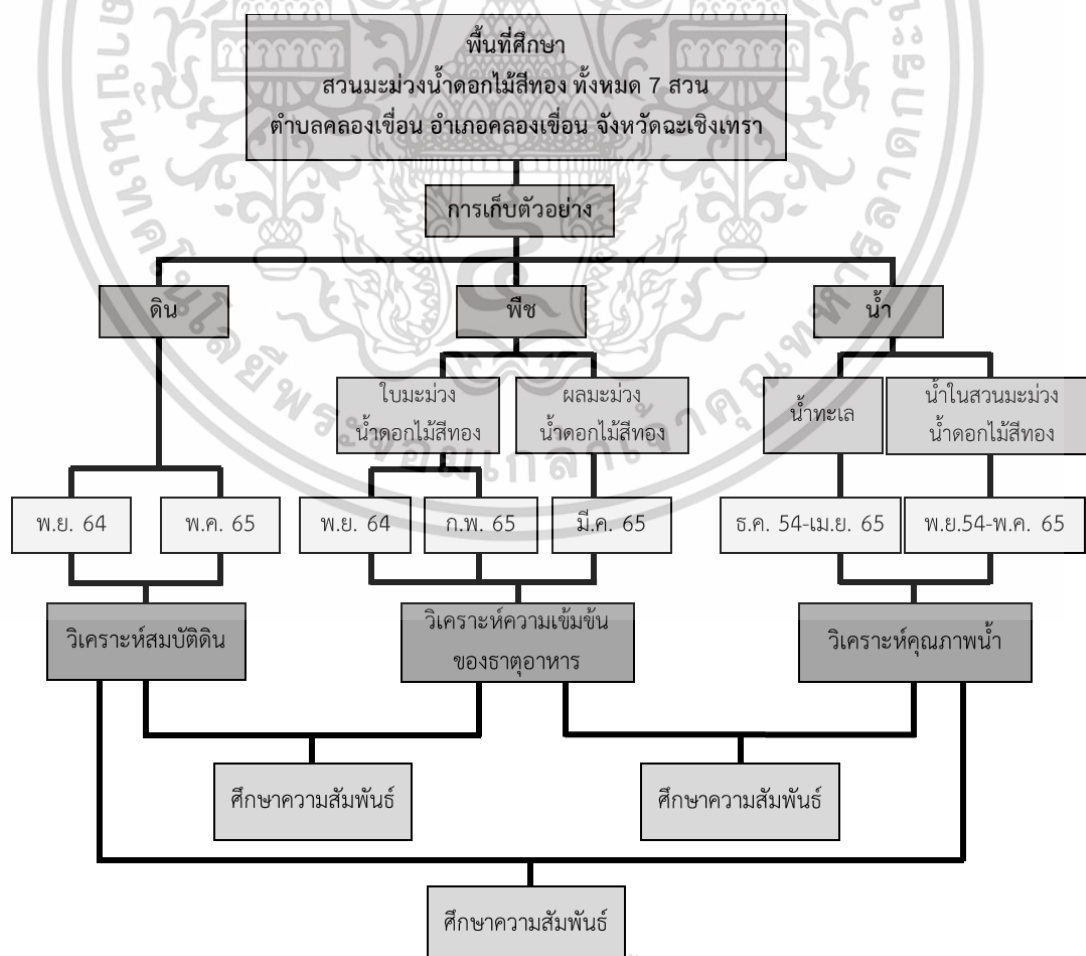
## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ความรุนแรงของการรुक้าของน้ำเค็ม ในแม่น้ำบางปะกงมีความรุนแรงมากขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา การรुक้าของน้ำเค็มจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ทำให้น้ำเค็ม เกิดการสะสมของโซเดียมและคลอไรด์ไอออน ความเค็มและธาตุเหล่านี้ อาจสะสมในดิน ส่งผลต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาสมบัติดิน และคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากพื้นที่ที่ได้รับการรुक้าของน้ำเค็มในพื้นที่ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา และศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและการดูใช้ธาตุอาหารของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในพื้นที่ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* L. อยู่ในชั้น Dicotyledonae ชั้นย่อย Archichlamydeae อันดับ Sapindales วงศ์ Anacardiaceae เป็นไม้ผลเมืองร้อนที่มีความสำคัญและนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย (Vieccelli et al., 2018) ในพื้นที่เขตร้อนแถบเอเชีย เช่น ประเทศพม่า ประเทศเวียดนาม ประเทศอินเดีย ประเทศฟิลิปปินส์ และประเทศไทย ซึ่งในประเทศไทยมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศไทย ปี 2564 มีปริมาณการส่งออกมะม่วง 117 กิโลกรัม มูลค่า 3,367 ล้านบาท มีปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นจากปี 2563 ร้อยละ 29.48 และ 42.24 ตามลำดับ ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และประเทศออสเตรเลีย (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2564) ปี 2563 จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่เพาะปลูก 22,654 ไร่ ซึ่งสูงสุดในภาคตะวันออก แหล่งปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีชื่อเสียงคืออำเภอกลองเขื่อน มีพื้นที่เพาะปลูก 2,556 ไร่ หรือ 11 เปอร์เซ็นต์ของจังหวัดฉะเชิงเทรา ให้ผลผลิต 20,858 ตัน สถานการณ์และแนวโน้มในปี 2564 มีพื้นที่เพาะปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเท่ากับ 22,395 ไร่ ผลผลิต 17,801 ตัน ลดลงจากปีที่ผ่านมา 14.65 เปอร์เซ็นต์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) ทำให้เมื่อเทียบสัดส่วนการส่งออกกับปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ ถือว่ามีการส่งออกไปต่างประเทศได้น้อย เนื่องจากผลผลิตเพื่อการส่งออกต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพ แต่ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งร่วมกับปัญหาการรुक้าของน้ำเค็ม ซึ่งอาจเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้

สภาพพื้นที่เพาะปลูกมะม่วงควรเป็นที่ดอนไม่มีน้ำท่วมขัง ลักษณะดินร่วนหรือร่วนปนทราย ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประมาณ 20-34 องศาเซลเซียส การปลูกควรปรับพื้นที่ให้ราบเรียบหรือค่อนข้างราบ ดินควรมีการระบายน้ำที่ดี มีแหล่งน้ำหรือปริมาณน้ำฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นมะม่วง (ประพันธ์ ชานนท์ และปรัชญา รัตมีธรรมวงศ์, 2560) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 700-1,500 มิลลิเมตรต่อปี โดยตกกระจายตัวสม่ำเสมอ ในกรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ ควรเป็นแหล่งน้ำที่สะอาด ไม่มีสารพิษปนเปื้อน ไม่มีความเค็ม น้ำที่ความเป็นกรดต่างเหมาะสมประมาณ 5.5-7.5 ซึ่งพบว่าคุณภาพน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรชาวจังหวัดฉะเชิงเทราประสบปัญหาอยู่ในปัจจุบัน พื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีอาณาเขตติดอ่าวไทย ทำให้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้าไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ หนอง บึง และแหล่งน้ำชลประทาน ซึ่งอาจเกิดผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพผลผลิตมะม่วง รวมทั้งสะสมในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร

### 2.2.1 สมบัติน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร

ความเป็นกรดต่าง (pH) แสดงให้ทราบว่าน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง น้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะปลูกพืชควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563) ความเป็นกรดต่างส่งผลต่อกระบวนการทางเคมีและชีวเคมี รวมทั้งกายภาพของดิน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช พืชแต่ละชนิดมีการสนองต่อระดับความเป็นกรดต่างแตกต่างกัน

สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) บอถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อกระแสไฟฟ้า โดยสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลรวมทั้งหมดของค่าการนำไฟฟ้าของธาตุทุกชนิดทั้งไอออนบวกและไอออนลบของเกลืออนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ จึงเป็นดัชนีที่แสดงถึงความเค็มของน้ำ สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำใช้เพื่อการเกษตรไม่ควรเกิน 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับเค็มสูง (ญาณธิดา จิตต์สะอาด และคณะ, 2558) สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเป็นดัชนีแบ่งระดับปริมาณเกลือที่ละลายได้ในน้ำ 4 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมากตามอิทธิพลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์มาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตร

ดัชนี	หน่วย	ระดับผลกระทบ			
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
EC	dS/m	0.00-0.25	0.25-0.75	0.75-2.25	2.25
SAR		0-10	10-18	18-26	26
Cl	mg/l	70	70-140	14-350	350

ที่มา: Zaman et al. (2018)

ความเค็ม (salinity) คือปริมาณของของแข็งหรือเกลือแร่ต่าง ๆ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ คำนวณจากค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหน่วยเดซิซีเมนส์ต่อเมตรคูณ 0.64 ค่าความเค็มหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร น้ำทะเลมีค่าความเค็มโดยเฉลี่ยประมาณ 35 กรัมต่อลิตร เกณฑ์มาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตรไม่ควรเกิน 2.00 กรัมต่อลิตร (กรมชลประทาน, 2558)

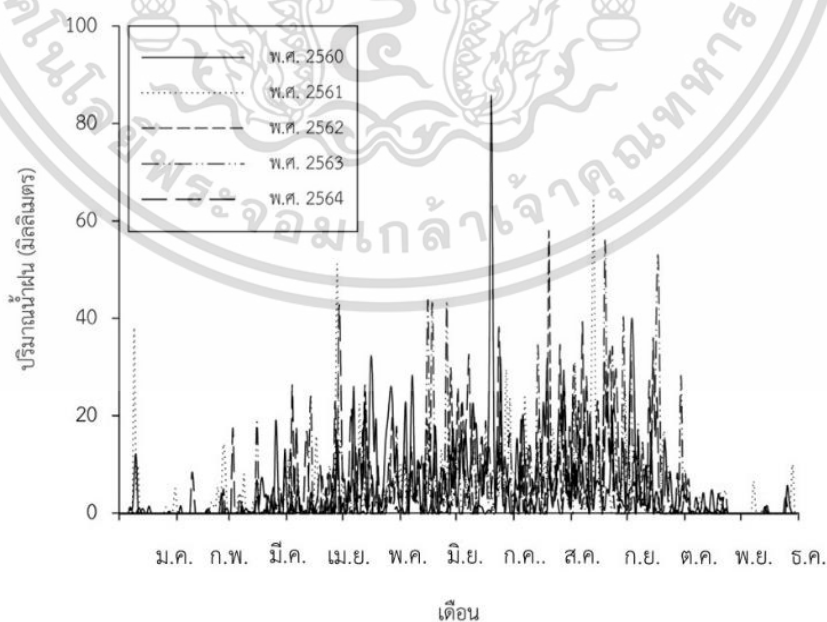
อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio; SAR) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (อัจฉรา จิตตลดากร, 2556) กรณีที่น้ำชลประทานมีโซเดียมสูง ส่งผลให้โซเดียมในดินเพิ่มสูงตามไปด้วย ซึ่งจะทำให้ดินแน่น การดูดซึมน้ำได้น้อยลง พืชมีอาการขาดน้ำได้ง่ายจำแนกประเภทคุณภาพน้ำชลประทานตามผลของ SAR ต่อการเจริญเติบโตของพืช 4 ระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก (ตารางที่ 2.1)

เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (soluble sodium percentage; SSP) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโซเดียมต่ออนุมูลบวกทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ ถ้าอัตราส่วนสูงเกินไปจะมีผลกระทบต่อ การซึมน้ำของดินทำให้พืชมีโอกาสขาดน้ำ หรือน้ำขังจนความชื้นเกินความต้องการของพืช ค่า SSP เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นอันตรายต่อพืช (Ogunfowokan et al., 2013)

คลอไรด์ (chloride; Cl) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช แต่พืชต้องการในปริมาณน้อยมาก พบทั่วไปในน้ำชลประทาน ดิน และปุ๋ยโพแทสเซียม (Wang et al., 2020) ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนในน้ำไม่ควรเกิน 350 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2.1) กรณีสูงเกินกว่าที่พืชจะทนทานได้จะทำให้เกิดอาการแห้งหรือใบไหม้ โดยเกิดขึ้นที่ปลายใบก่อน แล้วลุกลามไปตามขอบใบ ทำให้ใบร่วงก่อนที่จะเจริญเติบโตเต็มที่ (Geilfus, 2019)

## 2.2.2 คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากรายงานการศึกษาโครงการจัดทำผังน้ำลุ่มน้ำบางปะกงของสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (2564) และสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยของกรมควบคุมมลพิษ (2563) รายงานไว้ว่าน้ำในแม่น้ำบางปะกงมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม เนื่องจากเป็นแหล่งรองรับของเสียที่ไหลมาจากแม่น้ำสายหลักในลุ่มน้ำบางปะกง และได้รับอิทธิพลการรุกล้ำของน้ำเค็ม พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตะวันออกเฉียงเหนือ พายุดีเปรสชัน และพายุไต้ฝุ่น จากข้อมูลของ National Aeronautics and Space Administration (NASA) ช่วงปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 รายงานปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวัน ในพื้นที่อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 4.65 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในพื้นที่อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่าง พ.ศ. 2560 - 2564

ที่มา: National Aeronautics and Space Administration (2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

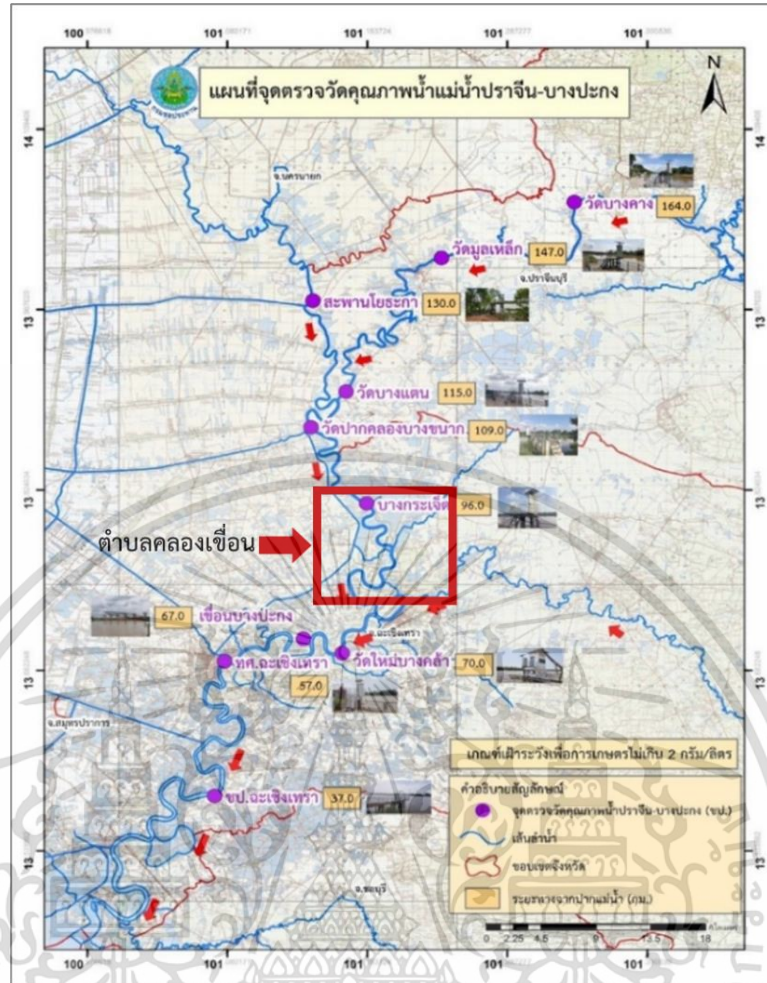
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำบางปะกงมีการเพาะปลูกข้าว ไม้ผล และไม้ยืนต้น รวมทั้งการทำประมงน้ำจืด ทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดในช่วงฤดูแล้ง สำหรับการอุปโภคบริโภค การเกษตร และปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากปัจจุบันมีปริมาณฝนมีความไม่แน่นอน บางปีฝนตกน้อย หรือตกไม่ตามฤดูกาล ซึ่งการรุกรานของน้ำเค็มจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน (รูปที่ 2.1) ทำให้ต้องปิดประตูระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำเค็มเข้าพื้นที่การเกษตร ไม่สามารถใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงได้โดยตรง ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการเพาะปลูกพืชในฤดูแล้งได้อย่างเต็มที่

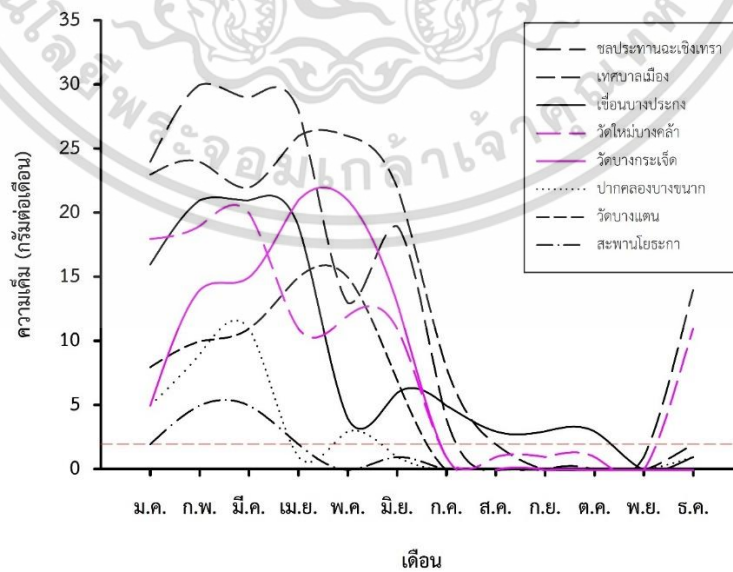
### 2.2.3 ปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำบางปะกง ทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทิศใต้ เข้าฝั่งซ้ายบริเวณเหนืออำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนไหลลงทางใต้ผ่านที่ราบต่ำในเขตอำเภอบางคล้า อำเภอกลองเชื่อน และอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงได้อิทธิพลการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลตลอดลำน้ำแม่น้ำบางปะกง ระยะทางกว่า 120 กิโลเมตร โดยลักษณะการรุกรานของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ อิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงแม่น้ำ และการนำน้ำจากแม่น้ำไปใช้ การรุกรานของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงทำให้ขาดแคลนน้ำจืด และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สมบัติดินเสื่อมโทรมลง กรณีที่มีการสะสมเกลือในพื้นที่เป็นเวลานานก่อให้เกิดดินเค็ม

ปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงมีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ที่วัดบางกระเจ็ด ตำบลบางกระเจ็ด อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา มีระยะห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 96 กิโลเมตร มีค่าความเป็นกรดต่าง 6.96 สภาพการนำไฟฟ้า 5.76 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และความเค็ม 2.73 กรัมต่อลิตร ซึ่งเกินมาตรฐานน้ำเพื่อการเกษตร (สำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม, 2564) ค่าความเค็มของน้ำตามจุดในแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ ชลประทานฉะเชิงเทรา เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา เขื่อนบางปะกง วัดใหม่บางคล้า บางกระเจ็ด วัดปากคลองบางขนาก วัดบางแตน และสะพานโยธะกา มีระยะห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 37, 57, 67, 70, 96, 109, 115 และ 130 กิโลเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 2.2) พบว่าทุกจุดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 และค่าความเค็มลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง อย่างไรก็ตามพื้นที่ตำบลคลองเขื่อนตั้งอยู่ระหว่างจุดตรวจวัดใหม่บางคล้า และบางกระเจ็ด น้ำมีความเค็มเกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเกษตร (2 กรัมต่อลิตร) (รูปที่ 2.3) ซึ่งมีปัญหามายาวนานมากกว่า 10 ปี โดยในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 บริเวณจุดตรวจวัดใหม่บางคล้า และวัดบางกระเจ็ด มีค่าความเค็มมากกว่า 22 กรัมต่อลิตร และตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมา พื้นที่บริเวณนี้ในช่วงฤดูแล้งน้ำมีค่าความเค็มเกิน 10 กรัมต่อลิตร จนถึงปัจจุบัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ทำให้พื้นที่ตลอดลำน้ำบางปะกงถูกรุกรานด้วยน้ำเค็มทุกปี



รูปที่ 2.2 แผนที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำปราจีน-บางปะกง  
ที่มา: กรมชลประทาน (2564)



รูปที่ 2.3 ค่าความเค็มน้ำจุดตรวจในแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2564

ที่มา: กรมชลประทาน (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ดินเค็ม

การใช้น้ำชลประทานที่มีความเค็มต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลให้ดินสะสมความเค็มจนเป็นดินเค็มได้ ดินเค็มจัดอยู่ในกลุ่มดินปัญหา ที่มีสมบัติไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อย สำหรับการเพาะปลูกพืชทางการเกษตร หากนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชส่งผลให้พืชเจริญเติบโตไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งพื้นที่ทั่วโลกที่ใช้เพาะปลูกพืชครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มข้นของเกลือ (Roy and Chowdhury, 2020) ดินเค็มเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทั่วโลกส่วนใหญ่พบในสภาพภูมิอากาศแห้งแล้ง กึ่งแห้งแล้ง ซึ่งมีน้ำไม่เพียงพอที่ชะเอาเกลือที่ละลายได้ออกไปจากดิน ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ชายฝั่งทะเล การรุกคืบของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำอาจทำให้เกิดดินเค็ม

### 2.3.1 การจำแนกดินเค็ม

สมบัติทางเคมีดินที่ใช้จำแนกประเภทดินเค็ม ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium absorption ratio;  $SAR_s$ ) และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage; ESP) จำแนกประเภทดินเค็มไว้ 3 ประเภท (Omuto et al., 2020) ดังนี้

ดินเค็ม (saline soil) ดินที่มีเกลือละลายน้ำได้อยู่ในสารละลายดินมาก สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร อัตราการดูดซับโซเดียมต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และค่า pH ของดินต่ำกว่า 8.5 หรืออยู่ในสภาพเป็นกลาง โครงสร้างดินอยู่ในสภาพดี (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 การจำแนกดินเค็ม

การจำแนกดินเค็ม	$EC_e$ (dS/m)	ESP (%)	$SAR_s$	pH	โครงสร้างดิน
ดินเค็ม (saline soil)	>4	<15	<13	<8.5	ดี
ดินโซดิก (sodic soil)	<4	>15	>13	>8.5	เลว
ดินเค็มโซดิก (saline sodic soil)	>4	>15	>13	<8.5	พอใช้

ที่มา: Omuto et al. (2020)

ดินโซดิก (sodic soil) เป็นดินที่ไม่เค็ม แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำต่ำกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร อัตราส่วนดูดซับโซเดียมสูงกว่า 13 ค่า pH ของดินอยู่ระหว่าง 8.5-10 โครงสร้างดินเลว (ตารางที่ 2.2) เนื่องจากดินมีการสะสมเกลือคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของโซเดียมสูง เมื่อค่า pH ของดินสูง เกิดจากการ

ตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมในสารละลายดินมีค่าต่ำ เกิดการแจกกระจายของดิน ไปซัดขวางรูพรุนของดิน ส่งผลให้น้ำแทรกซึมได้ไม่ดี (FAO, 2021)

ดินเค็มโซดิก (saline sodic soil) ดินเค็มที่มีเกลือปริมาณมาก ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร อัตราการดูดซับโซเดียมสูงกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และค่า pH อาจสูงถึง 8.5 แต่โดยทั่วไปมักต่ำกว่า 8.5 (ตารางที่ 2.2)

### 2.3.2 อิทธิพลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ดินเค็มมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่มากเกินไป มีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเสื่อมโทรม โครงสร้างดินเลว เนื่องจากเกิดการฟุ้งกระจาย เกิดการเคลื่อนที่ของคอลลอยด์ แทรกตามรอยแตกหรือช่องว่างภายในดิน จึงทำให้ดินแน่นทึบที่ผิวดิน และมีปัญหาของการกัดกร่อนของดิน (FAO, 2021)

เกลือที่จะละลายน้ำได้สามารถแตกตัวแล้วทำให้ดินมีค่า pH สูง ส่งผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง (Prajapati et al., 2021) เนื่องจากเกิดความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชลดลง เช่น ในช่วง pH ระหว่าง 6-7 ธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ถ้า pH สูงกว่า 7 ธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชลดลง ในขณะที่เดียวกันเกิดความเป็นพิษของธาตุ (ion toxicity) เช่น โซเดียม โบรอน โมลิบดีนัม ต่อการเจริญเติบโตของพืช เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้ ดินขาดธาตุสังกะสี ไนโตรเจน และอินทรีย์วัตถุ หรือเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารต่อพืช (Bernstein, 1975) พืชดูดใช้น้ำได้ลดลง

ปัญหาดินเค็มเป็นปัจจัยจำกัดในการเลือกชนิดพืชเพาะปลูก พืชที่สามารถปลูกได้นั้นต้องเป็นพืชในกลุ่มที่ทนเค็ม พืชกลุ่มทนเค็มมักไม่ใช่พืชที่เป็นที่ต้องการของตลาด มีราคาต่ำ หากดินเค็มรุนแรงมากขึ้นทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความสามารถทนเค็มและทนโซดิกได้แตกต่างกัน แบ่งระดับความทนเค็มของพืชออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ไม่ทนเค็ม ทนเค็มน้อย ทนเค็มปานกลาง ทนเค็มมาก และทนเค็มจัด (ตารางที่ 2.3) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจัดเป็นไม้ผลที่มีความสามารถในการทนเค็มน้อย ซึ่งความสามารถในการทนเค็มของพืชขึ้นอยู่กับกลไกการปรับตัวของพืชชนิดนั้น ๆ ภายใต้สภาวะเครียดจากความเค็ม เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน ขับเกลือออกทางต่อมเกลือ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่ใบแล้วปล่อยให้ร่วงหล่น กักเก็บเกลือไปไว้ในเซลล์แวคิวโอล ซึ่งเป็นกลไกที่ช่วยลดค่าออสโมติกภายใต้สภาวะดินเค็ม ควบคุมการเคลื่อนย้ายเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำ และลดการคายน้ำทางปากใบ เป็นต้น ลักษณะอาการที่พืชแสดงออกในสภาวะดินเค็มที่สามารถมองเห็นทางกายวิภาค มีสารเคลือบใบ หนาขึ้นเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ปลายใบไหม้ เกิดจุดปะบนพื้นผิวใบ ใบม้วน ขนาดของใบลดลง เนื่องจากการยืดขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์พืชลดลง อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ใบร่วงก่อนกำหนด จำนวนดอกลดลง (นวรรตน์ อุตมประเสริฐ, 2558) พบว่าส่วนของใบจะได้รับผลกระทบมากกว่าส่วนของราก (Munns and Sharp, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 2.3 การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ระดับความเค็ม	ผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
น้อยกว่า 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่อพืช
2 - 4	เค็มน้อย	มีผลกระทบต่อผลการเจริญเติบโตของพืชไม่ทนเค็ม
4 - 8	เค็มปานกลาง	มีผลกระทบต่อผลการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8 - 16	เค็มมาก	เฉพาะพืชทนเค็มเท่านั้น ที่สามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิต
มากกว่า 16	เค็มจัด	เฉพาะพืชทนเค็มจัด ที่สามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้

ที่มา : Vos et al. (2016)

### 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mahouachi (2018) พบว่าปริมาณน้ำในใบมะม่วงลดลงตามความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการดูดใช้น้ำของรากมะม่วงจากดินลดลง ทำให้เกิดสภาวะขาดน้ำ ส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมเปลี่ยนแปลง และเกิดการหลุดร่วงของใบพืชก่อนกำหนด (ก้นตพงษ์ แก้วกมล และคณะ, 2563; จันทธีรา ดวงจันทร์ และศิริพรรณ บรรหาร, 2559)

Dayal et al. (2014) ได้รายงานไว้ว่ามะม่วงที่ได้รับความเค็มของเกลือ มีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์ที่ไม่ได้รับความเค็มของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ มีการเคลื่อนย้ายโซเดียมและคลอไรด์จากรากไปสะสมที่ใบ ปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการของพืช ทำให้เป็นพิษต่อพืช (toxic) พืชจะแสดงอาการใบไหม้ เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณนั้นถูกทำลาย (Isayenkov and Maathuis, 2019) ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เช่น แอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (Zrig et al., 2016) เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมภายในเซลล์พืช มีการสังเคราะห์ ethylene ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่มักพบในสภาวะเครียดจากความเค็มและสภาวะขาดน้ำ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง (Singh and Sharma, 2018)

Mousavi et al. (2008) รายงานไว้ว่าความเข้มข้นของโซเดียม คลอไรด์ และสัดส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในใบ ลำต้น และรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเกลือเพิ่มสูงขึ้น และสารในกลุ่ม compatible solutes มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เพิ่มขึ้น และจะลดลงอีกครั้งเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือเพิ่มขึ้นรุนแรง

สุมาลี ชูกำแพง (2555) รายงานไว้ว่าในสภาวะปกติรากพืชจะมีค่าศักย์ของน้ำ (water potential) ต่ำกว่าในดิน พืชสามารถดูดน้ำจากดินเข้าไปยังรากได้ แต่เมื่อพืชได้รับสารละลายเกลือจะมีผลทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าศักย์ของน้ำในดินลดลง หากลดลงต่ำมารากพืชจะไม่สามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้ พืชจึงมีการปรับตัวโดยการสังเคราะห์สารในกลุ่ม compatible solutes เช่น โพรลีน ไกลซีน เบตาอิน น้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลเชิงซ้อน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น เพื่อลดค่าศักย์ของน้ำในต้นพืช ทำให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้ (Singh and Sharma, 2018) สอดคล้องกับงานทดลองของ Zrig et al. (2016) และ Tattini et al. (1996) ได้รายงานไว้ว่าทริทเมนต์ที่ได้รับสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้พืชผลิตน้ำตาล (soluble sugar) เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพืชได้รับความเข้มข้นของสารละลายเกลือเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่งน้ำตาลจะลดลง

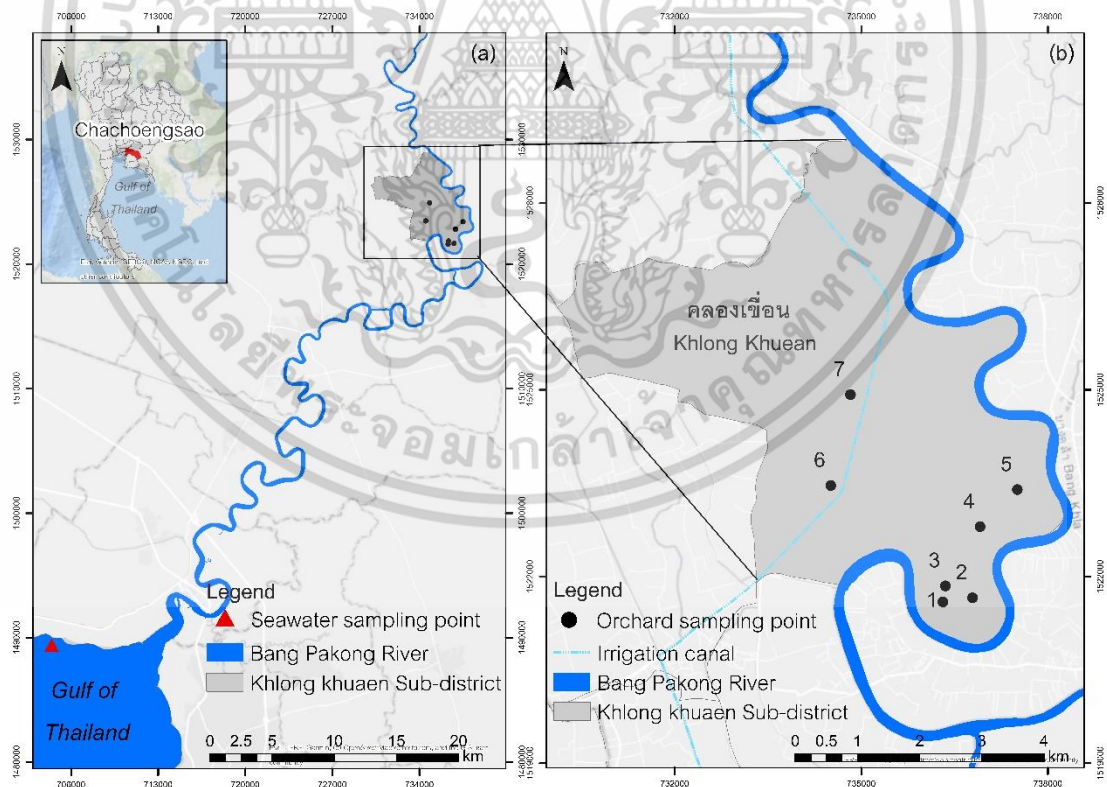
Abou Zakhem and Hafez (2007) กำหนดให้พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลการรुक้าของน้ำทะเล มีสัดส่วนการรुक้าน้ำเค็มต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรुक้าของน้ำทะเลมี สัดส่วนการรुक้าน้ำเค็ม 2 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ Somay and Gemici (2009) รายงานไว้ว่าสัดส่วนการ รุก้าน้ำเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้นจากช่วงฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลจากการหมุนของน้ำ ทะเล ซึ่งน้ำทะเลมีองค์ประกอบของไอออน 6 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และโพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) (Lu and Wang, 2019) ทำให้ พื้นที่ที่ถูกรुक้าน้ำเค็มมีความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และคลอไรด์ ไอออนสูงขึ้น (Chae et al., 2012; Mondal et al., 2010; Sarwade et al., 2007)

# บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 พื้นที่ศึกษา

ศึกษาสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในพื้นที่ตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 7 สวน ทั้ง 7 สวน ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากการตรวจสอบแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:25,000 ชุดดินทั้ง 7 สวนเป็นชุดดินฉะเชิงเทรา (Chachoengsao series; Cc) จำแนกดินตาม soil taxonomy เป็น Fine-very fine, mixed, nonacid, semiactive Vertic Endoaquepts (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) สวนที่ 1 ถึง 5 ได้รับน้ำจากแม่น้ำบางปะกงโดยตรง สวนที่ 6 และ 7 ได้รับน้ำจากคลองชลประทาน ทั้ง 7 สวนอยู่ห่างจากริมฝั่งแม่น้ำบางปะกงไม่เกิน 3 กิโลเมตร และห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง 88.5-93.0 กิโลเมตร (รูปที่ 3.1) และทุกสวนมีการจัดการเพาะปลูกแบบยกร่อง ต้นมะม่วงมีอายุมากกว่า 4 ปีขึ้นไป อยู่ในระยะที่ให้ผลผลิตแล้ว (ตารางที่ 3.1) โดยมะม่วงปลูกแบบเสียบยอดพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง บนต้นต่อเป็นมะม่วงพันธุ์ทนเค็ม (กะล่อน) สภาพสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 7 สวนแสดงในรูปภาคผนวกที่ 1-7



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งสวนมะม่วงที่ศึกษาในตำบลคลองเขื่อน อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ลำดับสวน	อายุต้นมะม่วง (ปี)	ระยะห่างจากฝั่งแม่น้ำบางปะกง (กิโลเมตร)	ระยะห่างจากปากแม่น้ำบางปะกง (กิโลเมตร)	การจัดการน้ำ (เปิดน้ำเข้าสวน)	แหล่งน้ำ
1	7	1	89.0	เดือนมกราคม และ มีนาคม	แม่น้ำบางปะกง
2	10	1	90.0	เดือนมกราคม	แม่น้ำบางปะกง
3	8	1	89.0	เดือนมกราคม	แม่น้ำบางปะกง
4	14	1	92.0	เดือน มีนาคม	แม่น้ำบางปะกง
5	9	1	93.0	เดือน มีนาคม	แม่น้ำบางปะกง
6	4	2	88.5	เดือนมกราคม	คลองชลประทาน
7	13	2	89.0	เดือนมกราคม และ เมษายน	คลองชลประทาน

### 3.2 การเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืช

#### 3.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 โดยเก็บตัวอย่างดินบริเวณทรงพุ่มของต้นมะม่วง เก็บตัวอย่างดินจำนวน 10 ตัวอย่างต่อสวน สุ่มเก็บทั้งหมด 5 ต้น (ซ้ำ) แต่ละต้นเก็บ 4 จุด ในแต่ละจุดเก็บ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2a) และครั้งที่ 2 เก็บวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เก็บตัวอย่างดินบริเวณทรงพุ่มของต้นมะม่วง เก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 ตัวอย่างต่อสวน เก็บทั้งหมด 2 ต้น (ซ้ำ) แต่ละต้นเก็บ 2 จุด ในแต่ละจุดเก็บ 5 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2b) จำนวนตัวอย่างดินรวมทั้งหมด 105 ตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองบริเวณทรงพุ่มครั้งที่ 1 (a) และครั้งที่ 2 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากสวนมะม่วงทั้ง 7 สวน แต่ละสวนเก็บ 2 จุด (ซ้ำ) เลือกเก็บตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางความกว้างของร่องมะม่วง ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 50 เซนติเมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) เก็บตัวอย่างน้ำภายในสัปดาห์แรกของแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ในช่วงเวลา 9.00-12.00 นาฬิกา จำนวนตัวอย่างน้ำรวมทั้งหมด 98 ตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทย ที่ตำบลสองคลอง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา (ละติจูด 13.471198 ลองจิจูด 100.872060) (รูปที่ 3.1) เก็บจำนวน 2 จุด ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 100 เซนติเมตร โดยใช้ขวดแก้ว Duran® (borosilicate glass) ขนาด 1 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำทะเลทุกเดือนตลอดระยะเวลาศึกษา ยกเว้นเดือนพฤศจิกายน และพฤษภาคม เพื่อนำไปคำนวณสัดส่วนการรุกค้ำน้ำเค็ม จำนวนตัวอย่างน้ำทะเลรวมทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

### 3.2.3 การเก็บตัวอย่างพืช

#### 3.2.3.1 การเก็บตัวอย่างใบมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทอง

สุ่มเก็บตัวอย่างใบมะม่วง 5 ตัวอย่างต่อสวนมะม่วง ตัวอย่างพืช 1 สวน เก็บทั้งหมด 5 ต้น (ซ้ำ) แต่ละต้นเก็บรอบต้น โดยเก็บใบที่ 1 หรือ 2 ที่อยู่ใต้ใบฉัตร (รูปที่ 3.3) (Ahmad et al., 2018; Reddy et al., 2001) เก็บตัวอย่างใบมะม่วงในวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (ระยะออกช่อดอก) และวันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 (ระยะออกผล) จำนวนตัวอย่างใบรวมทั้งหมด 70 ตัวอย่าง

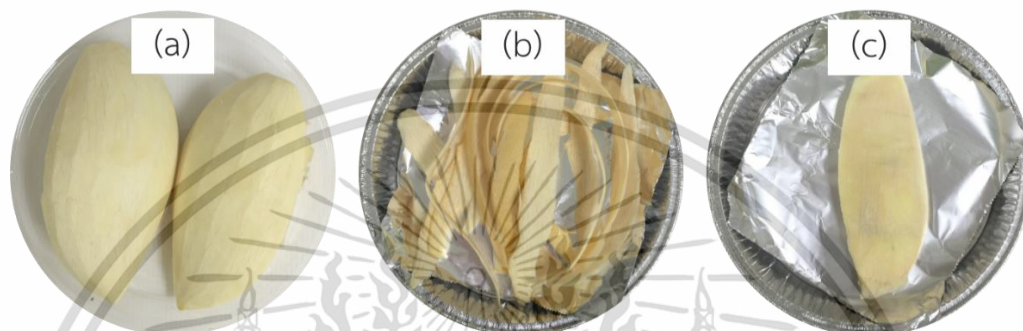


รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างใบมะม่วงน้ำดอกไม้มัสทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3.2 การเก็บตัวอย่างผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

เก็บตัวอย่างผลมะม่วงจากต้นมะม่วงต้นเดียวกับที่เก็บตัวอย่างใบและดิน จำนวน 20 ผลต่อต้น (เก็บผลมะม่วงอายุ 115 วันหลังดอกบาน) ขนย้ายมะม่วงจากสวนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 1 วัน แบ่งตัวอย่างผลมะม่วงออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อ เปลือก และเมล็ด (รูปที่ 3.4) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้น เก็บตัวอย่างผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2565 จำนวนตัวอย่างผลรวมทั้งหมด 140 ตัวอย่าง



รูปที่ 3.4 การเตรียมตัวอย่างส่วนของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ได้แก่ เนื้อ (a) เปลือก (b) และเมล็ด (c)

## 3.3 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ และพืช

### 3.3.1 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ประเภทเนื้อดิน (soil texture) โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 โดยใช้เครื่อง pH meter (ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข, 2542)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter; OM) ด้วยวิธี wet oxidation (Walkley and Black, 1934)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และกำมะถันทั้งหมด (total nitrogen และ total sulfur) วิเคราะห์ด้วยวิธี Dry Combustion โดยใช้เครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดด้วย Bray II วัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer wavelength 882 นาโนเมตร (Bray and Kurtz, 1945)

ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน (extractable Fe, Mn, Zn, and Cu) สกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively couple plasma-optical emission spectrometer (Lindsay and Norvell., 1978)

สภาพการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity;  $EC_e$ ) น้ำหนักดินแห้ง 100 กรัม ทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยเติมน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไป suction สารละลายที่ได้วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง EC meter (Allison et al., 1954)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable base) สกัดด้วย 1N  $\text{NH}_4\text{COOH}$  pH 7 วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively couple plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) (จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี, 2565)

ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange capacity; CEC) สกัดด้วย 1N  $\text{NH}_4\text{COOH}$  pH 7.0 สกัดทั้งหมด 3 ครั้ง นำ Aliquot วิเคราะห์ด้วยเครื่องกลั่น Distillation apparatus (จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี, 2565)

อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio; SAR) น้ำหนักดินแห้ง 100 กรัม ทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไป suction นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม โดยใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) (Allison et al., 1954) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]/2}} \quad (3.1)$$

ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage; ESP) (Allison et al., 1954) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ESP} = \frac{\text{exchangeable sodium}}{\text{CEC (cmol/kg)}} \times 100 \quad (3.2)$$

คลอไรด์ในดิน (chloride; Cl) ในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ วิเคราะห์ด้วยวิธี Mohr's titration method (Estefan et al., 2013) ไทเทรตด้วย 0.01N Silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) ใช้ 5 เปอร์เซ็นต์ Potassium chromate ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) เป็น indicator มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Cl} = (\text{Sample} - \text{Blank}) \times \text{N of AgNO}_3 \times \frac{1000}{\text{ml of sample}} \quad (3.3)$$

โดย Blank = สารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ที่ไทเทรต blank

Sample = สารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ที่ไทเทรตตัวอย่าง

N of  $\text{AgNO}_3$  = ความเข้มข้นของ  $\text{AgNO}_3$  ในหน่วยนอร์มอล

### 3.3.2 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ความเป็นกรดต่าง (pH) วิเคราะห์หลังเก็บน้ำทันทีโดยใช้เครื่อง pH meter (นิคม ละอองศิริวงศ์, 2562)

สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity;  $EC_w$ ) วิเคราะห์หลังเก็บน้ำทันที โดยใช้เครื่อง Electrical conductivity meter (นิคม ละอองศิริวงศ์, 2562)

ความเข้มข้นของไอออน ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  และ  $Na^+$ ) โดยใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (Allison et al., 1954)

อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio;  $SAR_w$ ) (Allison et al., 1954; Estefan et al., 2013) คำนวณโดยใช้สูตร

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]/2}} \quad (3.4)$$

เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (solution sodium percentage; SSP) คำนวณโดยใช้สูตร

$$SSP = \frac{Na^+ \times 100}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \quad (3.5)$$

ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน (chloride; Cl) วิเคราะห์ด้วยวิธี Mohr's titration method (Motsara and Roy, 2008) โดยการไทเทรต 0.05M Silver nitrate ( $AgNO_3$ ) ใช้ 5 เปอร์เซ็นต์ Potassium chromate ( $K_2CrO_4$ ) เป็น indicator มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณโดยใช้สูตร

$$Cl = (Sample - Blank) \times N \text{ of } AgNO_3 \times \frac{1000}{\text{ml of sample}} \quad (3.6)$$

โดย Blank = สารละลาย  $AgNO_3$  ที่ไทเทรต blank

Sample = สารละลาย  $AgNO_3$  ที่ไทเทรตตัวอย่าง

N of  $AgNO_3$  = ความเข้มข้นของ  $AgNO_3$  ในหน่วย normality

สัดส่วนการรุกราน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F) (Arslan and Demir., 2013)  
คำนวณโดยใช้สูตร

$$F = \frac{[Cl_{\text{Sample}}] - [Cl_{\text{Fresh}}]}{[Cl_{\text{Sea}}] - [Cl_{\text{Fresh}}]} \times 100 \quad (3.7)$$

โดย F = สัดส่วนการรุกราน้ำเค็ม หน่วย เปอร์เซ็นต์

$Cl_{\text{Sample}}$  = ความเข้มข้นคลอไรด์ของตัวอย่าง หน่วย มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร

$Cl_{\text{Fresh}}$  = ความเข้มข้นคลอไรด์ของน้ำจืด หน่วย มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร โดยใช้ค่าความเข้มข้นคลอไรด์ของน้ำจืดแต่ละสวนในเดือนพฤศจิกายน

$Cl_{\text{Sea}}$  = ความเข้มข้นคลอไรด์ในน้ำทะเล หน่วย มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร โดยใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นคลอไรด์ของน้ำทะเลเลขของทุกเดือนที่เก็บ

### 3.3.3 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

ความเข้มข้นคาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และกำมะถันทั้งหมด (total carbon, total nitrogen และ total sulfur) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

นำตัวอย่างใบมะม่วง ผลมะม่วงในส่วนของเมล็ดและเปลือก อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และนำตัวอย่างบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างส่วนของเนื้อมะม่วงนำเข้าตู้ deep freezer อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นเข้าเครื่อง Freeze dryer 4 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างด้วยโกร่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารด้วยวิธี Dry Combustion โดยใช้เครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016)

ความเข้มข้นฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี โมลิบดีนัม นิกเกิล และโซเดียมทั้งหมด (total P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Ni และ Na) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

นำตัวอย่างใบมะม่วง ผลมะม่วงในส่วนของเมล็ดและเปลือก อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และนำตัวอย่างบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างส่วนของเนื้อมะม่วงนำเข้าตู้ deep freezer อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นเข้าเครื่อง Freeze dryer 4 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างด้วยโกร่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารด้วยวิธี Dry ashing โดยชั่งพืช 0.25XX กรัม นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเติม Aqua regia (กรดไนตริก และกรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วน 1:3) ทิ้งไว้ข้ามคืน ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองพืช whatman™ นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) (Bryson and Mills, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของคลอไรด์ (chloride; Cl)

นำตัวอย่างใบมะม่วง ผลมะม่วงในส่วนของเมล็ดและเปลือก อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และนำตัวอย่างบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง ส่วนของเนื้อมะม่วงนำเข้าตู้ deep freezer อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำเข้าเครื่อง Freeze dryer 4 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างด้วยโกร่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอไรด์ ด้วยวิธีของ Mohr's method ไทเทรตด้วย 0.05 N Silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) โดยใช้ 5 เปอร์เซ็นต์ Potassium chromate ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) เป็น indicator มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คำนวณโดยใช้สูตร (Chapman and Pratt, 1961)

$$\text{Cl} = (\text{Sample} - \text{Blank}) \times \text{N of AgNO}_3 \times \frac{1000}{\text{ml of sample}} \quad (3.8)$$

โดย Blank = สารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ที่ไทเทรต blank

Sample = สารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ที่ไทเทรตตัวอย่าง

N of  $\text{AgNO}_3$  = ความเข้มข้นของ  $\text{AgNO}_3$  ในหน่วย normality

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติดิน (analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันของดิน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของแต่ละสวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ (analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเดือนภายในสวนเดียวกัน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนภายในเดือนเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

วิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบและการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนมะม่วงโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อคัดเลือกตัวแปรไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ และการดูดีใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal components analysis; PCA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

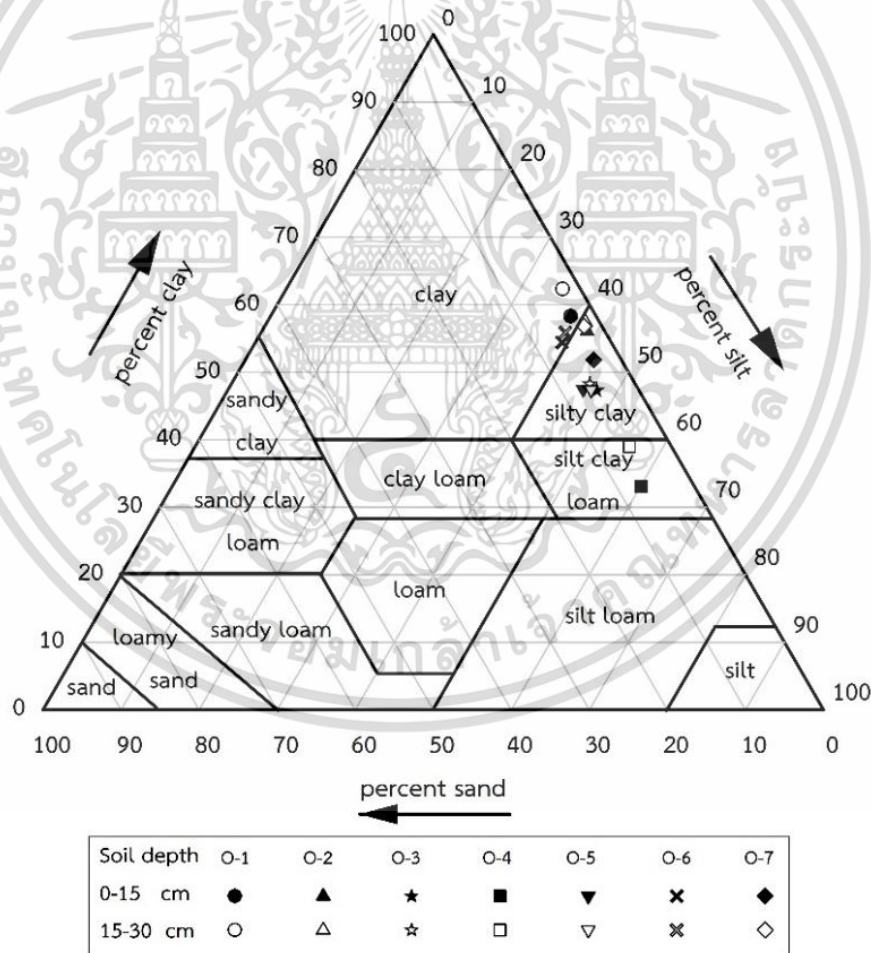
## บทที่ 4

# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 4.1 ผลวิเคราะห์สมบัติดิน

#### 4.1.1 ประเภทเนื้อดิน (soil texture)

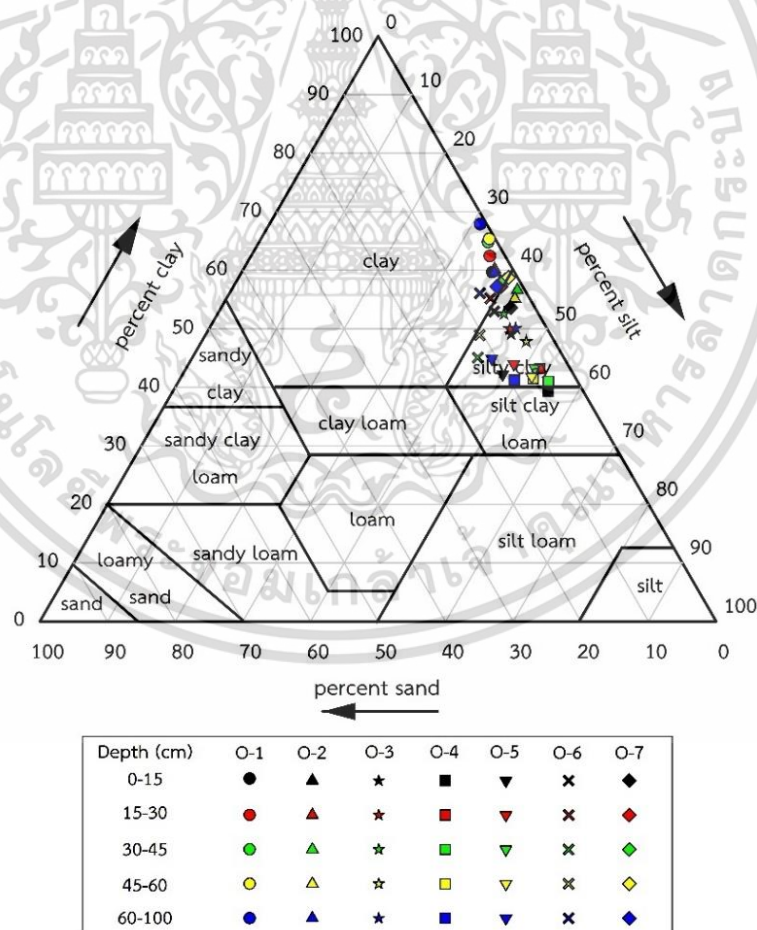
การประเมินประเภทของเนื้อดินของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 7 สวน จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 และ 6 เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียว (clay) สวนที่ 2, 5 และ 7 เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) และสวนที่ 4 เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียวร่วนปนทรายแป้ง (silty clay loam) (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 การจำแนกอนุภาคเนื้อดินของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 7 สวน เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร จากโตอะแกรมสามเหลี่ยมตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 ทุกระดับความลึก สวนที่ 2 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 และ 30-45 เซนติเมตร สวนที่ 6 ที่ระดับความลึก 15-30 และ 60-100 เซนติเมตร และสวนที่ 7 ทุกระดับความลึกยกเว้นที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียว (clay) สวนที่ 2 ที่ระดับความลึก 30-45 และ 45-60 เซนติเมตร สวนที่ 3, 4 และ 5 ในทุกระดับความลึก เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ยกเว้นสวนที่ 4 ในระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เป็นเนื้อดินประเภทดินเหนียวร่วนปนทรายแป้ง (silty clay loam) (รูปที่ 4.2) และจากการตรวจสอบแผนที่ชุดดินมาตรฐาน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดินพื้นที่ทั้ง 7 สวน คือชุดดิน ฉะเชิงเทรา จัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine textured soils) เป็นกลุ่มเนื้อดินที่ประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 35 ขึ้นไป มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดเล็ก ทำให้สามารถอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหารพืชไว้ได้ดี แต่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี ทำให้สวนมะม่วงทุกสวนมีการปลูกแบบยกร่อง (FAO, 2006; หลงชัย ภัทรดิลก, 2556)

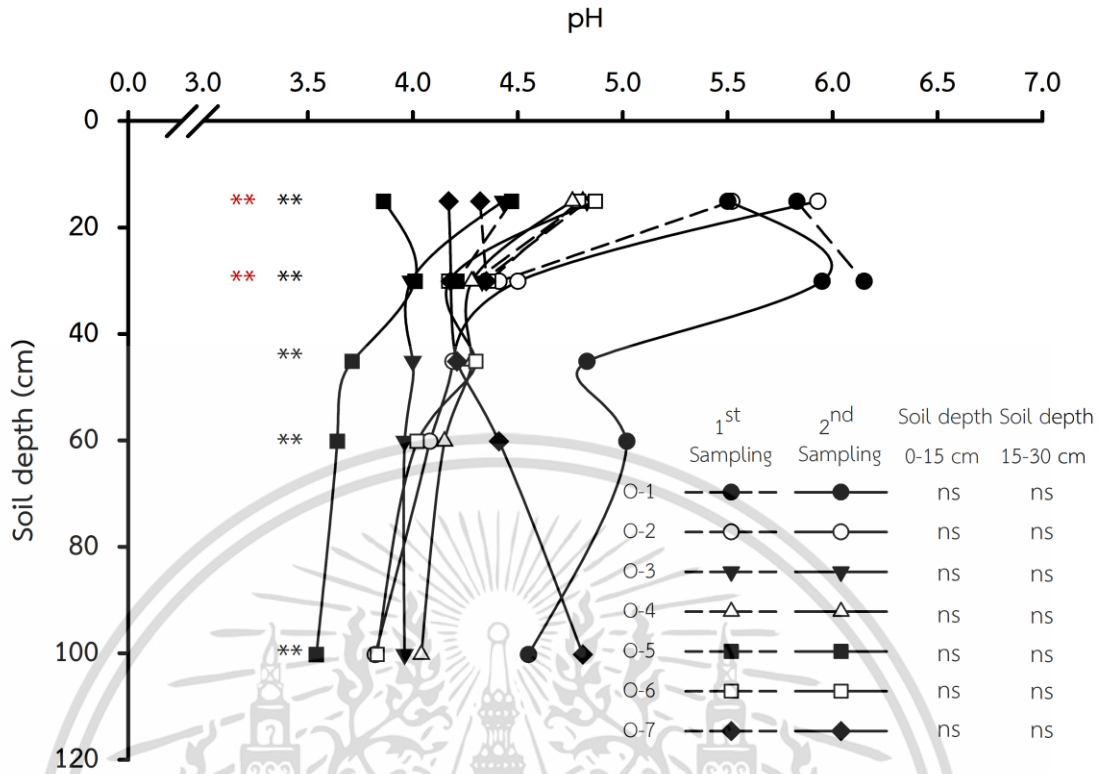


**รูปที่ 4.2** การจำแนกอนุภาคเนื้อดินของสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 7 สวน เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร จากไดอะแกรมสามเหลี่ยมตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในขณะที่ความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้ง มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.3) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่า pH สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 5.83 และ 6.15 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5.52 และจากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 2 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่า pH สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 5.50 สวนที่ 1 ที่ระดับความลึก 15-30, 30-45 และ 45-60 เซนติเมตร มีค่า pH สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 5.95, 4.83 และ 5.02 ตามลำดับ มีสภาพเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง และสวนที่ 7 ที่ระดับความลึก 60-100 เซนติเมตร มีค่า pH สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 4.81 อยู่ในสภาพกรดจัด (very strong acid) ในทางตรงกันข้ามพบว่าสวนที่ 5 ในทุกระดับความลึกมีแนวโน้มต่ำกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าอยู่ในพิสัย 3.54-4.01 จัดอยู่ในระดับกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ถือเป็นข้อจำกัดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Gentili et al., 2018) ในภาพรวมทั้งเจ็ดสวน มีค่าความเป็นกรดอยู่ในระดับกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (3.82-5.95) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เนื่องจากโดยทั่วไปความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ควรระหว่าง 6.0-7.5 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) กรณีที่ดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 มักมีปัญหาการขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในขณะที่เหล็กและอะลูมิเนียมละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช โดยเฉพาะดินที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4-5 (จำเริญ อ่อนทอง, 2565)



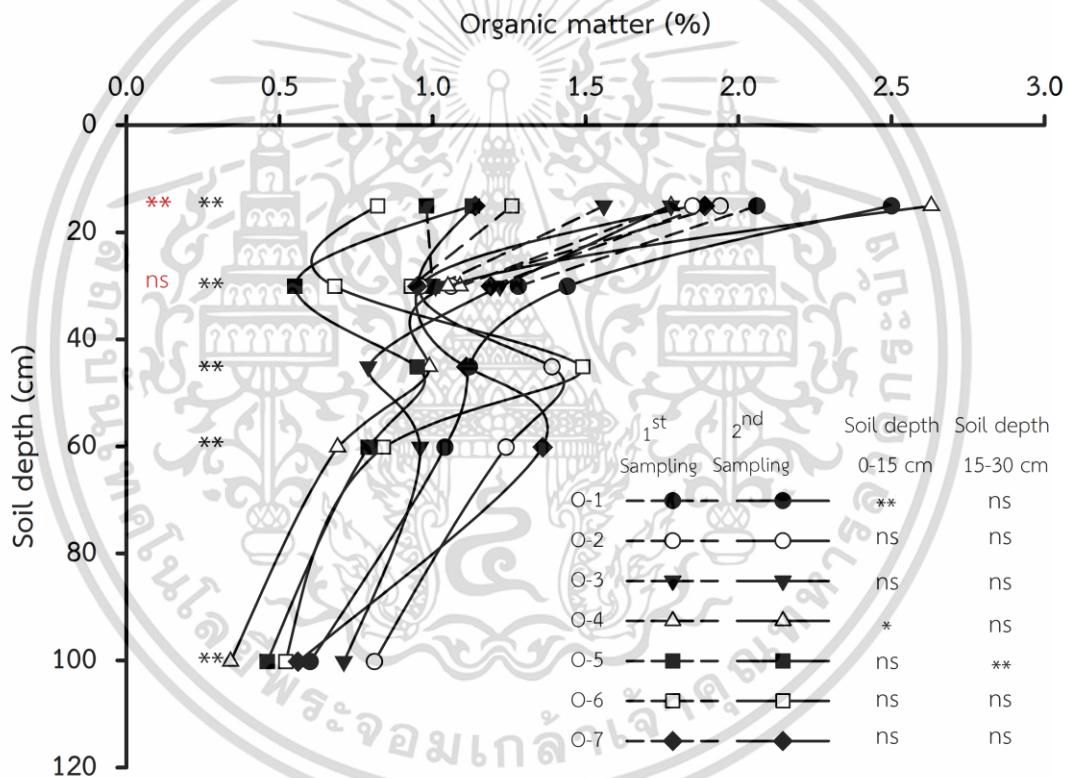
รูปที่ 4.3 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

#### 4.1.3 อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter; OM)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของสวนที่ 1 และ 4 โดยพบว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากการจัดการของเจ้าของสวนมีการใส่ปุ๋ยคอกในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 เพราะเป็นช่วงที่มะม่วงติดผล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่ออินทรีย์วัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.4) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สวนที่ 1 มีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 2.06 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สวนที่ 5 มีค่าต่ำกว่าสวนอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.98 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามทุกสวนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำปานกลาง จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 4, 1, 6, 7 และ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 2.63, 1.44, 1.49, 1.36 และ 0.81 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงตามระดับความลึก เพราะสารอินทรีย์ที่ทับถมส่วนหน้าดิน (Sani et al., 2019) แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 2.50 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีเพียงสวนที่ 1 และ 4 เท่านั้นที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับปานกลาง ดังนั้นหากไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน จะทำให้ดินเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว และไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

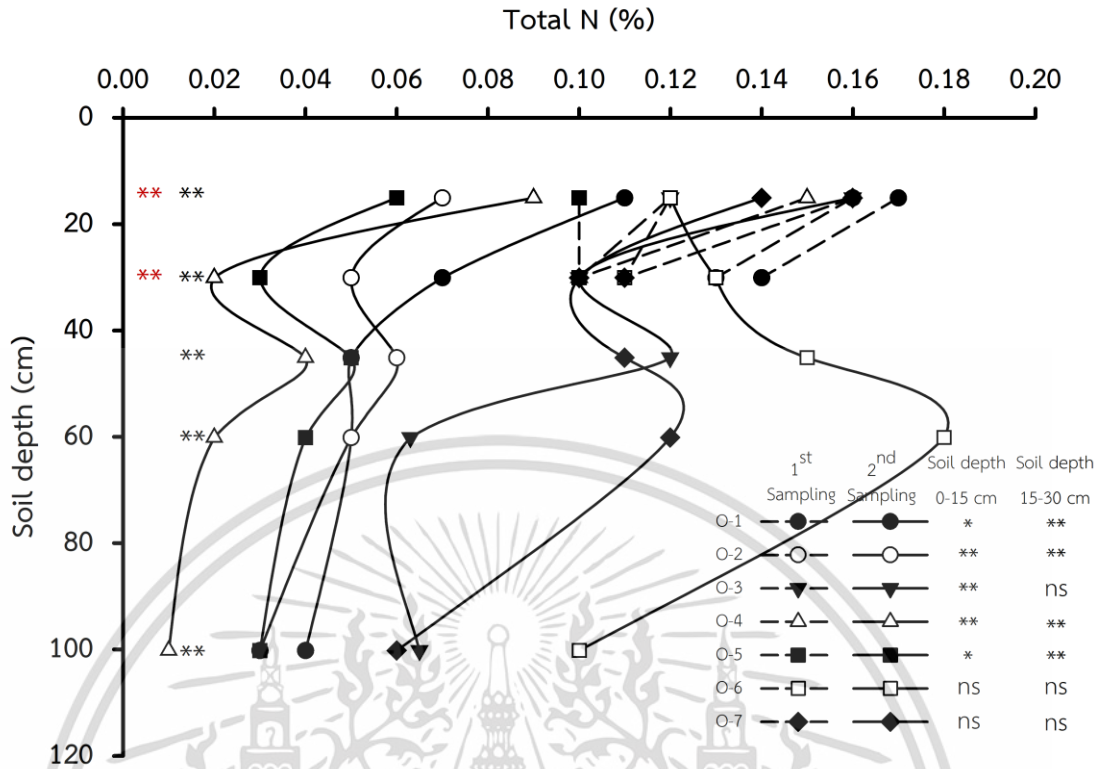


รูปที่ 4.4 อินทรีย์วัตถุ (OM) ในดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โดยพบว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะมะม่วงมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลจึงทำให้ความเข้มข้นลดลง และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อไนโตรเจนทั้งหมดในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.5) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 0.17 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 2, 4 และ 7 ที่มีค่าเท่ากับ 0.16, 0.15 และ 0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 3 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สวนที่ 6 ระดับความลึก 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 0.13, 0.15, 0.18 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 15-30 และ 30-45 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนลดลงตามระดับความลึก เนื่องจากไม่มีแหล่งของไนโตรเจน ซึ่งแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนที่สำคัญในดินคืออินทรีย์วัตถุที่ทับถมในดินชั้นบน (Kusmierz et al., 2023)



รูปที่ 4.5 ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

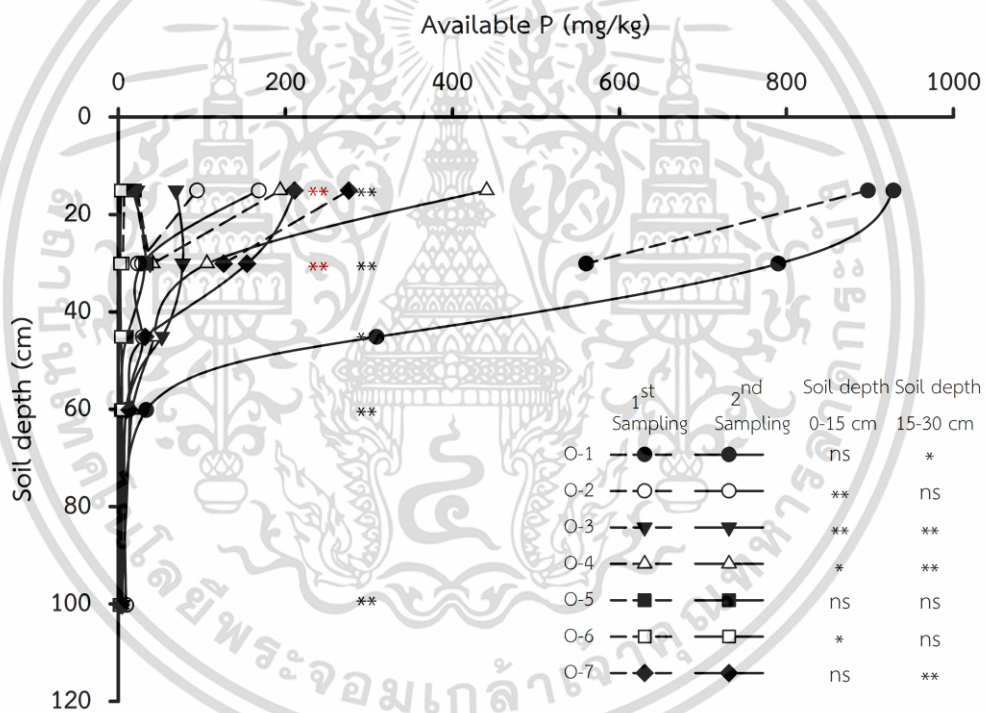
สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และ พฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 4.1.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorus)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยพบว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.6) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 897 และ 560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 928, 790, 309, 33 และ 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร อยู่ในระดับสูงมาก อาจเนื่องจากเจ้าของสวนมีการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักจากเศษซากปลาบริเวณรอบโคนต้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่พบว่าสวนที่ 1 ชั้นดินบน (0-15 เซนติเมตร) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง และเห็นได้ว่าสวนที่ 6 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 2-7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำ มีโอกาสที่จะขาดแคลน และพบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงตามระดับความลึก เนื่องจากฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในสภาวะที่ดินเป็นกรด ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงกับเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ นอกจากนี้ธาตุฟอสฟอรัสเคลื่อนที่ได้ยากจึงมักสะสมในดินบน (Johan et al., 2021)

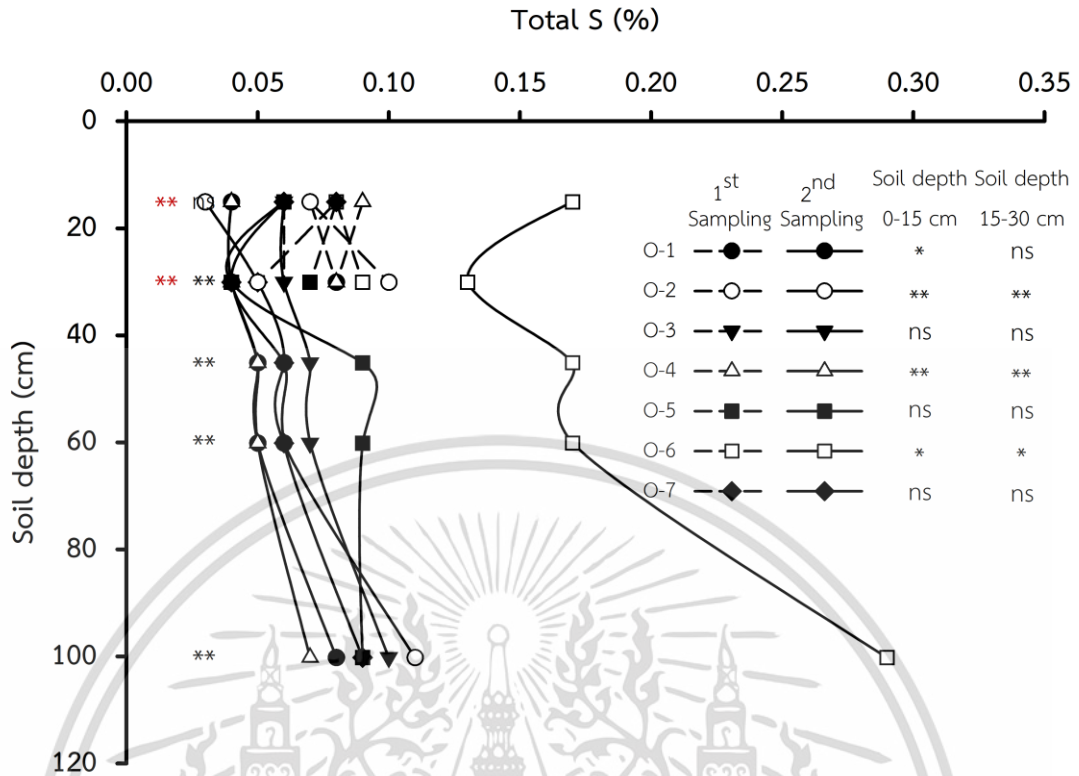


รูปที่ 4.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 4.1.6 กำมะถันทั้งหมดในดิน (total sulfur)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อกำมะถันทั้งหมดในดิน โดยพบว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีกำมะถันทั้งหมดในดินสูงกว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อกำมะถันทั้งหมดในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.7) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 2 ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 4 และ 6 ที่มีค่าเท่ากับ 0.08 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 6 มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.17, 0.13, 0.17, 0.17 และ 0.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้เห็นได้ว่ากำมะถันทั้งหมดในดินเพิ่มตามระดับความลึกของดิน เนื่องจากน้ำทะเลมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบถึง 2.68 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำทะเล (Mackenzie, 2017) และวัตถุดิบกำเนิดชุดดินฉะเชิงเทราเป็นตะกอนน้ำทะเล มีสารประกอบกำมะถันมาก ทำให้พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรุกคืบของน้ำเค็มอยู่ประจำมีการสะสมกำมะถันในดินล่าง

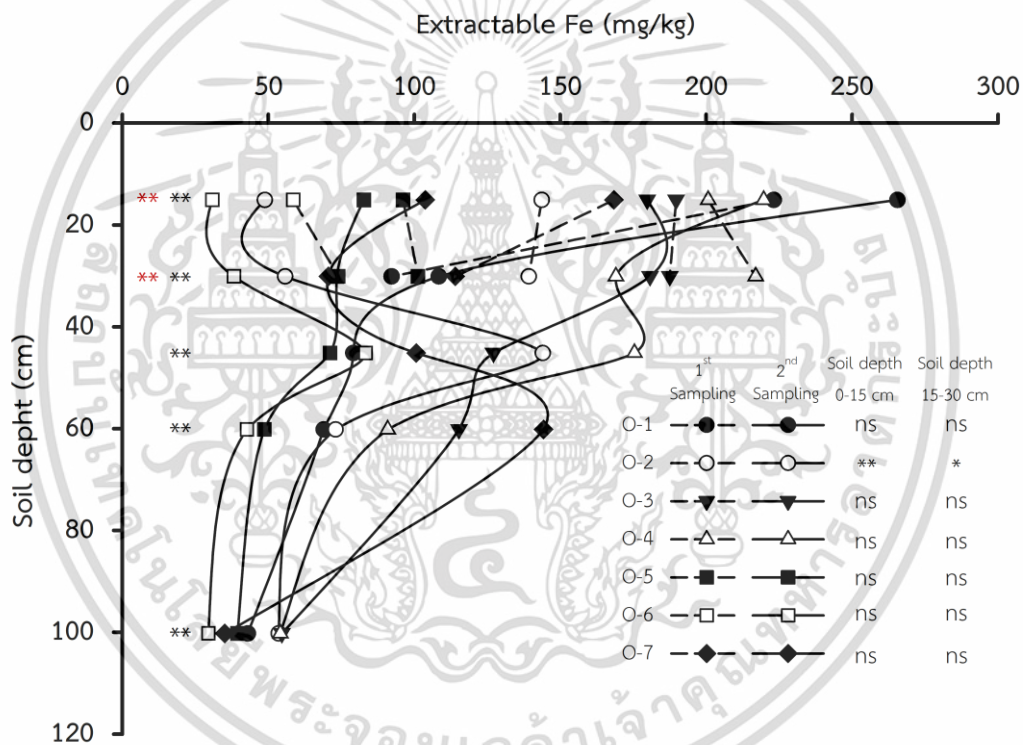


รูปที่ 4.7 กำมะถันทั้งหมด (total S) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.1.7 เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน (extractable Fe, Mn, Zn, and Cu)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อเหล็ก และทองแดงที่สกัดได้เพียงสวนที่ 2 เท่านั้น ที่พบว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีเหล็ก และทองแดงที่สกัดได้สูงกว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากเหล็กละลายได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2556) และความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีผลต่อเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ค่าเหล็กที่สกัดได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่า

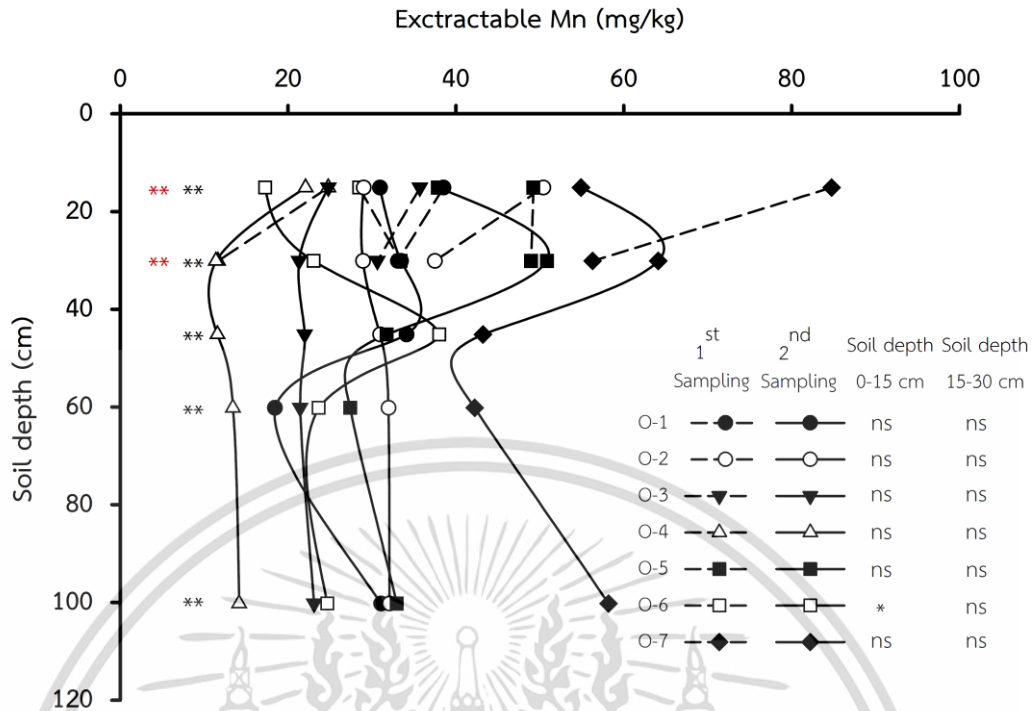
เท่ากับ 223 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 3, 4 และ 7 ที่มีค่าเท่ากับ 190, 201 และ 168 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 4 ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 188 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการเก็บตัวอย่างดินเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1, 3, 4, 7 และ 3 เหล็กที่สกัดได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 266, 181, 175 และ 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.8) สวนที่ 7 ของทั้งสองเดือนที่เก็บตัวอย่างในทุกะดับความลึกมีแมงกานีสที่สกัดได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 85, 56, 55, 64, 43, 42 และ 58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.9)



รูปที่ 4.8 เหล็กที่สกัดได้ (extractable Fe) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และ พฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของ ภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



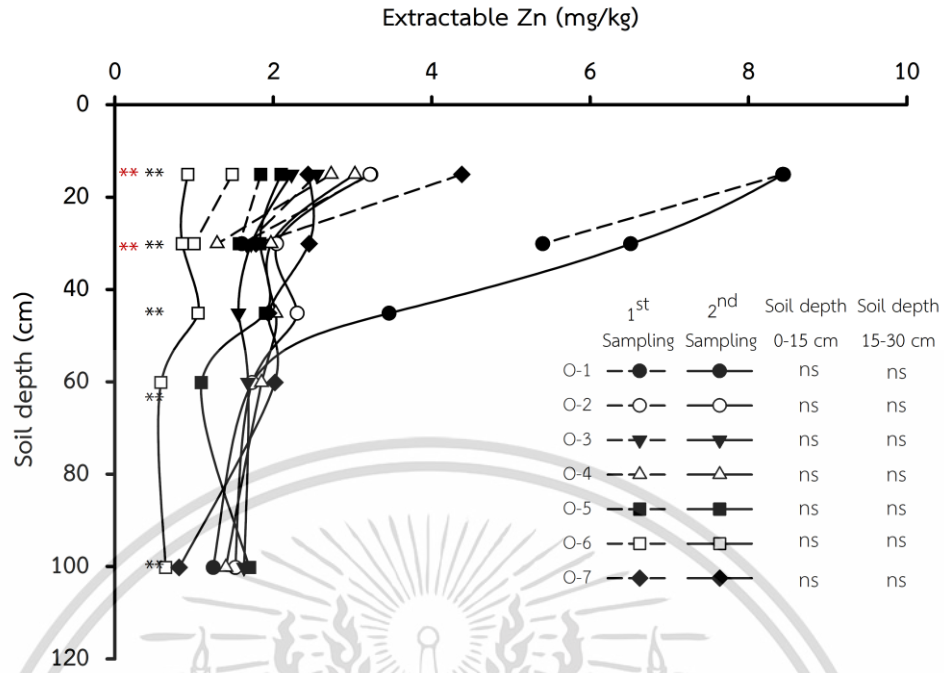
รูปที่ 4.9 แมงกานีสที่สกัดได้ (extractable Mn) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และ พฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่าสังกะสีและทองแดงที่สกัดได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 8.43, 5.40, 3.61 และ 2.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่าง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 สวนที่ 1 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 และ 30-45 เซนติเมตร มีค่าสังกะสีที่สกัดได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 8.44, 6.51 และ 3.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่สวนที่ 7 และ 3 ที่ระดับความลึก 45-60 และ 60-100 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 2.02 และ 1.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทองแดงที่สกัดได้ในดินสอดคล้องกับสังกะสีที่สกัดได้ โดยพบว่าตัวอย่างที่เก็บเดือนพฤศจิกายน สวนที่ 1 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 3.61 และ 2.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังผู้อื่นเป็นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

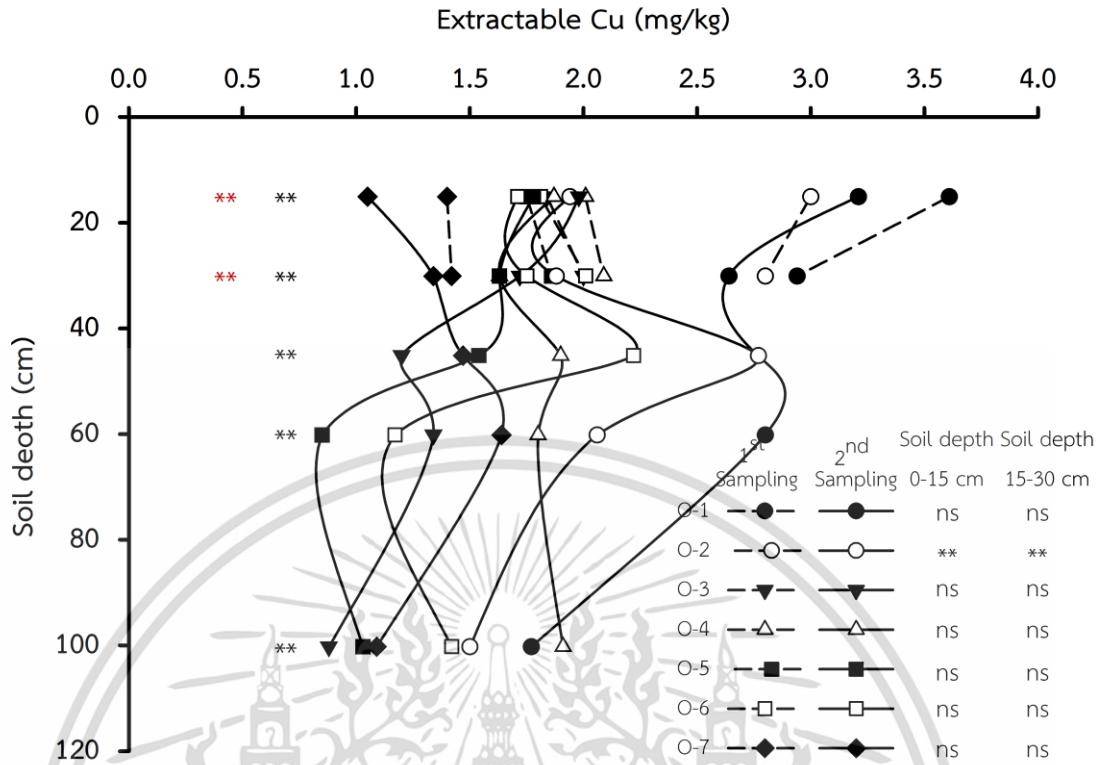


รูปที่ 4.10 สังกะสีที่สกัดได้ (extractable Zn) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการเก็บตัวอย่างดินในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 สวนที่ 1 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 3.21, 2.64, 2.77 และ 2.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่สวนที่ 4 ระดับความลึก 60-100 เซนติเมตร มีค่าทองแดงที่สกัดได้ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (รูปที่ 4.11) เห็นได้ว่าเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ลดลงตามความลึก และพบว่าในทุกพื้นที่ศึกษามีปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับ ในดินทั่วไปมีระดับวิกฤตของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดด้วย DTPA มีค่าเท่ากับ 5, 2, 2, และ 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (จำเป็น อ่อนทอง, 2563) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้มีปริมาณเกินกว่าระดับวิกฤตมาก ทั้งนี้เนื่องจากดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5 มีผลทำให้จุลธาตุละลายออกมามาก (Li et al., 2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ทองแดงที่สกัดได้ (extractable Cu) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

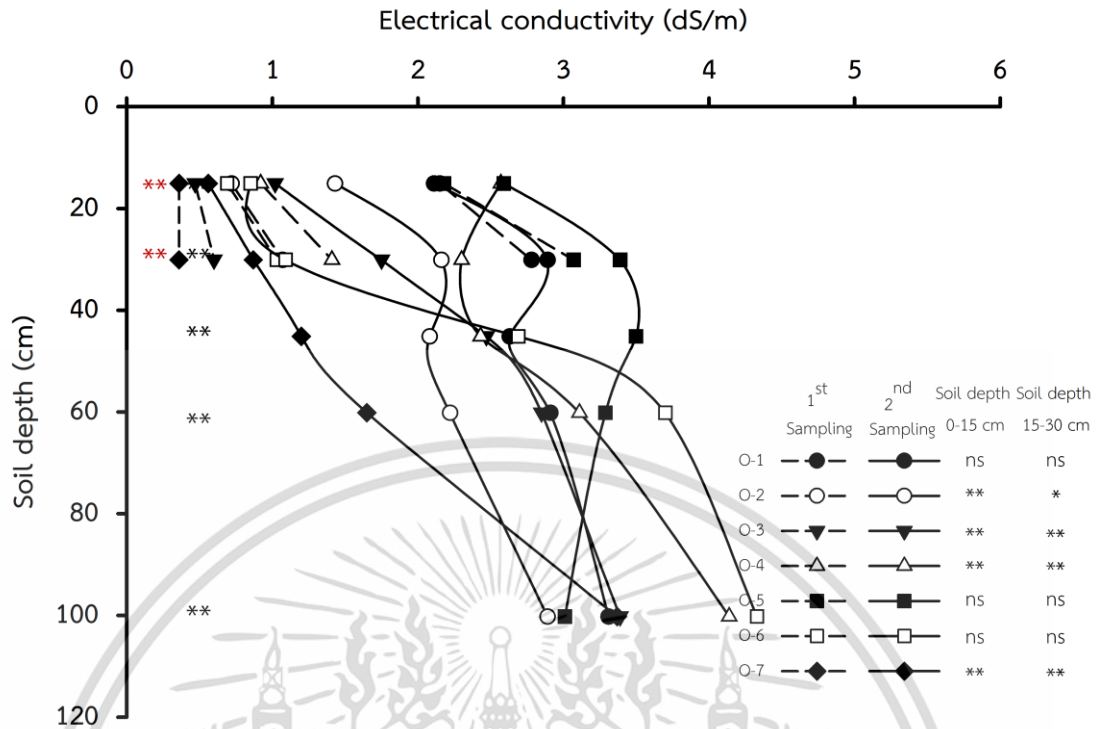
#### 4.1.8 สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity; EC<sub>e</sub>)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสวนที่ 2, 3, 4 และ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สวนที่มีสภาพการนำไฟฟ้าของดินในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 สูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพื้นที่ต่ำบดคลองเขื่อน เกิดการรुक้าของน้ำเค็มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 (Shwe et al., 2022) ประกอบกับช่วงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำฝนน้อย (รูปที่ 2.1) ทำให้มีปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอที่จะผลักดันน้ำเค็ม ส่งผลให้เกลือที่ละลายน้ำได้มาสะสมอยู่ที่ผิวดิน (Syed et al., 2021) และพบว่าความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าของดินในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.12) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 5 ของทั้งสองระดับความลึกมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 2.18 และ 3.07 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 2.15 และ 2.78 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับที่มีความเค็มน้อย (moderately salty) ส่งผลให้พืชที่ไวต่อความเค็มจะมีการเจริญเติบโตลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยเฉพาะมะม่วงซึ่งมีความทนต่อความเค็มได้ต่ำ (นุชจรินทร์ เนียมจำนงค์ และคณะ 2565) และจากการเก็บตัวอย่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 และ 30-45 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 5 มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 2.59, 3.39 และ 3.50 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ สวนที่ 6 ที่ระดับความลึก 45-60 และ 60-100 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 3.70 และ 4.33 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 60-100 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 4 ที่มีค่าเท่ากับ 4.14 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับเค็มปานกลาง (strongly salty) ทำให้เกิดความเครียดในพืช ซึ่งส่งผลต่อการดูดน้ำของพืชด้วยกระบวนการออสโมซิส (osmosis) เนื่องจากดินที่มีความเค็มสูงส่งผลให้น้ำในรากพืชไหลย้อนกลับไปสู่ดิน จึงทำให้พืชขาดน้ำ และไม่สามารถดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ เกิดการไหม้ของใบบริเวณขอบใบ ยับยั้งการออกดอก ความแข็งแรงของพืชลดลงจนทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (มนตรีผลสินธุ์ และคณะ, 2065; Hakim et al., 2014) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พบอาการใบไหม้จากบริเวณปลายใบเข้าสู่กลางใบในสวนที่ 1 และ 5 (รูปภาพผนวกที่ 8a และ 8b) และพบว่าสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก นอกจากนี้เห็นได้ว่าสวนที่ 7 ของการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้งในทุกระดับความลึกมีแนวโน้มต่ำกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าอยู่ในพิสัย 0.36-3.37 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร อาจเนื่องจากสวนที่ 7 และ 6 ได้รับความจากคลองชลประทาน ในขณะที่สวนอื่นได้รับความจากแม่น้ำบางปะกงโดยตรง ดินที่มีสภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอึมตัวด้วยน้ำมีค่าตั้งแต่ 2 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดว่าเป็นดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ (salt affected soil) (จำเริญ อ่อนทอง, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



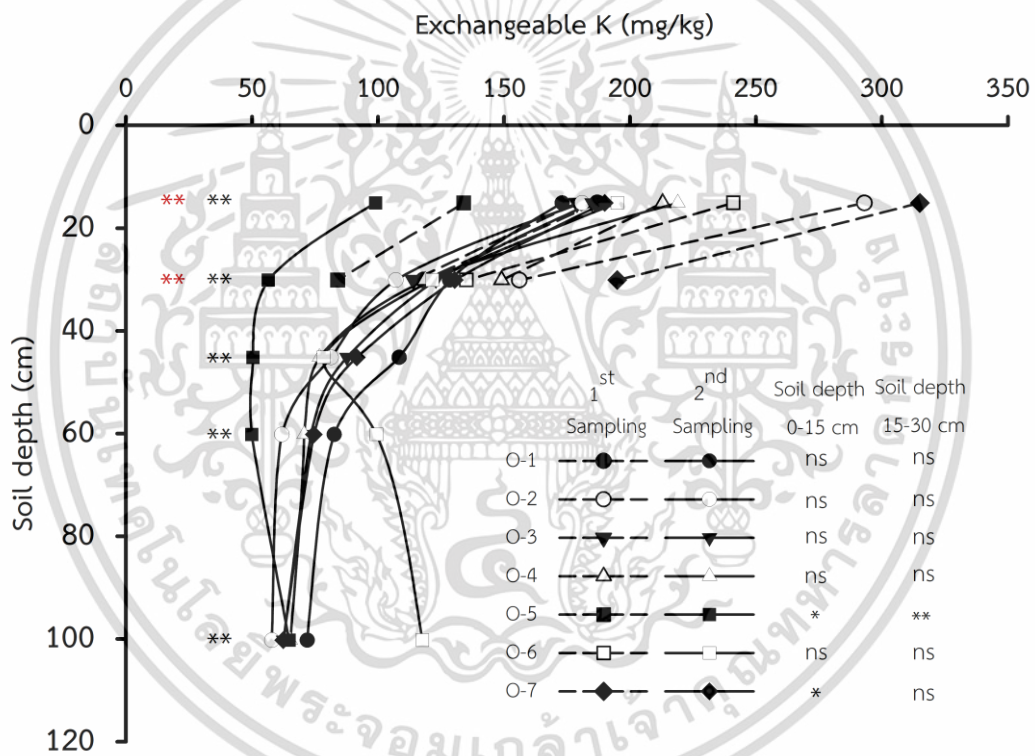
รูปที่ 4.12 สภาพการนำไฟฟ้าในสภาพที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity;  $EC_e$ ) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 4.1.9 เบสที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (exchangeable base)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน โดยพบว่าโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีค่าสูงกว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 สูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการนำไฟฟ้าของการศึกษาในครั้งนี้ และความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.13, 4.14, 4.15 และ 4.16) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 315 และ 195 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับสูงมาก (รูปที่ 4.13) ในขณะที่สวนที่ 1 ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 2,687, 1,004 และ 404 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 2,789, 1,119 และ 618 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16) และสวนที่ 7 มีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1,791 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 6 ที่มีค่าเท่ากับ 1,677 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเห็นได้ว่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลงตามระดับความลึก (รูปที่ 4.14)

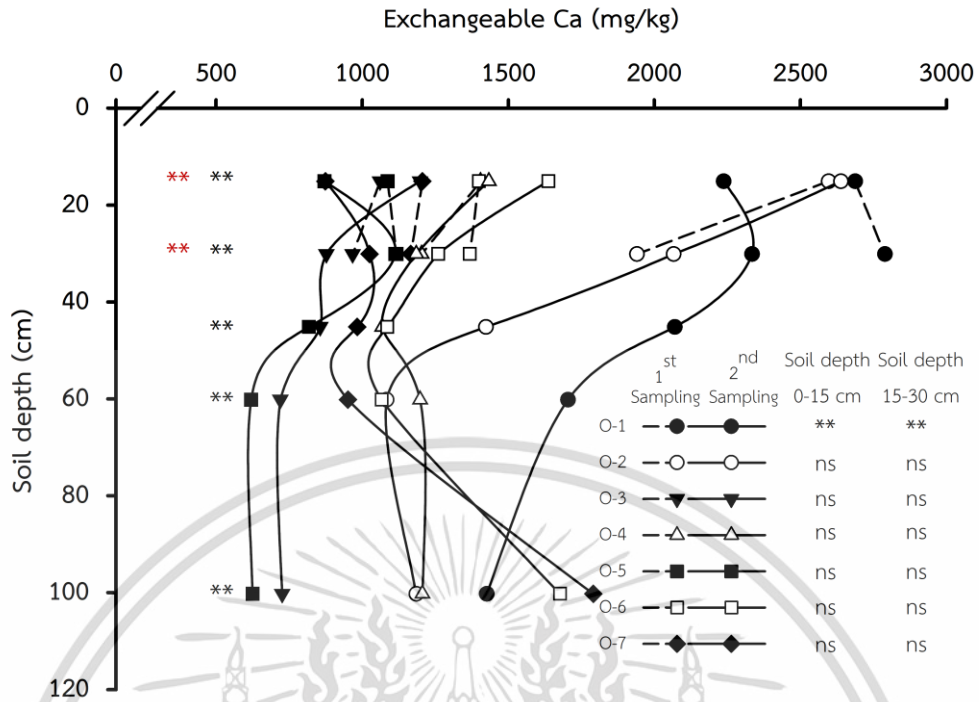


รูปที่ 4.13 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน

พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไผ่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

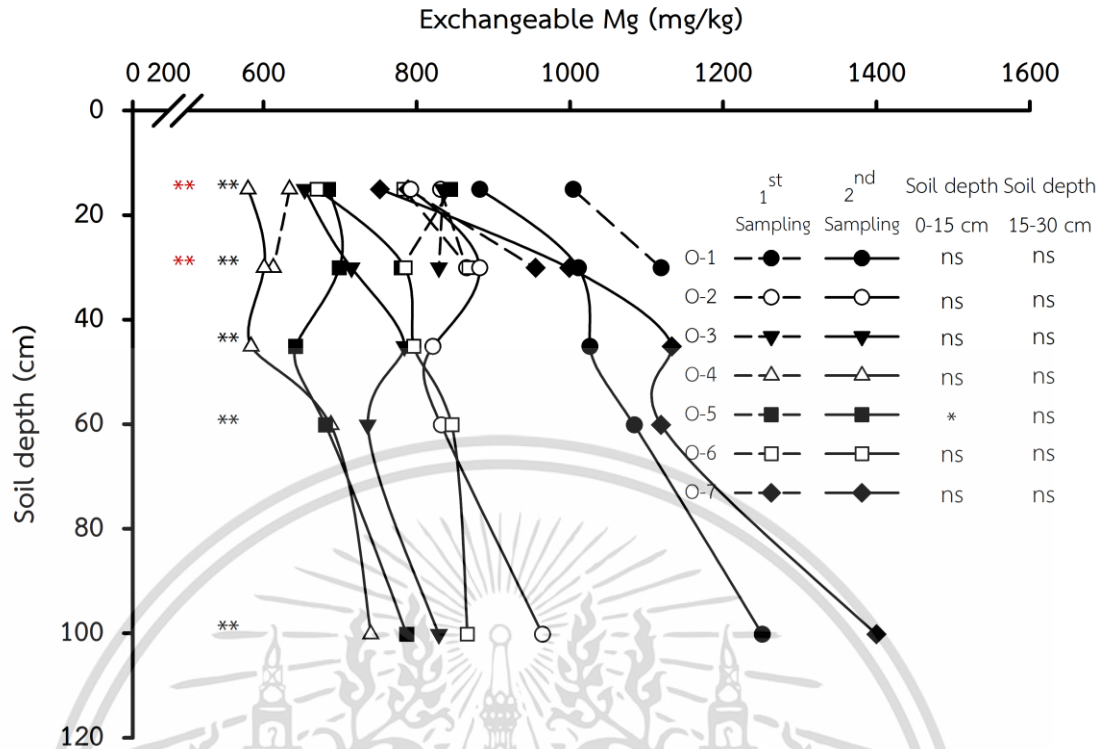


รูปที่ 4.14 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลวิเคราะห์แมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ในดิน พบว่าสวนที่ 1 ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 882 และ 1,011 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับสูง สวนที่ 7 ระดับความลึก 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 1,133, 1,119 และ 1,400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.15) และพบว่าสวนที่ 1 ทุกระดับความลึกมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 403, 558, 582, 635 และ 716 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4.16) โดยเห็นได้ว่าแมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก อาจเนื่องจากโซเดียมเป็นธาตุที่ละลายน้ำและถูกไล่ที่ได้ง่ายกว่าไอออนบวกอื่น ๆ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายจากดินบนลงดินล่าง รวมทั้งการสะสมโซเดียมที่มากับน้ำใต้ดินและน้ำทะเล (Shabtai et al., 2014) นอกจากนี้พบว่าปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้มีความเข้มข้นตามลำดับจากมากไปน้อยคือ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ตามลำดับ แสดงว่าแคลเซียมสามารถดูดยึดกับ

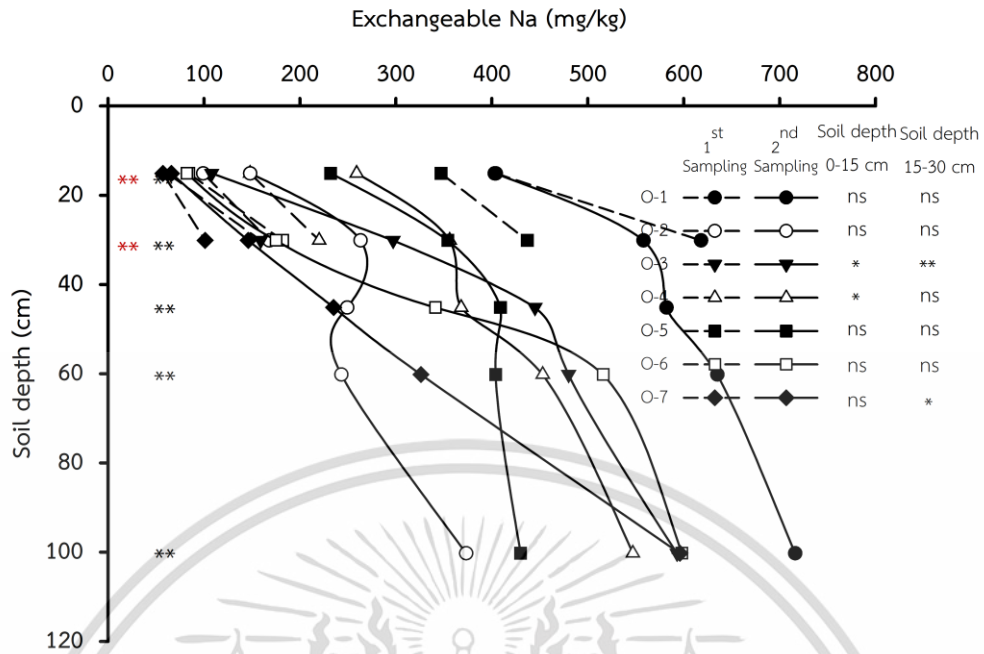
คอลลอยด์ดินสูงและโพแทสเซียมต่ำ เนื่องจากแคลเซียมมีจำนวนเวเลนซ์สูงกว่าโพแทสเซียม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.16 โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Na) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

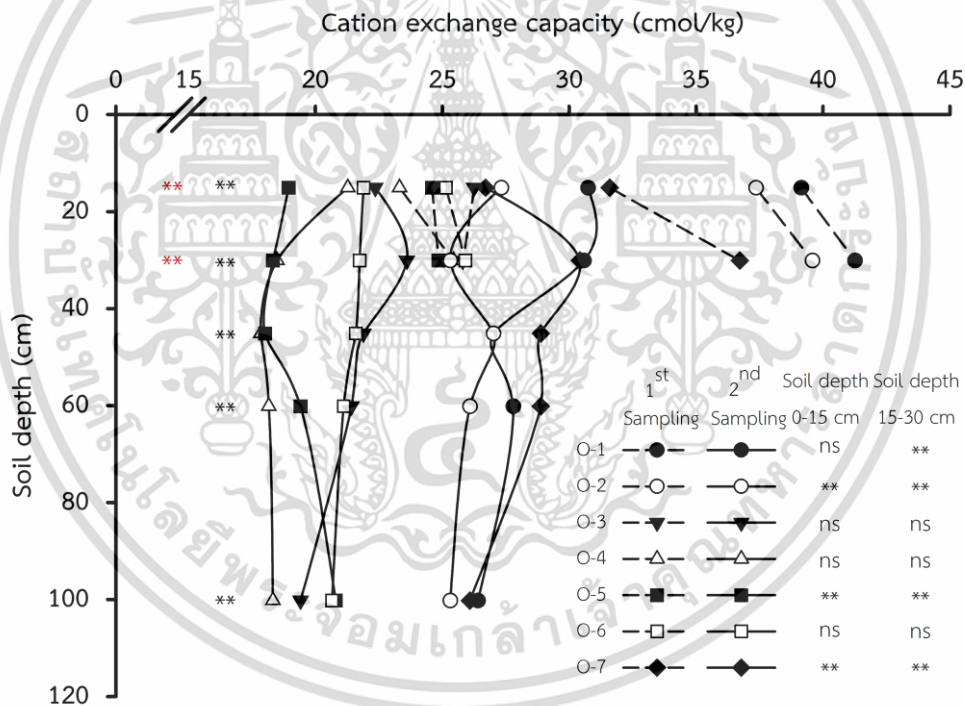
#### 4.1.10 ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange capacity; CEC)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของสวนที่ 1, 2, 5 และ 7 โดยพบว่าค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 สูงกว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากในเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงฤดูฝนทำให้มีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น เกิดการพาเบสที่แลกเปลี่ยนได้มาสะสมไว้ดินบน ประกอบกับดินกรดจะมีไฮโดรเจนไอออน (H<sup>+</sup>) และอะลูมิเนียม (Al<sup>3+</sup>) ซึ่งแคตไอออนทั้งสองธาตุนี้สามารถเกาะที่ผิวคอลลอยด์ดินได้ และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้ง มีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.17) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 39.19 และ 41.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 37.36 และ 39.58 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 มีค่าสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 30.74, 30.58, 27.01, 27.79 และ 26.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 25.31, 27.01, 26.08 และ 25.31 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และสวนที่ 7 มีค่าเท่ากับ 30.43, 28.88, 28.88 และ 26.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าทุกสวนมีค่าอยู่ในพิสัย 18.01-41.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยเห็นได้ว่าค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกไม่ต่างกันตามความลึก เนื่องจากความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกขึ้นอยู่กับเนื้อดิน จากการศึกษาของ Mikkelsen (2011) กล่าวว่ากลุ่มดินเนื้อละเอียดหรือดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง จะส่งผลต่อค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกเพิ่มขึ้นเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าทุกสวนเป็นกลุ่มเนื้อดินละเอียด

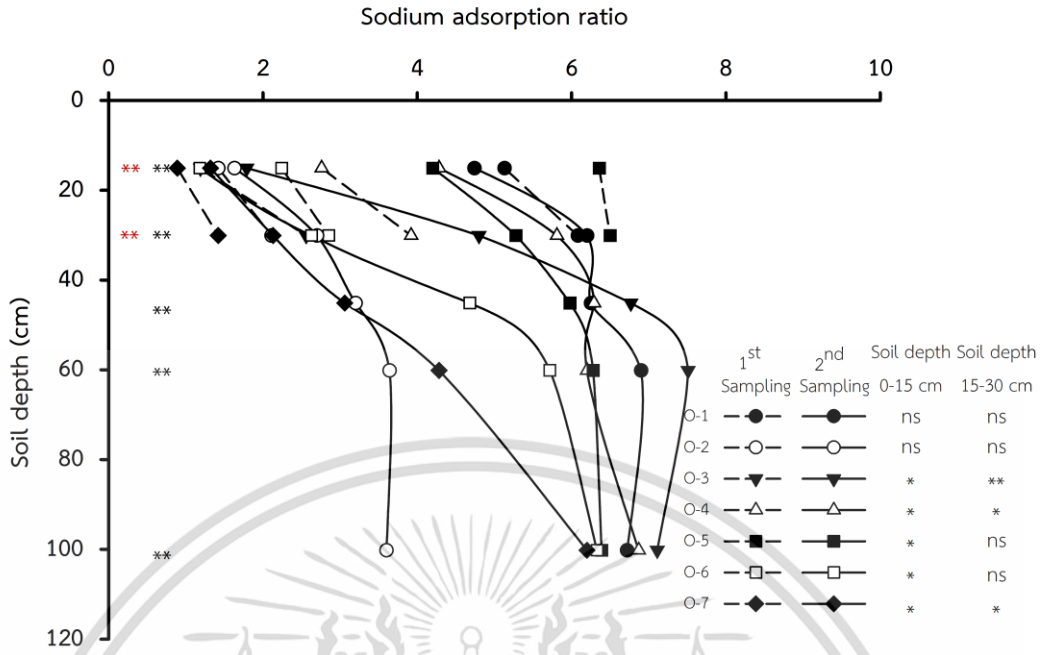


รูปที่ 4.17 ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange capacity; CEC) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกัน เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

#### 4.1.11 อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน (sodium adsorption ratio; SAR)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่ออัตราการดูดซับโซเดียมของดิน พบว่าสวนที่ 3, 4 และ 7 มีค่าอัตราการดูดซับโซเดียมในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 สูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งพื้นที่ตำบลคลองเขื่อนเกิดการรुक้าของน้ำเค็มทำให้เกิดการสะสมสารละลายเกลือ ซึ่งมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบหลัก (โกศลเคนทะ, 2564) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่ออัตราการดูดซับโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.18) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พบว่าสวนที่ 5 มีอัตราการดูดซับโซเดียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 6.36 และ 6.50 แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.08 และจากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1 ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีอัตราการดูดซับโซเดียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 4.74 และ 6.20 ตามลำดับ ในขณะที่สวนที่ 3 ระดับความลึก 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร มีอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 6.77, 7.51 และ 7.11 ตามลำดับ เห็นได้ว่าอัตราการดูดซับโซเดียมของทุกสวน มีค่าไม่เกิน 13 แสดงให้เห็นได้ว่าดินในพื้นที่ศึกษาไม่จัดเป็นดินโซดิก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสวนที่ 1, 3, 4 และ 5 เกือบทุกระดับความลึกมีค่าอัตราการดูดซับโซเดียมมากกว่า 5 จัดอยู่ในระดับความเสี่ยงโซเดียมเป็นพิษปานกลาง (Horneck et al., 2007) นอกจากนั้นพบว่าอัตราการดูดซับโซเดียมของทุกสวนเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก กรณีที่เกษตรกรมีการนำน้ำจากแม่น้ำบางปะกงเข้าสวนอยู่ตลอดทุกปี อาจทำให้ได้รับโซเดียมเพิ่มเติมเข้าสู่ระบบดินอยู่เสมอ ซึ่งโซเดียมมีประจุบวกสามารถสะสมอยู่ในดินได้นาน มีโอกาสเกิดความเป็นพิษของโซเดียมได้



รูปที่ 4.18 อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio; SAR) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

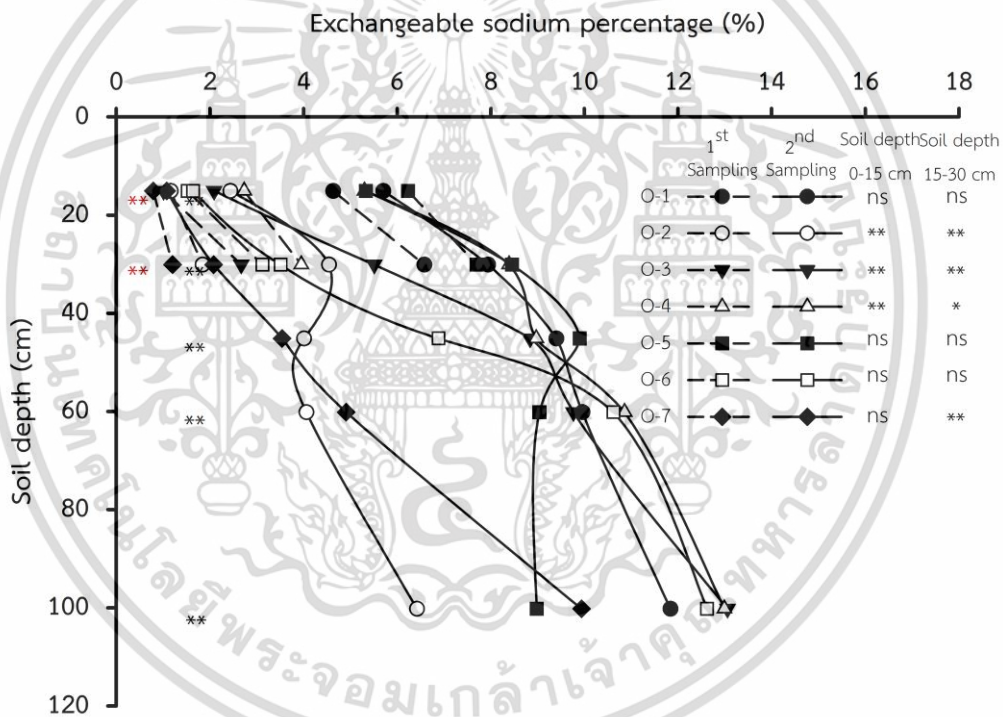
4.1.12 ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage; ESP)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ในสวนที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยพบว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้สูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.19) และ ความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.19) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้และอัตราการดูดซับโซเดียมของดิน จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 5 มีปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 6.23 และ 7.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.58 เปอร์เซ็นต์

และจากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 1, 5, 5, 4 และ 3 มีปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 5.70, 8.45, 9.90, 9.04 และ 13.06 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสวนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 7.94, 9.40, 9.96 และ 11.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้เห็นได้ว่าชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 60-100 เซนติเมตรของสวนมะม่วงส่วนใหญ่มีปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ในพิสัย 10-13 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงอันตรายที่อาจทำให้เกิดดินโซเดติกในระดับอันตรายเล็กน้อยถึงปานกลาง อาจเนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดดินเกิดจากตะกอนน้ำกร่อย และเป็นพื้นที่ราบลุ่มน้ำทะเลเคยท่วมถึง จึงได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลซึ่งมีการสะสมเกลือโซเดียม นอกจากนี้การที่น้ำเค็มรุกไล่เป็นประจำทุกปี อาจทำให้โซเดียมสะสมอยู่ในชั้นดินล่าง หรือน้ำใต้ดินอยู่ตลอดเวลา (ธมสรรพณ คงไชย และคณะ, 2563)



รูปที่ 4.19 ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage; ESP) ของดินที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร

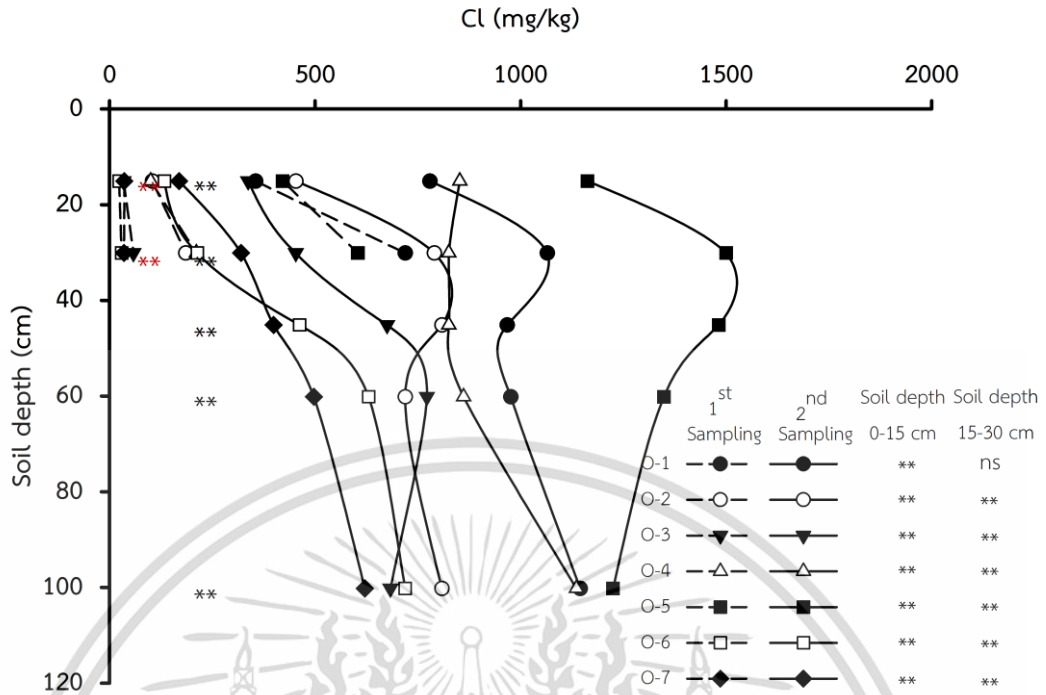
สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.13 คลอไรด์ในดิน (chloride; Cl)

ความแตกต่างระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างดินมีผลต่อคลอไรด์ในดิน โดยพบว่าเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าคลอไรด์ในดินสูงกว่าเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพื้นที่ตำบลคลองเขื่อนเกิดการรुक้ำของน้ำเค็มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 (Shwe et al., 2022) และความแตกต่างระหว่างสวนของการเก็บตัวอย่างดินทั้งสองครั้งมีผลต่อคลอไรด์ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.20) จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 5 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คลอไรด์ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 421 และ 355 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 1 ในระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีคลอไรด์ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 5 มีค่าเท่ากับ 719 และ 604 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร พบว่าสวนที่ 5 มีคลอไรด์ในดินสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 1,163, 1,500, 1,482, 1,349 และ 1,225 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับความลึก 60-100 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1,145 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากรูปที่ 4.20 เห็นได้ว่าคลอไรด์ในดินของสวนที่ 6 และ 7 มีแนวโน้มต่ำกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีค่าอยู่ในพิสัย 23-36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าอยู่ในพิสัย 133-719 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าคลอไรด์เพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ยกเว้นสวนที่ 5 ที่ลดลงในระดับ 60-100 เซนติเมตร ซึ่งคลอไรด์ในดินขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วัตถุประสงค์กำเนิดดิน คุณภาพน้ำชลประทาน การจัดการใส่ปุ๋ยและกิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ (Geilfus, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรुक้ำของน้ำทะเลจัดเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการสะสมคลอไรด์ในดิน อาจเนื่องจากน้ำทะเลมีองค์ประกอบของคลอไรด์ 31 เปอร์เซ็นต์ (Lu and Wang, 2019)



รูปที่ 4.20 คลอไรด์ในดิน ( $Cl_s$ ) ที่เก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (1<sup>st</sup>sampling) ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่เก็บเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2565 (2<sup>nd</sup>sampling) ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สัญลักษณ์ด้านซ้ายมือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสวนที่ระดับความลึกเดียวกันเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 และสัญลักษณ์ด้านขวามือของภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในแต่ละสวน ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

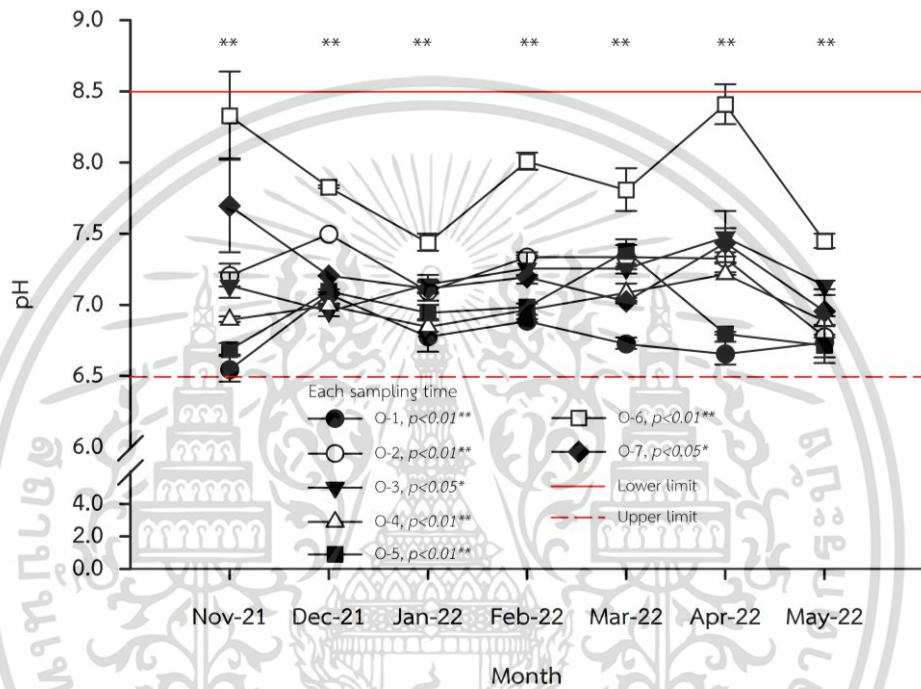
## 4.2 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

### 4.2.1 ความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH)

ความเป็นกรดต่างของน้ำทั้งเจ็ดสวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือน พบว่าสวนที่ 1 มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สวนที่ 6 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.21) และความแตกต่างระหว่างเดือนมีผลต่อความเป็นกรดต่างของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า สวนที่ 1 และ 2 มีค่าความเป็นกรดต่างของน้ำเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 7.08 และ 7.50 ตามลำดับ สวนที่ 3 มีแนวโน้มสูงสุดในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 7.48 แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 7.26 และ 7.26 ตามลำดับ สวนที่ 4 และ 6 มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 7.22 และ 8.41 ตามลำดับ สวนที่ 5 มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่นมีค่าเท่ากับ 7.38 และสวนที่ 7 มีแนวโน้มสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 7.70 แต่อย่างไรก็ตามไม่เป็นเอกสารที่สวนใดสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ตามไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 7.44 จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำของทุกสวนมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะปลูกพืชอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (กรมชลประทาน, 2558) ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษอยู่ที่ 5 ถึง 9 มีสภาพเป็นกรดจัดถึงด่างจัด เห็นได้ว่า ความเป็นกรดต่างของน้ำทุกสวนตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะปลูกพืช



รูปที่ 4.21 ความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

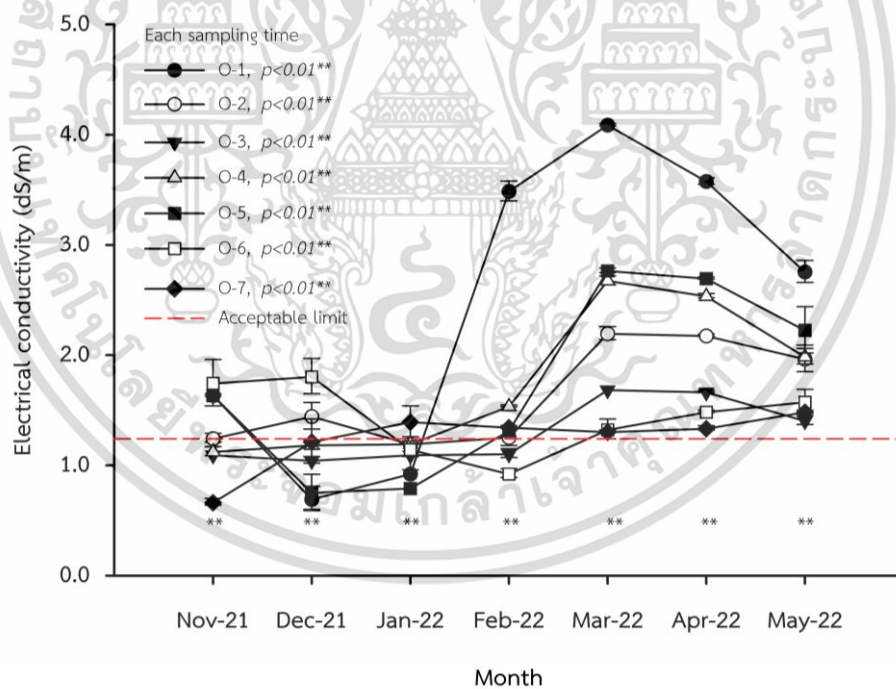
\*, \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ( $p < 0.05$ ) และ 99 ( $p < 0.01$ ) เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

หมายเหตุ ความเป็นกรดต่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเกษตร 6.5-8.5 (กรมชลประทาน, 2558)

#### 4.2.2 สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity; EC)

สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทั้งเจ็ดสวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือนพบว่าสวนที่ 1 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือสวนที่ 4 และ 5 ตามลำดับ (รูปที่ 4.22) ในขณะที่สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำทั้งหมดเจ็ดสวน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (รูปที่ 4.22) พบว่าเดือนมีนาคมมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เท่ากับ 4.09, 2.20, 1.69, 2.86 และ 2.77 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ สภาพการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม และสูงสุดเดือนมีนาคม จากนั้นลดลงในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ตามลำดับ โดยพบว่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเดือนมีนาคมถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือนพฤษภาคมของทุกสวนสูงกว่า 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งเกินค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้เพื่อการเพาะปลูกพืช (ญานธิชา จิตต์สะอาด, 2558) จัดอยู่ในสภาพที่น้ำมีความเค็มสูงตามการจัดแบ่งคุณภาพน้ำของ USDA (Richard, 1954) ค่าความเค็มในแม่น้ำบางปะกงซึ่งห่างจากปากแม่น้ำบางปะกงเป็นระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2562) เท่ากับ 6.28 กรัมต่อลิตร และพบว่าบางปีนั้นมีค่าเกือบถึง 20 กรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากการหนุนของน้ำทะเล (รอยล จิตรดอน, 2559; ศุภนาถ เห็นสว่าง และเพ็ญรดี จันทรภักดิ์, 2564) นอกจากนี้เห็นได้ว่าสภาพการนำไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาทั้งสิ้น 7 เดือนของสวนที่ 6 และ 7 มีแนวโน้มต่ำกว่าสวนอื่น อาจเนื่องจากทั้ง 2 สวนได้รับน้ำจากคลองชลประทาน ในขณะที่พื้นที่สวนที่ 1 ถึง 5 ห่างจากแม่น้ำบางปะกงไม่เกิน 1 กิโลเมตร และได้รับน้ำโดยตรงจากแม่น้ำบางปะกง สอดคล้องกับการศึกษาของ กรมเจ้าท่า (2564) ได้รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง มีสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำบางปะกงตรวจวัดในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 โดยบริเวณอำเภอคลองเขื่อนมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าประมาณ 12 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 แม่น้ำบางปะกงบริเวณอำเภอคลองเขื่อน มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 6.80-13.90 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (Shwe et al., 2022)



**รูปที่ 4.22** สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity; EC) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

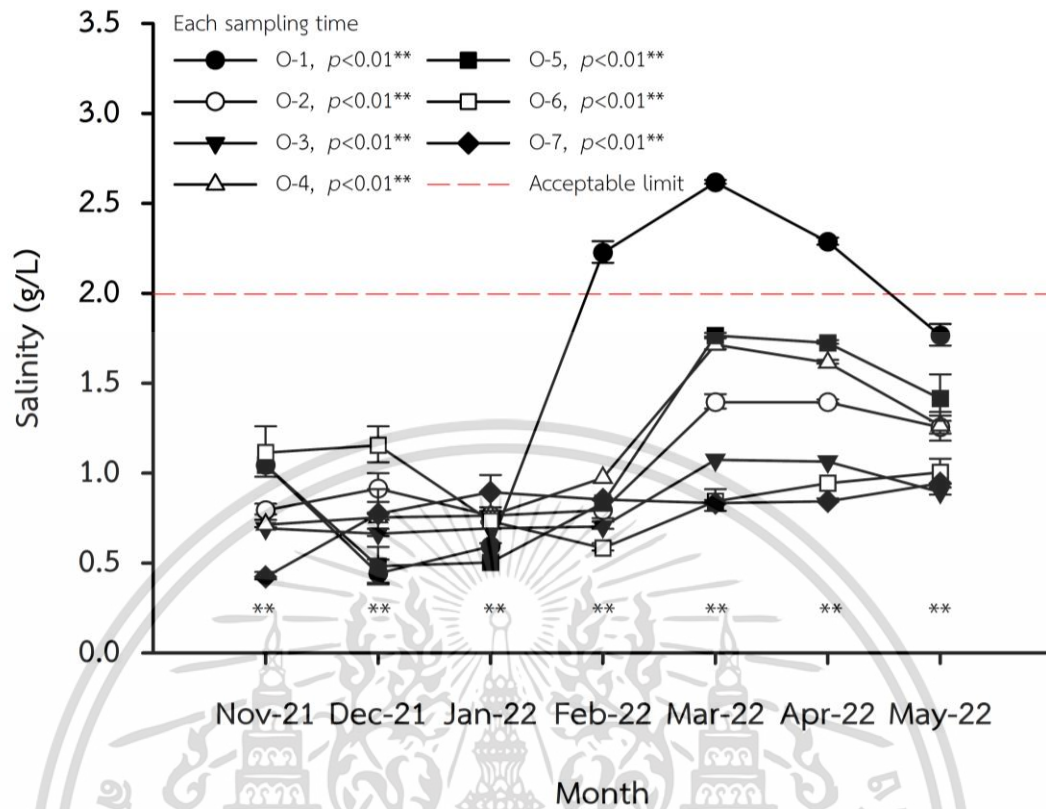
\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เเปอร์เซ็นต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

**หมายเหตุ** สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเกษตร (acceptable limit) ไม่ควรเกิน 1.25 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 ความเค็ม (salinity)

ผลการศึกษาความเค็มสอดคล้องกับสภาพการนำไฟฟ้า พบว่าค่าความเค็มของน้ำทั้งเจ็ดสวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกเดือน (รูปที่ 4.23) เดือนมีนาคมมีค่าความเค็มสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.62, 1.40, 1.08, 1.72 และ 1.77 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าความเค็มของสวนที่ 2, 3 และ 5 เดือนมีนาคมไม่แตกต่างทางสถิติกับเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 1.40, 1.07 และ 1.73 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบได้ว่าตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนค่าความเค็มของสวนที่ 1 มากกว่า 2 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.23) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานความเค็มสำหรับน้ำใช้เพื่อการเกษตร (ญานธิชา จิตต์สะอาด, 2558) ซึ่งสวนที่ 4 และ 5 มีค่าความเค็มประมาณ 1.72 และ 1.77 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีแนวโน้มที่สูงเกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร จึงอาจจะมีผลทำให้เกิดการสะสมเกลือในดิน และส่งผลให้พืชที่ปลูกได้รับผลกระทบต่อความเค็มของน้ำโดยตรง เนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ ได้แก่ ความเครียดออกซิเดติก ความเค็มทำให้พืชขาดแคลนธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเกิดความเสียหายของโซเดียมและคลอไรด์ ที่พืชดูดไปสะสม (Carillo et al., 2011; Kotuby-Amacher et al., 2000) มะม่วงจัดอยู่ในกลุ่มไม้ผลทนเค็มน้อย (สมศรี อรุณินท์, 2542) จึงพบอาการแผ่นใบไหม้จากปลายใบเข้าไปในสวนที่ 1 (รูปภาคผนวกที่ 8a) ดังนั้นอาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ ในขณะที่สวนที่ 6 ค่าความเค็มมีแนวโน้มสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 1.16 กรัมต่อลิตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนพฤศจิกายน และพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 1.12 และ 1.01 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สวนที่ 7 เดือนพฤศจิกายนมีค่าความเค็มต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น เท่ากับ 0.43 กรัมต่อลิตร ในขณะที่เดือนพฤษภาคมมีค่าความเค็มสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.95 กรัมต่อลิตร จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเค็มของทุกสวนยกเว้นสวนที่ 1 ตลอดระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร กรณีที่สวนที่ 1 มีค่าความเค็มสูงกว่าสวนอื่น อาจเนื่องมาจากใช้น้ำโดยตรงจากแม่น้ำบางปะกง และตำแหน่งของสวนอยู่ใกล้ปากแม่น้ำกว่าสวนอื่น (รูปที่ 3.1) และเจ้าของสวนที่ 1 มีการสูบน้ำเข้าสวนในเดือนมกราคม และมีนาคมเดือนละครั้ง ในขณะที่สวนที่ 2, 3, 6 และ 7 มีการสูบน้ำเข้าสวนในช่วงเดือนมกราคม สวนที่ 4 และ 5 สูบน้ำเข้าสวนในช่วงเดือนมีนาคมเพียงครั้งเดียว ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 แม่น้ำบางปะกงบริเวณอำเภอลองเชื่อน มีค่าความเค็มเท่ากับ 0.15-0.30 กรัมต่อลิตร ในขณะที่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 มีค่าความเค็มเท่ากับ 0.20-11.58 กรัมต่อลิตร (Shwe et al., 2022)



รูปที่ 4.23 ความเค็มของน้ำ (salinity) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

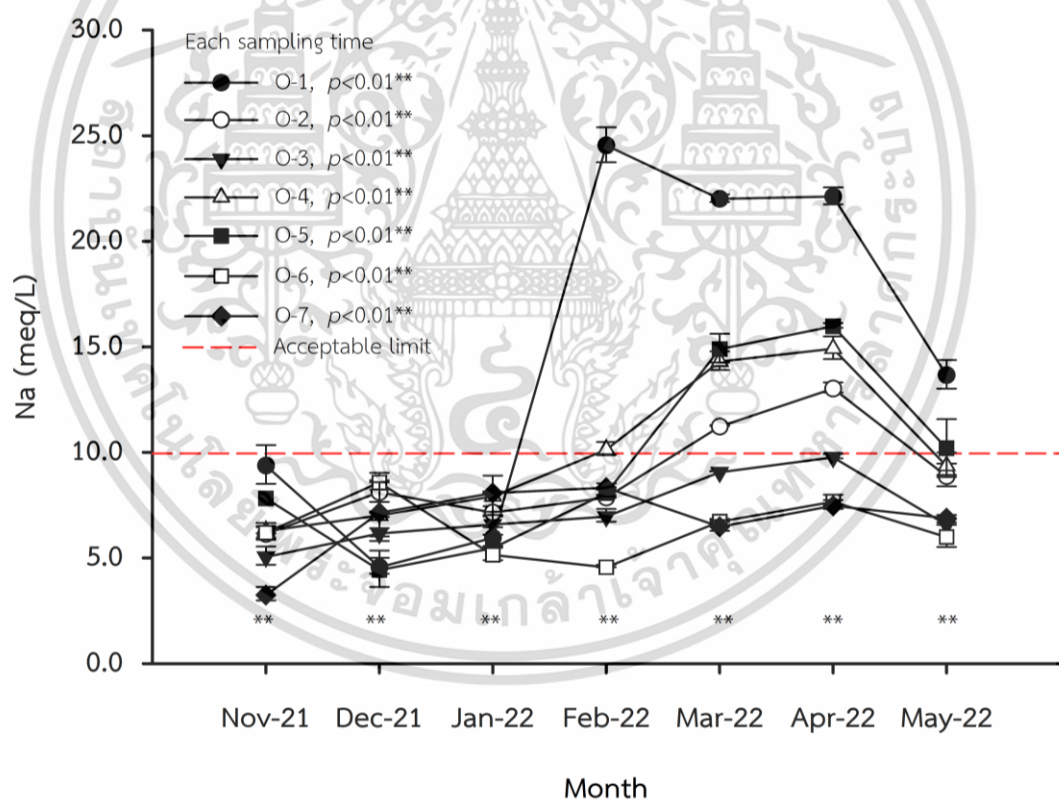
\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เปอร์เซ็นต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
หมายเหตุ ความเค็มของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร (acceptable limit) ไม่ควรเกิน 2.0 กรัมต่อลิตร

#### 4.2.4 ความเข้มข้นของโซเดียม (sodium ion; Na)

ความเข้มข้นของโซเดียมไอออนของทั้ง 7 สวน และแต่ละเดือนภายในสวนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.24) พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไอออนของสวนที่ 1 สูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น และมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 24.57 และ 4.63 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่สวนที่ 2, 3, 4 และ 5 มีความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 13.07, 9.82, 14.96 และ 16.02 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของโซเดียมไอออนเดือนเมษายนของสวนที่ 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 14.35 และ 14.94 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร ตามลำดับ สวนที่ 6 มีความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 8.63 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อลิตร (รูปที่ 4.24) เห็นได้ว่าความเข้มข้นของโซเดียมไอออนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดือนธันวาคมถึงเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมษายน และลดลงในเดือนพฤษภาคม เนื่องจากช่วงเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาต่ำสุด และเพิ่มสูงขึ้น โดยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม สวนที่ 1, 2, 4 และ 5 ช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน มีความเข้มข้นของโซเดียมไอออนสูงกว่า 10 มิลลิกรัมวาลีนซ์ต่อลิตร จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่อันตรายต่อพืช ไม่เหมาะสำหรับใช้น้ำเพื่อการเกษตร (ญาณธิชา จิตต์สะอาด, 2558) เนื่องจากโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ไม่ได้จัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (Bryson and Mills, 2015) ดังนั้นหากพืชได้รับโซเดียมในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ จะเป็นพืชต่อพืชได้ ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้และพืชคายน้ำออก โซเดียมจะถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมอยู่ที่ใบ ทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อแห้งตามขอบใบ (Cassaniti et al., 2013) และกรณีที่สารละลายในดินหรือน้ำมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง โซเดียมจะยับยั้งการดูดใช้ธาตุอาหารอื่น เช่น โพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ซึ่งทั้ง 3 ธาตุจัดเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ดังนั้นการที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารดังกล่าวได้ลดลง มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง ตลอดจนส่งผลให้พืชตายในที่สุด (Barker and Pilbeam, 2015; Gupta and Huang, 2014)



**รูปที่ 4.24** ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน (sodium ion; Na) ในน้ำสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

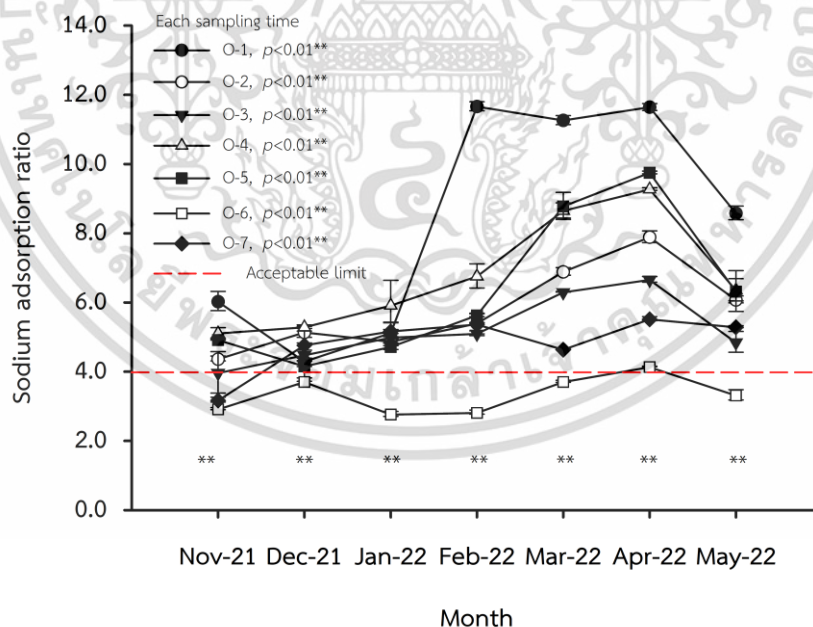
\*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เปรูเซ็นต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

**หมายเหตุ** ความเข้มข้นของโซเดียมไอออนในน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเกษตร (acceptable limit) ไม่ควรเกิน 10 มิลลิกรัมวาลีนซ์ต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.5 อัตราการดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio; SAR)

อัตราการดูดซับโซเดียมของทั้งเจ็ดสวน และแต่ละเดือนภายในสวนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าเดือนเมษายนมีอัตราการดูดซับโซเดียมสูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 11.65, 7.90, 6.67, 9.28, 9.76, 4.15 และ 5.53 ตามลำดับ (รูปที่ 4.25) พบว่าอัตราการดูดซับโซเดียมสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ของน้ำใช้ทางการเกษตร ซึ่งไม่ควรเกิน 4 จัดเป็นขีดจำกัดของการเจริญเติบโตของมะม่วง (ญานธิชา จิตต์สะอาด, 2558) ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของน้ำเพื่อการชลประทานไม่ควรเกิน 6 (Salinity Management guide, 2007) อัตราการดูดซับโซเดียมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมกับแคลเซียมและแมกนีเซียม ธาตุดังกล่าวควรมีความเข้มข้นที่สมดุลกัน กรณีที่น้ำมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง ย่อมส่งผลเสียต่อสมบัติดิน เช่น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน โดยเฉพาะดินเหนียว ส่งผลให้โครงสร้างดินถูกทำลาย และแน่นทึบ ทำให้อัตราการแทรกซึมของน้ำ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านดินลดลง (Mateo-Sagasta and Burke, 2010; Phankamolsil et al., 2021) ในทางตรงกันข้ามอัตราการดูดซับโซเดียมของทุกสวนมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม อาจเนื่องจากในช่วงเดือนธันวาคม มีการระบายน้ำจืดจากอ่างเก็บน้ำสิียด อ่างเก็บน้ำขุนด่านปราการชล อ่างเก็บน้ำพระสทิ้ง อ่างเก็บน้ำพระปรอง อ่างเก็บน้ำนฤปดินทรจินดา และอ่างเก็บน้ำระบม เพื่อช่วยผลักดันน้ำเค็มกลับเข้าสู่อ่าวไทย (กรมชลประทาน, 2565)

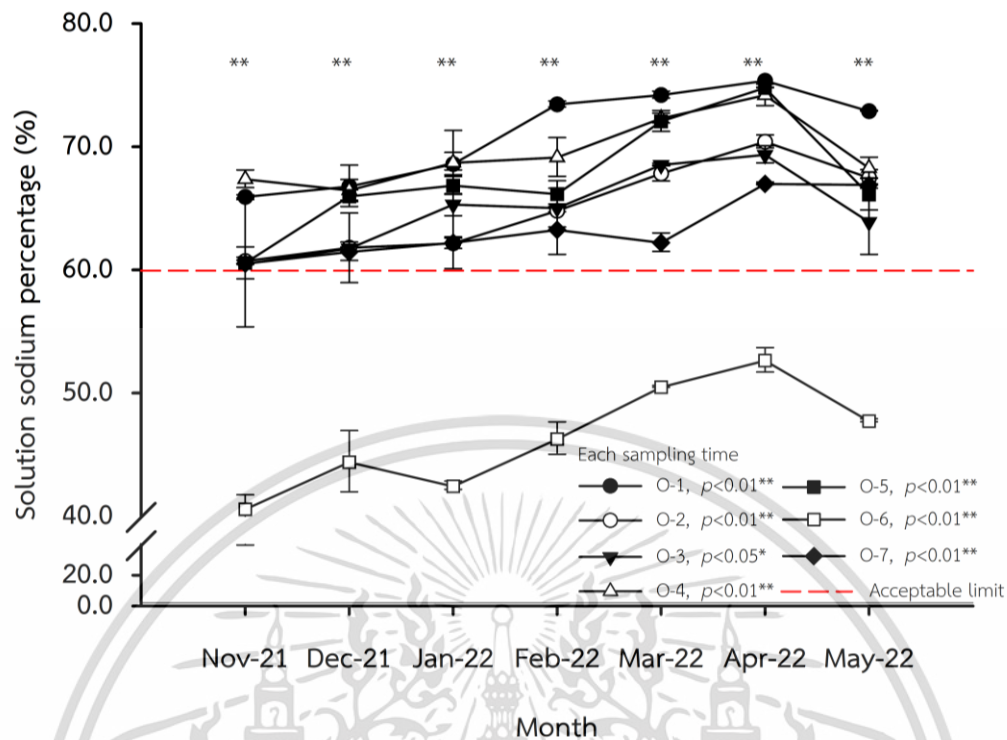


**รูปที่ 4.25** อัตราการดูดซับโซเดียมไอออนในน้ำ (sodium adsorption ratio; SAR) สวนมะม่วง น้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565  
 \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เปอร์เซ็นต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  สวนเบียงเบนมาตรฐาน

หมายเหตุ อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเกษตร (acceptable limit) ไม่ควรเกิน 4 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็น ใบเขียวระบุขั้นตอนการดำเนินการ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.6 เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (solution sodium percentage; SSP)

เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตร (Sarker et al., 2000) ความเป็นพิษของโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) โดยที่ความเป็นพิษของโซเดียมจะลดลง ถ้าน้ำมีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ด้วย กรณีที่ความเข้มข้นของแคลเซียมหรือแมกนีเซียมมากพอ จะช่วยลดความเป็นอันตรายที่เกิดจากโซเดียมได้ จากการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่า เดือนเมษายนมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้สูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสวนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 75.39, 70.45, 69.41, 74.23, 74.82, 52.70 และ 67.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ของทุกสวนมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 65.98, 60.78, 60.55, 67.42, 60.62, 40.65 และ 60.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 4.26) แสดงให้เห็นว่าน้ำมีความเข้มข้นระหว่างโซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียมไม่สมดุลกัน ซึ่งเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ไม่ควรเกิน 60 เปอร์เซ็นต์ (ญาณธิดา จิตต์สะอาด, 2558) จากผลการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือนของทุกสวน ยกเว้นสวนที่ 6 มีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช ไม่ควรใช้น้ำเพื่อการเกษตร กรณีที่น้ำที่มีปริมาณโซเดียมสูงเกินไป โซเดียมในน้ำจะไปแทนที่แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน ส่งผลให้ดินมีลักษณะแข็ง แข็งและทำให้การซึมซาบของน้ำในดินลดลง (Ayers and Westestcot, 1994) และเห็นได้ว่าสวนที่ 6 มีค่าอัตราการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ต่ำกว่าสวนอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้น้ำจากคลองชลประทาน และการจัดการสูบน้ำของเจ้าของสวนในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่แม่น้ำบางปะกงมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มน้อยกว่า 0.45 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 0.7 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (Shwe et al., 2022)



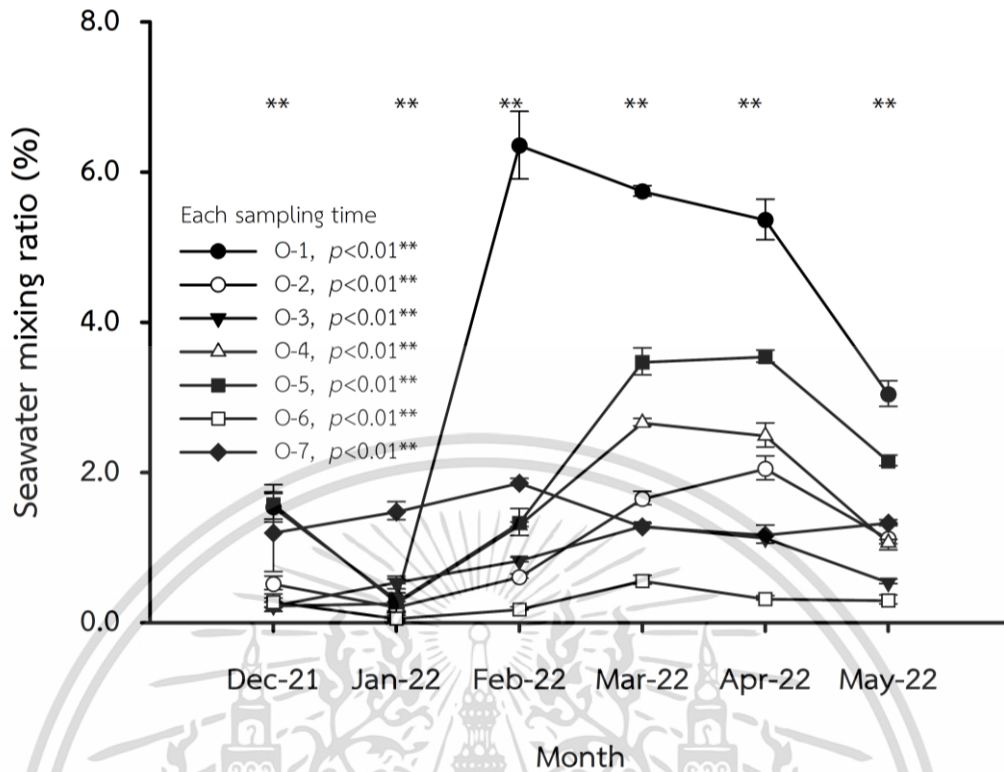
รูปที่ 4.26 เปอร์เซนต์โซเดียมที่ละลายได้ของน้ำ (solution sodium percentage; SSP) ในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เปอร์เซนต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
หมายเหตุ เปอร์เซนต์โซเดียมที่ละลายได้ของน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเกษตร (acceptable limit) ไม่ควรเกิน 60 เปอร์เซนต์

#### 4.2.7 สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F)

จากการศึกษาตลอดระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 แสดงผลเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 โดยกำหนดค่าความเข้มข้นคลอไรด์ในน้ำจืดแต่ละสวนของเดือนพฤศจิกายน เพื่อใช้คำนวณในสมการที่ 4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำทะเล เท่ากับ 459.25 มิลลิกรัมวาลีนซ์ต่อลิตร ความแตกต่างระหว่างเดือนมีผลต่อสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.01$  โดยพบว่า สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มของสวนที่ 1 และ 7 เดือนกุมภาพันธ์สูงกว่าเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 6.36 และ 1.87 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สวนที่ 3, 4 และ 6 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 1.20, 2.67 และ 0.57 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สวนที่ 2 และ 5 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ 2.06 และ 3.55 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เห็นได้ว่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมีแนวโน้มสูงขึ้นช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และลดลงในเดือนพฤษภาคม (รูปที่ 4.27) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม อัตราการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ของน้ำในสวนมะม่วง เกินค่ามาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตร ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าน้ำที่มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มที่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ นั้นไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร อันตรายต่อพืช และอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติดิน Abou Zakhem and Hafez (2007) กำหนดให้พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มของน้ำทะเล มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มของน้ำทะเล มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม 2 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (Somay and Gemici, 2009)

สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้นจากช่วงฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลจากการหนุนของน้ำทะเล สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของโซเดียม อัตราการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ เกินค่ามาตรฐานสำหรับใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม น้ำทะเลมีองค์ประกอบของไอออน 6 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) 55 เปอร์เซ็นต์ คลอไรด์ ( $\text{Cl}^-$ ) 31 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 1 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) 1 เปอร์เซ็นต์ (Lu and Wang, 2019) จึงส่งผลให้น้ำในร่องสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 เกิดการสะสมไอออนดังกล่าว ซึ่งขณะที่น้ำในแม่น้ำบางปะกงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 มีค่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 25.40 และ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Shwe et al., 2022) เห็นได้ว่าสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ  $-0.350^*$  (ตารางที่ 4.1) อาจเนื่องจากการที่น้ำทะเลทำปฏิกิริยาทางเคมีกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เกิดกรดคาร์บอนิก ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) ส่งผลให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ( $\text{H}^+$ ) ในน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นกรดของน้ำเพิ่มขึ้น (Marion et al., 2011; Humphreys et al., 2022) ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียม อัตราการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และความเข้มข้นของคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ  $0.867^{**}$ ,  $0.867^{**}$ ,  $0.923^{**}$ ,  $0.901^{**}$ ,  $0.598^{**}$  และ  $0.925^{**}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) มีการศึกษาก่อนหน้าได้รายงานไว้ว่า พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลการรุกรานน้ำเค็ม จะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และคลอไรด์ไอออนสูงขึ้น เนื่องจากน้ำทะเลมีองค์ประกอบของธาตุดังกล่าว (Chae et al., 2012; Mondal et al., 2010; Sarwade et al., 2007) จึงเป็นสาเหตุให้สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (F) มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับโซเดียม และคลอไรด์ไอออน



รูปที่ 4.27 สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F) ของน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565  
 \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 ( $p < 0.01$ ) เปอร์เซ็นต์ \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสวน  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (seawater mixing ratio; F) กับคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม โซเดียมไอออน อัตราการดูดซับโซเดียม เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และคลอไรด์ไอออน

Parameter	pH	EC <sub>w</sub>	Salinity	Na <sup>+</sup>	SAR	SSP	Cl <sup>-</sup>
F	- 0.350*	0.867**	0.867**	0.923**	0.901**	0.598**	0.925**

\*, \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 ตามลำดับ

### 4.3 ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

#### 4.3.1 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งเจ็ดสวนจากการเก็บตัวอย่างใบเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอยู่ในระยะออกช่อดอก ความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อความเข้มข้นของคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และโซเดียมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) พบว่าใบมะม่วงทั้งเจ็ดสวน มีความเข้มข้นของคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และโซเดียมทั้งหมดมีค่าอยู่ในพิสัย 441-478, 13.76-17.52, 1.04-1.82, 4.85-8.56, 10.04-21.38, 2.73-4.31, 1.90-3.36 และ 0.28-0.49 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารทุกธาตุในใบมะม่วงอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับพืช ยกเว้นธาตุแคลเซียมทั้งหมดของสวนที่ 2-7 อยู่ในระดับขาดแคลน กรณีที่พืชขาดธาตุแคลเซียมจะทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติ เช่น ใบอ่อนบิดเบี้ยว ปลายใบจะแห้ง หรือเป็นจุดสีน้ำตาลตามขอบใบ เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทต่อการแบ่งเซลล์ เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Anand et al., 2019) จากการศึกษาในสวนของดินพบว่าทุกสวนมีโซเดียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูง อาจเป็นทำให้มะม่วงขาดแคลเซียมได้ และพบว่าสวนที่ 5 มีความเข้มข้นของกำมะถันทั้งหมดอยู่ในระดับเป็นพิษ อาจทำให้เป็นพิษต่อพืชได้ กรณีที่พืชได้กำมะถันมากเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติ หรือบริเวณเส้นใบเป็นสีเหลืองหรือมีอาการไหม้ (กรมวิชาการเกษตร, 2543) โดยสวนที่ 6 มีความเข้มข้นคาร์บอน และโพแทสเซียมทั้งหมดมีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 478 และ 8.58 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 4 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน และโซเดียมทั้งหมดมีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 17.52 และ 0.49 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 1 มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1.82, 21.38 และ 4.31 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 5 ที่มีค่าเท่ากับ 17.6 และ 3.76 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และสวนที่ 5 มีความเข้มข้นของกำมะถันทั้งหมดสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 3.36 กรัมต่อกิโลกรัม

จากการเก็บตัวอย่างใบเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอยู่ในระยะออกผล พบว่าความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อความเข้มข้นของคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน และโซเดียมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) พบว่าใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความเข้มข้นของคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน และโซเดียมทั้งหมดมีค่าอยู่ในพิสัย 439-461, 13.25-17.31, 0.89-1.18, 4.48- 5.97, 2.06-3.97 และ 0.23- 0.61 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยสวนที่ 6 ค่าความเข้มข้นของคาร์บอน ไนโตรเจน และโพแทสเซียม

ทั้งหมดมีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 469, 17.31 และ 5.97 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 1 มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และโซเดียมทั้งหมดสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1.43 และ 0.61 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่าสวนที่ 5 มีความเข้มข้นของกำมะถันทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 3.97 กรัมต่อกิโลกรัม

**ตารางที่ 4.2** ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (total C, N, P, K, Ca, Mg และ S) และโซเดียมทั้งหมด (total Na) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกช่อดอก) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Orchard number	Total C	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg	Total S	Total Na
	(g/kg)							
critical levels	-	10-15 <sup>1/</sup>	0.8-2.5 <sup>1/</sup>	4.0-9.0 <sup>1/</sup>	20-50 <sup>1/</sup>	2.0-5.0 <sup>1/</sup>	1.1-2.8 <sup>2/</sup>	-
1	441 <sup>d</sup>	14.54 <sup>cd</sup>	1.82 <sup>a</sup>	5.85 <sup>b</sup>	21.38 <sup>a</sup>	4.31 <sup>a</sup>	2.17 <sup>bc</sup>	0.28 <sup>b</sup>
2	462 <sup>bc</sup>	15.82 <sup>ab</sup>	1.33 <sup>bc</sup>	5.99 <sup>b</sup>	13.75 <sup>bc</sup>	3.27 <sup>bc</sup>	1.90 <sup>c</sup>	0.42 <sup>a</sup>
3	468 <sup>ab</sup>	14.88 <sup>cd</sup>	1.27 <sup>bc</sup>	6.95 <sup>ab</sup>	12.82 <sup>bc</sup>	3.27 <sup>bc</sup>	2.32 <sup>b</sup>	0.42 <sup>a</sup>
4	460 <sup>bc</sup>	17.52 <sup>a</sup>	1.48 <sup>ab</sup>	6.44 <sup>ab</sup>	15.26 <sup>bc</sup>	3.21 <sup>bc</sup>	2.08 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>a</sup>
5	448 <sup>cd</sup>	13.76 <sup>d</sup>	1.04 <sup>c</sup>	4.85 <sup>b</sup>	17.56 <sup>ab</sup>	3.76 <sup>ab</sup>	3.36 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>
6	478 <sup>a</sup>	16.64 <sup>ab</sup>	1.33 <sup>bc</sup>	8.58 <sup>a</sup>	10.12 <sup>c</sup>	2.81 <sup>c</sup>	2.17 <sup>bc</sup>	0.33 <sup>b</sup>
7	472 <sup>ab</sup>	15.89 <sup>ab</sup>	1.55 <sup>ab</sup>	8.56 <sup>a</sup>	10.04 <sup>c</sup>	2.73 <sup>c</sup>	1.95 <sup>bc</sup>	0.31 <sup>b</sup>
F-test	**	**	*	*	**	**	**	**
%CV	2.39	8.83	20.89	26.08	28.36	19.40	11.77	18.25

\*, \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: <sup>1/</sup> จำเป็น อ่อนทอง (2565); <sup>2/</sup> Bryson and Mills (2015)

ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารทุกธาตุอยู่ในระดับที่เพียงพอ ยกเว้นความเข้มข้นโพแทสเซียมทั้งหมดของสวนที่ 1 มีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤต อาจเนื่องจากพืชดูดใช้โพแทสเซียมจากดินในรูปโพแทสเซียมไอออน (K<sup>+</sup>) ซึ่งเป็นรูปเดียวกับโซเดียมไอออน (Na<sup>+</sup>) อาจเป็นสาเหตุทำให้พืชมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมลดลง (Wakeel, 2013; Bryson and Mills, 2015) นอกจากนี้เห็นได้ว่าสวนที่ 1 ความเข้มข้นของโซเดียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 0.61 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้โพแทสเซียมจัดเป็นธาตุที่มีความจำเป็นสำหรับพืชเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีน และการเคลื่อนย้ายน้ำตาลในต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่โซเดียมไม่ได้จัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ดังนั้นสภาวะที่พืชขาดแคลนธาตุโพแทสเซียม มีผลทำให้พืชแสดงอาการใบเหลือง (chlorosis) หรืออาการใบเหี่ยว (necrosis) (Huang et al., 2022)

**ตารางที่ 4.3** ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (total C, N, P, K, Ca, Mg และ S) และโซเดียมทั้งหมด (total Na) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกผล) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

Orchard number	Total C	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg	Total S	Total Na
	(g/kg)							
critical levels	-	10-15 <sup>1/</sup>	0.8-2.5 <sup>1/</sup>	4.0-9.0 <sup>1/</sup>	20-50 <sup>1/</sup>	2.0-5.0 <sup>1/</sup>	1.1-2.8 <sup>2/</sup>	-
1	452 <sup>bc</sup>	14.85 <sup>bc</sup>	1.43 <sup>a</sup>	3.48 <sup>c</sup>	18.42	3.61	2.06 <sup>e</sup>	0.61 <sup>a</sup>
2	455 <sup>ab</sup>	16.39 <sup>ab</sup>	1.18 <sup>bc</sup>	4.08 <sup>c</sup>	16.72	3.57	2.22 <sup>de</sup>	0.49 <sup>b</sup>
3	461 <sup>ab</sup>	15.06 <sup>b</sup>	1.13 <sup>bc</sup>	5.63 <sup>a</sup>	13.81	3.29	3.03 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>b</sup>
4	455 <sup>ab</sup>	17.18 <sup>a</sup>	1.22 <sup>b</sup>	4.65 <sup>ab</sup>	15.89	3.02	2.72 <sup>bc</sup>	0.42 <sup>b</sup>
5	439 <sup>c</sup>	13.25 <sup>c</sup>	0.89 <sup>d</sup>	4.14 <sup>bc</sup>	15.21	3.82	3.97 <sup>a</sup>	0.28 <sup>c</sup>
6	469 <sup>a</sup>	17.31 <sup>a</sup>	0.98 <sup>cd</sup>	5.97 <sup>a</sup>	12.99	2.89	3.22 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>
7	459 <sup>ab</sup>	16.47 <sup>ab</sup>	1.16 <sup>bc</sup>	5.87 <sup>a</sup>	14.02	3.36	2.65 <sup>cd</sup>	0.44 <sup>b</sup>
F-test	*	**	**	**	ns	ns	**	**
%CV	2.6	10.03	14.11	22.77	20.9	16.96	13.4	17.6

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ \*, \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: <sup>1/</sup> จำเป็น อ่อนทอง (2565); <sup>2/</sup> Bryson and Mills (2015)

ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งเจ็ดสวนจากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอยู่ในระยะออกช่อดอก ความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุทุกธาตุ ยกเว้นทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) พบว่าใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง โบรอน แมงกานีส โมลิบดีนัม นิกเกิล สังกะสี และคลอไรด์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในพิสัย 86-192, 3.60-5.51, 41.73-98.11, 323-1217, 0.38-3.97, 0.43-10.45, 16.69-35.50 และ 58.93-105.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เห็นได้ว่าความเข้มข้นของเหล็ก โบรอน และสังกะสีทั้งหมดอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับพืช ยกเว้นความเข้มข้นของสังกะสีทั้งหมดของสวนที่ 1, 5 และ 6 ความเข้มข้นของทองแดงทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในระดับขาดแคลน ในขณะที่ความเข้มข้นของแมงกานีส โมลิบดีนัม และนิกเกิลทั้งหมดอยู่ในระดับเกินความต้องการของพืช โดยสวนที่ 2 มีความเข้มข้นเหล็กทั้งหมดสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 192 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 4, 5, 6 และ 7 ที่มีค่าเท่ากับ 174, 161, 175 และ 166 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 5 มีความเข้มข้นของโบรอนแมงกานีส และนิกเกิลสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 98.11, 1787 และ 10.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของนิกเกิลไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1, 2, 4 และ 7 ที่มีค่าเท่ากับ 9.94, 9.93, 9.94 และ 10.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 1 มีความเข้มข้นของโมลิบดีนัมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 3.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 2, 4 และ 6 ที่มีค่าเท่ากับ 3.83, 3.93 และ 3.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สวนที่ 7 มีความเข้มข้นของสังกะสี และคลอไรด์สูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 35.50 และ 105.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นจุลธาตุอาหาร (total Fe, Cu, B, Mn, Mo, Ni, Zn และ Cl) ในใบมะม่วง น้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกช่อดอก) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Orchard number	Total Fe	Total Cu	Total B	Total Mn	Total Mo	Total Ni	Total Zn	Total Cl
	(mg/kg)							
critical levels	50-250 <sup>1/</sup>	7-50 <sup>1/</sup>	25-150 <sup>1/</sup>	50-250 <sup>1/</sup>	0.01-0.07 <sup>2/</sup>	0.1-0.2 <sup>2/</sup>	20-200 <sup>1/</sup>	-
1	141 <sup>b</sup>	3.75	52.30 <sup>bc</sup>	323 <sup>c</sup>	3.97 <sup>a</sup>	9.94 <sup>a</sup>	16.69 <sup>d</sup>	95.85 <sup>ab</sup>
2	192 <sup>a</sup>	4.07	41.73 <sup>c</sup>	809 <sup>b</sup>	3.83 <sup>ab</sup>	9.93 <sup>a</sup>	22.36 <sup>c</sup>	76.68 <sup>bc</sup>
3	86 <sup>c</sup>	3.60	65.82 <sup>b</sup>	1217 <sup>b</sup>	0.38 <sup>c</sup>	0.43 <sup>c</sup>	23.03 <sup>c</sup>	65.32 <sup>cd</sup>
4	174 <sup>ab</sup>	4.68	61.68 <sup>b</sup>	1013 <sup>b</sup>	3.93 <sup>a</sup>	9.94 <sup>a</sup>	30.36 <sup>b</sup>	85.91 <sup>ab</sup>
5	161 <sup>ab</sup>	3.61	98.11 <sup>a</sup>	1787 <sup>a</sup>	3.18 <sup>b</sup>	10.45 <sup>a</sup>	19.11 <sup>cd</sup>	69.58 <sup>cd</sup>
6	175 <sup>ab</sup>	4.31	53.73 <sup>bc</sup>	768 <sup>b</sup>	3.94 <sup>a</sup>	7.45 <sup>b</sup>	16.95 <sup>d</sup>	58.93 <sup>d</sup>
7	166 <sup>ab</sup>	5.51	52.32 <sup>bc</sup>	885 <sup>b</sup>	3.30 <sup>ab</sup>	10.02 <sup>a</sup>	35.50 <sup>a</sup>	105.08 <sup>a</sup>
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**
%CV	17.19	28.35	22.69	36	15.61	17.88	16.45	19.01

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ \*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างที่เหมือนกันในคอลัมน์แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: <sup>1/</sup> จำเป็น อ่อนทอง (2565); <sup>2/</sup> Bryson and Mills (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งเจ็ดสวน จากการเก็บตัวอย่างใบเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2565 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองอยู่ในระยะออกผล ผลการศึกษาสอดคล้องกับความเข้มข้นของจุลธาตุในใบที่เก็บเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 โดยพบว่าความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุทุกธาตุ ยกเว้นทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) ใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง โบรอน แมงกานีส โมลิบดีนัม นิกเกิล สังกะสี และคลอไรด์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในพิสัย 88-177, 1.88-2.43, 52.53-101.37, 299-1739, 0-3.97, 1.62-10.45, 15.81-56.24 และ 14.91-72.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าความเข้มข้นของเหล็ก โบรอน และสังกะสีทั้งหมดอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับพืช ยกเว้นความเข้มข้นของสังกะสีทั้งหมดของสวนที่ 1, 3 และ 4 และความเข้มข้นของทองแดงทั้งหมดอยู่ในระดับขาดแคลน ในขณะที่ความเข้มข้นของแมงกานีส โมลิบดีนัม และนิกเกิลทั้งหมดอยู่ในระดับเกินความต้องการของพืช

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นจุลธาตุอาหาร (total Fe, Cu, B, Mn, Mo, Ni, Zn และ Cl) ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ระยะออกผล) จากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

Orchard number	Total Fe	Total Cu	Total B	Total Mn	Total Mo	Total Ni	Total Zn	Total Cl
	(mg/kg)							
critical levels	50-250 <sup>1/</sup>	7-50 <sup>1/</sup>	25-150 <sup>1/</sup>	50-250 <sup>1/</sup>	0.01-0.07 <sup>2/</sup>	0.1-0.2 <sup>2/</sup>	20-200 <sup>1/</sup>	-
1	147 <sup>ab</sup>	2.16	52.53 <sup>d</sup>	299 <sup>c</sup>	3.97 <sup>a</sup>	9.94 <sup>ab</sup>	16.70 <sup>b</sup>	72.42 <sup>a</sup>
2	177 <sup>a</sup>	2.06	57.35 <sup>cd</sup>	962 <sup>b</sup>	3.83 <sup>ab</sup>	9.93 <sup>ab</sup>	20.71 <sup>b</sup>	32.66 <sup>c</sup>
3	88 <sup>c</sup>	2.05	71.22 <sup>bc</sup>	1341 <sup>ab</sup>	nd	1.62 <sup>c</sup>	15.81 <sup>b</sup>	19.91 <sup>d</sup>
4	143 <sup>ab</sup>	2.08	73.70 <sup>bc</sup>	1036 <sup>b</sup>	3.93 <sup>a</sup>	9.94 <sup>ab</sup>	19.03 <sup>b</sup>	47.57 <sup>b</sup>
5	128 <sup>b</sup>	2.43	101.37 <sup>a</sup>	1739 <sup>a</sup>	3.18 <sup>ab</sup>	10.45 <sup>a</sup>	21.75 <sup>b</sup>	31.24 <sup>c</sup>
6	122 <sup>bc</sup>	2.00	89.41 <sup>ab</sup>	1083 <sup>b</sup>	2.11 <sup>b</sup>	7.45 <sup>b</sup>	24.15 <sup>b</sup>	21.30 <sup>cd</sup>
7	132 <sup>b</sup>	1.88	71.16 <sup>bc</sup>	1265 <sup>b</sup>	3.30 <sup>ab</sup>	10.02 <sup>ab</sup>	56.24 <sup>a</sup>	14.91 <sup>d</sup>
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**
%CV	21.21	20.01	19.78	28.9	45.51	21.18	33.64	29.9

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: <sup>1/</sup> จำเป็น อ่อนทอง (2565); <sup>2/</sup> Bryson and Mills (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 การดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

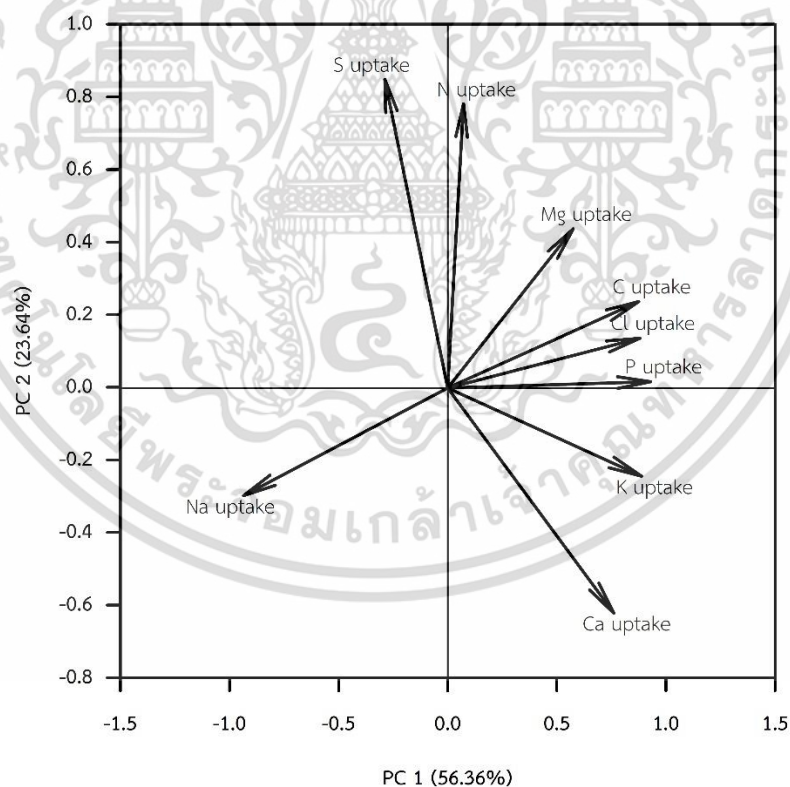
การศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง คำนวณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งผล ประกอบด้วยเปลือก เนื้อ และเมล็ด ในหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งผล จากการศึกษาพบว่าความแตกต่างระหว่างสวนมีผลต่อการดูดใช้คาร์บอน ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) สวนที่ 2 มีการดูดใช้คาร์บอน และโพแทสเซียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 582 และ 27.00 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการดูดใช้คาร์บอนไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับ 577 กรัมต่อกิโลกรัม การดูดใช้โพแทสเซียมไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 5 ที่มีค่าเท่ากับ 26.39 กรัมต่อกิโลกรัม สวนที่ 6 การดูดใช้ในโตรเจนมีแนวโน้มสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 6.74 กรัมต่อกิโลกรัม สวนที่ 5 มีการดูดใช้แคลเซียมสูงกว่าสวนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างทางสถิติกับสวนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.26 และ 2.18 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ในส่วนของการดูดใช้โซเดียมพบว่าสวนที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 สูงกว่าสวนที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 1.38, 1.37, 1.13, 1.05, 1.14, 0.40 และ 0.30 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

Orchard number	Nutrients uptake in Mango fruit (g/kg)								
	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
1	577 <sup>a</sup>	6.19 <sup>ab</sup>	4.08	24.63 <sup>b</sup>	2.18 <sup>ab</sup>	2.28	1.53	0.40 <sup>c</sup>	0.11
2	582 <sup>a</sup>	6.37 <sup>ab</sup>	4.34	27.00 <sup>a</sup>	1.73 <sup>bc</sup>	2.79	1.75	0.30 <sup>bc</sup>	0.10
3	491 <sup>b</sup>	5.69 <sup>ab</sup>	3.75	20.07 <sup>bc</sup>	1.12 <sup>c</sup>	2.43	1.69	1.38 <sup>a</sup>	0.07
4	519 <sup>b</sup>	5.55 <sup>bc</sup>	3.4	18.61 <sup>c</sup>	1.28 <sup>c</sup>	2.18	1.72	1.37 <sup>a</sup>	0.08
5	499 <sup>b</sup>	4.66 <sup>c</sup>	3.85	26.39 <sup>ab</sup>	2.26 <sup>a</sup>	2.4	1.51	1.13 <sup>a</sup>	0.08
6	488 <sup>b</sup>	6.74 <sup>a</sup>	3.39	20.46 <sup>bc</sup>	1.13 <sup>c</sup>	2.37	1.79	1.05 <sup>ab</sup>	0.08
7	498 <sup>b</sup>	6.57 <sup>ab</sup>	3.71	22.23 <sup>bc</sup>	1.45 <sup>bc</sup>	2.25	1.54	1.14 <sup>a</sup>	0.08
F-test	**	**	ns	*	*	ns	ns	**	ns
%CV	6.1	9.34	12.25	12.79	26.57	9.97	11.25	26.8	23.41

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ \*, \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 ตามลำดับ ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ถึงแม้ว่าการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของแต่ละสวนไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการดูดใช้ธาตุอาหารในผลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 80.00 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.28) โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 56.36 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 7 ตัวแปร ได้แก่ การดูดใช้คาร์บอน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และคลอไรด์ โดยการดูดใช้โซเดียมมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ภายในองค์ประกอบที่ 1 ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 23.64 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 2 ตัวแปร ได้แก่ การดูดใช้ในโตรเจน และกำมะถัน แสดงให้เห็นได้ว่าผลมะม่วงที่มีการดูดใช้โซเดียมสูง ส่งผลให้การดูดใช้โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ลดลง (ตารางภาคผนวกที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kronzucker et al. (2013) และ Reid and Smith (2000) รายงานไว้ว่าสารละลายดินมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง ส่งผลให้การดูดใช้ธาตุแคลเซียม และโพแทสเซียมของพืชลดลง



รูปที่ 4.28 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

#### 4.4 ความสัมพันธ์ของสมบัติดิน คุณภาพน้ำ และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

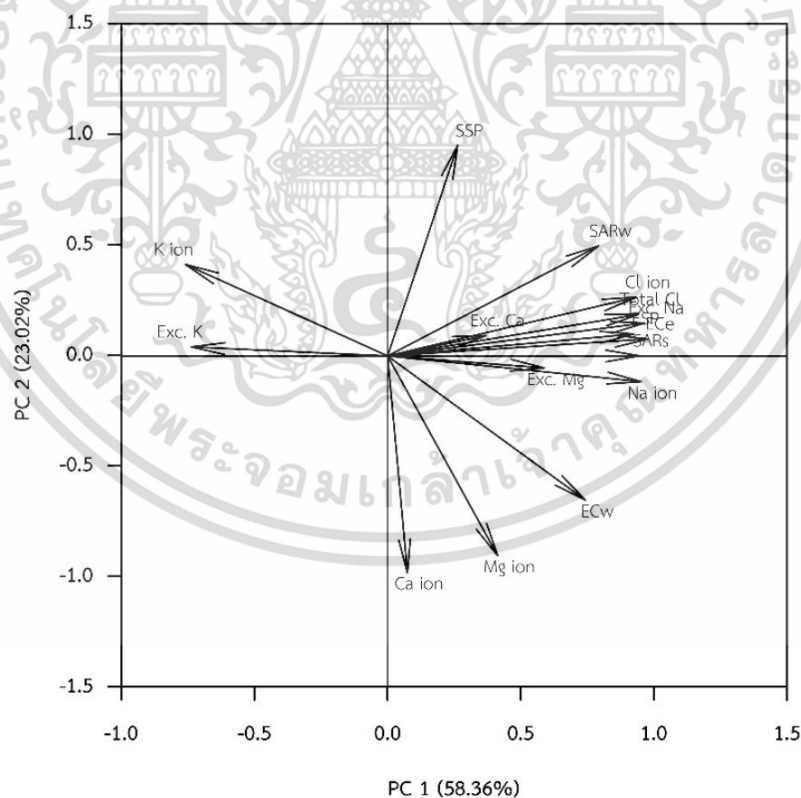
จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในภาพรวมพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำและดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า โซเดียมที่ละลายน้ำได้ อัตราการดูดซับโซเดียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และไอออนประจุบวก รวมทั้งคลอไรด์ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งในเชิงลบ และเชิงบวก ขึ้นอยู่กับคู่ตัวแปรนั้น ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 1, 2 และ 3) จากนั้นนำตัวแปรดังกล่าวมาศึกษาความสัมพันธ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

##### 4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและสมบัติดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและสมบัติดินด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก รูปที่ 4.29 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายนกับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 81.38 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.29) โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 58.36 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 13 ตัวแปร ได้แก่ โซเดียมไอออน (Na ion) คลอไรด์ไอออน (Cl ion) สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) โพแทสเซียมไอออน (K ion) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Mg) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Na) คลอไรด์ในดิน ( $Cl_s$ ) สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน ( $SAR_s$ ) ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) โดยโพแทสเซียมไอออนและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ภายในองค์ประกอบที่ 1 ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 23.02 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยพบว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้

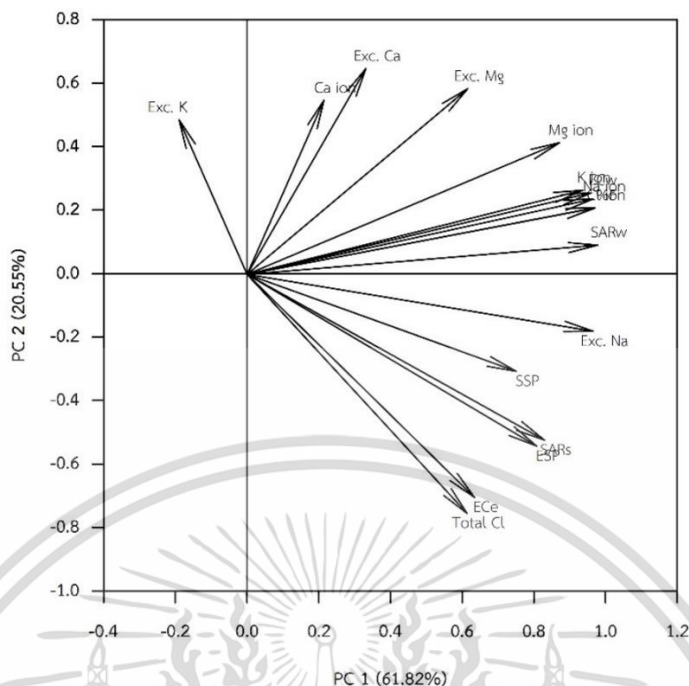
รูปที่ 4.30 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในเดือนพฤษภาคม พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 82.37 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 61.82 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 12 ตัวแปร ได้แก่ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Mg) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Na) อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน ( $SAR_s$ ) ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) โพแทสเซียมไอออน (K ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) โซเดียมไอออน (Na ion) คลอไรด์ไอออน (Cl ion)

สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) และสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (%F) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 20.55 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Ca) คลอไรด์ในดิน ( $Cl_s$ ) สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) และแคลเซียมไอออน (Ca ion) (ตารางภาคผนวกที่ 6) โดยพบว่า คลอไรด์ในดินและสภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ภายในองค์ประกอบที่ 2 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและสมบัติดินทั้งสองครั้ง แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม ส่งผลต่อสมบัติดินด้านความเค็ม ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ และเบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน รวมทั้งคลอไรด์ในดิน ตลอดจนส่งผลทางลบต่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ซึ่งสอดคล้องผลวิเคราะห์ความเข้มข้นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจากการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2565 เกือบทุกสวนค่าความเข้มข้นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 เนื่องจากเดือนพฤษภาคมดินมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.29 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

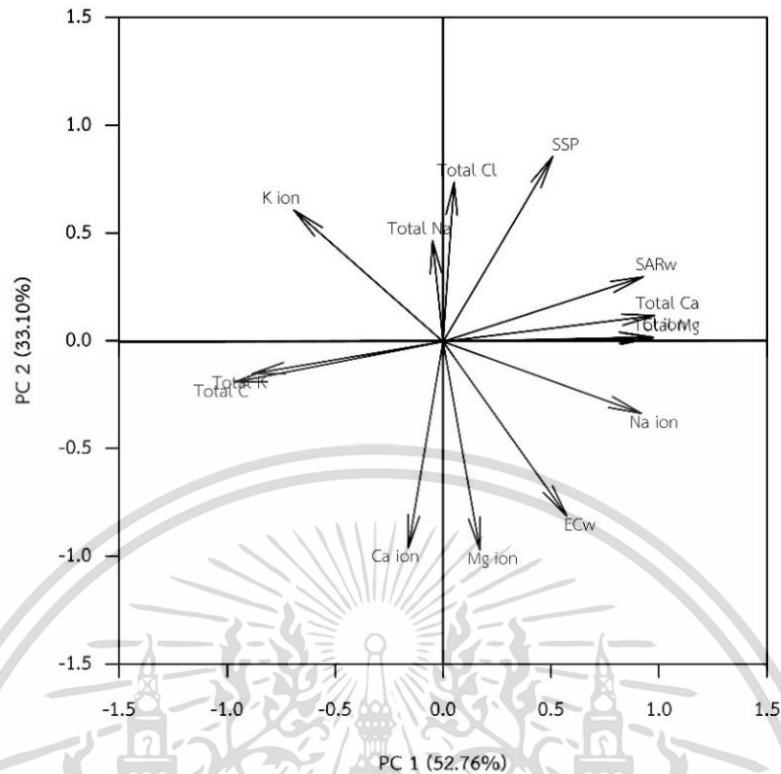
#### 4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมะม่วงและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก รูปที่ 4.31 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 85.86 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 52.76 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 8 ตัวแปร ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K ion) โซเดียมไอออน (Na ion) คลอไรด์ไอออน (Cl ion) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) คาร์บอนทั้งหมด (total C) โพแทสเซียมทั้งหมด (total K) แคลเซียมทั้งหมด (total Ca) และแมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg) เห็นได้ว่าคาร์บอน และโพแทสเซียมทั้งหมดไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ในองค์ประกอบที่ 1 (PC1) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 33.10 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) แคลเซียมไอออน (Ca ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) โซเดียมทั้งหมด (total Na) และคลอไรด์ทั้งหมด (total Cl) โดยพบว่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) แคลเซียมไอออน (Ca ion) และแมกนีเซียม

ไอออน (Mg ion) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ในองค์ประกอบที่ 2 (ตารางภาคผนวกที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

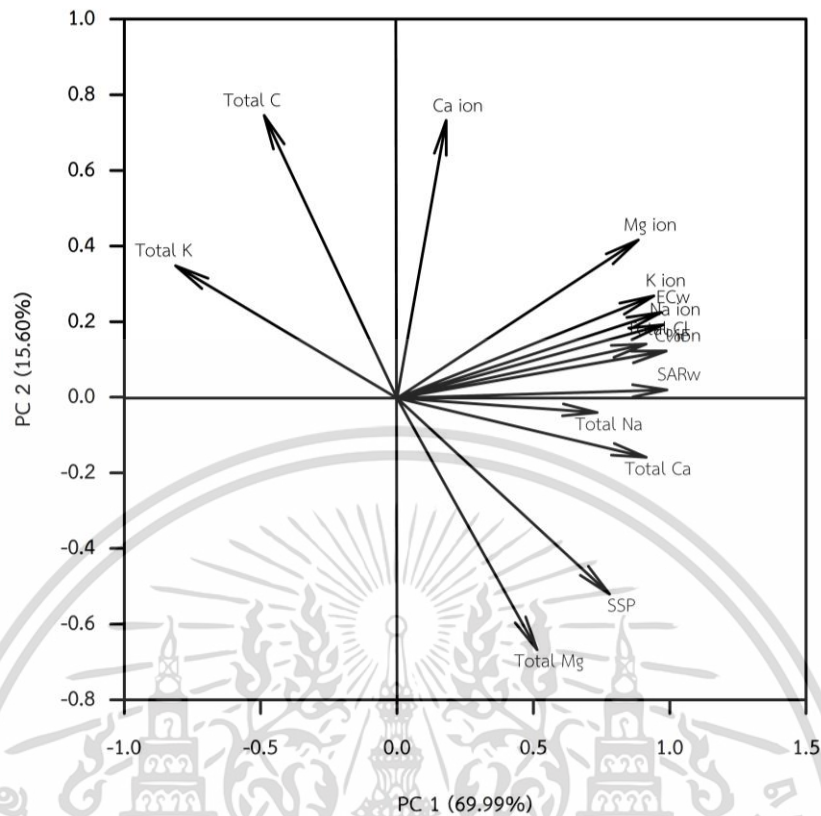
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

รูปที่ 4.32 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 กับความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 85.59 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 69.99 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 12 ตัวแปร ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) โซเดียมไอออน (Na ion) คลอไรด์ไอออน (Cl ion) สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (%F) โพแทสเซียมทั้งหมด (total K) แคลเซียมทั้งหมด (total Ca) โซเดียมทั้งหมด (total Na) และคลอไรด์ทั้งหมด โดยเห็นได้ว่าโพแทสเซียมทั้งหมดไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นที่อยู่ภายในองค์ประกอบที่ 1 (PC1) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 15.60 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca ion) คาร์บอนทั้งหมด (total C) แมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg) (ตารางภาคผนวกที่ 8) โดยแมกนีเซียมทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นในองค์ประกอบที่ 2 (PC2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



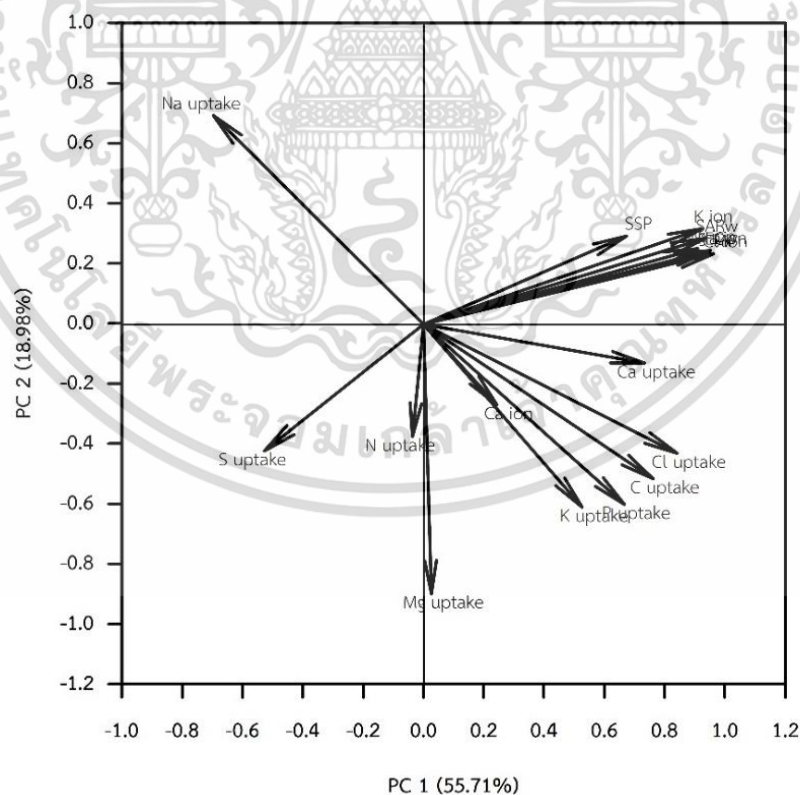
รูปที่ 4.32 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงทั้งสองครั้ง แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม ได้แก่ โซเดียมไอออน คลอไรด์ไอออน สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ และสัดส่วนการรุกค้ำน้ำเค็ม ส่งผลเชิงลบต่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม และคาร์บอนทั้งหมดในใบ อาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่ที่ถูกรุกค้ำน้ำเค็ม จะทำให้พืชมีโอกาสขาดธาตุโพแทสเซียม เนื่องจากไอออนประจุบวกชนิดอื่นจากน้ำเค็ม โดยเฉพาะโซเดียมขัดขวางการดูดซับโพแทสเซียม ซึ่งโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช เช่น กระบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ดังนั้นเมื่อพืชขาดธาตุโพแทสเซียม จะส่งผลให้พืชมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง และการขยายขนาดของเซลล์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมทั้งหมดลดลง ความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมดในใบลดลงเช่นกัน เนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ภายในพืช เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น (Libretexts, 2023)

รูปที่ 4.33 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 กับความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่าภาพรวมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 74.69 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 55.71 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 14 ตัวแปร ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) โซเดียมไอออน (Na ion) คลอไรด์ไอออน (Cl ion) สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) สัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (%F) การดูดใช้คาร์บอน (C uptake) การดูดใช้ฟอสฟอรัส (P uptake) การดูดใช้แคลเซียม (Ca uptake) การดูดใช้กำมะถัน (S uptake) การดูดใช้คลอไรด์ (Cl uptake) และการดูดใช้โซเดียม (Na uptake) ในที่นี้การดูดใช้กำมะถันและโซเดียมมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นในองค์ประกอบที่ 1 (PC 1) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 18.98 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca ion) การดูดใช้ในโตรเจน (N uptake) การดูดใช้โพแทสเซียม (K uptake) และการดูดใช้แมกนีเซียม (Mg uptake) (ตารางภาคผนวกที่ 9) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำในองค์ประกอบที่ 1 มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อการดูดใช้แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และคลอไรด์ในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ทั้งนี้การสะสมสารอาหารในผลเกิดจากการเคลื่อนย้ายมาจากส่วนอื่นของต้นพืช ทำให้ภายในผลมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง

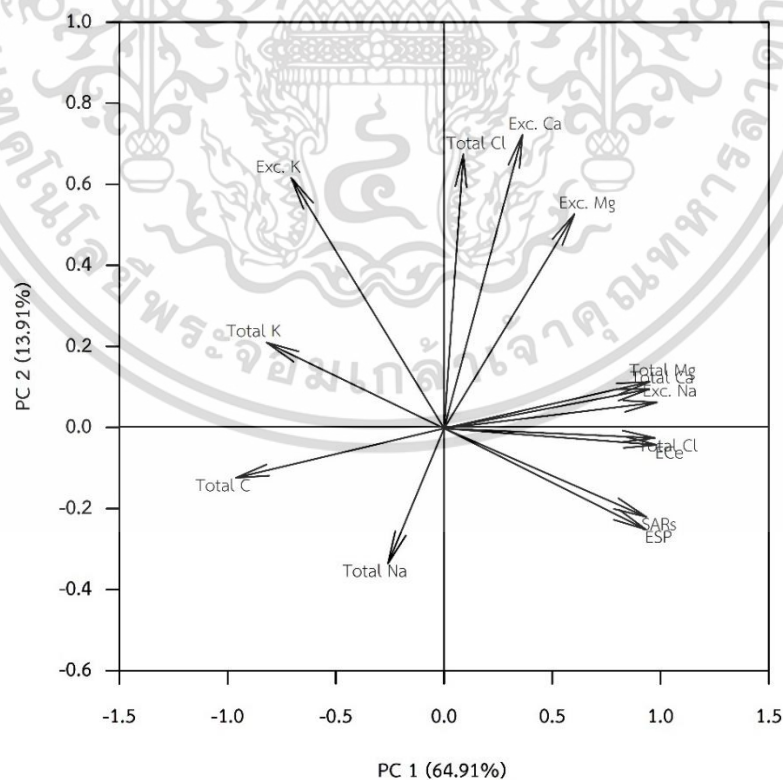


รูปที่ 4.33 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและการดูใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก รูปที่ 4.34 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 78.82 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 64.91 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 11 ตัวแปร ได้แก่ โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. K) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Mg) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Na) คลอไรด์ในดิน ( $Cl_s$ ) สภาพการนำไฟฟ้าในสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน ( $SAR_s$ ) ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) คาร์บอนทั้งหมด (total C) โปแทสเซียมทั้งหมด (total K) แคลเซียมทั้งหมด (total Ca) และแมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg) โดยที่โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คาร์บอน และโปแทสเซียมทั้งหมดในใบมะม่วงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นในองค์ประกอบที่ 1 (PC1) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 13.91 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Ca) โซเดียมทั้งหมด (total Na) และคลอไรด์ทั้งหมด (total Cl) (ตารางภาคผนวกที่ 10)

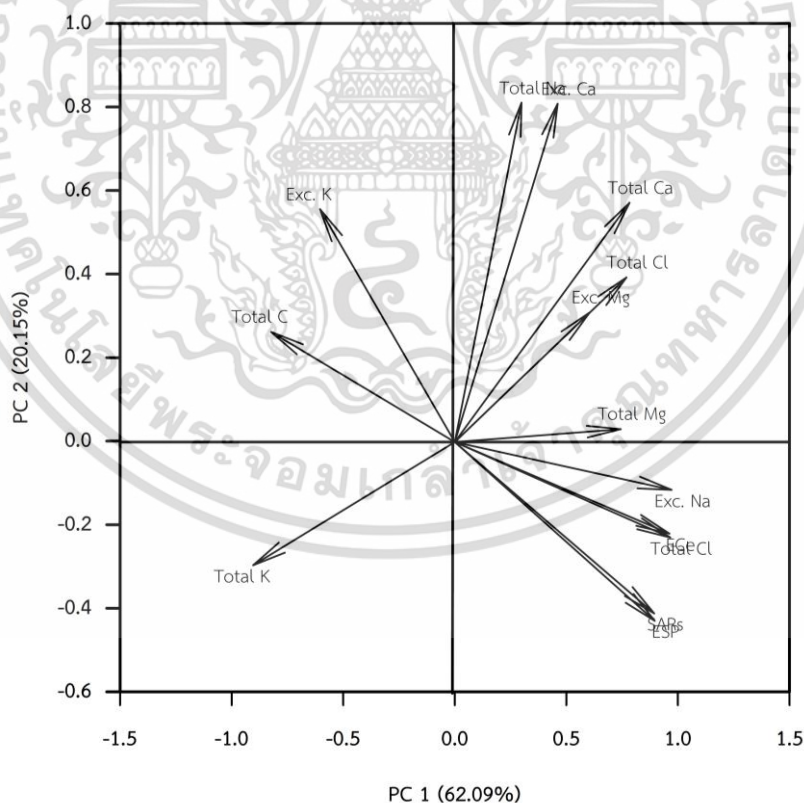


รูปที่ 4.34 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

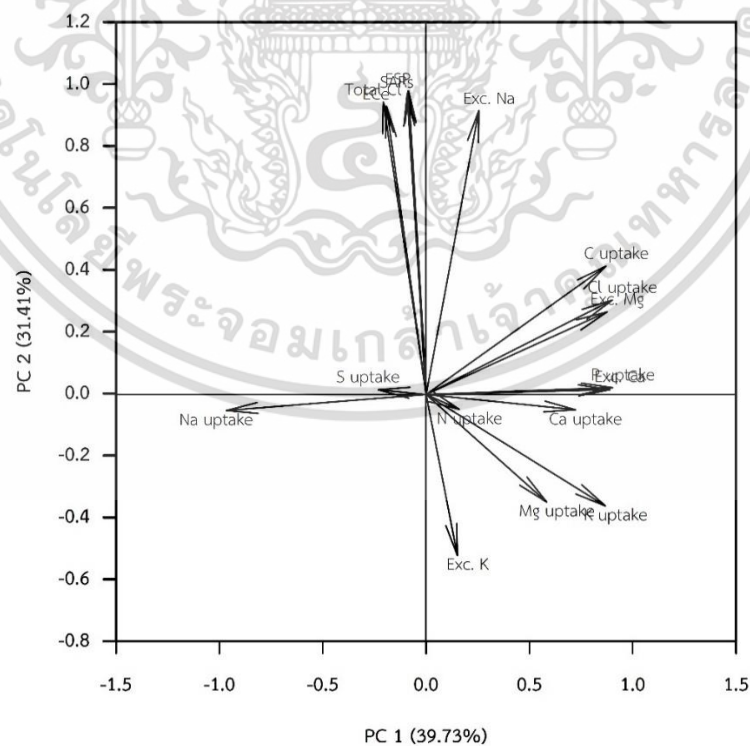
รูปที่ 4.35 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 พบว่าภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 82.24 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้มากที่สุดเท่ากับ 62.09 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 20.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 11) ตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบสอดคล้องกับการวิเคราะห์สมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงทั้งสองครั้ง แสดงให้เห็นว่าสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม ส่งผลเชิงลบต่อความเข้มข้นของคาร์บอน และโพแทสเซียมทั้งหมดในใบมะม่วง อาจเนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบของน้ำตาล ในขณะที่โพแทสเซียมมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายและน้ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) นอกจากนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับความเค็มต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียม และคาร์บอนทั้งหมดในใบมะม่วง



รูปที่ 4.35 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

รูปที่ 4.36 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 กับการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองภาพรวมขององค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ 71.14 เปอร์เซ็นต์ โดยองค์ประกอบที่ 1 (PC1) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้เท่ากับ 39.73 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 11 ตัวแปร ได้แก่ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Mg) การดูดใช้คาร์บอน (C uptake) การดูดใช้ในโตรเจน (N uptake) การดูดใช้ฟอสฟอรัส (P uptake) การดูดใช้โพแทสเซียม (K uptake) การดูดใช้แคลเซียม (Ca uptake) การดูดใช้แมกนีเซียม (Mg uptake) การดูดใช้กำมะถัน (S uptake) การดูดใช้คลอไรด์ (Cl uptake) และการดูดใช้โซเดียม (Na uptake) ซึ่งการดูดใช้กำมะถัน และโซเดียมมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นในองค์ประกอบที่ 1 (PC1) ในขณะที่องค์ประกอบที่ 2 (PC2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ 31.41 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. K) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Na) คลอไรด์ในดิน ( $Cl_5$ ) สภาพการนำไฟฟ้าในสถานะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน ( $SAR_5$ ) และปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) (ตารางภาคผนวกที่ 12) โดยพบว่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอื่นภายในองค์ประกอบที่ 2 (PC2) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง แสดงให้เห็นว่าการดูดใช้โซเดียมมีผลเชิงลบกับการดูดใช้ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์



รูปที่ 4.36 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างสมบัติดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 กับ

ความสามารถดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสรุปในภาพรวมได้ว่าสมบัติที่แสดงถึงความเค็มของดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้าในสถานะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของดิน ( $SAR_s$ ) ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (ESP) ธาตุประจุบวกในดิน ได้แก่ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Mg) และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exc. Na) รวมทั้งคลอไรด์ในดิน ( $Cl_s$ ) ความเค็มของน้ำ ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ( $EC_w$ ) อัตราการดูดซับโซเดียมของน้ำ ( $SAR_w$ ) เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP) และสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็ม (%F) ไอออนบวกของน้ำ ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K ion) แคลเซียมไอออน (Ca ion) แมกนีเซียมไอออน (Mg ion) และโซเดียมไอออน (Na ion) รวมทั้งคลอไรด์ไอออน (Cl ion) มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร และการสร้างคาร์โบไฮเดรตในผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยโซเดียมเป็นปฏิปักษ์ต่อความสัมพันธ์ของคาร์บอนและโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.1.1 อิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มต่อสมบัติดินในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการเก็บตัวอย่างดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งหมดเจ็ดสวน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร และเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 และ 60-100 เซนติเมตร สรุปได้ว่าสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินละเอียด ดินมีความเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลางอยู่ในพิสัย 3.5-6.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง และไนโตรเจนทั้งหมดในดินอยู่ในพิสัย 0.1-1.8 เปอร์เซ็นต์ กำมะถันทั้งหมดในดินอยู่ในพิสัย 0.04-0.29 เปอร์เซ็นต์ สภาพการนำไฟฟ้าในสถานะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นดินไม่เค็มถึงเค็มน้อย อยู่ในพิสัย 0.36-4.33 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก และคลอไรด์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และพบว่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า อัตราการดูดซับโซเดียม และปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งคลอไรด์ในดินของสวนที่ 1, 3 และ 5 มีค่าสูงกว่าสวนอื่น ดังนั้นสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับความเค็ม ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ใช้ในสวน และการจัดการธาตุอาหารในแต่ละสวน

#### 5.1.2 อิทธิพลการรุกรานน้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากข้อมูลการศึกษาตลอดระยะเวลาเจ็ดเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 สรุปได้ว่าคุณภาพน้ำในสวนขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ระยะเวลาห่างระหว่างสวนกับแม่น้ำบางปะกง แหล่งน้ำที่สวนใช้ และการจัดการดูแลสวน โดยเฉพาะช่วงเวลาสูบน้ำ หากสูบน้ำในช่วงที่แม่น้ำบางปะกงมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มสูง จะทำให้คุณภาพน้ำในสวนไม่เหมาะสมสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และหากน้ำในสวนมีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน อัตราการดูดซับโซเดียมและเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร พบในสวนที่ 1, 2, 4 และ 5 ในขณะที่สวนที่ 3 และ 7 มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 1.20 และ 1.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้สภาพการนำไฟฟ้า อัตราการดูดซับโซเดียม และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้เกินค่ามาตรฐานของน้ำใช้เพื่อการเกษตร สวนที่ 6 ใช้น้ำจากคลองชลประทาน มีสัดส่วนการรุกรานน้ำเค็มเท่ากับ 0.57 เปอร์เซ็นต์ สมบัติของน้ำที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้า ดังนั้นชาวสวนต้องมีการจัดการวางแผนการสูบน้ำเข้าสวนให้เหมาะสม ไม่ควรใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงในช่วงที่มีความเค็มเกินค่ามาตรฐาน เพื่อป้องกันการนำน้ำเค็มเข้าสวน ก่อให้เกิดการสะสมสารละลายเกลือในดิน อันตรายต่อการเจริญเติบโต

และลดผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง นอกจากนี้ควรมีระบบแจ้งเตือนคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนงัวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการเก็บตัวอย่างใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งหมด 7 สวน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 สรุปได้ว่าทุกสวนมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และโบรอนทั้งหมดในใบอยู่ในระดับที่เพียงพอ สังกะสีทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอ แมงกานีสทั้งหมดอยู่ในระดับสูง ในขณะที่แคลเซียม และทองแดงทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ การดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และพบว่า การดูดใช้โซเดียมเป็นปฏิปักษ์ต่อธาตุอาหารอื่นๆ โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม

### 5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน ความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ สมบัติดิน เข้มข้นธาตุอาหารไนโบและการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก สรุปได้ว่าทุกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำและดิน ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า อัตราการดูดซับโซเดียม ปริมาณร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ ไอออนประจุบวกในน้ำ และคลอไรด์ไอออน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและคาร์บอนทั้งหมดในใบมะม่วง โดยเฉพาะโซเดียมไอออนในน้ำ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้ธาตุอาหารประจุบวก

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การจัดการธาตุอาหารไนโบผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ปลูกในพื้นที่ที่ถุกน้ำเค็มรุกล้ำ จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เพิ่มสัดส่วนโพแทสเซียมต่อโซเดียม (K : Na) เพื่อให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองดูดใช้โพแทสเซียมได้มากขึ้น และควรให้ทางใบ

5.2.2 การจัดการน้ำไม่ควรใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงโดยตรงหากสัดส่วนการรุกล้ำของน้ำเค็มเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และมีการจัดหาแหล่งสำรองน้ำจัดไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง

5.2.3 ภาครัฐควรมีมาตรการในการป้องกันและแก้ไขการรุกล้ำของน้ำเค็ม

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2553. คู่มือวิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ. [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/publication/4209>.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2563. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2565. รายงานคุณภาพน้ำ. [Online]. Available: <https://www.rwater.mnre.go.th/front/main/WaterQuality>.
- กรมเจ้าท่า. 2564. รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำปราจีนบุรี แม่น้ำนครนายก แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำตราด แม่น้ำพังงา แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำระยอง. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม.
- กรมชลประทาน. 2558. รายงานคุณภาพน้ำชลประทาน ตามมาตรา 8 ประจำปีงบประมาณ 2558. [Online]. Available: <http://www.qwater.rid.go.th/report/file45/REPORTPHRAE2558.pdf>.
- กรมชลประทาน. 2564. รายงานสถานการณ์น้ำ. [Online]. Available: <https://www1.rid.go.th/index.php/th/>.
- กรมชลประทาน. 2565. การจัดการน้ำ เขื่อนขุนด่านปราการชล. [Online]. Available: <https://www.khundand.com/tour/watermanagement>.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2564. ข้อมูลชุดดิน (soil series). [Online]. Available: <https://dinonline.ldd.go.th/>.
- กรมวิชาการเกษตร. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2564. รายงานแนมโน้มสินค้ามะม่วงในตลาดจีน. [Online]. Available: <https://www.ditp.go.th/>.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563. รายงานประจำปี 2563 คุณภาพน้ำชลประทาน (มาตร 8). [Online]. Available: <http://www.qwater.rid.go.th/report/file63/exam63/PDF/WQREPORCHAOPHRAYADAM63.pdf>.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. ข้อมูลรายสินค้าของจังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ชนิดสินค้ามะม่วง. [Online]. Available: [https://www.opsmoac.go.th/cha\\_choengsao-dwl-files-441991791201](https://www.opsmoac.go.th/cha_choengsao-dwl-files-441991791201).
- กันทพงษ์ แก้วกมล, วิลาวรรณ เชื้อบุญ, อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์, ดุสิต อธิวัฒน์ และเบญญา เชิดหิรัญกร. 2563. “ผลของสภาวะความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินปลูกและการร่วงของใบทุเรียนพันธุ์ก้านยาว.” *Thai Journal of Science and Technology*. 9(1): 58-67.
- กุลศิริ อรุณภาคย์. 2548. “เขื่อนทดน้ำบางปะกง: ความล้มเหลวในการจัดการน้ำ.” *ดำรงวิชาการ* 4(2): 1-16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โกศล เคนทะ. 2564. “การศึกษาลักษณะและสมบัติดินบางประการในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการรุกรานน้ำทะเล กรณีศึกษาจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานี.” กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จันทร์จิรา ดวงจันทร์ และศิริพรรณ บรรหาร. 2559. “ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ปริมาณโพสเฟอรัส และกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทสใน ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill).” **วารสารวิทยาศาสตร์คชสาลัน**. 38(2): 36-49.
- จำเริญ อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2565. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จำเริญ อ่อนทอง. 2563. **การวิเคราะห์ดินและพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา: โรงพิมพ์ดิจิตอลคณะวิทยาศาสตร์.
- ญาณธิดา จิตต์สะอาด, จีรรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์, สุภา โพธิจันทร์, เจนจิรา เทเวศร์วรกุล, พงมาลย์ แก้ววิมล และจิตติรัตน์ ชูชาติ. 2558. “การศึกษาสถานภาพของคุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำบาดาล เพื่อใช้ในเชิงเกษตรกรรมบริเวณเขตภาคกลาง” กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.
- ทักษิณี อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธมลวรรณ คงไชย, ณัฐพล จิตมาตย์, เสาวนุช ถาวรพฤษ, ดาวจรส เกตุโรจน์, สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์ และ กิตติพงศ์ ทรงรักษ์เกียรติ. 2563. “ผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อสมบัติทางเคมีของดินตามแนววางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ.” **วารสารเกษตร** 36(2): 197-209.
- ธรรมบุญ รัศมีมาสเมือง, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์, สัจจะ เสถบุตร และชาญยุทธ กาฬกาญจน์. 2565. “การศึกษาภาคสนามลักษณะรูปแบบของการรุกรานน้ำเค็มเข้าสู่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.” **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**. 33(2): 9-24.
- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. **สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิคม ละอองศิริวงศ์. 2562. **คู่มือการวิเคราะห์น้ำ เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตรวจรับรองมาตรฐานฟาร์ม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: วนิดาการพิมพ์.
- นุชจรินทร์ เนียมจ่านงค์, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, วิภาวรรณ ท้ายเมือง และเกียรติศักดิ์ สนศรี. 2565. “ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินและน้ำบางประการที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนในพื้นที่ปลูกผักและไม้ผลในจังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 40(2): 94-104.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประพันธ์ ชานนท์ และปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2560. **มะม่วงสุดยอดไม้ผลทำเงินตลอดกาล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัทแม่บ้านจำกัด.
- มนตรี ผลสินธ์, ปิยากร คำคุ้ม, มนัสชยา เนื่องจ้อย, เพ็ญรติ จันทร์ภิวฒน์. 2565. “ผลกระทบการรुक้ำน้ำเค็มต่อพื้นที่เกษตรกรรม.” **วารสารสิ่งแวดล้อม**. 26(2): 1-9.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2556. “ธาตุอาหารพืช.” หน้า 105-168. ใน **ดิน น้ำ และพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2559. “ความเคียดของพืช และการบรรเทาความเคียด.” **วารสารดินและปุ๋ย**. 38(1-4): 47-78.
- รอยล จิตรดอน. 2559. สถานการณ์การรुक้ำของน้ำเค็มในประเทศไทย: อดีต ปัจจุบัน และอนาคต. ใน **การประชุมวิชาการประจำปี สวทช ครั้งที่ 12**. ปทุมธานี: อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ศิริรัตน์ สังขรักษ์, พชชาพันธ์ รัตนพันธ์, อาทิตย์ เพ็ชรรักษ์ และสุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ. 2563. “ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อทรัพยากรน้ำและการจัดการ.” **วารสารสิ่งแวดล้อม**. 24(1): 1-8.
- ศุภนาถ เห็นสว่าง และเพ็ญรติ จันทร์ภิวฒน์. 2564. “จับตาค่าความเค็มของแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำสายหลักของพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก.” **วารสารสิ่งแวดล้อม**. 25(2): 1-7.
- สมศรี อรุณินท์. 2542. “พืชทนเค็ม.” หน้า 269 -277. ใน **เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม**. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ. 2564. **รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำสายหลัก 2564**. [Online]. Available: <https://www.รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำสายหลัก-5-8-กรกฎาคม-2564.pdf> (md.go.th).
- สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. 2564. **เอกสารประกอบการประชุมฝ่งน้ำ ครั้งที่ 2 โครงการจัดทำน้ำฝ่งลุ่มน้ำบางปะกง**. [Online]. Available: <https://www.waterchartbangpakong.onwr.go.th/>.
- สุมาลี ชุกำแพง. 2555. “พืชในสภาวะเคียดเกลือ Plant Salt Stress.” **วารสารพฤกษศาสตร์ไทย**. 4(1): 15-24.
- หฤชฎี ภัทรดิลก. 2556. “สมบัติของดิน.” หน้า 57-104. ใน **ดิน น้ำ และพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อรุณี ยูวะนิยม. 2546. **การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม**. เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- อัจฉรา จิตตลดากร. 2556. “คุณภาพน้ำกับการผลิตพืช.” หน้า 130-202. ใน **ดิน น้ำ และพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Abou Zakhem, B., and Hafez, R. 2007. “Environmental isotope study of seawater intrusion in the coastal aquifer (Syria).” **Environmental Geology**. 51: 1329-1339.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ahmad, I., Bibi, F., Ullah, H., and Munir, T. M. 2018. "Mango fruit yield and critical quality parameters respond to foliar and soil applications of zinc and boron." **Plants**. 7(4): 97-108.
- Allison, L.E., Bernstein, L., Bower, C. A., Brown, J. W., Fireman, M., Hatcher, J. T., Hayward, H. E., Payward, G.A., Reeve, R. C., Richards, L. A. and Wilcox, L. V. 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil**. Washington: Government Printing.
- Anand, M.R., Kumar, H.D., Kommireddy, P. and Kalyana K.N. 2019. "Secondary and Micronutrient Management Practices in Organic Farming." **Current Agriculture Research Journal**. 7(1): 4-18.
- Arslan, H., and Demir, Y. 2013. "Impacts of seawater intrusion on soil salinity and alkalinity in Bafra Plain, Turkey." **Environmental Monitoring and Assessment**. 185(2): 1027-1040.
- Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1994. **Water quality for agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. 2015. **Handbook of Plant Nutrition**. CRC Press, Boca Raton.
- Becker, M., Meyssignac, B., Letetrel, C., Llovel, W., Cazenave, A., and Delcroix, T. 2012. "Sea level variations at tropical Pacific islands since 1950." **Global and Planetary Change**. 80: 85-98.
- Bernstein, L. 1975. "Effects of salinity and sodicity on plant growth." **Annual Review of Phytopathology**. 13(1): 295-312.
- Bray, R. H. and Kurtz, L.T. 1945. "Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil." **Soil Science**. 59(1): 39-46.
- Bryson, G.M. and Mills, H.A. 2015. **Plant analysis handbook IV A guide to plant nutrition and Interpretation of plant analysis for agronomic and horticultural crops**. Micro-Macro Publishing: Inc.
- Carillo, P., Annunziata, M. G., Pontecorvo, G., Fuggi, A., and Woodrow, P. 2011. "Salinity stress and salt tolerance." **Abiotic Stress in Plants-Mechanisms and Adaptations**. 1: 21-38.
- Cassaniti, C., Romano, D., Hop, M. E. C. M., and Flowers, T. J. 2013. "Growing floricultural crops with brackish water." **Environmental and Experimental Botany**. 92: 165-175.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chae, G. T., Yun, S. T., Yun, S. M., Kim, K. H., and So, C. S. 2012. "Seawater freshwater mixing and resulting calcite dissolution: an example from a coastal alluvial aquifer in eastern South Korea." **Hydrological Sciences Journal**. 57(8): 1672-1683.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961. **Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters**. Los Angeles: University of California.
- Choudhary, O. P., Grattan, S. R., and Minhas, P. S. 2011. "Sustainable crop production using saline and sodic irrigation waters." **Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilization**. 293-318.
- Dayal, V., Dubey, A. K., Awasthi, O. P., Pandey, R., and Dahuja, A. 2014. "Growth, lipid peroxidation, antioxidant enzymes and nutrient accumulation in Amrapali mango (*Mangifera indica* L.) grafted on different rootstocks under NaCl stress." **Plant Knowledge Journal**. 3(1): 15-22.
- Estefan, G., Sommer, R., and Ryan, J. 2013. **Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: a Manual for The West Asia and North Africa Region**. Lebanon: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- FAO. 2006. **Guidelines for Soil Description**. Rome: Management Service.
- FAO. 2021. **Standard Operating Procedure for Soil pH Determination**. Rome.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. "Particle-size analysis." 383-411. In Klute, A. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods**. Madison: Wisconsin.
- Geilfus, C. M. 2019. "Chloride in soil: From nutrient to soil pollutant." **Environmental and Experimental Botany**. 157: 299-309.
- Gentili, R., Ambrosini, R., Montagnani, C., Caronni, S. and Citterio, S., 2018. "Effect of soil pH on the growth, reproductive investment and pollen allergenicity of *Ambrosia artemisiifolia* L." **Frontiers in Plant Science**. 9: 1335-1347.
- Goldberg, S., and Forster, H. S. 1990. "Flocculation of reference clays and arid-zone soil clays." **Soil Science Society of America Journal**. 54(3): 714-718.
- González-Alcaraz, M. N., Aránega, B., Conesa, H. M., Delgado, M. J., and Álvarez-Rogel, J. 2015. "Contribution of soil properties to the assessment of a seawater irrigation programme as a management strategy for abandoned solar saltworks." **Catena**. 126: 189-200.

- Gupta, B., and Huang, B. 2014. "Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization." **International Journal of Genomics**. 2014: 18.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., Rafii, M. Y., Islam, M. M., and Selamat, A. 2014. "The effect of salinity on growth, ion accumulation and yield of rice varieties." **Journal of Animal and Plant Sciences**. 24(3):874-885.
- Hniličková, H., Hnilička, F., Martinkova, J., and Kraus, K. 2017. "Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket." **Plant Soil and Environment**. 63(8): 362-367.
- Horneck, D.A., Ellsworth, J.W., Hopkins, B.G., Sullivan, D.M. and Stevens, R.G. 2007. **Managing Salt Affected Soils for Crop Production**. Washington: Oregon State University.
- Huang, W., Lin, M., Liao, J., Li, A., Tsewang, W., Chen, X., Sun, B., Liu, S. and Zheng, P. 2022. "Effects of Potassium Deficiency on the Growth of Tea (*Camelia sinensis*) and Strategies for Optimizing Potassium Levels in Soil: A Critical Review." **Horticulturae**. 8(7): 660.
- Humphreys, M. P., Artioli, Y. D. Bakker, C. E., Hartman, S. E., Leon, P., Wakelin, S., Walsham, P. and Williamson, P. 2022. Air-sea CO<sub>2</sub> exchange and ocean acidification in UK seas and adjacent waters. **Marine Climate Change Impacts Partnership**. 54-75.
- Isayenkov, S. V., and Maathuis, F. J. 2019. "Plant salinity stress: many unanswered questions remain." **Frontiers in Plant Science**. 10: 80.
- Johan, P. D., Ahmed, O. H., Omar, L., and Hasbullah, N. A. 2021. "Phosphorus transformation in soils following co-application of charcoal and wood ash." **Agronomy**. 11(10): 2010.
- Kotuby-Amacher, J., Koenig, R., and Kitchen, B. 2000. **Salinity and Plant Tolerance. Electronic Publication AG-SO-03**. Utah State University Extension: Logan.
- Kronzucker, H. J., Coskun, D., Schulze, L. M., Wong, J. R., and Britto, D. T. 2013. "Sodium as nutrient and toxicant." **Plant and Soil**. 369: 1-23.
- Kusmierz, S., Skowronska, M., Tkaczyk, P., Lipinski, W., and Mielniczuk, J. 2023. "Soil organic carbon and mineral nitrogen contents in soils as affected by their ph, texture and fertilization." **Agronomy**. 13(1): 267.
- LECO Corporation. 2016. "Operation." 1-56. in: **Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determinators Instruction Manual**. Europe: LECO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Li, Y., Gong, H., Li, S., and Zhang, Y. 2020. "Ecological stoichiometry homeostasis of six microelements in *Leymus chinensis* growing in soda saline-alkali soil." **Sustainability**. 12(10): 4226-4239.
- Libretexts, 2023. **Introductory Biology**. [Online]. Available: <https://www.bio.libretexts.org/@go/page/30161>.
- Lindsay, W. L., and Norvell, W. 1978. "Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper." **Soil Science Society of America Journal**. 42(3): 421-428.
- Lu, G. Y., and Wang, W. X. 2019. "Water analysis Seawater: Inorganic compounds for environmental analysis." **Encyclopedia of Analytical Science**. 10: 353-358.
- Luttge, U., Andrew, J. and Smith, C. 1984. "Structural, biophysical and biochemical aspects of the role of leaves in plant adaptation to salinity and water stress." 125-150. in Richard, C.S. and Toenniessen, G.H. (eds) **Salt Tolerance in Plant Strategies for Crop Improvement**. New York: John Wiley and Sons.
- Mackenzie, F.T. 2017. **Seawater**. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/seawater>.
- Mahouachi, J. 2018. "Long-term salt stress influence on vegetative growth and foliar nutrient changes in mango (*Mangifera indica* L.) seedlings." **Scientia Horticulturae**. 234: 95-100.
- Marion, G. M., Millero, F. J., Camões, M. F., Spitzer, P., Feistel, R., and Chen, C. T. 2011. "pH of seawater." **Marine Chemistry**. 126(4): 89-96.
- Mateo-Sagasta, J., and Burke, J. 2010. **State of Land and Water (SOLAW)**. Background report on water quality and agriculture interactions, a global overview.
- Mikkelsen, R. 2011. **Cation Exchange: A Review**. [Online]. Available: <https://www.INSIGHTS-NA-2011-11-ALL.pdf> (ipni.net).
- Miller, W. P., Newman, K. D., and Frenkel, H. 1990. "Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays." **Soil Science Society of America Journal**. 54(2): 346-351.
- Mondal, N. C., Singh, V. P., Singh, V. S., and Saxena, V. K. 2010. "Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry." **Journal of Hydrology**. 388(1-2): 100-111.
- Motsara, M.R., and Roy, R.N. 2008. **Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis**. Rome: Italy.
- Mousavi, A., Lessani, H., Babalar, M., Talaei, A. R., and Fallahi, E. 2008. "Influence of salinity on chlorophyll, leaf water potential, total soluble sugars, and mineral nutrients in two young olive cultivars." **Journal of Plant Nutrition**. 31(11):1906-1916.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Munns, R. 2002. "Comparative physiology of salt and water stress." **Plant Cell and Environment**. 25(2): 239-250.
- Munns, R., and Sharp, R. E. 1993. "Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soil of low water potential." **Functional Plant Biology**. 20(5): 425-437.
- National Aeronautics and Space Administration. 2022. **Data access viewer**. [Online]. Available: <https://www.power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Ogunfowokan, A. O., Obisanya, J. F., and Ogunkoya, O. O. 2013. "Salinity and sodium hazards of three streams of different agricultural land use systems in Ile-Ife, Nigeria." **Applied Water Science**. 3: 19-28.
- Omuto, C. T., Vargas, R. R., El Mobarak, A. M., Mohamed, N., Viatkin, K., and Yigini, Y. 2020. **Mapping of Salt Affected Soils: Technical Manual**. Rome: Italy.
- Phankamolsil, N., Sonsri, K., and Phankamolsil, Y. 2021. "Consequence of seawater intrusion on soil properties in agricultural areas of Nonthaburi Province, Thailand." **Applied Environmental Research**. 43(2): 77-97.
- Prajapati, G. S., Rai, P. K., Mishra, V. N., Singh, P., and Shahi, A. P. 2021. "Remote sensing-based assessment of waterlogging and soil salinity: a case study from Kerala, India." **Results in Geophysical Sciences**. 7: 100024.
- Reddy, Y. T. N., Kurian, R. M., Sujatha, N. T., and Srinivas, M. 2001. "Leaf and soil nutrient status of mango (*Mangifera indica* L.) grown in peninsular India and their relationship with yield." **Journal of Applied Horticulture**. 3: 78-81.
- Reid, R. J., and Smith, F. A. 2000. "The limits of sodium/calcium interactions in plant growth." **Functional Plant Biology**. 27(7): 709-715.
- Richards, L.A. 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil**. Agriculture Handbook No 60. U.S.A.: United States Department of Agriculture.
- Roy, S., and Chowdhury, N. 2020. "Salt stress in plants and amelioration strategies: A critical review." **Abiotic Stress in Plants**. 391-422.
- Salinity Management guide. 2007. **Learn About Salinity and Water Quality: Sodium Adsorption Ratio**. [Online]. Available: [https://www.watereuse.org/salinity-management/le/le\\_5.html](https://www.watereuse.org/salinity-management/le/le_5.html).
- Sani, M., Alhassan, I., Amin, M. A., Sani, S., and Musa, A. A. 2019. "Trends of soil organic matter and cation exchange capacity in Nigerian northern guinea savannah, in relation to the soil texture and depth." **Dutse Journal of Agriculture and Food Security**. 6(2): 100-108.

- Sarker, B. C., Hara, M., and Zaman, M. W. 2000. "Suitability assessment of natural water in relation to irrigation and soil properties." **Soil Science and Plant Nutrition**. 46(4): 773-786.
- Sarwade, D. V., Nandakumar, M. V., Kesari, M. P., Mondal, N. C., Singh, V. S., and Singh, B. 2007. "Evaluation of sea water ingress into an Indian atoll." **Environmental Geology**. 52: 1475-1483.
- Shabtai, I. A., Shenker, M., Edeto, W. L., Warburg, A., and Ben-Hur, M. 2014. "Effects of land use on structure and hydraulic properties of Vertisols containing a sodic horizon in northern Ethiopia." **Soil and Tillage Research**. 136: 19-27.
- Sharma, S. K., Joshi, Y. C., and Bal, A. R. 1984. "Osmotic and ionic effects in salt sensitive and resistant wheat varieties." **Indian Journal of Plant Physiology**. 27(2): 153-158.
- Shwe, K. K., Huaihongthong, S., and Yampracha, S. 2022. "Assessment of water quality variation for agriculture in Bang Pakong River of Thailand." **International Journal of Agricultural Technology**. 18(5): 2241-2254.
- Singh, A., and Sharma, P. C. 2018. "Recent insights into physiological and molecular regulation of salt stress in fruit crops. Adv." **Plants and Agriculture Research**. 8(2): 171-183.
- Somay, M. A., and Gemici, U. 2009. "Assessment of the salinization process at the coastal area with hydrogeochemical tools and geographical information systems (GIS): Selçuk plain, Izmir, Turkey." **Water, Air, and Soil Pollution**. 201: 55-74.
- Srivastav, M., Dubey, A. K., Pandey, R. N., and Desnmukh, P. 2011. "Effect of soil salinity on survival, growth and chlorophyll contents of 'Kurukkan' mango (*Mangifera indica*)." **Indian Journal of Agricultural Science**. 77(10): 685-688.
- Syed, A., Sarwar, G., Shah, S. H., and Muhammad, S. 2021. "Soil salinity research in 21<sup>st</sup> century in Pakistan: its impact on availability of plant nutrients, growth and yield of crops." **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 52(3): 183-200.
- Tanji, K. K., and Kielen, N. C. 2002. "Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas." **FAO**.
- Tattini, M., Gucci, R., Romani, A., Baldi, A., and Everard, J. D. 1996. "Changes in non-structural carbohydrates in olive (*Olea europaea*) leaves during root zone salinity stress." **Physiologia Plantarum**. 98(1): 117-124.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Vieccelli, J. C., Pérez, C. E. A., Dias, C. S., Siqueira, D. L., and de Ávila Rodrigues, F. 2018. "Photosynthetic response of two mango cultivars submitted to salt stress and infected with *Ceratocystis fimbriata*." *Scientia Agraria*. 19(1): 20-27.
- Vos, A., Bruning, B., van Straten, G., Oosterbaan, R., Rozema, J., and van Bodegom, P. 2016. "Crop Salt Tolerance Under Controlled Field Conditions in The Netherlands, Based on Trials Conducted at Salt Farm Texel." Netherlands: Salt Farm Texel.
- Wakeel, A. 2013. "Potassium sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 176(3): 344-354.
- Walkley, A., and Black, I. A. 1934. "An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method." *Soil Science*. 37(1): 29-38.
- Wang, L., Xu, J. Y., Jia, W., Chen, Z., and Xu, Z. C. 2020. "Chloride salinity in a chloride-sensitive plant: Focusing on photosynthesis, hormone synthesis and transduction in tobacco." *Plant Physiology and Biochemistry*. 153: 119-130.
- Zaman, M., Shahid, S. A., and Heng, L. 2018. *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer Nature.
- Zrig, A., Mohamed, H. B., Tounekti, T., Khemira, H., Serrano, M., Valero, D., and Vadel, A. M. 2016. "Effect of rootstock on salinity tolerance of sweet almond (cv. Mazzetto)." *South African Journal of Botany*. 102: 50-59.



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และคุณภาพน้ำที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Parameter	Exc. K	Exc. Ca	Exc. Mg	Exc. Na	Total Cl	EC <sub>e</sub>	SAR <sub>s</sub>	ESP	K ion	Ca ion	Mg ion	Na ion	Cl ion	EC <sub>w</sub>	SAR <sub>w</sub>	SSP
Exc. K	1															
Exc. Ca	0.23	1														
Exc. Mg	-0.24	0.54	1													
Exc. Na	-0.65	0.36	0.60	1												
Total Cl	-0.65	0.26	0.55	0.96**	1											
EC <sub>e</sub>	-0.69	0.30	0.55	0.99**	0.98**	1										
SAR <sub>s</sub>	-0.75*	0.12	0.41	0.95**	0.95**	0.98**	1									
ESP	-0.76*	0.08	0.36	0.93**	0.96**	0.97**	0.99**	1								
K ion	0.67	-0.34	-0.64	-0.59	-0.57	-0.63	-0.59	-0.54	1							
Ca ion	0.00	0.04	0.05	-0.06	-0.12	0.01	0.07	-0.03	-0.40	1						
Mg ion	-0.34	0.05	0.23	0.28	0.21	0.34	0.41	0.31	-0.64	0.93**	1					
Na ion	-0.64	0.52	0.54	0.89**	0.81*	0.89**	0.84*	0.80*	-0.79*	0.22	0.51	1				
Cl ion	-0.62	0.43	0.49	0.92**	0.95**	0.93**	0.88**	0.89**	-0.62	-0.18	0.13	0.86**	1			
EC <sub>w</sub>	-0.57	0.27	0.40	0.60	0.55	0.66	0.68	0.60	-0.85*	0.71	0.90**	0.82*	0.53	1		
SAR <sub>w</sub>	-0.55	0.51	0.37	0.81*	0.75*	0.77*	0.68	0.71	-0.43	-0.40	-0.10	0.79*	0.87**	0.31	1	
SSP	-0.18	0.24	0.08	0.37	0.38	0.30	0.21	0.30	0.15	-0.91**	-0.74*	0.18	0.50	-0.40	0.74*	1

\*, \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และคุณภาพน้ำที่เก็บในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

Parameter	Exc. K	Exc. Ca	Exc. Mg	Exc. Na	Total Cl	EC <sub>e</sub>	SAR <sub>s</sub>	ESP	K ion	Ca ion	Mg ion	Na ion	Cl ion	EC <sub>w</sub>	SAR <sub>w</sub>	SSP	%F
Exc. K	1																
Exc. Ca	0.23	1															
Exc. Mg	-0.24	0.54	1														
Exc. Na	-0.65	0.36	0.60	1													
Total Cl	-0.65	0.26	0.55	0.96**	1												
EC <sub>e</sub>	-0.69	0.30	0.55	0.99**	0.98**	1											
SAR <sub>s</sub>	-0.75	0.12	0.41	0.95**	0.95**	0.98**	1										
ESP	-0.76*	0.08	0.36	0.93**	0.96**	0.97**	0.99**	1									
K ion	-0.28	0.58	0.67	0.72	0.55	0.62	0.48	0.46	1								
Ca ion	0.09	0.48	0.36	0.29	0.16	0.29	0.26	0.15	0.31	1							
Mg ion	-0.14	0.59	0.66	0.64	0.46	0.53	0.40	0.36	0.98**	0.43	1						
Na ion	-0.24	0.65	0.65	0.74*	0.58	0.63	0.49	0.47	0.99**	0.29	0.96**	1					
Cl ion	-0.23	0.65	0.66	0.75*	0.61	0.65	0.51	0.49	0.98**	0.25	0.95**	1.00**	1				
EC <sub>w</sub>	-0.24	0.65	0.66	0.75*	0.59	0.65	0.51	0.48	0.99**	0.33	0.97**	1.00**	0.99**	1			
SAR <sub>w</sub>	-0.28	0.61	0.57	0.74*	0.61	0.64	0.50	0.50	0.95**	0.11	0.90**	0.98**	0.99**	0.97**	1		
SSP	-0.29	0.34	0.28	0.53	0.53	0.46	0.35	0.42	0.61	-0.46	0.48	0.67	0.71	0.64	0.80*	1	
%F	-0.23	0.65	0.66	0.75*	0.61	0.65	0.51	0.49	0.98**	0.25	0.95**	1.00**	1.00**	0.99**	0.99**	0.71	1

\*, \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมบัติดินที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 และความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Parameter	K ion	Ca ion	Mg ion	Na ion	Cl ion	EC <sub>w</sub>	SAR <sub>w</sub>	SSP	Total C	Total K	Total Ca	Total Mg	Total Na	Total Cl
K ion	1													
Ca ion	-0.4	1												
Mg ion	-0.64	0.93**	1											
Na ion	-0.79*	0.22	0.51	1										
Cl ion	-0.62	-0.18	0.13	0.86**	1									
EC <sub>w</sub>	-0.85*	0.71	0.90**	0.82*	0.53	1								
SAR <sub>w</sub>	-0.43	-0.40	-0.10	0.79*	0.87**	0.31	1							
SSP	0.15	-0.91**	-0.74*	0.18	0.50	-0.4	0.74*	1						
Total C	0.52	0.33	0.01	-0.83*	-0.96**	-0.4	-0.94**	-0.64	1					
Total K	0.57	0.33	0.05	-0.70	-0.93**	-0.37	-0.83*	-0.59	0.86**	1				
Total Ca	-0.58	-0.26	0.07	0.88**	0.93**	0.47	0.96**	0.60	-0.98**	-0.82*	1			
Total Mg	-0.69	-0.20	0.13	0.88**	0.90**	0.51	0.90**	0.51	-0.95**	-0.80*	0.98**	1		
Total Na	0.31	-0.27	-0.41	-0.33	-0.33	-0.40	-0.02	0.24	0.33	0.03	-0.26	-0.35	1	
Total Cl	0.57	-0.62	-0.63	0.12	0.07	-0.55	0.28	0.61	-0.28	0.07	0.22	0.13	-0.16	1

\*, \*\* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

Variance	PC1	PC2
C uptake	0.876	0.238
N uptake	0.073	0.781
P uptake	0.930	0.017
K uptake	0.888	-0.242
Ca uptake	0.762	-0.619
Mg uptake	0.576	0.438
S uptake	-0.288	0.849
Na uptake	-0.936	-0.296
Cl uptake	0.881	0.137
Proportion (%)	56.36	23.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Variance	PC1	PC2
Exc. K	-0.737	0.041
Exc. Ca	0.369	0.092
Exc. Mg	0.588	-0.054
Exc. Na	0.965	0.149
Total Cl	0.943	0.188
EC <sub>e</sub>	0.980	0.077
SAR <sub>s</sub>	0.946	0.000
ESP	0.925	0.099
K ion	-0.759	0.413
Ca ion	0.074	-0.978
Mg ion	0.414	-0.902
Na ion	0.952	-0.116
Cl ion	0.934	0.266
EC <sub>w</sub>	0.743	-0.651
SAR <sub>w</sub>	0.793	0.497
SSP	0.263	0.950
Proportion (%)	58.36	23.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับสมบัติดินสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565

Variance	PC1	PC2
Exc. K	-0.190	0.485
Exc. Ca	0.331	0.646
Exc. Mg	0.616	0.584
Exc. Na	0.965	-0.179
Total Cl	0.614	-0.752
EC <sub>e</sub>	0.634	-0.701
SAR <sub>s</sub>	0.829	-0.521
ESP	0.807	-0.540
K ion	0.936	0.264
Ca ion	0.214	0.546
Mg ion	0.871	0.413
Na ion	0.965	0.237
Cl ion	0.970	0.209
EC <sub>w</sub>	0.960	0.256
SAR <sub>w</sub>	0.977	0.092
SSP	0.750	-0.305
%F	0.970	0.208
<b>Proportion (%)</b>	<b>61.82</b>	<b>20.55</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Variance	PC1	PC2
K ion	-0.690	0.609
Ca ion	-0.161	-0.954
Mg ion	0.170	-0.965
Na ion	0.918	-0.330
Cl ion	0.967	0.021
EC <sub>w</sub>	0.573	-0.807
SAR <sub>w</sub>	0.928	0.300
SSP	0.508	0.857
Total C	-0.968	-0.189
Total K	-0.884	-0.149
Total Ca	0.979	-0.121
Total Mg	0.975	0.018
Total Na	-0.049	0.467
Total Cl	0.051	0.738
Proportion (%)	52.76	33.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

Variance	PC1	PC2
K ion	0.942	0.270
Ca ion	0.180	0.733
Mg ion	0.885	0.418
Na ion	0.977	0.194
Cl ion	0.987	0.125
EC <sub>w</sub>	0.969	0.226
SAR <sub>w</sub>	0.990	0.022
SSP	0.779	-0.517
%F	0.987	0.124
Total C	-0.487	0.746
Total K	-0.812	0.350
Total Ca	0.914	-0.156
Total Mg	0.514	-0.664
Total Na	0.734	-0.038
Total Cl	0.913	0.143
Proportion (%)	69.99	15.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 กับการดูใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

Variance	PC1	PC2
K ion	0.923	0.317
Ca ion	0.244	-0.267
Mg ion	0.909	0.251
Na ion	0.952	0.245
Cl ion	0.962	0.234
EC <sub>w</sub>	0.947	0.242
SAR <sub>w</sub>	0.934	0.285
SSP	0.673	0.293
%F	0.962	0.234
C uptake	0.762	-0.512
N uptake	-0.037	-0.372
P uptake	0.666	-0.598
K uptake	0.527	-0.607
Ca uptake	0.733	-0.129
Mg uptake	0.026	-0.895
S uptake	-0.527	-0.42
Na uptake	-0.696	0.693
Cl uptake	0.841	-0.428
<b>Proportion (%)</b>	<b>55.71</b>	<b>18.98</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

Variance	PC1	PC2
Exc. K	-0.707	0.617
Exc. Ca	0.362	0.723
Exc. Mg	0.602	0.528
Exc. Na	0.983	0.064
Total Cl	0.974	-0.024
EC <sub>e</sub>	0.982	-0.041
SAR <sub>s</sub>	0.934	-0.218
ESP	0.932	-0.249
Total C	-0.961	-0.122
Total K	-0.82	0.212
Total Ca	0.948	0.097
Total Mg	0.95	0.115
Total Na	-0.259	-0.333
Total Cl	0.089	0.676
Proportion (%)	64.91	13.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

Variance	PC1	PC2
Exc. K	-0.604	0.557
Exc. Ca	0.461	0.809
Exc. Mg	0.605	0.31
Exc. Na	0.972	-0.114
Total Cl	0.965	-0.228
EC <sub>e</sub>	0.962	-0.219
SAR <sub>s</sub>	0.894	-0.409
ESP	0.896	-0.427
Total C	-0.824	0.263
Total K	-0.904	-0.294
Total Ca	0.783	0.572
Total Mg	0.744	0.031
Total Na	0.299	0.811
Total Cl	0.769	0.394
Proportion (%)	62.09	20.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (component loadings) ของความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2565 กับความสามารถดูดใช้ธาตุอาหารในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

Variance	PC1	PC2
Exc. K	0.151	-0.519
Exc. Ca	0.889	0.015
Exc. Mg	0.876	0.267
Exc. Na	0.256	0.915
Total Cl	-0.207	0.943
EC <sub>e</sub>	-0.192	0.929
SAR <sub>s</sub>	-0.092	0.967
ESP	-0.087	0.977
C uptake	0.871	0.414
N uptake	0.161	-0.048
P uptake	0.903	0.022
K uptake	0.867	-0.359
Ca uptake	0.723	-0.050
Mg uptake	0.583	-0.347
S uptake	-0.231	0.015
Na uptake	-0.966	-0.052
Cl uptake	0.901	0.305
<b>Proportion (%)</b>	<b>39.73</b>	<b>31.41</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 1 สภาพสวนมะม่วงที่ 1



รูปภาคผนวกที่ 2 สภาพสวนมะม่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 3 สภาพสวนมะม่วงที่ 3



รูปภาคผนวกที่ 4 สภาพสวนมะม่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 5 สภาพสวนมะม่วงที่ 5



รูปภาคผนวกที่ 6 สภาพสวนมะม่วงที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 7 สภาพสวนมะม่วงที่ 7



รูปภาคผนวกที่ 8 แสดงอาการใบไหม้ของใบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของสวนที่ 1 (a) และสวนที่ 5 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล**                      ทนาย ห้วยหงษ์ทอง
- วัน เดือน ปีเกิด**                30 สิงหาคม พ.ศ. 2540
- ที่อยู่ปัจจุบัน**                   บ้านเลขที่ 68 ม.10 ต.หนองรี อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี 71220
- ประวัติการศึกษา**                (2563) วิชาเอกปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช (เกียรตินิยมอันดับ 1)  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง
- ทุนการศึกษาที่ได้รับ**        ทุนยกเว้นค่าหน่วยกิต  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง
- ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย**
- Huaihongthong, S., Yampracha, S., and Anuwong, A. 2022. Effects of nitrogen and potassium fertilizer rates on growth and yield of viola (*Viola cornuta* L.). in the 60<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University (Abstract)
- Shwe, K. K., Huaihongthong, S., and Yampracha, S. 2022. Assessment of water quality variation for agriculture in Bang Pakong River of Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*. 18(5): 2241-2254.
- ทนาย ห้วยหงษ์ทอง, สุกัญญา แยมประชา. 2566. อิทธิพลการรुक้าค้ำเค็มต่อคุณภาพน้ำในสวนมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทอง. *วารสารเกษตร*. 39(3): 2566 (In press)
- จวรรณชนก ปรีสงค์, อารดา บุญอาจ, นันทนัช ชาวพะเยาว์, ทนาย ห้วยหงษ์ทอง และสุกัญญา แยมประชา. 2566. การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์และการทำงานายปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินพื้นที่ลุ่ม (lowland) และพื้นที่ดอน (upland). *วารสารเกษตร*. 39(3): 2566 (In press)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้