พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และหาค่าคงที่เพื่อประเมินความเค็มของน้ำทางการเกษตร

Development and Method Validation of Total Dissolve Solid and Constance factor (K) to determine the Salinity of Agricultural Water

จิตติรัตน์ ชูชาติ *สงกรานต์ มะลิสอน* *พจมาลย์ ภู่สาร* *ญาณธิชา จิตต์สะอาด*
สุภา โพธิจันทร์ *กัณฐณา คล้ายแก้ว*

Jittirat Choochat *Songkrant Malisorn* *Pojjamarn Poosarn* *Yarnticha Jittsa-aad*
Supha Photichan *Kanthana Klaigaew*

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Development and method validation of total dissolve solid in agricultural water found that analysis methods was also validated consisting 30-7,230 mg/l, the Limit of Detection (LOD) was 16.45 mg/l and Limit of Quantitation (LOQ) was 30.0 mg/l. The CRM analysis to prove concentrations (47, 692, 7230 mg/l) %Recovery were 98.48, 95.48 and 99.5 respectively. HorRat (r) were 0.27, 0.36 and 0.42 respectively. The results of analysis showed that the (AOAC) acceptance criteria (%Recovery in the range from 80 –110% and HorRat (r) <1.3). Therefore, this method is effective and suitable for use in the analysis of boron in soil. That is routine work and needs fast, accurate analysis results.

The water samples were taken 344 samples. Water quality parameters, which obtained pH, EC, TDS, Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^- and SO_4^{2-}. The results considered, the pH values ranged from 3.9 – 8.4. The EC values of the water samples varied from 30 – 30,900 µS/cm at 25 °C. TDS values varied from 13-21,758 mg/l. Calcium (Ca^{2+}) varied from 0.05 – 17.77 me/l. Magnesium (Mg^{2+}) varied from 0.03 – 66.88 me/l. Sodium (Na^+) varied from 0.00 - 256.55 me/l. Potassium (K^+) varied from 0.01 – 8.29 me/l. Carbonate (CO_3^{2-}) varied from 0.00 – 6.00 me/l. Bicarbonate (HCO_3^-) varied from 0.00 – 7.70 me/l. Chloride (Cl^-) varied from 0.00 – 306.60 me/l. Sulphate (SO_4^{2-}) varied from 0.00 – 34.47 me/l. These results make research in revealing TDS/EC ratios interesting to do. By finding the ratio value, TDS concentration can be measured from EC, which are used to describe salinity level. These two parameters are correlated and usually expressed by a simple equation : TDS = K x EC. The process of obtaining TDS = 0.60 x EC, can be written as Ratio TDS/EC (K) = 0.60 (R^2 = 0.99). Indicates that the correlation of both parameters is strongly influenced by the EC values. Even so, all the findings are in agreement with the conclusion in which the obtained variation of TDS/EC ratio for natural water, Irrigation water and water slightly affected by seawater can be. The type of water is generally sodium, calcium, magnesium type or calcium, sodium, chloride and sulfate. In line with this, it has been found that the most correlated major ions, especially to TDS are Na, K, Mg, Cl^- and SO_4^2.

Keywords : Method validation, Total Dissolve Solid, Constance factor: TDS/EC Ratio (K)

บทคัดย่อ

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยมีขอบข่ายของวิธีวิเคราะห์อยู่ในช่วง 30 – 7,230 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดยมีค่า Limit of Detection (LOD) เท่ากับ 16.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Limit of Quantitation (LOQ) เท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการวิเคราะห์ CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง มาคำนวณ %Recovery เพื่อความถูกต้อง (Trueness) และค่า HorRat (r) เพื่อพิสูจน์ความเที่ยง ได้ผลการทดลองดังนี้ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และระดับความเข้มข้นสูง มี % Recovery เท่ากับ 98.48, 95.48 และ 99.51 ตามลำดับ ค่า HorRat (Horwitz'Ratio) ของการวิเคราะห์ซ้ำแบบต่างเวลากัน (Intermediate) เท่ากับ 0.27, 0.42 และ 0.36 ตามลำดับ ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม AOAC ทั้งหมด โดย %Recovery อยู่ในช่วง 80 – 110 และ HorRat (r) <1.3 ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในน้ำ จึงมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการตรวจ ที่ทำเป็นงานประจำและต้องการผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ

นำวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) มาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทางการเกษตร จำนวน 344 ตัวอย่าง พร้อมทั้งวิเคราะห์ pH, EC, TDS, Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^- และ SO_4^{2-} พบว่า ตัวอย่างน้ำทางการเกษตร มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 3.9 – 8.4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าตั้งแต่ 30 – 30,900 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) มีค่าตั้งแต่ 13-21,758 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแคลเซียม (Ca) มีค่าตั้งแต่ 0.05 – 17.77 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) มีค่าตั้งแต่ 0.03 – 66.88 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโซเดียม (Na) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 256.55 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียม (K) มีค่าตั้งแต่ 0.01 – 8.29 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 6.00 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 7.70 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 306.60 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร และมีปริมาณเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 34.47 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ตามลำดับ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า และประมาณค่าคงที่ K หรือค่า Ratio TDS/EC (K) ของน้ำทางการเกษตรคือ 0.60 (R^2 = 0.99) หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ เท่ากับ TDS = 0.60 x EC และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดตัวอย่างน้ำทางการเกษตรของประเทศไทย มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า และเกลือที่ละลายน้ำได้ในรูปของ Na^+, K^+ Mg^{2+}, Cl^-, และ SO_4^{2-} ซึ่งทำให้สามารถคำนวณ ค่าคงที่ Ratio TDS/EC (K) = 0.60 (R^2 = 0.99) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของน้ำธรรมชาติทั่วไป น้ำชลประทาน และน้ำที่ได้รับผลกระทบเล็กน้อยจากน้ำทะเล มาใช้ในทางการเกษตร

คำสำคัญ: การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และหาค่าคงที่ประเมินความเค็ม

คำนำ

การวิเคราะห์ความเค็มของน้ำ สามารถทำได้โดยการวัดปริมาณผลรวมของความเข้มข้นของไอออนทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total dissolve ions) ซึ่งไม่ใช่แต่เฉพาะไอออนของโซเดียมคลอไรด์เท่านั้น แต่หมายรวมถึงไอออนอื่นๆ ที่ละลายน้ำได้ โดยแสดงผลออกมาเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าหากในน้ำปริมาณของไอออนละลายสูงจะแสดงผลเป็นกรัมต่อลิตร ความเค็มของน้ำที่มีค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่สถานที่ โดยมีข้อกำหนดค่าความเค็มของน้ำ สำหรับการเพาะปลูกทางการเกษตร ไม่มากกว่า 2 กรัมต่อลิตร Scanlon *et al*. (2007) ได้ศึกษาความเค็มของแหล่งน้ำทางการเกษตร พบว่าเกิดจากเกลือที่ปนอยู่ในน้ำ หรือมาจากน้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ตื้นใกล้ผิวดิน ทำให้เกิดเกลือสะสมในดินบริเวณรากพืช เมื่อมีปริมาณมากขึ้นทำให้พืชไม่สามารถดึงน้ำจากดินได้ตามปกติ เมื่อน้ำที่จะนำไปใช้ได้ลดลง พืชก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง มีอาการคล้ายพืชขาดน้ำ เช่น เหี่ยว และแห้งตายในที่สุด ปัญหาดินเค็มเกิดขึ้นเมื่อเกลือที่ละลายน้ำได้และเคลื่อนย้ายไปกับน้ำ ซึ่งขึ้นกับปริมาณและชนิดของเกลือในน้ำ ยิ่งมีเกลือในน้ำที่ใช้ในการชลประทานมากก็จะยิ่งเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาน้ำเค็มมากขึ้น การวิเคราะห์ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำทำได้โดยการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด

(Total Dissolve Solid; TDS) วิธีนี้หากนำมาใช้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ซึ่งค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการการเพาะปลูก และมีอิทธิพลต่อแหล่งน้ำอย่างสำคัญ เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพทางเคมีและความสมดุลของเกลือในน้ำ และส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าที่มีความเกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำ Thirumalini and Joseph (2009) พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำจะเป็นสัดส่วนและปฏิภาคโดยตรงกับการนำไฟฟ้าของน้ำ เป็นคุณลักษณะหรือดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยจะบ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการตรวจวัด ชนิดของสารที่มีประจุ และความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิด ซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบเกลือ หรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยเกลือที่มักพบบ่อยในน้ำ ได้แก่ เกลือ Na, Cl^-, SO_4^{2-}, Mg, Ca และ K

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1985) ได้แบ่งชั้นคุณภาพของน้ำเพื่อการชลประทาน จากผลของค่าการนำไฟฟ้า และค่าวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ในการปลูกพืช พบว่า น้ำที่มีคุณภาพดี มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 700 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) น้อยกว่า 450 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นน้ำชลประทานที่ใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัด หากมีค่ามากกว่านี้จะทำให้น้ำเค็ม ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจากความเครียดออสโมติก (Osmotic stress) และความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion toxicity) พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำ และธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (Water potential) ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เกลือที่ละลายในน้ำเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ พืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของเกลือ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมุ่งเน้น ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดกับค่าการนำไฟฟ้า เพื่อหาค่าคงที่เพื่อประเมินความเค็มของน้ำทางการเกษตร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer
4. เครื่อง Hot air oven ที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
5. เครื่อง pH meter
6. เครื่อง EC Meter
7. กระดาษกรองใยแก้ว Glass-fiber filter (Whatman GF/C)
8. กระดาษกรองเบอร์ 5
9. ถ้วยระเหย (Evaporating dishes) ความจุ 250 มิลลิลิตร
10. โถดูดความชื้น (Desiccator)
11. Methyl red indicator
12. สารละลาย Buffer pH 4, 7 และ 10
13. สารละลาย Buffer Conductivity 100 และ 1,413 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร
14. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต (Ca, Mg, Na, K และ SO_4^{2-}) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
15. Nitric acid (HNO_3)

16. Standard silver nitrate solution ($AgNO_3$)
17. Potassium chromate (K_2CrO_4)
18. Phenolphthalein indicator
19. Sodium hydroxide (NaOH)
20. Sulfuric acid (H_2SO_4)
21. วัสดุอ้างอิงรับรอง Standard TDS standard 47 มิลลิกรัมต่อลิตร (Thermo Scientific)
22. วัสดุอ้างอิงรับรอง Standard TDS standard 692 มิลลิกรัมต่อลิตร (Thermo Scientific)
23. วัสดุอ้างอิงรับรอง Standard TDS standard 7,230 มิลลิกรัมต่อลิตร (Thermo Scientific)
24. วัสดุอ้างอิงรับรอง Standard TDS standard 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (HACH)
25. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบ

วิธีการ

1. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ดังนี้
   1.1. พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ระดับ ต่ำ กลาง สูง (47, 692 และ 7,230 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2017) โดยการกรอง Standard TDS standard 47, 692 และ 7,230 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว Glass-fiber filter (Whatman GF/C) นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระดาษกรองใส่ลงในถ้วยระเหยที่ทราบน้ำหนัก ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 180±2 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากอบแห้ง ถือเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร และคำนวณให้อยู่ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดสอบระดับละ 7 ซ้ำ จาก % Recovery และ HorRat < 1.3 ตามมาตรฐานสากล Eurachem และ Official Method of Analysis of AOAC International (AOAC) (Eurachem, 2014; Latimer, 2016)

   - การคำนวณ % Recovery จากสูตร

$$\%\text{Recovery} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์}}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$

   - การคำนวณ Precision

$$\text{HorRat (Horwitz' Ratio)} = \frac{\text{RSD(r)}}{\text{PRSD(R)}}$$

RSD(r) และ PRSD(R) คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{RSD(r)} = \frac{\text{SD} \times 100}{\text{mean}}$$

$$\text{PRSD(R)} = \frac{2C^{-0.15}}{100} \quad (C = \text{mean})$$

   1.2. หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ปริมาณน้อย (Sample blank) จำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S0'$$

LOQ = 10S0’

2. สำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างน้ำตามข้อมูลสภาพแวดล้อมทั่วไป และลักษณะทางการเกษตร จากแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน แบ่งตามพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ นาข้าว พืชผักพืชไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชสวน ในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มแม่น้ำท่าจีน ลุ่มแม่น้ำแม่กลอง และลุ่มแม่น้ำบางประกง และตัวอย่างน้ำทางการเกษตรในภูมิภาคต่างๆ พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเก็บตัวอย่างน้ำจากจังหวัดนครราชสีมา เพชรบูรณ์ พิษณุโลก และพิจิตร พื้นที่ภาคตะวันตก จังหวัดราชบุรี และกาญจนบุรี พื้นที่ภาคตะวันออกจังหวัดจันทบุรี และพื้นที่ภาคกลางจังหวัดนนทบุรี นครปฐม กรุงเทพมหานคร และสมุทรสงคราม และนครนายก จำนวน 344 ตัวอย่าง

3. วิเคราะห์สมบัติของตัวอย่างน้ำ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความเป็นกรด - ด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต, ปริมาณคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และคลอไรด์ ตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2017) ดังนี้

3.1. วิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่าง โดยใช้ตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ก่อนทำการวัดตัวอย่างน้ำ Calibrate pH meter โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4, 7 และ 10 ที่อุณหภูมิห้อง Slope ต้องมากกว่า 95% วัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำ โดยจุ่มอิเล็กโทรดลงในน้ำตัวอย่าง คนตัวอย่างน้ำด้วย Stirrer แล้วบันทึกผล

3.2. วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้ตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ก่อนทำการวัดตัวอย่างน้ำ Calibrate Conductivity meter โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน Conductivity Standard 100 และ 1413 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร วัดค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำ โดยจุ่มอิเล็กโทรดลงในน้ำตัวอย่าง วัดค่าการนำไฟฟ้า แล้วบันทึกผล

3.3. วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต โดยกรองตัวอย่างน้ำ ด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer หาความเข้มข้นของตัวอย่างจากกราฟของสัญญาณของเครื่องมือ (Intensity) และสารละลายมาตรฐาน แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต

3.4. วิเคราะห์คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต โดยกรองตัวอย่างน้ำ ด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด 1% phenolphthalein indicator ลงไป 5 หยด ถ้าตัวอย่างน้ำมีคาร์บอเนตจะเกิดสีชมพู (แต่ถ้าไม่มีคาร์บอเนตจะไม่มีสี) ทำการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1N H_2SO_4 จนกระทั่งสีชมพูหายไป

3.5. วิเคราะห์ไบคาร์บอเนต โดยกรองตัวอย่างน้ำ ด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยด 0.1% methyl red indicator ลงไป 2-3 หยด จะได้สารละลายสีเหลือง ทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.1N H_2SO_4 ต่อไป จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดงกุหลาบ

3.6. วิเคราะห์คลอไรด์ โดยกรองตัวอย่างน้ำ ด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยดสารละลาย phenolphthalein 4 หยด หากมีสีชมพูแสดงว่า pH > 8 ต้องหยดสารละลาย H_2SO_4 0.05 N ลงไปทีละหยดจนกว่าสีชมพูหายไป (ไม่มีสี) เพื่อปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 7 - 8 แต่ถ้าหยดสารละลาย phenolphthalein ลงไป แล้วไม่มีสี ต้องหยดสารละลาย NaOH 0.05 N ลงไปทีละหยดจนกว่าจะได้สีชมพู แล้วใช้สารละลาย H_2SO_4 0.05 N หยดลงไปทีละ 1 หยด เพื่อปรับตัวอย่างน้ำไม่ให้มีสี เติมสารละลาย K_2CrO_4 indicator ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน Silver nitrate ($AgNO_3$) ความเข้มข้น 0.03 N จนกระทั่งสีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงตะกอน (สีเหลืองอมแดง)

4. ศึกษาสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และชนิดของเกลือที่ละลายน้ำ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ซัลเฟต คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และคลอไรด์ และหาค่าคงที่เพื่อประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด จากค่าการนำไฟฟ้า และเกลือที่ละลายในน้ำ

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มงานวิเคราะห์ระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ดังนี้

1.1. การพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision)

พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ของการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ความเข้มข้นต่ำ 47 มิลลิกรัมต่อลิตร, ความเข้มข้นกลาง 692 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นสูง 7,230 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประเมินผลความถูกต้องจาก % Recovery และความเที่ยง จาก HorRat พบว่า ความถูกต้องที่ความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง มี % Recovery เท่ากับ 98.48, 95.48 และ 99.51 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง เท่ากับ 80 – 110, 90 - 107 และ 95 - 105% ตามลำดับ และความเที่ยงมี HorRat เท่ากับ 0.27, 0.36 และ 0.42 ตามลำดับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ HorRat < 1.3 ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ประเมิน Trueness โดยการหา %recovery ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง

SRM	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ค่าจริงจากใบ Cer	% Recovery	เกณฑ์
TDS ความเข้มข้นต่ำ 47 mg/l	46	47	98.48	80 -110
TDS ความเข้มข้นปานกลาง 692 mg/l	667	692	95.48	90 – 107
TDS ความเข้มข้นสูง 7230 mg/l	7195	7273	99.51	95 – 105

ตารางที่ 2 ผลการพิสูจน์ความเที่ยง (Precision) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง

รายการ	ผลวิเคราะห์ TDS (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ระดับต่ำ (47 มิลลิกรัมต่อลิตร)	ระดับกลาง (692 มิลลิกรัมต่อลิตร)	ระดับสูง (7230 มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	46	668	7422
2	48	670	7138
3	45	640	7135
4	47	665	7330
5	45	688	7145
6	46	674	7094
7	47	661	7100
ค่าเฉลี่ย	46	667	7195
SD	1.11	14.54	128.02
HorRat (r)	0.27	0.36	0.42

1.2. ทดสอบขีดความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีสามารถวิเคราะห์ และรายงานผลได้ (LOD และ LOQ)

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ปริมาณน้อย (Sample blank) จำนวน 10 ซ้ำ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า LOD และ LOQ ดังตารางที่ 3 พบว่า ขีดความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีสามารถวิเคราะห์ และรายงานผลได้ (LOD และ LOQ) คือ 16.45 และ 21.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น ทำการพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง

(Precision) ที่ระดับ LOQ = 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการประเมินผลที่ได้ โดยใช้ % Recovery และ HorRat ประเมินผลความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ที่ระดับ LOQ = 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า % Recovery เท่ากับ 98.27 และ HorRat เท่ากับ 0.46 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (ตารางที่ 4)

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) พบว่าการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง (Sample blank)

ซ้ำที่	ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนและหลังอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส	TDS (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	0.0014	14
2	0.0013	13
3	0.0015	15
4	0.0015	15
5	0.0014	14
6	0.0015	15
7	0.0016	16
8	0.0014	14
9	0.0015	15
10	0.0013	13
mean	14.40	
SD	0.96	

คำนวณค่า LOD และ LOQ ตามสูตร

$$LOD = \bar{X} + 3\,S'_0$$

$$LOQ = \bar{X} + 10\,S'_0$$

$$S'_0 = \frac{S_0}{\sqrt{n}} = \frac{0.96}{\sqrt{2}} = 0.68$$

LOD = 14.40 + (3 X 0.68) = 16.45 มิลลิกรัมต่อลิตร

LOQ = 14.40 + (10 X 0.68) = 21.23 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4 ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ที่ระดับ LOQ = 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

LOQ	Trueness		Precision	
	%Recovery (80-110)	ผลการประเมิน	HorRat (< 1.3)	ผลการประเมิน
30 มิลลิกรัมต่อลิตร	98.27	ผ่าน	0.46	ยอมรับ

2. สมบัติของตัวอย่างน้ำทางการเกษตรที่ใช้ในการศึกษา

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทางการเกษตร จำนวน 344 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำทางการเกษตร มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 3.9 - 8.4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าตั้งแต่ 30 – 30,900 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) มีค่าตั้งแต่ 13-21,758 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแคลเซียม (Ca) มีค่าตั้งแต่ 0.05 – 17.77 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) มีค่าตั้งแต่ 0.03 – 66.88 มิลลิอิ-

ควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโซเดียม (Na) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ - 256.55 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียม (K) มีค่าตั้งแต่ 0.01 – 8.29 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 6.00 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 7.70 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 306.60 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร และมีปริมาณเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 34.47 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ตามลำดับ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติของตัวอย่างน้ำทางการเกษตรที่ใช้ในการศึกษา

Parameters	pH -	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	Ca me/l	Mg me/l	Na me/l	K me/l	CO_3^{2-} me/l	HCO_3^- me/l	Cl^- me/l	SO_4^{2-} me/l
N	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344
Average	7.6	1,807	1,184	3.26	3.80	11.20	0.43	0.36	2.46	12.60	3.11
Minimum	3.9	30	30	0.05	0.03	0.03	0.01	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*	ไม่พบ*
Maximum	8.4	30,900	21,758	17.77	66.88	256.55	8.29	6.00	7.70	306.60	34.47
Std. Dev	0.4	4045	2826	2.11	8.14	33.21	0.95	0.93	1.11	39.57	4.39
Mode	7.5	710	372	2.45	1.35	2.30	0.17	0.20	2.40	0.15	1.67

* ไม่พบ คือ ปริมาณน้อยกว่าค่า LOD; LOD ของการวิเคราะห์ CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-} เท่ากับ 0.80, 0.91, 0.08 และ 0.05 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร (me/l)

3. สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และชนิดของเกลือที่ละลายน้ำได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ซัลเฟต คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และคลอไรด์

ผลการศึกษาสมบัติของตัวอย่างน้ำทางการเกษตรของประเทศไทยจำนวน 344 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าการนำไฟฟ้า และเกลือที่ละลายน้ำได้ในรูปของแมกนีเซียม (Mg), โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), คลอไรด์ (Cl^-), และ ซัลเฟต (SO_4^{2-}) โดยมีค่า r = 0.989, 0.987, 0.983, 0.989 และ 0.908 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับการศึกษาของ Viscony *et al.* (2004) และ Iyasele *et al.* (2015) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า และส่วนประกอบของเกลือที่ละลายน้ำ ของน้ำธรรมชาติทั่วไปและน้ำชลประทานที่ใช้ทางการเกษตร ที่พบว่าส่วนใหญ่มักมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Na, Mg, Cl^-, และ SO_4^{2-}

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ของค่าวิเคราะห์ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และรูปของเกลือที่ละลายได้

Correlation (r)	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
pH	1.000										
EC	-0.049	1.000									
TDS	-0.052	**0.989**	1.000								
Ca	0.053	0.651	0.634	1.000							
Mg	-0.042	0.996	**0.987**	0.664	1.000						
Na	-0.052	0.998	**0.990**	0.621	0.995	1.000					
K	-0.051	0.991	**0.983**	0.621	0.993	0.993	1.000				
CO_3^{2-}	-0.015	-0.037	-0.053	0.235	-0.021	-0.053	-0.052	1.000			
HCO_3^-	0.296	0.050	0.049	0.244	0.065	0.036	0.026	-0.292	1.000		
Cl^-	-0.053	0.998	**0.989**	0.616	0.995	1.000	0.994	-0.071	0.036	1.000	
SO_4^{2-}	-0.048	0.920	**0.908**	**0.840**	0.929	0.907	0.908	0.136	0.006	0.903	1.000

* Correlation at 95% significan

ศึกษาคาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดของตัวอย่างน้ำทางการเกษตร พบว่า เป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ที่จะทำให้ทราบค่าคงที่ (K) โดย Viscony *et al.* (2004) และ Iyasele *et al.* (2015) ศึกษาคาคงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 – 1.0 ซึ่งการจะใช่คาคงที่คาใดในการคูณจะขึ้นอยู่กับรูป และส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้มีการศึกษาและกำหนดค่าคงที่ที่แท้จริง น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง ก็จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำสูงเช่นกัน และในแหล่งน้ำแหล่งใดแหล่งหนึ่ง จะมีค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวค่อนข้างคงที่ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า สามารถอธิบายได้โดยสมการ ดังนี้

$$K = TDS/EC$$

หรือ

$$TDS = K(EC)$$

เมื่อ K = ค่าคงที่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง EC และ TDS

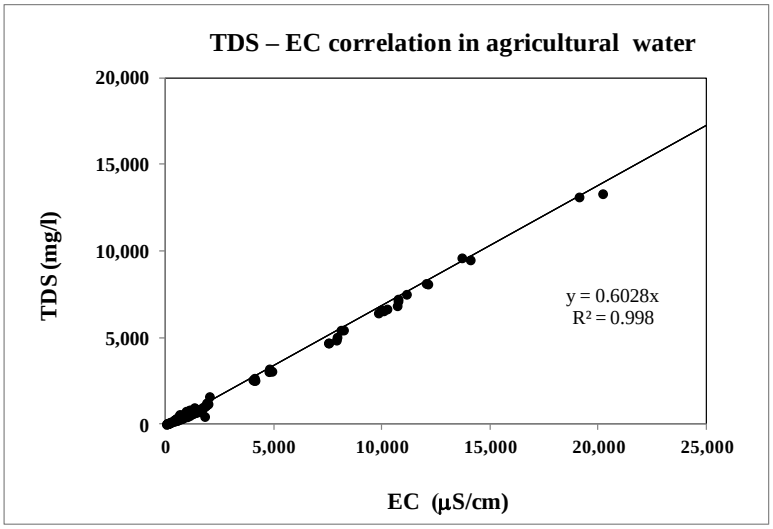
EC = ค่าการนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

ซึ่งจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 344 ตัวอย่าง นั้น สามารถนำหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า และประมาณค่าคงที่ K จากสมการข้างต้น

TDS/EC ratio ของน้ำทางการเกษตรคือ 0.60 (R^2 = 0.998) หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ ตามภาพที่ 1

$$TDS = 0.60 \times EC$$



ภาพที่ 1 TDS – EC correlation ของน้ำทางการเกษตร ที่มีค่า TDS/EC ratio หรือค่า K = 0.60 (R^2 = 0.998)

อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มีค่าเฉพาะ ตามที่มา และรูปของเกลือของแหล่งน้ำนั้นๆ ซึ่งหากมีการใช่คาคงที่ที่มีค่าสูง จะทำให้คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนั้นมีค่าความเค็มที่สูงกว่าปกติ ดังนั้นจึงใช้ความสัมพันธ์ของค่าวิเคราะห์ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และรูปของเกลือที่ละลายได้ เพื่อประเมินความเค็มของน้ำซึ่งสามารถประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำโดยอาศัยความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นโดย Food and Agriculture Organization of the United Nations (1985) ได้แบ่งชั้นคุณภาพของน้ำเพื่อการชลประทาน จากผลของค่าการนำไฟฟ้า และค่าวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยน้ำที่มีคุณภาพดี มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 700 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดน้อยกว่า 450 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นน้ำชลประทานที่ใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัด ในขณะที่น้ำที่มีคุณภาพต่ำ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 3,000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นน้ำชลประทานที่มีข้อจำกัดรุนแรงในการใช้ Food and Agriculture Organization of the

United Nations (1985) รายงานว่าความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจากความเครียดออสโมติก (Osmotic stress) และความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion toxicity) มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของเกลือ ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินความต้องการ ไอออนที่มีอิทธิผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในน้ำ และมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดและค่าการนำไฟฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}, และ SO_4^{2-} (Viscony *et al.*, 2004; Iyasele *et al.*, 2015) ซึ่งจากการศึกษาสมบัติของตัวอย่างน้ำในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยจำนวน 344 ตัวอย่าง พบว่า คุณภาพน้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังจัดน้ำชลประทานที่ใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัด เนื่องจากมีค่าคงที่ TDS/EC ratio หรือค่า K = 0.60 ซึ่งสามารถใช้ทำการเกษตรได้ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าคงที่ Ratio TDS/EC (k) ของน้ำแต่ละประเภท

EC at 25 ^{0}C	Ratio TDS/EC (k)
Natural water for irrigation EC = 500 – 3,000 µS/cm	0.55 - 0.75
Natural water, EC = 500 – 3,000 µS/cm	0.55 - 0.75
Distillate water, EC = 1 – 10 µS/cm	0.50
Freshwater, EC = 300 – 800 µS/cm	0.55
Seawater, EC = 45,000 – 60,000 µS/cm	0.70
Brine water, EC = 65,000 – 85,000 µS/cm	0.75

ที่มา : Viscony *et al.* (2004) และ Iyasele *et al.* (2015)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ให้ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดยมีค่า Limit of Detection (LOD) จากการประเมินเท่ากับ 16.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และพิสูจน์ค่า Limit of Quantitation (LOQ) ที่ระดับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการวิเคราะห์ CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง มาคำนวณ %Recovery เพื่อความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ได้ผลการทดลองดังนี้ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และระดับความเข้มข้นสูง มี % Recovery เท่ากับ 98.48, 95.48 และ 99.51 ตามลำดับ ค่า HorRat เท่ากับ 0.27, 0.42 และ 0.36 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม AOAC ทั้งหมด โดย %Recovery อยู่ในช่วง 80 - 110 และ HorRat (r) <1.3 ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) จึงมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการตรวจ ที่ทำเป็นงานประจำและต้องการผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ

นำวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) มาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทางการเกษตร จำนวน 344 ตัวอย่าง พร้อมทั้งวิเคราะห์ pH, EC, TDS, Ca, Mg, Na, K, CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-} และ SO_4^{2-} พบว่า ตัวอย่างน้ำทางการเกษตร มีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 3.9 - 8.4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าตั้งแต่ 30 – 30,900 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) มีค่าตั้งแต่ 13-21,758 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแคลเซียม (Ca) มีค่าตั้งแต่ 0.05 – 17.77 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) มีค่าตั้งแต่ 0.03 – 66.88 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโซเดียม (Na) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ - 256.55 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียม (K) มีค่าตั้งแต่ 0.01 – 8.29 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 6.00 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3^{-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 7.70 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณคลอไรด์ (Cl^{-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 306.60 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร และมีปริมาณเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีค่าตั้งแต่ ไม่พบ – 34.47 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร

หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า และประมาณค่าคงที่ K หรือค่า Ratio TDS/EC (K) ของน้ำทางการเกษตรเท่ากับ 0.60 (R^2 = 0.99) หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ เท่ากับ TDS = 0.60 x EC ซึ่งทำให้สามารถคำนวณ ค่าคงที่ Ratio TDS/EC (k) = 0.60 ซึ่งเป็นค่าคงที่ของน้ำธรรมชาติทั่วไป และน้ำชลประทานที่ใช้ทางการเกษตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดตัวอย่างน้ำทางการเกษตรของประเทศไทย มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า และเกลือที่ละลายน้ำได้ในรูปของแมกนีเซียม (Mg), โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), คลอไรด์ (Cl^-), และ ซัลเฟต (SO_4^{2-})

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด สามารถใช้เป็นวิธีอ้างอิงแก่ห้องปฏิบัติการอื่นได้ รวมทั้งใช้เป็นวิธีมาตรฐานที่มีความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 เป็นการยกระดับห้องปฏิบัติการให้ได้มาตรฐานสากล สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และสามารถนำมาใช้เป็นวิธีมาตรฐานในงานบริการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดให้แก่ผู้รับบริการวิเคราะห์ และค่าคงที่ Ratio TDS/EC (k) = 0.60 เป็นค่าที่ใช้ประเมินความคุณของตัวอย่างน้ำทางการเกษตรในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

APHA, AWWA and WEF. 2017. ***Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*** 23rd ed. American Public Health Association, the American Water Works Association and the Water Environment Federation, Washington D.C. American Public Health Association. 1360 p.

Eurachem. 2014. ***The Fitness for Purpose of Analytical Methods.*** A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1985. ***Water Quality for Agriculture.*** FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. FAO Rome.

Iyasele, J.U., J. David and D.J. Idiata. 2015. Investigation of the Relationship between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids for Mono-Valent, Di-Valent and Tri-Valent Metal Compounds. ***International Journal of Engineering Research and Reviews*** 3: 40-48.

Latimer, G.W. 2016. ***Official Method of Analysis of AOAC International.*** 20thEd. AOAC International Gaithersburg, Maryland. USA.

Scanlon, B.R., I. Jolly, M. Sophocleous, and L. Zhang. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. ***Water Resources Research*** 43 (3): 1-18.

Viscony, R.F., J.M. de Paz Becares, R.D.Z. Hernandez, and J.S. Diaz. 2004. Development of an equation to relate electrical conductivity to soil and water salinity in a Mediterranean agricultural environment. ***Australian Journal of Soil Research*** 42 (4) : 381 – 388.

Thirumalini, S. and K. Joseph. 2009. Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters. ***Malaysian Journal of Science*** 28 (1): 55-61.