

หัวข้อเค้าโครงเรื่องของผลงาน
(สายงานวิทยาศาสตร์)
(กรณีลักษณะงานวิจัย และกรณีเอกสารวิชาการ)

1. **ชื่อผลงาน** การประเมินความต้องการปูนสำหรับดินกรดด้วยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer method) และความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Acidity)

Evaluation of Buffer Solutions and Exchangeable Acidity Methods for Determining Lime Requirement in Acid Soils.

2. **รหัสโครงการวิจัย** -

3. **ระยะเวลาที่ดำเนินการ** เริ่มต้น เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567
 สิ้นสุด เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2568

4. **สถานที่ดำเนินการ** ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิทยบริการ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

5. **ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ**

5.1 แหล่งที่มาของดินกรดและหลักการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ต่างของดิน

ดินกรด หมายถึง ดินที่มีค่าความเป็นกรด-ต่างของดิน (pH) ต่ำกว่า 7.0 แต่ดินกรดที่เป็นปัญหาทางด้านการเกษตร คือดินที่มีค่า pH ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5.5 ความเป็นกรด-ต่างของดินไม่ได้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง แต่จะส่งผลต่อการละลายหรือความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เช่น หากค่า pH ของดินลดลง การละลายของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก็จะลดลง ส่งผลให้พืชขาดฟอสฟอรัส หรือทำให้การละลายของอะลูมิเนียมและเหล็กเพิ่มขึ้นจนเป็นพิษต่อพืช ปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสิ้น

การเกิดสภาพกรดในดิน (Soil acidification) เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน และเกิดจากปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง ทั้งกระบวนการทางธรรมชาติ (Natural acidification processes) และกระบวนการของมนุษย์ (Anthropogenic sources of acidity) ที่ทำให้ค่า pH ของสารละลายดินลดลง โดยกระบวนการทางธรรมชาติ ได้แก่ 1) การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมถึงกรดอินทรีย์หลายชนิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) และเมื่อเกลือของกรดต่าง ๆ เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และการสะสมของกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ทำให้ความเป็นกรดในดินเพิ่มมากขึ้นได้ 2) กิจกรรมของรากพืช (Plant root activities and plant growth) ในช่วงการเจริญเติบโต รากพืชจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่ดิน ส่งผลให้เกิดกรดคาร์บอนิกและทำให้ค่า pH ของดินลดลง และเมื่อรากพืชดูดใช้ธาตุอาหารที่มีประจุบวก ไฮโดรเจนไอออนจะถูกปลดปล่อยออกมาในดิน

เพื่อรักษาสมดุลประจุในพืช ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดเพิ่มขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) 3) การสูญเสียธาตุประจุบวกที่เป็นต่างจากการชะล้างด้วยฝน (Heavy rainfall and leaching) และฝนกรด (Acid rain) โดยทั่วไป น้ำฝนจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.3-6.4 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย เมื่อดินถูกฝนชะล้างนาน ๆ ปริมาณไฮโดรเจนไอออนในน้ำฝนจะมีโอกาสเข้าไปไล่ที่ประจุบวกอื่นที่ถูกดินดูดซับ จึงมีผลทำให้ดินธรรมชาติทั่วไปค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นกรดได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างไฮโดรเจนในฝนกรดกับประจุบวกที่ถูกดินดูดซับไว้ ทำให้เกิดการชะละลายประจุบวก เช่น Ca, Mg และ K ไป เป็นผลให้ดินสูญเสียความสามารถในการให้ธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกเหล่านี้ในดิน (ยุทธชัย และคณะ, 2548) 4) ดินที่เกิดจากวัตถุดิบกำเนิดที่เป็นกรด (Parent materials) วัตถุดิบกำเนิดบางชนิดมีลักษณะเป็นกรดโดยธรรมชาติ เช่น หินแกรนิต หินไรโอไลต์ หินไนส์ ฯลฯ เมื่อผุพังและสลายตัวจะเกิดกรดซิลิซิก และหินเหล่านี้ยังมีแคลเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ หินตะกอนบางชนิด เช่น หินดานและถ่านหิน จะอุดมไปด้วยสารประกอบซัลไฟด์ เมื่อถูกไฮเดรตและออกซิไดซ์จะผลิตกรดซัลฟิวริก ทำให้ดินเป็นกรด ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกเหนือจากกระบวนการทางธรรมชาติแล้ว กิจกรรมของมนุษย์ยังเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรด ได้แก่ 1) การใส่ปุ๋ยที่มีฤทธิ์ก่อให้เกิดกรดในดิน (Acid-producing fertilizers) การใส่ปุ๋ยบางชนิดก่อให้เกิดการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนและการสะสมของไนเตรต (NO_3^-) ในดินซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ของจุลินทรีย์ 2) การใช้วัสดุปรับปรุงดินที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (Acidification by sulfur compounds) การใส่ปุ๋ยที่อยู่ในรูปที่เป็นธาตุซัลเฟอร์ (S) หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้เกิดการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชันของซัลเฟอร์ และ 3) การสูญเสียประจุบวกที่เป็นต่างออกจากดินจากการเก็บเกี่ยวพืช (Plant product removal) ในช่วงการเจริญเติบโต พืชจะดูดใช้ธาตุประจุบวกจากดินเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชจะสูญเสียธาตุประจุบวกในดินออกจากพื้นที่ ทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน นิยมวัดเป็นค่า pH เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพความเป็นกรดหรือด่างของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นผลมาจากไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดิน มี $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ ดินจะมีปฏิกิริยาเป็นกรด โดยความเป็นกรดทั้งหมดของดินแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สภาพกรดจริง (Active acidity) คือ ส่วนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่อยู่ในสารละลายดิน ค่า pH ของดินที่วัดได้ แสดงถึงความเข้มข้นของกรดส่วนนี้เท่านั้น และอีกส่วนหนึ่งคือ สภาพกรดแฝง (Potential acidity) หรือ Exchangeable H^+ คือ ส่วนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ดินและจะออกมาสู่สารละลายดินได้โดยปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange reaction) ดินกรดมีสมบัติคล้ายคลึงกับกรดอ่อนมากกว่ากรดแก่ เนื่องจากเมื่อผสมดินกรดกับน้ำ อนุภาคดินจะปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน ออกมาเพียงบางส่วน ซึ่งไฮโดรเจนไอออนส่วนใหญ่จะยังคงดูดซับอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดิน รวมไปถึงอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และเหล็ก (Fe) ที่ส่งผลต่อความเป็นกรดของดินอีกด้วย การทำให้ดินหมดความเป็นกรดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดแฝง ซึ่งการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน วัดได้เพียงระดับของสภาพกรดจริงที่อยู่ในดินเท่านั้น ส่วนระดับของกรดแฝงจะวัดก็ต่อเมื่อต้องการทราบปริมาณความต้องการปูนเพื่อใช้ปรับระดับความเป็นกรดของดินให้ลดลง ดังนั้นการยกระดับค่า pH ของดินให้สูงขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับส่วนของไฮโดรเจนไอออนและ

อะลูมิเนียมที่เป็นสภาพกรดแฝงเป็นส่วนใหญ่ ดินกรดที่มีค่า pH เท่ากัน จึงไม่จำเป็นต้องมีปริมาณความต้องการปูนที่เท่ากัน การพิจารณาปริมาณความต้องการปูนจะต้องพิจารณาสภาพกรดแฝงของดินเป็นสำคัญ สำหรับสภาพกรดแฝงของดินจะขึ้นอยู่กับความจุบัฟเฟอร์ของดิน (Buffering capacity) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity; CEC) ของดิน และเกี่ยวข้องโดยตรงกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินนั้น กล่าวคือ ดินที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงก็จะมีค่าความจุบัฟเฟอร์สูงเช่นกัน รวมไปถึงธาตุที่เป็นพิษต่อพืชที่แลกเปลี่ยนได้ เช่น อะลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ก็มีผลต่อปริมาณความต้องการปูนอีกด้วย

5.2 ความต้องการปูนของดิน (Lime Requirement: LR)

ความต้องการปูนของดิน หมายถึง ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ (CaCO_3) ที่ใส่ลงในดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เพื่อยกระดับค่า pH ของดินให้ถึงระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยมีหลักการคือต้องทราบสภาพกรดรวม (Total acidity) ซึ่งประกอบด้วยปริมาณสภาพกรดแฝง (Potential acidity) และสภาพกรดจริง (Active acidity) แล้วนำมาคำนวณปริมาณของปูนที่ต้องใช้สำหรับสะเทินความเป็นกรดจากดินจนกระทั่งความเป็นกรดน้อยลงในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดปริมาณความต้องการปูนของดิน คือ 1) ความจุบัฟเฟอร์ของดิน (Buffering capacity) คือความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH มีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณความต้องการปูน ดินที่มีอนุภาคดินเหนียว ออกไซด์ของอะลูมิเนียมและเหล็ก และอินทรีย์วัตถุมากกว่าจะมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูงกว่า ซึ่งหมายความว่าดินเหล่านี้ต้องการปูนขาวมากกว่าเมื่อเทียบกับดินที่มีความจุบัฟเฟอร์ต่ำ เช่น ดินทราย หรือดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำในการเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ระดับเท่ากัน 2) ลักษณะของความเป็นกรดในดิน ปริมาณความต้องการปูนที่ต้องใช้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของความเป็นกรดของดิน เช่น ไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในสารละลายดิน หรือจากการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนจากดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ รวมถึงออกไซด์ของอะลูมิเนียม (Al) และเหล็ก (Fe) รวมไปถึงอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al^{3+}) ก็เป็นแหล่งที่มาความเป็นกรดที่สำคัญเช่นเดียวกัน 3) ค่า pH ของดินเริ่มต้นและค่า pH ของดินที่ต้องการยกระดับ ปริมาณความต้องการปูนจะขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงระหว่างค่า pH ของดินกับค่า pH ที่ต้องการยกระดับ เมื่อเติมปูน ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น ทำให้พอร์มของความเป็นกรดในดินเปลี่ยนไป เช่น ในดินที่เป็นกรดจัดมาก ($\text{pH} < 5.0$) ปูนขาวจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นหลัก เมื่อค่า pH เข้าใกล้ 5.5 อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์และอินทรีย์วัตถุในดินจะกลายเป็นแหล่งของความเป็นกรดหลักแทน (Amy *et al.*, 2025)

5.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปูน

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปูนทำได้หลายวิธี โดยมีหลักการพื้นฐานที่คล้ายกัน กล่าวคือ การวิเคราะห์นั้นต้องสามารถวัดความเป็นกรดทั้งหมดของดินได้อย่างถูกต้อง ทั้งในส่วนของสภาพกรดจริงและกรดแฝง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี ดังนี้

1) วิธีบ่มดินด้วยปูน (Incubation Method) คือการบ่ม CaCO_3 หรือ Ca(OH)_2 กับดินกรดโดยตรงในอัตราต่าง ๆ ในระยะเวลาหนึ่ง เมื่อ CaCO_3 หรือ Ca(OH)_2 ทำปฏิกิริยากับดินแล้ว นำค่า pH และ

อัตราปุ๋ยที่ใส่ลงไปสร้างกราฟเพื่อหาอัตราของปุ๋ยที่ระดับ pH ตามต้องการ จากการทดลองของ Dunn (1943) โดยการบ่มดินด้วย CaCO_3 และ Ca(OH)_2 ที่ความชื้นระดับความจุความชื้นสนาม (Field capacity) เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าดินที่บ่มด้วย CaCO_3 และ Ca(OH)_2 จะถึงจุดสมดุลภายใน 1 เดือน ซึ่งวิธีการบ่มดินด้วยปุ๋ยถูกใช้เป็นที่วิธีมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณความต้องการปุ๋ยโดยวิธีอื่น ๆ แต่วิธีนี้จะใช้เวลานาน

2) วิธีการไทเทรตด้วยสารละลาย Ca(OH)_2 (Titration method) เป็นการวัดความจุบัฟเฟอร์ของดินโดยตรง โดยการเติม Ca(OH)_2 ลงไปในตัวอย่างดินและวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ที่เกิดขึ้น เพื่อใช้คำนวณค่าความต้องการปุ๋ย แม้ว่าวิธีนี้จะมีค่าแม่นยำสูงและมีข้อดีในแง่ของการวัดบัฟเฟอร์ได้โดยตรง แต่มีข้อจำกัดในการให้บริการเกษตรกร เนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน มักถูกใช้ในงานวิจัยมากกว่า

3) วิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Acidity) เป็นการวัดปริมาณกรดและอะลูมิเนียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกสกัดออกมาและไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน นำไปคำนวณหาปริมาณความต้องการปุ๋ย จากวิธีของ Cornell University แนะนำการคำนวณหาปริมาณความต้องการปุ๋ยโดยใช้สมการที่มีตัวแปร คือ (1) ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (2) ค่า pH ของดินเริ่มต้นและค่า pH ของดินที่ต้องการระดับ (3) ร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสที่ pH ของดินเริ่มต้นและที่ต้องการระดับและ (4) ความลึกชั้นไทรพวอน มาใช้วิธีการคำนวณตามสมการ

4) การประมาณความต้องการปุ๋ยจากค่า pH ของดินและสมบัติดิน ความต้องการปุ๋ยจะประเมินจากข้อมูลค่า pH ของดินร่วมกับสมบัติดินอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความจุบัฟเฟอร์ของดิน เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน หรือชุดดิน แม้ว่าวิธีนี้จะให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมเท่าวิธีการวัด Buffer method เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลชนิดดินที่ละเอียด หรือจำเป็นต้องมีการวัดสมบัติอื่นเพิ่มเติมจากตัวอย่างดินชุดเดียวกัน เช่น การวิเคราะห์เนื้อดินหรือปริมาณอินทรีย์วัตถุ

5) วิธีสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer method) คือ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) ที่แตกต่างที่ทราบค่า เติมน้ำลงในสารละลายดินที่เป็นกรด หลังจากปล่อยให้เกิดสมดุลในช่วงเวลาสั้น ๆ จึงทำการวัดค่า pH การลดลงของค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความเป็นกรดของดินที่ต้องได้รับการปรับให้เป็นกลาง ยิ่งค่า pH ของบัฟเฟอร์ลดลงมากเท่าใด แสดงว่าดินมีความเป็นกรดสูงและต้องการปุ๋ยในปริมาณมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการเพราะง่าย รวดเร็ว ใช้ตัวอย่างดินปริมาณน้อย และวิเคราะห์ได้ในปริมาณมาก มีสารละลายบัฟเฟอร์หลายชนิดที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้กับดินประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ก. สารละลาย Woodruff buffer เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ ที่นิยมใช้ในประเทศไทย รวมถึงห้องปฏิบัติการของกรมพัฒนาที่ดินใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยแก่เกษตรกร วิธีสารละลาย Woodruff buffer เป็นวิธีการที่ไฮโดรเจนไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ถูกไล่ออกมาอย่างรวดเร็ว โดยสารละลาย Woodruff buffer ประกอบด้วย p-nitrophenol และ Calcium acetate เป็นส่วนประกอบที่มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH หรือ Buffering capacity และมี titration curve of buffer เป็นเส้นตรงในช่วงค่า pH 6.0 - 7.0 (ละเอียด, 2558) เหมาะกับดินกลุ่ม Mollisols ซึ่งเป็นดินที่มีความจุแลกเปลี่ยน

แคตไอออน (CEC) ค่อนข้างสูง และความจุบัฟเฟอร์ของดินปานกลางถึงสูง แต่สำหรับดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง (Organic soils) หรือดินที่มีองค์ประกอบซับซ้อนอื่น ๆ วิธี Woodruff อาจให้ความแม่นยำลดลง และในดินที่มีอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้สูง (Exchangeable Al^{3+}) หรือ ดินที่มีความเป็นกรดแฝงสูง (High buffering demand) วิธี Woodruff buffer อาจประเมินความต้องการปูนต่ำกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะในกรณีที่มีความต้องการปูนสูงมาก ๆ

ข. สารละลาย Modified Adams and Evans Buffer (Huluka, 2005) เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ที่ได้รับการปรับปรุงจากสารละลาย Adams and Evans Buffer ซึ่งเปลี่ยนสารเคมีอันตราย p-nitrophenol เป็น Monobasic potassium phosphate (KH_2PO_4) เพื่อลดการใช้สารเคมีอันตรายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังคงความสามารถในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่า pH ใกล้เคียงกันเหมาะสมสำหรับดินเนื้อหยาบที่มีความจุบัฟเฟอร์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของความต้องการปูน ซึ่งช่วยป้องกันการใส่ปูนมากเกินไป (Over-liming) เป็นสาเหตุพืชขาดธาตุอาหารรองได้ (Amy *et al.*, 2025) และวิธีนี้สามารถกำหนดระดับความต้องการปูนที่ pH ที่เหมาะสมกับพืชได้ตามต้องการ

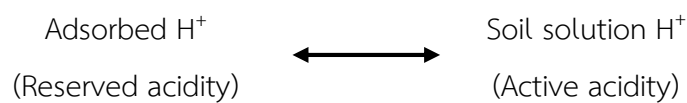
ค. สารละลาย Mehlich buffer (Mehlich, 1976) เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมสำหรับดินเนื้อหยาบที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และมีความจุบัฟเฟอร์ของดินต่ำ (Amy *et al.*, 2025) สารละลาย Mehlich buffer ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวิธีการสกัดอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al^{3+}) ด้วย 1 M KCl ในการวัดความเป็นกรดของดินและประเมินความต้องการปูน ซึ่งใช้เวลานานและไม่เหมาะสมสำหรับการทดสอบดินในระดับห้องปฏิบัติการทั่วไป สารละลาย Mehlich buffer มุ่งวัดความเป็นกรดที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable acidity) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนไอออนและอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) โดยวัดการแทนที่ไอออนกรดเหล่านี้ด้วยแบเรียมไอออน (Ba^{2+}) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หลักการพื้นฐานของวิธีนี้คือ การลดลงของค่า pH สารละลายบัฟเฟอร์มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเป็นกรดที่ถูกแทนที่ ในปี 2005 Modified Mehlich buffer (Hoskins, 2005) ถูกพัฒนาขึ้น โดยการใช้ Calcium chloride ($CaCl_2$) แทนการใช้ Barium chloride ($BaCl_2$) ซึ่งเป็นสารเคมีอันตราย เพื่อแก้ปัญหการจัดการของเสียอันตราย แต่ยังคงหลักการทำงานและมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับ Mehlich buffer (Hoskins, 2005)

การเลือกใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมกับชนิดของดินเป็นสิ่งสำคัญ จำเป็นต้องพิจารณาจากประเภทของดิน ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความจุบัฟเฟอร์ของดิน ในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้สามารถประเมินความต้องการปูนที่ต้องการอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสำหรับปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการผลิตพืช เนื่องจากการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่ไม่เหมาะสมกับดิน อาจทำให้การประเมินความต้องการปูนสูงหรือต่ำเกินไปได้ หากประเมินความต้องการปูนต่ำเกินไป (Under-liming) จะทำให้การปรับปรุงดินไม่ได้ผล เสียเวลาและค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ ในทางตรงข้าม หากประเมินความต้องการปูนสูงเกินไป (Over-liming) อาจส่งผลเสียต่อพืช เช่น ระดับของเหล็กและแมงกานีสในดินลดต่ำลงมากจนเกินไปส่งผลให้เกิดการขาดแคลนสำหรับพืชได้ ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เพราะเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียมที่

ละลายน้ำยาก และเกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในดินอย่างมากและรวดเร็วเป็นอันตรายต่อพืช เป็นต้น การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับสภาพดินช่วยให้ได้ค่าความต้องการปุ๋ยที่ถูกต้อง แต่ยังคงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการดินเพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืนอีกด้วย

5.4 ปัจจัยที่กำหนดความต้องการปุ๋ยของดิน

อินทรีย์วัตถุและปริมาณแร่ดินเหนียว เป็นปัจจัยควบคุมความจุบัพเฟอร์ของดินกรดซึ่งส่งผลต่อปริมาณความต้องการปุ๋ยของดิน กล่าวคือ อินทรีย์วัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมากและมีความสามารถดูดซับแคตไอออนได้สูง จึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของดินได้ดี หรือมีความจุบัพเฟอร์สูงขึ้น ดังปฏิกิริยา Equilibrium reaction



เมื่อเติมกรดหรือต่างลงไปดินจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นทันที เพื่อรักษาสสมดุล กรดหรือต่างจะสะสมอยู่ในสารละลายดินจึงน้อยมาก เป็นสาเหตุที่ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย หากในดินนั้นมีอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ในส่วนของเนื้อดินซึ่งสมบัติทางกายภาพขั้นมูลฐานมีผลควบคุมสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของดิน เนื้อดินสื่อความหมายด้านขนาดหรือความหยาบละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของดิน เนื้อดินถูกจำแนกเป็นหลายประเภท สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคอนินทรีย์ 3 กลุ่มขนาด คือ

1. อนุภาคทรายหรือ Sand จัดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
2. อนุภาคทรายแป้งหรืออนุภาคทรายตะกอนหรือ Silt จัดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดปานกลาง
3. อนุภาคดินเหนียวหรือ Clay จัดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดในดิน

ดินทั่วไปประกอบด้วยอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาด ดินแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทางด้านธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศ จะมีสัดส่วนผสมของอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาดแตกต่างกันเป็นผลให้เกิดเนื้อดินหลายชนิด นักวิทยาศาสตร์ทางดินจึงจัดเนื้อดินเป็นกลุ่มประเภท (Textural classes) ตามเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ ทราย (Sand), ทรายแป้ง (Silt), และดินเหนียว (Clay) และประเมินประเภทของเนื้อดินโดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแฉกประเภทของเนื้อดิน (soil textural triangle) ซึ่งมีด้วยกัน 12 ประเภท แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มดินเนื้อละเอียด (Fine-textured soils) ประกอบด้วยดิน 5 ประเภท คือ
 - 1) ดินเหนียว (Clay)
 - 2) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay)
 - 3) ดินเหนียวปนทราย (Sandy clay)
 - 4) ดินร่วนเหนียว (Clay loam)
 - 5) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay loam)

2. กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (Medium-textured soils) ประกอบด้วยดิน 4 ประเภท คือ

- 1) ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam)
- 2) ดินร่วน (Loam)
- 3) ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam)
- 4) ดินทรายแป้ง (Silt)

3. กลุ่มดินเนื้อหยาบ (Coarse-textured soils) ประกอบด้วยดิน 3 ประเภท คือ

- 1) ดินทราย (Sand)
- 2) ดินทรายร่วน (Loamy sand)
- 3) ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)

เนื้อดินเป็นอีกปัจจัยในการกำหนดปริมาณความต้องการปุ๋ยของดิน กล่าวคือ ดินที่มีปริมาณแร่ดินเหนียวสูง จะมีความจุฟอสเฟตและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง ในการยกระดับ pH ของดินที่มีปริมาณแร่ดินเหนียวสูงจะต้องใส่ปุ๋ยลงไปเป็นปริมาณมากกว่าดินที่มีความจุฟอสเฟตและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ เช่น ดินทรายซึ่งมีปริมาณแร่ดินเหนียวต่ำ รวมไปถึงชนิดของแร่ดินเหนียว ดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 1:1 เช่น ดิน Ultisols และ Oxisols จะมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ทำให้มีความต้องการปุ๋ยต่ำกว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เช่น ดิน Alfisols และ Mollisols ซึ่งเป็นผลมาจากความจุฟอสเฟตและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเช่นกัน (โสภณ, 2543)

5.5 ความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมกับพืช

โดยปกติความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชจะอยู่ที่ pH 5.5-7.5 ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดต้องการ pH ในช่วงเหมาะสมแตกต่างกัน การรักษา pH ของดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืช การปรับระดับ pH ให้เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดจึงสำคัญต่อการเพาะปลูกพืช พืชบางชนิดอาจเจริญเติบโตได้ดีกว่าในดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7.0 ดังนั้น ในการหาปริมาณความต้องการปุ๋ยจึงควรคำนวณจากค่า pH ที่เหมาะสมกับพืชนั้น

5.6 การใช้ปูนแก้ไขความเป็นกรดของดิน

ปูนทางการเกษตร (Agriculture lime) หมายถึง วัสดุปรับปรุงดินที่ประกอบด้วยสารจำพวกออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนตของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ได้แก่ หินปูนบด (Calcium carbonate $[CaCO_3]$), โดโลไมต์ (Dolomite $[CaMg(CO_3)_2]$), ปูนมาร์ล (Marl, $[CaCO_3]$), ปูนขาว (Calcium Hydroxide $[Ca(OH)_2]$) และปูนเผา (Calcium oxide $[CaO]$) เป็นต้น ซึ่งใช้ในการสะเทินความเป็นกรดของดิน ทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง ค่า pH ของดินถูกยกระดับให้สูงขึ้นถึงระดับที่เหมาะสม เช่น ที่ pH 6.5 สมบัติทางเคมีของดินจะเปลี่ยนแปลงไป ความเข้มข้นของไฮโดรเจนในดินจะลดลง ระดับของเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่ละลายอยู่ในดินจะลดลง ลดความเป็นพิษของธาตุเหล่านี้ได้ และทำให้ระดับของฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงขึ้น ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยยังส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและชีวภาพอีกด้วย กล่าวคือ เมื่อได้รับการปรับปรุง pH ให้สูงขึ้นดินมักมีโครงสร้างที่ดีขึ้น เช่น การใส่ปูนดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ทำให้อนุภาคของดินไม่อัดกันอย่างแน่นทึบ แต่เกาะกันเป็นก้อนเล็ก (Granule) ทำให้ดินโปร่งขึ้น มีการ

ระบายน้ำและอากาศได้สะดวก หรือในดินกรดที่เนื้อดินเป็นดินทราย การใส่ปูนจะช่วยให้เกิดโครงสร้างแบบก้อนกลมพรุน (Crumb structure) ทำให้สมบัติการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น และในส่วนของสมบัติทางชีวภาพนั้น จุลินทรีย์ในดินส่วนใหญ่จะทำงานได้ดีในดินเป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง การใส่ปูนในดินกรดเพื่อยกระดับ pH ให้เหมาะสม จึงเป็นการช่วยให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น เช่น กระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร กระบวนการตรึงไนโตรเจน ทำให้ในดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ในการเลือกใช้วัสดุปูนทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงดินกรด ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของวัสดุปูนในการสะเทินกรด ซึ่งประเมินได้จากค่าการทำให้เป็นกลางของปูน (Neutralizing value) และความหยาบละเอียดของปูน โดยค่าการทำให้เป็นกลางขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุปูนชนิดนั้น ๆ จึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าการทำให้เป็นกลางของปูนให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยกำหนดให้ปูนในสภาพของแคลเซียมคาร์บอเนตที่บริสุทธิ์มีค่าการทำให้เป็นกลางเป็น 100 % โดยปริมาณของวัสดุปูนต่างชนิดกันที่ใช้ในการสะเทินกรดปริมาณที่เท่ากันจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของวัสดุปูนชนิดนั้น ๆ หรือเรียกอีกอย่างว่าค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate equivalent) ซึ่งมีค่าดังแสดงในตารางที่ 1 และความหยาบละเอียดของปูนมีผลต่อความเร็วในการทำปฏิกิริยาของปูนกับดิน ปูนที่มีความละเอียดมากจะมีประสิทธิภาพสูง ขนาดของปูนยิ่งเล็กจะยิ่งดีเพราะมีโอกาสที่จะสัมผัสกับดินได้มากขึ้นแต่ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในการใช้วัสดุปูนเพื่อการเกษตรโดยทั่วไป ควรใช้วัสดุปูนที่มีขนาดแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะว่าในส่วนที่ละเอียดจะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็ว ส่วนที่หยาบขึ้นมาจะค่อย ๆ ทำปฏิกิริยากับดินอย่างช้า ๆ และดำเนินไปได้เป็นเวลานาน ทำให้ไม่ต้องใส่ปูนบ่อยครั้ง

ตารางที่ 1 ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate equivalent) ของปูนชนิดต่าง ๆ ที่บริสุทธิ์

วัสดุปูน	สูตรเคมี	ค่าการทำให้เป็นกลาง (%)
หินปูนบด (Calcium Carbonate)	CaCO_3	100
โดโลไมต์ (Dolomite)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	109
ปูนมาร์ล (Marl)	CaCO_3	100
ปูนขาว (Calcium Hydroxide)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	136
ปูนเผา (Calcium Oxide)	CaO	179

ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2567)

6. สรุปสาระและขั้นตอนการดำเนินการ

6.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยพบดินกรดกระจายอยู่ทั่วประเทศประมาณ 99.4 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.99 ของเนื้อที่ทั้งประเทศ พบมากที่สุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมา คือ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) ดินกรด คือ ดินที่มีปฏิกิริยาของดิน (pH) ต่ำกว่า 7.0 ซึ่งดินกรดที่

เป็นปัญหาทางด้านการเกษตร คือดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การละลายได้และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ธาตุอาหารพืชจะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้และถูกชะล้างจากดิน ในขณะที่เดียวกันความเป็นพิษของธาตุ เช่น เหล็ก และอะลูมิเนียม เพิ่มสูงขึ้น ในสารละลายดินส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ดินกรดจึงเป็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรต้องเผชิญ ในการแก้ปัญหาดินกรดวิธีการที่นิยมใช้คือการใส่วัสดุปูนทางการเกษตรลงไปในดิน ให้ปูนทำปฏิกิริยาสะเทินกรด เพื่อยกระดับ pH ของดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ซึ่งพืชแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในกับระดับ pH ที่ต่างกัน เช่น ข้าว เจริญเติบโตได้ดีที่ pH ระหว่าง 6.0-7.0 มะนาว อยู่ที่ pH 5.5-6.0 หรือสับปะรดอยู่ที่ pH 4.5-5.5 เป็นต้น การยกระดับ pH ของดินจึงไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 7.0 เสมอไป ซึ่งปริมาณปูนหรือด่างที่ใส่ลงในดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แล้วทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นถึงระดับที่ต้องการ เรียกว่า ความต้องการปูนของดิน (Lime requirement)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปูนมีหลายวิธี ได้แก่ 1) วิธีการบ่มดินด้วย CaCO_3 หรือ Ca(OH)_2 (Incubation method) ซึ่งใช้เป็นวิธีหาปริมาณความต้องการปูนโดยตรง วิธีนี้มักใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการเปรียบเทียบวิธีการอื่น ๆ (Hoskins and Erich, 2008; Shoemaker et al., 1961) 2) การไทเทรตด้วย Ca(OH)_2 (Titration methods) (Dunn, 1943) เป็นอีกวิธีที่น่าเชื่อถือและได้การยอมรับอย่างกว้างขวางในการหาความต้องการปูน (Follett and Follett, 1980; Alabi et al, 1986; McConell et al., 1990; Owusu-Bennoah et al., 1995) แต่ทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมานั้นไม่เหมาะสำหรับการหาปริมาณความต้องการปูนให้แก่เกษตรกร เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์นาน (ตั้งแต่ 1 สัปดาห์ถึง 1 เดือน) คำแนะนำความต้องการปูนที่ได้ อาจไม่ทันรอบการเพาะปลูกพืช จึงเกิดการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูน เพื่อให้การประเมินความต้องการปูนรวดเร็วยิ่งขึ้น (3) วิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Acidity) เป็นการวัดปริมาณกรดและอะลูมิเนียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกสกัดออกมา และนำค่าไปคำนวณความต้องการปูนตามสมการของ Cornell University (4) การประมาณความต้องการปูนจากค่า pH ของดินและสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับค่าความจุบัพเฟอร์ของดิน แม้ว่าวิธีนี้จะให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมเท่าวิธีสารละลาย (Buffer method) เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลชนิดดินที่ละเอียด (5) วิธีสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer method) โดยนำสารละลายบัฟเฟอร์ที่ทราบค่า pH ที่แน่นอนแล้วมาเติมลงไปในสารละลายดินกรด แล้ววัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป และนำมาคำนวณเพื่อหาปริมาณความต้องการปูน (5.1) วิธีสารละลาย Woodruff buffer เป็นสารละลายบัฟเฟอร์แรกที่ยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลายและเหมาะสมสำหรับดินประเภท Mollisols, Fox (1980) ทำการทดสอบวิธี Woodruff buffer พบว่าค่อนข้างแม่นยำสำหรับดินที่มีค่าความต้องการปูนต่ำ แต่สำหรับดินที่มีค่าความต้องการปูนสูง จะประเมินค่าความต้องการปูนได้ต่ำกว่าความต้องการปูนจริง (5.2) วิธีสารละลาย Modified Adams and Evans buffer ซึ่งถูกพัฒนามาจากวิธีสารละลาย Adams and Evans buffer โดยการใช้ Monobasic potassium phosphate แทนการใช้ p-nitrophenol ซึ่งให้คำแนะนำปริมาณความต้องการปูนไม่แตกต่างจากวิธีสารละลาย Adams and Evans buffer เหมาะสำหรับดิน Ultisols และดินที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและความจุบัพเฟอร์ของดินต่ำ และ (5.3) วิธีสารละลาย Modified Mehlich buffer ถูกพัฒนามาจากวิธีสารละลาย Mehlich buffer โดยการใช้ Calcium Chloride แทนการใช้

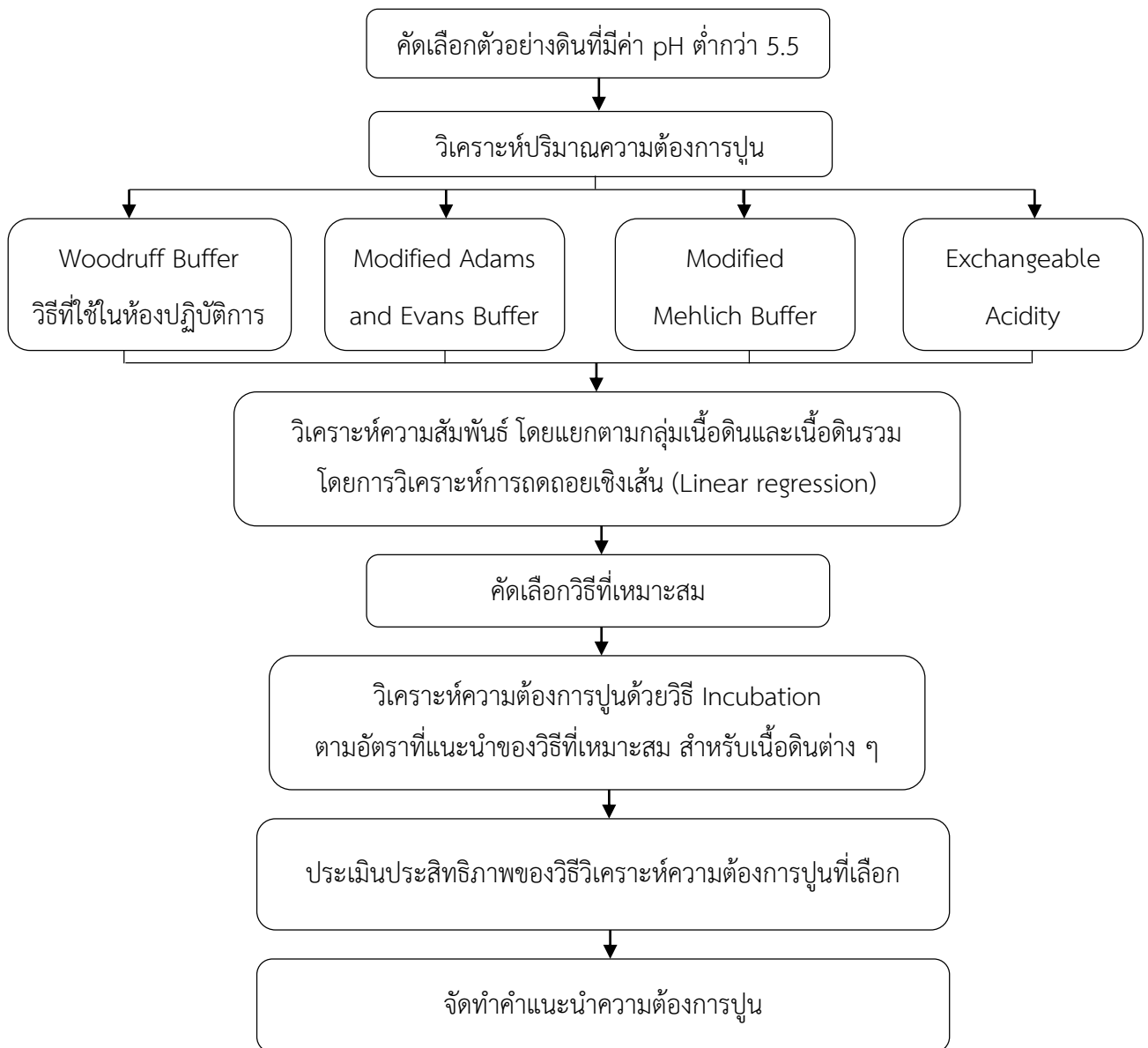
Barium chloride เหมาะสำหรับการประเมินค่าความต้องการปุ๋ยเพื่อลดความเป็นกรดที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยแนะนำค่าความต้องการปุ๋ยที่เพียงพอในการเพิ่มค่า pH ให้สูงกว่า 5.5 เล็กน้อย ซึ่งเป็นระดับที่สามารถลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al toxicity) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีสารละลาย Modified Adams and Evans buffer และวิธีสารละลาย Modified Mehlich buffer สามารถให้คำแนะนำปริมาณความต้องการปุ๋ยที่ระดับ pH ต้องการ เช่น pH 6.0 หรือ 6.5 ได้อีกด้วย

ปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการของกรมพัฒนาที่ดิน ใช้วิธีสารละลาย Woodruff buffer เพียงวิธีเดียวในการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปุ๋ยเพื่อให้คำแนะนำแก่เกษตรกร เนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากและสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว แต่วิธีนี้อาจประเมินความต้องการปุ๋ยต่ำกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะในกรณีดินที่มีความต้องการปุ๋ยสูงมาก ๆ และยังให้คำแนะนำความต้องการปุ๋ยอยู่ระดับ pH ขึ้นมาที่ 7.0 และไม่ได้พิจารณาถึงเนื้อดินและชนิดพืช ซึ่งไม่ตรงกับความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งมี p-nitrophenol เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งจัดเป็นสารเคมีประเภทอันตรายต่อสุขภาพ (Health Hazard) และยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมด้วย จากข้อจำกัดที่เกิดขึ้นของวิธีสารละลาย Woodruff buffer ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาวิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยเพิ่มเติม โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ที่แตกต่างกัน (Modified Adams and Evans buffer และ Modified Mehlich buffer) และวิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน (woodruff buffer) เพื่อเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำค่าความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมกับชนิดของดินและความต้องการของพืชที่เกษตรกรปลูก มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และสอดคล้องกับสภาพดินของประเทศไทย

6.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการปุ๋ยของดินด้วยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ และวิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ กับวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ในการประเมินความต้องการปุ๋ย สำหรับดินกรดประเทศไทย
- 2) เพื่อประเมินอัตราความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมกับประเภทของเนื้อดินที่มีปริมาณดินเหนียวที่แตกต่างกัน

6.3 ขั้นตอนการดำเนินการ



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

6.3.1 การคัดเลือกตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่กลุ่มวิทยบริการ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน จากภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยแบ่งกลุ่มเนื้อดินเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ดินเนื้อหยาบ จำนวน 76 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 ดินเนื้อปานกลาง จำนวน 51 ตัวอย่าง และกลุ่มที่ 3 ดินเนื้อละเอียด จำนวน 66 ตัวอย่าง รวมทั้งหมดจำนวน 193 ตัวอย่าง ที่ผ่านการตาก บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร โดยตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) น้อยกว่า 5.5

6.3.2 การศึกษาสมบัติพื้นฐานทางเคมีและกายภาพ

6.3.2.1. ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อัตราส่วน ดิน:น้ำ, 1:1 (ASTM:D4972-19, 2019)

6.3.2.2. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) อัตราส่วน ดิน:น้ำ, 1:5 (Soil Chemical Method-Australasia, 2011)

6.3.2.3. อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) (Walkley and Black, 1947)

6.3.2.4. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) (Bray and kurt, 1945)

6.3.2.5. โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Avail. K) (Jackson,1958)

6.3.2.6. ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Acidity) (Peech, 1965)

6.3.2.7. เนื้อดิน (Texture) โดยวิธี Hydrometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) จัดแบ่งกลุ่มเนื้อดินเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ดินเนื้อหยาบ กลุ่มที่ 2 ดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มที่ 3 ดินเนื้อละเอียด

6.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณความต้องการปุ๋ย

6.3.3.1. วิธีสารละลาย Woodruff buffer (Woodruff, 1948)

6.3.3.2. วิธีสารละลาย Modified Adams and Evans buffer (Huluka, 2005)

6.3.3.3. วิธีสารละลาย Modified Mehlich buffer (Hoskins, 2005)

6.3.3.4. วิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Acidity) (Quirine et al, 2006)

6.3.4 ประเมินความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสม โดยวิธี Incubation

6.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

6.3.5.1. เปรียบเทียบปริมาณความต้องการปุ๋ยของดินที่ประเมินได้จากวิธีต่าง ๆ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการปุ๋ยของดินด้วยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ (Modified Adams and Evans buffer และ Modified Mehlich buffer) และวิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ กับความต้องการปุ๋ยของดินด้วยวิธีสารละลาย Woodruff buffer โดยแยกตามกลุ่มเนื้อดินและเนื้อดินรวม โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

6.3.5.2. ประเมินความเหมาะสมของวิธีสารละลายบัฟเฟอร์และวิธีวัดความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ สำหรับการวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ย โดยการวิเคราะห์ Accuracy วิธีที่เหมาะสมเทียบกับวิธีมาตรฐาน

6.3.6 สรุปผลการศึกษา

รวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาสรุปผลการศึกษา และเขียนรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

7. ผู้ร่วมดำเนินการ (ถ้ามี)

- 1) นางภรฉัตร นิ่มนวลรัตน์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกลุ่มวิทยบริการ มีหน้าที่ ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบผลการดำเนินงาน ปฏิบัติงานร้อยละ 10
- 2) นางสาวจุฑามาศ ไกรเพิ่ม ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยเคมีดิน มีหน้าที่ ให้คำปรึกษาแนะนำ และวางแผนการปฏิบัติงาน ปฏิบัติงานร้อยละ 10

8. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ (ระบุรายละเอียดของผลงานพร้อมทั้งสัดส่วนของผลงาน)

นางสาวกรรณก เปรี่ยมหมื่นไวย ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ มีหน้าที่วางแผนการวิจัย บันทึก รวบรวมข้อมูลและเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่ตีพิมพ์ทั้งภายในและต่างประเทศ คัดเลือกและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงาน ปฏิบัติงานร้อยละ 80

9. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

9.1 เชิงปริมาณ

วิธีประเมินความต้องการปุ๋ยสำหรับดินกรดจัด (ยกระดับ pH ที่ 6.0 6.5 และ 7.0) จำนวน 1 วิธี

9.2 เชิงคุณภาพ

คำแนะนำความต้องการปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับดินกรดจัด (อัตราคำแนะนำ kg/rai)

10. การนำไปใช้ประโยชน์

10.1 เป็นทางเลือกในการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปุ๋ยของห้องปฏิบัติการกรมพัฒนาที่ดิน

10.2 นำวิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมมาใช้ในห้องปฏิบัติการและให้คำแนะนำปริมาณความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมกับเนื้อดินและพืช เพื่อการจัดการดินกรดอย่างมีประสิทธิภาพ

11. ความยุ่งยากในการดำเนินการ/ปัญหา/อุปสรรค

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นดินที่ถูกบตร้อนแล้ว ทำให้ไม่เห็นลักษณะของดินตามธรรมชาติ จึงไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นดินกรดประเภทใด เช่น ดินกรด ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์กรด เป็นต้น

12. ข้อเสนอแนะ

12.1 ควรมีการทดสอบผลการทดลองวิเคราะห์ปริมาณความต้องการปุ๋ยในภาคสนาม เพื่อยืนยันผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ

12.2 ในการให้คำแนะนำความต้องการปุ๋ย มีปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการปุ๋ย ได้แก่ ความลึกชั้นไถพรวน ประเภทของปุ๋ยที่นำมาใช้และประสิทธิภาพของปุ๋ยแต่ละประเภท จึงควรจัดทำคำแนะนำปริมาณความต้องการปุ๋ยที่จำเพาะต่อปัจจัยเหล่านั้น

12.3 ควรศึกษาความใช้ได้ของวิธีในขั้นตอนการกวนและไม่กวนสารละลายขณะวัดของวิธีสารละลาย Modified Adams and Evans buffer และวิธีสารละลาย Modified Mehlich buffer เพื่อลดระยะเวลาขั้นตอน และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ..... กรกนก เปรี่ยมหมื่นไวย์

(นางสาวกรกนก เปรี่ยมหมื่นไวย์)

ผู้เสนอผลงาน

วันที่ ๗ / เม.ย. / ๒๕๖๕

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินการของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความจริงทุกประการ

ลงชื่อ..... กฤษ

(นางกมรินทร์ นิ่มนวลรัตน์)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่ ๗ / เม.ย. / ๒๕๖๕

ลงชื่อ..... กรกนก

(นางสาวจุฑามาศ ไกรเพิ่ม)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่ ๗ / เม.ย. / ๒๕๖๕

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ..... กฤษ

(นางกมรินทร์ นิ่มนวลรัตน์)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกลุ่มวิทยบริการ

วันที่ ๗ / เม.ย. / ๒๕๖๕

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

ลงชื่อ..... ปิ่นเพชร

(นางปิ่นเพชร ดีล้อม)

ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

วันที่ ๗ / เม.ย. / ๒๕๖๕

ข้อเสนอแนวคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน

ของ นางสาวกรรณก เปรี่ยมหมื่นไวย

เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ตำแหน่งเลขที่ 1441

สถานี/กลุ่ม/ศูนย์ กลุ่มวิทยบริการ สำนัก/กอง สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

1. เรื่อง การจัดทำระบบการจัดการสารเคมีและอุปกรณ์ สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนาม (LDD Test Kit)

2. หลักการและเหตุผล

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน มีภารกิจหลักในการให้บริการวิเคราะห์ดินแก่เกษตรกร ทั้งการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่ พร้อมให้คำแนะนำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ย หรือวัสดุปรับปรุงดินตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับปรับปรุงฟื้นฟูสภาพดินให้มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก นำไปสู่การลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต พัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดียิ่งขึ้น และได้ยกระดับการตรวจวิเคราะห์ดินให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง โดยพัฒนาชุดตรวจสอบดินภาคสนาม (LDD Test Kit) ซึ่งเป็นนวัตกรรมของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH Test Kit) ชุดตรวจสอบธาตุอาหารในดิน (NPK Test Kit) และชุดตรวจสอบดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (EC Test Kit) และได้มอบชุดตรวจสอบดินภาคสนามให้แก่เจ้าหน้าที่ของกรมฯ และหมอดินอาสาเพื่อให้บริการแก่เกษตรกรได้ครอบคลุมและทั่วถึงมากยิ่งขึ้น

การผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน ดำเนินการโดยคณะกรรมการขับเคลื่อนชุดตรวจสอบดินภาคสนาม กรมพัฒนาที่ดิน โดยมีกลุ่มวิทยบริการรับผิดชอบประสานงานและดูแลภาพรวมในการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามทั้งหมด ซึ่งในแต่ละปีงบประมาณ มีเป้าหมายการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามและชุดน้ำยาเติมจำนวน 2,000-3,000 ชุดต่อปี ซึ่งชุดตรวจสอบดินภาคสนามทั้ง 3 ชุด ประกอบด้วยสารเคมี ขวดบรรจุน้ำยา กระดาษกรอง กรวยกรอง กระบอกฉีดยาขนาดต่างๆ และอุปกรณ์อื่นๆ จำนวนไม่น้อยกว่า 100 รายการ ดังนั้นก่อนการผลิตต้องมีการวางแผนจัดซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ให้เพียงพอสำหรับการผลิต ซึ่งเดิมกลุ่มวิทยบริการมีการจัดทำฐานข้อมูลจำนวนสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ในรูปแบบออฟไลน์ (ไฟล์ Excel) หากต้องการทราบข้อมูลจำนวนสารเคมีและอุปกรณ์คงเหลืออาจไม่เป็นปัจจุบัน รวมถึงมีความไม่สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลได้ทันที จึงมีความเห็นควรจัดทำระบบการจัดการสารเคมีและอุปกรณ์ออนไลน์ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลสารเคมีและอุปกรณ์คงเหลือ การคุมบัญชีการเบิกจ่ายวัสดุต่างๆ และการวางแผนการจัดซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ เพื่อให้การผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามเป็นไปด้วยความเรียบร้อยต่อไป

3. บทวิเคราะห์/แนวความคิด/ข้อเสนอ และข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

การจัดทำสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ออนไลน์ สำหรับชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นแนวคิดในการจัดการสารเคมีและอุปกรณ์ สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามที่มีอยู่เป็นจำนวนมากให้เป็นระบบ บุคลากรที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างทันที ทำให้ทราบถึงจำนวนคงเหลือของสารเคมีและ

อุปกรณ์ที่ใช้ ช่วยในการวางแผนการจัดซื้อจัดจ้างวัสดุและสารเคมีในอนาคตได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ ไม่ให้เกิดการผลิตเกิดความล่าช้า และสะดวกสำหรับเจ้าหน้าที่ในการรับเข้า เบิกจ่าย ติดตามข้อมูลคงเหลือ ลดข้อผิดพลาดจากการจดบันทึกด้วยมือ ทำงานได้รวดเร็วขึ้น และสามารถเก็บประวัติการใช้สารเคมีและอุปกรณ์อีกด้วย โดยระบบนี้สามารถเป็นต้นแบบและประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการวัสดุและอุปกรณ์สำนักงานอื่นๆ รวมไปถึงสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการด้วย

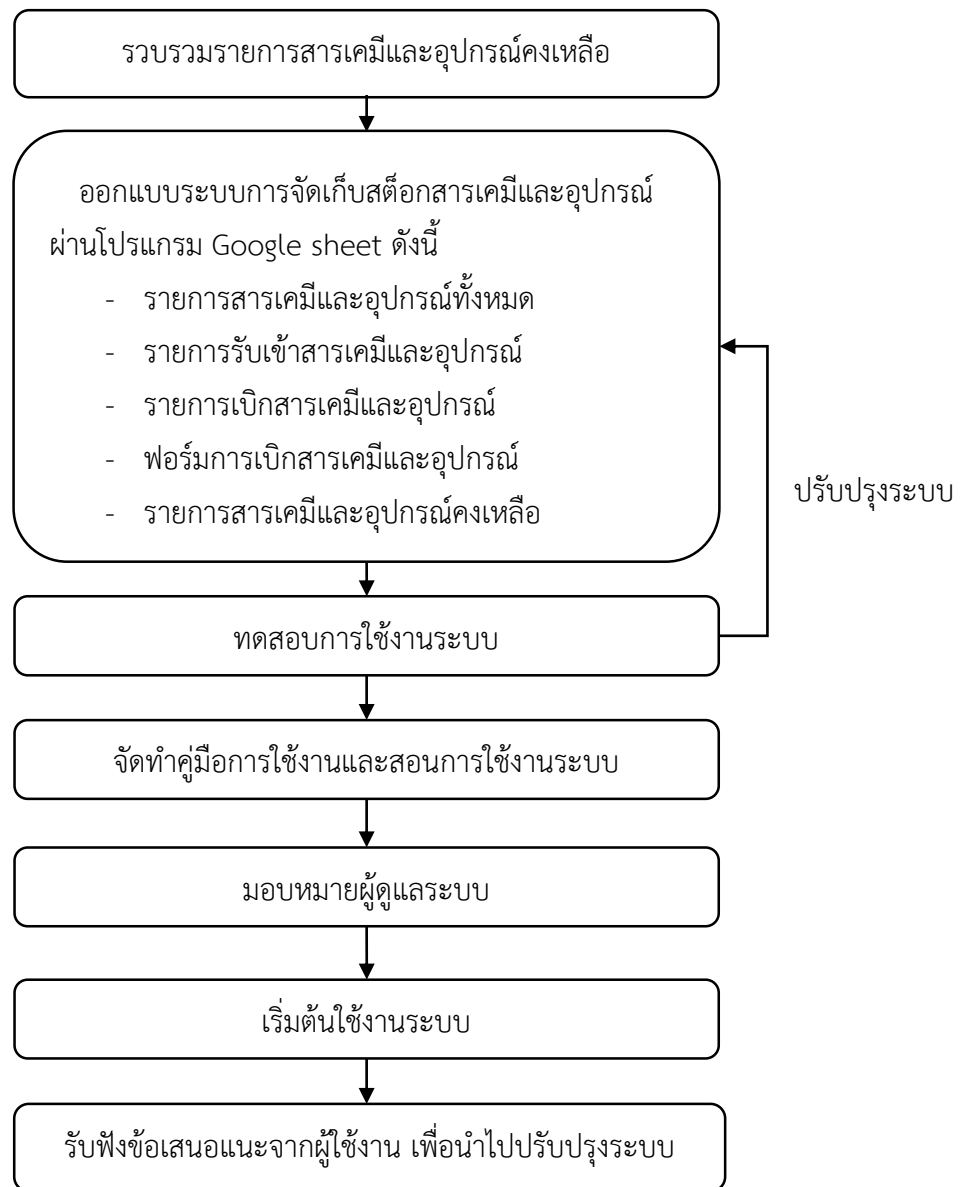
วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำข้อมูลสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามให้เป็นระบบออนไลน์ที่สามารถเข้าถึงได้ทันที

ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1) รวบรวมรายการสารเคมีและอุปกรณ์คงเหลือ จัดทำรายงานสรุป และตรวจสอบความถูกต้อง
- 2) ออกแบบระบบการจัดเก็บสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ ผ่านโปรแกรม Google sheet ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้
 - a. รายการสารเคมีและอุปกรณ์ทั้งหมด แบ่งหมวดหมู่ตามชุดทดสอบ โดยมีรายละเอียด คือ รายการ หน่วยนับ จำนวนขั้นต่ำ และประเภทชุดทดสอบ
 - b. รายการรับเข้าสารเคมีและอุปกรณ์ โดยมีรายละเอียด คือ วันที่รับเข้า รายการ หน่วยนับ จำนวนที่รับเข้า จำนวนคงเหลือ วันหมดอายุ และผู้บันทึก
 - c. รายการเบิกสารเคมีและอุปกรณ์ โดยมีรายละเอียด คือ วันที่เบิก รายการ หน่วยนับ จำนวนที่เบิก จำนวนคงเหลือ วันหมดอายุ และผู้เบิก
 - d. แบบฟอร์มการเบิกสารเคมีและอุปกรณ์ โดยมีรายละเอียด คือ วันที่เบิก รายการ จำนวนที่เบิก จำนวนคงเหลือ และผู้เบิก
 - e. รายการสารเคมีและอุปกรณ์คงเหลือ โดยมีรายละเอียด คือ รายการ จำนวนคงเหลือ จำนวนขั้นต่ำ ประเภทชุดทดสอบ และสถานะ
- 3) ทดสอบการใช้งานระบบ ปรับปรุงระบบการจัดการสต็อก หากมีข้อผิดพลาด
- 4) จัดทำคู่มือการใช้งานและสอนการใช้งานระบบการจัดการสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ออนไลน์ให้กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
- 5) มอบหมายผู้ดูแลระบบ กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงและแก้ไขข้อมูลในแต่ละส่วนของข้อมูลของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
- 6) เริ่มต้นใช้งานระบบการจัดการสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ออนไลน์ สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนาม
- 7) รับฟังข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงระบบ

แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



ตัวอย่างระบบการจัดการสารเคมีและอุปกรณ์ สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนาม

1. รายการสารเคมีและอุปกรณ์ทั้งหมด

รายการ	หน่วยนับ	จำนวนขั้นต่ำ	Tr	กลุ่มชุดทดสอบ
ชุดอะคริลิก pH Test Kit (เก่า)	ชุด	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ชุดอะคริลิก pH + NPK	ชุด	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ชุดสารวัดระดับน้ำ pH	ชุด	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ชุดสารวัดระดับน้ำ NPK	ชุด	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ขวดพลาสติก 500 mL	ชย	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ขวดแก้วสีชา 500 mL	ขวด	100		อุปกรณ์อื่นๆ
ปั๊มเบิ้ล	แพ็ค	100		อุปกรณ์อื่นๆ
แกลลอนน้ำยาสกัดดิน	แกลลอน	100		ชุดสกัดดิน
ขวดสกัดดิน	ขวด	100		ชุดสกัดดิน
ขวดกรองดิน	ขวด	100		ชุดสกัดดิน
...

ฟอรัมเบิกสินค้า | ชื่ออุปกรณ์ | Transaction เบิก | Transaction รับเข้า | รายงานคงเหลือ

5. รายการสารเคมีและอุปกรณ์คงเหลือ

รายการ	จำนวนคงเหลือ	จำนวนขั้นต่ำ	กลุ่มชุดทดสอบ	สถานะ
แกลลอนน้ำยาสกัดดิน	1202	100	ชุดสกัดดิน	OK
ขวดสกัดดิน	510	100	ชุดสกัดดิน	OK
ขวดกรองดิน	3820	100	ชุดสกัดดิน	OK
ช้อนสกัดดิน	1545	100	ชุดสกัดดิน	OK
ถ้วยตวงน้ำยาสกัดดิน	800	100	ชุดสกัดดิน	OK
กระดาษกรอง (110 mm)	1773	100	ชุดสกัดดิน	OK
กรวยกรอง	8220	100	ชุดสกัดดิน	OK
เข็ม 1 mL	5247	100	ชุดสกัดดิน	OK
Sulfuric Acid Conc. 2.5 L	1	100	ชุดสกัดดิน	ควรเติบก้นที่
Hydrochloric Acid 2.5 L	2	100	ชุดสกัดดิน	ควรเติบก้นที่
สติ๊กเกอร์-แกลลอนน้ำยาสกัดดิน	2776	100	ชุดสกัดดิน	OK
สติ๊กเกอร์-ขวดสกัดดิน	18201	100	ชุดสกัดดิน	OK
สติ๊กเกอร์-ขวดกรองดิน	21027	100	ชุดสกัดดิน	OK
สติ๊กเกอร์-หีบใส่สกัดดิน	17970	100	ชุดสกัดดิน	OK

+ ≡ พลุ่มเบิกสินค้า ▾ ชื่ออุปกรณ์ ▾ Transaction เบิก ▾ Transaction รับเข้า ▾ รายงานคงเหลือ ▾ Config <

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) สวด. สามารถวางแผนการจัดซื้อสารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามได้เหมาะสมกับการใช้งาน ลดความเสี่ยงจากการซื้อสารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามเกิน

2) สวด. มีต้นแบบระบบจัดเก็บสารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามแบบออนไลน์ สามารถประยุกต์ใช้กับการจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน

5. ตัวชี้วัดความสำเร็จ

- 1) ระบบฐานข้อมูลสารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนามแบบออนไลน์ที่เป็นปัจจุบัน
- 2) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบการจัดทำระบบการจัดการสต็อกสารเคมีและอุปกรณ์ออนไลน์สำหรับการผลิตชุดตรวจสอบดินภาคสนาม

ลงชื่อ.....กรรณก เปี่ยมหมื่นไวย์.....
(นางสาวกรรณก เปี่ยมหมื่นไวย์)

ผู้ขอประเมิน
วันที่.....๗...../.....๒๖...../.....๒๕๖๕.....