หัวข้อเค้าโครงเรื่องของผลงาน
(สายงานวิทยาศาสตร์)

1. ชื่อผลงาน การประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืชในพื้นที่เกษตรกรรม ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยใช้ดัชนีค่าความหนาแน่นรวมและความต้านทานการแทงทะลุ

Assessment of Soil Physical Constraints on Root Growth in Agricultural Areas in the Huai Krasiew Sub-watershed Using Bulk Density and Penetration Resistance Indicators

2. รหัสโครงการวิจัย -

3. ระยะเวลาที่ดำเนินการ เริ่มต้น เดือนกันยายน พ.ศ. 2566
สิ้นสุด เดือนกันยายน พ.ศ. 2568

4. สถานที่ดำเนินการ 1. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
2. พื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

5. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

5.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดินและบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช

5.1.1 ความหมายและองค์ประกอบของดิน

ดินเป็นวัตถุตามธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการผุพังสลายตัวของหินและแร่ธาตุต่าง ๆ ผสมคลุกเคล้ากันกับอินทรียวัตถุที่ได้จากการสลายตัวของเศษซากพืชและซากสัตว์จนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในอุดมคติควรมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ อนินทรียวัตถุ ร้อยละ 45 อินทรียวัตถุร้อยละ 5 น้ำร้อยละ 25 และอากาศร้อยละ 25 ซึ่งสัดส่วนขององค์ประกอบดังกล่าวมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) นอกจากนี้ สมบัติของดินยังมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช โดยดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ควรมีธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างครบถ้วนและเพียงพอ มีโครงสร้างดินที่ดี หน้าดินลึก และมีเนื้อดินที่เหมาะสม ไม่หยาบหรือละเอียดจนเกินไป รวมทั้งมีลักษณะร่วนซุย สามารถอุ้มน้ำและระบายอากาศได้ดี ซึ่งเอื้อต่อการชอนไชและการเจริญเติบโตของรากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

5.1.2 บทบาทของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

1) เป็นแหล่งยึดเหนี่ยวของระบบราก โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางทางกายภาพที่ช่วยให้รากพืชสามารถชอนไชและยึดเกาะดิน เพื่อพยุงลำต้นให้ตั้งตรงและทรงตัวอยู่ได้ ทั้งนี้ ดินที่มีโครงสร้างดี มีปริมาณช่องว่างที่เหมาะสม และไม่มีการอัดตัวแน่นจนเกินไป (Soil compaction) จะเอื้อต่อการแพร่กระจายของรากพืชทำให้สามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) เป็นแหล่งกักเก็บและหมุนเวียนน้ำ โดยทำหน้าที่ดูดซับและกักเก็บความชื้นจากน้ำฝนหรือการชลประทานไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Pore spaces) ทั้งนี้ น้ำในดินจะอยู่ในรูปของสารละลายดิน (Soil solution) ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการลำเลียงธาตุอาหารเข้าสู่รากพืชผ่านกระบวนการดูดซึม

3) เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช โดยเป็นแหล่งสะสมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งธาตุอาหารหลัก (Primary nutrients) และธาตุอาหารรอง (Secondary nutrients) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของแร่ธาตุและการย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ นอกจากนี้ ดินยังมีบทบาทในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange) เพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้อยู่ในรูปที่รากพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

4) เป็นแหล่งแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยช่องว่างในดินที่ไม่ถูกน้ำเติมเต็มจะเป็นที่สะสมของอากาศ ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจของรากพืช (Root respiration) และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ทั้งนี้ การระบายอากาศที่ดีในดินจะช่วยป้องกันการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับสูง และช่วยรักษาระดับก๊าซออกซิเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินกับการเจริญเติบโตของพืช

1) สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เนื้อดิน (Soil texture) โครงสร้างดิน (Soil structure) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ความพรุนรวม (Porosity) และความสามารถในการอุ้มน้ำ มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศ รวมทั้งการแพร่กระจายของรากพืช โดยดินที่มีโครงสร้างดีและมีความพรุนเหมาะสมจะเอื้อต่อการชอนไชของรากพืช การกักเก็บน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศ ส่งผลให้พืชสามารถดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hillel, 2004)

2) สมบัติทางเคมีของดิน เป็นตัวกำหนดความอุดมสมบูรณ์และความพร้อมใช้ของธาตุอาหารพืช เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity: CEC) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการคงอยู่และการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Brady & Weil, 2017)

3) สมบัติทางชีวภาพของดิน เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท (Actinomycetes) และสัตว์ขนาดเล็กในดิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียวัตถุและการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ช่วยเปลี่ยนธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งมีส่วนช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างยั่งยืน (Sylvia et al., 2005)

5.2 สมบัติทางกายภาพของดินและข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมบัติทางกายภาพของดินเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ควบคุมสภาพแวดล้อมของรากพืช หากอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดข้อจำกัดทางกายภาพของดิน (Soil physical constraints) ซึ่งหมายถึง สภาวะที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการถ่ายเทอากาศ การกักเก็บน้ำ และความต้านทานต่อการชอนไชของรากพืช ข้อจำกัดดังกล่าวอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างดิน หรือจากลักษณะตามธรรมชาติของดินที่ขัดขวางการทำงานของระบบราก ส่งผลให้พืชไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แม้ว่าดินจะมีความอุดมสมบูรณ์ทางเคมีสูงก็ตาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เนื้อดิน (Soil texture) หมายถึง สัดส่วนของอนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งเป็นสมบัติพื้นฐานที่ควบคุมพื้นที่ผิวจำเพาะของดิน ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารและประสิทธิภาพในการกักเก็บความชื้นของดิน

2) โครงสร้างและความพรุนของดิน (Soil structure and porosity)

โครงสร้างดิน หมายถึง ลักษณะการจัดเรียงและการรวมตัวของอนุภาคดินเดี่ยวให้เกิดเป็นเม็ดดิน (Aggregates) ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างภายในดินหรือความพรุน (Porosity) โดยดินที่มีโครงสร้างดีควรมีความพรุนประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรทั้งหมด แบ่งเป็นส่วนที่เป็นน้ำร้อยละ 25 และอากาศร้อยละ 25 (Brady & Weil, 2017) หากดินมีความพรุนต่ำจะส่งผลให้การระบายอากาศและการแพร่กระจายของก๊าซออกซิเจนลดลง ซึ่งอาจทำให้รากพืชขาดอากาศหายใจ และเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารพิษอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อระบบราก

3) ความหนาแน่นรวมและความแข็งของดิน (Bulk density and soil strength)

ความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึง มวลของดินแห้งต่อหน่วยปริมาตร ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งของดิน (Soil strength) หรือความต้านทานการแทงทะลุ (Penetration resistance) โดยหากดินมีค่าความหนาแน่นรวมสูงหรือมีสภาพอัดตัวแน่น (Soil compaction) จะส่งผลให้ความต้านทานเชิงกลเพิ่มขึ้น ทำให้รากพืชต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการชอนไช ทั้งนี้ หากความแข็งของดินสูงถึงระดับวิกฤตอาจส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืชอย่างสมบูรณ์ (Lal & Shukla, 2004; Whalley et al., 2005)

4) การเคลื่อนที่และการอุ้มน้ำของดิน (Soil water dynamics)

การเคลื่อนที่และการอุ้มน้ำของดินเกี่ยวข้องกับค่าการนำน้ำ (Hydraulic conductivity) และความสามารถในการยึดเหนี่ยวน้ำไว้ในช่องว่างเพื่อต้านทานแรงโน้มถ่วง (Water retention) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water) หากดินมีโครงสร้างที่อัดตัวแน่นหรือมีชั้นดินแข็ง (Hardpan) จะส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำถูกจำกัด ทำให้เกิดภาวะน้ำแช่ขังในเขตรากพืช หรือในทางกลับกันอาจเกิดภาวะขาดแคลนน้ำในชั้นดินล่าง เนื่องจากน้ำไม่สามารถแทรกซึมลงไปได้ (Spoor, 2006)

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อจำกัดทางกายภาพดินในพื้นที่เกษตรกรรม

5.3.1 ปัจจัยตามธรรมชาติ

1) วัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent material) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดลักษณะเนื้อดิน (Soil texture) โดยดินที่เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินทรายมักมีเนื้อดินหยาบและระบายน้ำได้เร็ว ในขณะที่ดินที่เกิดจากหินดินดานจะมีเนื้อละเอียดและมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง (Brady & Weil, 2017)

2) สภาพภูมิประเทศ (Topography) ลักษณะภูมิประเทศ เช่น ความลาดชันและตำแหน่งพื้นที่ มีผลต่อการไหลบ่าของน้ำ การสะสมของตะกอน และการพัฒนาของชั้นดิน โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมักเกิดการชะล้างพังทลายของดินมาก ในขณะที่พื้นที่ลุ่มมีแนวโน้มในการสะสมตะกอนและความชื้นในดินสูง (Lal & Shukla, 2004)

3) สภาพภูมิอากาศ (Climate) ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการผุพังอยู่กับที่ (Weathering) เช่น ฝนที่ตกหนักอาจก่อให้เกิดการอัดตัวแน่นของหน้าดินตามธรรมชาติ และทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินเหนียวลงสู่ชั้นดินล่าง (Jenny, 1994)

4) เวลา (Time) ดินที่มีระยะเวลาการก่อตัวนานจะมีการพัฒนาชั้นดินที่ชัดเจน และมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพที่ซับซ้อนกว่าดินที่เกิดใหม่ (Birkeland, 1999)

5.3.2 ปัจจัยจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1) การใช้เครื่องจักรกลเกษตร การใช้รถไถที่มีน้ำหนักมากซ้ำในระดับความลึกเดิมอาจก่อให้เกิดชั้นดินดานจากการไถพรวน (Plow pan) ซึ่งเพิ่มความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) และขัดขวางการชอนไชของรากพืช (Hamza & Anderson, 2005)

2) การจัดการระบบชลประทาน การให้น้ำมากเกินไปโดยไม่มีการระบายน้ำที่เหมาะสมอาจทำให้ดินเกิดสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Water logging) ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดินและลดช่องว่างในดิน (Pore space) (Hillel, 2008)

3) การใช้สารเคมีและการเผาเศษวัสดุ การใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องโดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุหรือการเผาตอซัง ส่งผลให้อินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter) ลดลง ซึ่งอินทรียวัตถุทำหน้าที่เป็นตัวประสานเม็ดดิน (Binding agent) ซึ่งช่วยส่งเสริมการเกิดโครงสร้างดินที่เหมาะสม (Six et al., 2000)

4) การปลูกพืชเชิงเดี่ยว การปลูกพืชชนิดเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพในดินลดลง และกระทบต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน (Soil fauna) ซึ่งมีบทบาทในการพรวนดินและสร้างช่องว่างในดินตามธรรมชาติ (Kallenbach & Grandy, 2011)

5.4 ตัวชี้วัดหลักและการประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดิน

5.4.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density: BD)

ความหนาแน่นรวมของดินเป็นตัวชี้วัดพื้นฐานที่สะท้อนถึงระดับการอัดตัวแน่นและปริมาตรช่องว่างภายในดิน โดยเมื่อค่าความหนาแน่นรวมสูง จะทำให้ช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน (Macropores) ลดลง ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดินลดลง รวมทั้งจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืช (Brady & Weil, 2017) ค่าความหนาแน่นรวมจะแปรผันตามลักษณะเนื้อดินและโครงสร้างดิน โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1.0 ถึง 1.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm³) (Arshad et al., 2015) ดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย มักมีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าดินเนื้อละเอียด เนื่องจากมีสัดส่วนรูพรุนรวม (Total porosity) ต่ำกว่า ในขณะที่ดินเนื้อปานกลางถึงเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างดีจะมีปริมาณรูพรุนรวมมากกว่า จึงมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำกว่า ทั้งนี้ ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชควรมีค่าความหนาแน่นรวมประมาณ 1.3 g/cm³ สำหรับดินเนื้อปานกลาง หรือมีช่องว่างรวมประมาณร้อยละ 50 โดยปริมาตร นอกจากนี้ Lal (1991) ระบุว่า หากดินมีค่าความหนาแน่นรวมสูงเกินกว่า 1.6 g/cm³ จะเริ่มส่งผลกระทบทางลบต่อการชอนไชของรากพืชอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การพิจารณาว่าดินมีสภาพอัดตัวแน่นเกินไปหรือไม่ จำเป็นต้องพิจารณาตามประเภทเนื้อดินประกอบด้วย เนื่องจากดินแต่ละชนิดมีค่าความหนาแน่นรวมวิกฤต (Critical bulk density) ที่แตกต่างกันตามสัดส่วนของขนาดอนุภาคดิน (Grossman & Reinsch, 2002) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นรวมของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืชตามลักษณะเนื้อดิน

Soil texture	Ideal bulk densities (g/cm^3)	Bulk densities that may affect root growth (g/cm^3)	Bulk densities that restrict root growth (g/cm^3)
Sand, loamy sand	< 1.60	1.69	> 1.80
Sandy loam, loam	< 1.40	1.63	> 1.80
Sandy clay loam, clay loam	< 1.40	1.60	> 1.75
Silts, silt loam	< 1.40	1.60	> 1.75
Silt loam, silty clay loam	< 1.40	1.55	> 1.65
Sandy clay, silty clay, clay loam	< 1.10	1.49	> 1.58
Clay (>45% clay)	< 1.10	1.39	> 1.47

ที่มา: USDA-NRCS (2001)

5.4.2 ความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance: PR)

ความต้านทานการแทงทะลุของดินเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินระดับความแข็งและการอัดตัวแน่นของดิน โดยหมายถึงแรงต้านทานที่มวลดินกระทำต่อวัตถุที่แทงทะลุผ่านเนื้อดิน ซึ่งสะท้อนถึงความยากง่ายในการชอนไชของรากพืชผ่านช่องว่างระหว่างเม็ดดินเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหาร โดยทั่วไปนิยมรายงานผลในหน่วยเมกะปาสกาล (Megapascal: MPa) ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยเครื่องเพเนโตรมิเตอร์ (Penetrometer) (Taylor et al., 1966; Whalley et al., 2007) ในด้านผลกระทบต่อพืช พบว่า หากค่า PR สูงกว่า 2 MPa จะเริ่มส่งผลจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Hamza & Anderson, 2005) ทั้งนี้ จากการศึกษาของ Canarache (1990) ได้จำแนกระดับความรุนแรงไว้ว่า ค่า PR ในช่วง 2.6–5.0 MPa จะขัดขวางการแผ่กระจายของระบบรากในระดับปานกลาง (Moderate restrictions) และหากค่า PR สูงเกินกว่า 5.1 MPa จะถือเป็นระดับวิกฤต (Critical level) ที่ยับยั้งการชอนไชของปลายรากอย่างรุนแรง ทำให้พืชไม่สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำและธาตุอาหารในดินชั้นล่างได้ ทั้งนี้ สภาวะแรงต้านทานเชิงกลของดินดังกล่าวยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขีดความสามารถทางสรีรวิทยาของพืช เนื่องจากโดยปกติรากพืชสามารถสร้างแรงดันในการแทงทะลุดิน (Root growth pressure) ได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1.0 MPa เท่านั้น (Quiros et al., 2022) ดังนั้น เมื่อความต้านทานเชิงกลของดินเพิ่มสูงเกินกว่าขีดความสามารถที่รากจะเอาชนะได้ จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อการยืดตัวและการพัฒนาของระบบรากพืช โดยมีรายละเอียดระดับชั้นความต้านทานแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับชั้นความต้านทานการแทงทะลุของดิน

Penetration resistance classes	Limits (MPa)	Limitations for root growth
Very low	$\leq$ 1.0	No limitations
Low	1.1 - 2.5	Weak limitations
Medium	2.6 - 5.0	Moderate restrictions
High	5.1 - 10.0	Critical restrictions
Very high	10.1 - 15.0	Virtually no root growth
Extremely high	$\geq$ 15.0	No root growth

ที่มา: ดัดแปลงจาก Canarache (1990)

5.4.3 ตัวชี้วัดสนับสนุน

1) ความพรุนรวมของดิน (Soil porosity) หมายถึง สัดส่วนของช่องว่างในดินเมื่อเทียบกับปริมาตรรวมของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการถ่ายเทอากาศและการกักเก็บน้ำ โดยดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชควรมีความพรุนรวมประมาณร้อยละ 50 เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างการระบายน้ำและการแลกเปลี่ยนอากาศในเขตรากพืช และหากความพรุนรวมลดต่ำกว่าร้อยละ 30–40 จะถือเป็นระดับวิกฤตที่ส่งผลให้รากพืชเผชิญกับสภาวะขาดออกซิเจน และขัดขวางการพัฒนาของระบบรากอย่างรุนแรง (Lal & Shukla, 2004)

2) ความสามารถในการนำน้ำของดินในสภาพอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity: K_{sat}) เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านช่องว่างในดินภายใต้สภาวะที่ช่องว่างทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยน้ำ โดยค่าที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1.0–15.0 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ซม./ชม.) (Brady & Weil, 2017) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติพบว่า ช่วง 1.5–5.0 ซม./ชม. เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการสร้างสมดุลระหว่างการระบายน้ำและการกักเก็บความชื้นได้ดีที่สุดสำหรับพืชไร่ส่วนใหญ่ (Lal & Shukla, 2004) ทั้งนี้ หากค่า K_{sat} ต่ำกว่า 0.1 ซม./ชม. จะถือเป็นระดับวิกฤตที่สะท้อนถึงปัญหาการอัดตัวแน่นของดินหรือลักษณะของเนื้อดินที่มีสัดส่วนดินเหนียวจัด ซึ่งมักนำไปสู่ปัญหาน้ำแช่ขัง และสภาวะรากพืชขาดอากาศได้ (Brady & Weil, 2017)

5.5 แนวคิดการใช้ค่าความหนาแน่นรวมและความต้านทานการแทงทะลุของดินร่วมกันเพื่อประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

การเจริญเติบโตของรากพืชเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความสมดุลระหว่างช่องว่างในดิน (Porosity) เพื่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและน้ำ กับความแข็งแรงของโครงสร้างดิน (Soil strength) เพื่อการค้ำจุนและแผ่ขยายของราก การประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินจึงไม่สามารถพิจารณาเพียงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งได้ เนื่องจากโครงสร้างดินมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ในงานวิจัยด้านกายภาพดินนิยมใช้ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density: BD) และค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance: PR) เป็นตัวชี้วัดคู่ขนาน เนื่องจากทั้งสองค่าสามารถสะท้อนสภาวะการอัดตัวแน่น

ของดิน (Soil Compaction) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการแพร่กระจายของรากพืชโดยตรง (Bengough et al., 2011) โดยค่า BD ทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ระดับการอัดตัวและความพรุนของดินในภาพรวม ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศ (USDA-NRCS, 2008) ในขณะที่ค่า PR เป็นตัวชี้วัดแรงต้านทานเชิงกลที่รากพืชต้องเผชิญจริง ณ ขณะนั้น ซึ่งหากมีค่าสูงกว่า 2.0 เมกะปาสกาล (MPa) จะเริ่มจำกัดการยืดตัวของรากพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Whalley et al., 2013) แนวคิดการใช้ตัวชี้วัดคู่ขนานนี้สอดคล้องกับหลักการ Least Limiting Water Range (LLWR) ที่เสนอโดย da Silva et al. (1994) ซึ่งระบุว่าช่วงความชื้นที่เหมาะสมต่อพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเพียงอย่างเดียว แต่ยังถูกจำกัดด้วยปัจจัยด้านการถ่ายเทอากาศในดิน (Air-filled porosity) และค่า PR ที่แปรผันตามระดับของ BD ในดิน การวิเคราะห์ค่า BD และ PR ร่วมกันจึงช่วยให้สามารถประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อระบบรากพืชได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว (Reynolds et al., 2009)

นอกจากนี้ การใช้ตัวชี้วัดร่วมกันดังกล่าวยังสอดคล้องกับกรอบการประเมินสุขภาพดินของ Cornell Comprehensive Assessment of Soil Health (CASH) ซึ่งเป็นระบบประเมินสุขภาพดินแบบบูรณาการที่พิจารณาตัวชี้วัดทางกายภาพ เคมี และชีวภาพร่วมกัน โดยตัวชี้วัดทางกายภาพที่สำคัญประกอบด้วย ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity) ความแข็งของชั้นดินบนและชั้นดินล่าง (Surface and subsurface hardness) และเสถียรภาพของเม็ดดิน (Aggregate stability) (Moebius-Clune et al., 2016) โดยตัวชี้วัดด้านความแข็งของดินในระบบ CASH ใช้การวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินด้วยเครื่องเพเนโตรมิเตอร์ (Penetrometer) เพื่อประเมินระดับการอัดตัวของดิน ซึ่งสามารถสะท้อนสภาพข้อจำกัดเชิงกลของดินต่อการเจริญเติบโตของระบบรากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Schindelbeck et al., 2008)

5.5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวชี้วัด

การพิจารณาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density: BD) ร่วมกับค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance: PR) ช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพความแข็งแรงของดินได้อย่างแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากทั้งสองค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยดินที่มีค่า BD สูงมักมีค่า PR สูงตามไปด้วยในลักษณะเส้นตรงหรือแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Busscher et al., 2001; Taylor et al., 1966) ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของปริมาตรช่องว่างและการเพิ่มขึ้นของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดินจากการบดอัด การพิจารณาตัวชี้วัดทั้งสองร่วมกันจึงช่วยให้เข้าใจถึงระดับความรุนแรงของอุปสรรคทางกายภาพได้ชัดเจนกว่าการพิจารณาเพียงค่าใดค่าหนึ่ง เนื่องจากดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมสูงจะส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของช่องว่างขนาดใหญ่ (Macropores) ซึ่งเป็นเส้นทางหลักในการแพร่กระจายของรากและการระบายอากาศ ส่งผลให้รากพืชต้องใช้พลังงาน (Root pressure) มากขึ้นในการดันผ่านโครงสร้างดินที่อัดตัวแน่นเพื่อหาแหล่งน้ำและธาตุอาหาร (Whalley et al., 2007; Bengough et al., 2011)

5.5.2 การประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density: BD) ร่วมกับค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance: PR) สามารถช่วยระบุตำแหน่งและระดับความรุนแรงของข้อจำกัดทางกายภาพของดินที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดิน โดยหากพบว่าค่า PR สูงกว่า 5.1 MPa ซึ่งเป็นระดับวิกฤตที่จำกัดการเจริญของรากพืชอย่างรุนแรง (Canarache, 1990) ร่วมกับค่า BD ที่สูงกว่าเกณฑ์วิกฤตตามชนิดเนื้อดิน (USDA-NRCS, 2001) จะบ่งชี้ว่าดินมีข้อจำกัดทางกายภาพในระดับรุนแรง และควรได้รับการจัดการปรับปรุงอย่างเหมาะสม

5.5.3 แนวทางการจัดการดินเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ

1) การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน

การใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือพืชปุ๋ยสด เป็นแนวทางหลักในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานเม็ดดิน (Binding agent) ช่วยเพิ่มความเสถียรของโครงสร้างดินและลดแรงต้านทานการแทงทะลุของดิน (Six et al., 2000)

2) การจัดการดินแบบอนุรักษ์

การลดการไถพรวน (Reduced tillage) หรือการไม่ไถพรวน (No-till) ควบคู่กับการปลูกพืชหมุนเวียนและพืชคลุมดิน เป็นกลยุทธ์สำคัญในการรักษาโครงสร้างดินและป้องกันการอัดตัวแน่นจากการใช้เครื่องจักรกลหนัก การคงเศษซากพืชปกคลุมผิวดินช่วยลดแรงกระแทกจากเม็ดฝนที่ก่อให้เกิดการตั้งตัวของชั้นดินแข็งที่ผิวดิน (Hamza & Anderson, 2005)

3) การปรับปรุงดินเชิงกล

ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดทางกายภาพในระดับวิกฤตหรือมีการสะสมของชั้นดินแข็ง (Hardpan) ในระดับลึก จำเป็นต้องใช้วิธีการไถระเบิดดินดาน (Subsoiling) หรือการไถพรวนลึกเพื่อทำลายโครงสร้างดินที่อัดตัวแน่นเชิงกล เพื่อให้ชั้นดินเกิดการแตกตัว ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาตรช่องว่างและการถ่ายเทอากาศในดินชั้นล่างได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงเชิงกลมักให้ผลลัพธ์ในระยะสั้น จึงควรดำเนินการร่วมกับการเติมวัสดุปรับปรุงดินหรือการจัดการพืชเพื่อรักษาโครงสร้างดินที่ถูกทำลายให้คงสภาพความพรุนตัวไว้ได้อย่างยั่งยืน (Spoor, 2006; Schneider et al., 2017)

6. สรุปสาระและขั้นตอนการดำเนินการ

6.1 สรุปสาระ

6.1.1 หลักการและเหตุผล

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศและการผลิตทางการเกษตร โดยดินที่มีคุณภาพดีควรมีสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพซึ่งมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาของระบบราก การเคลื่อนที่ของน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดิน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เกษตรกรรมหลายแห่งมักพบข้อจำกัดทางกายภาพของดิน (Soil physical constraints) ซึ่งส่งผลให้ดินไม่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ข้อจำกัดดังกล่าวมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดิน การลดลงของปริมาตรช่องว่างในดิน หรือการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานเชิงกล ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพที่สำคัญ เช่น ความพรุน (Porosity) ความสามารถในการนำน้ำของดิน (Hydraulic conductivity) และอัตราการซาบซึมน้ำ (Infiltration rate) ลดลง (Blake and Hartge, 1986; Singh et al., 2015) การเปลี่ยนแปลงของสมบัติดังกล่าวส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บและระบายน้ำของดินลดลง ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง และการเกิดน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ เมื่อดินมีแรงต้านทานเชิงกลสูง จะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญของรากพืช ทำให้รากไม่สามารถชอนไชลงสู่ชั้นดินลึกได้ ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารลดลง และอาจกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร (Yu et al., 2024)

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำท่าจีน ครอบคลุมพื้นที่บริเวณรอยต่อ 4 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี และอุทัยธานี จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อยและมันสำปะหลัง (ทศนัศว์ และคณะ, 2567) อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่องและการจัดการดิน

ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง โครงสร้างดินเสื่อมสภาพ และลดความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2560) ซึ่งความเสื่อมโทรมทางกายภาพดังกล่าวถือเป็นข้อจำกัดทางกายภาพของดินที่สำคัญ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดเชิงกายภาพที่สำคัญ และปัจจุบันยังขาดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับความรุนแรงของข้อจำกัดดังกล่าวในพื้นที่นี้

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินในพื้นที่เกษตรกรรมลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยใช้ค่าความหนาแน่นรวมและค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินเป็นตัวชี้วัดหลัก เพื่อวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของข้อจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของระบบรากพืช ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการเสนอแนะแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสนับสนุนการผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืนในพื้นที่ต่อไป

6.1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นรวมกับค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืชในพื้นที่เกษตรกรรมลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

2) เพื่อจัดทำเกณฑ์ประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืชโดยใช้ค่าความหนาแน่นรวมของดินและค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินเป็นดัชนีชี้วัด

3) เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมสำหรับลดข้อจำกัดทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา

6.1.3 สมมติฐานการศึกษา

1) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างดินและสมบัติทางกายภาพของดิน โดยดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมีแนวโน้มช่วยลดข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

2) ลักษณะเนื้อดินมีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของดินและค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินในพื้นที่ศึกษา

3) ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil Penetration Resistance) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) ในพื้นที่เกษตรลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

4) ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินในระดับความลึก 25–50 เซนติเมตร มีแนวโน้มสูงกว่าระดับความลึก 0–25 เซนติเมตร และอาจเป็นข้อจำกัดต่อการชอนไชของรากพืชมากกว่า

5) การใช้ค่าความหนาแน่นรวมของดินร่วมกับค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการประเมินระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืชได้

6.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ได้แก่ การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา การเก็บตัวอย่างดิน การวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ การวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และการประเมินระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ดังนี้

1) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของพื้นที่ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด สับปะรด และยางพารา

2) เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายเนื้อดิน ครอบคลุม 3 กลุ่มเนื้อดิน เพื่อสะท้อนความแปรปรวนของสมบัติดินทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา ได้แก่

2.1) กลุ่มดินเนื้อหยาบ ประกอบด้วย ดินทราย ดินทรายร่วน และดินร่วนปนทราย

2.2) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง ประกอบด้วย ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และดินเหนียวปนทรายแป้ง

2.3) กลุ่มดินเนื้อละเอียด ประกอบด้วย ดินเหนียว ดินร่วนเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง

3) กำหนดจุดศึกษารวมทั้งสิ้น 60 จุด โดยทำการเก็บข้อมูลดิน 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0–25 และ 25–50 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการประเมินสมบัติทางกายภาพของดินที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยจำนวนตัวอย่างดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติและการทดสอบสมมติฐานทางวิชาการ ซึ่งโดยทั่วไปการศึกษาทางปฐพีวิทยามักกำหนดจำนวนตัวอย่างมากกว่า 30 ตัวอย่าง เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและเป็นไปตามหลักการกระจายตัวทางสถิติ (Ott & Longnecker, 2010)

6.2.2 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษา

6.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินภาคสนามในพื้นที่ศึกษาตามลักษณะชั้นดินที่ปรากฏในแต่ละพื้นที่ ซึ่งระดับความลึกของชั้นดินอาจมีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมและการกำเนิดดิน อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสมบัติดินระหว่างจุดศึกษาได้อย่างเป็นระบบ ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดระดับความลึกของดินให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน 2 ระดับ ได้แก่ 0–25 เซนติเมตร และ 25–50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงความลึกที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของรากพืชและการจัดการดินทางการเกษตร

การเก็บตัวอย่างดิน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (Undisturbed soil sample) เก็บโดยใช้กระบอกโลหะเก็บตัวอย่าง (Core sampler) เพื่อรักษาโครงสร้างเดิมตามธรรมชาติของดิน สำหรับนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพโดยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

2) ตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้าง (Disturbed soil sample) เก็บโดยใช้เครื่องมือเก็บดินภาคสนาม สำหรับนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินโดยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

6.2.4 การวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

6.2.4.1 สมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่

1) เนื้อดิน (Texture) โดยวิธี Pipette method (Reynolds, 1993)

2) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยวิธี Core method (Blake, 1965)

3) ความหนาแน่นอนุภาคดิน (Particle density) โดยวิธี วัดน้ำหนักต่อปริมาตร (Gee, 1986)

4) ความพรุนรวมของดิน (Total porosity) คำนวณจากสูตร ความพรุนรวม = 1 - $\rho b/\rho s$ (เมื่อ ρb คือ ค่าความหนาแน่นรวมของดิน และ ρs คือ ค่าความหนาแน่นอนุภาคดิน)

5) สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity: K_{sat}) โดยวิธี Constant head method (Reynolds, 1993)

6) ปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity: AWCA) โดยวิธี Pressure plate apparatus (Klute, 1986) คำนวณจากผลต่างของปริมาณความจุความชื้นสนาม (Field capacity, FC, 1/3 บรรยากาศ) กับปริมาณความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรของพืช (Permanent wilting point, PWP, 15 บรรยากาศ)

7) เสถียรภาพของเม็ดดิน (Aggregate stability) วิเคราะห์โดยวิธี Wet sieving (Kemper, 1986)

6.2.4.2 สมบัติดินทางเคมี วิเคราะห์เพื่อใช้ประกอบการอธิบายสมบัติดิน ได้แก่

1) ปฏิกิริยาดิน (Soil pH, pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter ในสารละลายดินต่อน้ำอัตราส่วน 1:1 (Peech, 1965)

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter: OM) โดยวิธี Wet oxidation (Walkley & Black, 1934)

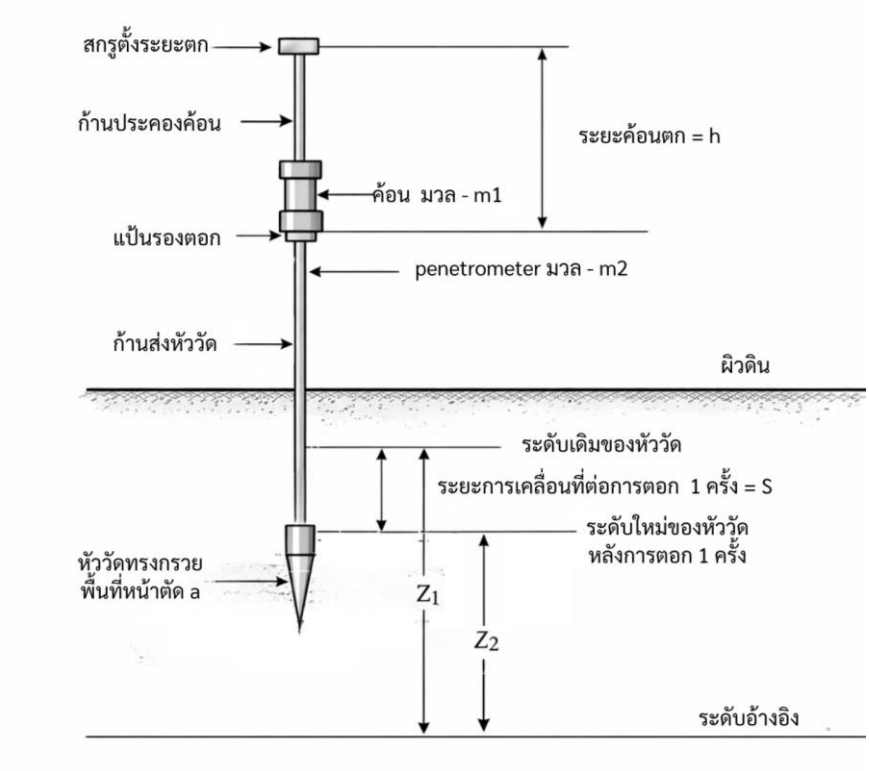
3) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity: CEC) โดยวิธีวิธี Ammonium acetate (Chapman, 1965)

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี colorimetric (Bray and Kurtz, 1945)

5) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยวิธี Ammonium acetate extraction (Chapman, 1965)

6.2.5 การวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance: PR)

ดำเนินการวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินในพื้นที่ศึกษาด้วยอุปกรณ์ Dynamic Cone Penetrometer โดยใช้หลักการวัดแรงต้านของมวลดินต่อการแทงทะลุของกรวยโลหะ การทดสอบอาศัยน้ำหนักจากตุ้มเหล็กมาตรฐานตอกลงบนก้านเหล็กเพื่อให้หัวกรวยโลหะเคลื่อนที่ลงสู่ชั้นดิน พร้อมบันทึกค่าความลึกที่เพิ่มขึ้นจากการตอกในแต่ละครั้ง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน การวัดดำเนินการในทุกจุดศึกษาตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงความลึก 50 เซนติเมตร เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของดินตามระดับความลึก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับข้อจำกัดของดินที่มีต่อการชอนไชของระบบรากพืช



ภาพที่ 1 Dynamic Cone Penetrometer
(ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549)

สมการคำนวณค่าความต้านทานการแทงทะลุดินสำหรับการวัดด้วย Dynamic Cone Penetrometer

$$PR = \frac{F}{a} = \frac{m_1 gh}{aS}\left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) + \frac{g}{a}(m_1 + m_2)$$

เมื่อ PR = ความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Pa)
m_1 = มวลของค้อน (kg)
m_2 = มวลของ penetrometer (หัววัด+ก้านส่ง+ก้านประคองค้อน) (kg)
h = ระยะตกของค้อน (m)
a = พื้นที่หน้าตัดโคนกรวย (m^2)
S = ระยะทางเคลื่อนที่ของหัววัดต่อการตอก 1 ครั้ง
g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

6.2.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Soil penetration resistance) และค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยพิจารณาตามลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation analysis) แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ จะใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ลำดับที่ของสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation) และเปรียบเทียบค่าความต้านทานการ

แทงทะลุของดินและค่าความหนาแน่นรวมของดินระหว่างระดับความลึกของดินโดยใช้ Independent t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

6.2.7 การประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดิน

ประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินโดยวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Penetration Resistance: PR) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density: BD) และลักษณะเนื้อดิน (Soil texture) เพื่อระบุระดับความรุนแรงของข้อจำกัดที่มีต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การประเมินจากค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Penetration Resistance: PR)

นำค่าที่วิเคราะห์ได้มาแปลผลตามเกณฑ์ที่ดัดแปลงจากเกณฑ์ของ Canarache (1990) และ Hamza & Anderson (2005) เพื่อประเมินระดับความยากง่ายในการชอนไชของระบบรากพืชผ่านชั้นดิน โดยจำแนกการประเมินออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- ระดับไม่มีข้อจำกัด (PR $\leq$ 2.0 MPa) หมายถึง ดินมีแรงต้านทานต่ำ ไม่เป็นอุปสรรคทางกายภาพที่ขัดขวางการยืดตัวของรากพืช
- ระดับเริ่มมีข้อจำกัด (PR 2.1 – 5.1 MPa) หมายถึง ดินเริ่มมีแรงต้านทานต่อการเจริญของรากพืช ส่งผลให้อัตราการยืดตัวของรากลดลงและรากชอนไชผ่านชั้นดินได้ยากขึ้น
- ระดับข้อจำกัดวิกฤต (PR > 5.1 MPa) หมายถึง ดินมีแรงต้านทานสูงมาก จนอาจจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชอย่างรุนแรง

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินจากค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

ระดับข้อจำกัด	ค่าความต้านทานการแทงทะลุ (MPa)	คำอธิบายความหมาย
ไม่มีข้อจำกัด	$\leq$ 2.0	ดินมีแรงต้านทานต่ำ ไม่พบอุปสรรคทางกายภาพที่ขัดขวางการยืดตัวของรากพืช
เริ่มมีข้อจำกัด	2.1 – 5.1	ดินเริ่มมีแรงต้านทาน ทำให้อัตราการยืดตัวของรากลดลง และรากชอนไชผ่านชั้นดินได้ยากขึ้น
ข้อจำกัดวิกฤต	> 5.1	ดินมีแรงต้านทานสูงมาก จนอาจจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชอย่างรุนแรง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Canarache (1990) และ Hamza & Anderson (2005)

2) การประเมินจากค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density: BD)

นำค่าความหนาแน่นรวมที่วิเคราะห์มาแปลผลตามเกณฑ์ความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืชตามลักษณะเนื้อดิน ซึ่งดัดแปลงจาก USDA-NRCS (2001) โดยจำแนกการประเมินออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- ระดับไม่มีข้อจำกัด (Ideal Bulk Densities) หมายถึง ค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืช
- ระดับเริ่มมีข้อจำกัด (Affect Root Growth) หมายถึง ค่าความหนาแน่นรวมของดินเริ่มส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช
- ระดับข้อจำกัดวิกฤต (Restrict Root Growth) หมายถึง ค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงจนจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินระดับข้อจำกัดจากค่าความหนาแน่นรวมของดินตามลักษณะเนื้อดิน

เนื้อดิน	ค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) g/cm^3		
	ระดับไม่มีข้อจำกัด	ระดับเริ่มมีข้อจำกัด	ระดับข้อจำกัดวิกฤต
ทราย (Sand) ทรายปนร่วน (Loamy sand)	< 1.60	1.60 - 1.80	> 1.80
ร่วนปนทราย (Sandy loam) ร่วน (Loam)	< 1.40	1.40 - 1.80	> 1.80
ร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam) ทรายแป้ง (Silt) ร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ร่วนเหนียว (Clay loam)	< 1.40	1.40 - 1.75	> 1.75
ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay loam)	< 1.40	1.40 - 1.65	> 1.65
เหนียวปนทราย (Sandy clay) เหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay)	< 1.10	1.10 - 1.58	> 1.58
เหนียว (Clay)	< 1.10	1.10 - 1.47	> 1.47

ที่มา: ดัดแปลงจาก USDA-NRCS (2001)

3) การสรุปภาพรวมระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

สรุประดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยพิจารณาร่วมกันระหว่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Penetration Resistance: PR) และค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density: BD) ร่วมกับลักษณะเนื้อดิน สำหรับหลักเกณฑ์การตัดสินใจนั้น หากผลการประเมินจากค่า PR และ BD มีความแตกต่างกัน ให้ยึดระดับที่มีความรุนแรงสูงกว่าเป็นเกณฑ์ในการจัดชั้นข้อจำกัดทางกายภาพของดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง โดยจำแนกการประเมินออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- ระดับข้อจำกัดน้อย (Low limitation) หมายถึง ค่า PR และ BD อยู่ในระดับไม่มีข้อจำกัด ซึ่งสะท้อนว่าสภาพดินยังคงเอื้ออำนวยต่อการเจริญของรากพืชได้ดี

- ระดับข้อจำกัดปานกลาง (Moderate limitation) หมายถึง ค่า PR หรือ BD อย่างใดอย่างหนึ่งอยู่ในระดับเริ่มมีข้อจำกัด แสดงว่าดินเริ่มมีสภาพทางกายภาพที่อาจลดประสิทธิภาพการชอนไชของรากพืช

- ระดับข้อจำกัดวิกฤต (Critical limitation) หมายถึง ค่า PR หรือ BD อย่างใดอย่างหนึ่งอยู่ในระดับข้อจำกัดวิกฤต แสดงว่าดินมีข้อจำกัดทางกายภาพสูง ซึ่งส่งผลขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช ตลอดจนการเคลื่อนที่ของน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินอย่างชัดเจน

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินโดยพิจารณาจากค่า PR และ BD

ระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดิน	ค่า Penetration Resistance (PR)*	ค่า Bulk Density (BD)**	ความหมายเชิงการเจริญเติบโตของรากพืช
ไม่มีข้อจำกัด (Low limitation)	ไม่มีข้อจำกัด	ไม่มีข้อจำกัด	รากพืชสามารถชอนไชลงสู่ดินได้ดี ระบบรากพัฒนาได้ตามศักยภาพ
เริ่มมีข้อจำกัด (Moderate limitation)	เริ่มมีข้อจำกัด	เริ่มมีข้อจำกัด	รากพืชเริ่มได้รับผลกระทบจากแรงต้านของดิน อัตราการยืดตัวของรากลดลง
ข้อจำกัดวิกฤต (Critical limitation)	ข้อจำกัดวิกฤต	ข้อจำกัดวิกฤต	ดินมีแรงต้านสูง ทำให้รากพืชชอนไชผ่านชั้นดินได้ยาก และจำกัดการพัฒนาของระบบราก

หมายเหตุ * ประเมินจากค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (PR) ดัดแปลงจากเกณฑ์ของ Canarache (1990) และ Hamza & Anderson (2005) (รายละเอียดในตารางที่ 3) ** ประเมินจากตามเกณฑ์ความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืชตามลักษณะเนื้อดิน ดัดแปลงจาก USDA-NRCS (2001) (รายละเอียดในตารางที่ 4)

6.2.8 การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

นำผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน มาวิเคราะห์เชื่อมโยงร่วมกับค่าความต้านทานการแทงทะลุและค่าความหนาแน่นรวมของดิน เพื่อประเมินระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการเสนอแนะแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

7. ผู้ร่วมดำเนินการ

7.1 ชื่อ-นามสกุล นางสาวประไพพิศ ศรีมาวงษ์ ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบข้อมูลผลการดำเนินงาน ปฏิบัติงานร้อยละ 5

7.2 ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุวภัทร สกุลอารีย์มิตร ตำแหน่ง นักสำรวจดินปฏิบัติการ มีหน้าที่ สำรวจพื้นที่เก็บข้อมูลดินภาคสนาม และจัดทำแผนที่ ปฏิบัติงานร้อยละ 15

8. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุจิตรา ไทยเทศ ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ มีหน้าที่วางแผนงานวิจัย รวบรวมเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ตัวอย่างดิน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงาน ปฏิบัติงานร้อยละ 80

9. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

9.1 เชิงปริมาณ

9.1.1 ได้ชุดข้อมูลสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่เกษตรกรรมลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว จำนวน 60 จุดตัวอย่าง ครอบคลุมความลึก 0–25 และ 25–50 เซนติเมตร

9.1.2 สามารถจำแนกระดับข้อจำกัดทางกายภาพของดินต่อการเจริญเติบโตของรากพืชในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ไม่มีข้อจำกัด เริ่มมีข้อจำกัด และข้อจำกัดวิกฤต โดยใช้เกณฑ์การประเมินจากค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินและค่าความหนาแน่นรวมของดิน

9.2 เชิงคุณภาพ

9.2.1 ได้แนวทางการประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินโดยใช้ค่าความหนาแน่นรวมและความต้านทานการแทงทะลุเป็นตัวชี้วัด

9.2.2 สามารถระบุพื้นที่หรือชั้นดินที่มีแนวโน้มเป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของรากพืชได้

9.2.3 ได้ข้อมูลสนับสนุนการวางแผนจัดการดินในพื้นที่ศึกษาอย่างเหมาะสม โดยสามารถนำข้อมูลสมบัติดินที่ได้ไปใช้กำหนดแนวทางการปรับปรุงและฟื้นฟูดินให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่พบในแต่ละพื้นที่

10. การนำไปใช้ประโยชน์

10.1 ด้านการจัดการดินเชิงพื้นที่ สามารถนำผลการศึกษาไปใช้วางแผนการจัดการดินในระดับพื้นที่ เช่น การกำหนดช่วงความลึกที่เหมาะสมสำหรับการไถระเบิดดินดาน การควบคุมน้ำหนักและทิศทางการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อป้องกันการอัดแน่นซ้ำซ้อน รวมถึงการวางระบบการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อฟื้นฟูโครงสร้างดิน

10.2 ด้านการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น การเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อลดความหนาแน่นรวมและการเพิ่มช่องว่างในดิน ซึ่งจะช่วยลดอุปสรรคต่อการเจริญและการชอนไชของรากพืช ส่งผลให้พืชสามารถดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว

10.3 ด้านงานวิจัยและการศึกษาต่อยอด ใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาเปรียบเทียบข้อจำกัดทางกายภาพของดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และเป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการดินที่เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดในแต่ละพื้นที่ต่อไป

11. ความยุ่งยากในการดำเนินการ/ปัญหา/อุปสรรค

11.1 ความหลากหลายของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณรอยต่อของ 4 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี และอุทัยธานี ซึ่งมีความหลากหลายของชุดดิน สภาพภูมิประเทศ และรูปแบบการจัดการดินของเกษตรกรที่แตกต่างกัน ปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของข้อมูลในการวิเคราะห์สมบัติดินและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ดังนั้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูล (Data grouping) ตามลักษณะเนื้อดิน เพื่อลดอิทธิพลของปัจจัยรบกวนและเพิ่มความแม่นยำในการแปลผลข้อมูลให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง

11.2 ข้อจำกัดด้านจำนวนตัวอย่าง

จำนวนจุดตัวแทนที่นำมาศึกษาในพืชบางชนิดยังมีจำกัดตามฐานข้อมูลการสำรวจที่มีอยู่ในพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลให้การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบผลระหว่างชนิดพืช ยังไม่ครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินข้อจำกัดทางกายภาพของดินและใช้ประกอบการวิเคราะห์สภาพดินในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาได้

12. ข้อเสนอแนะ

12.1 การศึกษาอิทธิพลของความชื้นดินต่อค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน

เนื่องจากค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Penetration Resistance: PR) มีความแปรผันตามระดับความชื้นในดิน จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นดินกับค่า PR ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เช่น ช่วงต้นฤดูฝนและช่วงหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อระบุช่วงความชื้นของดินที่ส่งผลให้ค่าความต้านทานของดินเพิ่มสูงจนเป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ข้อมูลดังกล่าวจะช่วยสนับสนุนการวางแผนการเตรียมดินและการจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมได้อย่างเหมาะสม

12.2 การศึกษาผลกระทบของเครื่องจักรกลเกษตรต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

ควรมีการศึกษาผลกระทบจากการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรประเภทต่าง ๆ ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่นรวมและค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินในระดับในระดับความลึกที่แตกต่างกัน เพื่อทำความเข้าใจผลกระทบของการใช้เครื่องจักรต่อโครงสร้างดินได้อย่างชัดเจนและใช้เป็นข้อมูลประกอบในการกำหนดแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมในพื้นที่เกษตรกรรม

12.3 การติดตามผลของการจัดการดินเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน

ควรมีการศึกษาติดตามผลในระยะยาวของมาตรการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น การไถระเบิดดินดาน (Subsoiling) การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และการใช้พืชที่มีระบบรากหยั่งลึก (Biological drilling) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแนวทางดังกล่าวต่อการปรับปรุงโครงสร้างดิน การเพิ่มช่องว่างในดินและการส่งเสริมการเจริญเติบโตของระบบรากพืช ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบการจัดการดินที่ยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรม

12.4 การพัฒนาฐานข้อมูลและแผนที่ข้อจำกัดทางกายภาพของดิน เพื่อใช้สนับสนุนการวางแผนการจัดการดินในระดับพื้นที่

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....สุจิตรา ไทยเทศ.....
(นางสาวสุจิตรา ไทยเทศ)
ผู้เสนอผลงาน
วันที่ ๑ /พฤษภาคม/ ๒๕๖๙

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินการของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....สุวภัทร.....
(นางสาวสุวภัทร สกุลอารีย์มิตร)
ผู้ร่วมดำเนินการ
วันที่ ๑ /พฤษภาคม/ ๒๕๖๙

ลงชื่อ.....ประไพพิศ.....
(นางสาวประไพพิศ ศรีมาวงษ์)
ผู้ร่วมดำเนินการ
วันที่ ๑ /พฤษภาคม/ ๒๕๖๙

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....หทัยรัตน์.....
(นางสาวหทัยรัตน์ พิชัยณรงค์)
ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยกายภาพดิน
วันที่ ๑ /พฤษภาคม/ ๒๕๖๙

ลงชื่อ.....ปิ่นเพชร.....
(นางปิ่นเพชร ดีล้อม)
ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
วันที่ ๑ /พฤษภาคม/ ๒๕๖๙

ข้อเสนอแนวคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน

ของ นางสาวสุจิตรา ไทยเทศ
เพื่อประกอบการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ตำแหน่งเลขที่ 1419
กลุ่มวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

1. เรื่อง การจัดทำคู่มือมาตรฐานการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยวิธี Core Method เพื่อการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน
(Development of a Standard Operating Procedure for Undisturbed Soil Sampling by the Core Method for Soil Physical Property Analysis)

2. หลักการและเหตุผล

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินเป็นส่วนสำคัญในการทำความเข้าใจลักษณะต่างๆ ของดิน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชและกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในดิน เช่น การหมุนเวียนของน้ำและธาตุอาหาร การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนแก๊สในดิน สมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญ ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุน รวมถึงความสามารถในการกักเก็บและระบายน้ำ ล้วนเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการวางแผนจัดการดินให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในเชิงเกษตรกรรมและการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน ในการศึกษาสมบัติเหล่านี้ ขั้นตอนแรกที่สำคัญคือ การเก็บตัวอย่างดิน เนื่องจากการเลือกเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี (Representative Sample) ของพื้นที่ จะช่วยให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำและสะท้อนถึงลักษณะทางกายภาพที่แท้จริงของดินในแปลงนั้นๆ หากกระบวนการเก็บตัวอย่างไม่ถูกต้องหรือไม่ครอบคลุมลักษณะความแปรปรวนของพื้นที่ ข้อมูลที่ได้รับย่อมเกิดความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (Undisturbed Soil Sample) โดยการใช้กระบอกโลหะเก็บตัวอย่าง (Core Method) ถือเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างดินที่นิยมใช้เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่มีโครงสร้างคงเดิมตามธรรมชาติมากที่สุด โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งในแง่ของการจัดเรียงตัวของอนุภาคดิน ช่องว่างอากาศ และความชื้นในดิน การเก็บตัวอย่างโดยวิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำดินไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นดิน และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณตัวอย่างดินในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 - 2568 พบว่า มีตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยวิธี Core Method จากหน่วยงานต่างๆ ทั้งในกรมพัฒนาที่ดิน หน่วยงานราชการอื่น สถาบันการศึกษา และหน่วยงานเอกชน ส่งเข้ามาวิเคราะห์ที่กลุ่มวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน รวมจำนวนทั้งสิ้น 9,662 ตัวอย่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 3,200 ตัวอย่างต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดิน ผู้ปฏิบัติงานได้สังเกตพบลักษณะของตัวอย่างดินที่อาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ ได้แก่ การปะปนของกรวดหิน หรือเศษรากพืชขนาดใหญ่ในตัวอย่างดิน ปริมาตรตัวอย่างดินไม่เต็มกระบอกเก็บ การเก็บตัวอย่างขณะที่ดินเปียกหรือแห้งเกินไป รวมถึงการปิดผนึกภาชนะเก็บตัวอย่างที่ไม่สนิท ซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่สะท้อนสภาพที่แท้จริงของพื้นที่ ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับขาดความแม่นยำและไม่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

3. บทวิเคราะห์/แนวความคิด/ข้อเสนอ และข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

การเก็บตัวอย่างดินเป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์สมบัติของดิน เนื่องจากความแม่นยำของผลวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา ดังนั้น ตัวอย่างดินที่เก็บมาจึงต้องเป็นตัวแทนที่ดีของดินในพื้นที่นั้น เพื่อให้ข้อมูลผลวิเคราะห์ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการจัดการทรัพยากรดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความหนาแน่นรวม ความชื้น และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะที่ออกแบบมาเพื่อลดการรบกวนและคงสภาพโครงสร้างดินให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด เช่น กระบอกโลหะเก็บตัวอย่าง (Core Sampler) การใช้เครื่องมือเหล่านี้ต้องอาศัยความชำนาญและความระมัดระวังในการปฏิบัติงาน รวมถึงการเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีรากพืชขนาดใหญ่ รูของสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นที่อาจส่งผลต่อตัวอย่างดินที่เก็บ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและสอดคล้องกับสภาพดินจริงในแปลงนั้นๆ

ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าตัวอย่างดินที่ส่งมาวิเคราะห์เป็นตัวแทนที่ดีของดินในบริเวณที่ศึกษา และใช้วิธีการเก็บดินที่ถูกต้องเหมาะสม จึงมีแนวคิดในการจัดทำคู่มือมาตรฐานการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยวิธี Core Method

3.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยวิธี Core Method สำหรับนำมาใช้วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

2) เพื่อเสริมสร้างความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานภาคสนามให้กับผู้ขอรับบริการหรือบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการเก็บตัวอย่างดิน ให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) แต่งตั้งคณะทำงาน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์วิจัยดินทางกายภาพ ผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในกลุ่มวิจัยกายภาพดิน และผู้ที่มีประสบการณ์ในการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม เพื่อรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลให้มีความถูกต้องและครบถ้วนตามหลักวิชาการ

2) กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของคู่มือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3) การสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทางวิชาการ ดำเนินการศึกษาและรวบรวมเอกสารทางวิชาการระเบียบปฏิบัติ และข้อกำหนดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ โดยอ้างอิงมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับ เช่น ASTM D2937 (Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method) และ ISO 11272 (Soil quality - Determination of dry bulk density) เป็นต้น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลักในการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน

4) การกำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบของคู่มือ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) บทนำ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ ขอบเขตการใช้งาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการนำไปปฏิบัติ

(2) หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ความสำคัญของการเก็บตัวอย่างดิน พร้อมทั้งชี้แจงถึงสมบัติทางกายภาพที่สามารถวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินที่เก็บมา ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ความชื้นดิน (Soil Moisture Content) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivity) เป็นต้น

(3) เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย รายละเอียดคุณลักษณะของอุปกรณ์ วิธีการดูแลรักษาเพื่อยืดอายุการใช้งานและลดความคลาดเคลื่อนจากความชำรุดของอุปกรณ์

(4) ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่างดิน ประกอบด้วย การเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม การเตรียมหน้าดิน การกำหนดระดับความลึกตัวแทนชั้นดิน เทคนิคการใช้เครื่องมือ และวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อคงสภาพโครงสร้างดินตามธรรมชาติ

(5) การควบคุมคุณภาพตัวอย่างดินก่อนส่งวิเคราะห์ ประกอบด้วย การจัดทำรายการตรวจสอบตัวอย่างเบื้องต้น (Sample Checklist) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ประเมินความสมบูรณ์ของตัวอย่างดินก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ เช่น ตัวอย่างดินเต็มกระบอก (Core) ไม่มีเศษรากหรือเศษหินใหญ่ และภาชนะปิดผนึกสนิท เป็นต้น

(6) ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง ประกอบด้วย แนวทางปฏิบัติเพื่อรักษามาตรฐานความถูกต้องของตัวอย่างดิน เช่น วิธีการป้องกันไม่ให้โครงสร้างดินถูกทำลายระหว่างการเก็บตัวอย่าง การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือทดแทน สภาพพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยง รวมถึงกรณีศึกษาและผลวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง เป็นต้น

5) การจัดทำเนื้อหาคู่มือและสื่อประสม ดำเนินการรวบรวมเนื้อหาตามองค์ประกอบที่กำหนด พร้อมจัดทำภาคผนวก (Appendix) ที่ประกอบด้วยภาพประกอบ แผนผัง และสื่ออินโฟกราฟิก (Infographic) เพื่อสรุปขั้นตอนการปฏิบัติงานให้มีความกระชับ เข้าใจง่าย และเอื้อต่อการนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) ทบทวนเนื้อหาและปรับปรุงคู่มือโดยคณะทำงาน เพื่อให้มั่นใจว่าขั้นตอนและเนื้อหาต่างๆ ในคู่มือมีความถูกต้อง สามารถปฏิบัติได้จริงในภาคสนาม และไม่มีข้อผิดพลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อการเก็บตัวอย่างดิน

7) เผยแพร่คู่มือให้กับหน่วยงานและผู้ส่งตัวอย่างดิน เช่น หน่วยงานภายในกรมพัฒนาที่ดิน หน่วยงานราชการอื่น และหน่วยงานเอกชน เป็นต้น เพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้ใช้คู่มือในการเก็บตัวอย่างดินที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน

8) ติดตามการใช้งานคู่มือและประเมินผลการใช้งาน โดยรวบรวมข้อมูลและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน เช่น ขั้นตอนที่ไม่สะดวกหรือคำแนะนำที่ไม่เหมาะสม เพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาคู่มือให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

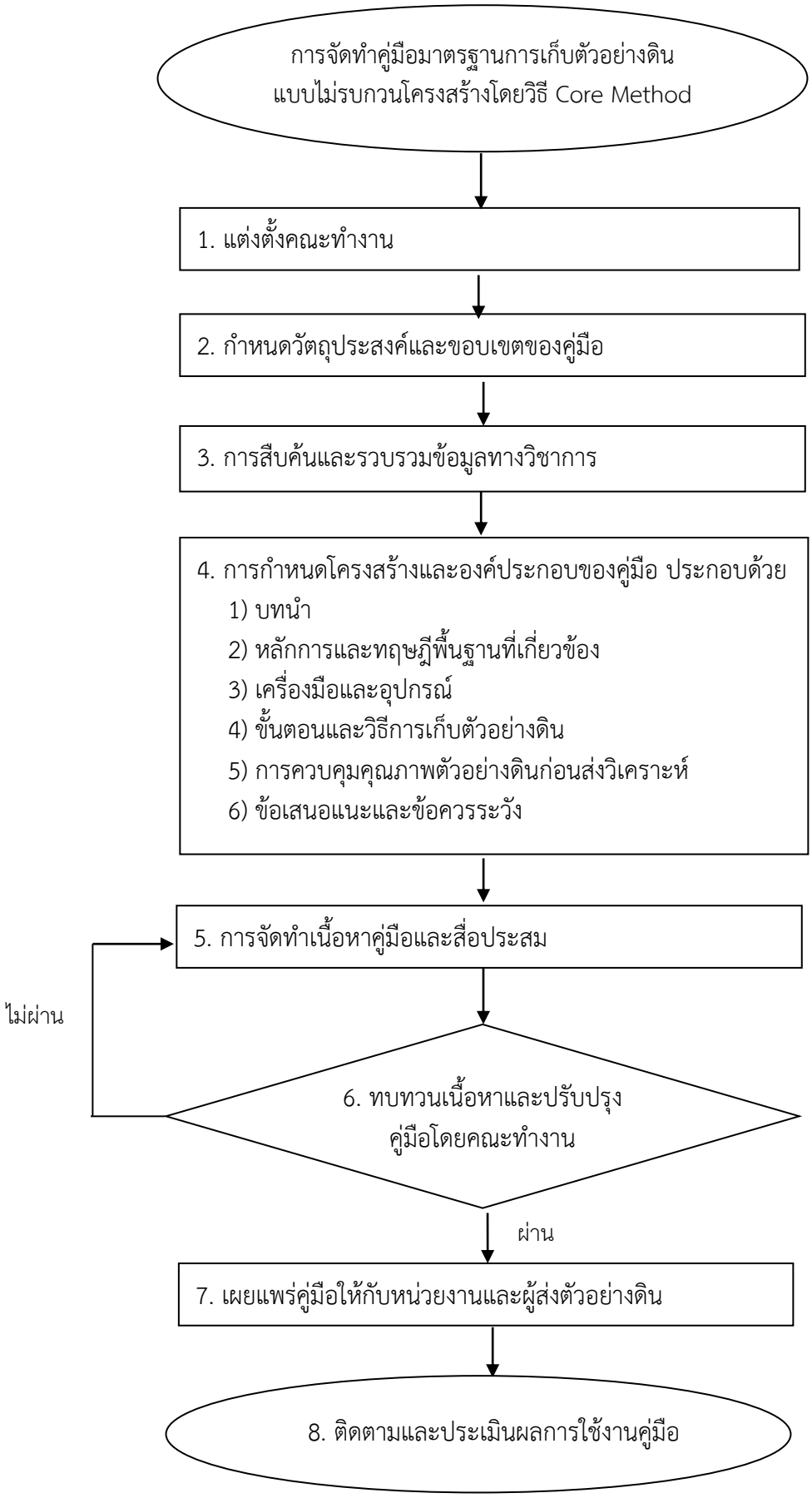
3.3 ข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

1) ด้านทักษะและความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานอาจขาดความชำนาญในการใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน เช่น แรงที่ใช้ในการตอกไม่สม่ำเสมอ การปาดหน้าดินไม่เรียบ หรือการเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม แนวทางแก้ไขคือ จัดทำสื่อประกอบการใช้คู่มือ เช่น ภาพอินโฟกราฟิก (Infographic) และคลิปวิดีโอสาธิตการใช้งาน เป็นต้น

2) ข้อจำกัดด้านสภาพพื้นที่และลักษณะดิน บางพื้นที่อาจมีกรวดหิน รากพืชขนาดใหญ่ หรือมีความชื้นของดินไม่เหมาะสมต่อการเก็บตัวอย่างแบบไม่รบกวนโครงสร้าง แนวทางแก้ไขคือ การระบุคำแนะนำและข้อควรระวังเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยง รวมถึงแนวทางการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างไว้ในคู่มืออย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

3) ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และมาตรฐานของเครื่องมือ แต่ละหน่วยงานอาจมีลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือแตกต่างกัน เช่น ขนาดกระบอกเก็บตัวอย่าง วัสดุ หรือสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ แนวทางแก้ไขคือ การกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม รวมถึงข้อกำหนดขั้นต่ำของอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานทดแทนได้ เพื่อให้การเก็บตัวอย่างเป็นไปในมาตรฐานเดียวกัน

แผนผังการดำเนินงาน



4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 คู่มือการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยวิธี Core Method ที่มีความถูกต้องและเป็นมาตรฐานเดียวกัน สำหรับใช้ภายในหน่วยงานและเผยแพร่แก่ผู้ขอรับบริการภายนอก

4.2 ผู้ขอรับบริการ/ผู้ปฏิบัติงานสามารถเก็บตัวอย่างดินได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพ ลดข้อผิดพลาดจากการเก็บตัวอย่างที่อาจเกิดจากการขาดคำแนะนำที่ชัดเจน

4.3 สามารถลดคำถามและข้อสงสัยจากผู้ขอรับบริการเกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการทำงานมีความราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. ตัวชี้วัดความสำเร็จ

5.1 คู่มือการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดินโดยวิธี Core Method เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน จำนวน 1 เล่ม

5.2 จำนวนตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (Core Sample) ที่มีลักษณะไม่เหมาะสมและส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาก่อนมีคู่มือ

ลงชื่อ.....สุจิตรา ไทยเทศ.....

(นางสาวสุจิตรา ไทยเทศ)

ผู้ขอประเมิน

วันที่.....1...../.....สิงหาคม...../.....2569