บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด" ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการวิจัยให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายและเพื่อการทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. การรวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถทำเซรามิกได้ (Collection of Materials and Physical Property of Ceramic)

1.1 ทดสอบการหดตัวหลังการเผา (Test for Firing Shrinkage)

1.2 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Test for Water Absorption)

1.3 ทดสอบความแข็งแรง (Test for Compressive)

2. การออกแบบและสร้างเซรามิก (Modeling and Design of Ceramic)

3. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก (Physical Property Analysis of Ceramic)

3.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

3.2 ขนาดอนุภาค (Particle Size)

3.3 ความหนาแน่น (Bulk Density)

3.4 ความพรุนรวม (Total Porosity)

3.5 แรงศักย์วัสดุพื้น (Matric Potential)

3.6 สภาพให้น้ำซึมผ่านได้ในสภาวะอิ่มตัว (Saturated Permeability)

3.7 การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ (Water Movement)

4. แผนการทดลองกับพืช (Plant Cropping Experiment)

4.1 **ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช**

4.2 **ข้อมูลทางกายภาพของดินในกระถาง**

4.2.1 **ความชื้นในดิน** (Water Content)

4.2.2 **สภาพนำน้ำในสภาวะอิ่มตัว** (Saturated Hydraulic Conductivity)

4.2.3 **แรงศักย์วัสดุพื้น** (Matric Potential)

4.3 **วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยค่าทางสถิติ**

วิธีดำเนินการวิจัย

<u>ตอนที่ 1</u> การรวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถทำเซรามิกได้

การรวบรวมวัสดุที่มีศักยภาพเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุ อุ้มน้ำหรือมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ ดังที่จะนำเสนอเป็นข้อ ดังนี้

1) รวบรวมวัตถุดิบและส่วนผสมเพื่อการทำเซรามิก เช่น ของผสมเพื่อการขึ้นรูปและสารเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มช่องว่างของเนื้อเซรามิกหลังการเผา เป็นต้น

- สำรวจและเก็บตัวอย่างดินเหนียว จากแหล่งเก็บดินที่มีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา โดยผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างดินปั้น 8 ชนิด โดยคำนึงถึงความสะดวก หาง่ายและเป็นพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้ ดินเหนียวที่พิษณุโลก ดินเหนียวที่สุโขทัย ดินเหนียวที่อุตรดิตถ์ ดินเหนียวที่แพร่ ดินเหนียวที่ร้อยเอ็ด ดินเหนียวที่อุบล 1 ดินเหนียวที่อุบล 2 และดินเหนียวที่พิษณุโลก (ทะเลแก้ว)

- ดินขาวลำปาง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ จาก โปรแกรมวิชาเทคโนโลยี เซรามิกส์ คณะเทคโยโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก

- ถ่าน

2) ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้น (Observe of Soil Sample) คือ สี, เนื้อดิน, ความเหนียว ความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่าง เป็นต้น

1.1 ทดสอบการหดตัวหลังการเผา (Test for Firing Shrinkage)

การทดสอบการหดตัวหลังการเผา คือ การทดสอบการหดตัวที่เกิดขึ้นของแท่งทดสอบหลังจากการเผา เพราะหลังการเผาผลิตภัณฑ์อาจเกิดการแตก การงอ (War Page) และการบิดเบี้ยว (Distortion) ได้ ดังนั้นการทดสอบการหดตัวหลังการเผาเพื่อศึกษาถึงขนาดของของผลิตภัณฑ์ที่เล็กลงไปจากเดิม ภายหลังจากการเผา ซึ่งวัดจากความยาวของเส้นที่ขีดไว้บนแท่งทดสอบแล้วนำไปคำนวณคิดเป็นร้อยละ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 52)

1.2 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Test for Water Absorption)

การดูดน้ำของดินนั้นขึ้นอยู่กับความพรุนตัว (Porosity) ของดินเป็นคุณสมบัติที่จะช่วยให้เราทราบถึง การเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ (Vitrification) อันหมายถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์วิธีทดสอบได้ด้วยวิธีนำดินที่เผาไฟแล้วที่ยังไม่ได้เคลือบ ชั่งน้ำหนักดูแช่ทิ้งไว้ในน้ำประมาณหนึ่งคืนแล้วนำขึ้นมาชั่งใหม่ ถ้ามีความพรุนตัวมากน้ำหนักก็จะเพิ่มขึ้นมาก เนื้อดินปั้นที่ถือเป็นมาตร

ป
5
494.5
.W3
ส743ก
2544

13 ก.ค. 2544

4440241

สำนักหอสมุด

ฐานโดยทั่วไป คือ ดินชนิด Earthen ware ให้มีความพรุนตัวได้ประมาณ 4-10 เปอร์เซ็นต์ ชนิดสโตนแวร์ (Stone Ware) ให้มีความพรุนตัวได้ 1-6 เปอร์เซ็นต์ ชนิดปอร์สเลน (Procolain) ให้มีความพรุนตัวได้ 0-3 เปอร์เซ็นต์ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 53)

1.3 ทดสอบความแข็งแรง (Test for Compressive)

การทดสอบความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ชนิดหลังนี้ควรใช้วิธีทดสอบหาค่าความทนทานต่อแรงกด (Compressive Test) โดยมีสูตรคำนวณ Modulus of Rupture (MOR) ทนต่อแรงหักกลางแท่ง (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 430–432)

ตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างเซรามิก

เพื่อออกแบบและผลิตวัสดุที่สามารถนำมาใช้พัฒนาระบบให้น้ำใต้ผิวดิน โดยคำนึงความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง พื้นที่การเกษตร การดูแลรักษา และความเหมาะสมต่อสรีระของพืช

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมเซรามิก เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพวัสดุว่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุจะสามารถใช้เป็นวัสดุที่จะไปใช้พัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินได้เหมาะระดับใด

3.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

การศึกษาความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity of Soil Particle Analysis : Gs) เป็นการศึกษาเพื่อต้องการทราบความถ่วงจำเพาะของส่วนผสม เพราะในดินและสารแต่ละชนิดมีความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน

3.2 ขนาดอนุภาค (Particle Size)

การศึกษาขนาดของอนุภาคดิน (Particle Size) คือ การประเมินเนื้อดินโดยวิธีการวิเคราะห์เชิงกล เป็นวิธีการที่ต้องวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคดินของแต่ละกลุ่มขนาดต่าง ๆ ใน

ดิน โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีพิเพต (Pipette Method) กฎของ Stokes และนำผลที่ได้จากการศึกษาไปคำนวณหาขนาดของอนุภาคดิน แล้วใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมเพื่อบอกประเภทเนื้อดิน

3.3 ความหนาแน่น (Bulk Density)

การศึกษาความหนาแน่น (Bulk Density : ρ_b) ของดิน หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลแห้งของดิน (m_s) ที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 105 °c – 110 °C และปริมาตรรวม (V_b: Bulk Volume) ซึ่งเป็นผลรวมระหว่างปริมาตรของแข็ง (V_s : Solid Volume) และปริมาตรของช่อง (V_p) คือ สูตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541 : 70 – 73) ดังนี้

$$\rho_b = \frac{ms}{Vb} \quad (g/cm^3)$$

3.4 ความพรุนรวม (Total Porosity)

การคำนวณค่าความพรุนของวัสดุ (Total Porosity : E) ความพรุนของดินเป็นคุณสมบัติที่ถูกควบคุมโดยปริมาตรและขนาดของช่องในดิน คือ สัดส่วนระหว่างปริมาตรของช่อง (V_p) และปริมาตรรวมของดิน (V_b) คือ สูตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541 : 70 – 73) ดังนี้

$$E = \frac{Vp}{Vb}$$

3.5 แรงศักย์วัสดุพื้น (Matric Potential)

การศึกษาแรงศักย์วัสดุพื้น (Matric Potential : pF) นั้น กล่าวคือ แรงดึงวัสดุพื้น (Matric Force) ขณะดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นน้ำในดินจะตกอยู่ภายใต้แรงดึงวัสดุพื้น (หมายถึงช่องระหว่างอนุภาคหรือพื้นผิวของอนุภาค) น้ำในดินจะตกอยู่ภายใต้แรงดึงน้ำของช่อง หรือแรงตึงของพื้นผิวขึ้นอยู่กับการปรากฏตัวของน้ำ หากขณะนั้นน้ำชั้นนอกสุดบรรจุอยู่ในช่อง เรากล่าวว่าน้ำได้รับแรงดึงน้ำของช่องแคพิลลารี (Capillary Force) แต่ถ้าหากดินแห้งลงไปมากจนน้ำชั้นนอกสุดเคลือบชั้นฟิล์มรอบอนุภาค เรากล่าวว่าน้ำได้รับแรงดูดซับ (Adsorptive Force) ของผิวอนุภาค ทั้งแรงดึงน้ำของแคพิลลารี และแรงดูดซับของผิวอนุภาค ต่างเรียกว่า แรงดึงวัสดุพื้น (Matric Force) แรงดึงวัสดุจะลดความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำ กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ จะลดศักย์เคมีของน้ำ ดังที่ศักย์วัสดุพื้น (Matric Potential) ซึ่งเกิดจากแรงดึงวัสดุพื้นนี้จึงมีเครื่องหมาย

เป็นลบ แรงดึงวัสดุจะผันแปรโดยกลับกับระดับความชื้นของดิน ทั้งนี้เนื่องจากถ้าระดับความชื้นของดินต่ำลง น้ำในดินจะหยอยเข้าไปบรรจุอยู่ในช่องขนาดเล็กลงกว่าเดิม ซึ่งจะมีแรงดึงน้ำของช่องเพิ่มขึ้นตาม และเมื่อใดที่ความดึงวัสดุพื้น (Matric Suction) เพิ่มขึ้น เรากล่าวว่าน้ำจะมีศักย์วัสดุพื้นลดลง (มีความเป็นลบมากขึ้น) จึงกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ศักย์วัสดุพื้นผันแปรโดยตรงกับระดับความชื้นของดิน

3.6 สภาพให้น้ำซึมผ่านได้ในสภาวะอิ่มตัว (Saturated Permeability)

การศึกษาสภาพให้น้ำซึมผ่านได้ในสภาวะอิ่มตัว คือ ความสามารถในการส่งผ่านหรือระบายน้ำรวมกันในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งสภาพให้น้ำซึมผ่านถูกควบคุมโดยตรงจากขนาดและความต่อเนื่องของช่องดินและความต่อเนื่อง จะมีสภาพให้น้ำได้ (Water Permeability) ซึ่งคำนวณค่าสภาพให้น้ำซึมผ่านได้ในสภาวะอิ่มตัวได้จากสูตร Dancy Law

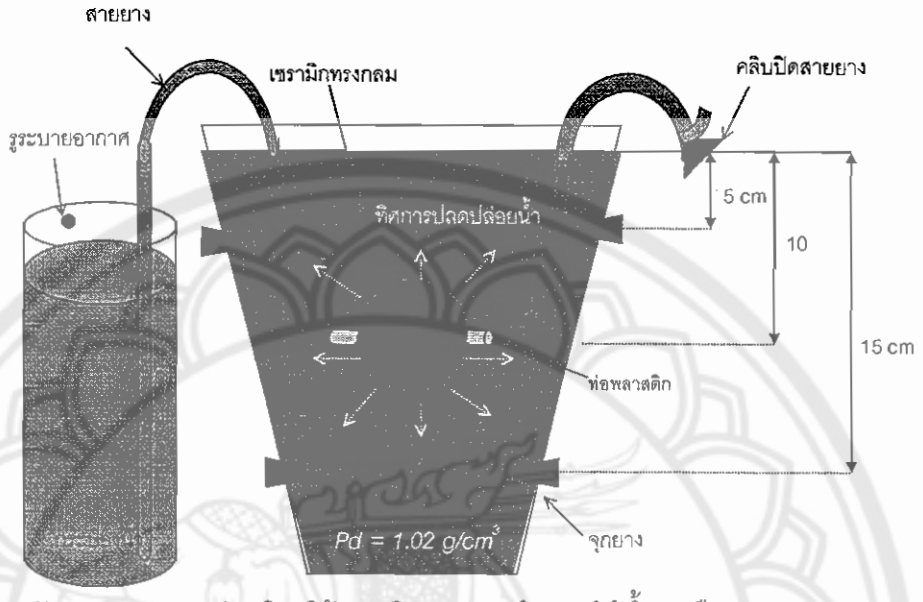
3.7 ศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ (Water Movement)

การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ เป็นการศึกษาถึงลักษณะหรือรูปแบบทิศทางและระยะเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำที่ปลดปล่อยจากเซรามิกหรือการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิก

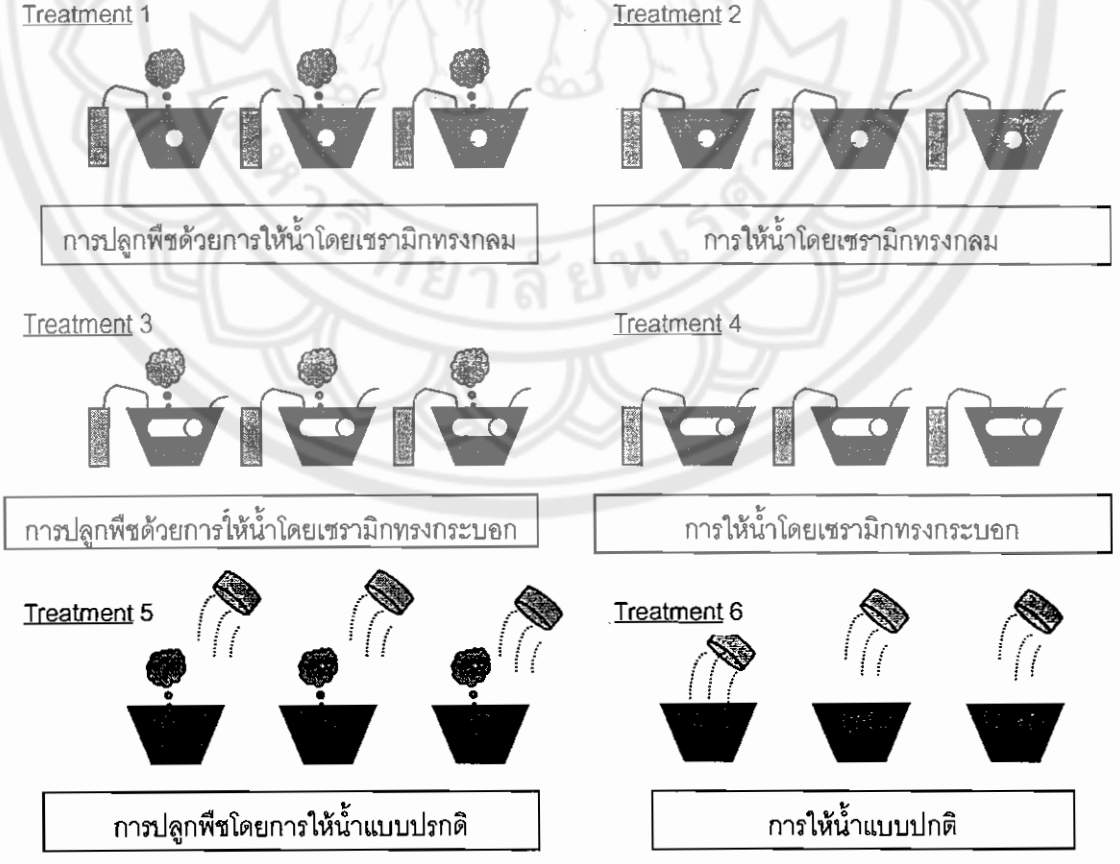
<u>ตอนที่ 4</u> แผนการทดลองกับพืช

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คะน้าเป็นพืชทดสอบ ได้ออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) เพราะหน่วยของการทดลอง (Experimental Unit) นี้มีความสม่ำเสมอโดยมีการจัดสิ่งทดลอง (Treatment) ลงในหน่วยของการทดลองแบบสุ่ม (Random) ตลอดเพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียง (Bias) ขันในการทดลอง การกำหนดจำนวนซ้ำ (Number of Replication) การทดลองที่ผู้วิจัยสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อม โดยการทดลองในเรือนกระจก

4.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) โดยมีทั้งหมด จำนวน 6 หน่วยทดลอง และหน่วยทดลองละ 3 ซ้ำ เพื่อทดสอบสมมุติฐาน H_0 : Ti = 0 คือ มีการปลูกพืชโดยการให้น้ำแบบปกติ โดยเซรามิกทรงกลมและเซรามิกทรงกระบอก



ภาพ 5 ภาพตัดขวางกระถางปลูกโดยใช้เซรามิกทรงกลมในการให้น้ำแก่พืช



ภาพ 6 ภาพจำลองแสดงตัวอย่างการทดลองทั้ง 6 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 หน่วย

4.2 การเก็บและรวบรวมผลการทดลอง

4.2.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

1) ปริมาณการให้น้ำ

2) การเจริญเติบโต

3) ปริมาผลผลิต

4) ปริมาณการคายน้ำ

5) ประสิทธิภาพกี่ใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency:WUE)

4.2.2 ข้อมูลทางกายภาพของดินในกระถาง

1) ความชื้นในดิน (Water Content)

2) ปริมาณการระเหย

3) อุณหภูมิดิน

4) สภาพนำน้ำในสภาวะอิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivity)

5) ขนาดอนุภาค (Particle size)

6) ความหนาแน่นของดิน (Bulk Density)

7) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

8) ค่าศักย์วัสดุพื้น (Matric Potential)

4.3 วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยค่าทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น (Descriptive Statistic) เช่น ค่า ร้อยละ (Percentage), ค่าเฉลี่ย (Means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบทางเดียว (One-Way Classification) และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variability : CV) โดยแสดงผลเป็นตาราง ANOVA และการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Inspection of Mean Differences) โดยการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Signficant Differences Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ และ 91 เปอร์เซ็นต์ โดยจะใช้วิเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป Irri Stat โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.3.1 การปรับรูปแบบข้อมูล (Data Transformation)

- จัดการวิเคราะห์และกำหนดรูปแบบความเหมาะสม
- สังเคราะห์ความสัมพันธ์จากสังเกต
- การประมวลผลขั้นสุดท้าย (Finalization)

ระยะเวลาและสถานที่การวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาและทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการวิจัย ตั้งแต่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2542 ถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2544 รวมทั้งสิ้น 16 เดือน

สถานที่ทำการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้หน่วยงานและสถานที่ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเรือนกระจกของ สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร และสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ภายใต้การกำกับดูแลของคณะเกษตรศาสตร์ฯ

2. ห้องปฏิบัติการของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก ภายใต้การกำกับดูแลของอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ ของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์

3. Assoc. Prof. Dr. Machito MIHARA Laboratory. Department of Bioproduction and Environment Engineering, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan