



## รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกพรุนให้น้ำแก่พืชประดับเชิงพาณิชย์

The Development and Commerce of Porous Ceramics Water Supply  
For Ornamental plants

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ

มกราคม ปี พ.ศ. 2563

สัญญาเลขที่ RDG62T0043

## รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกพรุนให้น้ำแก่พืชประดับเชิงพาณิชย์

The Development and Commerce of Porous Ceramics Water Supply  
For Ornamental plants

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ

สังกัด

สมาคมพัฒนาเศรษฐกิจสีเขียวแห่งชุมชนอาเซียน

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2562

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)  
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## บทคัดย่อภาษาไทย

การศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนให้น้ำแก๊พในระดับเชิงพาณิชย์ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก๊พระดับ และออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก๊พโดยเซรามิกกรุพูนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์ อีกทั้งต่อยอดงานวิจัยเพื่อการจดสิทธิบัตรและเชิงพาณิชย์ ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก๊พระดับ และทดสอบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพูนการให้น้ำแก๊พหรือไม่ประดับชนิดต่าง ๆ รวมถึงการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพูนการให้น้ำแก๊พกับผลิตภัณฑ์มีจำหน่ายในท้องตลาด อีกทั้งผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบมาออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำสำหรับระบบการให้น้ำแก๊พโดยเซรามิกกรุพูน เพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์ รวมถึงการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ วางแผนธุรกิจและการตลาด จากการผลทดลองได้คัดเลือกดิน 4 ชนิด ซึ่งผู้วิจัยได้นำดินทั้ง 4 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาโดยทดสอบลักษณะพื้นผิว (ตารางเซนติเมตร) ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร) และความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) พบว่า ดินที่มีค่าพื้นผิวมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม และน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลือง ดินที่มีปริมาตรมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม และมีปริมาตรน้อยที่สุด คือ ดินเซรามิก ดินที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ ดินดำพะเยา และมีความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลืองและดินเซรามิก ผลการทดลองร้อยละของการหดตัวของแท่งทดสอบหลังการเผา พบว่า ดินดำพะเยามีการหดตัวร้อยละ 7.3 ดินผสมดินเหลืองมีการหดตัวร้อยละ 9.5 ดินเซรามิกมีการหดตัวร้อยละ 6.8 และดินผสมถ่านเดิมมีการหดตัวร้อยละ 7.0 ผลการทดลองการอุ้มน้ำของแท่งทดสอบ พบว่า ดินดำพะเยามีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 17.56 ดินผสมดินเหลืองมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 26.92 ดินเซรามิกมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 26.92 และดินผสมถ่านเดิมมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 32.43 ผลการทดลองความสามารถในการรับน้ำหนักแท่งทดสอบ พบว่า ดินดำพะเยามีความสามารถในการรับน้ำหนัก คือ 15,005 กรัม ดินผสมดินเหลืองมีความสามารถในการรับน้ำหนัก คือ 3,155 กรัม ดินเซรามิกมีความสามารถในการรับน้ำหนัก คือ 2,072 กรัม และดินผสมถ่านเดิมมีความสามารถในการรับน้ำหนัก คือ 6,486 กรัม ส่วนผลการทดลองด้านการออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก๊พโดยเซรามิกกรุพูนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่า ผู้วิจัยได้ออกแบบผลิตภัณฑ์โคมไฟเซรามิกและกระถางแบบแขวนสไตล์ล้านนาเต็มไปด้วยเสน่ห์ของเครื่องปั้นดินเผาของทาง เพื่อต่อยอดเชิงพาณิชย์ให้แก่ผู้ประกอบการและพัฒนาผลงานวิจัยให้ทันต่อยุคแห่งเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมต่อไป

## Abstract

This research study on the development of porous ceramics for watering commercial plants is aimed at improving the efficiency of the invention and production of perforated ceramics for watering plants. Including designing and Production water containment equipment and watering the plants by porous ceramics for valuable decorations. Commercial, further extending research for patent and commercial applications. Improved the efficiency of fabrication and production of porous ceramics for watering ornamental plants. Including testing the watering efficiency of porous ceramics for ornamental plants or different plants. Including the comparison of watering efficiency of porous ceramics with other products on the market. Researchers used the results to design and manufacture water filling equipment for watering systems for plants by porous ceramics. For commercial value enhancement, including intellectual property registration and economic assessment and business planning and marketing. From the experiment, was selected 4 types of soil and tested for physical properties after firing by testing the surface characteristics ( $\text{cm}^2$ ), volume ( $\text{cm}^3$ ) and density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ). The soil with the highest surface value was soil. Mix the original charcoal and the least amount is the soil mixed with loess. The soil with the highest volume was clay mixed with original charcoal and the smallest volume was ceramic clay. The soil with the highest density was the Black Phayao soil and the least density was the mixed soil, yellow soil and ceramic soil. The result of percentage contraction of the test rods after incineration showed that all four types of soil had one hundred million soil. The Phayao Dam soil has 7.3 percent shrinkage, 9.5 percent clay mixed with yellow soil, 6.8 percent ceramic clay and 6.8 percent original soil mixed with shrinkage 7 percent. Water holding test results of test rods Found that all four types of soil are unequal in water holding by Phayao black soil has a water holding percentage of 17.56. Soil mixed with yellow soil has a water holding percentage of 26.92. Ceramic soil has a water holding percentage of 26.92 and original soil mixed with charcoal has a percentage of water holding. 32.43 The results of the test of the ability to receive the weight of the test rods showed that the four types of soil had the same ability to support the weight of the test rods. The load-bearing capacity is 3,155 grams. Ceramic clay has a load-bearing capacity of 2,072 grams and the original charcoal mixed soil has a carrying capacity of 6,486 grams. Design and manufacture of water and to water the plants in porous ceramic screws to trim the value



of the research design. Ceramic lamps and hanging pots in Lanna style, full of the charm of the pottery of the way to expand the commercial for entrepreneurs and develop research to keep up with the era of technology and the environment.

# สารบัญ

| หัวข้อ             |                                                                                                    | หน้า |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย    |                                                                                                    |      |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ |                                                                                                    |      |
| สารบัญ             |                                                                                                    |      |
| สารบัญตาราง        |                                                                                                    |      |
| สารบัญภาพ          |                                                                                                    |      |
| บทที่              |                                                                                                    |      |
| 1                  | บทนำ                                                                                               |      |
| 1.1                | ความสำคัญ และที่มาของปัญหา                                                                         | 1-1  |
| 1.2                | วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                                                            | 1-3  |
| 1.3                | ขอบเขตของการวิจัย                                                                                  | 1-3  |
| 1.4                | ตารางแสดงแผนงาน (Gantt chart) เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง | 1-5  |
| 1.5                | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ                                                                | 1-6  |
| 1.6                | แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย                           | 1-6  |
| บทที่              |                                                                                                    |      |
| 2                  | ทบทวนวรรณกรรม                                                                                      |      |
| 2.1                | การใช้น้ำของพืช                                                                                    | 2-1  |
| 2.2                | ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available moisture)                                                      | 2-1  |
| 2.3                | การดูดน้ำจากดินของพืช                                                                              | 2-1  |
| 2.4                | เทคโนโลยีการชลประทานและการให้น้ำแก่พืช                                                             | 2-2  |
| 2.5                | การทดสอบและการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก                                                                 | 2-2  |
| 2.6                | การทดสอบและการเตรียมวัสดุอุปกรณ์                                                                   | 2-4  |
| 2.7                | อุปกรณ์การให้น้ำรูปแบบใหม่                                                                         | 2-12 |
| 2.8                | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                              | 2-17 |
| บทที่              |                                                                                                    |      |
| 3                  | ระเบียบวิธีวิจัย                                                                                   |      |
| 3.1                | วิธีการดำเนินงานวิจัย                                                                              | 3-1  |
| 3.2                | การออกแบบการทดลอง                                                                                  | 3-3  |
| 3.3                | วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง                                                                             | 3-5  |
| 3.4                | ขั้นตอนการทดลอง                                                                                    | 3-6  |
| บทที่              |                                                                                                    |      |
| 4                  | ผลการดำเนินการวิจัย                                                                                |      |
| 4.1                | ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกรูปทรง                                      | 4-1  |

|                   |                                                                                                                                      |      |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.2               | ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกกรุพูน                                                                                         | 4-4  |
| 4.3               | ผลการตรวจคุณสมบัติของกรุพูนภายในเนื้อเซรามิก                                                                                         | 4-16 |
| 4.4               | ผลการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกรุพูน เพื่อการปลูกต้นหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอก                                                    | 4-21 |
| 4.5               | ผลการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกรุพูน เพื่อการปลูกพืชดูดสารพิษ                                                                   | 4-28 |
| 4.6               | ภาพรวมการทดลองปลูกพืชด้วยเซรามิกกรุพูน                                                                                               | 4-33 |
| 4.7               | การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช                                                                                | 4-35 |
| 4.8               | การประยุกต์นำเซรามิกกรุพูนมาใช้ในการปลูกพืชประดับอาคาร                                                                               | 4-61 |
| <b>บทที่</b>      |                                                                                                                                      |      |
| <b>5</b>          | <b>สรุปผลการดำเนินงาน</b>                                                                                                            |      |
| 5.1               | การปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำพืชประดับ                                                      | 5-2  |
| 5.2               | การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช โดยการนำไปใช้กับกระถางหรือแจกันหรืออุปกรณ์ปลูกพืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ | 5-2  |
| 5.3               | การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ วางแผนธุรกิจและการตลาด                                                                                      | 5-2  |
| <b>บรรณานุกรม</b> |                                                                                                                                      |      |
| บรรณานุกรม        |                                                                                                                                      |      |
| <b>ภาคผนวก</b>    |                                                                                                                                      |      |
| ก                 | ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ                                    |      |
| ข                 | ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน                                                  |      |

## สารบัญตาราง

|                |      | หัวข้อ                                                                                                | หน้า |
|----------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 1</b> |      |                                                                                                       |      |
| ตารางที่       | 1.1  | เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์                                                                                  | 1-2  |
| ตารางที่       | 1.2  | แสดงแผนงานและกิจกรรมของโครงการ                                                                        | 1-5  |
| <b>บทที่ 2</b> |      |                                                                                                       |      |
| ตารางที่       | 2.1  | คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสมเซรามิกรูปพรุน                                                   | 2-6  |
| ตารางที่       | 2.2  | ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำที่เซรามิกปลดปล่อยออกมา                                                      | 2-10 |
| <b>บทที่ 3</b> |      |                                                                                                       |      |
| ตารางที่       | 3.1  | อัตราส่วนของดินเหนียว ดินเซรามิก และถ่าน ในแต่ละสูตรของแท่งทดสอบเซรามิกรูปพรุน                        | 3-9  |
| ตารางที่       | 3.2  | แผนการทดลองการปลูกพืชด้วยเซรามิกรูปพรุน                                                               | 3-11 |
| ตารางที่       | 3.3  | น้ำหนักของพืชที่ใช้ในการทดลอง                                                                         | 3-13 |
| ตารางที่       | 3.4  | ชนิดของพืชดูดสารพิษแต่ละประเภทที่ได้รวบรวม                                                            | 3-20 |
| ตารางที่       | 3.5  | การออกแบบการทดลองปลูกพืชดูดสารพิษด้วยเซรามิกรูปพรุน                                                   | 3-22 |
| <b>บทที่ 4</b> |      |                                                                                                       |      |
| ตารางที่       | 4.1  | คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพของดินที่ใช้ในการผลิตเซรามิกรูปพรุน                                           | 4-1  |
| ตารางที่       | 4.2  | ความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบดินหลังการเผา                                                    | 4-2  |
| ตารางที่       | 4.3  | ร้อยละของการหดตัวของแท่งทดสอบดินหลังการเผา                                                            | 4-2  |
| ตารางที่       | 4.4  | ร้อยละของการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบดินหลังการเผา                                                        | 4-3  |
| ตารางที่       | 4.5  | อัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบดินหลังการเผา                                                   | 4-3  |
| ตารางที่       | 4.6  | ร้อยละของการหดตัวของแท่งทดสอบเซรามิกรูปพรุนหลังการเผา                                                 | 4-4  |
| ตารางที่       | 4.7  | ร้อยละของการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกรูปพรุนหลังการเผา                                             | 4-5  |
| ตารางที่       | 4.8  | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกรูปพรุนหลังการเผา                                                       | 4-6  |
| ตารางที่       | 4.9  | ปริมาณการให้น้ำและอัตราการแพร่ของน้ำในทรายละเอียด จากเซรามิกรูปพรุน                                   | 4-8  |
| ตารางที่       | 4.10 | ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบสารเชื่อม                                                               | 4-9  |
| ตารางที่       | 4.11 | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบสารเชื่อม                                                                      | 4-10 |
| ตารางที่       | 4.12 | อัตราส่วนของดินเซรามิก ดินเหนียว ปูนปลาสเตอร์ และดินบิสกิต ในแต่ละสูตรของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ | 4-10 |
| ตารางที่       | 4.13 | ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์                                                     | 4-11 |
| ตารางที่       | 4.14 | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์                                                            | 4-12 |
| ตารางที่       | 4.15 | ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแบ่งข้าวโพด                                    | 4-13 |
| ตารางที่       | 4.16 | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแบ่งข้าวโพด                                           | 4-14 |
| ตารางที่       | 4.17 | พื้นที่ผิวของรูปพรุนในเนื้อเซรามิก                                                                    | 4-19 |
| ตารางที่       | 4.18 | ปริมาตรของรูปพรุนในเนื้อเซรามิก                                                                       | 4-19 |
| ตารางที่       | 4.19 | ขนาดรูพรุนในเนื้อเซรามิก                                                                              | 4-20 |

|                |      |                                                                                |      |
|----------------|------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่       | 4.20 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนทรงกรวย                                            | 4-26 |
| ตารางที่       | 4.21 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกปูนปลาสเตอร์ทรงกรวย                                   | 4-27 |
| ตารางที่       | 4.22 | ค่าอุณหภูมิตั้งแต่ความชื้นในดิน ระหว่างการปลูกพืชโดยเซรามิกพูนสูตร 4PC และ 8PC | 4-28 |
| ตารางที่       | 4.23 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 4PC                                           | 4-29 |
| ตารางที่       | 4.24 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 8PC                                           | 4-30 |
| ตารางที่       | 4.25 | การเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 4PC และ 8PC                     | 4-31 |
| ตารางที่       | 4.26 | การประเมินราคาค่าต้นทุนเซรามิก                                                 | 4-70 |
| <b>บทที่ 5</b> |      |                                                                                |      |
| ตารางที่       | 5-1  | การประมาณการยอดขาย                                                             | 5-4  |

# สารบัญภาพ

| หัวข้อ         |      |                                                                                                                                                         | หน้า |
|----------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 1</b> |      |                                                                                                                                                         |      |
| ภาพที่         | 1.1  | ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง                                                                                                                                       | 1-2  |
| ภาพที่         | 1.2  | ผลงานผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการผู้ร่วมสนับสนุนโครงการคือ เฮือนปฏีมา ได้รับการคัดเลือกระดับประเทศ เพื่อจำหน่ายบนเครื่องบิน ของสายการบินไทย 2561            | 1-3  |
| <b>บทที่ 2</b> |      |                                                                                                                                                         |      |
| ภาพที่         | 2.1  | ขนาดรูปพรุนของเซรามิกถ่ายภาพที่กำลังขยาย 3000 เท่า A คือ ส่วนผสมสูตรที่ 1 (F1) และ B คือ ส่วนผสมสูตรที่ 2 (F2)                                          | 2-6  |
| ภาพที่         | 2.2  | ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบบมีขวดบรรจุน้ำ                                                                                                                       | 2-8  |
| ภาพที่         | 2.3  | ลักษณะเซรามิกรูปพรุนให้น้ำ                                                                                                                              | 2-9  |
| ภาพที่         | 2.4  | ระยะเวลาในการอ้อมตัวด้วยน้ำ                                                                                                                             | 2-10 |
| ภาพที่         | 2.5  | แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำที่เซรามิกรูปพรุน PH-I ทั้งสองสูตรปลดปล่อยออกมา                                                                              | 2-11 |
| ภาพที่         | 2.6  | การเปรียบเทียบเทคนิคการใช้แบบเก่าและใหม่<br>surface irri-gation system using porous ring for the next research                                          | 2-12 |
| ภาพที่         | 2.7  | รูปแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง                            | 2-13 |
| ภาพที่         | 2.8  | ลักษณะการใช้อุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง                      | 2-13 |
| ภาพที่         | 2.9  | ภาพตัวอย่างการประกวดออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจแห่งประเทศไทย                                                                                       | 2-14 |
| ภาพที่         | 2.10 | รูปแบบการปลูกพืชด้วยอุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง              | 2-15 |
| ภาพที่         | 2.11 | ลักษณะการใช้อุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลงเพื่อตกแต่งภายในอาคาร | 2-15 |
| ภาพที่         | 2.12 | แบบตัวอย่าง Green Wall Sculpture                                                                                                                        | 2-16 |
| ภาพที่         | 2.13 | ตัวอย่างติดตั้งและใช้เซรามิกรูปพรุน                                                                                                                     | 2-16 |
| ภาพที่         | 2.14 | ค่าความแข็งแรงหน้าดินของแปลงทดลองปลูกพริกด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินและการให้น้ำแบบปกติ                                                                  | 2-20 |
| ภาพที่         | 2.15 | แสดงค่าความแข็งแรงของผิวดินถึงระดับความลึกที่ 15 เซนติเมตร ของแปลงทดลองหลังปลูกพริก                                                                     | 2-20 |
| <b>บทที่ 3</b> |      |                                                                                                                                                         |      |
| ภาพที่         | 3.1  | ภาพการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินก่อนการทดลอง                                                                                                          | 3-8  |
| ภาพที่         | 3.2  | ภาพการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินหลังการทดลองและอุณหภูมิของน้ำ                                                                                         | 3-8  |
| ภาพที่         | 3.3  | แผนการทดลองการปลูกพืชด้วยเซรามิกรูปพรุน                                                                                                                 | 3-12 |
| ภาพที่         | 3.4  | ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (1)                                                                                                                            | 3-15 |

|            |                                                          |      |
|------------|----------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 3.5 | ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (2)                             | 3-16 |
| ภาพที่ 3.6 | ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (3)                             | 3-17 |
| ภาพที่ 3.7 | การทดลองปลูกพืชหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอกด้วยเซรามิกกูฟรูน | 3-18 |
| ภาพที่ 3.8 | ขั้นตอนการทดลองปลูกพืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกกูฟรูน         | 3-19 |
| ภาพที่ 3.9 | การทดลองปลูกพืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกกูฟรูน                | 3-23 |

#### บทที่ 4

|             |                                                                                  |      |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 4.1  | การทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินก่อนการทดลอง                                      | 4-5  |
| ภาพที่ 4.2  | การทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินหลังการทดลองและอุณหภูมิของน้ำ                     | 4-6  |
| ภาพที่ 4.3  | ค่าร้อยละของการหดตัวของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนหลังการเผา                          | 4-7  |
| ภาพที่ 4.4  | ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนหลังการเผา                      | 4-9  |
| ภาพที่ 4.5  | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนหลังการเผา                                   | 4-9  |
| ภาพที่ 4.6  | ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนพลาสติก                            | 4-12 |
| ภาพที่ 4.7  | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนพลาสติก                                      | 4-13 |
| ภาพที่ 4.8  | ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนพลาสติกผสมกาวแป้งข้าวโพด           | 4-14 |
| ภาพที่ 4.9  | ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกกูฟรูนพลาสติกผสมกาวแป้งข้าวโพด                     | 4-15 |
| ภาพที่ 4.10 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูน สูตร 4PC                                        | 4-16 |
| ภาพที่ 4.11 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูน สูตร 5PC                                        | 4-16 |
| ภาพที่ 4.12 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูน สูตร 8PC                                        | 4-16 |
| ภาพที่ 4.13 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติก สูตร 1PLC                                | 4-17 |
| ภาพที่ 4.14 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติก สูตร 2PLC                                | 4-17 |
| ภาพที่ 4.15 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติก สูตร 5PLC                                | 4-17 |
| ภาพที่ 4.16 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติก สูตร 9PLC                                | 4-18 |
| ภาพที่ 4.17 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติกผสมกาวสูตร 5PLC + 10G                     | 4-18 |
| ภาพที่ 4.18 | ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกกูฟรูนพลาสติกผสมกาวสูตร 9PLC + 10G                     | 4-18 |
| ภาพที่ 4.19 | การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นหน้าวัว                                      | 4-22 |
| ภาพที่ 4.20 | การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบของต้นหน้าวัว                                    | 4-23 |
| ภาพที่ 4.21 | การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นเศรษฐีเรือนนอก                               | 4-24 |
| ภาพที่ 4.22 | การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบของต้นเศรษฐีเรือนนอก                             | 4-25 |
| ภาพที่ 4.23 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกูฟรูนทรงกรวย                                           | 4-26 |
| ภาพที่ 4.24 | ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกูฟรูนพลาสติกทรงกรวย                                    | 4-27 |
| ภาพที่ 4.25 | แสดงปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกูฟรูนสูตร 4PC                                      | 4-30 |
| ภาพที่ 4.26 | แสดงปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกูฟรูนสูตร 8PC                                      | 4-31 |
| ภาพที่ 4.27 | ภาพรวมการคัดเลือกและทดสอบเซรามิกกูฟรูน เพื่อนำมาใช้ในการทดลองปลูกพืช             | 4-33 |
| ภาพที่ 4.28 | ภาพรวมการทดลองปลูกต้นหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอกด้วยเซรามิกกูฟรูน                   | 4-33 |
| ภาพที่ 4.29 | ภาพรวมการทดลองปลูกพืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกกูฟรูน                                  | 4-34 |
| ภาพที่ 4.30 | ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (1) | 4-35 |
| ภาพที่ 4.31 | ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (2) | 4-36 |

|             |                                                                                                                                                                                                                           |      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 4.32 | ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (3)                                                                                                                                          | 4-37 |
| ภาพที่ 4.33 | ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ (1)                                                                                                                               | 4-38 |
| ภาพที่ 4.34 | ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ (2)                                                                                                                               | 4-39 |
| ภาพที่ 4.35 | ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ (3)                                                                                                                               | 4-40 |
| ภาพที่ 4.36 | ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ (4)                                                                                                                               | 4-41 |
| ภาพที่ 4.37 | ตัวอย่างการติดตั้งผลิตภัณฑ์ในห้องพักและห้องน้ำ                                                                                                                                                                            | 4-42 |
| ภาพที่ 4.38 | การออกแบบชุดประติมากรรมองค์พระ                                                                                                                                                                                            | 4-38 |
| ภาพที่ 4.39 | ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (1)                                                                                                                                                                             | 4-44 |
| ภาพที่ 4.40 | ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (2)                                                                                                                                                                             | 4-45 |
| ภาพที่ 4.41 | ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (3)                                                                                                                                                                             | 4-46 |
| ภาพที่ 4.42 | ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดตั้งงานขนาดใหญ่ (1)                                                                                                                                                                  | 4-47 |
| ภาพที่ 4.43 | ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดตั้งงานขนาดใหญ่ (2)                                                                                                                                                                  | 4-48 |
| ภาพที่ 4.44 | ผลิตภัณฑ์ที่มีเชรามิกรูปพรุนในการปลูกพืช (1)                                                                                                                                                                              | 4-49 |
| ภาพที่ 4.45 | ผลิตภัณฑ์ที่มีเชรามิกรูปพรุนในการปลูกพืช (2)                                                                                                                                                                              | 4-50 |
| ภาพที่ 4.46 | ผลิตภัณฑ์ที่มีเชรามิกรูปพรุนในการปลูกพืช (3)                                                                                                                                                                              | 4-51 |
| ภาพที่ 4.47 | ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีเชรามิกรูปพรุนในการปลูกพืช (1)                                                                                                                                                                        | 4-52 |
| ภาพที่ 4.48 | ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีเชรามิกรูปพรุนในการปลูกพืช (2)                                                                                                                                                                        | 4-53 |
| ภาพที่ 4.49 | ลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (1)                                                                                                                                                                             | 4-54 |
| ภาพที่ 4.50 | ลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (2)                                                                                                                                                                             | 4-55 |
| ภาพที่ 4.51 | ลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (3)                                                                                                                                                                             | 4-56 |
| ภาพที่ 4.52 | สวนแนวตั้งแบบกรงชีวิภาพ                                                                                                                                                                                                   | 4-57 |
| ภาพที่ 4.53 | ตัวอย่างติดตั้งผลิตภัณฑ์ในห้องพัก ระเบียง และห้องน้ำ                                                                                                                                                                      | 4-58 |
| ภาพที่ 4.54 | แบบจำลองการวางผลิตภัณฑ์ใน โรงแรม เลอ เมอริเดียน                                                                                                                                                                           | 4-59 |
| ภาพที่ 4.55 | การก่อสร้างอาคารเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้โครงการ โดยมีการจัดตั้งขึ้นทะเบียนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดินของพ่อและเกษตรพอเพียง โครงสร้างของโรงเรียนในศูนย์การเรียนรู้ โดยมีขนาดกว้าง 7 เมตร ยาว 12 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 72 ตารางเมตร | 4-60 |
| ภาพที่ 4.56 | ตัวอย่างแบบโคมไฟแขวนเชรามิกสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                                    | 4-61 |
| ภาพที่ 4.57 | ผลิตภัณฑ์โคมไฟแขวนเชรามิกสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                                      | 4-62 |
| ภาพที่ 4.58 | ตัวอย่างแบบโคมไฟตั้งโต๊ะเชรามิกสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                                | 4-63 |
| ภาพที่ 4.59 | ผลิตภัณฑ์โคมไฟตั้งโต๊ะเชรามิกสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                                  | 4-63 |
| ภาพที่ 4.60 | ตัวอย่างแบบชุดโคมไฟสวนลอยเชรามิกโรมาสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                           | 4-64 |
| ภาพที่ 4.61 | ผลิตภัณฑ์ชุดโคมไฟสวนลอยโรมาสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                                    | 4-65 |
| ภาพที่ 4.62 | ตัวอย่างการใช้งานโคมไฟสวนลอยเชรามิกโรมาสโตร์ล้านนา                                                                                                                                                                        | 4-66 |



|        |      |                                                         |      |
|--------|------|---------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ | 4.63 | ตัวอย่างการใช้งานชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก             | 4-66 |
| ภาพที่ | 4.64 | ผลิตภัณฑ์ชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก                     | 4-67 |
| ภาพที่ | 4.65 | องค์ประกอบชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก                    | 4-67 |
| ภาพที่ | 4.66 | ตัวอย่างการใช้งานชุดปลูกต้นไม้เซรามิก                   | 4-67 |
| ภาพที่ | 4.67 | ตัวอย่างกล่องกระดาษหุ้มชุดสวนเซรามิก                    | 4-68 |
| ภาพที่ | 4.68 | ตัวอย่างกระบอกให้น้ำหัวเซรามิกกรุพูน รูปทรงพญานาค       | 4-69 |
| ภาพที่ | 4.69 | ตัวอย่างการใช้งานกระบอกให้น้ำหัวเซรามิกกรุพูน รูปพญานาค | 4-69 |

บทที่ 1

บทนำ

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ผู้ประดิษฐ์ได้ทำการวิจัยและเริ่มการศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 และระหว่างปี 2549-2553 ทดสอบ ปรับปรุง และออกแบบระบบ เช่น สร้างระบบแบบ Small-scale irrigation ที่สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับแปลงขนาดต่าง ๆ หรือพื้นที่ลาดชัน สามารถติดตั้งแบบอยู่กับที่หรือสามารถเคลื่อนย้ายได้ ทั้งนี้โดยคำนึงถึง ต้นทุน แรงงาน เวลาและการดูแลรักษา คุณสมบัติดิน เช่น ความชื้นที่สามารถกักเก็บ การแน่นตัวของดิน สัดส่วนอากาศ การชะล้างหน้าดิน ระบบการให้น้ำที่มีคุณภาพสูงส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนผลผลิตทางการเกษตรสูง จึงมีการค้นคว้าระบบอัตโนมัติและอุปกรณ์เพื่อการให้น้ำได้ผิวดิน แก่พืชโดยใช้เซรามิก ที่มีประสิทธิภาพควบคุมความชื้นที่เป็นประโยชน์ของพืชและเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตร โดยใช้วัตถุดิบการผลิตในประเทศ ซึ่งองค์ความรู้และอุปกรณ์ส่วนหนึ่งได้ดำเนินการรับสิทธิบัตร อุปกรณ์เซรามิกเพื่อการให้น้ำได้ผิวดินแก่พืช เลขที่สิทธิบัตร 41175 เมื่อ พ.ศ. 2550 และอนุสิทธิบัตรเลขที่ 8046 หัวเซรามิกกรุพูนสำหรับการให้น้ำแก่พืชเฉพาะจุดแบบถอดเติมน้ำ ส่วนข้อจำกัดของผู้ประกอบการอย่างหนึ่ง คือ รูปแบบและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เซรามิก ซึ่งแต่ละโรงงานก็มีผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงกันขาดความแปลกใหม่ผลงาน ดังนั้นจึงสังเกตเห็นว่าการผลิตเซรามิกเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อการให้น้ำในปัจจุบันยังความเข้าใจ เทคนิคการผลิต และไม่มีการผลิตที่แพร่หลายมากนัก ผู้วิจัยจึงประสงค์จะถ่ายทอดและปรับปรุงผลงานที่ได้วิจัยมา ตลอดจนรับฟังคำชี้แนะจากผู้ประกอบการในการผลิตเชิงพาณิชย์ เพื่อให้เป็นการวิจัยที่สามารถสร้างผลงานเชิงรูปธรรม มีคุณภาพมาตรฐาน และคุ้มค่าต่อการลงทุน ตลอดจนนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มศักยภาพการผลิตที่ได้จริง และจากการที่ผลงานดังกล่าวได้ออกสื่อประชาสัมพันธ์ ได้มีผู้ติดต่อขอซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นจำนวนมากและต่อเนื่องมาโดยตลอด (ผู้วิจัยขอยืนยันและสามารถความเชื่อมั่นแก่ผู้ประกอบการได้) เพื่อให้เป็นการวิจัยที่สามารถสร้างผลงานเชิงรูปธรรม มีคุณภาพมาตรฐาน และคุ้มค่าต่อการลงทุน ตลอดจนนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มเพิ่มศักยภาพการผลิตได้จริง จากภาพ 1.1 และองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นการใช้หัวเซรามิกกรุพูนเพื่อปลูกพืชแบบเฉพาะจุด นอกจากจะอำนวยความสะดวกแล้ว ยังลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน รากพืชสามารถยึดเกาะที่เซรามิกกรุพูนได้ ซึ่งเป็นการให้น้ำอัตโนมัติตามความต้องการของพืชและฤดูกาล โดยที่พืชอื่นไม่สามารถแย่งน้ำได้ อีกทั้งราคาการผลิตจะถูกกว่าและใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นได้ ราคาของเซรามิกกรุพูนที่จะผลิตขึ้นนั้นราคาจะถูกกว่าในท้องตลาด ซึ่งจะสามารถขายได้ในราคา 10-20 บาทต่อชิ้น แต่ราคาในท้องตลาดจะมีราคาสูงถึง 45.90 บาท และ 95.50 บาท ในอัตราแลกเปลี่ยน 1 ดอลลาร์ ต่อ 34 บาท

ตาราง 1.1 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์

| หัวข้อ                                    | แบบหัวจ่ายน้ำ               |                             |                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|                                           | แบบพลาสติก                  | แบบเซรามิก<br>จากต่างประเทศ | แบบเซรามิกรูปพูน          |
| 1. ราคา                                   | แพง                         | แพง                         | ถูก                       |
| 2. ความสะดวกใช้                           | สะดวก                       | สะดวก                       | สะดวก                     |
| 3. ความคงทน                               | พอใช้                       | พอใช้                       | มาก                       |
| 4. ขนส่ง                                  | ง่าย                        | ปานกลาง                     | ปานกลาง                   |
| 5. ประหยัดน้ำ                             | ปานกลาง                     | มาก                         | มาก                       |
| 6. อุบัติเหตุ                             | สูง                         | ต่ำ                         | ต่ำ                       |
| 6. การไหลเคลื่อนที่ของ<br>น้ำบริเวณรากพืช | มีโอกาไหลเป็น<br>แนวตั้งสูง | ซึมซาบบริเวณ<br>เขตรากพืช   | ซึมซาบบริเวณ<br>เขตรากพืช |
| 8. การยืดเกาะรากพืช<br>บริเวณหัวจ่ายน้ำ   | น้อย                        | มาก                         | มาก                       |



ภาพ 1.1 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง



ภาพ 1.2 ผลงานผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการผู้ร่วมสนับสนุนโครงการ คือ เอือนปฏีมา ได้รับการคัดเลือก ระดับประเทศ เพื่อจำหน่ายบนเครื่องบินของสายการบินไทย 2561

ผู้ประกอบการ เอือนปฏีมาเซรามิก เดิมนั้นเป็นการผลิตงานเครื่องปั้นดินเผาที่ขึ้นรูปด้วยมือ ในแบบง่าย ๆ ผู้ริเริ่ม คือ นายอุเทน รินฟอง เป็นนักศึกษาที่เรียนมาทางด้านนี้โดยตรง รูปทรงจะเน้นความเรียบง่าย ความเป็นธรรมชาติ ด้วยความมีจุดเด่นและมีเอกลักษณ์ทางด้านการขึ้นรูปและเทคนิคการเคลือบ ทำให้เป็นที่สนใจของลูกค้า ต่อมาได้พัฒนาทางด้านผลิตภัณฑ์ขึ้นเรื่อย ๆ ให้มีความหลากหลาย เป็นที่น่าสนใจ และทันสมัยขึ้นมาจนถึงปัจจุบัน

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. ปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก่พืช ประดับ
2. ออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืชโดยเซรามิกกรุพูนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์
3. เพื่อการจดสิทธิบัตรและเชิงพาณิชย์

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก่พืช ประดับ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1.1 ด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกรูปพรุน โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสม สารเชื่อม และเทคนิคการผลิตที่ทำให้เกิดรูปพรุนเพื่อการให้น้ำแก่พืช เช่น ชนิดและสัดส่วนของวัสดุที่ทำให้เกิดรูปพรุนก่อนและหลังเผา

1.2 การนำผลิตภัณฑ์เซรามิกรูปพรุนต้นแบบที่ได้จาก ข้อ 1 มาทดลองและทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำแบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1.2.1) ทดสอบประสิทธิภาพเซรามิกรูปพรุนการให้น้ำแก่พืชหรือไม่ระดับชนิดต่าง ๆ

1.2.2) ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกรูปพรุนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

2. การออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำสำหรับระบบการให้น้ำแก่พืชโดยเซรามิกรูปพรุนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

2.1 ออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช โดยการนำไปใช้กับกระถาง แจกัน หรืออุปกรณ์ปลูกพืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

2.2 ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

3. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ วางแผนธุรกิจและการตลาด

1.4 ตารางแสดงแผนงาน (Gantt chart) เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง

ตาราง 1.2 แสดงแผนงานและกิจกรรมของโครงการ

| ลำดับ<br>ที่ | ขั้นตอนการดำเนินงาน                                                                        | เดือนที่ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ผลการดำเนินงาน<br>ที่คาดว่าจะสำเร็จ                                                                                                                   |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                                                                            | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                                                                                                                                                       |
| 1            | รวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาผลิตเป็นเซรามิกกรุพูน และคัดเลือกเพื่อการทดสอบระยะต่อไป |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ร้อยละ 100<br>เป็นไปตามแผนการดำเนินการ                                                                                                                |
| 2            | การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ                                                         |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ร้อยละ 100<br>เป็นไปตามแผนการดำเนินการแต่ในส่วนของการผลิตเซรามิกแบบไม่ต้องเผานั้น กำลังพัฒนาและปรับปรุงส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ |
| 3            | ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก                         |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ร้อยละ 90<br>กำลังดำเนินการและรอผลการทดลองเพื่อนำไปทดลอง ตามข้อ 4.ต่อไป                                                                               |
| 4            | ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพูนให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด     |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ร้อยละ 100                                                                                                                                            |

|   |                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |            |
|---|---------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|
| 5 | การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ร้อยละ 100 |
| 6 | ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ร้อยละ 50  |
| 7 | การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการตลาด                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ร้อยละ 50  |
| 8 | การส่งรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ร้อยละ 80  |

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับให้น้ำและอุปกรณ์เสริมที่ได้จากการออกแบบนั้น สามารถนำไปปลูกพืชได้หลายชนิด และหลากหลายรูปลักษณะสำหรับปลูกพืชหรือไม้ประดับแบบต่าง ๆ
2. สินค้าต้นแบบที่มีเทคโนโลยีและมาตรฐาน จากการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์สู่ผู้บริโภค
3. ผู้ประกอบการและเครือข่ายผู้ผลิตมีการพัฒนาการผลิตที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มรายได้
4. เป็นแหล่งเรียนรู้และสร้างเศรษฐกิจของชุมชนและของสังคมผู้สูงอายุ
5. ยกระดับผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองให้เป็นสุดยอดสินค้า “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ระดับ 5 ดาว” เป็นสุดยอดศิลปหัตถกรรมของจังหวัดพะเยา และส่งจำหน่ายออกสู่ตลาดสากลต่อไป

### 1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

#### 1. ประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อเศรษฐกิจของชุมชนและสังคม

- การใช้ผลิตภัณฑ์ได้เกิดความสะดวกสบาย ประหยัดน้ำ เวลา และการดูแลรักษา การปลูกผักปลอดสารพิษให้เป็นอาหารปลอดภัยหรืออาหารอินทรีย์ พืชดูดสารพิษและไล่แมลง รวมถึงรูปแบบการปลูกที่หลากหลาย เช่น การปลูกเป็นชั้น ๆ การปลูกแบบแขวนเป็นสวนลอยฟ้าหรือปลูกติดกับผนังได้ โดยเป็นการพึ่งพาตัวเองในรูปแบบเศรษฐกิจพอเพียง



## 2. ประโยชน์ในด้านการพัฒนาเทคโนโลยี

- การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเซรามิกกรุพูนสำหรับการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์การให้น้ำทางการเกษตรแบบใหม่
- ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินที่เป็นเทคโนโลยีที่สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย ใช้สะดวก สวยงาม ต้นทุนต่ำ ทนทาน ขนส่งง่าย และนำกลับมาใช้ใหม่ได้

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### 2.1 การใช้น้ำของพืช

น้ำในดิน(Soil water) คือ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยกระบวนการน้ำซึมลงสู่ดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อพืชมากพืชใช้น้ำในดินและน้ำที่ไหลซึมมาจากผิวดินในกระบวนการเจริญเติบโต

น้ำใต้ดิน(Ground water) คือ น้ำที่ซึมลงไปสู่ดินในตอนล่างและถูกยึดเก็บไว้ในดินในรูปของความชื้นขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของรูดิน ความหยาบละเอียด และคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

#### 2.2 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโต คือ ความชื้นในดินที่อยู่ระหว่างความชื้นที่ Field capacity กับ ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร ( Permanent wilting point ) ก็คือ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินนั้นมีความสำคัญกับขนาดอนุภาคของดินหรือเนื้อดิน ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าว คือ ในเนื้อดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ อย่างไรก็ตาม ดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียวเนื่องจากดินเหนียวที่มีเนื้อละเอียดมาก ๆ จะมีน้ำยึดอยู่รอบ ๆ อนุภาคดินซึ่งไม่สามารถดูดไปใช้เป็นจำนวนมากและดินทรายที่มีการระบายน้ำได้ดีมักจะมีน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ได้น้อย ทั้งนี้เพราะว่าที่ Field capacity น้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน ซึ่งส่วนมากมีขนาดใหญ่จะถูกระบายออกไปจนหมดจึงมีความชื้นที่เก็บไว้ได้น้อย ดินที่มีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มักจะเป็นดินที่มีอนุภาคขนาดปานกลางหรือค่อนข้างละเอียด เช่น ดินที่ประกอบด้วยดินทรายแป้ง ( Silt ) เป็นส่วนใหญ่ (วิบูลย์, 2536)

#### 2.3 การดูดน้ำจากดินของพืช

พืชทั่ว ๆ ไปจะมีรากที่ทำหน้าที่ดูดน้ำจากดินเป็นจำนวนมากในบริเวณใกล้ๆ กับปลายราก คือ ประมาณ 4 ถึง 5 เซนติเมตร นับจากปลายรากขึ้นมาจะมีรากเส้นเล็กละเอียดเกิดขึ้นทั่วๆ ไป รากเหล่านี้เรียกว่ารากขน (Root hair) ซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำ อาหาร และยึดลำต้นให้ติดแน่น รากขนเหล่านี้จะแทรกไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดินและดูดน้ำที่เกาะอยู่รอบๆ อนุภาคดิน หรือในช่องว่างระหว่างอนุภาคดินด้วยแรง Osmosis และลักษณะที่พืชได้รับน้ำจากดิน แบ่งออกได้เป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

- 1) น้ำไหลจากบริเวณที่มีความชื้นมากกว่าไปสู่บริเวณแห้งกว่ารอบๆ รากขนด้วยแรงดูดซึบ (Capillary force)

2) รากเจริญเติบโตออกไปสู่บริเวณที่มีความชื้นมากกว่า ในขณะที่รากพืชดูดน้ำจากดินไป ใช้นั้น ดินบริเวณรอบ ๆ รากพืชจะแห้งและมีแรงดึงดูดความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำบริเวณถัดไปก็จะไหลเข้ามาแทนที่ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาหารากพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นอยู่มากน้อยเพียงใด และไหลซึมเข้ามาด้วยอัตราเร็วเท่าไร การงอกของรากออกไปสู่ในบริเวณที่มีความชื้นมากกว่า อาจจะช่วยให้พืชมีน้ำใช้ได้มากในกรณีที่ดินอ่อนนุ่มอยู่ หรือมีความชื้นอยู่มาก แต่ในขณะที่พืชดูดน้ำจากดินมากขึ้น ดินบริเวณดังกล่าวก็จะแห้งและแข็งมากขึ้นจนรากไม่สามารถงอกออกไปเพื่อดูดน้ำได้ หรือไม่ น้ำก็ต้องไหลซึมไปหารากพืช และความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้เมื่อดินไม่อิ่มตัว (Capillary conductivity) ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นในดินลดลง ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำที่ไหลซึมไปสู่รากพืช ทั้งหมดยังน้อยกว่าปริมาณที่พืชคายออกทางใบ พืชก็จะแสดงอาการเหี่ยวเฉาได้ แต่เนื่องจากรากพืชไม่หนาแน่นและไม่แผ่กระจายไปทั่ว จึงได้น้ำไม่พอใช้และเกิดอาการเหี่ยวเฉาได้ และช่วงเวลาที่พืชกำลังเจริญเติบโตเต็มที่ รากพืชจะมีการเจริญเติบโตและงอกออกอย่างรวดเร็ว พืชจะมีน้ำใช้พอกับความต้องการโดยไม่ต้องอาศัยแรงดูดซึบมากนักและถ้าหากสภาพแวดล้อมของรากดี กล่าวคือดินในเขตรากค่อนข้างโปร่ง มีระดับน้ำใต้ดินต่ำ รากพืชก็จะแผ่กระจายออกไปได้กว้างและลึก ดังนั้นถึงแม้ว่าดินตอนใกล้กับผิวดินมีความชื้นลดลงจนต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร พืชก็อาจจะดูดน้ำจากดินในระดับต่ำกว่าไปใช้ได้พอ และไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาเลยก็ได้

## 2.4 เทคโนโลยีการชลประทานและการให้น้ำแก่พืช

จากความสำคัญด้านการให้น้ำแก่พืช หากมีการจัดการน้ำให้ถูกหลักและวิธีที่เหมาะสมแล้วก็จะสามารถลดปัญหาและเป็นการอนุรักษ์น้ำที่ได้มาจากธรรมชาติไว้ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกด้วย ทั้งยังสามารถควบคุมน้ำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยวิธีการให้น้ำแบบประหยัดจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้เป็นจำนวนมาก เช่น การให้น้ำที่ผิวดิน และการให้น้ำใต้ผิวดิน เป็นต้น

## 2.5 การทดสอบและการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก

วัตถุดิบ (Raw materials) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ดิน หิน และแร่ธาตุต่าง ๆ แต่การที่จะคัดเลือกวัตถุดิบเหล่านั้น นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะผู้ผลิตต้องมีความเข้าใจและรู้คุณสมบัติ ส่วนประกอบต่าง ๆ ทางเคมี (Chemical composition) ความเหนียวของดิน (Plasticity) การหดตัวของดินตลอดจนสีของดินที่เผาแล้ว ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานอันสำคัญในการนำไปใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้ผลิต

การหดตัวของดิน (Shrinkage) เนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุอันหนึ่งทำให้เกิดการแตก การงอ และการบิดเบี้ยวได้มาก การหดตัวจะเกิดขึ้นได้จากผลิตภัณฑ์ที่แห้งจากการเผา ดิน การเผาเคลือบ โดยเฉพาะดินที่มีความเหนียวมาก มีการหดตัวมากที่สุด การหดตัวของดินที่เป็นมาตรฐาน

คือ ดินที่ตากแห้งจะหดตัวในระหว่าง 5–12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปเผาไฟจะหดตัวประมาณ 8–12 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจถึง 13–24 เปอร์เซ็นต์ ถ้านำไปเผาเคลือบอยู่ในระหว่างประมาณ 15–20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ย่อมมีการหดตัวมาก สิ่งที่จะช่วยให้การหดตัวของดินน้อยลงโดยเติมดินเชื้อ (Grog) ประมาณ 20–30 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยในการลดการแตกเสียหายลงได้มาก

ความพรุนตัว (Porosity) ความพรุนตัวของดินเป็นคุณสมบัติที่จะช่วยให้ทราบถึง การเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ อันหมายถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทดสอบได้ด้วยวิธี นำดินที่เผาไฟแล้วที่ยังไม่ได้เคลือบซึ่งน้ำหนักและแช่ทิ้งไว้ในน้ำประมาณ 1 คืนแล้วนำขึ้นมาชั่งใหม่ ถ้ามีความพรุนตัวมากน้ำหนักก็จะเพิ่มขึ้นมาก เนื้อดินปั้นที่ถือเป็นมาตรฐานโดยทั่วไป คือ เนื้อดินชนิด Earthen ware ให้มีความพรุนตัวได้ประมาณ 4–10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินชนิดโตนแวร์ (Stone ware) ให้มีความพรุนตัวได้ 1 - 6 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินชนิดปอร์สเลน (Porcelain) ให้มีความพรุนตัวได้ 0–3 เปอร์เซ็นต์ (ทวี, 2540)

อุปกรณ์ดินเผาที่มีรูพรุนนี้ ผู้ประดิษฐ์ได้ออกแบบดินเผาที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และมีรูปทรงที่สอดคล้องกับการแพร่กระจายของรากพืช ซึ่งได้แบบดินเผาทั้งหมด 2 แบบ ได้แก่ 1) แบบทรงกลม (porous ball: PB) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.50 cm และพื้นที่ผิว 132.67 cm<sup>2</sup> แบบทรงวงแหวน (porous ring: PR) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 11.00 cm และเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 4.00 cm ซึ่งพื้นที่ผิว 230.79 cm<sup>2</sup> โดยดินเผาที่มีรูพรุนทั้งสองแบบจะมีช่องส่งน้ำภายในผ่านตลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 cm และมีข้อต่อสองด้านตรงข้ามกัน สำหรับต่อกับท่อรับ-ส่งน้ำจากถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำ ซึ่งสามารถที่จะถอดท่อรับ-ส่งน้ำออกได้เพื่อง่ายต่อการติดตั้งและเคลื่อนย้ายเป็นต้น ด้วยลักษณะรูปทรงของดินเผาทั้งสอง แบบที่มีความสมมาตรจึงทำให้มีความคงทน กล่าวคือดินเผาแบบ PB และ แบบ PR มีขนาดที่สัมพันธ์กับรูปทรง มีความหนาที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในได้ในระยะหนึ่ง และรศมีการแพร่กระจายเพื่อรักษาระดับความชื้นในดินที่ประโยชน์ต่อพืชมีความคงทน และแข็งแรงที่จะใช้ในกระถางปลูกและใช้ในพื้นที่การเกษตรได้ การผลิตดินเผาที่มีรูพรุนเพื่อการให้น้ำได้ผิวดินแก่พืชตามการประดิษฐ์นี้ ได้คัดเลือกดินเหนียวทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียวจากบ้านทุ่งหลวงสุโขทัย ตำบลทุ่งหลวง อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย, ดินเหนียวจากบึงกะโล่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี และดินเหนียวบ้านเวียงกาหลง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ซึ่งดินทั้งสามชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอยู่แล้ว จากนั้นผู้ประดิษฐ์จึงนำดินเหนียวแต่ละชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมหลัก และใช้ดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมเพื่อลดการแตกจากการเผา และใช้ผงถ่านละเอียดเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรูพรุนให้กับดินเผา ซึ่งหลังจากได้ดินเหนียวแต่ละส่วนผสมที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยวิธีการผสมแบบเปียก จึงนำส่วนผสมที่เป็นน้ำดินไปกรองด้วยตะแกรง (ขนาดระหว่าง 35 ถึง 120 mesh) และนำไปกรองบนแผ่นปูนพลาสติกเพื่อให้ น้ำดินแห้งพอหมาดๆ แล้วนวดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันและลดช่องว่างในเนื้อดิน จากนั้นชั่งน้ำหนักดินส่วนผสมให้เท่ากับปริมาตรของแบบพิมพ์ปูนพลาสติกครึ่งเสี้ยวที่เตรียมไว้ แล้วปั้นดินส่วนผสมให้มีลักษณะคล้ายแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยววางลงในแบบพิมพ์แล้วกดอัดด้วยแบบพิมพ์อีกชิ้น จากนั้นร่อนให้ดินแห้งพอสมควร แล้วจึงแกะดินออกจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวซึ่งจะได้ดินตามแบบพิมพ์ จากนั้นทำการกดอัดแบบพิมพ์อีกครั้งเพื่อให้ได้ดินจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวอีกส่วน แล้วนำดินที่ได้จากการกดอัดแบบพิมพ์ทั้งสองส่วนมา

ประกบกกันโดยใช้น้ำดินเป็นตัวเชื่อมต่อ แล้วนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากดินแห้งจึงนำไปเผาตามขบวนการเผาดินเผาแบบออกซิเดชัน จนถึงที่อุณหภูมิ 800°C เป็นระยะเวลา 8 hr. ถึง 10 hr. สำหรับวิธีการหนึ่งในการประกบกดินเผาจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยว คือการนำดินจากการกดอัดด้วยแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวส่วนเดียวที่ผึ่งในที่ร่มจนแห้งจำนวนสองชิ้น แล้วนำไปเผาจากนั้นจึงนำดินเผาทั้งสองชิ้นมาประกบกกัน ด้วยกาวยาแนวที่สามารถซึมน้ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการซ่อมแซมดินเผาที่มีรูพรุนที่เกิดรอยร้าวหรือรอยร้าวให้กลับมาใช้ใหม่ได้

## 2.6 การทดสอบและการเตรียมวัสดุอุปกรณ์

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าการหดตัวหลังการเผายู่ระหว่าง 5.00 เปอร์เซ็นต์ ถึง 8.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นมีค่าระหว่าง 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์ ถึง 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์ ค่าความแข็งแรงมีค่าระหว่าง 13.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึง 51.89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความสามารถในการอุ้มน้ำอยู่ระหว่าง 20.00 เปอร์เซ็นต์ ถึง 40.00 เปอร์เซ็นต์ และมีขนาดรูพรุน  $\phi$  1.26  $\mu\text{m}$  – 2.48  $\mu\text{m}$  ส่วนการเคลื่อนที่ตามแรงดันบรรยากาศที่ระดับเดียวกันกับดินเผาที่รูพรุนมีอัตราการไหล 1.55 มิลลิเมตรต่อวินาที และสามารถปลดปล่อยน้ำได้ 2.50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และในระดับที่มีแรงดันบรรยากาศที่สูงกว่า 1 เมตร จะ มีอัตราการไหล 5.79 มิลลิเมตรต่อวินาที และสามารถปลดปล่อยน้ำได้ประมาณ 15.00 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ค่าต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละส่วนผสมที่ได้ผลิตขึ้น

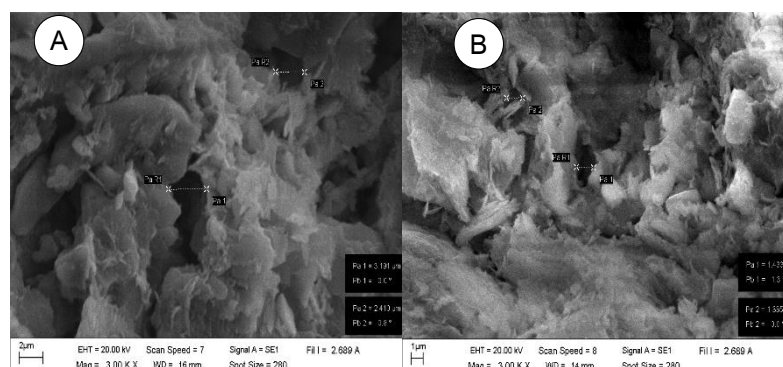
สุขทัย พงศ์พัฒนศิริและคณะ (2552) จากการทดลองการให้น้ำได้ผิวดินโดยใช้ดินเผามีอัตราการให้น้ำตลอดอายุการเจริญเติบโตของค่น้าน้อยกว่าการให้น้ำแบบการปลูกปกติ และผลผลิตการเจริญเติบโตของค่น้ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง ขนาดเส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบที่ดีกว่า และจากการปลูกค่น้าในกระถางที่มีการติดตั้งดินเผาแบบปลูกในทรายนั้น มีอัตราการให้น้ำใกล้เคียงกับกระถางที่มีการติดตั้งดินเผาแบบปลูกในดิน และมีการเจริญเติบโต และผลผลิตของค่น้าดีที่สุด อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรให้น้ำแบบปกติ (สุขทัย และวิรัตน์, 2006) และจากการเก็บข้อมูลทางกายภาพของดินในแปลงปลูกดาวเรือง (สุขทัยและคณะ, 2008) พบว่าค่าความซึมน้ำของดิน (soil permeability) ทั้งแปลงที่มีการให้น้ำแก่พืชแบบปกติและแปลงที่มีการให้น้ำแก่พืช แบบได้ผิวดินนั้นไม่แตกต่างกัน คือมีช่วงค่าความซึมน้ำของดินระดับ  $10^{-4}$  เซนติเมตรต่อวินาที แต่จากการตรวจสอบค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density;  $\rho_d$ ) และค่าความแข็งของดิน (soil hardness) ของแปลงทดลองแบบให้น้ำปกติ ( $\rho_d$  1.37 กรัมต่อลูกบาศก์ และ 89.07 กิโลปาสกาล ตามลำดับ) จะมีค่ามากกว่าแปลงทดลองที่มีการให้น้ำแก่พืชแบบได้ผิวดิน ( $\rho_d$  1.12 กรัมต่อลูกบาศก์ และ 20.18 กิโลปาสกาล ตามลำดับ) และจากการทดสอบปลูกพริก พบว่าการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 60 วัน จากการให้น้ำได้ผิวดินโดยใช้ดินเผา เฉลี่ยสูงกว่าการให้น้ำแบบปกติ และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันของระบบการให้น้ำได้ผิวดินโดยใช้ดินเผา มีปริมาณเฉลี่ยน้อยกว่า 3.5 เท่า ส่วนการทดสอบปลูกฟักทอง เมื่อคิดเป็นสัดส่วนการให้น้ำได้ผิวดินโดยใช้ดินเผานั้นน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ คือ 1 : 2.15 เท่า สำหรับการเจริญเติบโต (อายุ 60 วัน) พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีการออกผลของฟักทองเฉลี่ยน้อย

กว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา คือ 1.00 ถึง 2.50 ผลต่อต้น ตามลำดับ จากการสังเกตลักษณะการเจริญเติบโตและการดูดใช้น้ำของพืช พบว่า รากของต้นพืชที่ปลูกโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา จะมีการรวมตัวอยู่บริเวณรอบ ๆ ดินเผาหรืออีกนัยหนึ่ง คือรากพืชจะเจริญเติบโตและแพร่กระจายรอบ ๆ ดินเผาเพื่อดูดน้ำจากดินเผาที่ปลดปล่อยออกมา และปริมาณรากจะมีปริมาณมากกว่าต้นพืชที่ปลูกโดยการให้น้ำแบบปกติ ซึ่งมีการแพร่กระจายของรากตามความชื้นในดิน จึงสามารถสันนิษฐานได้ว่า การใช้ดินเผาเป็นวัสดุในการให้แก่พืชในบริเวณเขตรากพืชโดยตรง และจากการเก็บข้อมูลปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดิน (evaporation) พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินมากกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาในสัดส่วน 1 : 1.44 เท่า ส่วนการยุบตัวของหน้าดิน พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีการยุบตัวของหน้าดินสูงกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา สอดคล้องกับค่าความแข็งของหน้าดินของการให้น้ำแบบปกติที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา คือ 571.85 กิโลปาสกาล และ 136.20 กิโลปาสกาลตามลำดับ หรือมีความแข็งแรงมากกว่า 4.20 เท่า นอกจากนี้ได้ทดลองใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาแบบ PB ในการปลูกสวน้อยประแป้งที่เป็นไม้ใบใช้ประดับได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร พบว่าพืชเจริญเติบโตได้ดีมีปริมาณการใช้น้ำในช่วงหนึ่งเดือนประมาณเพียง 1,446 mL/plant หรือ 57.87 mL/plant/day ส่วนการทดลองใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาในการทดสอบปลูกพืชในแบบรางพลาสติก 1 กระถางต่อ 3 ต้น ซึ่งพืชที่ใช้ทดสอบ คือ เฟิร์นข้าหลวง ที่ต้องการความชื้นสูง พบว่าปริมาณการใช้น้ำในช่วงหนึ่งเดือน คือ ประมาณ 5,030 mL/pot (193.46 mL/pot/day) หรือ 1,676 mL/plant (96.73 mL/plant/day) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าถึงแม้เฟิร์นข้าหลวงจะมีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นต่อวันนั้นจะสูงกว่าสวน้อยประแป้ง แต่ก็ถือว่ายังใช้ในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของการให้น้ำที่ไม่แน่นอน เช่น การให้น้ำในกระถางจนกว่าน้ำจะไหลออกจากก้นกระถางซึ่งเป็นการสูญเสียอย่างเปล่าประโยชน์ ซึ่งในความเป็นจริงพืชผักบางชนิดจะต้องมีปริมาณการใช้น้ำของพืชตลอดฤดูกาลเพาะปลูกอยู่ระหว่าง 300 – 650 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (ดิเรก, 2545) โดยน้ำส่วนใหญ่นั้นจะสูญเสียจากการระเหย ไหลลงสู่ใต้ดินและวิธีการให้น้ำ

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริและคณะ (2552) ได้ศึกษาการปลูกพืชด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูปพรุนจากการคัดเลือกเซรามิกพรุนจำนวน 2 สูตร (F1 และ F2) ที่มีคุณสมบัติต่างกัน มาใช้ในระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน (subsoil irrigation system: SIS) เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบปกติ (conventional irrigation system: CIS) โดยใช้บัวรดน้ำ (รูป 1) โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ทำการทดลองกลุ่มละ 3 ซ้ำ โดยใช้พริก (*Capsicum frutescens* Linn.) เป็นพืชทดสอบ จากศึกษาของ สุขทัย (2552) พบว่าสมบัติทางกายภาพของแท่งทดสอบค่าการหดตัวหลังการเผา ความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงน้อยกว่า F2 แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่มากกว่า (ตาราง 2.1 และภาพ 2.1)

ตาราง 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสมเซรามิกรูปพรุน

| คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา (800 องศาเซลเซียส) |                           |                                  |                                              |                             |
|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| สูตร                                            | การหดตัว<br>(เปอร์เซ็นต์) | ความหนาแน่น<br>(กรัมต่อลูกบาศก์) | ความแข็งแรง<br>กิโลกรัมต่อตาราง<br>เซนติเมตร | การอุ้มน้ำ<br>(เปอร์เซ็นต์) |
| F1                                              | 6.91                      | 0.93                             | 33.54                                        | 35.55                       |
| F2                                              | 7.06                      | 0.95                             | 35.76                                        | 34.98                       |
| ดินกวีราน                                       | 6.62                      | 1.30                             | 48.89                                        | 20.15                       |



ภาพ 2.1 ขนาดรูพรุนของเซรามิกถ่ายภาพที่กำลังขยาย 3000 เท่า A คือ ส่วนผสมสูตรที่ 1 (F1) และ B คือ ส่วนผสมสูตรที่ 2 (F2)

หลังจากการทดสอบอัตราการซึมน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาของแท่งทดสอบทั้งสองสูตร พบว่า F2 มีอัตราการซึมน้ำมากกว่า F1 คือ  $1.28 \times 10^{-2}$  และ  $1.13 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งมีอัตราซึมผ่านของน้ำที่ดีสำหรับการผลิตเป็นเซรามิกรูปพรุน (D.J.Green, 1994)

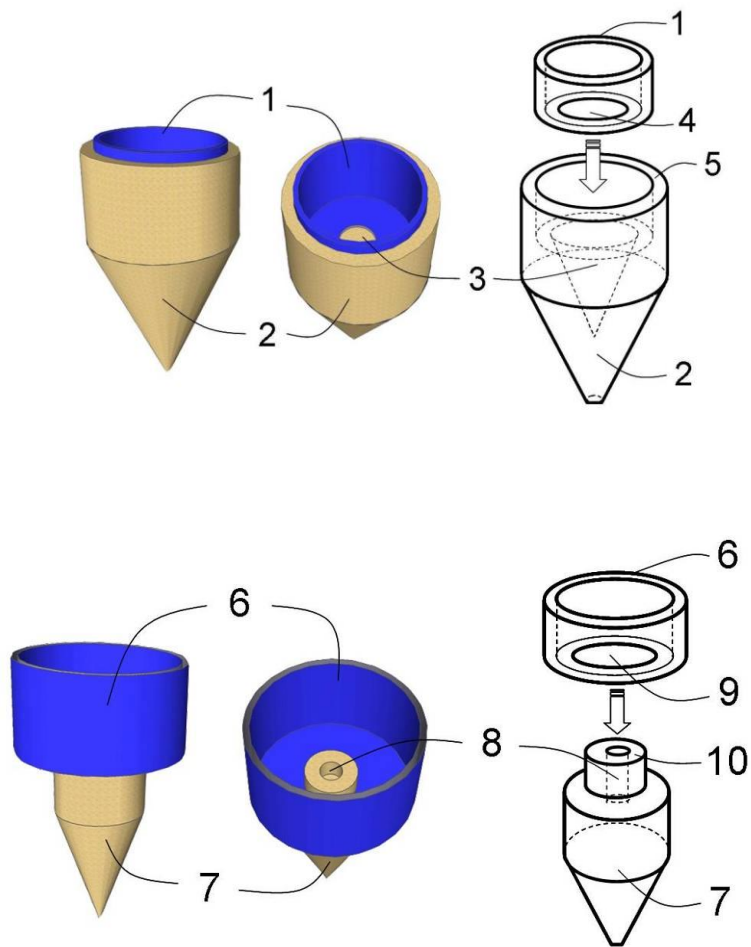
ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำดินเผารูปพรุนทั้งสองแบบ คือดินเหนียวจากนาข้าวกวีรานพะเยามาใช้เป็นวัตถุดิบหลักร้อยละ 70 - 90 โดยน้ำหนัก ผสมกับวัสดุเพิ่มรูพรุนเต็มร้อยละ 10 - 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งวัสดุเพิ่มรูพรุนจะใช้ซีลี้อยละเอียดหรือวัสดุอินทรีย์สารประเภทต่าง ๆ ที่สามารถสลายตัวได้หลังการเผา เพื่อให้เกิดรูพรุนต่อเนื่องขนาดต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและปลดปล่อยน้ำอย่างช้า ๆ โดยก่อนใช้จะผ่านการร่อนคัดขนาด



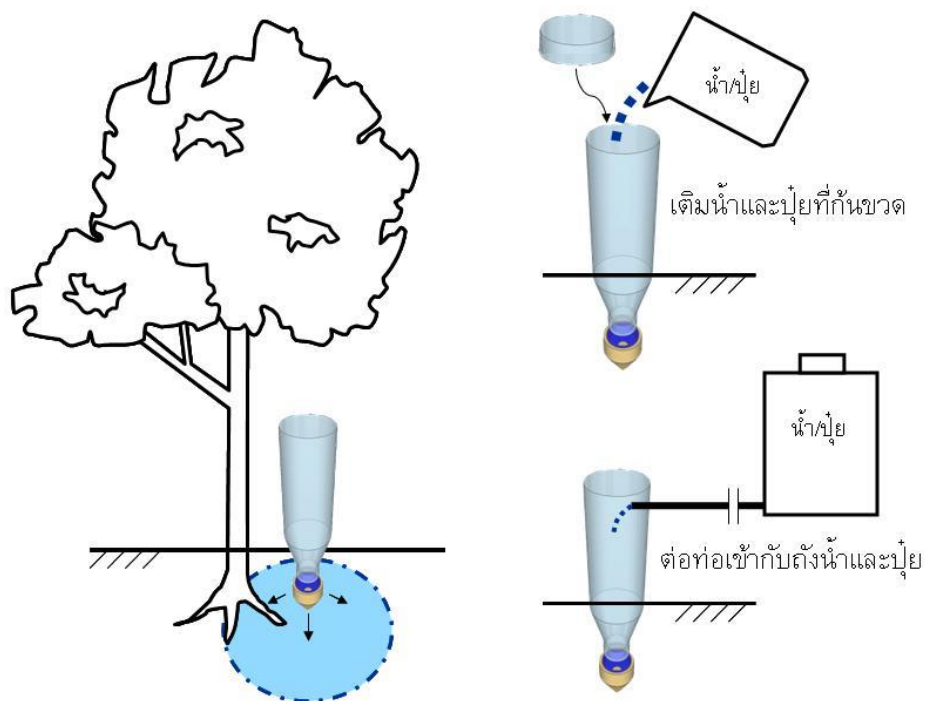
ด้วยตะแกรงขนาด 35 - 100 เมช จากนั้นนำขี้เลื่อยหรือวัสดุอินทรีย์สารที่ผ่านการร่อนนำมาผสมกับดินเหนียว แล้วขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบ เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเผาสุพรรณตามส่วนผสมต่างๆ

ในการผลิตดินเผาสุพรรณ ให้เตรียมส่วนผสมและชั่งน้ำหนักส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด ตามสัดส่วนข้างต้นมา ผสมแบบเปียกให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง ball mill โดยเติมน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม เป็นระยะเวลา ระหว่าง 2 - 6 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปกระโอบบนปูนปลาสเตอร์เพื่อให้ส่วนผสมนั้นแห้งพอหมาด ๆ หรือมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 35 - 45 จากนั้นนวดบนปูนปลาสเตอร์เพื่อให้ส่วนผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นการลดช่องว่างที่อยู่ภายในเนื้อดิน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักให้เท่ากับปริมาตรของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเลี้ยวที่เตรียมไว้ เพื่อทำการขึ้นรูปดินเผาสุพรรณทรงกรวยด้วยวิธีการกดพิมพ์ โดยให้เช็ดทำความสะอาด ภายในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้เรียบร้อย แล้วนำดินที่นวดและชั่งน้ำหนักไว้มาปั้นเป็นรูปร่างตามแบบแม่พิมพ์ วางดินไว้ในแบบแล้วกดอัดด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเลี้ยวอีกชิ้นหนึ่งที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ให้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ดูดน้ำทางดินจนดินเริ่มหลุดออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นเอาแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเลี้ยวที่ใส่กดอัดดินออก แล้วใช้ค้อนยางเคาะเบา ๆ ที่แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเลี้ยวที่มีดินติดอยู่ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทรงกรวยครึ่งเลี้ยวหลุดออกมา แล้วใช้มีดตัดตกแต่งดินส่วนเกินออก ให้ทำการกดพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ตามขั้นตอนที่กล่าวมาอีกครั้ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทรงกรวยครึ่งเลี้ยวอีกส่วน เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ครบทั้งสองส่วนแล้ว ทำการเชื่อมให้ติดกันโดยใช้น้ำดินแล้วตกแต่งให้เรียบร้อยอีกครั้ง จากนั้นนำไปฟิงในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำไปเผาแบบออกซิเดชั่นอีกครั้งจนถึงที่อุณหภูมิ 700 - 1,200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 - 8 ชั่วโมง โดยค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์หลังเผาแล้ว เมื่อได้ผลิตภัณฑ์หลังเผาแล้ว ทำการเชื่อมฝาขวดน้ำดื่มพลาสติกโดยใช้กาวยก้นน้ำ ทิ้งไว้ให้กาวยแห้งสนิท จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ดินเผาสุพรรณทรงกรวยไปใช้ในการให้น้ำแก่พืชได้

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของหัวจ่ายน้ำดินเผาสุพรรณทั้งสองแบบหลังการเผาที่ได้จากการทดสอบพบว่า มีค่าการหดตัวระหว่าง 6.62 - 7.06 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.93 - 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วง 33.54 - 48.89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความสามารถในการอุ้มน้ำระหว่าง 20.15 - 35.55 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาในการอิมตัวด้วยน้ำอยู่ระหว่าง 10 - 12 นาที มีอัตราการปลดปล่อยน้ำประมาณ 0.30 - 15.21 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต

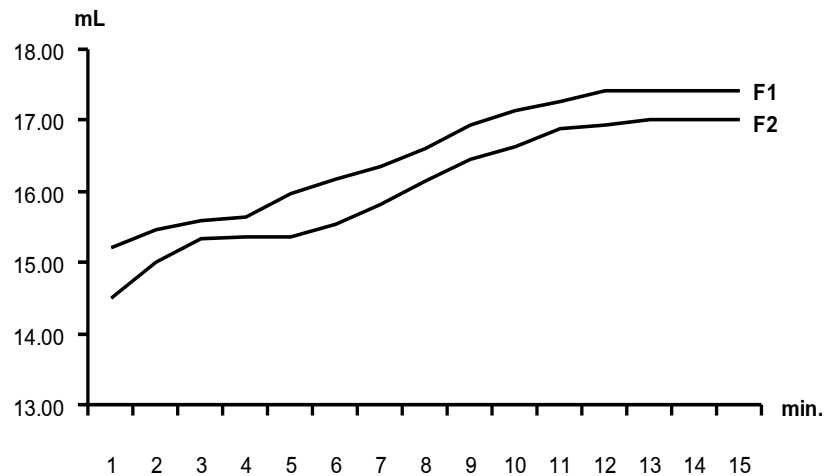


ภาพ 2.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบบมีหัวดบรรจุน้ำ



ภาพ 2.3 ลักษณะเซรามิกรูพรุนให้น้ำ

หลังจากการขึ้นรูปเซรามิกรูพรุนทรงกรวยทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมแล้ว ได้ทำการทดสอบระยะเวลาในการอิมตัวด้วยน้ำของเซรามิกรูพรุน พบว่าเซรามิกรูพรุนทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมนั้นใช้ระยะเวลาในการอิมตัวด้วยน้ำอยู่ระหว่าง 10 - 12 นาที

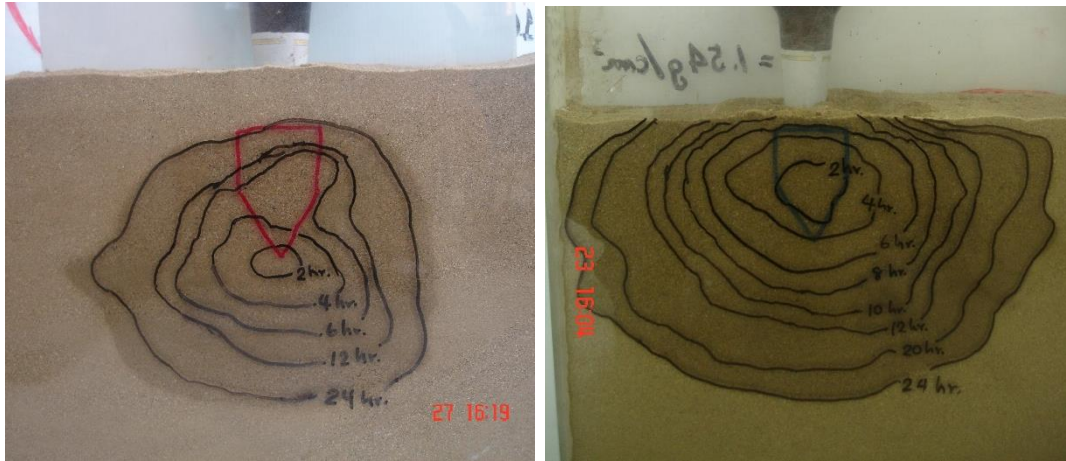


ภาพ 2.4 ระยะเวลาในการอิมตัวด้วยน้ำ

จากนั้นทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งเป็นการศึกษาลักษณะหรือรูปแบบทิศทางและระยะเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำที่ปลดปล่อยจากเซรามิกรูปทรงกรวยทั้งสองแบบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Pongpattanasiri S, 2006) โดยทดสอบในทรายละเอียดที่มีความหนาแน่น 1.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่า PH-I ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 15.21 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 6.67 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ตาราง 2.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำที่เซรามิกปลดปล่อยออกมา

| แบบ  | สูตร | ระยะจากจุดศูนย์กลาง<br>(เซนติเมตร) |      |      |     | ระยะจากจุดศูนย์กลาง/ชั่วโมง (เซนติเมตร<br>ต่อชั่วโมง) |       |       |       |
|------|------|------------------------------------|------|------|-----|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|      |      | บน                                 | ล่าง | ซ้าย | ขวา | บน                                                    | ล่าง  | ซ้าย  | ขวา   |
| PH-I | F1   | 3                                  | 15   | 14   | 15  | 0.125                                                 | 0.625 | 0.583 | 0.625 |
|      | F2   | 1                                  | 11   | 11   | 8   | 0.042                                                 | 0.458 | 0.458 | 0.333 |



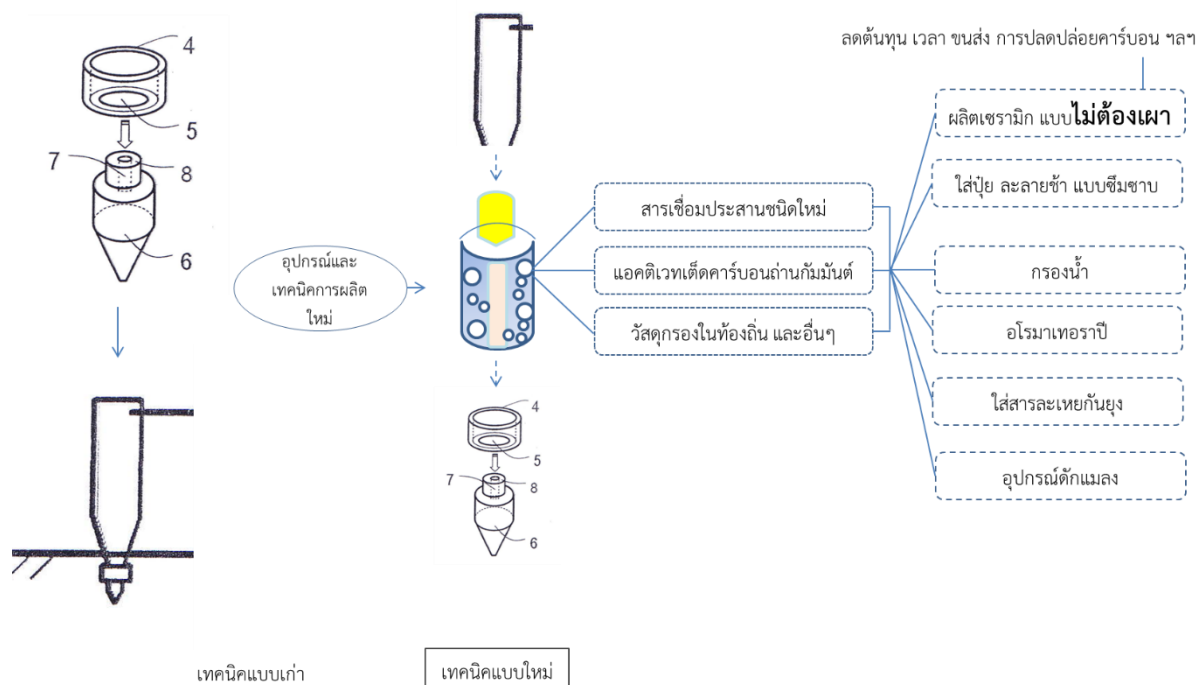
ภาพ 2.5 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำที่เซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยม PH-I ทั้งสองสูตรปลดปล่อยออกมา

จากการออกแบบและการประดิษฐ์หัวจ่ายน้ำแก๊พพืชทางใต้ผิวดินที่เป็นเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมนี้ ผู้วิจัยได้ผลิตภัณฑ์หัวจ่ายน้ำเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมมีลักษณะเป็นทรงกรวยสองแบบ คือ Porous ceramics head-I (PH-I) โดยมีขอบข้างที่ครอบฝาขวดน้ำที่เจาะรูไว้ภายในเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยม ภายในเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมมีช่องทรงกรวยตามรูปทรงสำหรับเก็บกักน้ำที่ส่งมาจากขวดน้ำ และ Porous ceramics head-II (PH-II) ไม่มีขอบข้างที่ครอบฝาขวดน้ำ แต่จะเชื่อมต่อเข้าไปในฝาขวดน้ำที่เจาะรูไว้ ซึ่งภายในเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมมีช่องสำหรับเก็บกักน้ำ โดยทั้งสองแบบได้ใช้ดินเหนียวขาวรอบกว้านพะเยาเป็นส่วนผสมหลัก และเติมซีลี้อยที่ไม่ได้ผ่านร้อนเป็นส่วนผสมในสูตรที่ 1 (F1) และซีลี้อยที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรกร้อน 60 เมชเป็นส่วนผสมในสูตรที่ 2 (F2) จากนั้นทำการผสมดินเหนียวโดยเติมซีลี้อยร้อยละ 10 ของแต่ละสูตร แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส พบว่า F1 และ F2 มีค่าการหดเท่ากับ 6.91 เปอร์เซ็นต์ และ 7.06 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นเท่ากับ 0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงเท่ากับ 33.54 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 35.76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 35.55 เปอร์เซ็นต์ และ 34.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีขนาดรูพรุนประมาณ  $\varnothing$  2.80 ไมโครเมตร และ  $\varnothing$  1.38 ไมโครเมตร ตามลำดับ และหลังจากการทดสอบอัตราการซึมน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาของแท่งทดสอบทั้งสองสูตร พบว่า F2 มีอัตราการซึมน้ำมากกว่า F1 คือ  $1.28 \times 10^{-2}$  และ  $1.13 \times 10^{-2}$  ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที หลังจากการขึ้นรูปเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมแล้ว ได้ทำการทดสอบระยะเวลาในการอ้อมตัวด้วยน้ำของเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยม พบว่าเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมนั้นใช้ระยะเวลาในการอ้อมตัวด้วยน้ำอยู่ระหว่าง 10 - 12 นาที และพบว่า PH-I ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 15.21 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 6.67 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และ PH-II ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 0.38 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 0.30 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นหัวจ่ายน้ำเซรามิกรูปทรงแปดเหลี่ยมจึงเป็นอุปกรณ์ให้น้ำแก๊พพืชทางใต้ผิวดินแบบ

ประหยัดน้ำที่ให้น้ำแบบน้ำซึม ซึ่งค่อยๆ ซึบซาบสู่ดินแบบต่อเนื่องและอัตโนมัติ และจะให้น้ำโดยตรงบริเวณรากพืช ซึ่งรากพืชสามารถเกาะและดูดน้ำจากหัวจ่ายเซรามิกกรุพูนได้ และยังสามารถช่วยลดการระเหยของน้ำ การแน่นทึบของดิน และวัชพืช สามารถใช้ได้ในการปลูกพืชแบบกระถาง สวนหย่อมหรือพื้นที่การเกษตรได้

## 2.7 อุปกรณ์การให้น้ำรูปแบบใหม่

รูปทรงกระบอกตรงกลางรูปเทคนิคใหม่ จะเป็นอุปกรณ์เสริมใหม่ ยังไม่สามารถเปิดเผยการบวนการผลิตได้ในครั้งนี้ได้ก่อนจดทรัพย์สินทางปัญญา



ภาพ 2.6 การเปรียบเทียบเทคนิคการใช้แบบเก่าและใหม่

surface irrigation system using porous ring for the next research.

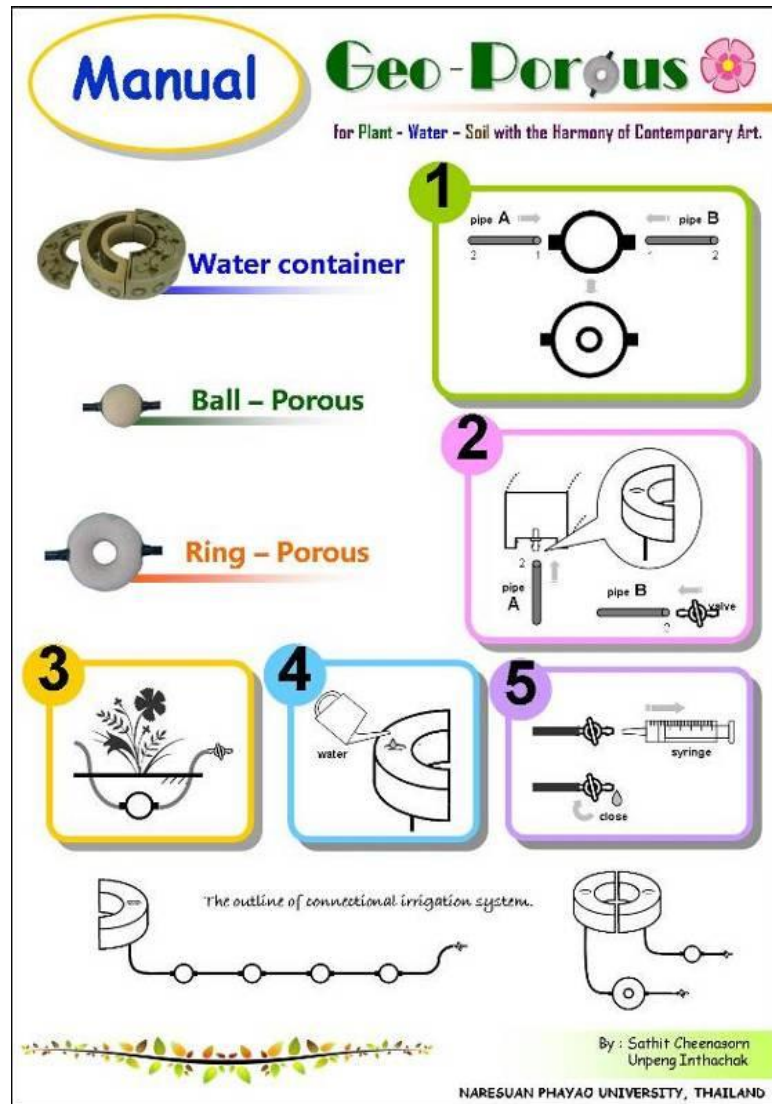


ภาพ 2.7 รูปแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง



ภาพ 2.8 ลักษณะการใช้อุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง





ภาพ 2.9 ภาพตัวอย่างการประกวาดออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจแห่งประเทศไทย

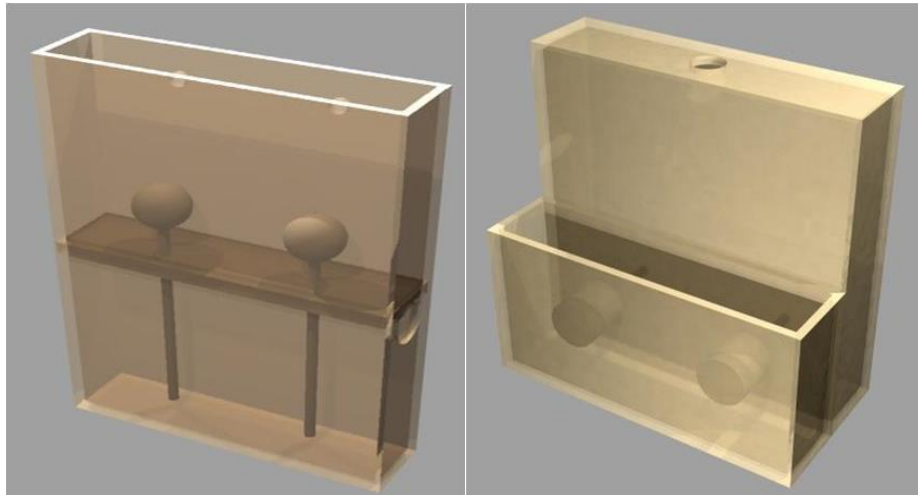




ภาพ 2.10 รูปแบบการปลูกพืชด้วยอุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบ  
ศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลง

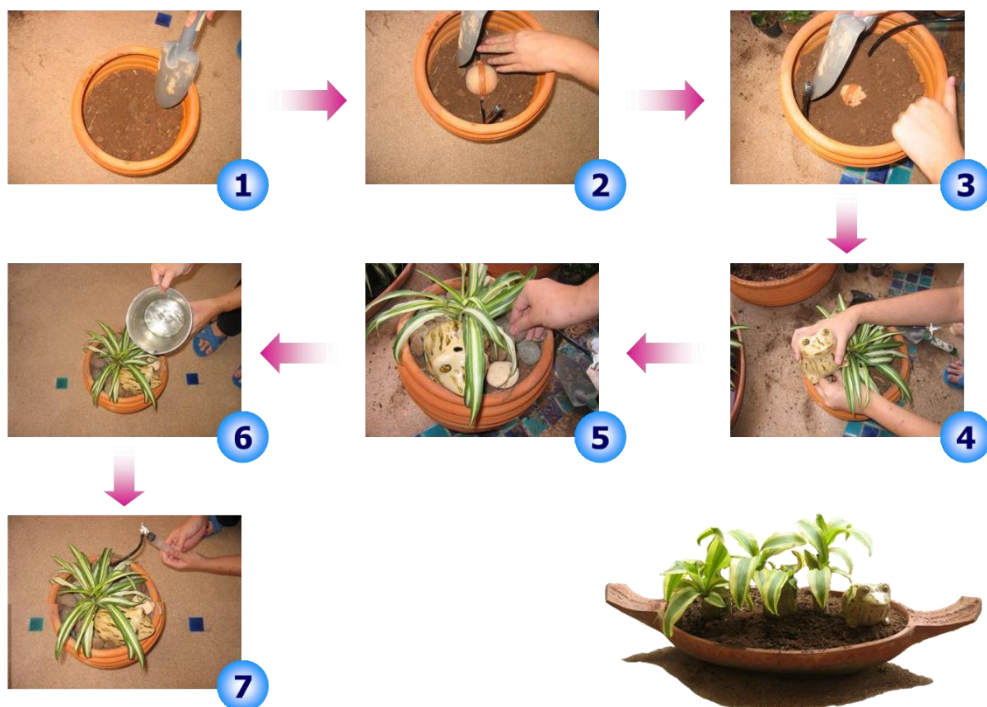


ภาพ 2.11 ลักษณะการใช้อุปกรณ์บรรจุน้ำเพื่อการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำรูปแบบ  
ศิลปวัฒนธรรมร่วมสมัยของเครื่องเคลือบดินเผาเวียงกาหลงเพื่อตกแต่งภายในอาคาร



ภาพ 2.12 แบบ ตัวอย่าง Green Wall Sculpture

## Water Containers for Plant Irrigation



ภาพ 2.13 ตัวอย่างติดตั้งและใช้เซรามิกกรุพูน

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริและคณะ (2552) การศึกษาผลของการให้น้ำใต้ผิวดินด้วยเชรามิกต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ โดยศึกษาปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นมะเขือเทศด้วยลูกเชรามิก 3 แบบ ได้แก่ เชรามิกทรงวงแหวน ทรงกลม และทรงกระบอก เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชกับการเจริญเติบโตทางด้านวิทยาศาสตร์และทางด้านการเจริญพันธุ์ของต้นมะเขือเทศ จากการทดลองพบว่าชุดทดสอบที่ให้น้ำมากที่สุดในเชรามิกทั้ง 3 แบบคือ แบบทรงวงแหวนโดยใช้น้ำไป 392 มิลลิลิตรต่อวัน แต่ก็ยังต่ำกว่าปริมาณการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด คือ 800 มิลลิลิตรต่อวันการเจริญเติบโตของมะเขือเทศทางด้านวิทยาศาสตร์คือความสูงของต้น ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนใบนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพืชที่ได้รับน้ำในระบบที่แตกต่างกัน แต่การเติบโตทางด้านการเจริญพันธุ์ของพืชที่ได้รับน้ำจากเชรามิกพบว่าสูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำจากระบบน้ำหยด โดยพืชที่ได้รับน้ำจากเชรามิกทรงกลมจะมีการผลิดอก และติดผลมากกว่ามีมากที่สุด (ประมาณ 28 ดอก และ 11 ผล ตามลำดับ) ส่วนพืชที่ได้รับน้ำด้วยระบบน้ำหยดจะมีดอกผลน้อยที่สุด (ประมาณ 21 ดอก และ 3 ผล ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อให้น้ำด้วยเชรามิกทรงกลมเพราะว่าระบบนี้เป็นเพียงระบบเดียวที่ไม่มีน้ำไหลผ่านสู่ภาตรองกระถางเลย นอกจากนี้ยังพบว่าการให้น้ำโดยเชรามิกทุกๆแบบจะทำให้ดินมีความแข็งต่ำซึ่งส่งเสริมการเติบโตของรากมะเขือเทศ อีกทั้งยังถูกรบกวนด้วยวัชพืชน้อยกว่ามะเขือเทศที่ได้รับน้ำจากระบบน้ำหยด การทดลองปริมาณการใช้น้ำพบว่าระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดมีการใช้น้ำมากกว่าการให้น้ำโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เชรามิก ซึ่งเฉลี่ยแล้วใช้น้ำวันละ 266.67 มิลลิลิตรต่อวันซึ่งสอดคล้องกับ นิจพจ 2543 ได้ศึกษาถึงผลการใช้น้ำของระบบให้น้ำแบบหยดต่อการเจริญเติบโตของคะน้ายอด พบว่าใช้น้ำมากถึง 4 ลิตรต่อวัน ที่จะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของคะน้า ในระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกนั้นพบว่าเชรามิกทรงวงแหวนให้น้ำมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเชรามิกทรงวงแหวนมากกว่าเชรามิกทรงอื่น(สาริต,2552) และจากการทดลองปริมาณผลผลิตของมะเขือเทศจากการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกมีจำนวนผลผลิตมากกว่าการให้น้ำโดยน้ำหยด เนื่องจากระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกพืชสามารถดูดน้ำและปุ๋ยไปใช้ได้โดยตรงซึ่งเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งไม่ต้องสูญเสียไปกับ การรั่วไหลหรือสูญเสียไปกับการระเหยทางผิวดินเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบหยด นอกจากนี้คุณสมบัติของดินทั้งค่าการยุบตัวหน้าดิน ความแข็งหน้าดิน และจำนวนวัชพืชในระบบให้น้ำหยดยังมีค่ามากกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิก ดังเช่น สุขทัย 2551ได้ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกบูรณาเพื่อการประหยัดน้ำที่พบว่าการให้น้ำแก่พืชโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินค่าการยุบตัวหน้าดิน ความแข็งหน้าดิน และจำนวนวัชพืช น้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ

จากผลการเจริญเติบโตของพืชด้านต่าง ๆ ของหน่วยการทดลองระหว่างการให้น้ำโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกและระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดไม่มีความแตกต่างกันแต่ทางด้านผลผลิตพบว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกมีจำนวนผลผลิตมากกว่าและปริมาณการใช้น้ำพบว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเชรามิกสามารถใช้น้ำน้อยกว่าระบบการให้น้ำแบบหยด นอกจากนี้ค่าการยุบตัวของหน้าดินในกระถางปลูกที่มีการ

ให้น้ำแก่พืชโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเซรามิกมีค่าน้อยกว่าระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดินมีค่าน้อยตามด้วย อีกทั้งการสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำทางผิวดินน้อยกว่าจึงทำให้มีจำนวนวัชพืชน้อยกว่าด้วย

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริและวิรัตน์ เสารางทอย (2551) การพัฒนาระบบการให้น้ำทางใต้ผิวดินสำหรับการปลูกพืชเป็นการประยุกต์ใช้เซรามิกรูพรุน (porous ceramics) ที่มีศักยภาพในการให้น้ำแบบน้ำซับ ซึ่งพืชสามารถได้รับน้ำ และปุ๋ยโดยตรงในบริเวณรากพืช โดยการให้น้ำแบบประหยัดลดการสูญเสียน้ำจากการระเหย และการไหลซึมลงใต้ดินอย่างสูญเปล่า โดยการศึกษาพบว่ากระถางที่ให้น้ำด้วยเซรามิกรูพรุนมีปริมาณน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติสัดส่วนน้อยกว่า 1 : 2.2 เท่า ตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้า นอกจากนั้นผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช พบว่า การให้น้ำโดยใช้เซรามิกรูพรุนแบบปลูกในดินมีสัดส่วนมากกว่าการให้น้ำแบบปกติ 2:1 เท่า คือ  $8.7 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร และ  $4.3 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากทำการย้ายปลูกในแต่ละกรรมวิธีพบว่า ขนาดเส้นรอบวงลำต้นของต้นคะน้ามีการเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 14 หลังการย้ายปลูก พบว่า กรรมวิธี 2 กระถางที่ติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในทราย มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นรอบวงลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 2.28 เซนติเมตร รองลงมาคือ กระถางที่ติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในดิน กระถางที่ปลูกในดินแบบปกติและกระถางที่ปลูกในทรายแบบปกติ ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 1.98 1.76 และ 1.64 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 28 หลังย้ายปลูก พบว่า กระถางที่ติดตั้งเซรามิก รูพรุนแบบปลูกในทราย มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นรอบวงลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 4.74 เซนติเมตร รองลงมาคือ กระถางที่ติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในดินและกระถางที่ปลูกในดินแบบปกติ ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 3.82 และ 3.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในกระถางที่ปลูกในทรายแบบปกติ มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.60 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำของคะน้า พบว่า กระถางที่ติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในทราย มีประสิทธิภาพการใช้น้ำของคะน้า มากที่สุด เท่ากับ  $1.2 \times 10^{-3}$  กรัมต่อมิลลิลิตร มิลลิลิตรต่อกรัม รองลงมา คือ กระถางที่ติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในดิน กระถางที่ปลูกในดินแบบปกติและกระถางที่ปลูกในทรายแบบปกติ ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้น้ำของคะน้าเฉลี่ย เท่ากับ  $8.7 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร,  $4.3 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร และ  $3.2 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกเพื่อควบคุมการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประสิทธิภาพ จึงประดิษฐ์วัสดุที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และปลดปล่อยน้ำ คือเซรามิกรูพรุนและมีศักยภาพในการให้น้ำแก่พืช พบว่า การให้น้ำโดยใช้เซรามิกเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบรดน้ำปกติในการปลูกคะน้า พบว่า ปริมาณการใช้น้ำ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งที่ระดับ 0.01 และ 0.05 เป็นต้น การให้น้ำปกติ มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย 158 มล./วัน ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1.8 กรัม แต่การให้น้ำโดยใช้เซรามิกทรงกลม มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย 138 มล./วัน ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 17.2 กรัม ซึ่งใช้น้ำน้อยกว่ามาก และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำ ระหว่างการให้น้ำแบบปกติกับการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกลม พบว่า การให้น้ำโดยเซรามิกมีประสิทธิภาพสูง

กว่าแบบการให้น้ำแบบปกติ คือ  $2.5 \times 10^{-3}$  กรัมต่อมิลลิลิตร และ  $2.0 \times 10^{-4}$  กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้น กับคุณสมบัติการอุ้มน้ำการปลดปล่อยน้ำ และการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ที่รากพืชโดยตรงพบว่า เซรามิกสามารถให้น้ำในระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์แก่พืชและประหยัดน้ำได้ดี สามารถพัฒนาเพื่อส่งเสริมการผลิตได้ (สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2544)

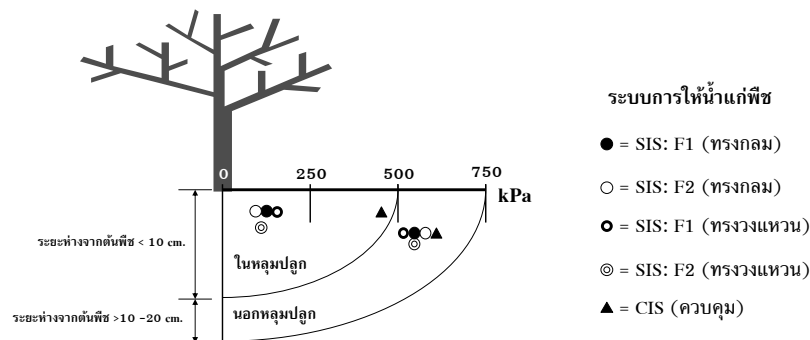
ในการศึกษาการทดสอบแบบจำลองการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูพรุน โดยเปรียบเทียบกับกรให้น้ำแก่พืชแบบปกติ พบว่า ในกระถางที่มีการติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในดินและกระถางที่มีการติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในทราย มีการใช้น้ำเฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้า เท่ากับ 4,191 และ 4,910 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติในกระถางดินและทรายที่มีการใช้น้ำเฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโต เท่ากับ 9,837 และ 10,606 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำ พบว่า กระถางที่มีการติดตั้งเซรามิกรูพรุนแบบปลูกในทราย มีประสิทธิภาพการใช้น้ำดีที่สุด เท่ากับ  $1.2 \times 10^{-3}$  กรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ กระถางที่มีการติดตั้งเซรามิก รูพรุนแบบปลูกในดิน กระถางที่ปลูกในดินแบบปกติ กระถางที่ปลูกในทรายแบบปกติ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตของคะน้าที่ปลูกในกระถางที่มีการติดตั้งเซรามิกรูพรุนทั้งแบบปลูกในดินและในทรายมีปริมาณผลผลิตมากกว่าคะน้าที่ปลูกแบบปกติ ทั้งการเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดเส้นรอบวง และจำนวนใบของคะน้า

จากการทดลองใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทรงวงแหวนในแปลงทดลองปลูกผักทอง พบว่าดินเผารูพรุนทรงวงแหวน F2 มีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ยมากที่สุด (3.80 กิโลกรัม) รองลงมา คือ การให้น้ำแบบปกติ (2.35 กิโลกรัม) และดินเผารูพรุนทรงวงแหวน F1 (2.19 กิโลกรัม) ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางค่าสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นของดินเผารูพรุนทรงวงแหวน F1 (4.92 ผลต่อต้น) มีจำนวนผลมากกว่าระบบการให้น้ำแบบปกติ (2.38 ผลต่อต้น) และดินเผารูพรุนทรงวงแหวน F2 (1.75 ผลต่อต้น) ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางค่าสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการตรวจสอบผลการเจริญเติบโตของพริก พบว่าต้นพริกที่มีการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทรงกลมและทรงวงแหวนมีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงกว่าการให้น้ำแบบปกติ ยกเว้นดินเผารูพรุนทรงกลม F2 ที่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ ซึ่งมีความแตกต่างทางค่าสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่ม พบว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทั้งสองรูปทรงมีการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากกว่าการให้น้ำแบบปกติ ยกเว้นดินเผารูพรุนทรงกลม F1 ที่มีความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ ซึ่งมีความแตกต่างทางค่าสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เช่นกัน

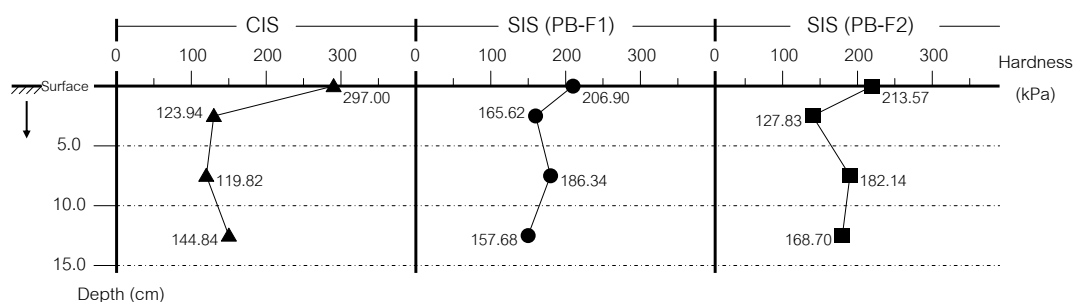
จากการเก็บข้อมูลค่าความแข็งของหน้าดินในแปลงทดลองปลูกผักทอง โดยทำการวัดค่าบริเวณหน้าดินรอบและห่างจากลำต้นพืชประมาณ 10.00 เซนติเมตร พบว่า ในแปลงที่มีการให้น้ำแบบปกติมีค่าความแข็งของหน้าดินหลังปลูกเฉลี่ยเท่ากับ 140.95 กิโลปาสคาล ซึ่งสูงกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินที่มีค่าความแข็งของหน้าดินหลังปลูกเฉลี่ยเท่ากับ 48.16 กิโลปาสคาล และค่าความแข็งของหน้าดินในแปลงทดลองปลูกพริก

พบว่า ในหลุมปลูกและนอกหลุมปลูกด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินมีค่าความแข็งของหน้าดินเฉลี่ยต่ำกว่าระบบการให้น้ำแบบปกติ



ภาพ 2.14 ค่าความแข็งหน้าดินของแปลงทดลองปลูกพริกด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินและการให้น้ำแบบปกติ

จากการเก็บข้อมูลด้านค่าความแข็งของผิวดินและตามระดับความลึกของแปลงทดลองหลังปลูกพริกพบว่า ผิวดินของแปลงปลูกที่มีการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำแบบปกติมีค่าความแข็งเฉลี่ย (297.00 กิโลปาสกาล) สูงกว่าแปลงปลูกที่มีการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูปทรงกลม F2 (213.57 กิโลปาสกาล) และ F1 (206.90 กิโลปาสกาล) ตามลำดับ ส่วนระหว่างระดับความลึกจากผิวดินแปลงปลูกถึงระดับความลึกที่ 5.00 เซนติเมตร พบว่าแปลงปลูกที่มีการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำแบบปกติ และระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูปทรงกลม F1 และ F2 มีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 118.00 กิโลปาสกาล ถึง 170.00 กิโลปาสกาล และที่ระดับความลึก 5.00 เซนติเมตร ถึง 10.00 เซนติเมตร พบว่า แปลงปลูกด้วยระบบการให้น้ำทั้งสองระบบนั้นมีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 110.00 กิโลปาสกาล ถึง 190.00 กิโลปาสกาล และที่รับความลึก 10.00 เซนติเมตร ถึง 15.00 เซนติเมตร พบว่าแปลงปลูกด้วยระบบการให้น้ำทั้งสองระบบนั้นมีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 140.00 กิโลปาสกาล ถึง 170.00 กิโลปาสกาล



ภาพ 2.15 แสดงค่าความแข็งของผิวดินถึงระดับความลึกที่ 15 เซนติเมตร ของแปลงทดลองหลังปลูกพริก

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีการดำเนินการวิจัยของโครงการนั้น การปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกรูปพรุน โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมและเทคนิคการผลิตที่ทำให้เกิดรูปพรุนเพื่อการให้น้ำแก่พืช มีดังนี้

##### 1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุและประดิษฐ์แบบจำลองต้นแบบ

###### 1.1 รวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาผลิตเป็นเซรามิกรูปพรุน

โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมกับน้ำดิน จำนวน 2 สูตร ร่วมกับสารเชื่อมและวัสดุที่ทำให้เกิดรูปพรุน โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT ในกรณีที่ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ และส่วนผสมเซรามิกควรเผาถึงจุดสุกตัว (Verification) ที่ระดับความร้อนไม่ต่ำกว่า  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่เนื้อดินจะมีความพรุนตัวมาก และการทดสอบคุณภาพพื้นฐานของเซรามิก ดังข้อ 1.2

###### 1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ (Physical properties analysis)

- ขนาดอนุภาค (Particle size)
- การหดตัวหลังการเผา (Firing shrinkage test)
- ความแข็งแรง (Compressive test)
- การดูดซึมน้ำ (Water absorption test)
- สภาพให้น้ำซึมผ่าน (Saturated permeability test)
- อัตราในการให้น้ำ (Irrigation rate)

จากนั้นนำผลมาพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสมที่เหมาะสม อย่างน้อย 2 สูตรไปใช้ในการทดสอบหรือผลิตต่อไป

##### 2. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก

การทดสอบผลิตภัณฑ์ขั้นต้นของเซรามิกรูปพรุน เพื่อคัดเลือกเซรามิกที่มีความสามารถในการให้น้ำแก่พืชอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพการให้น้ำ (Irrigation efficiency analysis) ดังนี้

###### 2.1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก

- ความหนาแน่นรวม (Bulk density)
- ความพรุนรวม (Total porosity)



## 2.2 การคัดเลือกพืชหรือไม้ประดับ

- การรวบรวมข้อมูลชนิดพืชหรือไม้ประดับชนิดต่าง ๆ เหมาะสมในการนำไปใช้ประดับ ตกแต่งในสถานที่ต่าง ๆ เช่น บนโต๊ะรับแขก ออฟฟิศที่ทำงาน และพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อเป็นสิริมงคลหรือสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นหรือดูสวยงามในห้อง

- ศึกษาสรีระของพืชที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่จำกัด เช่น ลักษณะทรงพุ่ม ลำต้น และระบบราก เป็นต้น

## 2.3 ทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก

- สภาพให้น้ำซึมผ่าน (Saturated permeability test)
- อัตราในการให้น้ำ (Irrigation rate)
- ประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ (Irrigation efficiency analysis)

3. การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

โดยจะรวบรวมผลผลิตจากการให้น้ำที่มีลักษณะเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ในท้องตลาด จำนวนไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบและคัดเลือกเพื่อนำมาทดลองจำนวน 2 รูปแบบ โดยการนำไปประสิทธิภาพการให้น้ำในกระถางดินเปล่า (ไม่ปลูกพืช) เปรียบเทียบกับผลผลิตต้นแบบจากการทดสอบ 14.1.2 จำนวน 2 รูปแบบ รวมจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 4 รูปแบบ และกระถางควบคุม โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT

4. การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

4.1 การดำเนินการออกแบบรายละเอียด (Detail Design) โดยนำแบบร่างที่ผ่านการคัดเลือกแล้วไปพัฒนาต่อ จนถึงขั้นรายละเอียดของส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยจัดทำเป็นภาพฉาย (Top Front Side View) ที่แสดงรายละเอียดขนาดกว้าง ยาว และสูงทั้ง 3 ด้าน และภาพจำลองแบบทัศนมิติ (Perspective View) รวมถึงสร้างเป็นหุ่นจำลอง 3 มิติ พร้อมแนวคิดรายละเอียดวัสดุในการนำไปใช้กับกระถางหรือแจกันที่มีจำหน่ายอยู่แล้ว โดยระบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำ จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบ ไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ เพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

โดยการพัฒนาผลผลิตเซรามิกเชิงพาณิชย์ โดยคำนึงถึงความหลากหลายรูปแบบ การใช้ประโยชน์และตรงกับความต้องการผู้บริโภค เช่น ราคาถูก สวยงาม ทนทานขนส่งได้สะดวกใช้งานง่าย ประหยัดเวลาในการดูแลและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ตลอดจนสะดวกต่อการใช้งานของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ทั้งในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับแบบกระถางเดี่ยวและวาง แบบแขวนหรือติดผนัง ตลอดจนเหมาะสมต่อการผลิตพืชในพื้นที่และในรูปแบบการผลิตต่าง ๆ

4.2 สร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช ไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ

## 5. ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

5.1 ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคการผลิตเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

5.2 ออกแบบรายละเอียดเทคนิคการใช้ประโยชน์ ติดตั้ง การดูแลรักษาและอื่น ๆ เพื่อสร้างคู่มือการใช้และการประชาสัมพันธ์ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร เว็บไซต์ หรือใบปลิว

5.3 ออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งหรือจำหน่าย

## 6. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการตลาด

ประเมินต้นทุนการผลิต ราคาจำหน่าย ผลกำไรหรือการคืนทุน ตลอดจนประเมินรูปแบบการจำหน่ายตามกลุ่มเป้าหมายลูกค้าที่เหมาะสม ที่คาดว่าจะมีความพึงพอใจความยินดีที่จะจ่าย (Willingness to pay: WTP) ต่อผลิตภัณฑ์

### 3.2 การออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนการออกแบบการทดลองนั้น ทางผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกรูปพรุน โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมและเทคนิคการผลิตที่ทำให้เกิดรูปพรุนเพื่อการให้น้ำแก่พืช มีดังนี้

#### 1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุและประดิษฐ์แบบจำลองต้นแบบ

##### 1.1 รวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาผลิตเป็นเซรามิกรูปพรุน

โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมกับน้ำดิน จำนวน 2 สูตร ร่วมกับสารเชื่อมและวัสดุที่ทำให้เกิดรูปพรุน โดยการทดสอบศึกษาสูตรส่วนผสมแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT ในกรณีที่ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ และส่วนผสมเซรามิกควรเผาถึงจุดสุกตัว (Verification) ที่ระดับความร้อนไม่ต่ำกว่า  $800^{\circ}\text{C}$  ที่เนื้อดินจะมีความพรุนตัวมาก และการทดสอบคุณภาพพื้นฐานของเซรามิก ดังข้อ 1.2

##### 1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ (Physical properties analysis)

- ขนาดอนุภาค (Particle size)
- การหดตัวหลังการเผา (Firing shrinkage test)
- ความแข็งแรง (Compressive test)
- การดูดซึมน้ำ (Water absorption test)
- สภาพให้น้ำซึมผ่าน (Saturated permeability test)
- อัตราในการให้น้ำ (Irrigation rate)

จากนั้นนำผลมาพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสมที่เหมาะสม อย่างน้อย 2 สูตรไปใช้ในการทดสอบหรือผลิตต่อไป

## 2. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก

การทดสอบผลิตภัณฑ์ขั้นต้นของเซรามิกกรุพรุน เพื่อคัดเลือกเซรามิกที่มีความสามารถในการให้น้ำแก่พืชอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพการให้น้ำ (Irrigation efficiency analysis) ดังนี้

### 2.1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก

- ความหนาแน่นรวม (Bulk density)
- ความพรุนรวม (Total porosity)

### 2.2 การคัดเลือกพืชหรือไม้ประดับ

- การรวบรวมข้อมูลชนิดพืชหรือไม้ประดับชนิดต่าง ๆ เหมาะสมในการนำไปใช้ประดับ ตกแต่งในสถานที่ต่าง ๆ เช่น บนโต๊ะรับแขก ออฟฟิศที่ทำงาน และพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อเป็นสิริมงคลหรือสร้างบรรยากาศรื่นรมย์หรือดูดีสวนพืชในห้อง
- ศึกษาสรีระของพืชที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่จำกัด เช่น ลักษณะทรงพุ่ม ลำต้นและระบบราก เป็นต้น

### 2.3 ทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก

- สภาพให้น้ำซึ่มผ่าน (Saturated permeability test)
- อัตราในการให้น้ำ (Irrigation rate)
- ประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ (Irrigation efficiency analysis)

## 3. การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพรุนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

โดยจะรวบรวมผลิตภัณฑ์การให้น้ำที่มีลักษณะเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ในท้องตลาดจำนวนไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ และคัดเลือกเพื่อนำมาทดลองจำนวน 2 รูปแบบ โดยการนำไปทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำในกระถางดินเปล่า (ไม่ปลูกพืช) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จำนวน 2 รูปแบบ รวมจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 4 รูปแบบ และกระถางควบคุม โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT

## 4. การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

4.1 การดำเนินการออกแบบรายละเอียด (Detail Design) โดยนำแบบร่างที่ผ่านการคัดเลือกแล้วไปพัฒนาต่อ จนถึงขั้นรายละเอียดของส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยจัดทำเป็นภาพฉาย (Top Front Side View) ที่แสดงรายละเอียดขนาดกว้าง ยาว และสูงทั้ง 3 ด้าน และภาพจำลองแบบทัศนมิติ (Perspective View) รวมถึงสร้างเป็นหุ่นจำลอง 3 มิติ พร้อมแนวคิดรายละเอียดวัสดุในการโดยนำไปใช้กับกระถาง หรือแจกัน ที่มีจำหน่ายอยู่แล้ว โดยระบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำ จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบ ไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ เพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกเชิงพาณิชย์ โดยคำนึงถึงความหลากหลายรูปแบบ การใช้ประโยชน์และตรงกับความต้องการผู้บริโภค เช่น ราคาถูก สวยงาม ทนทานขนส่งได้สะดวกใช้งานง่าย

ประหยัดเวลาในการดูแลและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ตลอดจนสะดวกต่อการใช้งานของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ทั้งในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับแบบกระถางเดี่ยวและวาง แบบแขวนหรือติดผนัง ตลอดจนเหมาะสมต่อการผลิตพืชในพื้นที่และในรูปแบบการผลิตต่าง ๆ

4.2 สร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช ไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ

5. ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

5.1 ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคการผลิตเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

5.2 ออกแบบรายละเอียดเทคนิคการใช้ประโยชน์ ติดตั้ง การดูแลรักษาและอื่น ๆ เพื่อสร้างคู่มือการใช้และการประชาสัมพันธ์ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร หรือเว็บไซต์ หรือไบปลิว

5.3 ออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งหรือจำหน่าย

6. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการตลาด

ประเมินต้นทุนการผลิต ราคาจำหน่าย ผลกำไรหรือการคืนทุน ตลอดจนประเมินรูปแบบการจำหน่ายตามกลุ่มเป้าหมายลูกค้าที่เหมาะสม ที่คาดว่าจะมีความพึงพอใจความยินดีที่จะจ่าย (Willingness to pay: WTP) ต่อผลิตภัณฑ์

### 3.3 วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3.1 วัสดุและส่วนผสมในการผลิตเซรามิก

3.3.1.1 เซรามิกกรุพูน

- ดินเซรามิก
- ดินเหลือง
- ถ่าน

3.3.1.2 เซรามิกปูนปลาสเตอร์

- ดินเซรามิก
- ดินเหลือง
- ปูนปลาสเตอร์
- ดินปิกิต
- แป้งกาวยาวยาโพด

### 3.3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- กระถางเพาะปลูก
- ตาข่าย
- ขวดน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.75 เซนติเมตร
- ท่อเกษตร PE สีดำ
- กาวอีพอกซี
- ข้อต่อตรง
- ข้อต่อสามทางแบบมีวาล์วปิด
- เทปกาว

### 3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron microscope: SEM)
- เครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM)
- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

### 3.3.4 พืชที่ใช้ในการทดลอง

- เศรษฐีเรือนนอก
- หน้วว

## 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

การศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกรูปทรง การศึกษา และทดสอบสูตรส่วนผสมและเทคนิคการผลิตที่ทำให้เกิดรูปทรงเพื่อการให้น้ำแก่พืช และการออกแบบและ สร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช มีดังนี้

### 3.4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกรูปทรง

#### 3.4.1.1 การรวบรวมและทดสอบวัสดุ

จากการดำเนินงาน ได้สำรวจและตรวจสอบดินและวัตถุดิบเพื่อการทดสอบเบื้องต้นในการผลิตเซรามิกกรุพูน โดยการคัดเลือกดินมี 4 ชนิด เพื่อการทดสอบทางกายภาพบางประการ ดังนี้

ดินชนิดที่ 1 ดินดำพะเยา คือ ดินดำที่ขุดจากตำบลท่าจำปี อำเภอเมืองพะเยา

ดินชนิดที่ 2 ดินดำเหลือง คือ ดินดำพะเยาผสมกับดินเหลืองจากจังหวัดลำปาง ซึ่งประกอบด้วย ดินเหลืองร้อยละ 40 ดินขาวร้อยละ 24 และดินดำร้อยละ 36 ที่เบื้องต้นทดลองผสมมีเนื้อดินละเอียดขึ้นรูปงานเหมาะสมสำหรับการปั้นและหล่อทำเซรามิก

ดินชนิดที่ 3 ดินเซรามิก คือ ดินเซรามิกที่ผู้ประกอบการเอียนปฐมา ใช้เพื่อทำผลิตภัณฑ์เซรามิกในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วย ดินขาวร้อยละ 40 และดินดำร้อยละ 60

ดินชนิดที่ 4 ดินเซรามิกกรุพูน ดินผสมถ่านเดิม ซึ่งประกอบด้วย ดินขาว ดินดำ และถ่านเป็นวัสดุสร้างรูพูนหลังการเผา

โดยนำดินแต่ละชนิดมาขนาดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปกดอัดกับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เพื่อทำเป็นแท่งทดสอบ โดยมีความยาว 12 เซนติเมตร ความกว้าง 2 เซนติเมตร และความหนา 1 เซนติเมตร โดยทำเครื่องหมายเส้นตรงความยาว 10 เซนติเมตร ไว้บนผิวของแท่งดิน แล้วจึงนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาเผา โดยค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติในแต่ละด้านของวัตถุดิบ ก่อนที่จะนำมาผลิตเป็นเซรามิกกรุพูนสูตรต่าง ๆ ในลำดับต่อไป ดังนี้

- 1) คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพ เช่น พื้นผิว ปริมาตร และความหนาแน่น
- 2) ความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบ
- 3) การหดตัวของแท่งทดสอบหลังการเผา

โดยการวัดความยาวของเครื่องหมายเส้นตรงที่ได้ทำไว้บนแท่งทดสอบหลังการเผา และคำนวณเป็นร้อยละของความยาวเครื่องหมายเส้นตรงที่เปลี่ยนแปลงไป ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของการหดตัวหลังการเผา} = (10 - \text{ความยาวของขีดบนแท่งทดสอบหลังการเผา}) * 100$$

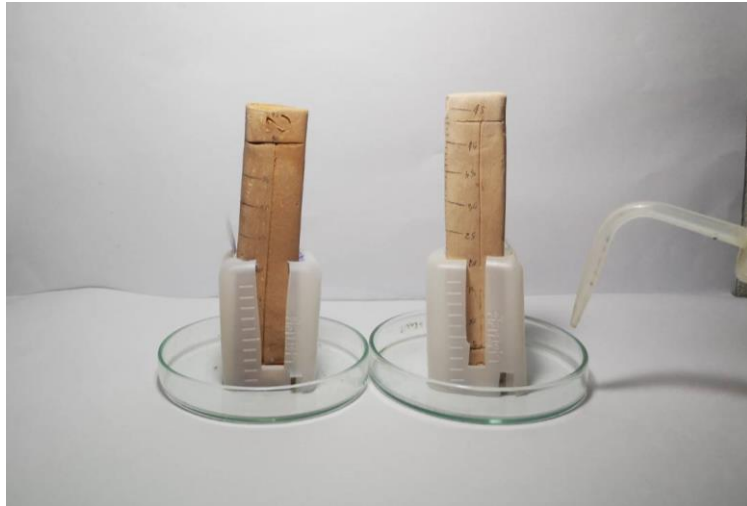
- 4) การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบ

โดยการชั่งน้ำหนักแห้งของแท่งทดสอบ แล้วจึงไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 30 นาที และแช่ทิ้งไว้ในน้ำร้อนอีก 30 นาที เพื่อให้เซรามิกอึมน้ำ จากนั้นจึงนำมาชั่งน้ำหนักเปียก และคำนวณหาร้อยละน้ำหนักของแท่งทดสอบที่เปลี่ยนแปลงไป ตามสมการดังต่อไปนี้

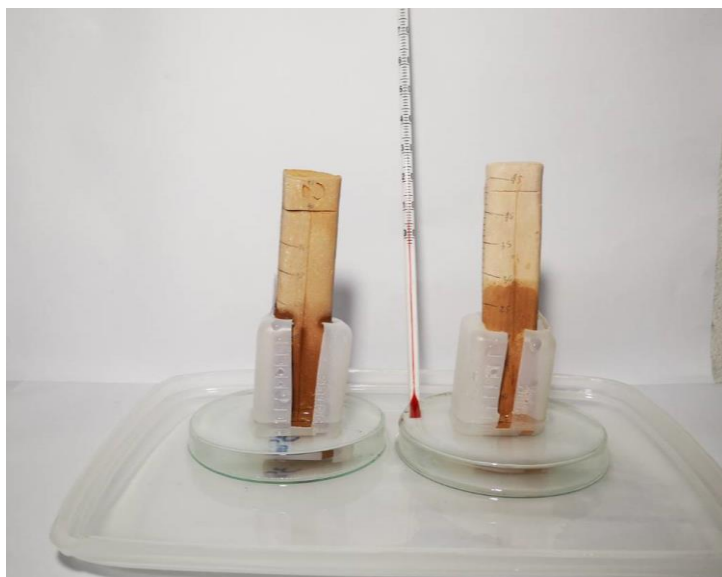
$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = ((\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}) / \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}) * 100$$

#### 5) อัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบ

โดยการนำแท่งทดสอบมาตั้งตรงบนจานเพาะเชื้อ ดังที่แสดงในรูป 3-1 และรูป 3-2 แล้วจึงเทน้ำลงไป และทำการจับเวลาที่น้ำซึมขึ้นมาตามแท่งทดสอบทุก ๆ 1 เซนติเมตร



ภาพ 3.1 ภาพการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินก่อนการทดลอง



ภาพ 3.2 ภาพการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผิวดินหลังการทดลองและอุณหภูมิของน้ำ

#### 3.4.2 การผลิตและทดสอบคุณสมบัติเซรามิกรูปพรุน

ในการผลิตเซรามิกรูปพรุนนั้น ได้เตรียมส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินเซรามิก และถ่าน มาผสมและทำการขึ้นรูปตามวิธีมาตรฐาน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส โดยอัตราส่วนในการผสมทำเซรามิกรูปพรุน ถูกกำหนดเป็นสูตรการทดลองทั้งหมด 14 สูตร ดังนี้

ตาราง 3.1 อัตราส่วนของดินเหนียว ดินเซรามิก และถ่าน ในแต่ละสูตรของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูน

| สูตรการทดลอง | ส่วนผสม (%) |           |      |
|--------------|-------------|-----------|------|
|              | ดินเซรามิก  | ดินเหนียว | ถ่าน |
| 1PC          | 90          | 10        | 10   |
| 2PC          | 90          | 10        | 20   |
| 3PC          | 85          | 15        | 10   |
| 4PC          | 85          | 15        | 20   |
| 5PC          | 85          | 15        | 30   |
| 6PC          | 80          | 20        | 10   |
| 7PC          | 80          | 20        | 20   |
| 8PC          | 80          | 20        | 30   |
| 9PC          | 75          | 25        | 10   |
| 10PC         | 75          | 25        | 20   |
| 11PC         | 75          | 25        | 30   |
| 12PC         | 70          | 30        | 10   |
| 13PC         | 70          | 30        | 20   |
| 14PC         | 70          | 30        | 30   |

\*อัตราส่วนผสมข้างต้น เป็นอัตราส่วนผสมของดิน (ดินเซรามิกผสมกับดินเหนียว) และถ่านที่ผสมลงไปให้อัตราส่วนที่กำหนดต่อน้ำหนักรวมของดินที่ได้ผสมไว้แล้ว

\*\*ดินเหนียวซึ่งเป็นดินที่เกิดจากธรรมชาติ

\*\*\*ดินเซรามิกเป็นการผสมระหว่างดินขาว 70% และดินดำพะเยา 30%

\*\*\*\*ถ่านธรรมชาติจากไม้เนื้อแข็ง

จากนั้นจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.4.2.1 การหดตัวของแท่งทดสอบหลังการเผา

3.4.2.2 การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบ

3.4.2.3 ความแข็งแรงของแท่งทดสอบ

โดยการทดสอบค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูน โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบอเนกประสงค์ (UTM) หรือสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{MOR} = \frac{3WL}{2bd^2}$$

(ค่าความแข็งแรง)



W = ค่า load ที่อ่านได้จาก dial gauge

L = ระยะห่างของแท่นยึดตัวอย่าง

b = ความกว้างของแท่งตัวอย่าง

d = ความหนาของแท่งตัวอย่าง

#### 3.4.2.4 ลักษณะของรูปพรุนในเนื้อแท่งทดสอบ

#### 3.4.3 การคัดเลือกเซรามิกรูปพรุน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกรูปพรุนแต่ละสูตรการทดลองแล้ว ได้ทำการคัดเลือกสูตรผสมออกมา 3 สูตร ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำเซรามิกรูปพรุน คือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่สูง มีการหดตัวหลังการเผาไหม้ และมีความแข็งแรงในระดับที่นำไปใช้งานได้จริง เพื่อนำมาผลิตเป็นเซรามิกรูปพรุนสำหรับการให้น้ำแก่พืช และสามารถนำไปต่อยอด พัฒนาสูตรการทดลองอื่น ๆ ได้ในลำดับต่อไป

#### 3.4.4 การออกแบบและการประดิษฐ์เซรามิกรูปพรุน

ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการให้เซรามิกรูปพรุนมีรูปทรงที่สอดคล้องกับการแพร่กระจายของรากพืชและมีความสมมาตร กล่าวคือเซรามิกรูปพรุนต้องมีขนาดที่สัมพันธ์กับรูปทรง มีความหนาที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ภายในระยะหนึ่ง มีการแพร่กระจายของน้ำเพื่อรักษาระดับความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีความคงทนและแข็งแรงต่อการใช้ในพื้นที่การเกษตร

โดยรูปแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกรูปพรุนที่ทางผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ จะเป็นแบบทรงกระบอก 2 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ที่มีความสูงประมาณ 10 เซนติเมตร และขนาดเล็กที่มีความสูงประมาณ 7 เซนติเมตร มีช่องส่งน้ำภายในเป็นแบบท่อกลวง โดยการนำส่วนผสมตามสูตรที่ได้ทำการคัดเลือกไว้ 3 สูตร มาผสมและขึ้นรูปตามวิธีมาตรฐาน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

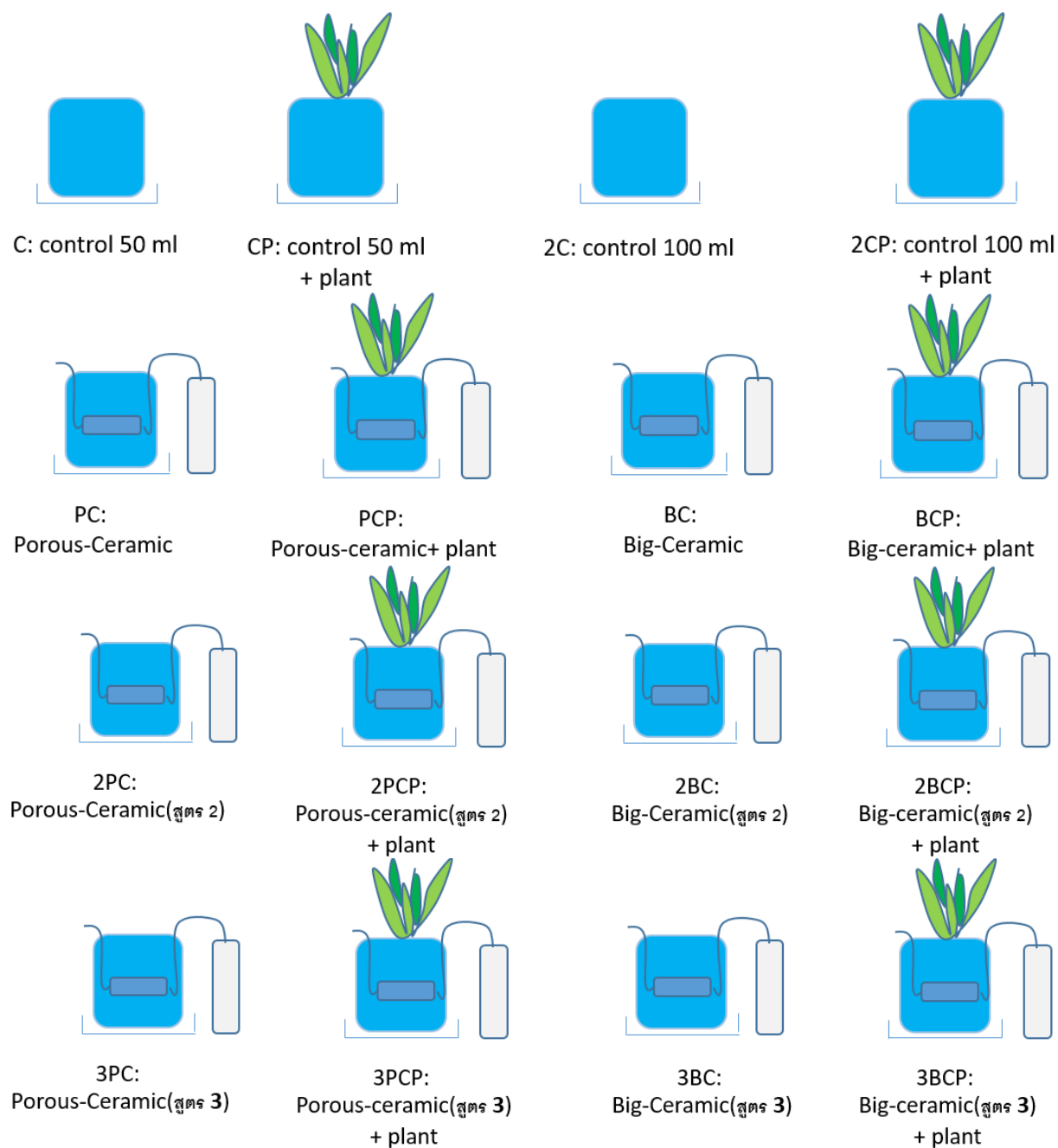
#### 3.4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิกรูปพรุน

##### 3.4.5.1 แผนการทดลองปลูกพืช

การศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำทางผิวดินด้วยเซรามิกรูปพรุนเพื่อการปลูกครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้พืช 2 ชนิด ได้แก่ เศรษฐีเรือนนอกและหน้าวัว โดยได้วางแผนการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 (การให้น้ำแบบปกติ 50 และ 100 มิลลิลิตรต่อวัน) และการทดลองที่ 2 (การให้น้ำทางใต้ผิวดินด้วยเซรามิกรูปพรุน) โดยทำการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ (Replication) มีหน่วยการทดลอง (Treatment) ทั้งหมด 16 หน่วยการทดลอง ดังนี้

ตาราง 3.2 แผนการทดลองการปลูกพืชด้วยเซรามิกรูปทรง

| หน่วยการ<br>ทดลอง<br>(Treatment) | ปลูกพืช | การให้น้ำแบบ<br>ปกติ |           | การให้น้ำใต้ดินด้วยเซรามิกรูปทรง |     |     |          |     |     |
|----------------------------------|---------|----------------------|-----------|----------------------------------|-----|-----|----------|-----|-----|
|                                  |         | 50<br>ml             | 100<br>ml | ขนาดเล็ก                         |     |     | ขนาดใหญ่ |     |     |
|                                  |         |                      |           | 4PC                              | 5PC | 8PC | 4PC      | 5PC | 8PC |
| C                                |         | ✓                    |           |                                  |     |     |          |     |     |
| CP                               | ✓       | ✓                    |           |                                  |     |     |          |     |     |
| 2C                               |         |                      | ✓         |                                  |     |     |          |     |     |
| 2CP                              | ✓       |                      | ✓         |                                  |     |     |          |     |     |
| PC                               |         |                      |           | ✓                                |     |     |          |     |     |
| PCP                              | ✓       |                      |           | ✓                                |     |     |          |     |     |
| BC                               |         |                      |           |                                  |     |     | ✓        |     |     |
| BCP                              | ✓       |                      |           |                                  |     |     | ✓        |     |     |
| 2PC                              |         |                      |           |                                  | ✓   |     |          |     |     |
| 2PCP                             | ✓       |                      |           |                                  | ✓   |     |          |     |     |
| 2BC                              |         |                      |           |                                  |     |     |          | ✓   |     |
| 2BCP                             | ✓       |                      |           |                                  |     |     |          | ✓   |     |
| 3PC                              |         |                      |           |                                  |     | ✓   |          |     |     |
| 3PCP                             | ✓       |                      |           |                                  |     | ✓   |          |     |     |
| 3BC                              |         |                      |           |                                  |     |     |          |     | ✓   |
| 3BCP                             | ✓       |                      |           |                                  |     |     |          |     | ✓   |



ภาพ 3.3 แผนการทดลองการปลูกพืชด้วยเซรามิกพรุน

ตาราง 3.3 น้ำหนักของพืชที่ใช้ในการทดลอง

| หน่วยการทดลอง<br>(Treatment) | น้ำหนักพืช (g) |          |          |                   |          |          |
|------------------------------|----------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
|                              | ต้นหน้าวัว     |          |          | ต้นเศรษฐีเรือนนอก |          |          |
|                              | ซ้ำที่ 1       | ซ้ำที่ 2 | ซ้ำที่ 3 | ซ้ำที่ 1          | ซ้ำที่ 2 | ซ้ำที่ 3 |
| C                            | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| CP                           | 47.90          | 54.00    | 70.30    | 55.60             | 61.80    | 58.00    |
| 2C                           | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| 2CP                          | 66.20          | 76.00    | 105.10   | 55.60             | 56.40    | 76.00    |
| PC                           | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| PCP                          | 70.00          | 64.80    | 47.70    | 112.50            | 70.40    | 91.60    |
| BC                           | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| BCP                          | 48.60          | 57.50    | 52.10    | 92.90             | 77.00    | 69.30    |
| 2PC                          | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| 2PCP                         | 52.70          | 91.50    | 58.50    | 96.70             | 96.70    | 85.80    |
| 2BC                          | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| 2BCP                         | 70.00          | 62.90    | 66.50    | 82.70             | 77.10    | 81.00    |
| 3PC                          | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| 3PCP                         | 93.20          | 49.00    | 70.70    | 87.30             | 72.10    | 80.00    |
| 3BC                          | -              | -        | -        | -                 | -        | -        |
| 3BCP                         | 57.40          | 47.00    | 47.10    | 89.00             | 74.90    | 73.10    |

#### 3.4.5.2 การเตรียมชุดเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำ

1) นำข้อต่อตรงมาต่อเข้ากับแท่งเซรามิกกรุพูนทั้ง 2 ด้าน ด้วยโพลีอีพอกไซด์ (Polyepoxide: Epoxy) โดยห้ามให้โพลีอีพอกไซด์อุดรูข้อต่อตรง

2) ตัดท่อเกษตร PE ความยาว 40 และ 60 เซนติเมตร แล้วนำมาต่อเข้ากับข้อต่อตรงทั้ง 2 ข้าง ของแท่งเซรามิกกรุพูน

#### 3.4.5.3 การเตรียมกระถางสำหรับการปลูกต้นเศรษฐีเรือนนอก

1) เจาะรูกันกระถางสีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตามแนวตั้ง และแนวนอนของกลางกระถาง จำนวน 12 รู โดยให้มีระยะห่างของรูเท่า ๆ กัน

2) ตัดตาข่ายให้มีขนาดเท่ากับกันกระถางและนำมารองกันกระถาง เพื่อกันดิน และทรายไหลออกนอกกระถาง จากนั้นนำกรวดเทรองพื้นกระถาง ให้มีความสูงประมาณ 3 เซนติเมตร

3) ทำการผสมผงผักตบชวา, ดินจากหมู่บ้านไ้ ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา, ดินร่วน และทราย ในอัตราส่วน 5 : 8 : 4 : 3 และเทลงในกระถาง ๆ ละ 4.76 กิโลกรัม

4) นำชุดเซรามิกรูปพญานาคมาฝังลงในดิน โดยฝังแท่งเซรามิกรูปพญานาคให้ลึกจากผิวดิน ประมาณ 5 เซนติเมตร

5) เติมน้ำให้เต็มขวด จากนั้นนำขวดน้ำต่อกับชุดเซรามิกรูปพญานาค โดยต่อท่อเกษตร ด้านยาวเข้าสู่ปากขวด และมาพันไว้ข้างกระถางด้วยเทปกาว เพื่อป้องกันการล้นของขวดน้ำ

6) นำต้นเศรษฐีเรือนนอกมาปลูกลงในกระถาง โดยให้รากของต้นไม้กระเจา อยู่ล้อมรอบแท่งเซรามิกรูปพญานาค

7) ใช้กระบอกลดน้ำเข้าสู่ระบบจากฝั่งข้อต่อ 3 ทาง จนมีน้ำไหลเข้าสู่กระบอกลดน้ำแล้ว แล้วปิดวาล์วของข้อต่อ 3 ทาง ไม่ให้มีอากาศเข้าสู่ท่อเกษตร

8) นำฝากระถางมารองใต้กระถาง และทำการชั่งน้ำหนักทั้งหมดของระบบ

#### 3.4.5.4 การเตรียมกระถางสำหรับการปลูกต้นหน้าวัว

1) ตัดตาข่ายให้มีขนาดเท่ากับกันกระถางสีดำและนำมารองกันกระถาง จำนวน 2 แผ่นต่อกระถาง เพื่อกันดินไหลออกนอกกระถาง

2) ทำการผสมกาบมะพร้าวและพีทมอส อัตราส่วน 2 : 1 และเทลงในกระถาง ๆ ละ 0.53 กิโลกรัม

3) นำชุดเซรามิกรูปพญานาคมาฝังลงในดิน โดยฝังแท่งเซรามิกรูปพญานาคให้ลึกจากผิวดิน ประมาณ 3 เซนติเมตร

4) นำต้นหน้าวัวมาปลูกลงในกระถาง โดยให้รากของต้นไม้กระเจาอยู่ล้อมรอบแท่งเซรามิกรูปพญานาค

5) เติมน้ำให้เต็มขวด จากนั้นนำมาต่อกับชุดเซรามิกรูปพญานาค โดยต่อท่อเกษตรด้านยาวเข้าสู่ปากขวด และมาพันไว้ข้างกระถางด้วยเทปกาว เพื่อป้องกันการล้นของขวดน้ำ

6) ใช้กระบอกลดน้ำเข้าสู่ระบบจากฝั่งข้อต่อ 3 ทาง จนมีน้ำไหลเข้าสู่กระบอกลดน้ำ

7) นำฝากระถางมารองใต้กระถาง และทำการชั่งน้ำหนักทั้งหมดของระบบ



เซรามิกกรุพูนสองขนาด  
คือ 7 cm และ 10



ข้อต่อตรง



เซรามิกกรุพูนที่ต่อกับข้อต่อตรง



ข้อต่อ 3 ทาง



การต่อเซรามิกกรุพูนเข้ากับท่อเกษตร PE



เซรามิกกรุพูนที่ประกอบกับข้อต่อตรง สาย PE  
และข้อต่อ 3 ทาง

ภาพ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (1)



การตัดปากขวดน้ำ



ชุดเซรามิกรูปพูนที่ประกอบสมบูรณ์



ตาข่ายตัดเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 cm



ตาข่ายรองกันดินไหลออกนอกกระถาง



การชั่งน้ำหนักดิน



การชั่งน้ำหนักพืช

ภาพ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (2)





การนำเซรามิกลงดิน



การปลูกหน้าวัว



การชั่งน้ำหนักพืชรวมกระถางการทดลอง



ภาพการใช้ต้นหน้าวัวในการเป็นไม้ประดับ



การใช้เศรษฐีเรือนนอกเป็นไม้ประดับ

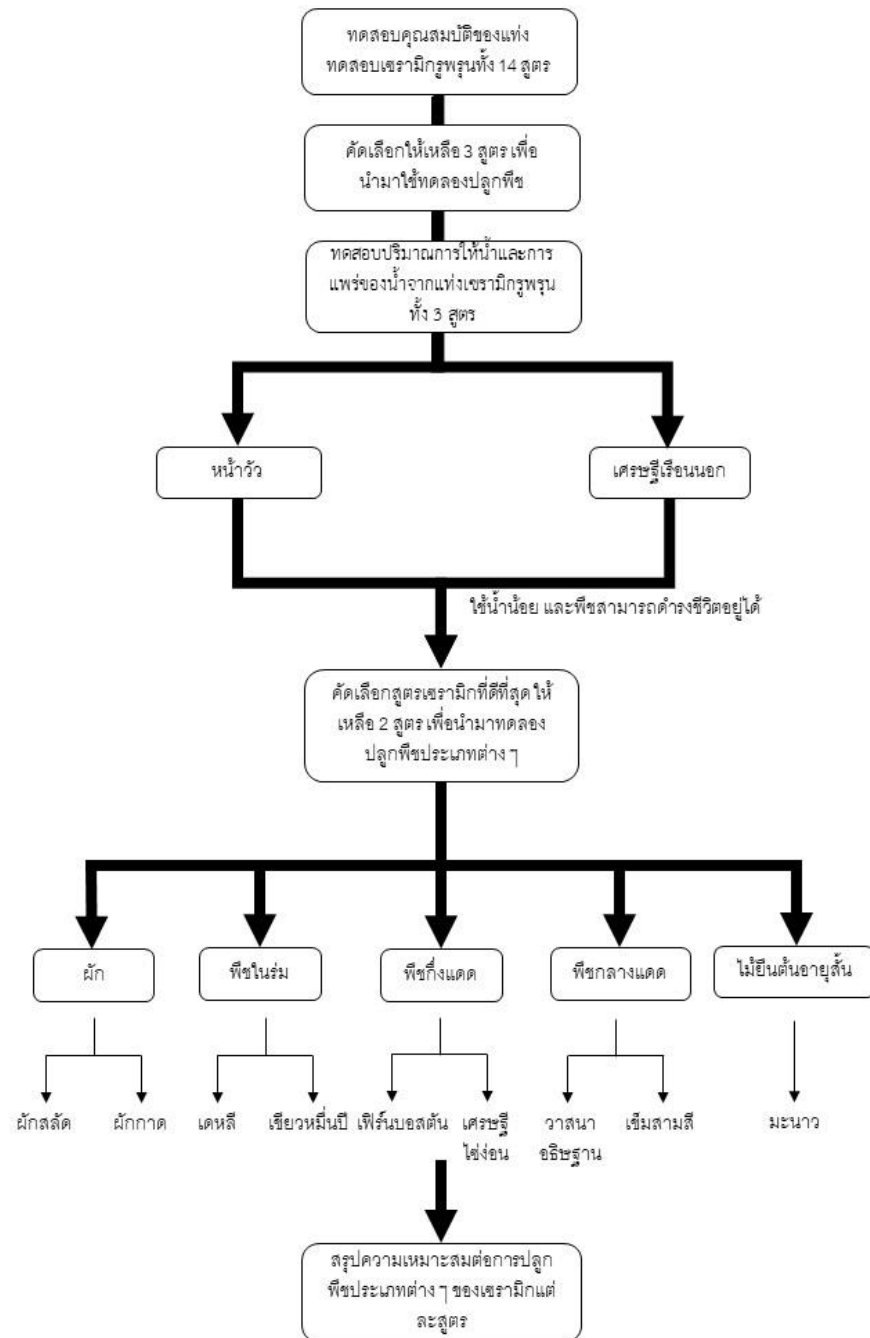
ภาพ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง (3)





ภาพ 3.7 การทดลองปลูกพืชหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอกด้วยเซรามิกทุพรุน

นอกจากการศึกษาการปลูกพืชหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอก โดยใช้เซรามิกกรุพูนทั้ง 3 สูตร ที่ได้คัดเลือกจากคุณสมบัติของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสูตรเซรามิกอีกครั้ง ให้เหลือจำนวนเซรามิกกรุพูน 2 สูตร ที่มีความเหมาะสมทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพ และมีปริมาณการให้น้ำที่เหมาะสมแก่พืชทั้ง 2 ชนิดมากที่สุด และได้นำมาใช้ในการทดลองเพื่อปลูกพืชชุดสารพิษประเภทต่าง ๆ ในลำดับต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้



ภาพ 3.8 ขั้นตอนการทดลองปลูกพืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกกรุพูน

โดยจากแผนภาพขั้นตอนการทดลองข้างต้น ทางผู้วิจัยได้วางแผนออกแบบการทดลองปลูกพืช ผักตบชားด้วยเซรามิกรูปทรง 2 สูตรที่ได้จากการคัดเลือก เพื่อศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรง และหาความเหมาะสมของเซรามิกแต่ละสูตรต่อการนำมาใช้ในการปลูกพืชผักตบชားแต่ละประเภท เพื่อการ นำไปปลูกเป็นไม้ประดับในสถานที่ต่าง ๆ โดยพืชที่จะใช้ทดลองในครั้งนี้จำแนกเป็นกลุ่มพืช 3 ประเภท ได้แก่ พืชในร่ม, พืชกลางแจ้ง และพืชกลางแจ้ง และได้คัดเลือกพืชเพื่อนำไปใช้ในการทดลองจากพืชผักตบชား ดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 ชนิดของพืชผักตบชားแต่ละประเภทที่ได้รวบรวม

| ไม้ประดับ/ไม้ดอก                     | ชื่อพืช                 | การปลูก                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ปลูกในร่ม-รำไร<br>(พืชในร่ม)         | เขียวหมื่นปี            | ใช้แยกกอไปปลูก หรือตัดต้นหรือยอดไปปักชำ ชอบดินร่วน ชุ่มชื้นอินทรีย์วัตถุและมีการระบายน้ำที่ดี ส่วนผสมของดินปลูก ใช้ดิน ทราย และปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 2:1:1 ใช้ ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกละลายน้ำรดเดือนละครั้ง                        |
|                                      | ปาล์มไผ่                | ชอบดินร่วนซุย ใช้ดิน ทรายหยาบ ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก และเศษใบไม้ผุ ในอัตราส่วน 2:1:1:1                                                                                                                                                       |
|                                      | พลูด่าง                 | ขยายพันธุ์โดยการใช้กิ่งหรือลำต้นที่มีใบติดอยู่ไปปักชำลงใน น้ำหรือปลูกในดินก็ได้ ปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด ส่วนผสมของดินใช้ดิน ทราย และเศษใบไม้ผุหรือขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 2:1:1 ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักละลายน้ำอย่าง เจือจางรดเดือนละครั้ง |
|                                      | หน้าวัว                 | ปลูกในกระถางส่วนผสมของดินใช้ดินร่วน ปุ๋ยหมักหรือ ปุ๋ยคอก และทรายหยาบ ในอัตราส่วน 2:1:1                                                                                                                                                    |
| ปลูกพื้นที่กลางแจ้ง<br>(พืชกลางแจ้ง) | เฟิร์นบอสตัน            | หมั่นรดน้ำให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ แต่อย่าให้แฉะ โดยเฉพาะ เวลาที่อากาศร้อนและแห้งควรฉีดพ่นละอองน้ำ ให้ใช้ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักละลายน้ำให้เดือนละครั้ง                                                                                        |
|                                      | เฟิร์นดาบ<br>ออสเตรเลีย | ควรหมั่นรดน้ำให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ แต่อย่าให้แฉะโดยเฉพาะ เวลาที่อากาศร้อนและแห้งควรฉีดพ่นละอองน้ำ ให้ใช้ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักละลายน้ำให้เดือนละครั้ง                                                                                      |
|                                      | เศรษฐีเรือนนอก          | ปลูกในกระถาง หรือปลูกเป็นกลุ่มในแปลงเพื่อคลุมดิน ถ้าอากาศแห้ง ปลายใบจะไหม้ ควรรดน้ำเป็นละอองฝอย บ่อย ๆ                                                                                                                                    |

| ไม้ประดับ/ไม้ดอก                     | ชื่อพืช          | การปลูก                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ปลูกพื้นที่กิ่งแตก<br>(พืชกิ่งแตก)   | เศรษฐีโช่งอ่อน   | ขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อไปปลูกใหม่หรือเพาะเมล็ด<br>ใช้ใบไม้ผู้เปื่อยผสมทรายและดินเล็กน้อย                                                                                                                |
|                                      | จิ้ง             | ขยายพันธุ์โดยการใช้หน่ออ่อนไปปลูก ชอบดินร่วนซุยที่มี<br>อินทรีวัตถุ ใช้ดินร่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก ทราย และใบไม้ผู้<br>ในอัตราส่วน 3:3:1:1                                                              |
|                                      | เดหลี            | ปลูกลงกระถางโดยใช้ส่วนผสมของดินร่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ย<br>คอก เศษใบไม้ผู้ และทรายหยาบ ในอัตราส่วน 2:1:1:1                                                                                                 |
| ปลูกพื้นที่มีแดดจัด<br>(พืชกลางแจ้ง) | ปาล์มสิบสองปันนา | ชอบดินร่วนซุย โดยใช้ดินที่มีส่วนผสมดินร่วน ทราย ปุ๋ยหมัก<br>และเศษอิฐละเอียด ในอัตราส่วน 2:1:1:1                                                                                                        |
|                                      | เยอปีร่า         | เจริญเติบโตได้ดีในดินอุดมสมบูรณ์และร่วนซุย ใช้ดินร่วน ปุ๋ย<br>หมักหรือปุ๋ยคอก เศษใบไม้ผู้ ทรายหยาบ ในอัตราส่วน<br>2:1:1:1                                                                               |
|                                      | วาสนาอธิฐาน      | ขึ้นได้ในดินทุกชนิด ส่วนผสมของดินใช้ดินร่วน ปุ๋ยหมักหรือ<br>ปุ๋ยคอก และเศษใบไม้ผู้ ในอัตราส่วน 2:1:1                                                                                                    |
|                                      | ลิ้นมังกร        | ขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อ หรือตัดใบเป็นท่อนๆ แล้วปักชำ<br>ชอบดินร่วนซุย ใช้ดินร่วน ทราย ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก และ<br>เศษใบไม้ผู้ ในอัตราส่วน 3:1:1:1                                                        |
|                                      | ดินตุ๊กแกฝรั่ง   | ขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ ถ้าใช้ปลูกในกระถางทรงตื้นหรือ<br>กระถางแฉวนส่วนผสมของดินใช้ดินร่วน ปุ๋ยหมักหรือ<br>ปุ๋ยคอก และเศษใบไม้ผู้ ในอัตราส่วน 2:1:1 ควรใช้ปุ๋ยหมัก<br>หรือปุ๋ยคอก ละลายน้ำรดเดือนละครั้ง |
|                                      | เข็มสามสี        | ปลูกได้ดีแม้ในที่ที่มีแสงน้อย ปลูกง่าย ต้องการความชุ่มชื้น<br>แต่ไม่ถึงกับแฉะ ถ้าปลูกภายในอาคารควรหมั่นฉีดละอองน้ำ<br>ให้ใบ และควรตั้งไว้ในที่ที่แสงแดดส่องถึง จะทำให้ใบมีสีสัน<br>สวยงามมากยิ่งขึ้น    |
|                                      | เบญจมาศ          | ชอบดินร่วนซุยที่อุดมด้วยอินทรีวัตถุ ส่วนผสมของดินใช้ดิน<br>ร่วน ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก และเศษใบไม้ผู้ ในอัตราส่วน 2:1:1                                                                                    |

และได้คัดเลือกพืชจากทั้ง 3 ประเภท ๆ ละ 2 ชนิด รวมเป็น 6 ชนิด เพื่อการทดสอบปริมาณการให้น้ำแก่พืชของเขรามิกรุพูนทรงกระบอกขนาดสั้น (7 เซนติเมตร), ทรงกระบอกขนาดยาว (10 เซนติเมตร) และทรงกรวย ของแต่ละสูตรเขรามิก โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และได้มีการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น

ในดิน โดยรายชื่อพืชที่ใช้ได้คัดเลือกสำหรับการทดลอง จะแสดงอยู่ในตารางการออกแบบการทดลอง ดัง  
ตาราง 3.5

ตาราง 3.5 การออกแบบการทดลองปลูกพืชดูดสารพิษด้วยเซรามิกกูฟรูน

| เซรามิกกูฟรูน    | รูปทรงเซรามิก                                | ประเภท            | ชนิดพืช                             |
|------------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| สูตร 1<br>สูตร 2 | 1. ทรงกระบอกขนาดเล็ก<br>2. ทรงกระบอกขนาดใหญ่ | พืชผัก            | 1. ผักสลัด<br>2. ผักกาดหอม          |
|                  |                                              | พืชในร่ม          | 1. เดหลี<br>2. เศรษฐีหมื่นปี        |
|                  |                                              | พืชกึ่งแดด        | 1. เฟิร์นบอสตัน<br>2. เศรษฐีไซ่ง่อน |
|                  |                                              | พืชกลางแจ้ง       | 1. วาสนาอธิษฐาน<br>2. เข็มสามสี     |
|                  | 3. ทรงกรวย                                   | พืชผัก            | 1. ผักสลัด<br>2. ผักกาดหอม          |
|                  |                                              | พืชในร่ม          | 1. เดหลี<br>2. เศรษฐีหมื่นปี        |
|                  |                                              | พืชกึ่งแดด        | 1. เฟิร์นบอสตัน<br>2. เศรษฐีไซ่ง่อน |
|                  |                                              | พืชกลางแจ้ง       | 1. วาสนาอธิษฐาน<br>2. เข็มสามสี     |
|                  |                                              | ไม้ยืนต้นอายุสั้น | มะนาว                               |





ภาพ 3.9 การทดลองปลูกพืชดูดสารพิษด้วยเซรามิกรูปurun

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินการวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินการวิจัย

#### 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกกรุพรุน

##### 4.1.1 คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพของแท่งทดสอบดิน

ตาราง 4.1 คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพของดินที่ใช้ในการผลิตเซรามิกกรุพรุน

| ชนิดของดิน        | คุณสมบัติทางกายภาพ              |                                    |                                          |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
|                   | พื้นผิว<br>(ตาราง<br>เซนติเมตร) | ปริมาตร<br>(ลูกบาศก์<br>เซนติเมตร) | ความหนาแน่น<br>(กรัม/ตาราง<br>เซนติเมตร) |
| 1.ดินดำพะเยา      | 81.55                           | 39.18                              | 5.69                                     |
| 2.ดินผสมดินเหลือง | 65.31                           | 35.55                              | 3.71                                     |
| 3.ดินเซรามิก      | 75.19                           | 32.45                              | 3.71                                     |
| 4.ดินผสมถ่านเดิม  | 123.42                          | 81.15                              | 3.08                                     |

จากตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแท่งทดสอบหลังการเผา พบว่า ดินทั้งสี่ชนิดมีค่าของ  
คุณภาพทางกายภาพไม่เท่ากัน โดยจำแนกได้ดังต่อไปนี้ ดินที่มีค่าพื้นผิวมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม  
มีค่าอยู่ที่ 123.42 ตารางเซนติเมตร และดินที่มีค่าพื้นผิวน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลือง มีค่าอยู่ที่ 65.31  
ตารางเซนติเมตร ดินที่มีปริมาตรมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม มีค่าอยู่ที่ 81.15 ลูกบาศก์เซนติเมตร และดินที่  
มีปริมาตรน้อยที่สุด คือ ดินเซรามิก มีค่าอยู่ที่ 32.45 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดินที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ  
ดินดำพะเยา มีค่าอยู่ที่ 5.69 กรัม/ตารางเซนติเมตร และดินที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลือง  
และดินเซรามิก มีค่าอยู่ที่ 3.71 กรัม/ตารางเซนติเมตร



#### 4.1.2 ความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

ตาราง 4.2 ความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

| ชนิดของดิน        | ความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบ<br>(กรัม) |
|-------------------|-------------------------------------------------|
| 1.ดินดำพะเยา      | 15,005 กรัม                                     |
| 2.ดินผสมดินเหลือง | 3,155 กรัม                                      |
| 3.ดินเซรามิก      | 2,072 กรัม                                      |
| 4.ดินผสมถ่านเดิม  | 6,486 กรัม                                      |

จากตารางแสดงความสามารถในการรับน้ำหนักแท่งทดสอบ พบว่าดินทั้งสี่ชนิดมีความสามารถในการรับน้ำหนักของแท่งทดสอบไม่เท่ากันโดยที่ดินดำพะเยามีความสามารถในการรับน้ำหนักคือ 15,005 กรัม ดินผสมดินเหลืองมีความสามารถในการรับน้ำหนักคือ 3,155 กรัม ดินเซรามิกมีความสามารถในการรับน้ำหนักคือ 2,072 กรัม และดินผสมถ่านเดิมมีความสามารถในการรับน้ำหนักคือ 6,486 กรัม

#### 4.1.3 การหดตัวของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

ตาราง 4.3 ร้อยละการหดตัวของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

| ชนิดของดิน        | การหดตัวหลังการเผา (เปอร์เซ็นต์) |
|-------------------|----------------------------------|
| 1.ดินดำพะเยา      | 7.3                              |
| 2.ดินผสมดินเหลือง | 9.5                              |
| 3.ดินเซรามิก      | 6.8                              |
| 4.ดินผสมถ่านเดิม  | 7.0                              |

จากตารางแสดงร้อยละของการหดตัวของแท่งทดสอบดินหลังการเผา พบว่า ดินทั้งสี่ชนิดมีร้อยละการหดตัวที่แตกต่างกันโดยดินดำพะเยามีค่าร้อยละ 7.3 ดินผสมดินเหลืองมีค่าร้อยละ 9.5 ดินเซรามิกมีค่าร้อยละ 6.8 และดินผสมถ่านเดิมมีค่าร้อยละ 7.0

#### 4.1.4 การดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

ตาราง 4.4 ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบดินหลังการเผา

| ชนิดของดิน        | ร้อยละของการดูดซึมน้ำ |
|-------------------|-----------------------|
| 1.ดินดำพะเยา      | 17.56                 |
| 2.ดินผสมดินเหลือง | 26.92                 |
| 3.ดินเซรามิก      | 26.92                 |
| 4.ดินผสมถ่านเดิม  | 32.43                 |

จากตารางแสดงร้อยละของการอุ้มน้ำของแท่งทดสอบ พบว่า ดินทั้งสี่ชนิดมีการดูดซึมน้ำที่ต่างกัน โดยดินดำพะเยามีค่าร้อยละ 17.56 ดินผสมดินเหลืองมีค่าร้อยละ 26.92 ดินเซรามิกมีค่าร้อยละ 26.92 และดินผสมถ่านเดิมมีค่าร้อยละ 32.43

#### 4.1.5 อัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบดินหลังการเผา

ตาราง 4.5 อัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบดินหลังการเผา

| ชนิดของดิน        | อัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบ (นาทิต่อเซนติเมตร) |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1.ดินดำพะเยา      | 9.17                                                      |
| 2.ดินผสมดินเหลือง | 51.27                                                     |
| 3.ดินเซรามิก      | 7.21                                                      |
| 4.ดินผสมถ่านเดิม  | 5.01                                                      |

จากตารางแสดงอัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบ พบว่า ดินทั้งสี่ชนิดมีอัตราการซึมเคลื่อนที่ของน้ำในแท่งทดสอบที่ต่างกัน โดยดินดำพะเยามีค่า 9.17 นาทิต่อเซนติเมตร ดินผสมดินเหลืองมีค่า 51.27 นาทิต่อเซนติเมตร ดินเซรามิกมีค่า 7.21 นาทิต่อเซนติเมตร และดินผสมถ่านเดิมมีค่า 5.01 นาทิต่อเซนติเมตร

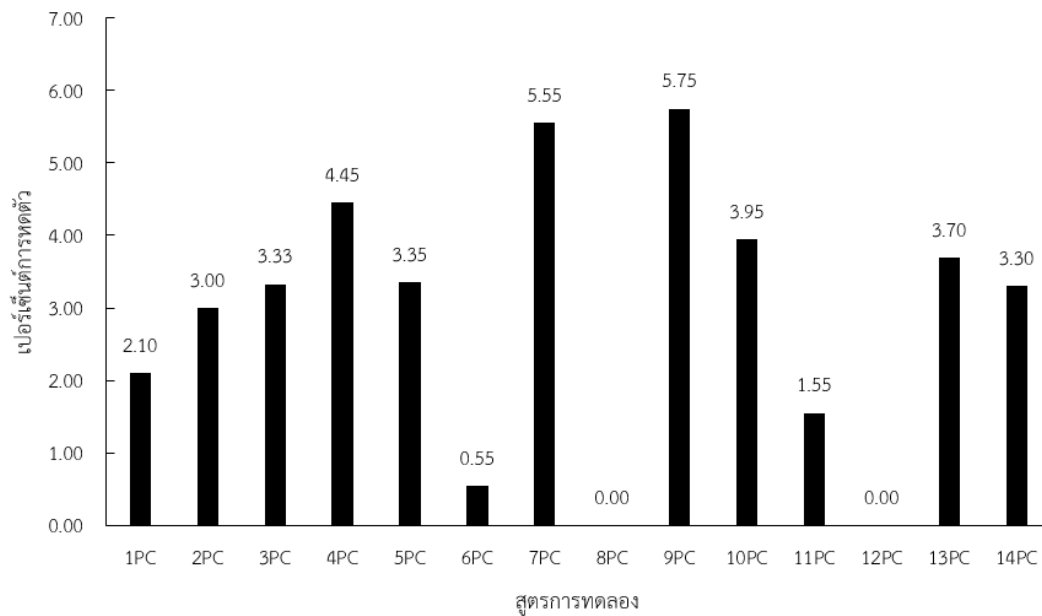
## 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกกรุพรุน

### 4.2.1 การหดตัวของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพรุนหลังการเผา

ตาราง 4.6 ร้อยละการหดตัวของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพรุนหลังการเผา

| Formula<br>No. | Percent Linear Shrinkage      |                             |                                           |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                | Plastic Length<br>(เซนติเมตร) | Fired Length<br>(เซนติเมตร) | Percent Linear Shrinkage<br>(เปอร์เซ็นต์) |
| 1PC            | 10                            | 9.56                        | 4.45                                      |
| 2PC            | 10                            | 9.67                        | 3.35                                      |
| 3PC            | 10                            | 9.95                        | 0.55                                      |
| 4PC            | 10                            | 9.79                        | 2.10                                      |
| 5PC            | 10                            | 9.70                        | 3.00                                      |
| 6PC            | 10                            | 9.45                        | 5.55                                      |
| 7PC            | 10                            | -                           | -                                         |
| 8PC            | 10                            | 9.67                        | 3.33                                      |
| 9PC            | 10                            | 9.43                        | 5.75                                      |
| 10PC           | 10                            | 9.61                        | 3.95                                      |
| 11PC           | 10                            | 9.85                        | 1.55                                      |
| 12PC           | 10                            | -                           | -                                         |
| 13PC           | 10                            | 9.63                        | 3.70                                      |
| 14PC           | 10                            | 9.67                        | 3.30                                      |

ผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผา พบว่า เปอร์เซ็นต์การหดตัวแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูง คือสูตรการทดลองที่ 10PC, 1PC, 6PC และ 9PC มีเปอร์เซ็นต์การหดตัว 3.95, 4.45, 5.55 และ 5.75 กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวปานกลาง คือ สูตรการทดลองที่ 14PC, 8PC, 2PC และ 13PC มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวเท่ากับ 3.30, 3.33, 3.35 และ 3.70 และกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำ คือ สูตรการทดลองที่ 3PC, 11PC, 4PC และ 5PC ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การหดตัว 0.55, 1.55, 2.10 และ 3.00 ตามลำดับ โดยสูตรการทดลองที่ 9PC มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงที่สุดและสูตรการทดลองที่ 3PC มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำที่สุด สูตรการทดลองที่ 7PC และ 12PC แท่งทดสอบอยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์ไม่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบได้



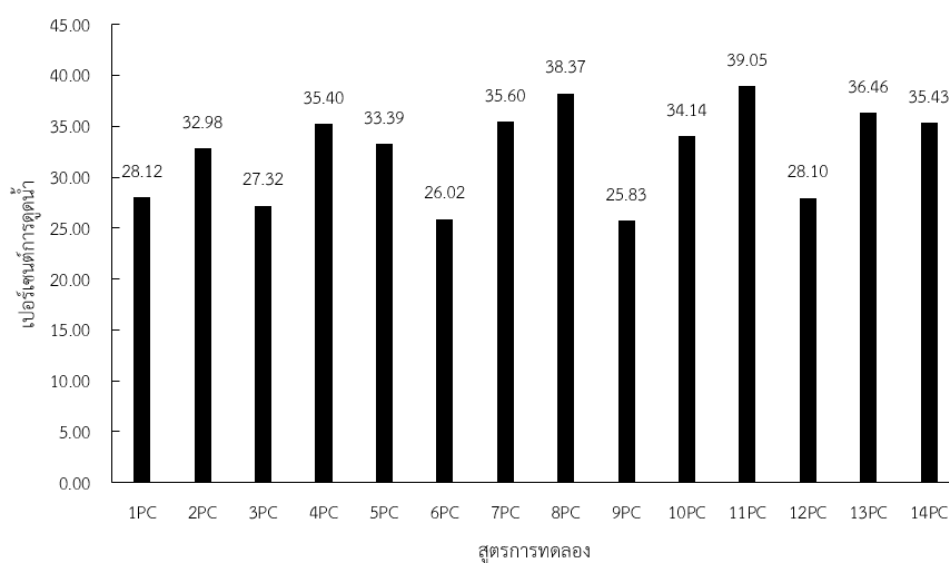
ภาพ 4.1 ค่าร้อยละการหดตัวของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนหลังการเผา

#### 4.2.2 ร้อยละของการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนหลังการเผา

ตาราง 4.7 ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนหลังการเผา

| สูตรการทดลอง | ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบ |               |               |           |
|--------------|--------------------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                  | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1PC          | 27.60                          | 28.63         | -             | 28.12     |
| 2PC          | 32.90                          | 33.05         | -             | 32.98     |
| 3PC          | 27.23                          | 27.41         | -             | 27.32     |
| 4PC          | 37.61                          | 33.19         | -             | 35.40     |
| 5PC          | 29.56                          | 37.23         | -             | 33.39     |
| 6PC          | 25.97                          | 26.07         | -             | 26.02     |
| 7PC          | 35.60                          | -             | -             | 35.60     |
| 8PC          | 38.53                          | 38.72         | 37.86         | 38.37     |
| 9PC          | 26.85                          | 24.80         | -             | 25.83     |
| 10PC         | 31.01                          | 32.34         | 39.06         | 34.14     |
| 11PC         | 39.33                          | 38.78         | -             | 39.05     |
| 12PC         | 28.10                          | -             | -             | 28.10     |
| 13PC         | 35.99                          | 36.93         | -             | 36.46     |
| 14PC         | 34.57                          | 36.29         | -             | 35.43     |

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกหลังการเผา พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีร้อยละการดูดซึมน้ำสูง ได้แก่ สูตรการทดลองที่ 14PC, 13PC, 7PC, 8PC และ 11PC มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 35.43, 36.46, 35.60, 38.37 และ 39.05 ตามลำดับ กลุ่มที่มีร้อยละการดูดซึมน้ำปานกลาง ได้แก่ สูตรการทดลองที่ 2PC, 5PC, 10PC และ 4PC มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 32.98, 33.39, 34.14 และ 35.40 ตามลำดับ และกลุ่มที่มีร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำ ได้แก่ สูตรการทดลองที่ 9PC, 6PC, 3PC, 12PC และ 1PC มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 25.83, 26.02, 27.32, 28.10 และ 28.12 ตามลำดับ โดยสูตรการทดลองที่ 14PC มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำสูงที่สุด และสูตรการทดลองที่ 1PC มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำที่ต่ำที่สุด



ภาพ 4.2 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพรุนหลังการเผา

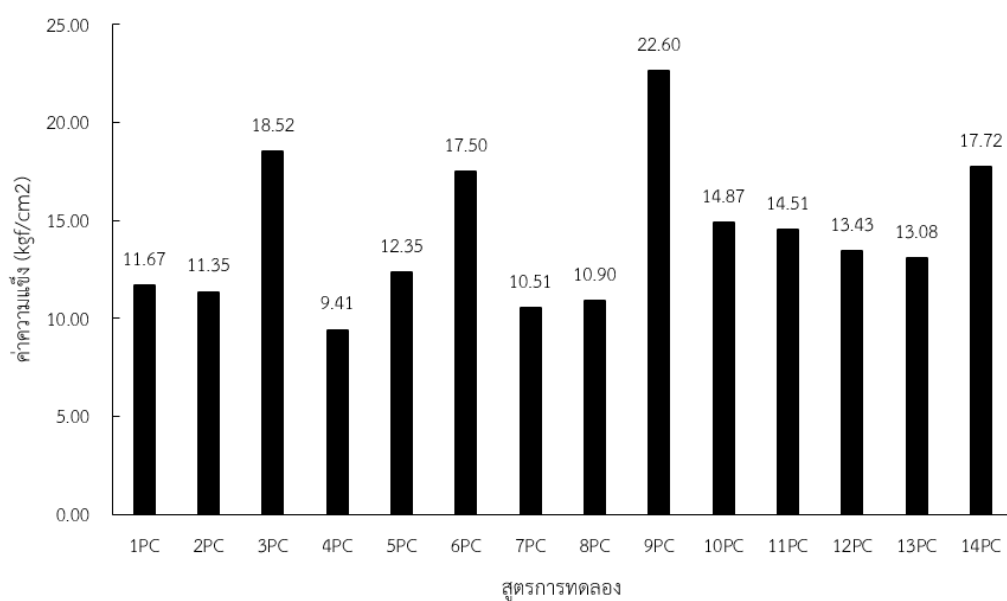
#### 4.2.3 ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพรุนหลังการเผา

ตาราง 4.8 ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพรุนหลังการเผา

| สูตรการทดลอง | ความแข็งของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร) |               |               |           |
|--------------|---------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                                     | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1PC          | 14.42                                             | 9.92          | -             | 11.67     |
| 2PC          | 11.65                                             | 11.05         | -             | 11.35     |
| 3PC          | 19.89                                             | 17.16         | -             | 18.52     |
| 4PC          | 9.74                                              | 9.09          | -             | 9.41      |
| 5PC          | 10.10                                             | 14.59         | -             | 12.35     |
| 6PC          | 14.42                                             | 20.57         | -             | 17.50     |

| สูตรการทดลอง | ความแข็งแรงของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร) |               |               |           |
|--------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                                        | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 7PC          | 9.80                                                 | 9.33          | 12.41         | 10.51     |
| 8PC          | 9.78                                                 | 10.37         | 12.56         | 10.90     |
| 9PC          | 20.45                                                | 24.76         | -             | 22.60     |
| 10PC         | 15.44                                                | 20.82         | 8.35          | 14.87     |
| 11PC         | 17.05                                                | 11.98         | -             | 14.51     |
| 12PC         | 13.43                                                | -             | -             | 13.43     |
| 13PC         | 12.85                                                | 13.31         | -             | 13.08     |
| 14PC         | 15.41                                                | 20.02         | -             | 17.72     |

ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบ พบว่า ค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม คือ ค่าความแข็งแรงสูง ค่าความแข็งแรงปานกลาง และค่าความแข็งแรงต่ำ สูตรการทดลองที่ 10PC, 6PC, 14PC, 3PC และ 9PC มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 14.87, 17.50, 17.72, 18.52 และ 22.60 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็น สูตรการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงสูง สูตรการทดลองที่ 5PC, 13PC, 12PC และ 11PC มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 12.35, 13.08, 13.43 และ 14.51 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นสูตรการทดลองที่มีค่าความแข็งแรง ปานกลาง สูตรการทดลองที่ 4PC, 7PC, 8PC, 2PC และ 1PC มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 9.41, 10.51, 10.90, 11.35 และ 11.67 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นสูตรการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงต่ำ โดยสูตรการทดลองที่ 9PC เป็นสูตรการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด และ 4PC เป็นสูตรการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงต่ำที่สุด



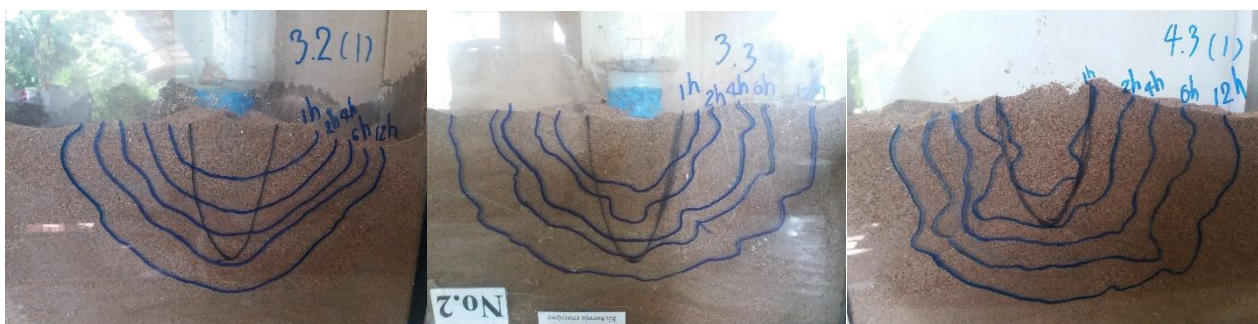
**ภาพ 4.3** ค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนหลังการเผา

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในต่าง ๆ ของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูน เพื่อการคัดเลือกสูตรการทดลองที่จะนำไปใช้ในการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้แก๊พซ์ โดยการพิจารณาจากค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ ร้อยละของการหดตัว และค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบเซรามิกกรุพูนในแต่ละสูตรการทดลอง เพื่อต้องการผลิตเซรามิกกรุพูนที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง เพื่อการให้น้ำแก๊พซ์ที่สูง มีค่าความแข็งแรงและค่าการหดตัวหลังการเผาต่ำ เพื่อความง่ายต่อการดัดแปลงรูปทรงเพื่อการนำไปใช้งาน แต่ยังคงมีความแข็งแรงในระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงทำให้สูตรการทดลองที่ 4PC, 5PC และ 8PC เป็นสูตรการทดลองที่เหมาะสม ที่นำไปใช้ในการผลิตเป็นเซรามิกกรุพูนให้น้ำแก๊พซ์ในลำดับต่อไป

โดยเมื่อได้นำเซรามิกกรุพูนทรงกรวยทั้ง 3 สูตรข้างต้น มาทดสอบหาปริมาณการให้น้ำ และอัตราการแพร่ของน้ำ และได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับผลิตภัณฑ์ให้น้ำแก๊พซ์ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป โดยใช้ทรายละเอียดเป็นตัวกลางในการทดสอบ พบว่า เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง เซรามิกกรุพูนทั้ง 3 สูตร มีอัตราการให้น้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7.87, 8.23 และ 9.66 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และคิดเป็น 188.85, 197.43 และ 231.77 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ และมีอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ ในด้านซ้าย 0.74, 0.90 และ 0.66 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ด้านขวา 0.65, 0.91 และ 0.90 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ด้านบน 0.80, 0.88 และ 0.82 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และด้านล่าง 0.08, 0.08 และ 0.22 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ให้น้ำแก๊พซ์ที่ได้นำมาใช้เปรียบเทียบกับนั้น ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์หัวน้ำหยด 2 รูปแบบ และผลิตภัณฑ์ให้น้ำทรงกรวย โดยมีอัตราการให้น้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 168.00, 222.00 และ 7,194.00 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ

**ตาราง 4.9** ปริมาณการให้น้ำและอัตราการแพร่ของน้ำในทรายละเอียด จากเซรามิกกรุพูน

| เซรามิก/ผลิตภัณฑ์  | ปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย<br>(มิลลิลิตรต่อชั่วโมง) | ปริมาณการให้น้ำ<br>(มิลลิลิตรต่อวัน) | การเคลื่อนที่ของน้ำเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อชั่วโมง) |       |       |       |
|--------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                    |                                                |                                      | ซ้าย                                            | ขวา   | บน    | ล่าง  |
| 4PC                | 7.87                                           | 188.85                               | 0.74                                            | 0.65  | 0.80  | 0.08  |
| 5PC                | 8.23                                           | 197.43                               | 0.90                                            | 0.91  | 0.88  | 0.08  |
| 8PC                | 9.66                                           | 231.77                               | 0.66                                            | 0.90  | 0.82  | 0.22  |
| หัวน้ำหยด แบบที่ 1 | 7.87                                           | 168.00                               | 0.56                                            | 0.44  | -     | 0.42  |
| หัวน้ำหยด แบบที่ 2 | 8.23                                           | 222.00                               | 0.97                                            | 0.78  | -     | 0.64  |
| ทรงกรวย            | 9.66                                           | 7,194.00                             | >1.25                                           | >1.25 | >1.00 | >1.00 |



ภาพ 4.4 รูปแบบการแพร่ของน้ำในทรายละเอียดของเซรามิกกรุพุนทั้ง 3 สูตร



ภาพ 4.5 รูปแบบการแพร่ของน้ำในทรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ให้น้ำแก่พืชทั้ง 3 ชนิด

นอกจากเซรามิกกรุพุนทั้ง 14 สูตรการทดลองข้างต้น ทางผู้วิจัยได้ลองนำดินเซรามิกมาผสมวัสดุ ต่าง ๆ ที่สามารถหาได้ทั่วไปและมีราคาถูก มาทำการปั้นเป็นแท่งเซรามิกสูตรต่าง ๆ โดยใช้สารเชื่อมสูตรพิเศษ เพื่อให้ส่วนผสมจับตัวกันเป็นแท่งตัวอย่าง โดยได้ลองทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ตามอัตราส่วน ดังนี้

สูตร 1 : ทราย, ดินเซรามิก, ปูนปลาสเตอร์ และปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 3 : 3 : 3 : 1

สูตร 2 : ทราย, ดินเซรามิก, ปูนปลาสเตอร์ และปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 1 : 2 : 1 : 1

จากการทดสอบแท่งเซรามิกทั้ง 2 สูตร พบว่าเนื้อของแท่งเซรามิกมีลักษณะอ่อนนุ่ม ไม่มีความแข็งแรง แตกหักได้ง่าย จึงควรมีการพัฒนาสูตรผสมก่อนที่จะนำมาใช้ในการทดลอง

ตาราง 4.10 ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบสารเชื่อม

| สูตรการทดลอง | ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบ |               |           |
|--------------|--------------------------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                  | ตัวอย่างที่ 2 | ค่าเฉลี่ย |



|        |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|
| สูตร 1 | 60.10 | 61.54 | 60.82 |
| สูตร 2 | 66.92 | 65.26 | 66.09 |

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบสารเชื่อม พบว่า ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบสารเชื่อมสูตร 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.82 และสูตร 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.09 ตามลำดับ

**ตาราง 4.11** ค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบสารเชื่อม

| สูตรการทดลอง | ความแข็งแรงของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ) |               |           |
|--------------|-------------------------------------------------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                                         | ตัวอย่างที่ 2 | ค่าเฉลี่ย |
| สูตร 1       | 5.44                                                  | 7.69          | 6.56      |
| สูตร 2       | 4.99                                                  | 7.05          | 6.02      |

ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบสารเชื่อม พบว่า ค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบสารเชื่อมสูตร 1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร และสูตร 2 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

นอกจากเซรามิกที่ผสมสารเชื่อมแทนการนำไปเผาที่ได้ทำการทดลองข้างต้นแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการคิดค้นส่วนผสมและผลิตเซรามิกโดยใช้ปูนปลาสเตอร์เป็นสารเชื่อม และส่วนผสมอีก 3 ชนิด ได้แก่ ดินเซรามิก ดินเหลือง และดินบิสกิต มาทำการผสมและขึ้นรูปตามวิธีมาตรฐาน โดยไม่ได้ผ่านขั้นตอนการเผา และปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเซรามิกกรุพูนที่ผ่านขั้นตอนการเผา ในด้านประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช โดยได้ทำการผลิตขึ้นมาจำนวน 16 สูตร ดังนี้

**ตาราง 4.12** อัตราส่วนของดินเซรามิก ดินเหลือง ปูนปลาสเตอร์ และดินบิสกิต ในแต่ละสูตรของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์

| สูตรการทดลอง | ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์) |           |              |           |
|--------------|-----------------------|-----------|--------------|-----------|
|              | ดินเซรามิก            | ดินเหลือง | ปูนปลาสเตอร์ | ดินบิสกิต |
| 1PLC         | 50                    | -         | 50           | -         |
| 2PLC         | 60                    | -         | 40           | -         |
| 3PLC         | 70                    | -         | 30           | -         |
| 4PLC         | 80                    | -         | 20           | -         |
| 5PLC         | -                     | 50        | 50           | -         |
| 6PLC         | -                     | 60        | 40           | -         |
| 7PLC         | -                     | 70        | 30           | -         |
| 8PLC         | -                     | 80        | 20           | -         |

| 9PLC                  | 50         | -         | 25           | 25        |
|-----------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| 10PLC                 | 60         | -         | 20           | 20        |
| สูตรการ               |            |           |              |           |
| ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์) |            |           |              |           |
| ทดลอง                 | ดินเซรามิก | ดินเหนียว | ปูนปลาสเตอร์ | ดินบิสกิต |
| 11PLC                 | 70         | -         | 15           | 15        |
| 12PLC                 | 80         | -         | 10           | 10        |
| 13PLC                 | -          | 50        | 25           | 25        |
| 14PLC                 | -          | 60        | 20           | 20        |
| 15PLC                 | -          | 70        | 15           | 15        |
| 16PLC                 | -          | 80        | 10           | 10        |

\*ดินเหนียวซึ่งเป็นดินที่เกิดจากธรรมชาติ

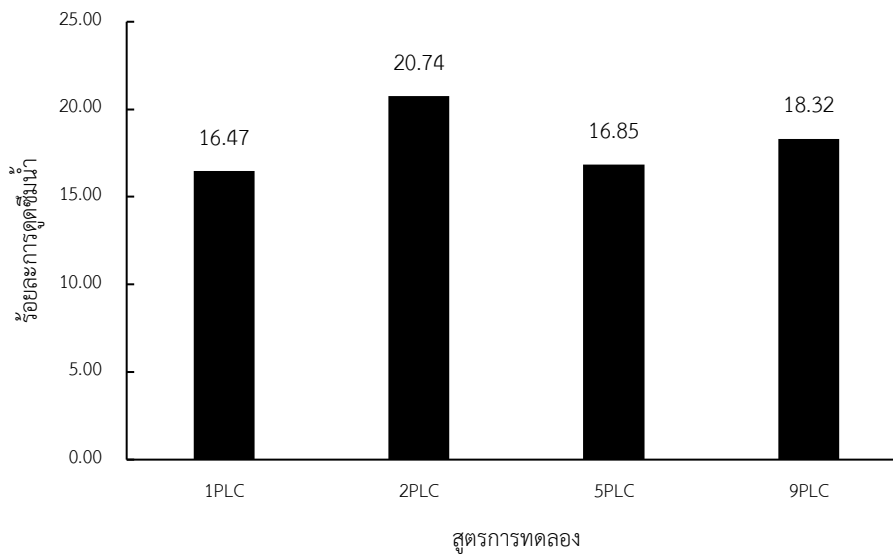
\*\*ดินเซรามิกเป็นการผสมระหว่างดินขาว 70เปอร์เซ็นต์ และดินดำพะเยา 30เปอร์เซ็นต์

\*\*\*ดินบิสกิตเป็นการผสมระหว่างดินดำพะเยา 60เปอร์เซ็นต์ และดินขาว 40เปอร์เซ็นต์

จากการนำแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ไปทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยการนำไปแช่ในน้ำให้น้ำสามารถสัมผัสผิวของแท่งทดสอบได้ทุกด้าน เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และหาร้อยละความแตกต่างระหว่างน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้ง พบว่า แท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ส่วนใหญ่ละลายน้ำ ยกเว้น เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 1PLC, 2PLC, 5PLC และ 9PLC โดยสามารถวัดร้อยละการดูดซึมน้ำได้ 16.47, 20.74, 16.85 และ 18.32 ตามลำดับ ซึ่งจากเซรามิกปูนปลาสเตอร์ทั้ง 4 สูตรที่ไม่ละลายน้ำนั้น ทางผู้วิจัยได้นำไปพัฒนาส่วนผสมด้วยการนำมาผสมกับกาวแป้งขาวโพต 5เปอร์เซ็นต์ และ 10เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการใช้เป็นสารเชื่อมในเนื้อเซรามิกได้ ทำให้ได้เซรามิกปูนปลาสเตอร์เพิ่มขึ้นอีก 8 สูตรย่อย และได้ถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อเป็นตัวเลือกในการนำไปพัฒนาเป็นเซรามิกเพื่อการให้น้ำแก่พืชในลำดับต่อไป

**ตาราง 4.13** ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์

| สูตรการทดลอง | ร้อยละการดูดซึมน้ำ |
|--------------|--------------------|
| 1PLC         | 16.47              |
| 2PLC         | 20.74              |
| 5PLC         | 16.85              |
| 9PLC         | 18.32              |

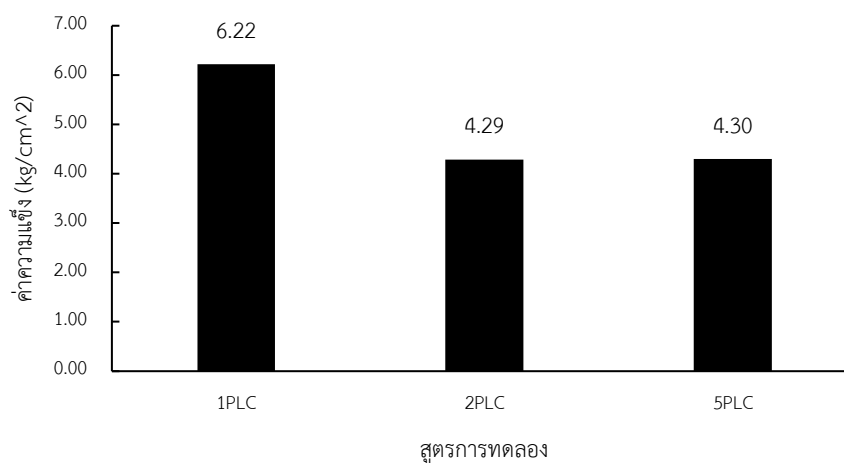


ภาพ 4.6 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติก

เมื่อนำแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติกไปทดสอบความแข็ง พบว่า เซรามิกปูนพลาสติกสูตร 9PLC ไม่สามารถนำมาทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบบอเนกประสงค์ได้ จึงเหลือแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติก 3 สูตร ได้แก่ 1PLC, 2PLC และ 5PLC โดยสามารถวัดค่าความแข็งได้ 6.22, 4.29 และ 4.30 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ทำให้ทางผู้วิจัยได้ตัดสินใจในการเลือกใช้เซรามิกปูนพลาสติก ทั้ง 3 สูตรดังกล่าว ไปทำการผลิตและขึ้นรูปเป็นเซรามิกปูนพลาสติกทรงกรวย เพื่อให้การให้น้ำแก่พืชในลำดับต่อไป

ตาราง 4.14 ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติก

| สูตรการทดลอง | ความแข็งของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร) |               |               |           |
|--------------|---------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                                     | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1PLC         | 6.07                                              | 6.03          | 6.56          | 6.22      |
| 2PLC         | 4.42                                              | 3.59          | 4.85          | 4.29      |
| 5PLC         | 3.53                                              | 4.70          | 4.68          | 4.30      |



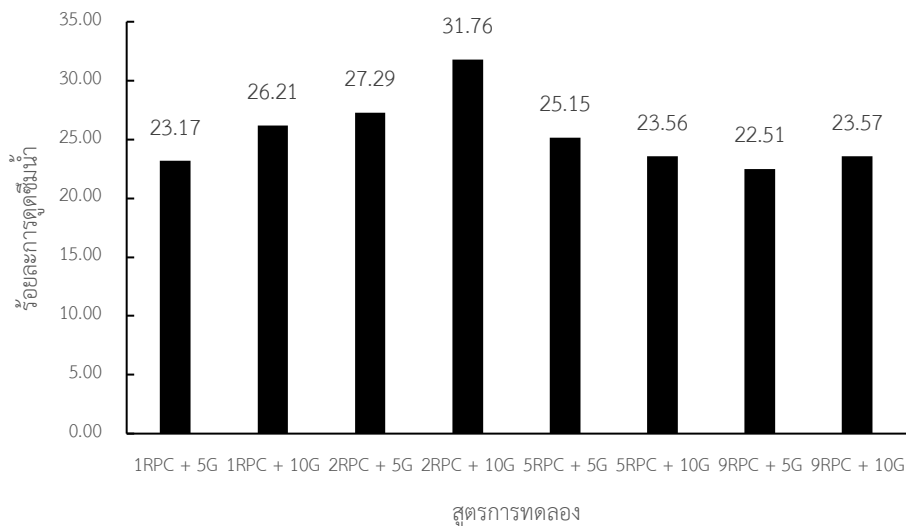
**ภาพ 4.7** ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติกเตอร์

ซึ่งจากเซรามิกปูนพลาสติกเตอร์ทั้ง 4 สูตรที่ไม่ละลายน้ำนั้น ทางผู้วิจัยได้นำไปพัฒนาส่วนผสมด้วยการนำมาผสมกับกาวแบ่งข้าวโพด 5เปอร์เซ็นต์ และ 10เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการใช้เป็นสารเชื่อมในเนื้อเซรามิกได้ ทำให้ได้เซรามิกปูนพลาสติกเตอร์เพิ่มขึ้นอีก 8 สูตรย่อย และได้ถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อเป็นตัวเลือกในการนำไปพัฒนาเป็นเซรามิกเพื่อการให้น้ำแก่พืชในลำดับต่อไป

เมื่อนำแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติกเตอร์ที่ผสมกาวแบ่งข้าวโพด 5เปอร์เซ็นต์ และ 10เปอร์เซ็นต์ ไปทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่า แท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติกเตอร์สูตร 2PLC + 10G มีค่าร้อยละในการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 31.76 รองลงมาได้แก่ สูตร 2PLC + 5G, 1PLC + 10G, 5PLC + 5G, 9PLC + 10G, 5PLC + 10G, 1PLC + 5G และ 9PLC + 5G โดยมีค่าร้อยละในการดูดซึมน้ำ 27.29, 26.21, 25.15, 23.57, 23.56, 23.17 และ 22.51 ตามลำดับ

**ตาราง 4.15** ร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนพลาสติกเตอร์ผสมกาวแบ่งข้าวโพด

| สูตรการทดลอง | ร้อยละการดูดซึมน้ำ |               |               |           |
|--------------|--------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1      | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1PLC + 5G    | 22.53              | 23.87         | 23.11         | 23.17     |
| 1PLC + 10G   | 27.69              | 23.53         | 27.41         | 26.21     |
| 2PLC + 5G    | 26.81              | 26.61         | 28.46         | 27.29     |
| 2PLC + 10G   | 28.17              | 31.90         | 35.22         | 31.76     |
| 5PLC + 5G    | 28.16              | 24.29         | 22.99         | 25.15     |
| 5PLC + 10G   | 22.88              | 23.03         | 24.75         | 23.56     |
| 9PLC + 5G    | 21.80              | 23.35         | 22.37         | 22.51     |
| 9PLC + 10G   | 23.58              | 23.53         | 23.61         | 23.57     |

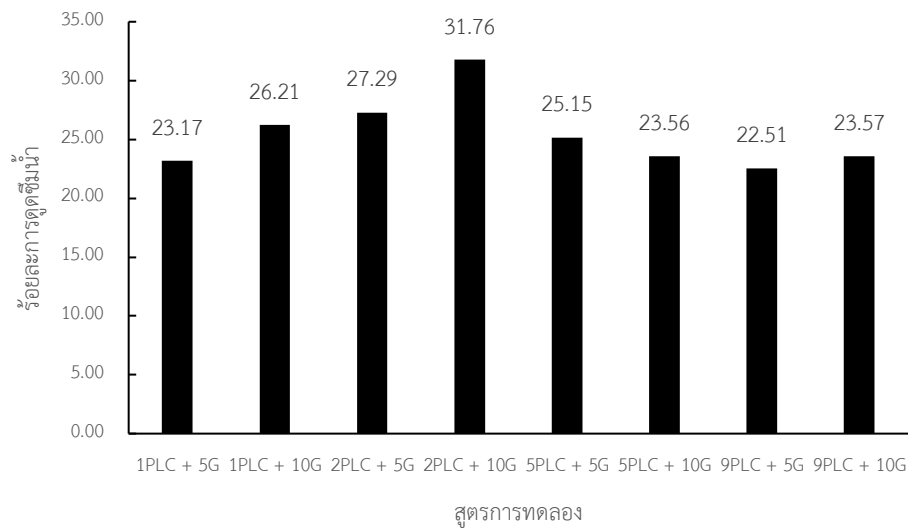


**ภาพ 4.8** ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแบ่งขาวโพล

เมื่อนำแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแบ่งขาวโพล 5เปอร์เซ็นต์ และ 10เปอร์เซ็นต์ ไปทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่องทดสอบสมบัติทางกลแบบอเนกประสงค์ พบว่า เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 1PLC + 5G มีค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบมากที่สุด คือ 11.43 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ สูตร 5PLC + 5G, 1PLC + 10G, 9PLC + 5G, 5PLC + 10G, 2PLC + 5G, 9PLC + 10G และ 2PLC + 10G โดยมีค่าความแข็งแรง 10.58, 9.44, 8.75, 8.05, 7.91, 7.07 และ 6.04 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

**ตาราง 4.16** ค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแบ่งขาวโพล

| สูตรการทดลอง | ความแข็งแรงของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร) |               |               |           |
|--------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
|              | ตัวอย่างที่ 1                                        | ตัวอย่างที่ 2 | ตัวอย่างที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1PLC + 5G    | 11.90                                                | 10.43         | 11.97         | 11.43     |
| 1PLC + 10G   | 9.45                                                 | 9.42          | -             | 9.44      |
| 2PLC + 5G    | 7.17                                                 | 8.47          | 8.08          | 7.91      |
| 2PLC + 10G   | 5.37                                                 | 6.57          | 6.18          | 6.04      |
| 5PLC + 5G    | 9.36                                                 | 11.34         | 11.03         | 10.58     |
| 5PLC + 10G   | 8.71                                                 | 7.54          | 7.89          | 8.05      |
| 9PLC + 5G    | 8.38                                                 | 9.12          | -             | 8.75      |
| 9PLC + 10G   | 7.81                                                 | 5.76          | 7.65          | 7.07      |

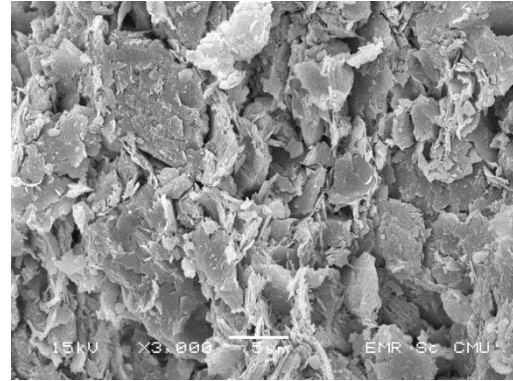
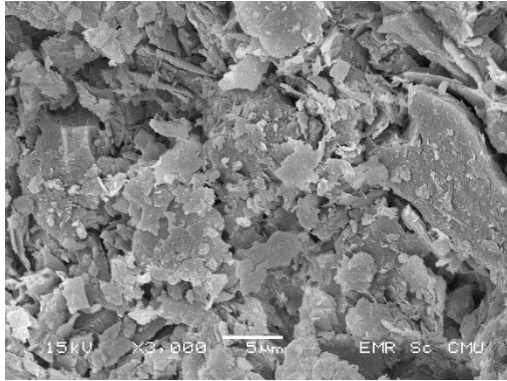


ภาพ 4.9 ค่าความแข็งของแท่งทดสอบเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาวแป้งข้าวโพด

#### 4.3 ผลการตรวจคุณสมบัติของรูปพรุนภายในเนื้อเซรามิก

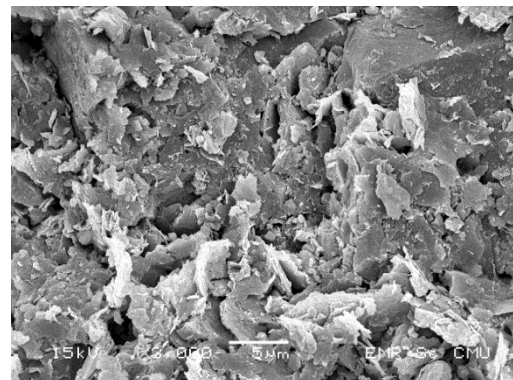
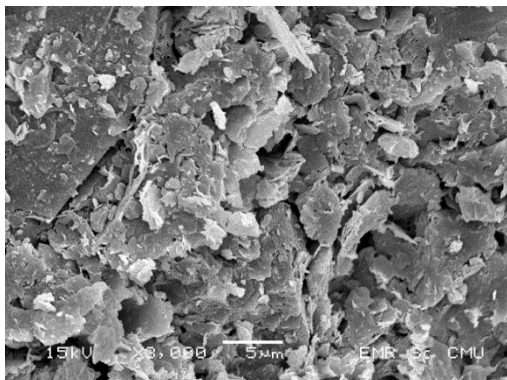
4.3.1 ภาพถ่ายรูปพรุนในเนื้อเซรามิก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า

##### 4.3.1.1 เซรามิกรูปพรุนสูตร 4PC



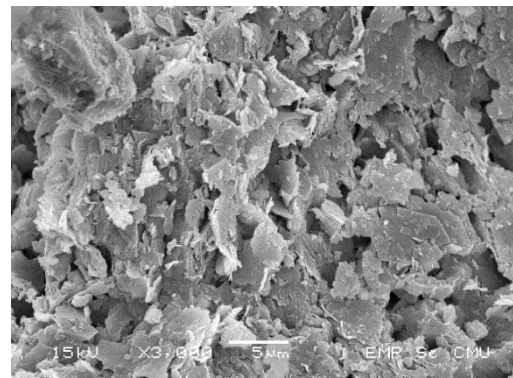
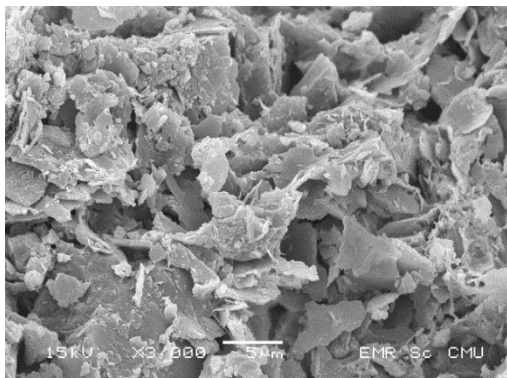
ภาพ 4.10 ลักษณะรูปพรุนในเนื้อเซรามิกรูปพรุน สูตร 4PC

##### 4.3.1.2 เซรามิกรูปพรุนสูตร 5PC



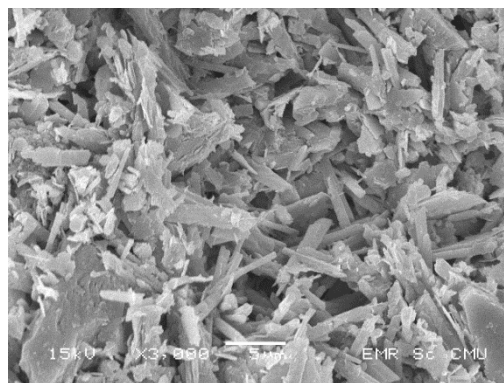
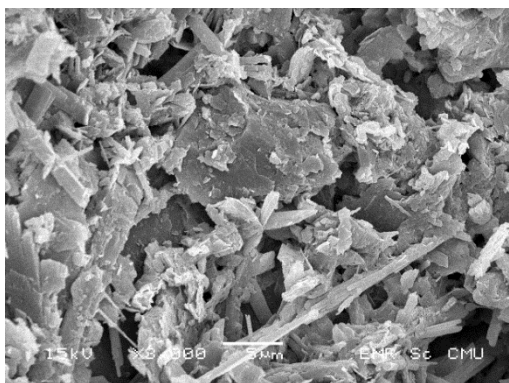
ภาพ 4.11 ลักษณะรูปพรุนในเนื้อเซรามิกรูปพรุน สูตร 5PC

##### 4.3.1.3 เซรามิกรูปพรุนสูตร 8PC



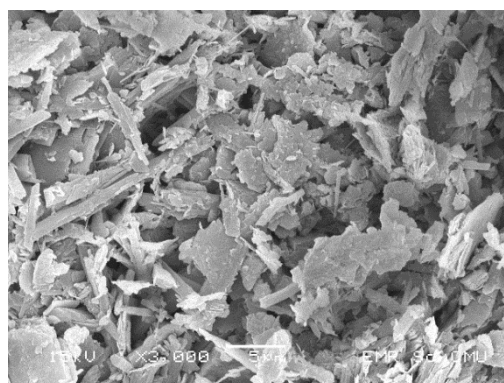
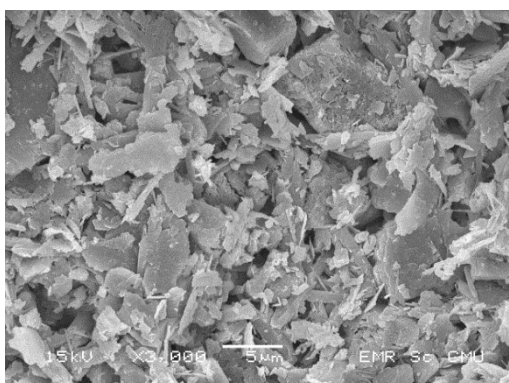
ภาพ 4.12 ลักษณะรูปพรุนในเนื้อเซรามิกรูปพรุน สูตร 8PC

#### 4.3.1.4 เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 1PLC



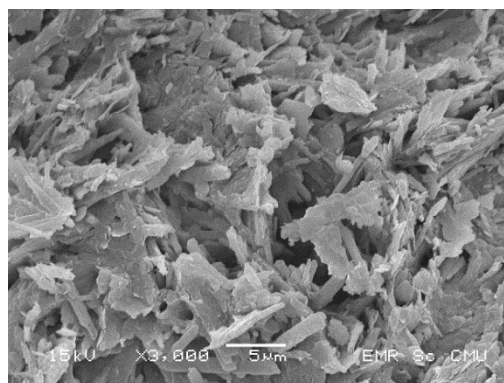
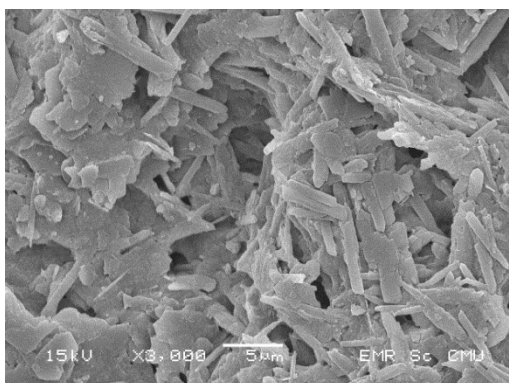
ภาพ 4.13 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ สูตร 1PLC

#### 4.3.1.5 เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 2PLC



ภาพ 4.14 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ สูตร 2PLC

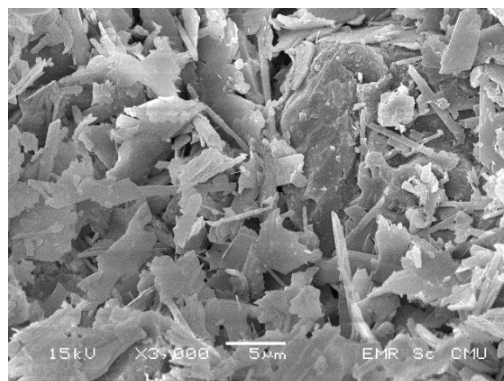
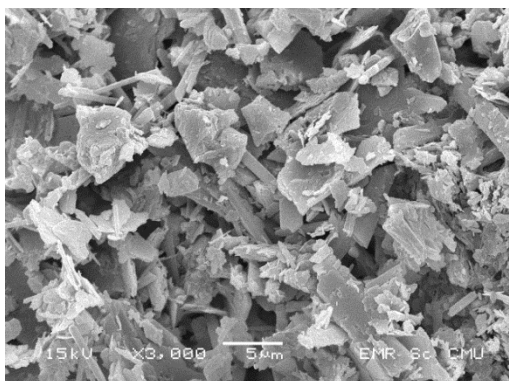
#### 4.3.1.6 เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 5PLC



ภาพ 4.15 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ สูตร 5PLC

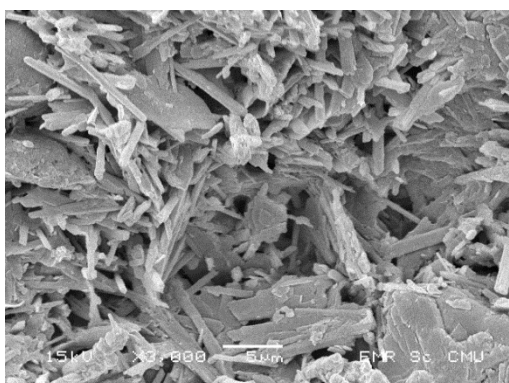


#### 4.3.1.7 เซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 9PLC



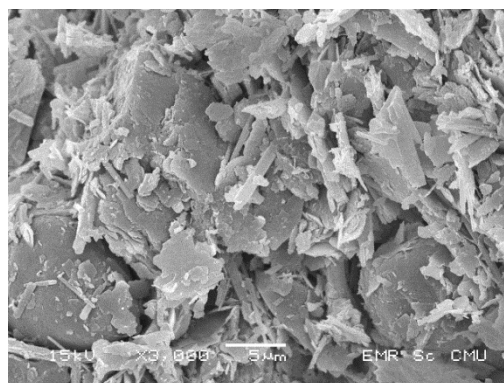
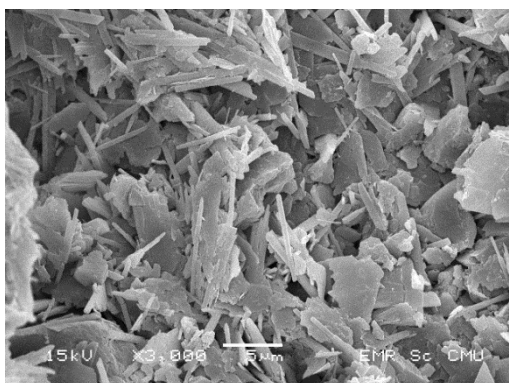
ภาพ 4.16 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ สูตร 9PLC

#### 4.3.1.8 เซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาฐสูตร 5PLC + 10G



ภาพ 4.17 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาฐสูตร 5PLC + 10G

#### 4.3.1.9 เซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาฐสูตร 9PLC + 10G



ภาพ 4.18 ลักษณะรูพรุนในเนื้อเซรามิกปูนปลาสเตอร์ผสมกาฐสูตร 9PLC + 10G

### 4.3.2 พื้นที่ผิวของรูพรุนในเนื้อเซรามิก

ตาราง 4.17 พื้นที่ผิวของรูพรุนในเนื้อเซรามิก

| สูตรการทดลอง        |      | พื้นที่ผิวของรูพรุน (ตารางเมตรต่อกรัม) |                  |
|---------------------|------|----------------------------------------|------------------|
|                     |      | BET                                    | Langmuir         |
| เซรามิกรูพรุน       | 4PC  | 10.5698 ± 0.0635                       | 13.6044 ± 0.4298 |
|                     | 5PC  | 6.9771 ± 0.1075                        | 8.8471 ± 0.0724  |
|                     | 8PC  | 12.2700 ± 0.0552                       | 15.7765 ± 0.4615 |
| เซรามิกปูนปลาสเตอร์ | 1PLC | 15.2147 ± 0.1261                       | 19.5783 ± 0.6743 |
|                     | 2PLC | 13.6658 ± 0.1076                       | 17.6017 ± 0.5968 |
|                     | 5PLC | 28.8107 ± 0.1695                       | 36.9773 ± 1.1490 |

เมื่อนำเซรามิกจำนวน 6 สูตรการทดลอง ได้แก่ เซรามิกรูพรุนสูตร 4PC, 5PC, 8PC และเซรามิกปูนปลาสเตอร์สูตร 1PLC, 2PLC และ 5PLC มาศึกษาลักษณะทางกายภาพของรูพรุนในเนื้อเซรามิกด้วยเครื่องวัดพื้นที่ผิวและความเป็นรูพรุน พบว่า พื้นที่ผิวของรูพรุนในเนื้อเซรามิกจากวิธีของ BET มีค่าเท่ากับ 10.5698, 6.9771, 12.2700, 15.2147, 13.6658 และ 28.8107 ตารางเมตร/กรัม ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ผิวของรูพรุน จากวิธีของ Langmuir มีค่าเท่ากับ 13.6044, 8.8471, 15.7765, 19.5783, 17.6017 และ 36.9773 ตารางเมตร/กรัม ตามลำดับ

### 4.3.3 ปริมาตรของรูพรุนในเนื้อเซรามิก

ตาราง 4.18 ปริมาตรของรูพรุนในเนื้อเซรามิก

| สูตรการทดลอง        |      | ปริมาตรของรูพรุน (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม) |                  |
|---------------------|------|---------------------------------------------|------------------|
|                     |      | Single point                                | t-Plot micropore |
| เซรามิกรูพรุน       | 4PC  | 0.033689                                    | 0.000222         |
|                     | 5PC  | 0.032940                                    | 0.001528         |
|                     | 8PC  | 0.036541                                    | 0.000509         |
| เซรามิกปูนปลาสเตอร์ | 1PLC | 0.040548                                    | ไม่สามารถวัดได้  |
|                     | 2PLC | 0.036895                                    | 0.000024         |
|                     | 5PLC | 0.052909                                    | 0.000900         |

จากการศึกษาปริมาตรของรูพรุนในเนื้อเซรามิกทั้ง 6 สูตร พบว่า ปริมาตรรูพรุนจากวิธี Single point มีค่าเท่ากับ 0.033689, 0.032940, 0.036541, 0.040548, 0.036895 และ 0.052909 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาตรรูพรุนจากวิธี t-Plot มีค่าเท่ากับ 0.000222, 0.001528, 0.000509, ไม่สามารถวัดได้, 0.000024 และ 0.000900 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ

#### 4.3.4 ขนาดรูพรุนในเนื้อเซรามิก

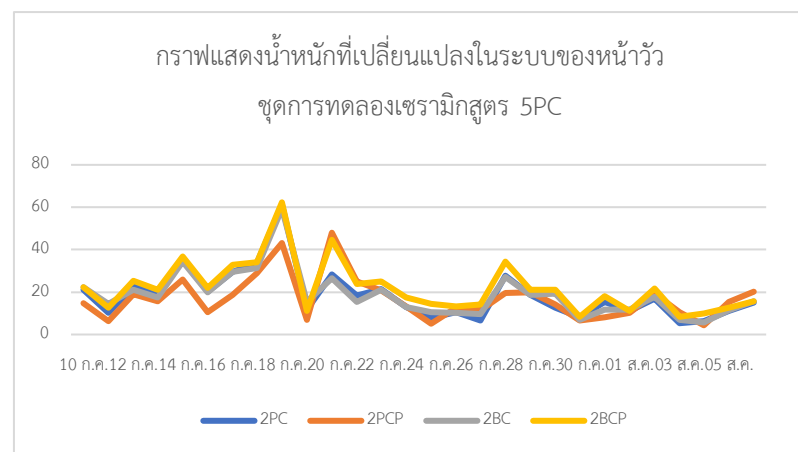
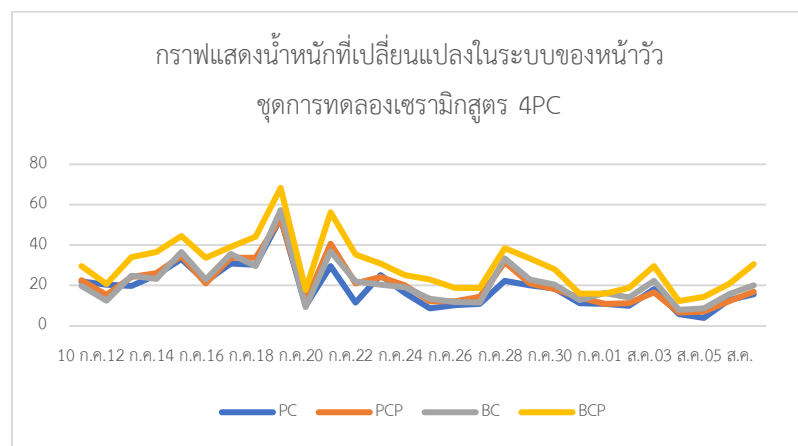
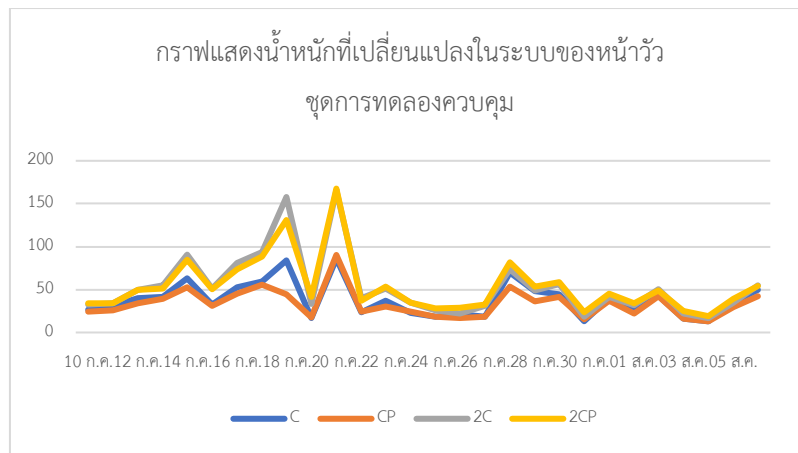
ตาราง 4.19 ขนาดรูพรุนในเนื้อเซรามิก

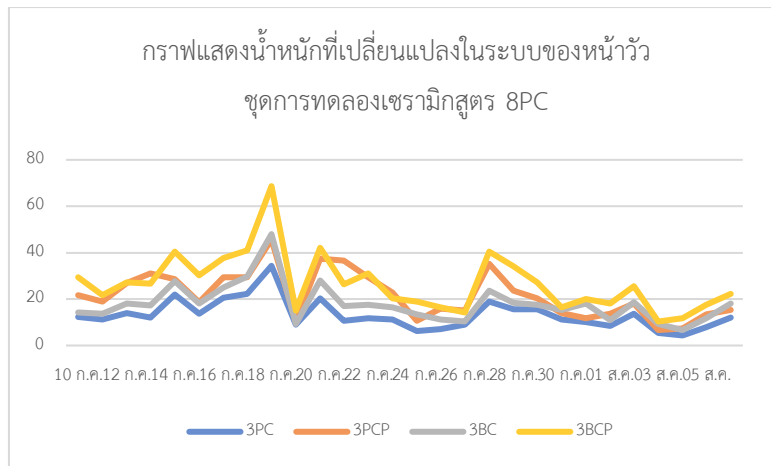
| สูตรการทดลอง        |      | ขนาดรูพรุนโดยเฉลี่ย | ขนาดรูพรุนโดยเฉลี่ย |
|---------------------|------|---------------------|---------------------|
|                     |      | (อังสตรอม)          | (นาโนเมตร)          |
| เซรามิกรูพรุน       | 4PC  | 127.4894            | 12.75               |
|                     | 5PC  | 188.8440            | 18.88               |
|                     | 8PC  | 119.1228            | 11.91               |
| เซรามิกปูนปลาสเตอร์ | 1PLC | 106.6027            | 10.66               |
|                     | 2PLC | 107.9936            | 10.80               |
|                     | 5PLC | 73.4570             | 7.35                |

จากการศึกษาขนาดของรูพรุนโดยเฉลี่ยในเนื้อเซรามิกทั้ง 6 สูตร พบว่า มีค่าเท่ากับเฉลี่ย 127.4894, 188.8440, 119.1228, 106.6027, 107.9936 และ 73.4570 อังสตรอม หรือคิดเป็น 12.75, 18.88, 11.91, 10.66, 10.80 และ 7.35 นาโนเมตร ตามลำดับ

#### 4.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภายในระบบการทดลอง และปริมาณการให้น้ำของเซรามิกทรงกรวย

##### 4.4.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นหน้าวัว

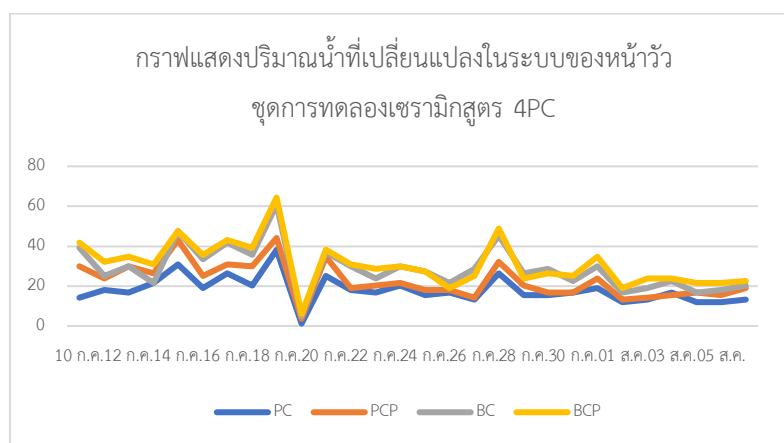


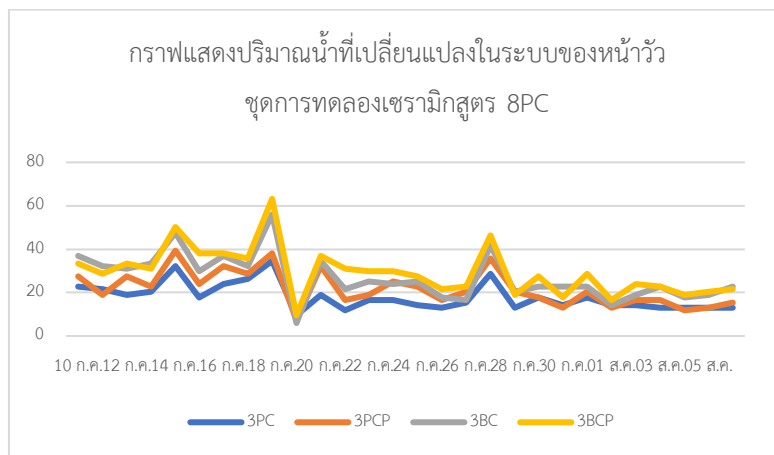
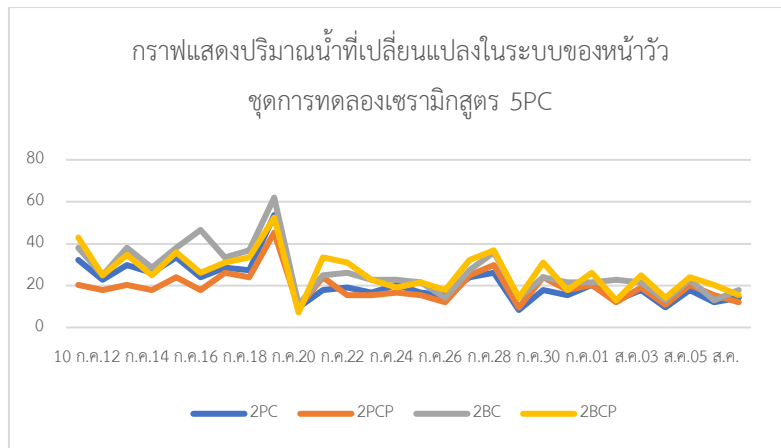


ภาพ 4.19 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบของต้นหน้าวัว

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบของต้นหน้าวัวในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัมากกว่าชุดการทดลองเซรามิกทั้ง 3 สูตร โดยชุดการทดลองควบคุมโดยการให้น้ำวันละ 100 มิลลิลิตร และปลูกพืช (2CP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบโดยเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ 53.71 กรัมต่อวัน ส่วนชุดการทดลองควบคุมโดยการให้น้ำวันละ 50 มิลลิลิตร และปลูกพืช (CP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 33.58 กรัมต่อวัน สำหรับชุดการทดลองเซรามิก พบว่า ชุดการทดลองเซรามิกขนาดใหญ่ สูตร 4PC และปลูกพืช (BCP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบโดยเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ 29.88 กรัมต่อวัน ส่วนชุดการทดลองเซรามิกขนาดเล็ก สูตร 8PC (3PC) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 13.26 กรัมต่อวัน

#### 4.4.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบของต้นหน้าวัว

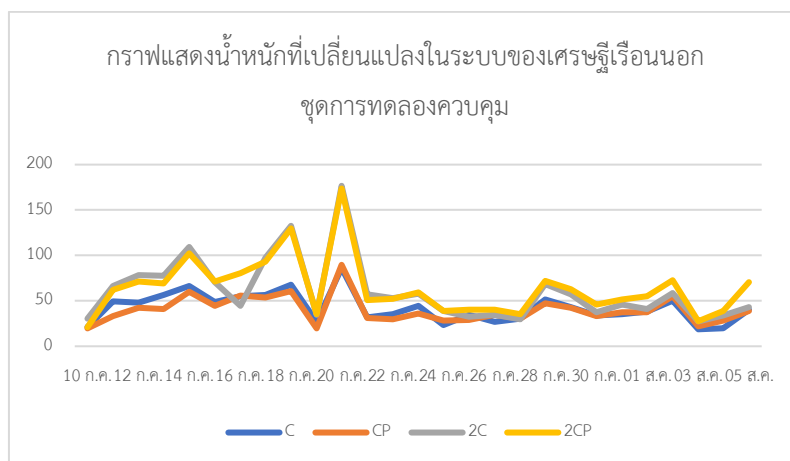


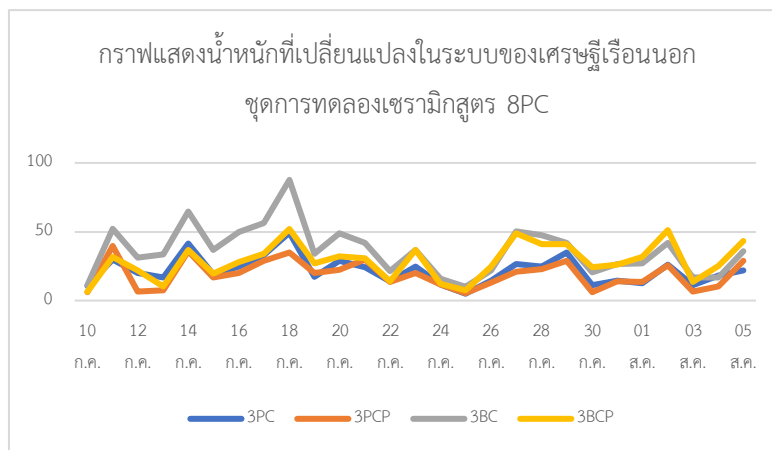
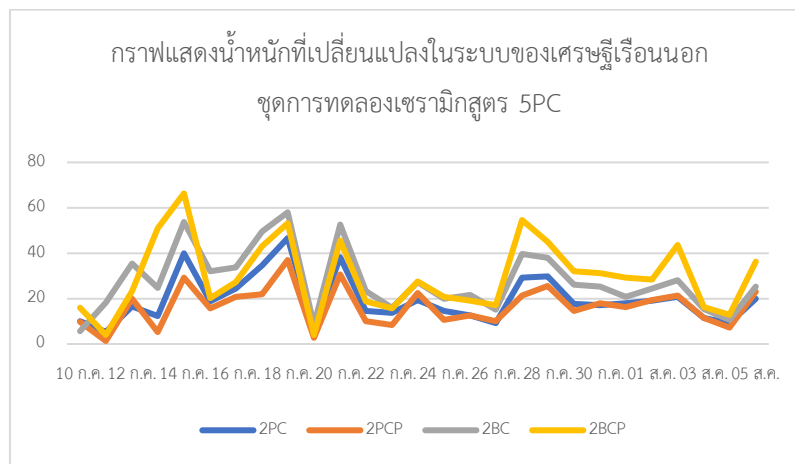
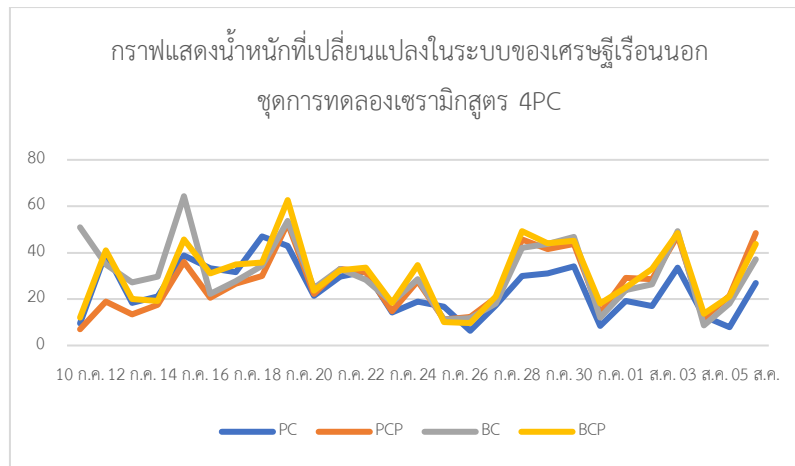


ภาพ 4.20 การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบของต้นหน้าวัว

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบของต้นหน้าวัวในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองเซรามิกขนาดใหญ่ สูตร 4PC และปลูกพืช (BCP) มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 30.91 มิลลิลิตรต่อวัน ส่วนชุดการทดลองเซรามิกขนาดเล็ก สูตร 4PC (PC) มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 17.97 มิลลิลิตรต่อวัน

#### 4.4.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นเศรษฐีเรือนนอก



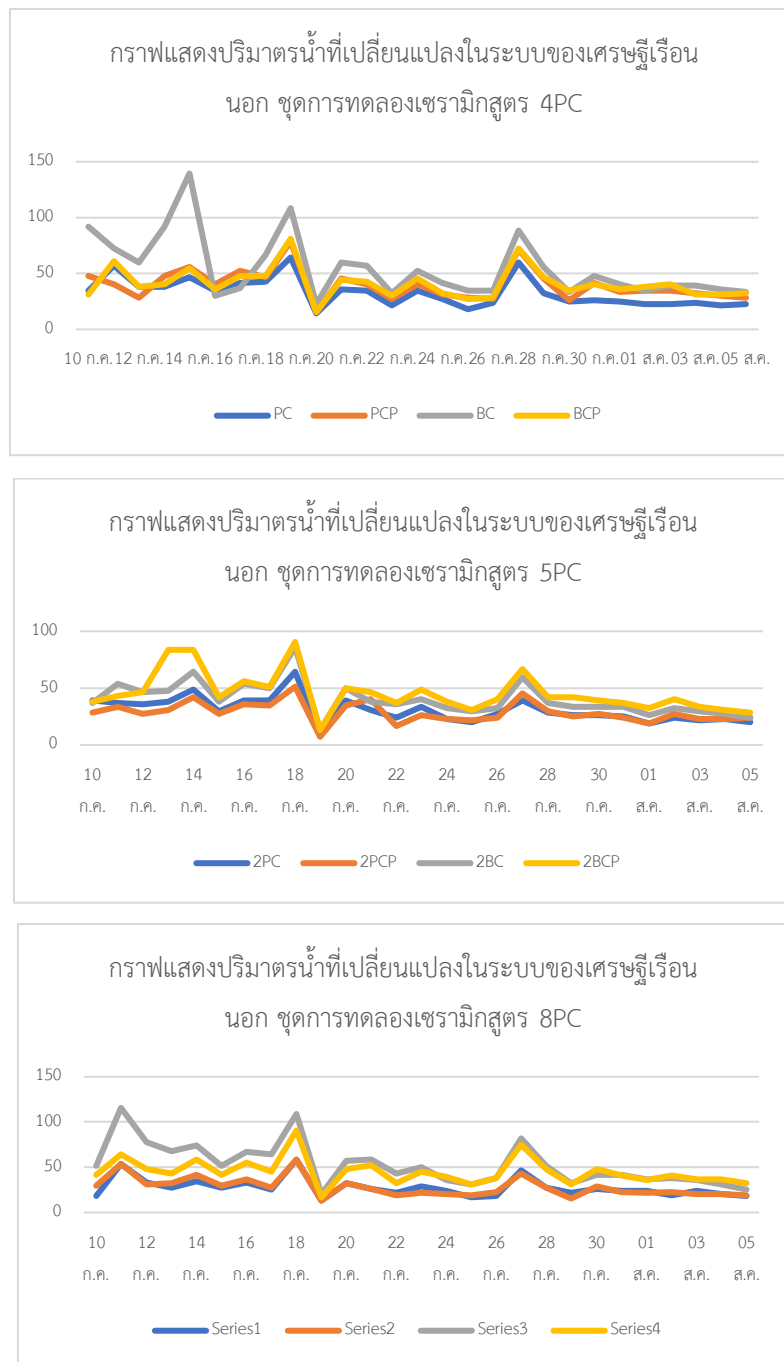


ภาพ 4.21 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นเศรษฐกิจเรือนนอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบของต้นเศรษฐกิจเรือนนอกในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมากกว่าชุดการทดลอง เซรามิกทั้ง 3 สูตร โดยชุดการทดลองควบคุมโดยการให้น้ำวันละ 100 มิลลิลิตร และปลูกพืช (2CP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 63.77 กรัมต่อวัน ส่วนชุดการทดลองควบคุมโดยการให้น้ำวันละ 50 มิลลิลิตร และปลูกพืช (CP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

คือ 40.12 กรัมต่อวัน สำหรับชุดการทดลองเซรามิก พบว่า ชุดการทดลองเซรามิกขนาดใหญ่ สูตร 8PC (3BC) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 36.25 กรัมต่อวัน ส่วนชุดการทดลองเซรามิกขนาดเล็ก สูตร 5PC และปลูกพืช (2PCP) มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 16.54 กรัมต่อวัน

#### 4.4.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบของต้นเศรษฐกิจเรือนนอก



ภาพ 4.22 การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำในระบบของต้นเศรษฐกิจเรือนนอก



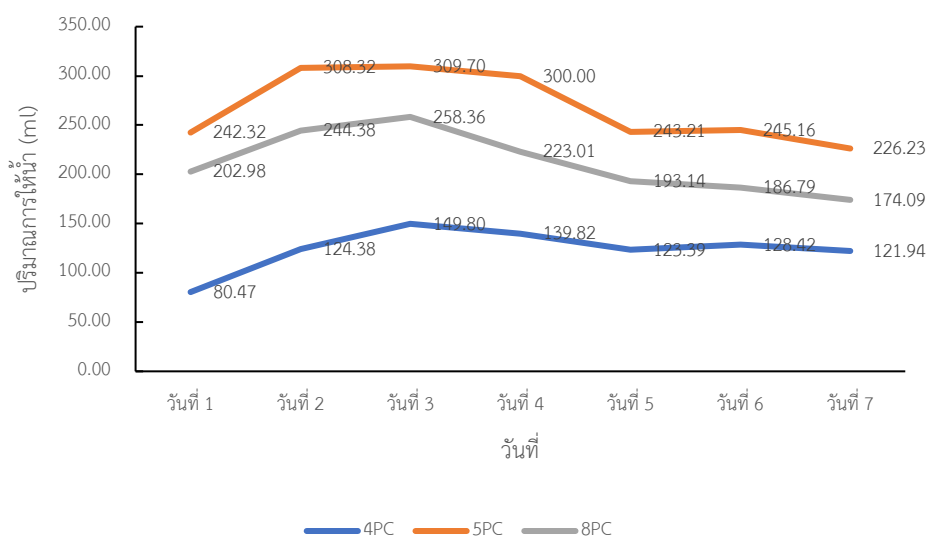
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบของต้นเศรษฐกิจเรือนนอกในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองเซรามิกขนาดใหญ่ สูตร 4PC (BC) มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 54.84 มิลลิลิตรต่อวัน ส่วนชุดการทดลองเซรามิกขนาดเล็ก สูตร 8PC (3PC) มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในระบบโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 27.47 มิลลิลิตรต่อวัน

#### 4.4.5 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรงกรวย

ตาราง 4.20 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรงกรวย

| สูตรการ<br>ทดลอง | ปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย (มิลลิลิตร) |          |          |          |          |          |          |
|------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                  | วันที่ 1                             | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 |
| 4PC              | 80.47                                | 124.38   | 149.80   | 139.82   | 123.39   | 128.42   | 121.94   |
| 5PC              | 242.32                               | 308.32   | 309.70   | 300.00   | 243.21   | 245.16   | 226.23   |
| 8PC              | 202.98                               | 244.38   | 258.36   | 223.01   | 193.14   | 186.79   | 174.09   |

จากการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรงกรวยในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า เซรามิกรูปทรงกรวยสูตร 5PC มีปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 267.85 มิลลิลิตรต่อวัน รองลงมาได้แก่ เซรามิกรูปทรงกรวยสูตร 8PC และ 4PC มีปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย คือ 211.82 และ 124.03 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ



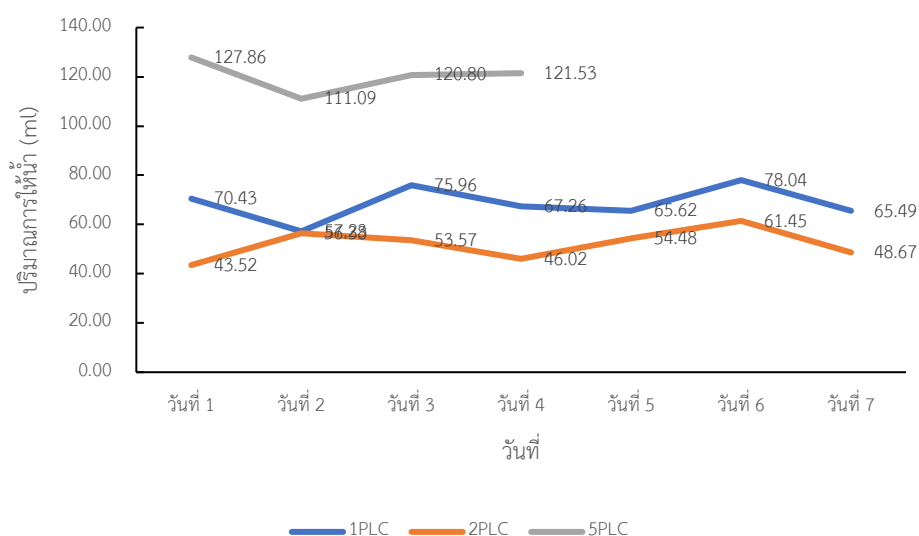
ภาพ 4.23 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรงกรวย

#### 4.4.6 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกปูนปลาสเตอร์ทรงกรวย

ตาราง 4.21 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกปูนปลาสเตอร์ทรงกรวย

| สูตรการ<br>ทดลอง | ปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย (มิลลิลิตร) |          |          |          |          |          |          |
|------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                  | วันที่ 1                             | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 |
| 1PLC             | 70.43                                | 57.23    | 75.96    | 67.26    | 65.62    | 78.04    | 65.49    |
| 2PLC             | 43.52                                | 56.38    | 53.57    | 46.02    | 54.48    | 61.45    | 48.67    |
| 5PLC             | 127.86                               | 111.09   | 120.80   | 121.53   | -        | -        | -        |

จากการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกปูนพูนทรงกรวยในแต่ละวัน เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า เซรามิกปูนปลาสเตอร์ทรงกรวยสูตร 5PLC มีสภาพเปื่อยยุ่ยจนเกิดเป็นรูร้าวในวันที่ 4 ที่ทำการทดลอง ทำให้ไม่สามารถใช้ทำการทดลองต่อไปได้ โดยเซรามิกปูนพูนทรงกรวยสูตร 5PLC มีปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 120.32 มิลลิลิตรต่อวัน รองลงมาได้แก่ เซรามิกปูนพูนทรงกรวยสูตร 1PLC และ 2PLC มีปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย คือ 68.58 และ 52.01 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ



ภาพ 4.24 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกปูนปลาสเตอร์ทรงกรวย

#### 4.5 ผลการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรง เพื่อการปลูกพืชอุตสาหกรรมพืช

##### 4.5.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นในดิน ระหว่างการปลูกพืชโดยเซรามิกรูปทรง 4PC และ 8PC

ตาราง 4.22 ค่าอุณหภูมิและความชื้นในดิน ระหว่างการปลูกพืชโดยเซรามิกรูปทรง 4PC และ 8PC

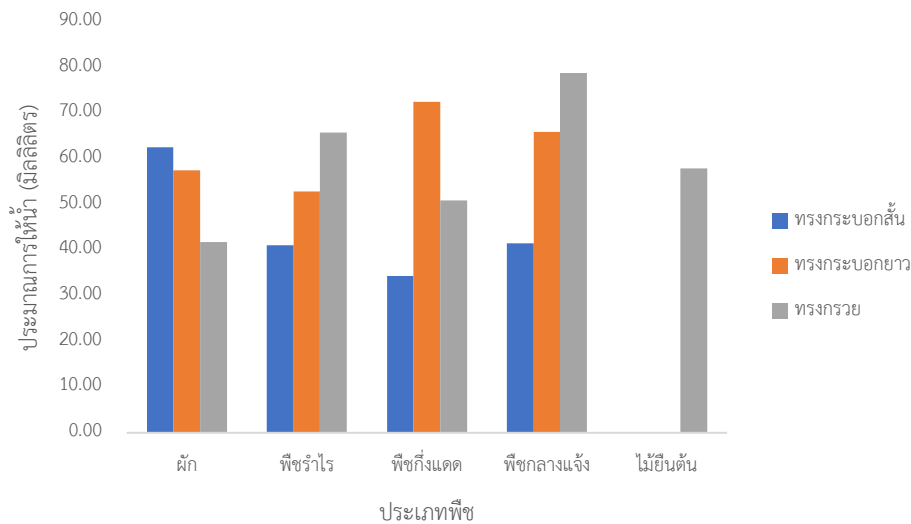
| หน่วยการทดลอง |             | เซรามิกรูปทรง 4PC              |                           | เซรามิกรูปทรง 8PC              |                           |
|---------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ชนิดเซรามิก   | พืช         | อุณหภูมิ<br>(องศา<br>เซลเซียส) | ความชื้น<br>(เปอร์เซ็นต์) | อุณหภูมิ<br>(องศา<br>เซลเซียส) | ความชื้น<br>(เปอร์เซ็นต์) |
| ทรงกระบอกสั้น | ผัก         | 28.53                          | 39.76                     | 27.90                          | 38.76                     |
|               | พืชในร่ม    | 28.37                          | 39.46                     | 28.07                          | 39.06                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 28.53                          | 39.41                     | 27.87                          | 35.79                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 27.63                          | 40.77                     | 27.27                          | 38.54                     |
| ทรงกระบอกยาว  | ผัก         | 28.83                          | 39.33                     | 27.60                          | 34.26                     |
|               | พืชในร่ม    | 29.03                          | 39.67                     | 27.83                          | 31.37                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 29.27                          | 38.58                     | 28.33                          | 33.29                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 28.00                          | 41.16                     | 27.90                          | 33.64                     |
| ทรงกรวย       | ผัก         | 28.27                          | 41.20                     | 28.50                          | 38.71                     |
|               | พืชในร่ม    | 27.43                          | 40.24                     | 28.03                          | 36.00                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 28.10                          | 42.21                     | 28.23                          | 35.92                     |
|               | พืชกลางแจ้ง | 28.40                          | 41.51                     | 27.93                          | 33.25                     |
|               | ไม้ยืนต้น   | 30.53                          | 39.98                     | 28.90                          | 34.34                     |

#### 4.5.2 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรง 4PC

ตาราง 4.23 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรง 4PC

| หน่วยการทดลอง |            | ปริมาณการให้น้ำโดยเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อวัน) |          |          |          |          |          |          |        |
|---------------|------------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| ชนิดเซรามิก   | ประเภทพืช  | วันที่ 1                                   | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | เฉลี่ย |
| ทรงกระบอกสั้น | ผัก        | 59.00                                      | 70.00    | 46.00    | 71.50    | 51.00    | 69.50    | 71.00    | 62.57  |
|               | พืชในร่ม   | 41.67                                      | 47.50    | 45.00    | 48.00    | 32.33    | 34.33    | 39.00    | 41.12  |
|               | พืชกิ่งแตก | 50.67                                      | 38.50    | 34.00    | 38.67    | 29.67    | 22.00    | 26.50    | 34.29  |
|               | พืชแตกจัด  | 29.67                                      | 44.00    | 40.67    | 41.67    | 37.67    | 47.33    | 49.00    | 41.43  |
| ทรงกระบอกยาว  | ผัก        | 67.00                                      | 60.00    | 65.00    | 53.50    | 64.50    | 45.00    | 47.00    | 57.43  |
|               | พืชในร่ม   | 64.00                                      | 50.00    | 53.50    | 62.00    | 37.00    | 40.50    | 63.00    | 52.86  |
|               | พืชกิ่งแตก | 84.33                                      | 88.33    | 46.67    | 52.00    | 60.50    | 90.50    | 84.50    | 72.40  |
|               | พืชแตกจัด  | 54.33                                      | 55.67    | 80.67    | 99.50    | 62.50    | 43.67    | 65.00    | 65.90  |
| ทรงกรวย       | ผัก        | 36.50                                      | 50.00    | 34.50    | 52.00    | 41.00    | 39.50    | 39.00    | 41.79  |
|               | พืชในร่ม   | 69.67                                      | 57.67    | 59.33    | 66.67    | 62.67    | 75.00    | 69.00    | 65.71  |
|               | พืชกิ่งแตก | 69.00                                      | 55.00    | 36.50    | 53.50    | 46.00    | 55.33    | 40.67    | 50.86  |
|               | พืชแตกจัด  | 99.00                                      | 73.67    | 85.67    | 73.67    | 72.67    | 69.67    | 77.33    | 78.81  |
|               | ไม้ยืนต้น  | 48.33                                      | 74.67    | 57.67    | 50.67    | 55.00    | 61.67    | 57.33    | 57.90  |
| ค่าเฉลี่ย     |            |                                            |          |          |          |          |          |          | 55.62  |

จากการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกรูปทรง 4PC เพื่อใช้ปลูกพืชอุตสาหกรรมพืชแต่ละประเภทพบว่า พืชแต่ละประเภทมีการเจริญเติบโตได้ตามปกติ แสดงให้เห็นว่าเซรามิกรูปทรง 4PC สามารถให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยเซรามิกทรงกระบอกขนาดเล็ก สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 62.57, 41.12, 34.29 และ 41.43 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ เซรามิกทรงกระบอกขนาดยาว สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 57.43, 52.86, 72.40 และ 65.90 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ และเซรามิกทรงกรวย สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 41.79, 65.71, 50.86, 78.81 และ 57.90 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ โดยเซรามิกทรงกระบอกสั้น มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชกิ่งแตกมากที่สุด เซรามิกทรงกระบอกขนาดยาว มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชในร่มมากที่สุด และเซรามิกทรงกรวย มีความเหมาะสมต่อการปลูกผักมากที่สุด



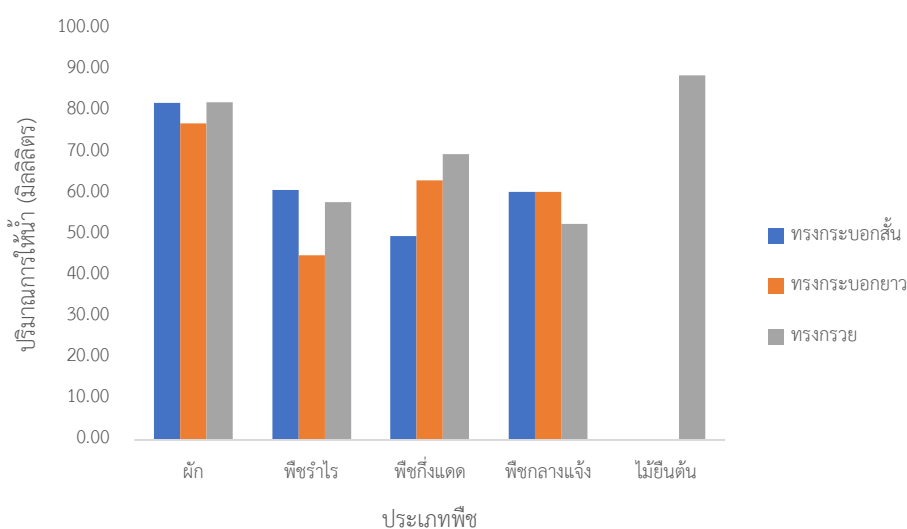
ภาพ 4.25 แสดงปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกรุพูนสูตร 4PC

#### 4.5.3 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกรุพูนสูตร 8PC

ตาราง 4.24 ปริมาณการให้น้ำของเซรามิกกรุพูนสูตร 8PC

| หน่วยการทดลอง |             | ปริมาณการให้น้ำ (มิลลิเมตร) |          |          |          |          |          |          |        |
|---------------|-------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| ชนิดเซรามิก   | พืช         | วันที่ 1                    | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 | วันที่ 6 | วันที่ 7 | เฉลี่ย |
| ทรงกระบอกสั้น | ผัก         | 67.50                       | 62.50    | 75.00    | 72.50    | 122.00   | 87.00    | 87.00    | 81.93  |
|               | พืชในร่ม    | 69.50                       | 72.50    | 65.00    | 58.00    | 78.00    | 40.00    | 42.50    | 60.79  |
|               | พืชกิ่งแดด  | 52.00                       | 51.33    | 41.67    | 86.67    | 32.33    | 46.33    | 36.50    | 49.55  |
|               | พืชกลางแจ้ง | 56.50                       | 65.00    | 49.00    | 67.00    | 46.00    | 69.00    | 70.33    | 60.40  |
| ทรงกระบอกยาว  | ผัก         | 94.67                       | 99.00    | 94.00    | 72.50    | 59.00    | 72.50    | 48.00    | 77.10  |
|               | พืชในร่ม    | 36.00                       | 33.67    | 60.33    | 39.67    | 41.33    | 56.33    | 47.67    | 45.00  |
|               | พืชกิ่งแดด  | 51.00                       | 90.00    | 57.00    | 42.00    | 52.00    | 87.00    | 63.00    | 63.14  |
|               | พืชกลางแจ้ง | 108.00                      | 71.00    | 50.00    | 50.00    | 37.00    | 46.50    | -        | 60.42  |
| ทรงกรวย       | ผัก         | 59.00                       | 68.33    | 64.67    | 92.00    | 94.33    | 100.00   | 97.33    | 82.24  |
|               | พืชในร่ม    | 74.00                       | 37.50    | 62.00    | 68.00    | 46.50    | 55.00    | 62.50    | 57.93  |
|               | พืชกิ่งแดด  | 67.50                       | 89.00    | 75.00    | 81.33    | 52.33    | 44.67    | 77.33    | 69.60  |
|               | พืชกลางแจ้ง | 42.00                       | 50.00    | 55.00    | 41.73    | 66.50    | 48.50    | 64.50    | 52.60  |
|               | ไม้ยืนต้น   | 70.00                       | 91.00    | 110.00   | 76.50    | 92.00    | 85.00    | 96.50    | 88.71  |
| ค่าเฉลี่ย     |             |                             |          |          |          |          |          |          | 65.34  |

จากการศึกษาปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 8PC เพื่อใช้ปลูกพืชดูดสารพิษ พบว่า พืชแต่ละประเภทมีการเจริญเติบโตได้ตามปกติ แสดงให้เห็นว่าเซรามิกพูนสูตร 8PC สามารถให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยเซรามิกทรงกระบอกขนาดสั้น สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 81.93, 60.79, 49.55 และ 60.40 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ เซรามิกทรงกระบอกขนาดยาว สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 77.10, 45.00, 63.14 และ 60.42 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ และเซรามิกทรงกรวย สามารถให้น้ำโดยเฉลี่ย 82.24, 57.93, 69.60, 52.60 และ 88.71 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ โดยเซรามิกทรงกระบอกขนาดสั้น มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชกิ่งแตกมากที่สุด เซรามิกทรงกระบอกขนาดยาว มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชในร่มมากที่สุด และเซรามิกทรงกรวย มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชกลางแจ้งมากที่สุด



ภาพ 4.26 แสดงปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 8PC

#### 4.5.4 ความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เพื่อการให้น้ำแก่พืชดูดสารพิษ ของเซรามิกพูนสูตร 4PC และ 8PC

ตาราง 4.25 การเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำของเซรามิกพูนสูตร 4PC และ 8PC

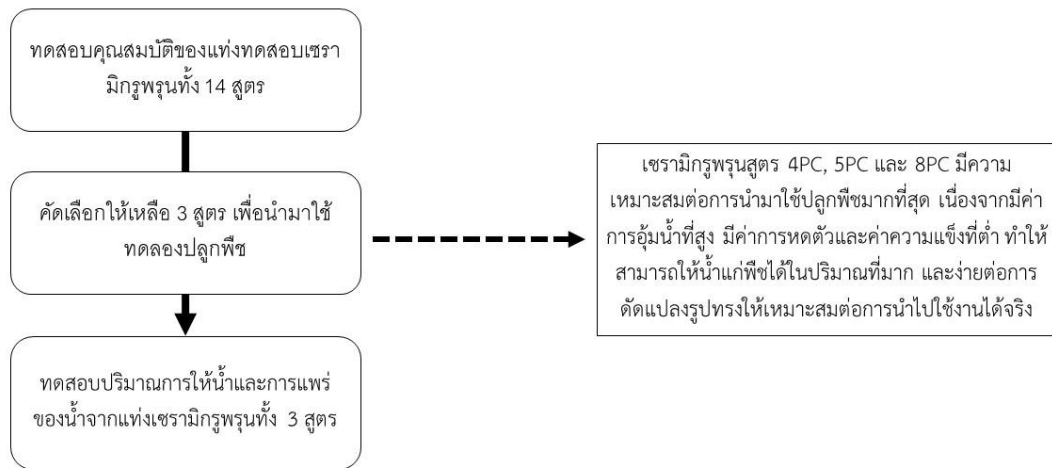
| หน่วยการทดลอง |             | ปริมาณการให้น้ำ (มิลลิลิตรต่อวัน) |       |
|---------------|-------------|-----------------------------------|-------|
| ชนิดเซรามิก   | ประเภทพืช   | 4PC                               | 8PC   |
| ทรงกระบอกสั้น | ผัก         | 62.57                             | 81.93 |
|               | พืชในร่ม    | 41.12                             | 60.79 |
|               | พืชกิ่งแตก  | 34.29                             | 49.55 |
|               | พืชกลางแจ้ง | 41.43                             | 60.40 |
| ค่าเฉลี่ย     |             | 44.85                             | 63.17 |

| หน่วยการทดลอง |             | ปริมาณการให้น้ำ (มิลลิลิตรต่อวัน) |       |
|---------------|-------------|-----------------------------------|-------|
| ชนิดเซรามิก   | ประเภทพืช   | 4PC                               | 8PC   |
| ทรงกระบอกยาว  | ผัก         | 57.43                             | 77.10 |
|               | พืชในร่ม    | 52.86                             | 45.00 |
|               | พืชกิ่งแตก  | 72.40                             | 63.14 |
|               | พืชกลางแจ้ง | 65.90                             | 60.42 |
|               | ค่าเฉลี่ย   | 62.15                             | 61.42 |
| ทรงกรวย       | ผัก         | 41.79                             | 82.24 |
|               | พืชในร่ม    | 65.71                             | 57.93 |
|               | พืชกิ่งแตก  | 50.86                             | 69.60 |
|               | พืชกลางแจ้ง | 78.81                             | 52.60 |
|               | ไม้ยืนต้น   | 57.90                             | 88.71 |
|               | ค่าเฉลี่ย   | 59.01                             | 70.22 |

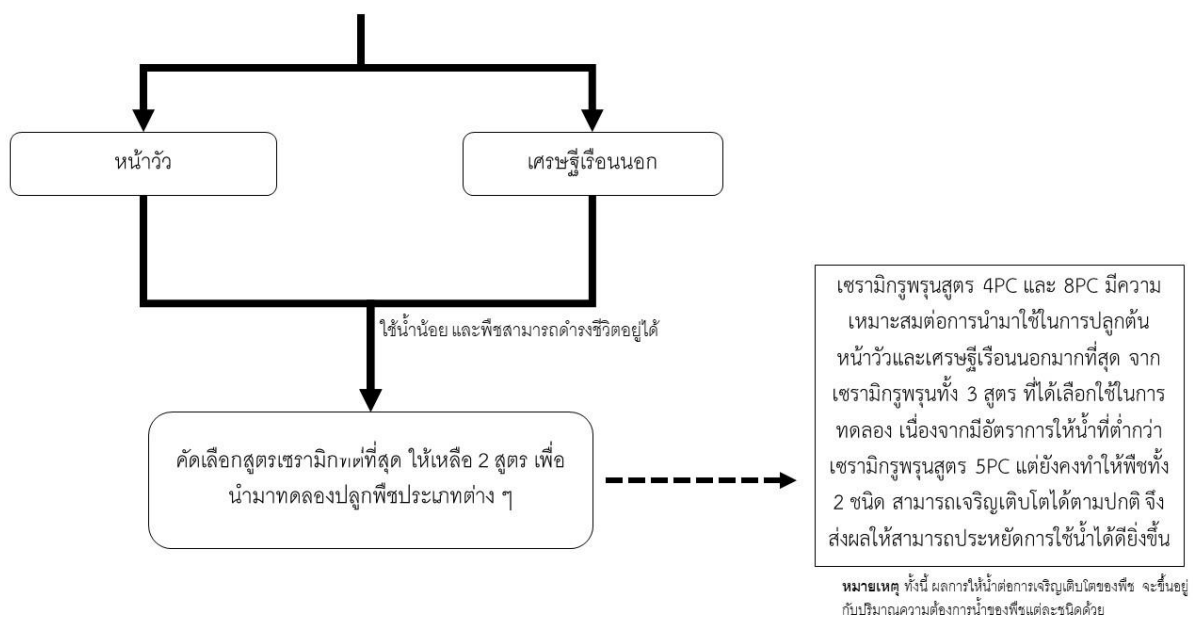
จากการศึกษาปริมาณการให้น้ำแก่พืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกรูปทรงสูง 4PC และ 8PC พบว่า เซรามิกทรงกระบอกขนาดสั้นสูตร 4PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชทุกประเภท มากกว่า เซรามิกสูตร 8PC เซรามิกทรงกระบอกขนาดยาวสูตร 4PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชประเภทผัก ในขณะที่สูตร 8PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชประเภท พืชในร่ม, พืชกิ่งแตก และพืชพืชกลางแจ้ง และเซรามิกทรงกรวยสูตร 4PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชประเภท ผัก, พืชกิ่งแตก และไม้ยืนต้น ขนาดเล็ก ในขณะที่สูตร 8PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชประเภท พืชในร่ม และพืชกลางแจ้ง

โดยเมื่อมองในภาพรวมแล้ว จะพบว่า เซรามิกรูปทรงสูง 4PC มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการปลูกพืชชุดสารพิษที่มากกว่าเซรามิกรูปทรงสูง 8PC เนื่องจากมีค่าการให้น้ำแก่พืชโดยเฉลี่ย 59.01 มิลลิลิตรต่อวัน ซึ่งน้อยกว่าเซรามิกรูปทรงสูง 8PC ที่มีค่าการให้น้ำเฉลี่ย 70.22 มิลลิลิตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19.00 โดยผู้บริโภคยังสามารถเลือกใช้เซรามิกรูปทรงสูง 8PC กับการปลูกพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณที่สูง และยังคงประหยัด และมีประสิทธิภาพที่มากกว่าการให้น้ำแก่พืชด้วยวิธีปกติเป็นอย่างมาก แต่ทั้งนี้ ในการทดสอบการให้น้ำแก่พืชชุดสารพิษด้วยเซรามิกรูปทรงสูงในครั้งนี้ ผลการทดลองที่ได้อาจยังไม่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถที่แท้จริงของการให้น้ำของเซรามิกรูปทรงสูงทั้ง 2 สูตร เนื่องจากมีระยะเวลาในการทดลองที่สั้น จึงควรมีการทดลองอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อที่จะทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

#### 4.6 ภาพรวมการทดลองปลูกพืชด้วยเซรามิกกูฟรูน

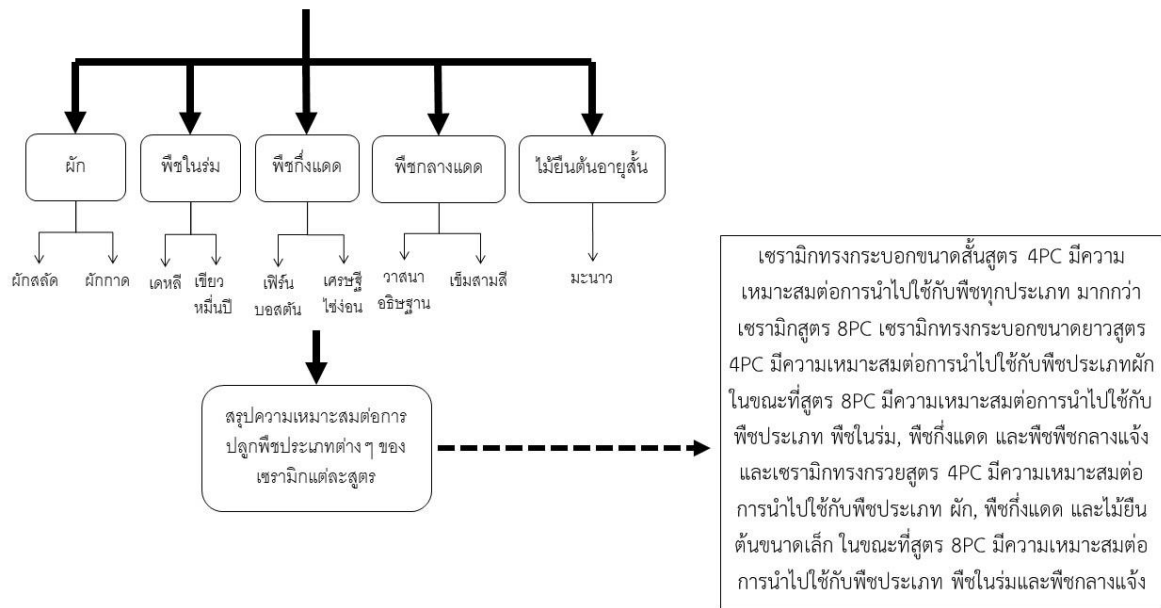


ภาพ 4.27 ภาพรวมการคัดเลือกและทดสอบเซรามิกกูฟรูน เพื่อนำมาใช้ในการทดลองปลูกพืช



ภาพ 4.28 ภาพรวมการทดลองปลูกต้นหน้าวัวและเศรษฐีเรือนนอกด้วยเซรามิกกูฟรูน





ภาพ 4.29 ภาพรวมการทดลองปลูกพืชดูสารพิษด้วยเซรามิกรูปกรวย

#### 4.7 การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช

การออกแบบชิ้นงานเซรามิกให้สอดคล้องกับการทำงาน การผลิตผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการ และความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภค การประยุกต์ใช้เซรามิกอุปกรณ์และการใช้งานคือสามารถต่อกันก็ขึ้น ก็ได้แล้วแต่ความต้องการ และลวดลายที่ต้องการพันธ์หรือลวดลงไป ไม่จำเป็นต้องใส่ต้นไม้ทุกชิ้น สามารถแยก ระบบการทำงานได้หลายรูปแบบเช่น

- ปลุกต้นไม้ในห้องใต้ ด้วยการประหยัดน้ำ ไม่ให้น้ำขึ้นฉะ ลดการปลดปล่อยก๊าซหรือ คาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของดิน ไม่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและเชื้อโรค และอื่น ๆ
- โชว์ได้ลวดลายแต่ละลายมีความหมาย สื่อถึงความเป็นไทยหรือวัฒนธรรมล้านนา
- สามารถฝังผลิตภัณฑ์ เช่น ตัวน้ำซึม ตัวดูดกลืนได้ และอรรถประโยชน์อื่น ๆ สะดวกในกาใช้
- สามารถมีช่องสำหรับส่งน้ำของระบบน้ำถึงกันได้เพื่อการปลูกพืช
- สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบและหลากหลายสีตามความต้องการของลูกค้า

เพื่อใช้ในการตกแต่งในสถานที่ต่าง ๆ เช่น ในโรงแรมระดับ 4-5 ดาวหรือ Mid-great luxury hotels ในจังหวัดเชียงราย พะเยา เชียงใหม่ เป็นต้น และในที่อยู่อาศัยของคนในยุคปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการ เอือนภูมิเซรามิกส์ ที่ปัจจุบันมีสิ่งผลิตและจำหน่ายที่ โรงแรมระดับ 4 ดาว ณ จังหวัดพะเยา คือ โรงแรมภูกลอง (PHUGLONG HOTEL) และจังหวัดเชียงราย คือ เชียงรายเรียวกัง (Chiang Rai Ryokan) จังหวัดเชียงราย โรงแรมมิรา (Mira Residence & Resort) จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีค่าที่พักต่อคืนอยู่ระหว่าง 1,800 บาท ถึง 3,000 บาท และโรงแรมระดับ 5 ดาว ณ จังหวัดเชียงราย คือ โรงแรมเลอ เมอริเดียน เชียงราย (Le Méridien Chiang Rai Resort) เป็นต้น

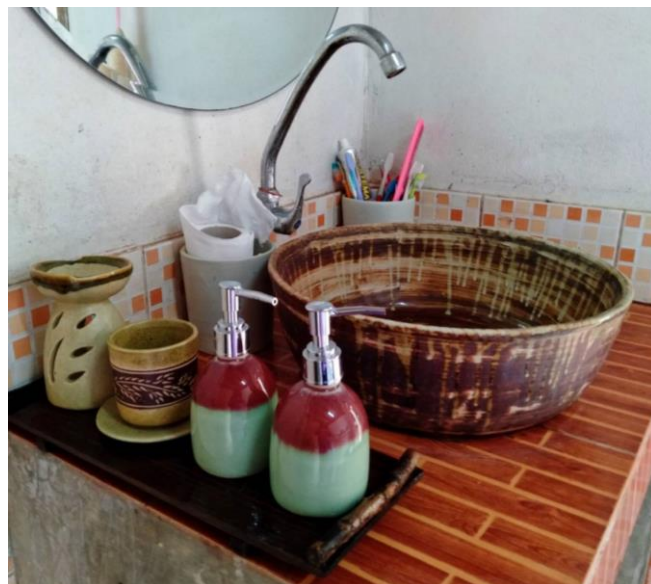


ภาพ 4.30 ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (1)



ภาพ 4.31 ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (2)





ภาพ 4.32 ผลิตภัณฑ์ที่ใส่สบู่ แชมพูและครีมนวด ที่ผู้ประกอบการจำหน่ายให้แก่โรงแรมต่าง ๆ (3)



ภาพ 4.33 ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ

(1)



ภาพ 4.34 ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ  
(2)





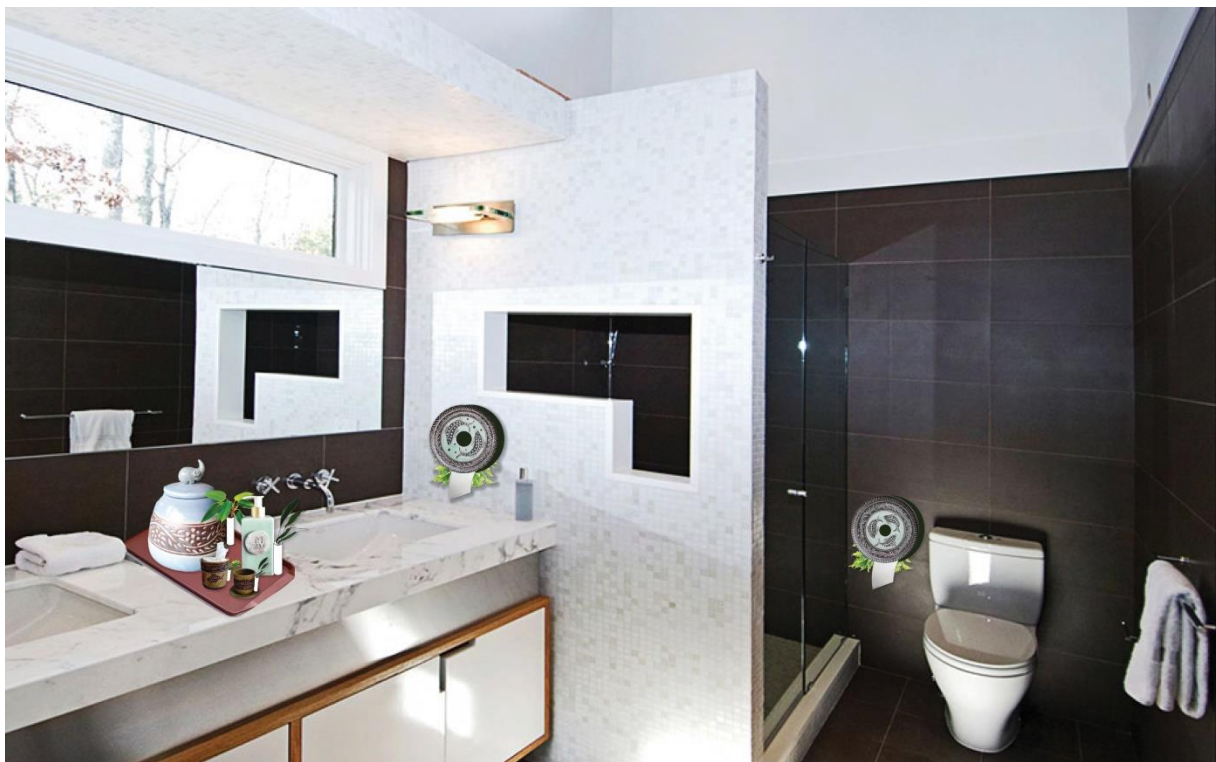
ภาพ 4.35 ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ  
(3)



กระดาดาชิชู

ภาพ 4.36 ตัวอย่างแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มการตกแต่งพืชเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและบรรยากาศ  
(4)



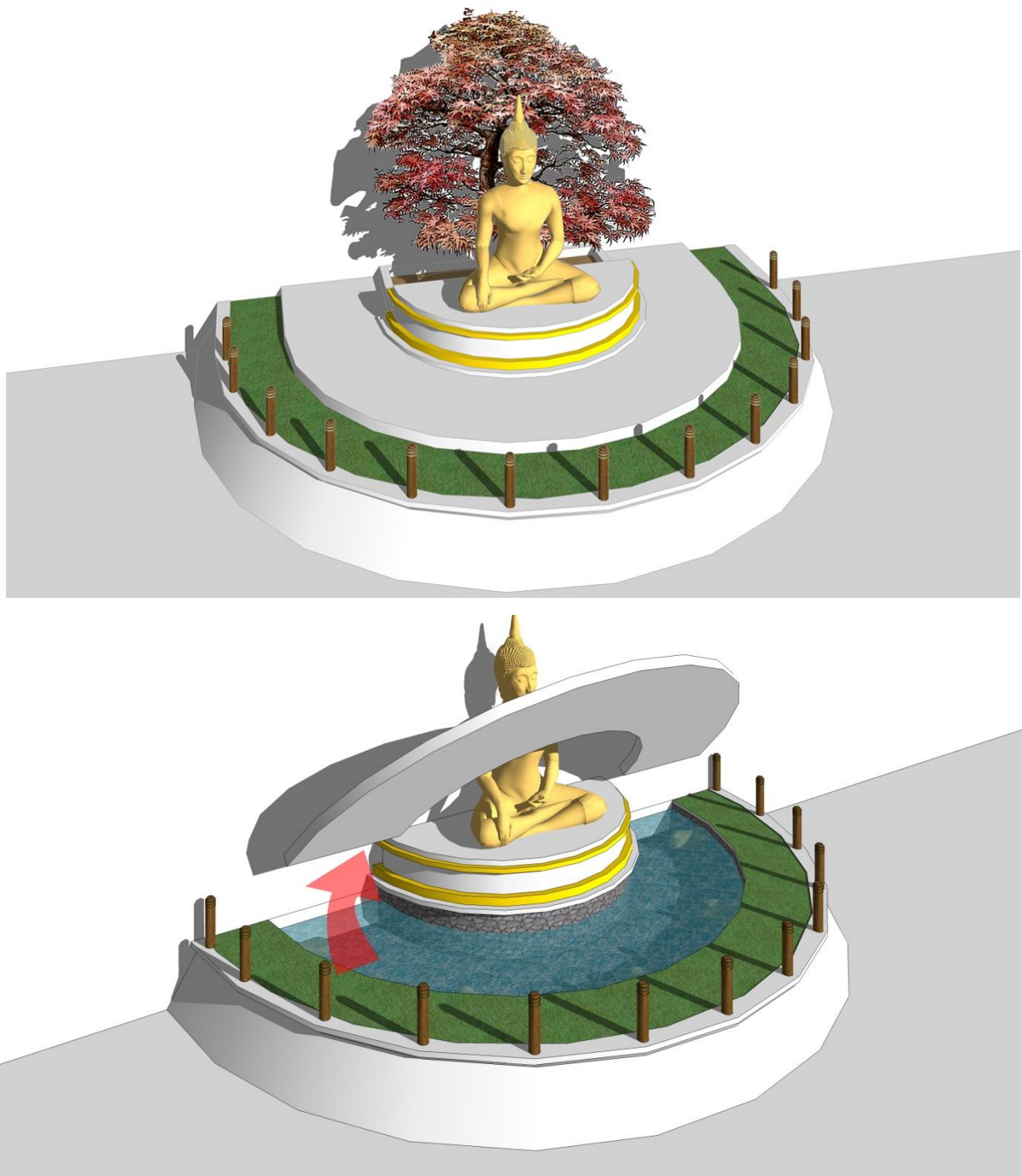


ภาพ 4.37 ตัวอย่างการติดตั้งผลิตภัณฑ์ในห้องพักและห้องน้ำ

#### 4.7.1 แนวทางการออกแบบและประยุกต์เซรามิกรูปทรงในการปลูกพืช

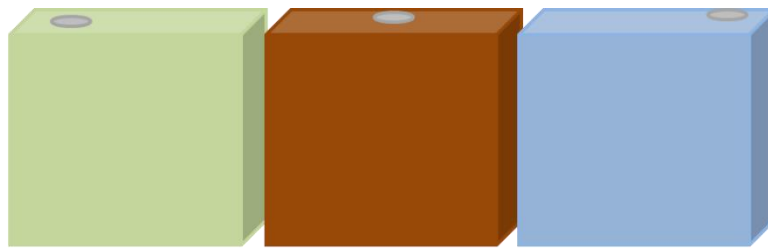
##### 4.7.1.1 การออกแบบชุดประติมากรรม

##### 1) การออกแบบชุดประติมากรรมองค์พระ



ภาพ 4.38 การออกแบบชุดประติมากรรมองค์พระ

## 2) การออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง



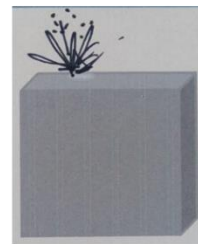
: PERSPECTIVE

30 cm.



10 cm.

: TOP VIEW



ขนาด 10x30x30 cm.

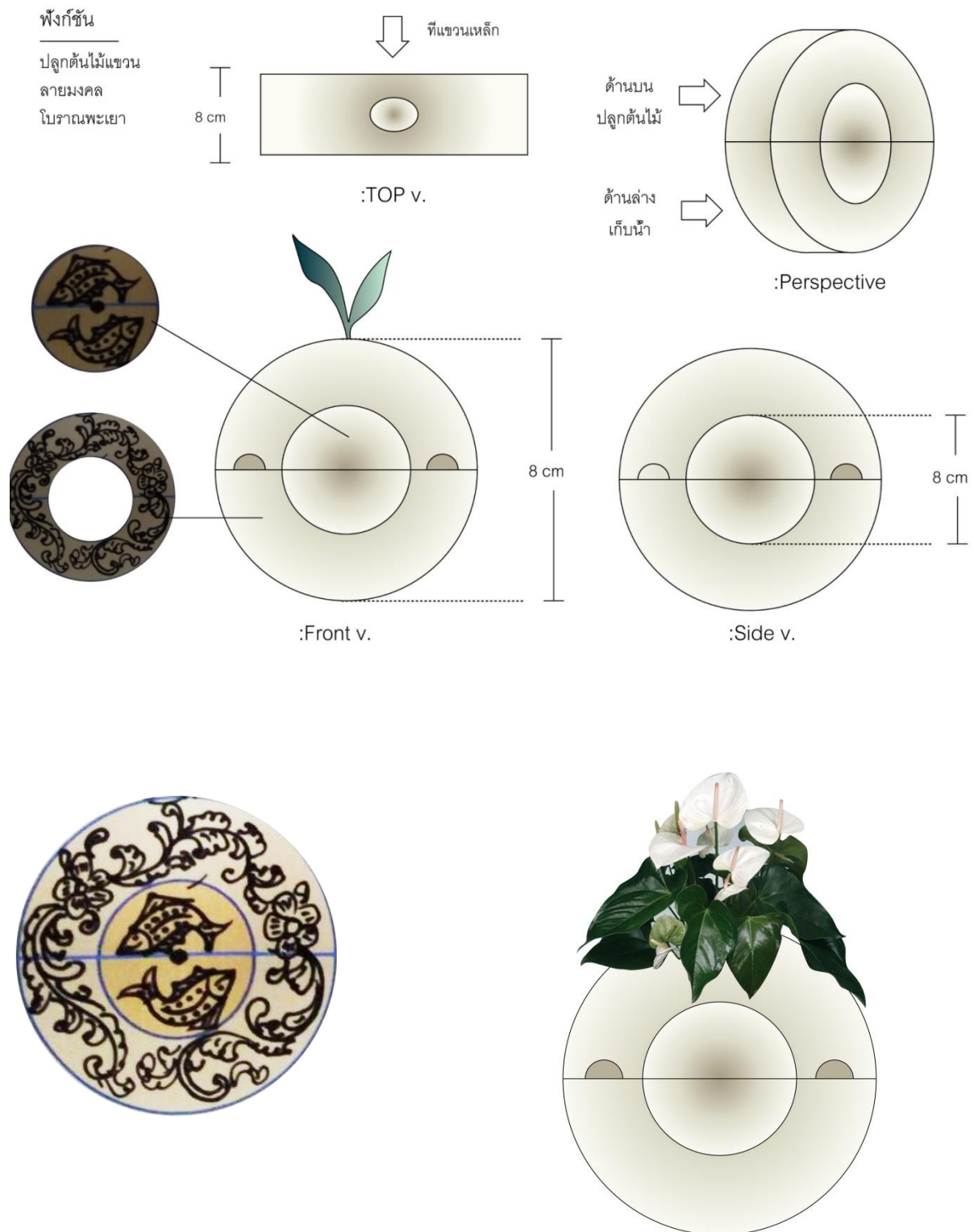


กระถางแขวนโชว์ผนังและปลุกต้นไม้ในห้องพักลายโบราณ



ภาพ 4.39 ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (1)



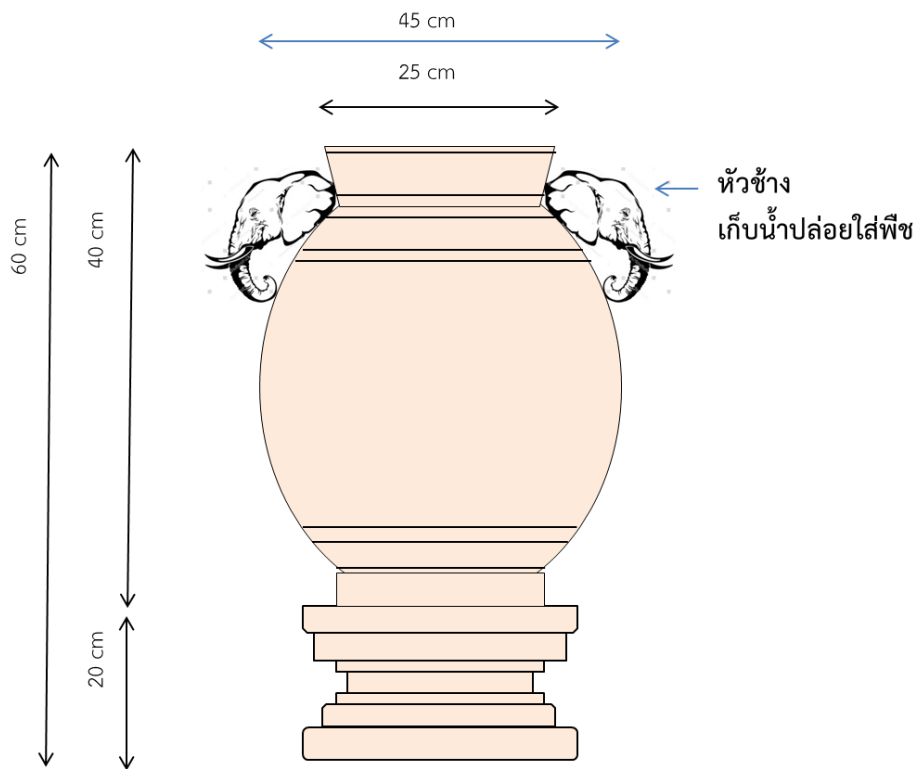


ภาพ 4.40 ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (2)



ภาพ 4.41 ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบติดผนัง (3)

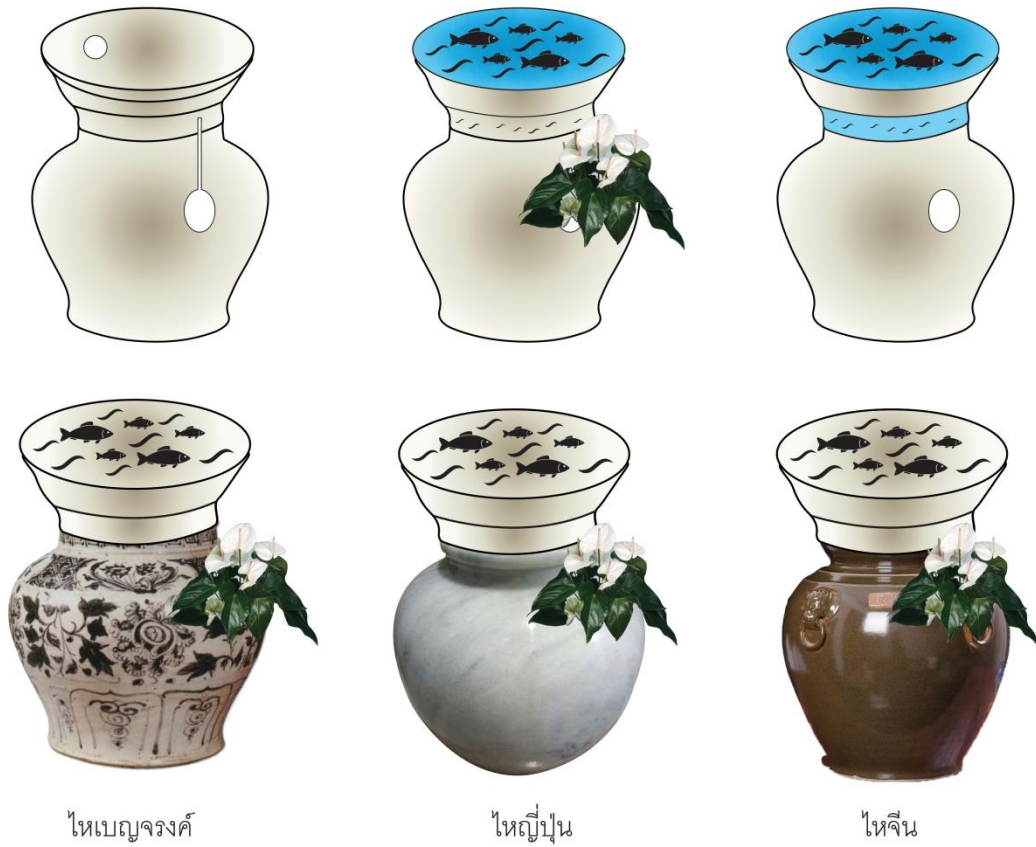
### 3) การออกแบบชุดประติมากรรมชิ้นงานขนาดใหญ่



แจกันใหญ่ประดับในบ้านทรงหัวช้าง พร้อมฐานรอง



ภาพ 4.42 ตัวอย่างการออกแบบชุดประติมากรรมแบบตีขึ้นงานขนาดใหญ่ (1)



ภาพ 4.43 แสดงตัวอย่างการการออกแบบชุดประติมากรรมแบบตึ้นงานขนาดใหญ่ (2)

#### 4.7.1.2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ตกแต่งห้อง

##### 1) การออกแบบผลิตภัณฑ์ตกแต่งโดยใช้เซรามิกรูปทรง

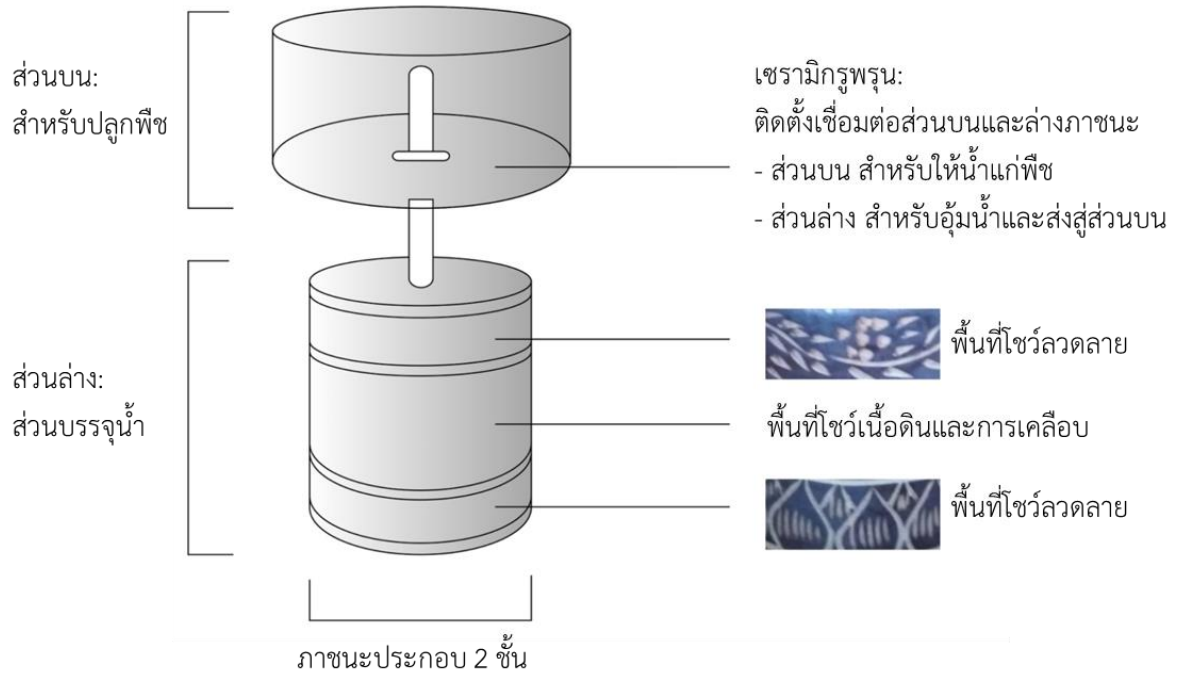
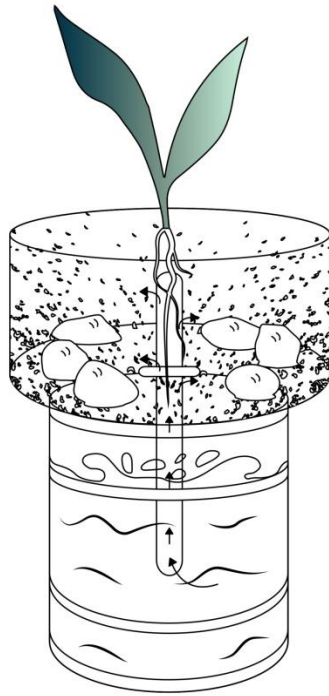


ภาพ 4.44 ผลิตภัณฑ์ที่มีเซรามิกรูปทรงในการปลูกพืช (1)



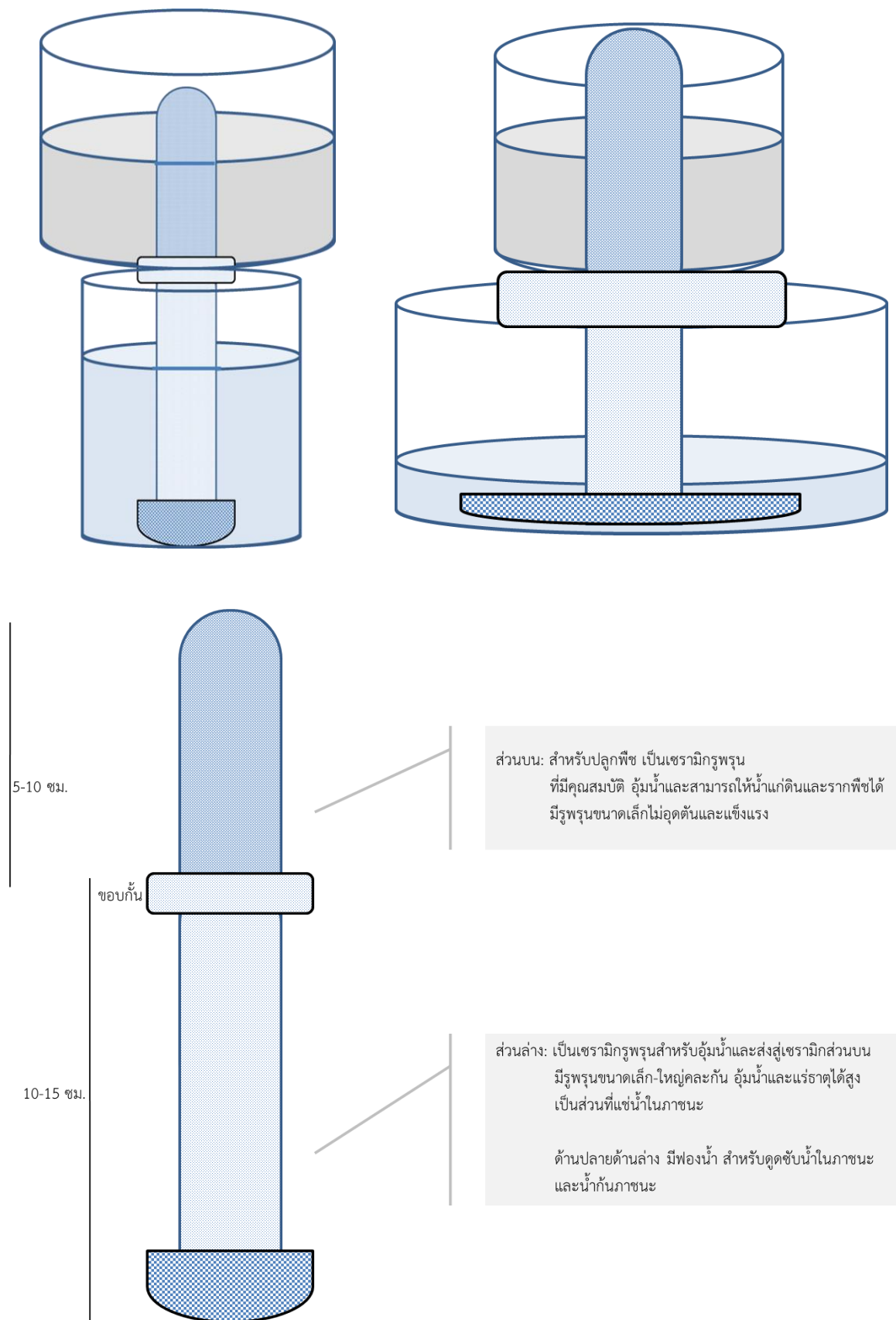


ภาพ 4.45 ผลิตภัณฑ์ที่มีเซรามิกฐานในการปลูกพืช (2)

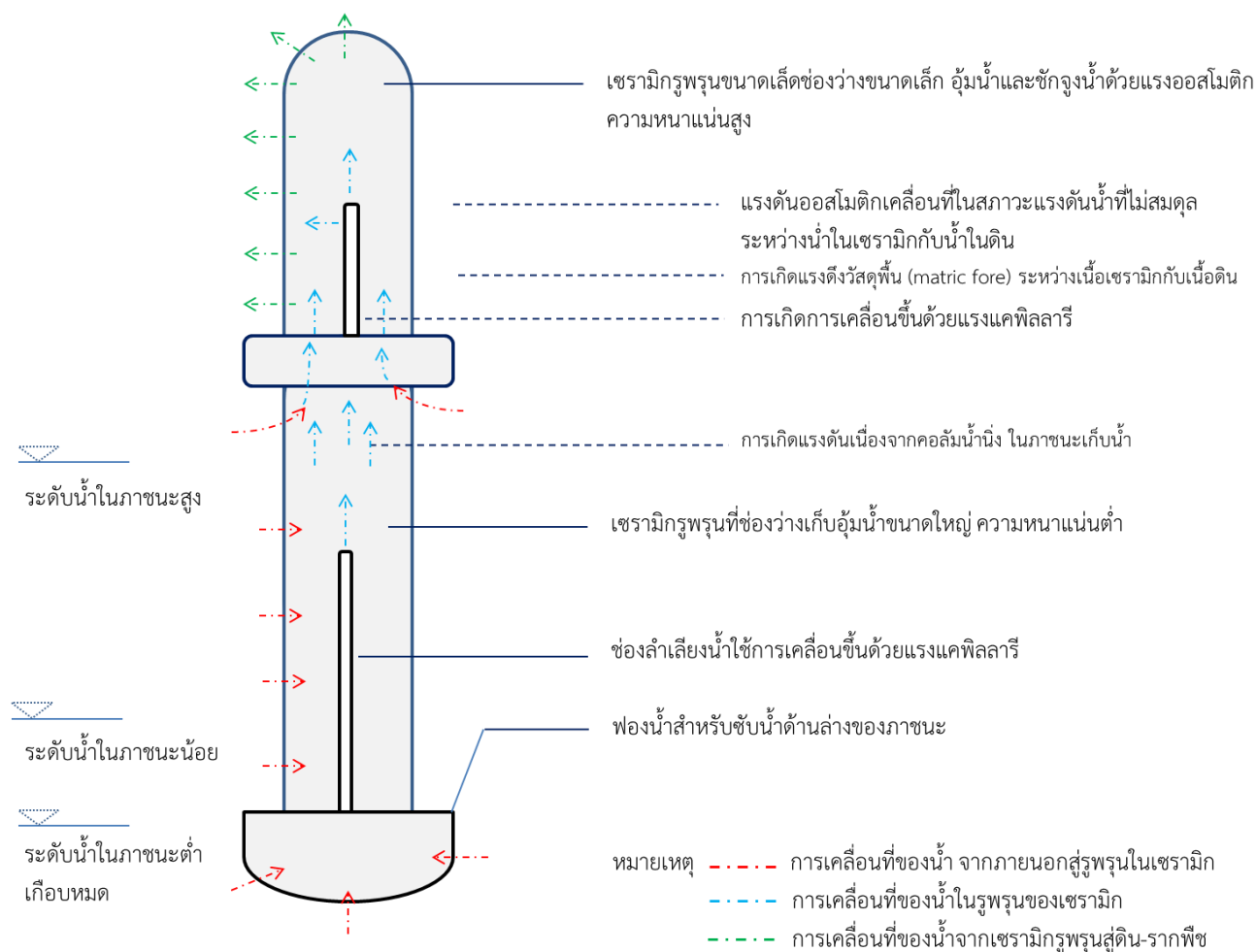


ลวดลายพื้นเมืองสะท้อนถึงวัฒนธรรมล้านนาและวัฒนธรรมไทย

ภาพ 4.46 ผลิตภัณฑ์ที่มีเซรามิกกรุพรุนในการปลูกพืช (3)

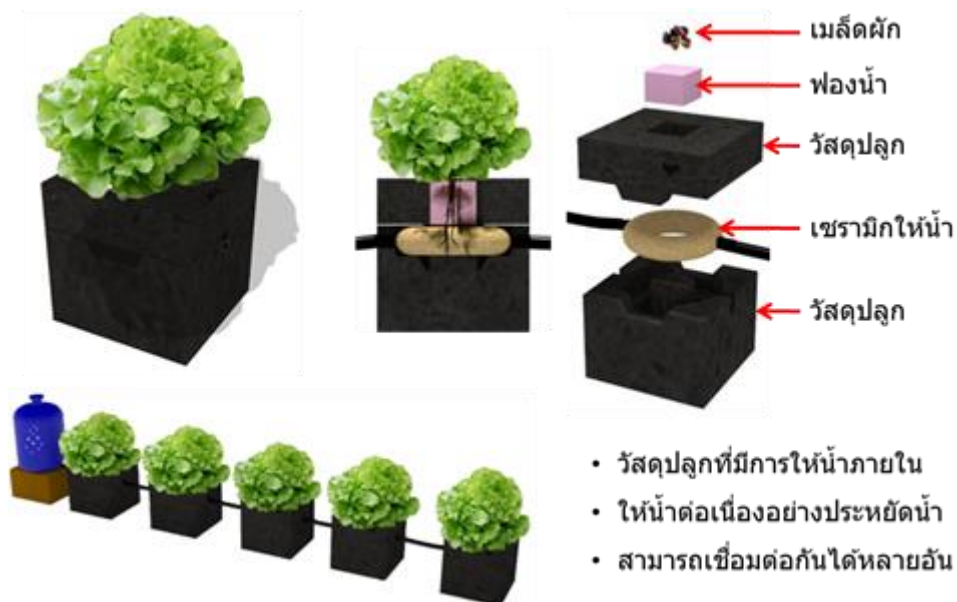
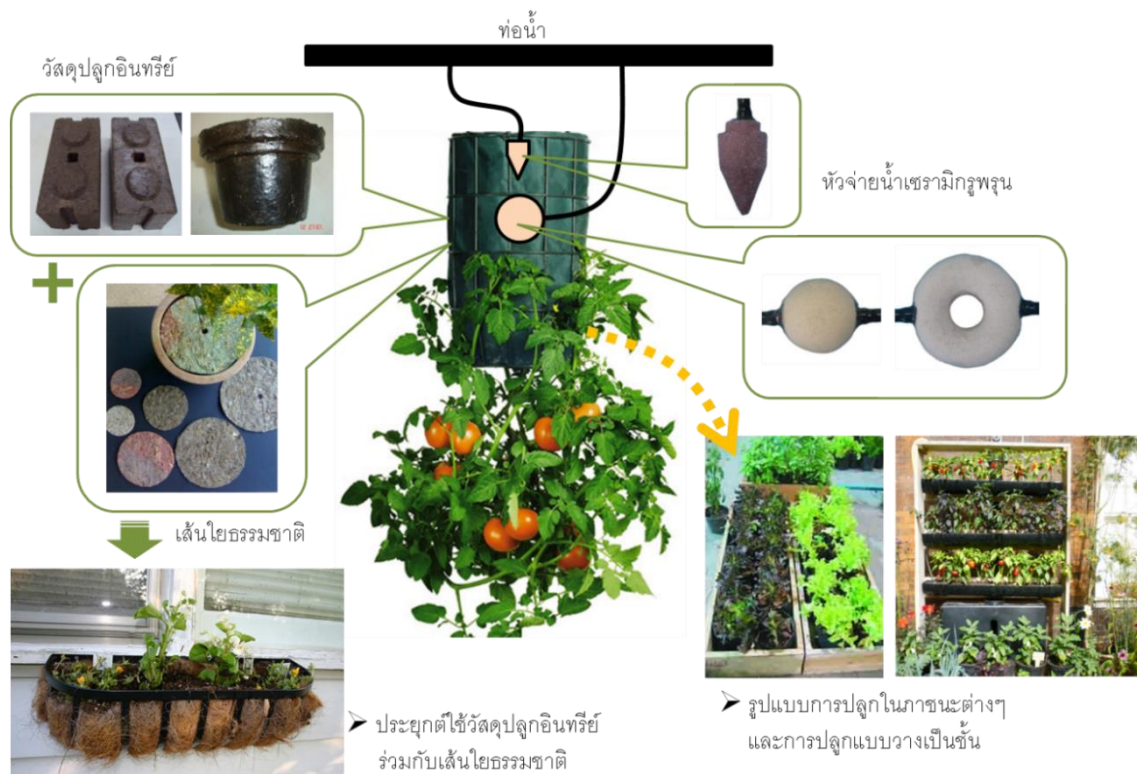


ภาพ 4.47 ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีเซรามิกรูปทรงในการปลูกพืช (1)



ภาพ 4.48 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีเซรามิกรูพรุนในการปลูกพืช (2)

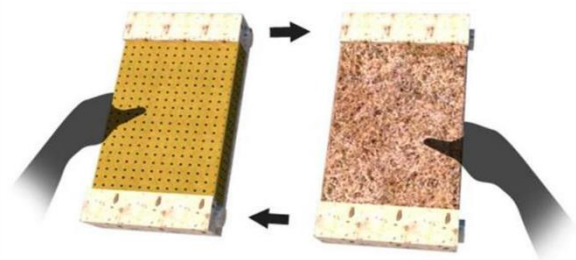
#### 4.7.1.3 การออกแบบและผลิตสวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า



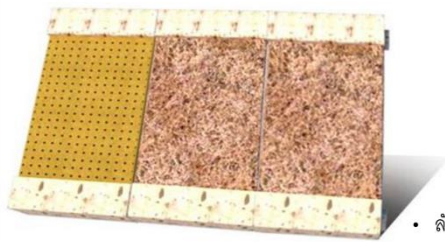
ภาพ 4.49 ลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (1)



#### วัสดุปลูกพืชเอนกประสงค์

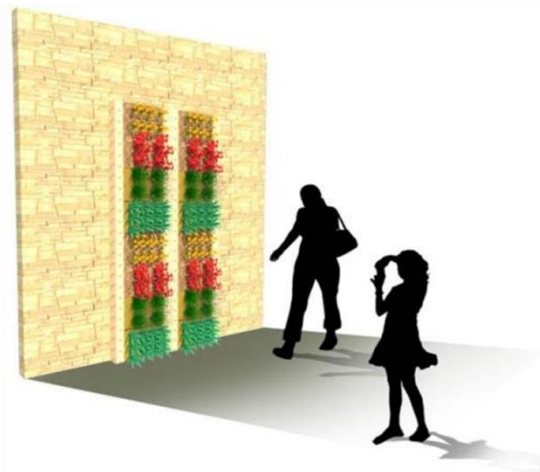


- วัสดุปลูกเอนกประสงค์สามารถเชื่อมต่อกันได้



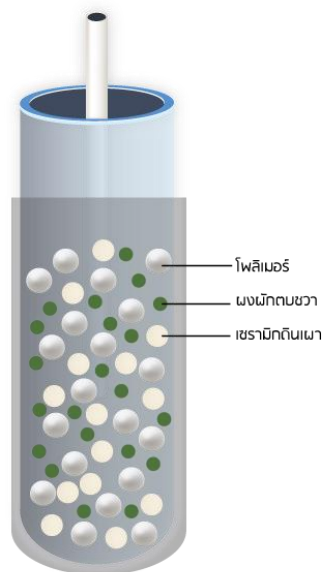
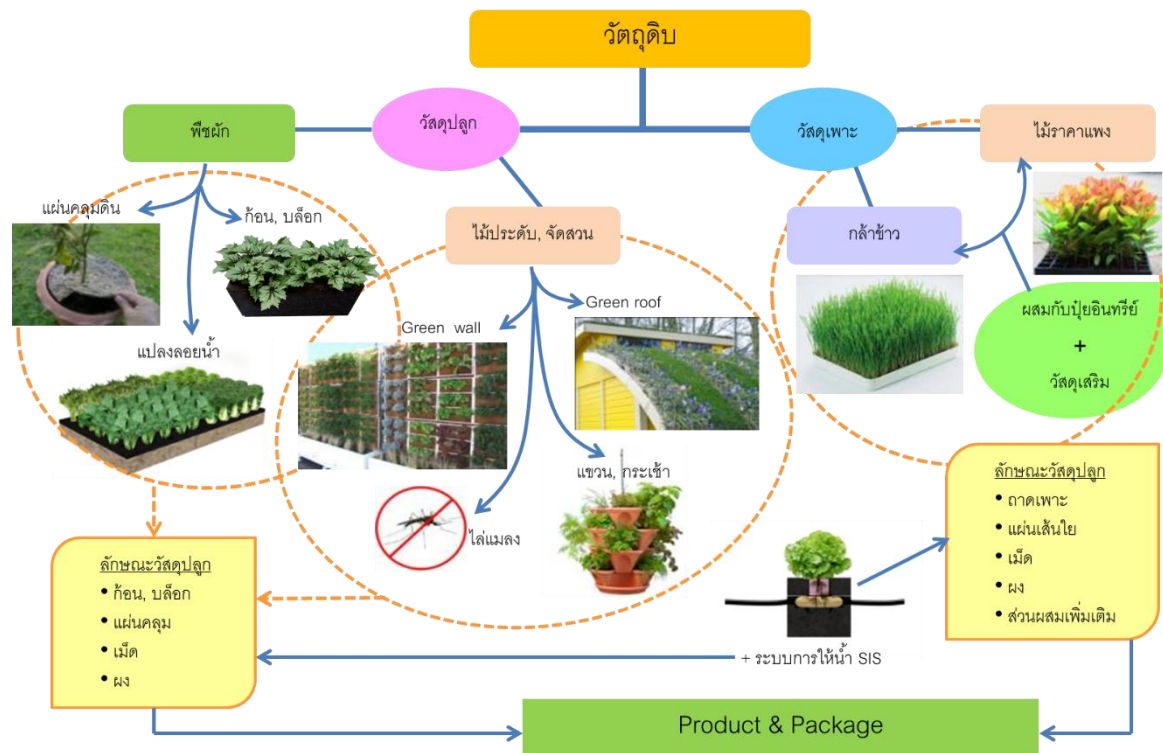
- ลักษณะวัสดุปลูกเอนกประสงค์ที่เชื่อมต่อกันแล้ว

#### วัสดุปลูกพืชเอนกประสงค์

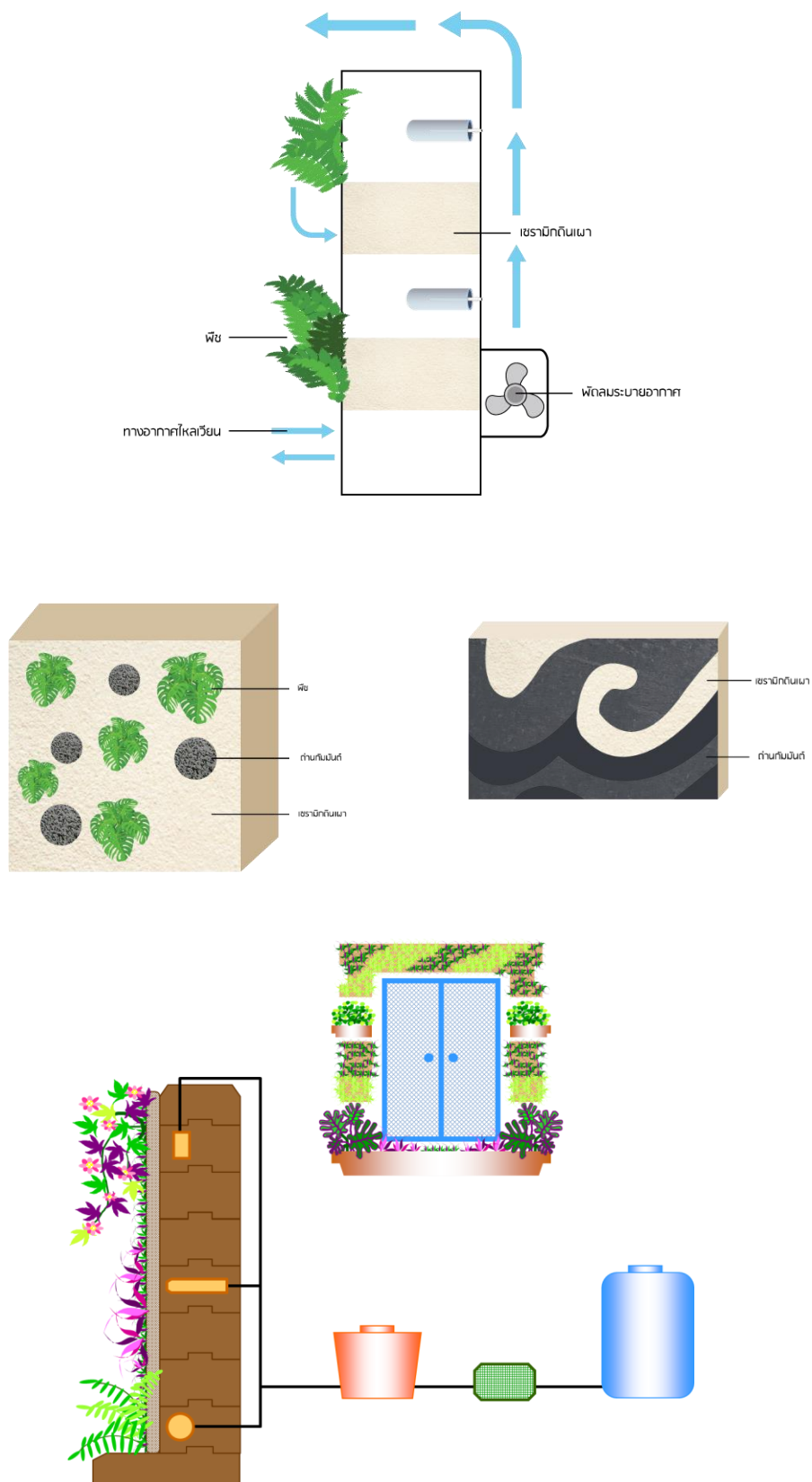


- การติดตั้งวัสดุปลูกเอนกประสงค์แบบแนวตั้งหรือผนัง

ภาพ 4.50 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (2)

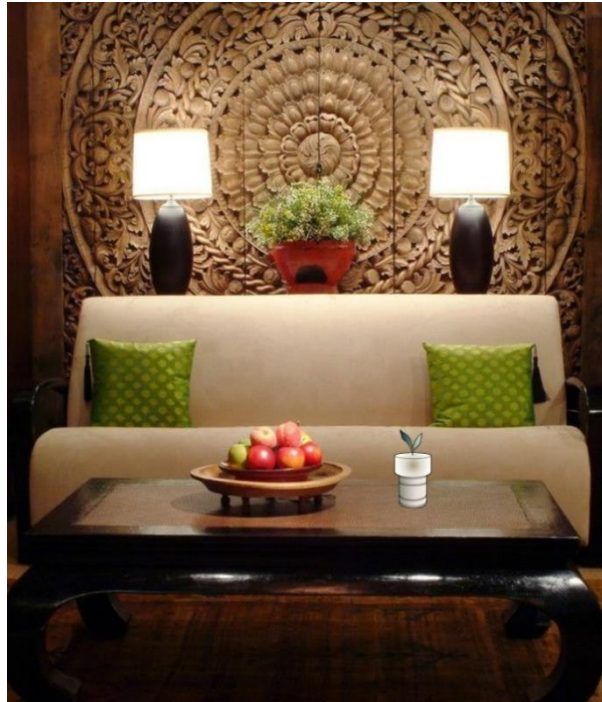


ภาพ 4.51 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์สวนแนวตั้งและปลูกพืชลอยฟ้า (3)



ภาพ 4.52 สวนแนวตั้งแบบกรองชีวภาพ





ภาพ 4.53 ตัวอย่างติดตั้งผลิตภัณฑ์ในห้องพัก ระเบียง และห้องน้ำ



ภาพ 4.54 แบบจำลองการวางผลิตภัณฑ์ใน โรงแรม เลอ เมอริเดียน



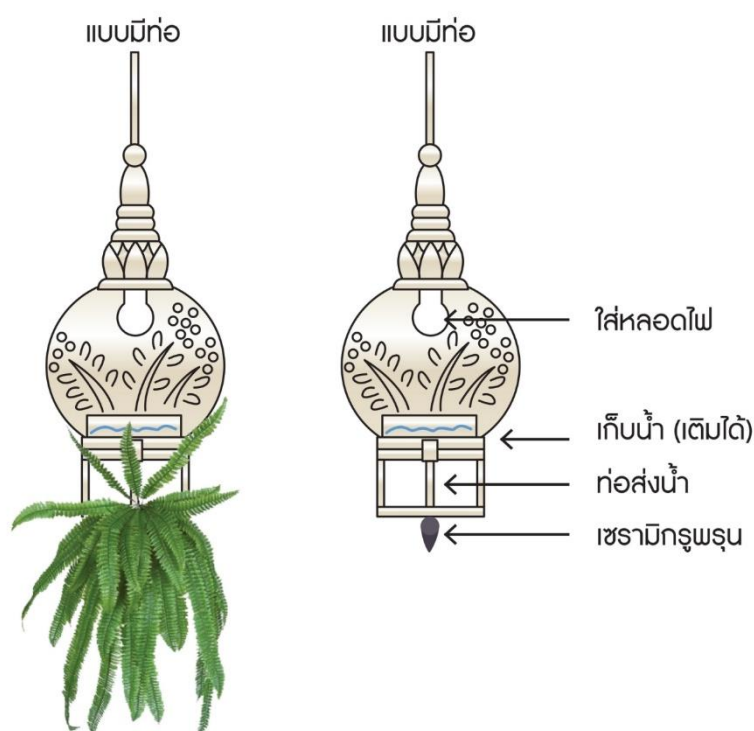
ภาพ 4.55 การก่อสร้างอาคารเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้โครงการ โดยมีการจัดตั้งขึ้นทะเบียนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดินของพ่อและเกษตรพอเพียง โครงสร้างของโรงเรียนในศูนย์การเรียนรู้ โดยมีขนาดกว้าง 7 เมตร ยาว 12 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 72 ตารางเมตร

#### 4.8 การประยุกต์นำเซรามิกกรุพูนมาใช้ในการปลูกพืชประดับอาคาร

##### โคมไฟแขวนเซรามิกสไตล์ล้านนา

โคมไฟเซรามิก แบบแขวนสไตล์ล้านนาเต็มไปด้วยเสน่ห์ของเครื่องปั้นดินเผาของทางภาคเหนือด้วยความอ่อนช้อยของลวดลายที่ถูกสรรสร้างลงบนชิ้นงานอันแสดงให้เห็นถึงศิลปะโบราณของคนในอดีต ผสานเข้ากับเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันและไบโอเทคโนโลยี เซรามิกกรุพูนทำให้โคมไฟสามารถให้แสงสว่าง และเสียงเพลงด้วยลำโพงบลูทูธพร้อมทั้งปลูกต้นไม้เพิ่มความสวยงามและฟอกอากาศไปในตัวประกอบกับการให้น้ำด้วยระบบเซรามิกกรุพูนที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับบ้าน

##### แบบแขวน



ภาพ 4.56 ตัวอย่างแบบโคมไฟแขวนเซรามิกสไตล์ล้านนา

##### แนวคิด

จากปัญหาการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในชีวิตสังคมเมือง และการลดความสิ้นเปลืองในการใช้สอยพื้นที่เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว และการใช้สอยพื้นที่อย่างคุ้มค่า พร้อมฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย จึงได้มีกาออกแบบโคมไฟให้มีลวดลายของวัฒนธรรมสไตล์ล้านนา ที่นอกจากจะให้แสงสว่างแล้ว ยังสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียว ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นเครื่องฟอกอากาศชีวภาพให้แก่ตัวอาคาร โดยมีระบบการให้น้ำแก่ต้นพืชที่ไม่ยุ่งยากแถมยังสามารถประหยัดน้ำจากการให้น้ำด้วยเซรามิกกรุพูน





ภาพ 4.57 ผลิตภัณฑ์โคมไฟแขวนเซรามิกสไตล์ล้านนา

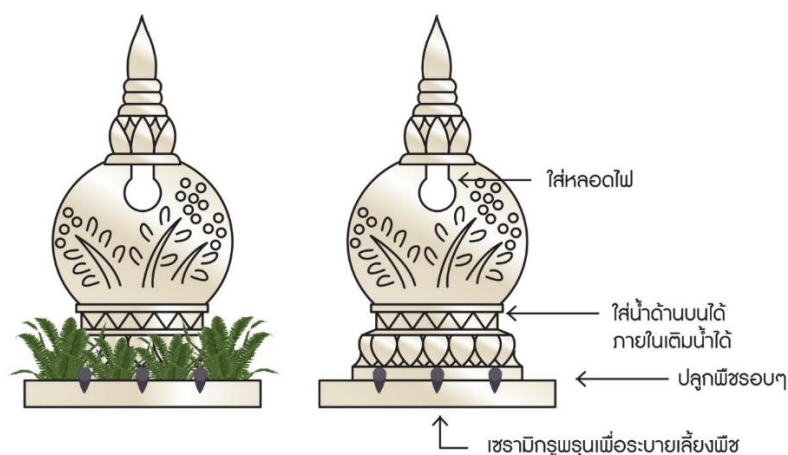
### ฟังก์ชันการใช้งาน

ตัวโคมไฟเป็นโคมไฟเซรามิกแบบแขวนที่ติดตั้งหลอดไฟลำโพงบลูทูธในตัว ทำให้สามารถให้แสงสว่างไปพร้อมกับเสียงดนตรีที่ท่านชอบไปพร้อมกัน ยังมีส่วนของระบบให้น้ำเซรามิกรูปพรุน และกระถางต้นไม้ที่จะทำให้การปลูกต้นไม้ และการดูแลทำได้ง่าย อีกทั้งสามารถพอกอากาศให้กับบริเวณที่ถูกนำไปติดตั้งได้ไม่ว่าจะเป็นห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ทางเดินเชื่อม ทั้งภายในและภายนอกตัวอาคาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียว และทัศนียภาพสีเขียวที่สบายตาให้กับพื้นที่ใช้สอยต่างทั้งในและนอกอาคารได้อย่างลงตัว และมีความคุ้มค่า

### โคมไฟตั้งโต๊ะเซรามิกสไตล์ล้านนา

โคมไฟเซรามิก แบบตั้งโต๊ะสไตล์ล้านนาเต็มไปด้วยเสน่ห์ของเครื่องปั้นดินเผาของทางภาคเหนือด้วยความอ่อนช้อยของลวดลายที่ถูกสรรสร้างลงบนชิ้นงานอันแสดงให้เห็นถึงศิลปะโบราณของคนในอดีต ผสานเข้ากับเทคโนโลยีปัจจุบันและไบโอเทคโนโลยี เซรามิกรูปพรุน ทำให้โคมไฟสามารถให้แสงสว่าง และเสียงเพลงด้วย

ลำโพงบลูทูธพร้อมทั้งปลุกต้นไม้เพิ่มความสวยงาม และพอกอากาศไปในตัวประกอบกับการให้น้ำด้วยระบบ เซรามิกรูปพุนที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับบ้าน



ภาพ 4.58 ตัวอย่างแบบโคมไฟตั้งโต๊ะเซรามิกสไตล์ล้านนา

#### แนวคิด

จากปัญหาการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในชีวิตสังคมเมือง และการลดความสิ้นเปลืองในการใช้สอยพื้นที่ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การใช้สอยพื้นที่อย่างคุ้มค่าพร้อมฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย จึงได้มีการออกแบบ โคมไฟให้มีลวดลายของวัฒนธรรม สไตล์ล้านนา ที่ไม่เพียงแต่สามารถให้แสงสว่างแต่ยังสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียว เสมือนเป็นเครื่องพอกอากาศชีวภาพให้แก่ตัวอาคาร ในรูปแบบของโคมไฟตั้งโต๊ะที่สามารถตั้งประดับ ตกแต่งได้ในหลาย ๆ ส่วนของอาคาร ทั้งห้องนั่งเล่น ห้องนอน หรือห้องรับแขก และมีระบบการให้น้ำแก่ต้นพืช ที่ไม่ยุ่งยากแถมยังประหยัดน้ำด้วยระบบการให้น้ำพืชด้วยหัวให้น้ำเซรามิกรูปพุน



ภาพ 4.59 ผลิตภัณฑ์โคมไฟตั้งโต๊ะเซรามิกสไตล์ล้านนา

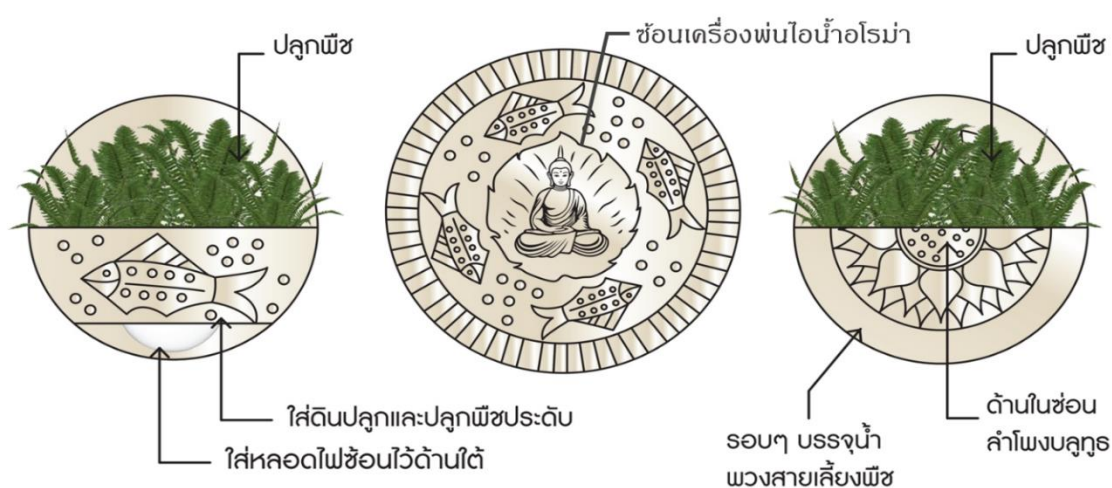
## ฟังก์ชันการใช้งาน

ตัวโคมไฟเป็นโคมไฟเซรามิก แบบตั้งโต๊ะที่ติดตั้งหลอดไฟลำโพงบลูทูธในตัว ทำให้สามารถให้แสงสว่างไปพร้อมกับเสียงดนตรีที่ท่านชอบไปพร้อมกัน ยังมีส่วนของระบบให้น้ำเซรามิกกรุพูน และกระถางต้นไม้ที่จะทำให้การปลูกต้นไม้และการดูแลทำได้ง่าย อีกทั้งสามารถพอกอากาศให้กับบริเวณที่ถูกนำไปติดตั้งได้ไม่ว่าจะเป็นห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ทางเดินเชื่อม ทั้งภายใน และภายนอกตัวอาคาร ซึ่งจะช่วยให้พื้นที่สีเขียวทัศนียภาพสีเขียวที่สบายตาให้กับพื้นที่ใช้สอยต่างทั้งในและนอกอาคารได้อย่างลงตัว และมีความคุ้มค่า

## ชุดโคมไฟสวนลอยเซรามิกอโรม่า สไตล์ล้านนา

โคมไฟเซรามิก แบบแขวนผนังสไตล์ล้านนาเต็มไปด้วยเสน่ห์ของเครื่องปั้นดินเผาของทางภาคเหนือ ด้วยความอ่อนช้อยของลวดลายที่ถูกสร้างสรรค์ลงบนชิ้นงาน พร้อมระบบให้น้ำด้วยเทคโนโลยีเซรามิกกรุพูนเพิ่มพื้นที่สีเขียวผลิตเพลิ้นไปกับกลิ่นหอมบำบัดจากเครื่องพ่นไอน้ำอโรม่าที่มีความสามารถในการเกาะจับฝุ่นในอากาศทำให้ฝุ่นเหล่านั้นตกลงมาสู่พื้น บำบัดอากาศภายในห้องให้ดีขึ้นตัวสวนลอยมีไฟส่องสว่างสามารถเปลี่ยนสีได้สั่งการด้วยรีโมทพร้อมลำโพงบลูทูธในตัว

### แบบแขวนผนัง



ภาพ 4.60 ตัวอย่างแบบชุดโคมไฟสวนลอยเซรามิกอโรม่าสไตล์ล้านนา

## แนวคิด

จากปัญหาการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในชีวิตสังคมเมือง และการลดความสิ้นเปลืองในการใช้สอยพื้นที่ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว และการใช้สอยพื้นที่อย่างคุ้มค่า พร้อมฟังก์ชันใช้งานที่หลากหลายที่จะช่วยผ่อนคลายความเหนื่อยล้าจากการทำงานด้วยทัศนียภาพสีเขียวที่ทำหน้าที่ฟอกอากาศภายใน และภายนอกอาคารที่ประหยัดพื้นที่ในการใช้สอยพร้อมมีระบบลำโพงบลูทูธ เพิ่มฟังก์ชันในการใช้ไปพร้อมกับการประดับตกแต่งอาคารให้สวยงามง่ายต่อการดูแล



ภาพ 4.61 ผลิตภัณฑ์ชุดโคมไฟสวนลอยอโรม่าสไตล์ล้านนา

## ฟังก์ชันการใช้งาน

ตัวสวนลอยเป็นเซรามิกที่ตกแต่งด้วยลวดลายสไตล์ล้านนาติดตั้งหลอดไฟลำโพงบลูทูธในตัว ทำ ให้สามารถให้แสงสว่างไปพร้อมกับเสียงดนตรี และยังมีส่วนของระบบให้น้ำเซรามิกรูพรุน และกระถางต้นไม้ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว เสมือนเป็นเครื่องฟอกอากาศแบบชีวภาพ ที่จะทำให้การปลูกต้นไม้และการดูแลทำได้ง่ายขึ้นด้วยการให้น้ำด้วยหัวให้น้ำเซรามิกรูพรุน ทั้งยังสามารถฟอกอากาศให้กับบริเวณรอบ ๆ ที่ถูกนำไปติดตั้งได้ ไม่ว่าจะเป็นในห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องนอน ทางเดินเชื่อม ทั้งภายใน และนอกอาคารได้อย่างลงตัว





ภาพ 4.62 ตัวอย่างการใช้งานโคมไฟสวนลอยเซรามิกโรมาสไตร์ล้านนา

#### ชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก



ภาพ 4.63 ตัวอย่างการใช้งานชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก

#### แนวคิด

จากปัญหาการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในชีวิตสังคมเมือง และการลดความสิ้นเปลืองในการใช้สอยพื้นที่ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การใช้สอยพื้นที่อย่างคุ้มค่า พร้อมฟังก์ชันใช้งานที่หลากหลายที่จะช่วยผ่อนคลายความเหนื่อยล้าจากการทำงานด้วยทัศนียภาพสีเขียว ที่ทำหน้าที่ฟอกอากาศภายใน และภายนอกอาคารที่ประหยัดน้ำ และง่ายต่อการให้น้ำด้วยการดูน้ำขึ้นด้วยแ่งเซรามิกกรุพูน



ภาพ 4.64 ผลิตภัณฑ์ชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก



ภาพ 4.65 องค์ประกอบชุดกระถางปลูกต้นไม้เซรามิก

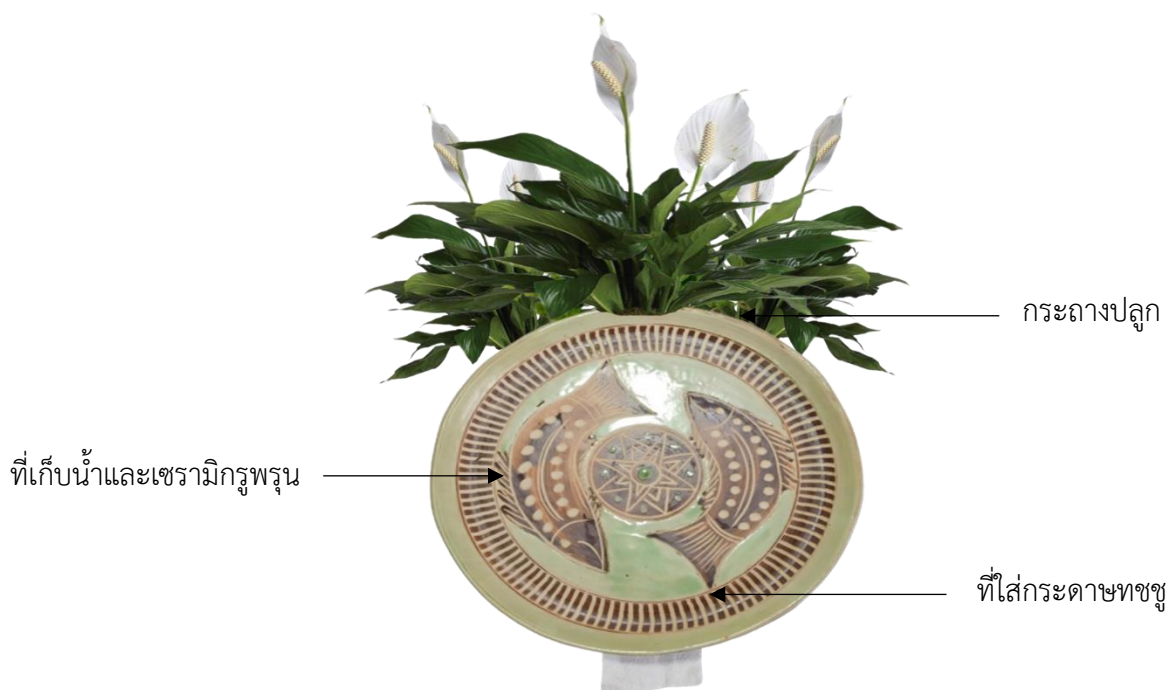


ภาพ 4.66 ตัวอย่างการใช้งานชุดปลูกต้นไม้เซรามิก

### ฟังก์ชันการใช้งาน

ตัวชุดสวนเป็นเซรามิกที่ตกแต่งด้วยลวดลายสไตล์ล้านนา พร้อมเซรามิกรูปพูนที่ช่วยให้การดูแล และการให้น้ำแก่พืชง่ายมากยิ่งขึ้น ด้วยลวดลายที่สวยงามที่จะสามารถใช้ในการประดับตกแต่งให้กับส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่ได้ไม่ว่าจะเป็นในห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องนอน ทางเดินเชื่อม ทั้งภายใน และนอกอาคารได้อย่างลงตัวเพิ่มพื้นที่สีเขียวและทัศนียภาพสีเขียว ที่ให้ความผ่อนคลาย

## กล่องกระดาศิขุเซรามิก



ภาพ 4.67 ตัวอย่างกล่องกระดาศิขุสวนเซรามิก

### แนวคิด

จากปัญหาการขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในชีวิตสังคมเมือง และการลดความสิ้นเปลืองในการใช้สอยพื้นที่ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว การใช้สอยพื้นที่อย่างคุ้มค่า พร้อมฟังก์ชันใช้งานที่หลากหลายด้วยทัศนียภาพสีเขียว ที่ทำหน้าที่ฟอกอากาศภายใน และภายนอกอาคาร ประหยัดน้ำ และง่ายต่อการดูแล อีกทั้งยังสามารถ ฟอกอากาศและบำบัดสารพิษได้

### ฟังก์ชันการใช้งาน

กล่องกระดาศิขุเซรามิกตกแต่งด้วยลวดลายสไตล์ล้านนา พร้อมเซรามิกกูรูพรุนที่ช่วยให้การดูแล การให้น้ำแก่พืชง่ายมากยิ่งขึ้น ด้วยลวดลายที่สวยงามที่จะสามารถใช้ในการประดับตกแต่งให้กับส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่ได้ไม่ว่าจะเป็นในห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องนอน ทางเดินเชื่อม ทั้งภายใน และนอกอาคารได้อย่างลงตัว เพิ่มพื้นที่สีเขียวและทัศนียภาพสีเขียว ให้ความผ่อนคลายลงตัว และดูแลง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องน้ำ หากเลือกปลูกพืชบำบัดสารพิษ เช่น พลูด่างจะสามารถช่วยบำบัดสารพิษที่เป็นอันตราย ช่วยฟอกอากาศในห้องน้ำได้เป็นอย่างดี

## กระบอกให้น้ำเซรามิกกรุพูน



ภาพ 4.68 ตัวอย่างกระบอกให้น้ำหัวเซรามิกกรุพูน รูปทรงพญานาค

### แนวคิด

เพื่อลดการสิ้นเปลืองน้ำและเพิ่มการประหยัดน้ำในการให้น้ำแก่ เพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในอาคารที่ให้ความสวยงามประดับตกแต่ง และง่ายต่อการใช้สอยด้วยหัวให้น้ำเซรามิกกรุพูน



ภาพ 4.69 ตัวอย่างการใช้งานกระบอกให้น้ำหัวเซรามิกกรุพูน รูปพญานาค

### ฟังก์ชันการใช้งาน

หัวให้น้ำเซรามิกสามารถใช้ในการประดับตกแต่ง และประหยัดการใช้น้ำทั้งภายใน และนอกอาคารได้ด้วยหัวให้น้ำเซรามิกกรุพูนที่ชะลอการให้น้ำแก่พืช เดิมความชื้นให้กับดินหรือวัสดุปลูกทดแทนดินได้อย่างเหมาะสม และไม่สิ้นเปลืองน้ำ

ตาราง 4.26 การประเมินราคาค้นทุนเซรามิก

| ลำดับ | รูปแบบ                                                                                                                     | ประเมินราคาค้นทุนชิ้นงาน                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                    | สรุปราคา |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|       |                                                                                                                            | ตัวขึ้นเซรามิก                                                                                                                                                                  | วัสดุตกแต่ง                                                                                                                                                        |          |
| 1     | <p>โคมไฟแขวนเซรามิกสไตล์ล้านนา</p>        | <p>1. แร่ดินขาว<br/>2. แร่ดินดำพะเยา<br/>3. วัสดุเคลือบจากแร่ธรรมชาติ เช่น แร่เฟลสปาร์, ควอตซ์, ทัลคัม และเหล็ก เป็นต้น<br/>ราคา 1,100 บาท<br/>(ราคาหลังปรับขนาดและแบบแล้ว)</p> | <p>1. หลอดไฟลำโพงบลูทูธ 200 บาท<br/>2. สายไฟพร้อมสวิตช์ 70 บาท<br/>3. ชุดสลิงแขวนโคมไฟ 190 บาท<br/>4. อโรม่า 200 บาท<br/>5. แท่งให้น้ำเซรามิกและระบบน้ำ 20 บาท</p> | 1680 บาท |
| 2     | <p>โคมไฟตั้งโต๊ะเซรามิกสไตล์ล้านนา</p>  | <p>1. แร่ดินขาว<br/>2. แร่ดินดำพะเยา<br/>3. วัสดุเคลือบจากแร่ธรรมชาติ เช่น แร่เฟลสปาร์, ควอตซ์, ทัลคัม และเหล็ก เป็นต้น<br/>ราคา 1500 บาท<br/>(ราคาหลังปรับแบบแล้ว)</p>         | <p>1. หลอดไฟลำโพงบลูทูธ 200 บาท<br/>2. สายไฟพร้อมสวิตช์ 70 บาท<br/>3. อโรม่า 200 บาท<br/>4. แท่งให้น้ำเซรามิกและระบบน้ำ 20 บาท</p>                                 | 1990 บาท |
| 3     | <p>กระถางต้นไม้เซรามิก</p>              | <p>1. แร่ดินขาว<br/>2. แร่ดินดำพะเยา<br/>3. วัสดุเคลือบจากแร่ธรรมชาติ เช่น แร่เฟลสปาร์, ควอตซ์, ทัลคัม และเหล็ก เป็นต้น<br/>ราคา 150 บาท</p>                                    | <p>1. แท่งให้น้ำเซรามิกและระบบน้ำ 20 บาท</p>                                                                                                                       | 170 บาท  |

| ลำดับ | รูปแบบ                                                                                                                        | ประเมินราคาต้นทุนชิ้นงาน                                                                                                                          |                                           | สรุปราคา    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
|       |                                                                                                                               | ตัวขึ้นเซรามิก                                                                                                                                    | วัสดุตกแต่ง                               |             |
| 4     | หัวให้น้ำเซรามิกรูปพรุน รูปทรง<br>พญานาค<br> | 1. แร่ดินขาว<br>2. แร่ดินดำพะเยา<br>3. วัสดุเคลือบ จาก<br>แร่ธรรมชาติ เช่น แร่<br>เฟลสปาร์, ควอตซ์,<br>ทัลคัม และเหล็ก<br>เป็นต้น<br>ราคา 80 บาท  | 1. แต่งให้น้ำเซรามิก<br>และระบบน้ำ 20 บาท | 100 บาท     |
| 5     | กล่องทึบเซรามิก<br>                         | 1. แร่ดินขาว<br>2. แร่ดินดำพะเยา<br>3. วัสดุเคลือบ จาก<br>แร่ธรรมชาติ เช่น แร่<br>เฟลสปาร์, ควอตซ์,<br>ทัลคัม และเหล็ก<br>เป็นต้น<br>ราคา 800 บาท | 1. แต่งให้น้ำเซรามิก<br>และระบบน้ำ 20 บาท | 820 บาท     |
| 6     | หัวให้น้ำทรงกระบอกใหญ่<br>                 | ราคา 15 บาท                                                                                                                                       |                                           | ราคา 15 บาท |
| 7     | หัวให้น้ำทรงกระบอกเล็ก<br>                 | ราคา 12 บาท                                                                                                                                       |                                           | ราคา 12 บาท |
| 8     | หัวให้น้ำทรงกรวย<br>                       | ราคา 15 บาท                                                                                                                                       |                                           | ราคา 15 บาท |
| 9     | หัวให้น้ำเซรามิกเคลือบ2ชั้น<br>            | ราคา 12 บาท                                                                                                                                       |                                           | ราคา 12 บาท |

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

## บทที่ 5

### สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินการวิจัยโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนให้น้ำแก๊สพืชระดับเชิงพาณิชย์ ดำเนินการตามขอบเขตงานวิจัยที่กำหนดไว้ดังนี้

5.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก๊สพืชระดับ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

5.1.1 ด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูน

5.2 ออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก๊สพืช โดยการนำไปใช้กับกระถางหรือแจกันหรืออุปกรณ์ปลูกพืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

5.2.1 ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

5.3 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ วางแผนธุรกิจและการตลาด



## 5.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกปูพื้นเพื่อการให้น้ำพืชระดับ

### 5.1.1 ด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกปูพื้น

#### 1. คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพของดิน

จากผลการรวบรวมและทดสอบวัสดุ ซึ่งผู้วิจัยได้นำดินทั้ง 4 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาโดยทดสอบลักษณะพื้นผิว, ปริมาตร และความหนาแน่น พบว่าดินที่มีค่าพื้นผิวมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม และมีค่าพื้นผิวน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลือง ดินที่มีปริมาตรมากที่สุด คือ ดินผสมถ่านเดิม และมีปริมาตรน้อยที่สุด คือ ดินเซรามิก ดินที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ ดินดำพะเยา และมีความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ ดินผสมดินเหลืองและดินเซรามิก

การหัดตัวของแท่งทดสอบหลังการเผา พบว่า ดินดำพะเยามีการหัดตัวร้อยละ 7.3 ดินดำผสมดินเหลืองมีการหัดตัวร้อยละ 9.5 ดินเซรามิกมีการหัดตัวร้อยละ 6.8 และดินผสมถ่านเดิมมีการหัดตัวร้อยละ 7

การอุ้มน้ำของแท่งทดสอบ พบว่า ดินดำพะเยามีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 17.56 ดินดำผสมดินเหลืองมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 26.92 ดินเซรามิกมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 26.92 และดินผสมถ่านเดิมมีค่าร้อยละของการอุ้มน้ำ 32.43

ความสามารถในการรับน้ำหนักแท่งทดสอบ พบว่า ดินดำพะเยามีความสามารถในการรับน้ำหนัก 15,005 กรัม ดินผสมดินเหลืองมีความสามารถในการรับน้ำหนัก 3,155 กรัม ดินเซรามิกมีความสามารถในการรับน้ำหนัก 2,072 กรัม และดินผสมถ่านเดิมมีความสามารถในการรับน้ำหนัก 6,486 กรัม

## 5.2 การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืช โดยการนำไปใช้กับกระถาง หรือแจกัน หรืออุปกรณ์ปลูกพืชเพื่อการประดับในสถานที่ต่าง ๆ

### 5.2.1 ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

จากผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกปูพื้นให้น้ำแก่พืชระดับเชิงพาณิชย์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกปูพื้น และการออกแบบเพื่อดำเนินการทางด้านเอกสารส่งให้แก่กรมทรัพย์สินทางปัญญาต่อไป

## 5.3 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ วางแผนธุรกิจและการตลาด

จากผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกปูพื้นให้น้ำแก่พืชระดับเชิงพาณิชย์ผู้วิจัยได้ดำเนินการวางแผนวางแผนธุรกิจและการตลาดเพื่อดำเนินธุรกิจผลิตภัณฑ์เซรามิกปูพื้นพร้อมผลิตเพื่อการจำหน่ายในปี 2563 ให้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ประกอบการและชุมชนต่อไป

### 5.3.1 แผนธุรกิจผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนให้น้ำแก่พืชระดับเชิงพาณิชย์

#### 1. สินค้า (Product)

- 1.1 เซรามิกกรุพูนให้น้ำแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูกพืช
- 1.2 ผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนแบบใส่ขวดบรรจุน้ำ
- 1.3 ชุดข้อต่อเซรามิกกรุพูน
- 1.4 คอมไฟต์เตอร์เซรามิกสไตลล์ล้านนา
- 1.5 คอมไฟแวนเซรามิกสไตลล์ล้านนาไหล
- 1.6 ชุดคอมไฟสวณลอยเซรามิกโรม่า สไตลล์ล้านนา
- 1.7 ชุดสวณเซรามิกโรม่า สไตลล์ล้านนา

#### 2. กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย

##### 2.1 กลุ่มลูกค้าหลัก

- กลุ่มลูกค้าโรงแรมระดับ 4-5 ดาว ที่ส่งเสริมสิ่งแวดล้อมใช้เป็นองค์ประกอบของการใช้ประโยชน์ในที่พักและการตกแต่งในโรงแรม โดยใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกจากเอือนปฎิมา เช่น โรงแรมเดอะ Regend โรงแรมเลอเมอร์เดียน จังหวัดเชียงราย
- กลุ่มลูกค้าอาศัยอยู่ในเมืองและมีพื้นที่ใช้สอยค่อนข้างแคบเช่น ลูกค้าที่อาศัยอยู่ในคอนโด บริษัทรับตกแต่งภายใน
- กลุ่มลูกค้าที่เป็นเกษตรกร
- กลุ่มลูกค้าที่เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายน้ำดื่มเพื่อเป็นของแถม

##### 2.2 กลุ่มลูกค้ารอง

- ผู้สั่งซื้อโดยช่องทางการจัดจำหน่ายใน Website

#### 3. แหล่งวัตถุดิบ

บริษัทจะจัดซื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกจากผู้ประกอบการเอือนปฎิมาเซรามิก เลขที่ 66 หมู่ที่ 10 ต.แม่ปืม อ.เมือง จ.พะเยา ซึ่งเป็นแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกให้แก่ทางบริษัท

#### 4. เป้าหมายการดำเนินงาน (Goals)

##### 4.1 ระยะสั้น (ระยะเวลา 1-3 ปี)

- สร้างแบรนด์ ให้เป็นที่รู้จักในประเทศกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

- สร้างยอดขายและส่วนแบ่งทางการตลาดในประเทศกลุ่มเป้าหมายให้ได้ตามเป้าที่กำหนดไว้

## 4.2 ประเมินการยอดขาย

ตาราง 5.1 การประมาณการยอดขาย

| สินค้า                                             | ราคาขาย<br>(บาทต่อชิ้น) | ยอดขาย(ชิ้น<br>ต่อปี) | ยอดขาย<br>(บาทต่อปี) |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| เซรามิกกรุพูนให้น้ำแบบต่าง ๆ<br>ที่ใช้ในการปลูกพืช | 10                      | 10,000                | 100,000              |
| ผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนแบบใส่ขวด<br>บรรจุน้ำ        | 15                      | 15,000                | 225,000              |
| ชุดข้อต่อเซรามิกกรุพูน                             | 7                       | 30,000                | 210,000              |
| โคมไฟตั้งโต๊ะเซรามิก สไตล์ล้านนา                   | 1500                    | 1,000                 | 1,500,000            |
| โคมไฟแขวนเซรามิก สไตล์ล้านนา<br>ไทลื้อ             | 2500                    | 1,000                 | 2,500,000            |
| ชุดโคมไฟสวนลอยเซรามิกโรม่า<br>สไตล์ล้านนา          | 4500                    | 500                   | 2,250,000            |
| ชุดสวนเซรามิกโรม่า สไตล์ล้านนา                     | 4500                    | 500                   | 2,250,000            |
| ยอดรวมปีที่ 1                                      |                         | 58,000                | 9,035,000            |

\*ราคาและรายได้ข้างต้นเป็นการประมาณการเท่านั้น

## 4.3 ระยะยาว (ระยะเวลา 3-5 ปี)

1. เพิ่มยอดขายและส่วนแบ่งทางการตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์
2. สร้างภาพลักษณ์ของตราสินค้าที่ดีและมีคุณค่าที่ส่งออก
3. เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์สินค้าไทยอย่างยั่งยืน
4. สร้างความจงรักภักดีและความเชื่อมั่นต่อตราสินค้าของบริษัท

## 5. ลักษณะธุรกิจ

ทำการจดทะเบียนในรูปของบริษัทจำกัด ลักษณะธุรกิจเป็นการซื้อมา-ขายไปตามคำสั่งซื้อ  
ผลิตภัณฑ์เซรามิก

## 6. การประเมินสถานการณ์บริษัท

### การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (SWOT Analysis)

#### จุดแข็ง

- มีแหล่งผลิตสินค้าราคาถูกจากโรงงานที่มีความสัมพันธ์อันดีต่อกันและเป็นแหล่งกระจายรายได้ให้แก่ชุมชนชาวบ้านในพื้นที่จังหวัดพะเยา
- มีความรู้ความเข้าใจในตัวผลิตภัณฑ์และมีการศึกษาวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้เข้ากับยุคสมัยและเทคโนโลยีที่พัฒนาตลอดเวลา

#### จุดอ่อน

- เป็นบริษัทใหม่จึงขาดความน่าเชื่อถือ
- เงินทุนน้อย
- ความชำนาญในการทำธุรกิจ

#### โอกาส

- สินค้าเป็นผลงานที่เกิดจากงานฝีมือเป็นที่ต้องการมากในตลาด
- ผู้ประกอบการในประเทศมีมากกว่ากำลังซื้อในประเทศจึงสามารถใช้ประโยชน์จากการซื้อสินค้าในประเทศ
- รัฐบาลให้การสนับสนุนผู้ประกอบการรายใหม่ธุรกิจ SME

#### อุปสรรค

- การหาบริษัทคู่ค้า
- เงินทุนหมุนเวียนไม่เพียงพอ

## 7. โครงสร้างองค์กร

เนื่องจากเป็นองค์กรขนาดเล็ก จึงมีผู้บริหารหลักเพียงคนเดียวองค์กรจะประกอบไปด้วย

|                  |      |
|------------------|------|
| ผู้จัดการ        | 1 คน |
| ฝ่ายจัดซื้อ      | 1 คน |
| ฝ่ายบัญชีการเงิน | 1 คน |
| ฝ่ายการตลาด      | 1 คน |
| ฝ่ายขาย          | 2 คน |

## 7.1 หน้าที่และความรับผิดชอบของบุคลากร

1. ประธานบริษัทและผู้จัดการ มีหน้าที่บริหารจัดการ ดูแลและตรวจสอบเอกสารที่เข้าหรือออกจดหมาย และรายงานต่าง ๆ รวมไปถึงการจัดการองค์กรให้เป็นระบบพร้อมทั้งหาแนวทางการบริหารจัดการและพัฒนาองค์กรให้ไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้
2. ฝ่ายจัดซื้อ มีหน้าที่สำรวจของที่ให้ตรงความต้องการของลูกค้า สำรวจ เปรียบเทียบราคาสินค้า และดำเนินการสั่งซื้อสินค้าในราคาที่เหมาะสมที่สุด
3. ฝ่ายบัญชีและการเงิน มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำบัญชีต่าง ๆ ตรวจสอบการเบิกจ่ายเงิน รวบรวมข้อมูล การเงินและบัญชี วิเคราะห์ฐานะการเงิน ทำรายงานฐานะทางการเงินของบริษัท และจัดทำบัญชีถือจ่าย เงินเดือนและค่าจ้างของพนักงาน รวมถึงการจัดการทางด้านค่าใช้จ่ายภายในองค์กร และตรวจสอบงบดุลขององค์กรพร้อมทั้งรายงานให้แก่ประธานบริษัทได้รับทราบ
4. ฝ่ายการตลาด มีหน้าที่วางแผนทางการตลาด สามารถวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางการตลาดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ พร้อมทั้งมีหน้าที่หาแนวทางการตลาดที่เข้าถึงกลุ่มลูกค้าในกลุ่มใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้ในการตลาดของบริษัทประสบความสำเร็จ
5. ฝ่ายขาย มีหน้าที่นำเสนอสินค้า ช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาให้กับลูกค้า รวมไปถึงการปิดการขายเพื่อทำยอดขายได้ตามเป้าหมายที่บริษัทกำหนดให้ โดยแบ่งหน้าที่ของพนักงานฝ่ายขายแต่ละคนออกไปตามภูมิภาค โดยเริ่มต้นจากประเทศที่กำหนดในเป้าหมายระยะสั้นก่อน แล้วจึงค่อยขยายตลาดไปยังประเทศอื่น ๆ

## บรรณานุกรม

- Pongpattanasiri S. Developments of subsurface irrigation system using porous ceramics for minimum irrigation. Proceeding of 32 th Congress on Science and Technology, Bangkok,Thailand, 2006.
- Pongpattanasiri S and Sathit Cheenasron. Plant Productions using the Subsoil - surfaceMicro Irrigation System. CDAST 2008 International Conference. Phitsanulok: Grand Riverside Hotel, 2008.
- สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวรรณ เชื้อนปัญญา และมานพ จันทรรณ.(2551)ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยเซรามิกูพรุนเพื่อการใช้ น้ำแบบประหยัด.ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 7. 12-14 มีนาคม 2551.
- สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสาธิต จินะสอน.ระบบการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินเฝารูพรุนในพื้นที่ดินทับถมจากแผ่นดินถล่ม.ในวารสารการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 4 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และวิมลรัตน์ บุตรดาสุข.การประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อปลูกผักสวนครัวในกระถางปลูกแบบประหยัดน้ำ.ในรายงานการประชุมวิชาการ พืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 7 26-30 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอัมรินทร์ลากูน พิษณุโลก.
- สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และสาธิต จินะสอน.Plant productions using the subsoil-surface micro irrigation system.หน้า327-334.ในรายงานการประชุมวิชาการนานาชาติ ประจำปี 2551.
- สาธิต จินะสอน, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ.การปลูกพืชด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกูพรุน.หน้า134-143ในวารสารการประชุมวิชาการ ครั้งที่47 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2552.
- สาธิต จินะสอน, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ, ชูจิ ชูกิ, ปถวี ปิมา และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ.(2552)การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกูพรุนเพื่ออุตสาหกรรม. หน้า 19 .ในรายงานการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9-10 มีนาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา.
- สาธิต จินะสอน และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2550. นวัตกรรมปลูกไม้ดอกไม้ประดับโดยใช้วัสดุปลูก Geo – material. การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

สาธิต จินะสอน, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2551. ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่หลังประสบอุทกภัย. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนครสวรรค์ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พะเยา. พะเยา.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2544. การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกจุฬารุพเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. พิษณุโลก.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวัดน์ เชื้อนปัญญา และมานพ จันทรรณ, 2551. ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกจุฬารุพเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 7. สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์. กรุงเทพฯ.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, วลัยพร อรกิจ และสิริวัฒน์ บุญชัยศรี, 2551. การเลี้ยงพืชป่าในกระถางร่วมกับระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน กรณีศึกษาของหม้อข้าวหม้อแกงลิง. การประชุมทางวิชาการระดับชาติ การวิจัยพรรณพืชป่าไม้ของประเทศไทย ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และวิรัตน์ เสาธิตทอง, 2550. ระบบให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกจุฬารุพ. การประชุมวิชาการเกษตรนครสวรรค์ ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. พิษณุโลก.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, สุริยา อินอร และวิมลรัตน์ บุตรดาสุข, 2551. การศึกษาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ. งานวันเกษตรแห่งชาติ 2551 เฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสมหามงคลเฉลิมพระชนพรรษา 80 พรรษา. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. พิษณุโลก.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และวิรัตน์ เสาธิตทอง. 2551. ระบบให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาจุฬารุพ. การประชุมวิชาการเกษตรนครสวรรค์ ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก, 20-21 มิถุนายน, 2550.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวัดน์ เชื้อนปัญญา และมานพ จันทรรณ. 2551. ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาจุฬารุพ เพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 7, สถาบันวิจัย จุฬาภรณ์, กรุงเทพฯ, 012-140 มีนาคม, 2551. นครสวรรค์ พะเยา. พะเยา

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. (2544). การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาจุฬารุพเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. พิษณุโลก

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวัดน์ เชื้อนปัญญา และมานพ จันทรรณ. (2551). ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาจุฬารุพเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 7. สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์. กรุงเทพฯ

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, วลัยพร อรกิจ และสิริวัฒน์ บุญชัยศรี. (2551). การเลี้ยงพืชป่าในกระถางร่วมกับระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน กรณีศึกษาของหม้อข้าวหม้อแกงลิง. การประชุมทางวิชาการระดับชาติ การวิจัยพรรณพืชป่าไม้ของประเทศไทย ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และวิรัตน์ เสารางทอง. (2550). ระบบให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูปท่อน. การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และวิมลรัตน์ บุตรดาชุย. (2551). การประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อปลูกผักสวนครัวในกระถางปลูกแบบประหยัดน้ำ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 7. พิษณุโลก

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, สุรียา อินอร และวิมลรัตน์ บุตรดาชุย. (2551). การศึกษาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ. งานวันเกษตรแห่งชาติ 2551 เฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสสมหามงคลเฉลิมพระชนพรรษา 80 พรรษา. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ .การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิก เพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด .  
วิทยานิพนธ์วท.ม.พิษณุโลก :มหาวิทยาลัยนเรศวร.2544 .

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวัฒน์ เชื้อนปัญญา และมานพ จันทรรณ .ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูปท่อน เพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด .การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 7  
สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, กรุงเทพฯ, 12 – 14มีนาคม, 2551



**ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ**

| วัตถุประสงค์โครงการ                                                                                                                                                                                                                               | กิจกรรมที่วางแผน                                                                            | กิจกรรมที่ดำเนินการ                                                                                               | ผลที่ได้รับตลอดโครงการ                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. ปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์และการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก่พืชประดับ</p> <p>2. ออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืชโดยเซรามิกกรุพูนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์</p> <p>3. เพื่อการจดสิทธิบัตรและเชิงพาณิชย์</p> | - รวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาผลิตเป็นเซรามิกกรุพูนและคัดเลือกเพื่อการทดสอบระยะต่อไป | - ดำเนินการรวบรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาผลิตเป็นเซรามิกกรุพูนและคัดเลือกเพื่อการทดสอบเรียบร้อยแล้ว          | <p>1. ได้ดำเนินการผลการทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการประดิษฐ์ให้เหมาะสมแก่พืชประดับและการผลิตเซรามิกกรุพูนเพื่อการให้น้ำแก่พืชประดับ</p> <p>2. ได้ดำเนินการออกแบบและผลิตอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก่พืชโดยเซรามิกกรุพูนเพื่อการประดับอย่างมีมูลค่าเชิงพาณิชย์</p> <p>3. ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อการจดสิทธิบัตรและเชิงพาณิชย์</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                   | - การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ                                                        | - ดำเนินการการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเรียบร้อยแล้ว                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                   | - ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิก                        | - ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำของเซรามิกเรียบร้อยแล้ว                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                   | - ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพูนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด | - ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซรามิกกรุพูนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเรียบร้อยแล้ว |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| วัตถุประสงค์โครงการ | กิจกรรมที่วางแผน                                                      | กิจกรรมที่ดำเนินการ                                                                         | ผลที่ได้รับตลอดโครงการ |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                     | - การออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแกฟิช                | - ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแกฟิชเรียบร้อยแล้ว                   |                        |
|                     | - ประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา | - ดำเนินการประเมินรายละเอียดการผลิตและเทคนิคเพื่อการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาเรียบร้อยแล้ว |                        |
|                     | - การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการตลาด                                  | - ดำเนินการประเมินทางเศรษฐศาสตร์และการตลาดเรียบร้อยแล้ว                                     |                        |
|                     | - การส่งรายงานความก้าวหน้า และรายงานฉบับสมบูรณ์                       | - ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว                           |                        |

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกกรุพูนให้น้ำแก๊พื้ระดับเชิงพาณิชย์

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

| Output                                                                           |                 | ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่าน<br>ระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับ<br>แผน                                    | ผลสำเร็จ<br>(%) |                                                                                                                        |
| 1. สูตรส่วนผสมวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถนำมา<br>ผลิตเป็นเซรามิกกรุพูน             | 100%            |                                                                                                                        |
| 2. ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพการให้น้ำของ<br>เซรามิกและประสิทธิภาพการให้น้ำแก๊พื้ | 100%            |                                                                                                                        |
| 3. ข้อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์<br>กับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่ในตลาด   | 100%            |                                                                                                                        |
| 4. ต้นแบบอุปกรณ์บรรจุน้ำและให้น้ำแก๊พื้เพื่อ<br>การประดับ                        | 100%            |                                                                                                                        |
| 5. รายละเอียดและเทคนิคเพื่อการจด<br>ทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา                     | 50%             | - อยู่ระหว่างการดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อ<br>การจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา                                            |
| 6. คู่มือการใช้และการประชาสัมพันธ์                                               | 80%             | - อยู่ระหว่างการดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่ได้รับ<br>การศึกษาวิจัยแล้วเสร็จเพื่อออกแบบคู่มือใช้งาน<br>และการประชาสัมพันธ์ |
| 7. ออกแบบบรรจุภัณฑ์                                                              | 100%            |                                                                                                                        |
| 8. รายงาน                                                                        | 100%            |                                                                                                                        |

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

☒ ประชุม..... จำนวน ..... ครั้ง

☒ .....

☐ .....

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่.....