



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำนายอุณหภูมิและความชื้นของดินดินเมื่อมีและไม่มีวัสดุคลุมดิน  
สำหรับการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์

The Predicting Of Soil Moisture And Temperature With And  
Without Mulching For Growing Lime IN Cement Pond

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้  
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 71/2560

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้เพราะได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ได้แก่ นายธวัชชัย กลิ่นหอม เกษตรกรรายย่อย สวนภูมะนาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผู้ช่วยวิจัย นิสิตที่ทำปัญหาพิเศษ วิทยานิพนธ์ และดุขุภินิพนธ์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา รวมทั้งทุกท่านที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

## Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 71/2017)

## บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยเชิงทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของดินเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินสีดำที่เกษตรกรนิยมใช้ภายในวงบ่อซีเมนต์ ที่สวนมะนาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยการทดลองจะใช้วงบ่อซีเมนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตรและมีการปิดที่ก้นวงบ่อด้วยฝารองบ่อ ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกอยู่ระหว่าง 25.0 – 41.0 °C และ 25.0 - 43.5 °C และอุณหภูมิดินเฉลี่ยเมื่อมีพลาสติกคลุมดินที่ระดับผิวดินสูงกว่าเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินประมาณ 5-6 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13.00 น. – 18.00 น.และมีค่าใกล้เคียงกันที่ระดับลึก 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร และความชื้นดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกประมาณ 0.5 – 2 % โดยปริมาตร การเปลี่ยนแปลงความชื้นดินจะเกิดขึ้นอย่างชัดเจนที่ระดับผิวดิน โดยความชื้นดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะลดลงมากกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดินแต่ความชื้นดินที่ระดับความลึกต่ำลงไปไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งสองวงบ่อ

**คำสำคัญ :** อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน วงบ่อซีเมนต์ การคลุมดิน พลาสติกสีดำ

## ABSTRACT

This experimental research aimed to study changes in soil temperature and moisture content in concrete pipes with and without widely used black polyethylene mulching at a lime orchard in Si Racha District, Chonburi. The two concrete pipes, with bottom covers, in this experiment were 80 cm in diameter and 40 cm in height. The study revealed average soil temperatures between 25.0 – 41.0 °C and 25.0 - 43.5 °C at all soil layers, with and without polyethylene mulching. The average soil temperature at soil surface in the container without polyethylene mulching was found to be 5-6 °C higher than in the one with polyethylene mulching between 1.00-6.00 pm, and was found to be little different at the depths of 10 cm, 20 cm, 30 cm, and 40 cm. The moisture content in the container with mulching was found to be higher than the one without mulching at all soil layers, averaging 0.5-2%. Changes in moisture content were found to be obvious at soil surface where moisture content in the container without polyethylene mulching was lower than in the one with mulching, but no changes in moisture content at deeper layers in both container was found .

Keywords: soil temperature, moisture content, concrete pipes, mulching, black polyethylene Abstract

**Keywords:** soil temperature, moisture content, concrete pipe, mulching, black polyethylene.

## สารบัญ

|                                          | หน้า |
|------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ                                 | ข    |
| สารบัญตาราง                              | จ    |
| สารบัญภาพ                                | ฉ    |
| <br>                                     |      |
| 1. บทนำ                                  | 1    |
| 1.1 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง          | 1    |
| 1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา            | 3    |
| 1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย        | 4    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ            | 4    |
| 2. รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย | 5    |
| 2.1 วิธีดำเนินการวิจัย                   | 5    |
| 2.2 ผลการวิจัย                           | 8    |
| 3. อภิปรายผลการวิจัย                     | 30   |
| 4. สรุปและข้อเสนอแนะ                     | 31   |
| 5. ผลผลิต                                | 31   |
| 6. ส่วนประกอบตอนท้าย                     | 32   |
| รายงานสรุปการเงิน                        | 33   |
| บรรณานุกรม                               | 34   |
| ภาคผนวก                                  | 36   |
| ประวัติผู้วิจัย                          | 57   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                    | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      สมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้น<br>ของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ในช่วงกลางวัน | 28   |
| 2      สมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้น<br>ของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ในช่วงกลางคืน | 29   |
| ก.1    ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                                                                            | 38   |
| ก.2    ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                                           | 39   |
| ก.3    ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                                           | 40   |
| ข.1    ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                                                          | 42   |
| ข.2    ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                         | 43   |
| ข.3    ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                                                                        | 44   |
| ค.1    ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                                                       | 46   |
| ค.2    ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                      | 47   |
| ค.3    ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                                                                     | 48   |
| ง.1    อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                                                              | 50   |
| ง.2    อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                             | 51   |
| ง.3    อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                                                                            | 52   |
| จ.1    อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                                                           | 54   |
| จ.2    อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                                                          | 55   |
| จ.3    อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                                                                         | 56   |

## สารบัญรูป

| รูปที่                                                                                                          | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 การติดตั้งเครื่องมือสภาพอากาศแวดล้อม เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์                                                | 5    |
| 2 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน                                    | 6    |
| 3 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน                                       | 7    |
| 4 วงบ่อซีเมนต์เมื่อพลาสติกคลุมดิน และเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน                                                   | 7    |
| 5 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน<br>วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                                 | 10   |
| 6 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน<br>วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                                | 11   |
| 7 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน<br>วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                               | 12   |
| 8 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน<br>วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559                              | 15   |
| 9 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน<br>วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559                             | 16   |
| 10 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน<br>วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559                           | 17   |
| 11 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559   | 19   |
| 12 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559  | 20   |
| 13 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 | 21   |
| 14 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559   | 22   |
| 15 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559  | 23   |
| 16 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและ<br>ไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 | 24   |
| 17 อุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน<br>ในช่วงกลางวัน                        | 26   |
| 18 อุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน<br>ในช่วงกลางคืน                        | 27   |

## 1. บทนำ

### 1.1 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จริยา ชูเอกวงศ์ (2552) กล่าวว่า พลาสติกที่นิยมส่งเสริมให้ใช้ในรูปแบบพลาสติกคลุมดินนั้นมี 2 ประเภท คือ โพลีเอทิลีน (PE) และพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) โพลีเอทิลีน สามารถแบ่งย่อยเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ซึ่งพลาสติกชนิดความหนาแน่นต่ำชนิดนี้มีความหนาแน่นระหว่าง 0.92 ถึง 0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความยืดหยุ่นและความเหนียวมากกว่าชนิดความหนาแน่นสูง ปกติใช้ทำขวดและภาชนะต่าง ๆ ตามแปลงทาสี และทำเป็นแผ่นสำหรับใช้ในงานบรรจุภัณฑ์และพลาสติกชนิดความหนาแน่นสูงชนิดนี้ มีความหนาแน่นระหว่าง 0.95 ถึง 0.96 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแข็งแรงและแข็งกว่าชนิดความหนาแน่นต่ำ แต่มีความต้านทานต่อแรงกระแทกได้ต่ำกว่า ปกติใช้ทำเป็นฉนวนหุ้มสายลึงบรรจุเครื่องดื่ม ของเล่นและทำเป็นแผ่นสำหรับปูพื้นอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันการซึมของน้ำ

ปองพล รักษาราน (2549) ศึกษาสมบัติการส่งผ่านของวัสดุคลุมโรงเรือนประเภทตาข่ายพรางแสง และมุ้งกันแมลง ในงานวิจัยใช้ข้อมูลขนาด 50× 50 เซนติเมตร ยาว 6 เมตร ใช้พัดลมดูดอากาศเข้าทำการวัดความเร็วลมและความดันตกคร่อมของวัสดุคลุมโรงเรือนคือ ตาข่ายพรางแสง 50, 60, 70, และ 80 เปอร์เซนต์ มุ้งกันแมลง 20, 32 และ 40 mesh จากการศึกษาพบว่า ตาข่ายพรางแสงที่มีคุณสมบัติพรางแสงมาก และ มุ้งกันแมลงที่มีความถี่ของตาข่ายสูง จะมีค่าความดันตกคร่อมสูงเมื่อแปรผันตามความเร็วลมที่สูงและเพื่อเป็นการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศ วิธีคำนวณพลศาสตร์ของไหลโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้ถูกนำมาใช้ทำนายคุณลักษณะการไหลของอากาศผ่านวัสดุคลุมโรงเรือน และนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ผลการคำนวณพลศาสตร์ของไหลโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ ส่วนการทดลองสมบัติการส่งผ่านของแสงอาทิตย์ โดยสร้างแท่นทดสอบที่สามารถปรับตามแนวของแสงอาทิตย์ได้ และใช้ไพราโนมิเตอร์ครอบด้วยท่อพีวีซี ที่ทาสีดำ วัดตามมุม 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 องศา โดยพบว่า ตาข่ายพรางแสงที่มีเปอร์เซ็นต์การพรางแสงมากขึ้นก็จะสามารถพรางแสงได้ลดลงต่างกัน ทำให้ตาข่ายพรางแสงที่มีเปอร์เซ็นต์การพรางแสงมากขึ้น จะมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านน้อยลงและแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านผิววัสดุคลุมโรงเรือนจะแปรผกผันกับมุมที่ตกกระทบฉะนั้นจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของลมและแสง ผ่านวัสดุคลุมโรงเรือน ก็จะได้ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อ อิทธิพลและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งปัจจัยในการผลิตพืชผลทางการเกษตรและเกษตรกรสามารถเลือกใช้วัสดุคลุมโรงเรือนได้เหมาะสมกับพืช

สมบัติ เจริญพวงพานุกูล (2546) ศึกษาผลของการคลุมดินด้วยพลาสติกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ที่ผลิตบนดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2544 โดยมีสิ่งทดลอง 4 ชนิด คือ การไม่คลุมดิน, การคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำด้านบนมีสีเงิน, ซิลเวอร์โค้ตและไทเวค พบว่า การคลุมดินด้วยพลาสติกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ และการไม่คลุมดินจะให้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การคลุมดินด้วยพลาสติกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณผลผลิต ขนาดข้อผล ขนาดผล ปริมาณแอนโธไซยานิน และลดเปอร์เซ็นต์ total acidity (TA) เมื่อเทียบกับการไม่คลุมดิน ส่วนการคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำด้านบนมีสีเงินมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณผลผลิต ขนาดข้อผล และเพิ่มน้ำหนักผลได้สูงกว่าการคลุมดินด้วยซิลเวอร์โค้ตและไทเวค

อรรจนา ด้วงแพง และคณะ (2555) ทำการศึกษอิทธิพลของการคลุมพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับความลึก 30 เซนติเมตร ดำเนินการทดลอง

โดยทำแปลงทดลองขนาด  $1.2 \times 6$  เมตร จำนวน 4 แปลง ทำการทดลองดังนี้ แปลงที่ 1 ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน แปลงที่ 2 ไม่คลุมพลาสติกและปลูกข้าวโพดหวาน แปลงที่ 3 คลุมพลาสติกดำและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน และแปลงที่ 4 คลุมพลาสติกดำ และปลูกข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวาน เป็นพันธุ์ลูกผสม ไวท์สวีทเตอร์ 65 บันทึกข้อมูลอุณหภูมิดินที่ผิวดินและระดับความลึก 2.5, 5, 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ด้วย THERMOCOUPLE TYPE T ทุกวันวันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า เวลา 6.00 น. และ ช่วงบ่าย เวลา 15.00 น. ตั้งแต่เดือน มกราคม – มีนาคม 2552 ผลการศึกษาพบว่า ในตอนบ่าย อุณหภูมิดินของแปลงที่ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวานมีอุณหภูมิสูงถึง  $35-40^{\circ}\text{C}$  การคลุมพลาสติก ทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินและลึกลงไปจากผิวดินลดลง เช่นเดียวกันกับแปลงที่มีไม่คลุมพลาสติกแต่มีการปลูกข้าวโพดหวาน เมื่อต้นข้าวโพดหวานโตขึ้นและมีทรงพุ่มปกคลุมอยู่บนแปลงทำให้อุณหภูมิในแปลงลดลง การคลุมพลาสติกไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างจากการปลูกในแปลงที่ไม่คลุมพลาสติก แต่ทำให้ออกดอกเร็วขึ้น

อุษาดี ตันติวรานุรักษ์ , ศิริชัย เทพา, สุวิทย์ เตีย, และ ศักรินทร์ ภูมิรัตน์. (2548) ศึกษาการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ของโรงเรือนพืชแบบซาแรนในประเทศไทยโดยเน้นซาแรนสีดำที่มีค่าการพรายแสงขนาดต่างๆกัน 4 ขนาดที่มีขายอยู่ในประเทศไทย จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ภายในและภายนอกพบว่าซาแรนที่มีค่าการพรายแสง 50%, 60%, 70% และ 80% จะมีค่าการส่งผ่านของรังสีอาทิตย์ผ่านซาแรน 42%, 24%, 20% และ 10% ตามลำดับซึ่งค่าการส่งผ่านของรังสีอาทิตย์จะมีความสอดคล้องในระดับค่อนข้างดีกับค่าการพรายแสงของซาแรนในแต่ละค่า เนื่องจากค่า RMS DISCREPANCY มีค่าน้อยกว่า 1 สำหรับผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนพืชแบบซาแรนมีค่าการพรายแสง 50%, 60%, 70% และ 80% มีค่าประมาณ 1.80 , 2.19 , 2.71 และ 4.00 ตามลำดับ สรุปได้ว่าซาแรนที่มีค่าการพรายแสงต่างๆกันนี้จะมีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชแต่ละชนิด

อดิสร กระแสชัย (2535) พบว่า ประเทศในเขตร้อนบางครั้งมีความจำเป็นต้องใช้ระบบทำความร้อนให้กับโรงเรือน เช่นประเทศอินโดนีเซียมีพื้นที่ปลูกพืชบางแห่งที่มีความชื้นสูงมากตลอดเวลา พืชจะเจริญเติบโตได้ช้ามาก จึงมีการติดตั้งระบบให้ความร้อนเพื่อให้ความชื้นลดลง ส่วนในประเทศทางตะวันออกกลางได้มีการติดตั้งระบบลดความร้อนในโรงเรือนคือระบบ Pad and Fan System หรือ Water Cooling Evaporation System โดยมีหลักการที่สำคัญคือให้น้ำซึมผ่านวัสดุที่เปื่อยด้านหนึ่งส่วนด้วยตรงข้ามจะมีพัดลมดูดออกไปเมื่ออากาศร้อนผ่านวัสดุที่เปื่อยดังกล่าวก็จะทำให้อุณหภูมิลดลง

Ajay Kumar Singh and Shashi Kamal (2012) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำที่มีต่ออุณหภูมิและผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกกลางแจ้ง Garhwal Himalayas ผลการศึกษาพบว่า การคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น  $2.3-3.4^{\circ}\text{C}$  และทำให้ผลผลิตมะเขือเทศเพิ่มขึ้น 20.7-29.8%

Cohen และคณะ (1994) ได้พบว่าค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ (sun angle) และชนิดของโรงเรือนพืช (greenhouse type and shape)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้พลาสติกในการคลุมดินและคลุมโรงเรือน นั้นค่าคุณสมบัติทางแสง ได้แก่ ค่าการสะท้อนแสง (reflectance) ค่าการส่งผ่านแสง (transmittance) และค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิดถ้าเราทราบค่าเหล่านี้ก็จะจะเป็นประโยชน์ในการเลือกวัสดุ

ในการคลุมดินและคลุมโรงเรือนซึ่งก็มีความสัมพันธ์กับความชื้น อุณหภูมิ นำไปสู่การคายคายการเจริญเติบโต และผลผลิตได้

Díaz-Pérez and Dean Batal (2002) ได้ศึกษาเรื่องสีของพลาสติกคลุมดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและการได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณรากพืช โดยได้ทำการทดลองในบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบริเวณรากพืชในแต่ละวันจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล การคลุมด้วยพลาสติกจะทำให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ ( $1-5^{\circ}\text{C}$ ) ในตอนกลางวันอุณหภูมิบริเวณรากจะมีค่ามากที่สุดเมื่อคลุม ด้วยพลาสติกสีดำและจะมีค่าต่ำสุดเมื่อไม่คลุมดิน หรือคลุมด้วยพลาสติกสีขาว การคลุมดินด้วย พลาสติกสีดำหรือสีเทาจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันสูงขึ้นถึง  $4^{\circ}\text{C}$  เมื่อเทียบกับการไม่คลุมดิน อุณหภูมิของดินที่เพิ่มขึ้นนี้จะเกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสงของพลาสติกคลุม โดยพบว่าพลาสติกสี ดำ จะมีการสะท้อนแสงน้อยที่สุดในขณะที่พลาสติกสีเงินมีการสะท้อนแสงได้มากที่สุด

Geoola และคณะ (1994) ได้ศึกษาค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ที่ผ่านแผ่นพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุคลุมโรงเรือนพืชที่มีการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรกบนวัสดุ พบว่าถ้าไม่มีการทำความสะอาดวัสดุที่คลุมหลังคา ค่าการส่งผ่านจะน้อยลง จึงสรุปได้ว่าถ้ามีการทำความสะอาดตามช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ค่าการส่งผ่านของรังสีอาทิตย์ใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ทำหลังคาใหม่

Locher, Ombódi, Kassai, and Dimény (2005) ได้ทำ การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสีพลาสติก คลุมดินมีผลต่ออุณหภูมิและผลผลิตของพริกหยวก ที่ปลูกในบริเวณทางตอนเหนือของฮังการี ผลการศึกษาพบว่า พลาสติกคลุมดินที่มีสีอ่อน (ใส ม่วง และเขียวอ่อน) จะทำให้อุณหภูมิของดิน สูงขึ้น  $2.5-2.9^{\circ}\text{C}$  โดยเฉพาะ พลาสติกสีม่วงซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้อาจเป็นอันตรายต่อพืชได้ แต่ใน กรณีคลุมด้วยพลาสติกสีเข้ม (ดำ เขียวเข้ม แดง) จะทำให้อุณหภูมิดินเพิ่มขึ้น  $1.4-2.1^{\circ}\text{C}$

Miguel (1997) ได้ทำการศึกษพบว่า การปลูกพืชภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม เช่นการปลูกพืชในโรงเรือน จะสามารถลดปัญหา โรคและแมลงศัตรูพืชได้ และสามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีลงได้

## 1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีลักษณะภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรมในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน และการใช้พื้นที่ในการปลูกพืชภาคเกษตรกรรมในปัจจุบันนั้นมีลดน้อยลง เพราะประชากรที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการใช้พื้นที่ในภาคอื่น ๆ มากขึ้น เช่น ภาคที่อยู่อาศัย ภาคเกษตรกรรม เป็นต้น การปลูกพืชในภาชนะเพาะปลูกเป็นวิธีหนึ่งที่เกษตรกรในประเทศไทยกำลังนิยมใช้ ได้แก่ การปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์ เช่น ผัก มะนาว เป็นต้น และการปลูกพืชในกระถาง เช่น กล้วยน้ำว่า น้อยหน้า มะม่วง เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพืชสามารถเติบโตในภาชนะเพาะปลูกได้และอาจจะดีกว่าการปลูกพืชลงดิน เพราะการปลูกในภาชนะเพาะปลูกนั้น ดินที่ใช้ปลูกพืชสามารถทำให้มีความร่วนซุยและโปร่งได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อย ให้ผลผลิตเร็ว การดูแลรักษาด้านโรค แมลง วัชพืช และการห่อผลผลิตทำได้ง่าย สามารถบังคับออกดอกติดผลได้ สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งในภาชนะเพาะปลูก คืออุณหภูมิและความชื้นของดินอันเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชบางชนิดจะชอบอุณหภูมิและความชื้นของดินที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปพืชทั่วไปสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิของดิน  $25 - 35^{\circ}\text{C}$  ถ้าอุณหภูมิของดินต่ำกว่านี้จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ช้าลงและชะงักการเจริญเติบโต และถ้าอุณหภูมิของดินสูงกว่านี้จะทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชเสียหาย เช่น ทำให้ใบไหม้ และใบร่วงในที่สุด สำหรับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับพืชทั่วไปสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความชื้นของดินร้อยละ  $15 - 30$  โดยแนวคิดของเกษตรกรที่จะทำให้อุณหภูมิและความชื้นของดินอยู่ในช่วงและไม่สูงเกินไปคือการลดอุณหภูมิและการควบคุมความชื้นของดิน และเทคนิคการปลูกพืชแบบหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและ

ความชื้นของดินคือการคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดิน ได้แก่ พลาสติก เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในดินและควบคุมอุณหภูมิของดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช

ด้วยเหตุนี้ผู้ศึกษาต้องการศึกษาและเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีวัสดุคลุมดิน เพื่อทราบการกระจายของอุณหภูมิและความชื้นของดินในระดับความลึกต่าง ๆ ภายในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีวัสดุคลุมดิน และเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินทั้งมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเผยแพร่แก่เกษตรกรในการนำไปประยุกต์ต่อไป

### 1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน
2. เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะดินที่ใช้ปลูกพืชจากไร่ภูมะนาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในวงบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร
2. ผู้วิจัยทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองที่ไร่ภูมะนาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ระดับความลึก 0, 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร
3. ระยะเวลาในการทำวิจัยนี้ 1 ปี (1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 – 30 กันยายน พ.ศ. 2560)

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าอุณหภูมิและความชื้นของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์
2. เลือกใช้วงบ่อซีเมนต์ที่มีขนาดเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์เพื่อลดต้นทุนในการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์
3. ทำนายอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับการปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์ตามความต้องการของเกษตรกรในภาคตะวันออก
4. ทำให้มีข้อมูลและสามารถถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์แก่เกษตรกร นักเรียน นิสิต นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัยและผู้สนใจ

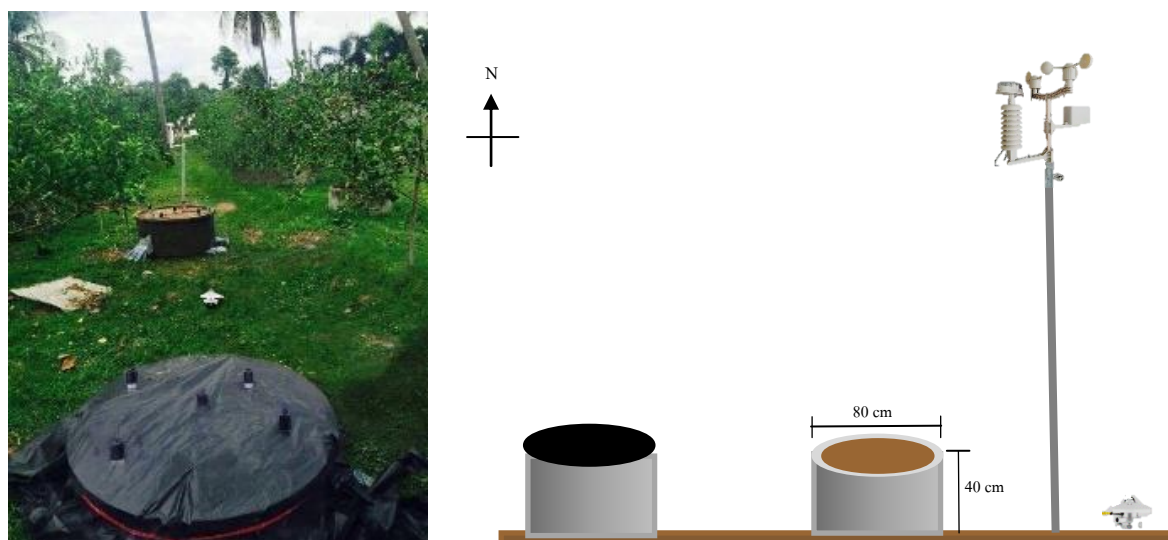
## 2. รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน จะดำเนินการศึกษาแบ่งเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1 การกระจายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน และตอนที่ 3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน โดยในแต่ละขั้นตอนดำเนินการดังนี้

#### 1. เครื่องมือสภาพอากาศแวดล้อม และเครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์

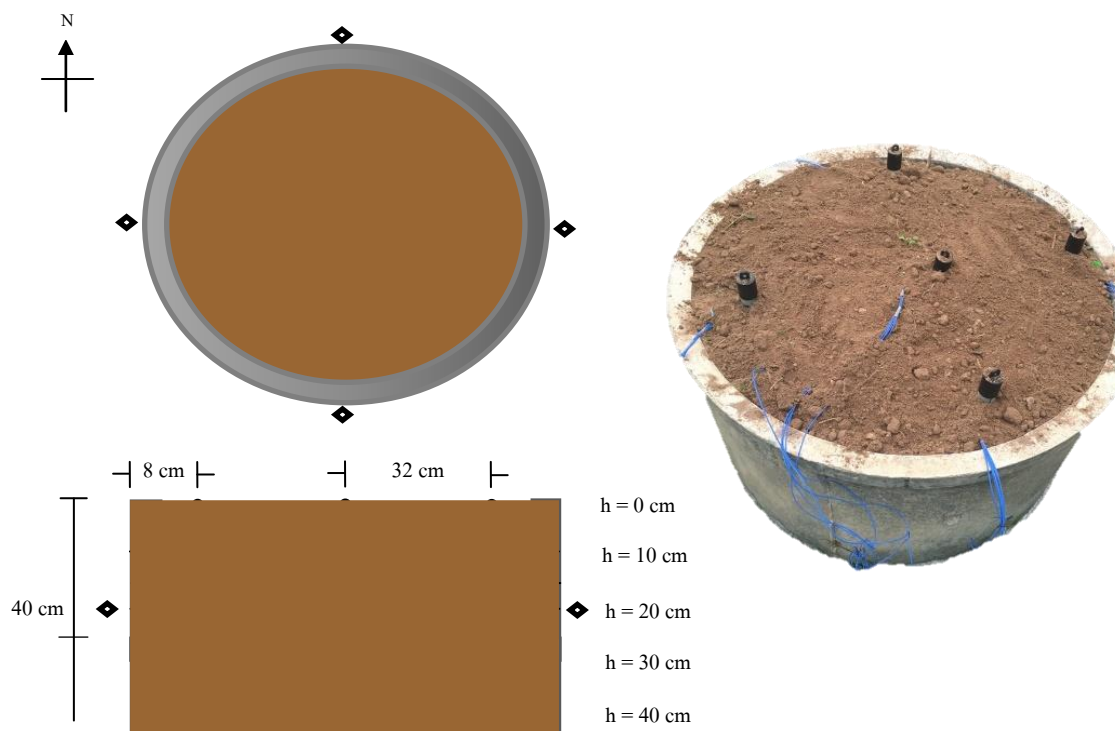
ติดตั้งเครื่องมือวัดสภาพอากาศแวดล้อมที่ระดับความสูงห่างจากพื้นดิน 2 เมตร และเครื่องมือวัดค่ารังสีอาทิตย์รวมแบบเคลื่อนย้ายได้ จะวางอยู่ที่พื้นดิน โดยเครื่องมือทั้งสองจะติดตั้งห่างจากบริเวณที่ทำการทดลอง 2 เมตร แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือสภาพอากาศแวดล้อม เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์

#### 2. เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในดิน

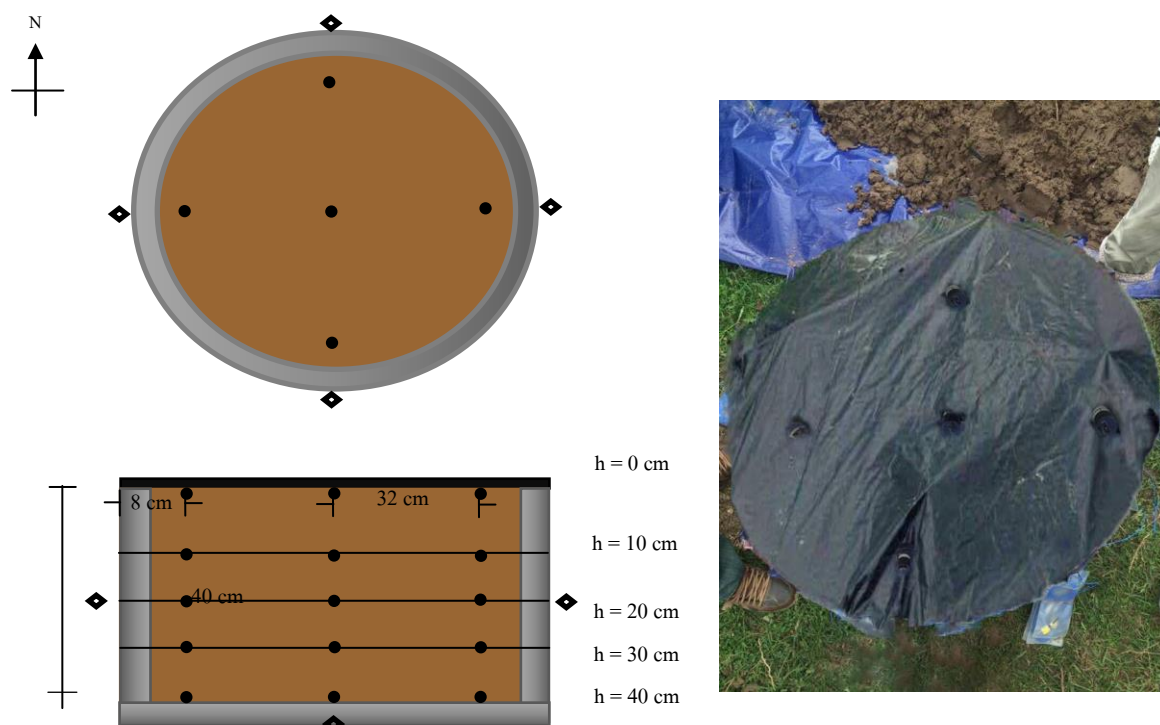
ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินที่อยู่ภายในวงบ่อซีเมนต์ที่มีและไม่มีพลาสติกคลุมดินโดยทำการเจาะช่องที่ฝาครอบเนื่องจากข้อจำกัดที่วงบ่อซีเมนต์มีความสูง 40 เซนติเมตร โดยแบ่งตามความสูงของวงบ่อซีเมนต์เป็น 5 ชั้น ชั้นละ 5 จุดเท่า ๆ กัน ได้แก่ ระดับความลึกผิวดิน ( $h=0$  cm) ระดับความลึกห่างจากผิวดิน 10 เซนติเมตร ( $h=10$  cm) ระดับความลึกห่างจากผิวดิน 20 เซนติเมตร ( $h=20$  cm) ระดับความลึกห่างจากผิวดิน 30 เซนติเมตร ( $h=30$  cm) ระดับความลึกห่างจากผิวดิน 40 เซนติเมตร ( $h=40$  cm) จำนวน 25 จุดในแต่ละวงบ่อซีเมนต์ โดยใช้เครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิดิน พร้อมสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K และเครื่องมือวัดความชื้นในดิน แสดงดังรูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินที่อยู่ภายในวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินและรูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินที่อยู่ภายในวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดิน



รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

3. ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินที่ผิวด้านข้างวงบ่อซีเมนต์ 4 จุดและที่ด้านล่างใต้ผาวงบ่อซีเมนต์ 1 จุด ทั้งสองวงบ่อและติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินที่พลาสติกคลุมดินจำนวน 2 จุด คือด้านนอกและด้านในพลาสติกคลุมดิน แสดงดังรูปที่ 3

4. การเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร และความสูง 40 เซนติเมตร จำนวน 2 วงบ่อ โดยวงบ่อที่ 1 มีการคลุมพลาสติกสีดำที่ใช้ในการเกษตรและวงบ่อที่ 2 ไม่มีการคลุมพลาสติกสีดำ แสดงดังรูปที่ 4 ในระดับความลึก 5 ระดับ คือ  $h=0$  cm  $h=10$  cm  $h=20$  cm  $h=30$  cm และ  $h=40$  cm โดยในแต่ละระดับทำการวัด 5 จุดคือ  $h_C$   $h_N$   $h_E$   $h_S$  และ  $h_W$  โดยทำการวัดและเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำการทดลอง 3 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ทำการทดลองในระหว่างวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 ครั้งที่ 2 ในระหว่างวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 และครั้งที่ 3 ในระหว่างวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 ที่ สวนภูมะนาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน

- **อุณหภูมิและความชื้นของดิน**
- ◆ **อุณหภูมิ**



(၇)



(၅)

รูปที่ 4 วงบ่อซีเมนต์เมื่อพลาสติกคลุมดิน และเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

(ก) วังบ่อซีเมนต์เมื่อพลาสติกคลุมดิน (ข) วังบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

## 2.2 ผลการวิจัย

### 2.2.1 การกระจายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวังบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

จากการศึกษาการกระจายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวังบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน แสดงข้อมูลรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศรายชั่วโมงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรายชั่วโมง ในภาคผนวก ก โดยสร้างความสัมพันธ์รังสีอาทิตย์และอุณหภูมิรายชั่วโมงตามรูปที่ 5 (ก) รูปที่ 6 (ก) และรูปที่ 7 (ก) โดยมีความสัมพันธ์อุณหภูมิอากาศรายชั่วโมงและความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมงตามรูปที่ 8 (ก) รูปที่ 9 (ก) และรูปที่ 10 (ก) โดยรังสีอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศรายชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูล ในการทดลอง 3 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 เวลา 06.00-05.00 น.ของวันถัดไป พบว่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงในช่วงกลางวันที่มีรังสีอาทิตย์ (06.00 น.-18.00 น.) มีค่าเป็น  $13130 \text{ W/m}^2$  ในช่วงกลางคืนที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ (19.00 น.-5.00 น.) ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงมีค่าเป็น  $0.40 \text{ m/s}$  อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $28.61^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $79.70 \text{ \%vol}$  ครั้งที่ 2 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 พบว่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงมีค่าเป็น  $148.70 \text{ W/m}^2$  ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงมีค่าเป็น  $0.60 \text{ m/s}$  อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $28.72^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $87.50 \text{ \%vol}$  ครั้งที่ 3 วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 พบว่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงมีค่าเป็น  $20120 \text{ W/m}^2$  ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงมีค่าเป็น  $0.21 \text{ m/s}$  อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $29.34^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง  $77.3 \text{ \%vol}$  โดยบางช่วงจะเกิดฝนและมีเมฆมาบังรังสีอาทิตย์

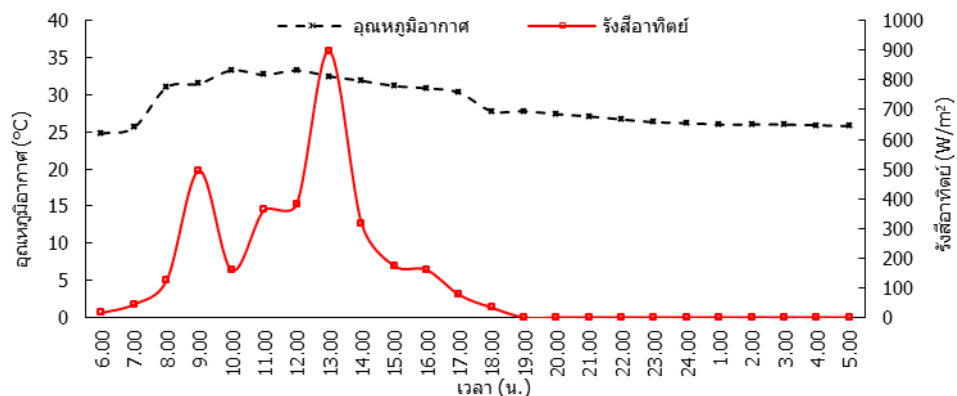
เมื่อนำข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1 ในวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 ตามตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข และตามตารางที่ ค.1 ภาคผนวก ค มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน ในวังบ่อซีเมนต์ที่ทุกระดับความลึกเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินกับเวลา พบว่าเมื่อเวลา 06.00 น.อุณหภูมิเริ่มต้นของดินเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง  $25-28^{\circ}\text{C}$  และจะมีค่าอุณหภูมิของดินสูงขึ้นตามรังสีอาทิตย์ และจะลดลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของดินตามรังสีอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 5 (ข)-รูปที่ 5 (ค)

เนื่องจากพลาสติกคลุมดินเป็นตัวที่รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ และบริเวณที่พื้นผิวมีความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง  $0.40 \text{ m/s}$  พัดผ่าน ทำให้ที่ระดับผิวดิน  $h = 0 \text{ cm}$  จะได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ การพาความร้อนการนำความร้อนและการถ่ายเทมวลในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นอุณหภูมิของดินในวังบ่อซีเมนต์ที่  $h = 0 \text{ cm}$  จะสูงกว่าวังบ่อซีเมนต์ที่ไม่ได้คลุมด้วยพลาสติกคลุมดิน และเมื่อพิจารณาการนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อนและการถ่ายเทมวลในแต่ละระดับของชั้นดินในช่วงเวลากลางคืน อุณหภูมิที่  $h=0 \text{ cm}$  จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิสูงสุดคือ  $43.38^{\circ}\text{C}$  ในเวลา 13.00 น. และมีแนวโน้มจะลดลงไปจนถึงอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดคือ  $25.48^{\circ}\text{C}$  ในเวลา 05.00 น. ของวันถัดไป อุณหภูมิของดินที่  $h=10 \text{ cm}$  ถึง  $h=30 \text{ cm}$  จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะมีเปลี่ยนแปลงตามเวลา และอุณหภูมิที่  $h=40 \text{ cm}$  จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลจากแผ่นรองบ่อนั้น ซึ่งมีความหนาและมีความชื้นสัมพัทธ์สูง การถ่ายเทความร้อนน้อย ทำให้อุณหภูมิที่  $h=40 \text{ cm}$  นั้นสูงกว่าทุกระดับความลึก สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินจะมีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน แต่อุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันมากที่  $h=0 \text{ cm}$  ในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากไม่มีพลาสติกคลุมดิน มีลมพัดผ่านบริเวณ  $h=0 \text{ cm}$  และจะเกิดการนำความร้อนจากบริเวณผิวดินไปยังระดับความลึก  $h=10 \text{ cm}$  การพาความร้อนออกสู่อากาศภายนอกเนื่องจากลม และ

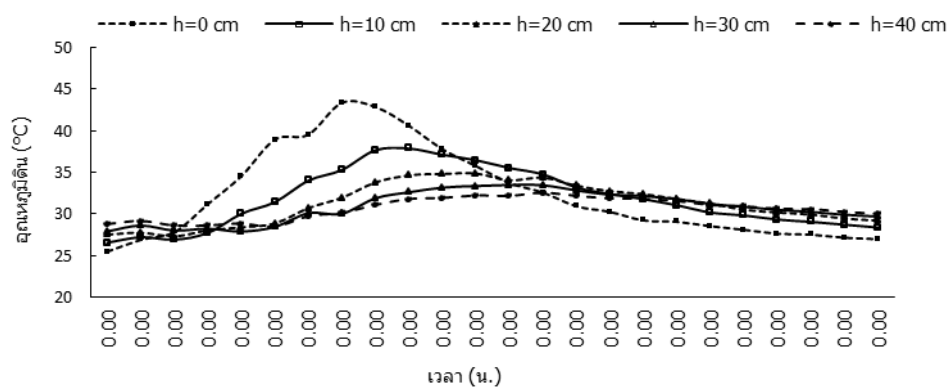
เมื่อไม่มีรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางคืน ดินที่ได้รับความร้อนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนสู่บรรยากาศ จากสาเหตุดังกล่าวทำให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ระดับความลึกผิวดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงที่สุด  $42.14^{\circ}\text{C}$  ในเวลา 13.00 น. และจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงไปจนถึงอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ  $25.82^{\circ}\text{C}$  ในเวลา 05.00 น. ของวันถัดไป และอุณหภูมิที่ระดับความลึก  $h=10\text{ cm}$  ถึง  $h=30\text{ cm}$  จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามเวลาและอุณหภูมิที่  $h=40\text{ cm}$  สูงกว่าทุกระดับความลึกเช่นเดียวกับดินที่มีพลาสติกคลุมดิน

สำหรับข้อมูลการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน ในวงบ่อซีเมนต์ที่ทุกระดับความลึกเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินกับเวลา ตามตารางที่ ข.2 ภาคผนวก ข และ ตามตารางที่ ค.2 ภาคผนวก ค แสดงดังรูปที่ 6 (ข)-รูปที่ 6 (ค) พบว่า การกระจายอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับครั้งที่ 1 แต่เนื่องจากช่วงเวลา 16.00 น. มีฝนตก โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง  $0.60\text{ m/s}$  พัดผ่าน ส่งผลให้อุณหภูมิของดินมีค่าลดลงอย่างผิดปกติ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตก และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่คลุมดินด้วยพลาสติกสีดำที่ระดับผิวดิน  $h=0\text{ cm}$  ถึง  $h=40\text{ cm}$  จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะที่คล้ายกัน โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามเวลา และในช่วงกลางวัน อุณหภูมิที่ความลึก  $h=40\text{ cm}$  สูงกว่าทุกระดับความลึก แต่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำที่สุด และพบว่า อุณหภูมิในชั้นนี้จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าทุกระดับความลึกในช่วงเวลากลางคืนและการกระจายอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินเป็นไปตามการกระจายอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน แต่ในการทดลองครั้งนี้ในเวลา 16.00 น. อุณหภูมิของดินจะลดลงไปอย่างผิดปกติ เนื่องจากฝนตกทำให้อุณหภูมิของดินนั้นมีค่าต่ำลง ถึงแม้ว่าได้คลุมดินในวงบ่อซีเมนต์ เพื่อกันไม่ให้ น้ำเข้าวงบ่อซีเมนต์แล้วก็ตาม ทำให้อุณหภูมิและความชื้นของดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก

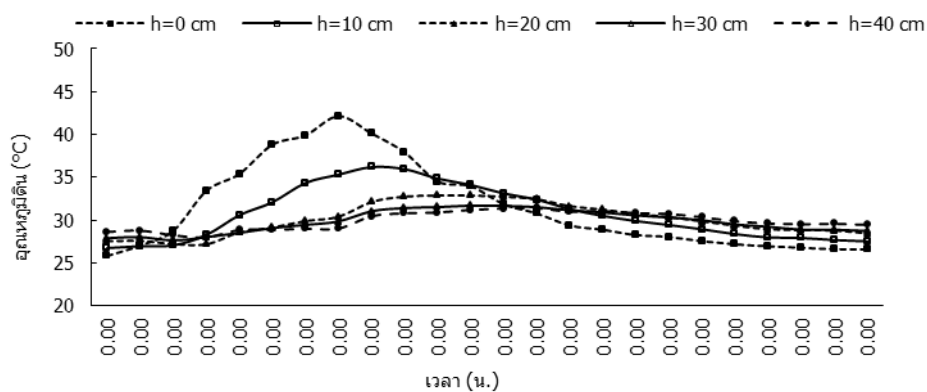
สำหรับข้อมูลการทดลองในครั้งที่ 3 วันที่ 16-19 กรกฎาคม 2559 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน ในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินกับเวลา ตามตารางที่ ข.3 ภาคผนวก ข และ ตามตารางที่ ค.3 ภาคผนวก ค แสดงดังรูปที่ 7 (ข) - รูปที่ 7 (ค) พบว่าการกระจายอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และอุณหภูมิของดินนั้นจะมีค่าสูงขึ้นตามรังสีอาทิตย์ โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินโดยอุณหภูมิเริ่มต้นทุกระดับความลึกนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงระหว่าง  $26-27^{\circ}\text{C}$  แล้วจะเพิ่มสูงขึ้นตามรังสีอาทิตย์จนถึงอุณหภูมิสูงสุด เมื่ออุณหภูมิในแต่ละระดับความสูงนั้นไปถึงค่าสูงสุดแล้ว จากนั้นจะมีค่าลดลงไปจนถึงค่าต่ำสุดในรอบวัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามรังสีอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อนจากพื้นดินด้วยการพาความร้อนและการนำความร้อน ซึ่งในแต่ละระดับความลึกนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลที่แตกต่างกัน



(ก) รังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ

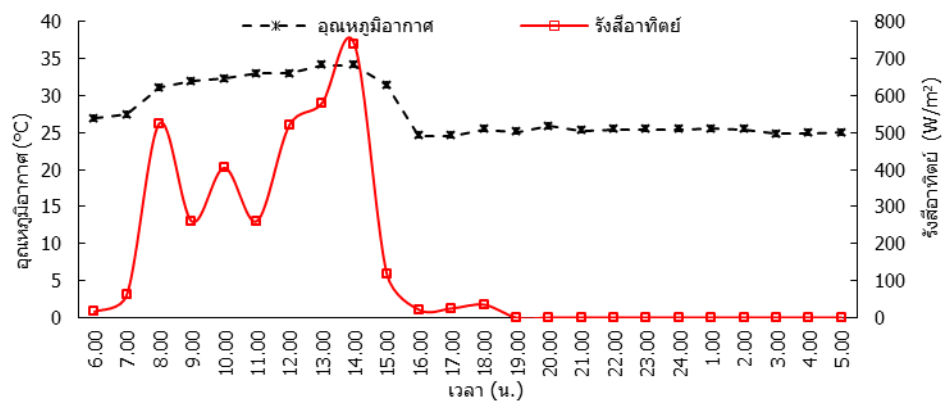


(ข) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ทุกระดับความลึกเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน

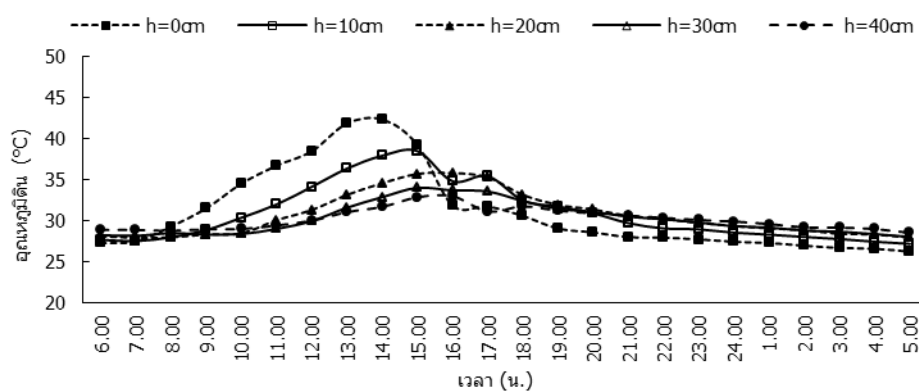


(ค) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

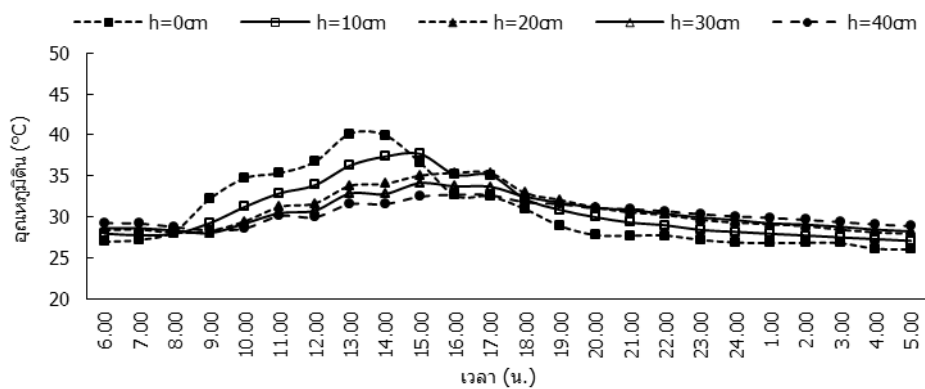
รูปที่ 5 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559



(ก) รังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ

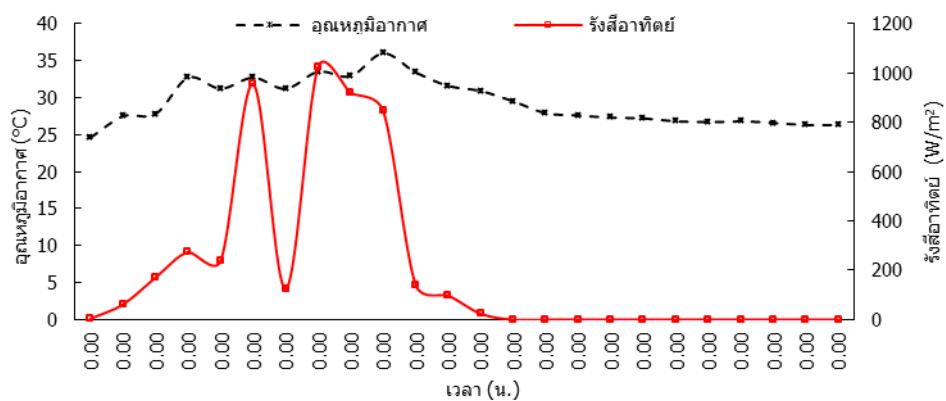


(ข) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน

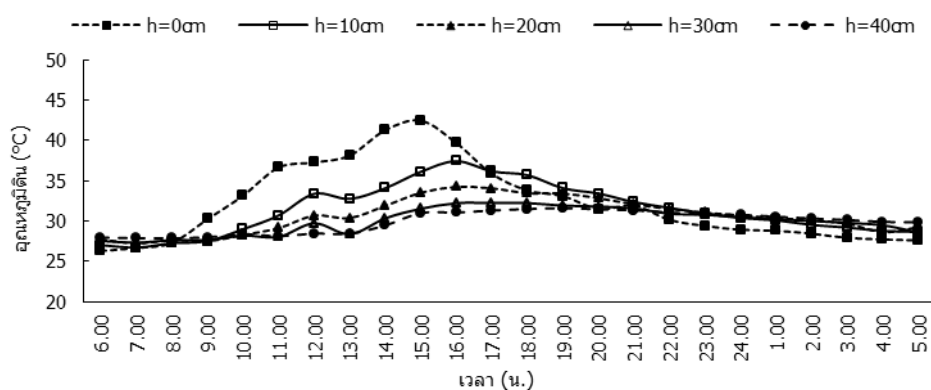


(ค) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

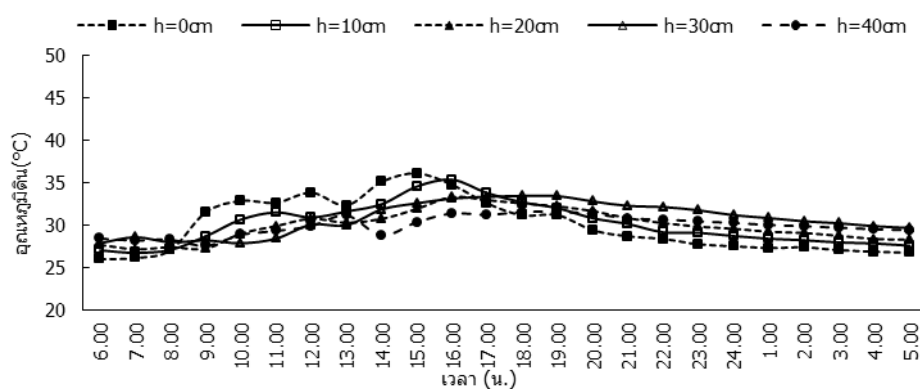
รูปที่ 6 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559



(ก) รังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ



(ข) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน



(ค) อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

รูปที่ 7 การกระจายรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

จากผลการศึกษาการทดลองในครั้งที่ 1 วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 ตามตารางที่ ง.1 ภาคผนวก ง และ ตามตารางที่ จ.1 ภาคผนวก จ พบว่าการกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ทุกระดับความลึกเมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินกับเวลา แสดงดังรูปที่ 8 (ก)-รูปที่ 8 (ค) พบว่าความชื้นเริ่มต้นที่  $h=0$  cm เวลาเริ่มต้น 06.00 น. ของแต่ละระดับความลึก ความชื้นที่ระดับความลึกเดียวกันจะมีค่าไม่แตกต่างกัน การคลุมดินด้วยพลาสติกที่ระดับผิวดิน จะมีการถ่ายเทมวลของน้ำโดยการถ่ายเทจากที่สูงไปที่ต่ำตามกฎแรงโน้มถ่วงของโลก ความชื้นในดินจะมีทั้งค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเนื่องจากการที่น้ำภายในดินได้รับความร้อนมาก จะระเหยออกสู่บรรยากาศโดยความร้อนที่ได้รับในช่วงกลางวัน แต่น้ำไม่สามารถระเหยออกไปได้เนื่องจากถูกพลาสติกคลุมดินนั้นกักขังไว้ ดังนั้นความชื้นในชั้นผิวดินจึงมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนความชื้นเริ่มต้นที่  $h=10$  cm ถึง  $h=30$  cm จะมีค่าไม่เท่ากัน เพราะในแต่ละระดับความลึกนั้นจะดูดซับน้ำได้มากน้อยต่างกัน แต่พบว่ามี การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันในระดับความลึกเดียวกันซึ่งจะเห็นจากเส้นกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพียงเล็กน้อย แต่ความชื้นเฉลี่ยที่ระดับความลึก  $h=40$  cm จะเห็นว่าความชื้นมีค่าสูงสุดเนื่องจากปัจจัยคล้ายกับระดับความลึก  $h=10$  cm ถึง  $h=30$  cm และยังเป็นชั้นที่มีการสะสมของน้ำในดินมากที่สุด ดังนั้นเมื่อมีการถ่ายเทมวลน้ำถึงแม้ว่าน้ำจะมีการถ่ายเทที่ไม่มากแต่เมื่อเวลาผ่านไปน้ำก็จะมาสะสมที่บริเวณนี้ในที่สุดจึงทำให้เห็นค่าความชื้นนั้นมีค่าสูง สำหรับการกระจายความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะแตกต่างกันเฉพาะที่  $h=0$  cm จะมีการถ่ายเทมวลของน้ำ และจะมีการระเหยออกสู่บรรยากาศภายนอกเนื่องจากอุณหภูมิสูงที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในดิน และการกระจายความชื้นที่ระดับความลึก  $h=10$  cm ถึง  $h=40$  cm จะมีค่าแนวโน้มของความชื้นเริ่มต้นที่ไม่เท่ากันและการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกันในระดับความลึกเดียวกันเช่นเดียวกับกระจายความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน

ในการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน ความเร็วลม ในวงบ่อซีเมนต์ที่ทุกระดับความลึกเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ตามตารางที่ ง.2 ภาคผนวก ง มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับเวลา พบว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีแนวโน้มเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินในการทดลองครั้งที่ 1 ดังรูปที่ 9 (ก)-รูปที่ 9 (ค)

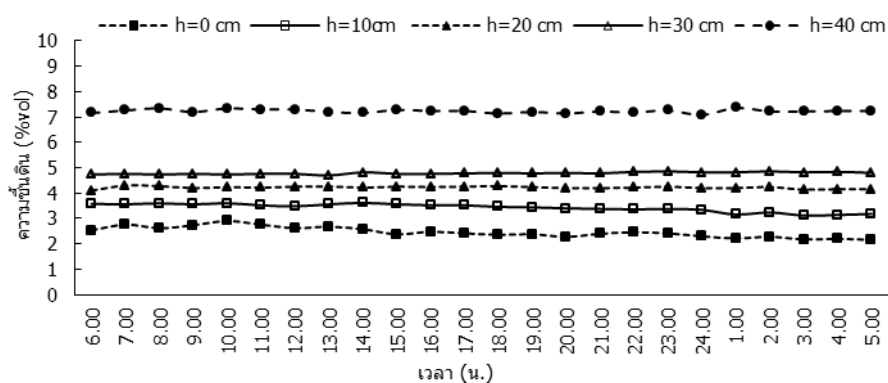
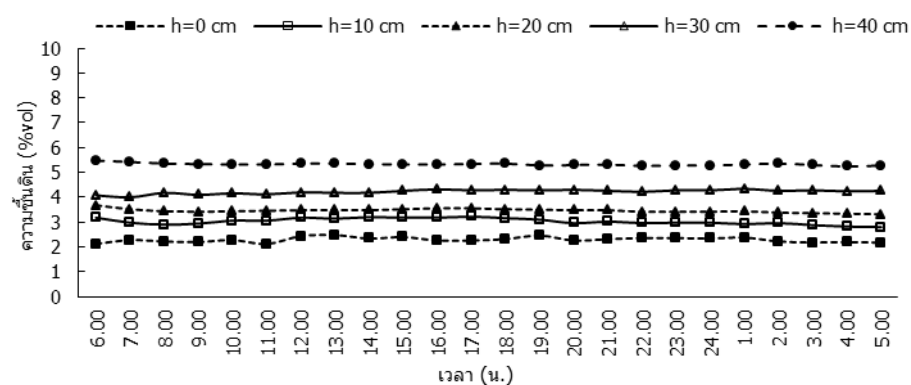
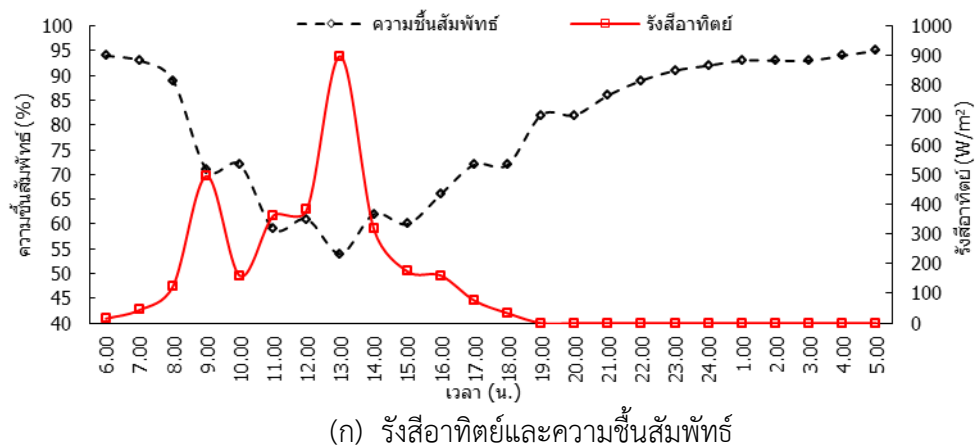
แต่ที่ระดับ  $h=10$  cm จะมีการลดลงพอดีกับที่ระดับ  $h=20$  cm และ  $h=30$  cm นั้น จะมีค่าเพิ่มขึ้น และที่  $h=40$  cm นั้นมีค่าความชื้นเฉลี่ยน้อยกว่าระดับ  $h=10$  cm ถึง  $h=20$  cm อาจเนื่องมาจากการที่ดินนั้นอัดตัวกันจนแน่นในระดับความลึก  $h=30$  cm จึงทำให้น้ำที่เพิ่มมาจากการรดน้ำนั้นลงมาถึง  $h=40$  cm ได้น้อย การกระจายความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินและ ตามตารางที่ จ.2 ภาคผนวก จ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินในการทดลองครั้งที่ 1 แต่เมื่อเวลา 16.00 น. มีฝนตกจึงทำให้ต้องทำการคลุมดิน เพื่อไม่ให้น้ำฝนนั้นทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนไป เมื่อฝนหยุดได้ทำการเอาพลาสติกคลุมดินออก จะเห็นว่าที่ระดับความลึก  $h=0$  cm นั้นจะมีค่าแตกต่างจากเส้นอื่นมากที่สุดเนื่องจากได้รับน้ำฝนไปบางส่วน และที่ระดับความลึก  $h=40$  cm นั้นมีค่าความชื้นเฉลี่ยน้อยกว่าระดับ  $h=20$  cm ถึง  $h=30$  cm อาจเนื่องมาจากการที่ดินนั้นอัดตัวกันจนแน่นในระดับความลึก  $h=30$  cm จึงทำให้น้ำที่เพิ่มมาจากการรดน้ำนั้นลงมาถึงชั้นความลึก  $h=40$  cm ได้น้อยจึงทำให้เห็นค่าความชื้นที่  $h=40$  cm นั้นมีค่าเป็นดังที่กล่าวไปข้างต้น

สำหรับข้อมูลการทดลองในครั้งที่ 3 วันที่ 16-19 กรกฎาคม 2559 โดยนำข้อมูลการกระจายความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ตามตารางที่ ง.3 ภาคผนวก ง มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับเวลา พบว่าในเวลาเริ่มต้น 06.00 น. จะมีค่าความชื้นของดินมากที่สุดและจะค่อย ๆ ลดลง

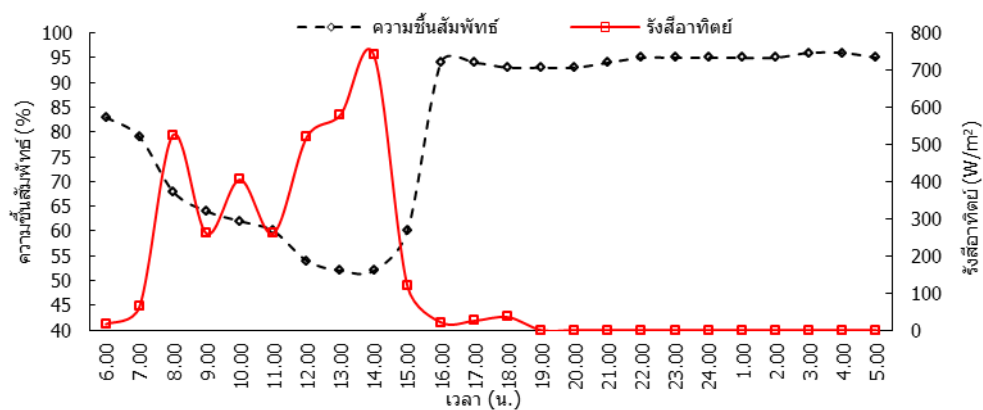
แสดงดังรูปที่ 10 (ข) การคลุมดินด้วยพลาสติกคลุมดินที่  $h=0$  cm ทำให้ไม่มีการระเหยของน้ำ และความชื้นในดินนั้นมีค่าคงที่ตลอดทั้งวัน ซึ่งแตกต่างจากครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ความชื้นเริ่มต้นที่ระดับความลึก  $h=10$  cm ถึง  $h=30$  cm มีค่าแตกต่างกัน แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นใกล้เคียงกันในระดับความลึกเดียวกัน เนื่องจากเกิดการถ่ายเทมวลได้น้อยมาก ส่วนความชื้นเฉลี่ยที่ระดับความลึก  $h=40$  cm นี้จะเป็นชั้นที่มีการสะสมของน้ำในดินเป็นเวลานาน จึงทำให้เห็นค่าความชื้นเฉลี่ยในระดับชั้นความลึก  $h=40$  cm มีค่ามากที่สุด สำหรับข้อมูลการกระจายความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน ตามตารางที่ จ. 3 ภาคผนวก จ มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเทียบกับเวลา แสดงดังรูปที่ 9 (ค) พบว่าเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน ความชื้นของดินทุกระดับความลึกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน แต่มีค่าความชื้นที่แตกต่างกัน

จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินในระหว่างวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 และวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 เวลา 6.00 น.-5.00 น. ของวันถัดไป พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของดินในแต่ละระดับความลึกโดยภาพรวมนั้นอุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินและอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก  $h=10$  cm พบว่า อุณหภูมิของดินของวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินอยู่  $1.04-1.20^{\circ}\text{C}$  ตามงานวิจัยของ Ajay Kumar Singh and Shashi Kamal (2012) และบริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิดินที่เห็นได้ชัดที่สุดคือที่ระดับผิวดิน  $h=0$  cm โดยอุณหภูมิที่ระดับผิวดินของวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินนั้นจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินอยู่ตลอดทั้งวัน เนื่องจากวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินนั้นแผ่นพลาสติกคลุมดินจะดูดกลืนความร้อนไว้ที่ตัวของมันเองแล้วถ่ายเทไปที่บริเวณผิวดินจึงทำให้อุณหภูมิผิวดินของวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินนั้นสูงกว่าวงบ่อที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ส่วนวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดินนั้นดินจะได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์และเกิดการพาความร้อนจากลมที่พัดผ่าน จึงมีการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำกว่าวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดิน โดยอุณหภูมิจากบริเวณที่ลึกที่สุดของวงบ่อซีเมนต์  $h=40$  cm นั้นจะพบว่าจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยในช่วงกลางวัน และในช่วงเวลากลางคืนนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในชั้นล่างสุด  $h=40$  cm นี้จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนมาจากดินในชั้นบน จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่  $h=40$  cm มีค่าสูงขึ้นในขณะเดียวกันอุณหภูมิในทุกระดับความลึกก็กลับมาค่าลดลง

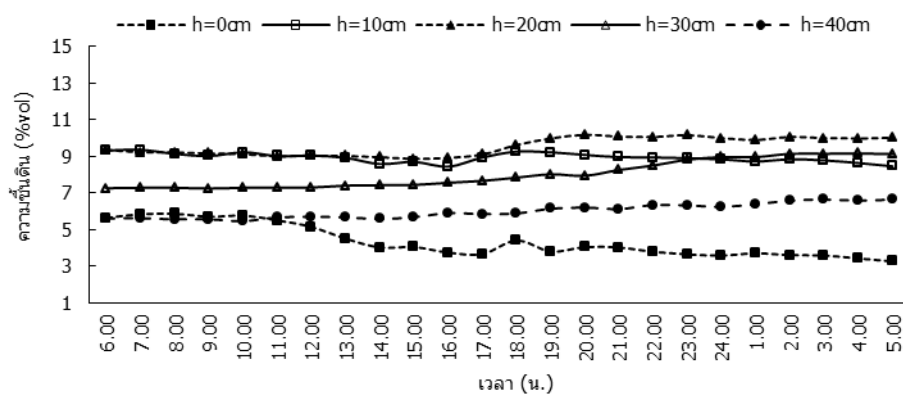
ส่วนความชื้นนั้นจะเห็นว่าความชื้นเริ่มต้นในแต่ละวันที่ทำการทดลอง และแต่ละระดับความลึกนั้นจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน โดยจะเห็นว่าค่าความชื้นในการทดลองวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 และวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 ค่าความชื้นมีค่าสูงกว่าในวันแรกที่ทำการทดลองอยู่มาก เนื่องจากการรดน้ำให้กับดินในวงบ่อซีเมนต์ตามเวลาที่เกษตรกรทำการรดน้ำให้กับพืชในสวนภูมะนาว ทำให้ค่าความชื้นของดินนั้นเพิ่มขึ้น มีการสะสมของมวลน้ำ และมีการถ่ายเทมวลน้ำในดินเกิดขึ้น



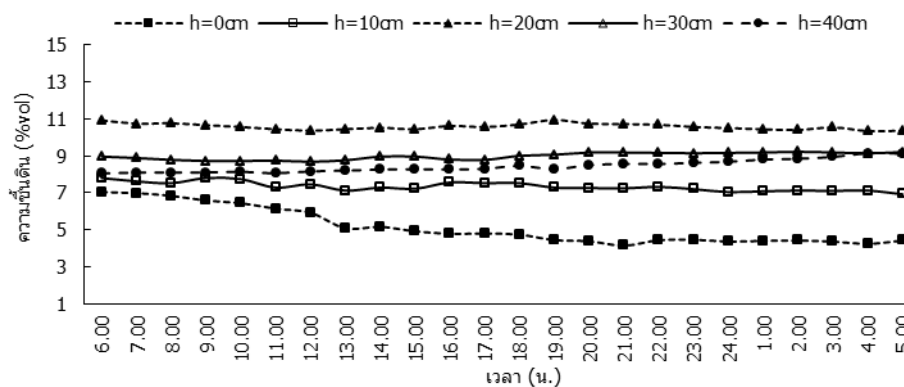
รูปที่ 8 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559



(ก) รังสีอาทิตย์และความชื้นสัมพัทธ์

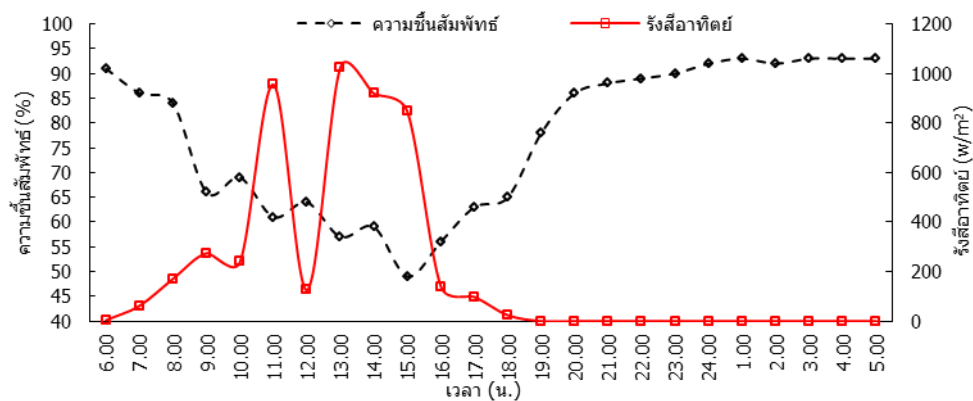


(ข) ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน

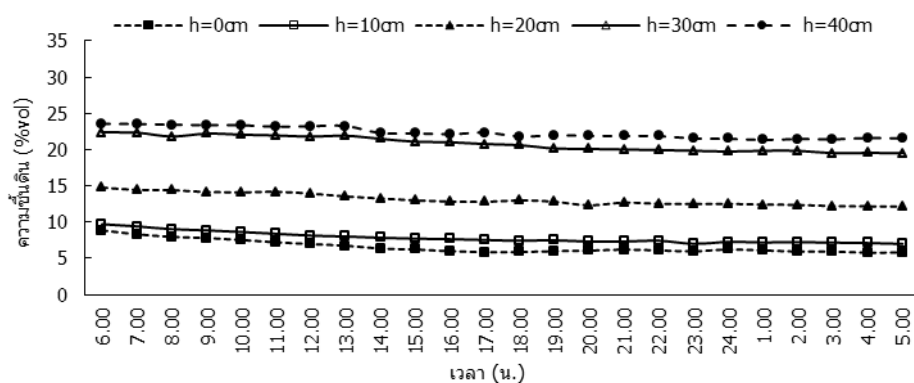


(ค) ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

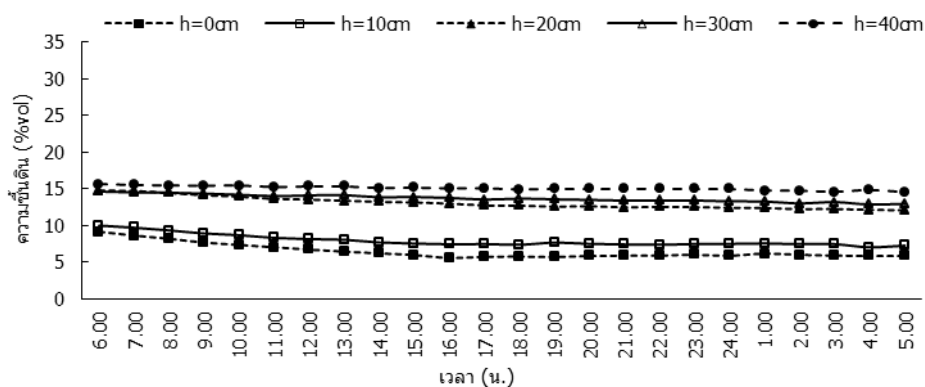
รูปที่ 9 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559



(ก) รังสีอาทิตย์และความชื้นสัมพัทธ์



(ข) ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน



(ค) ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

รูปที่ 10 การกระจายรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

## 2.2.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

อุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 1 วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 พบว่าที่ระดับความลึก  $h=0$  cm จะสูงสุดในเวลาประมาณ 13.00 น. โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ไม่มีพลาสติกคลุมดิน ส่วนที่  $h=20$  cm และ  $h=30$  cm อุณหภูมิเฉลี่ยของดินตลอดทั้งวันจะมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนที่  $h=40$  cm อุณหภูมิเฉลี่ยของดินจะต่ำสุด ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของดินไม่แตกต่างกันแสดงดังรูปที่ 11

อุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 2 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเริ่มต้นที่  $h=0$  cm จะมีค่าใกล้เคียงกัน จนถึงเวลาประมาณ 13.00 -14.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของดินจะสูงสุด โดยวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง ส่วนที่ระดับความลึก  $h=10$  cm  $h=20$  cm  $h=30$  cm และ  $h=40$  cm จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่  $h=40$  cm จะมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับระดับความลึก 4 ระดับ แสดงดังรูปที่ 12

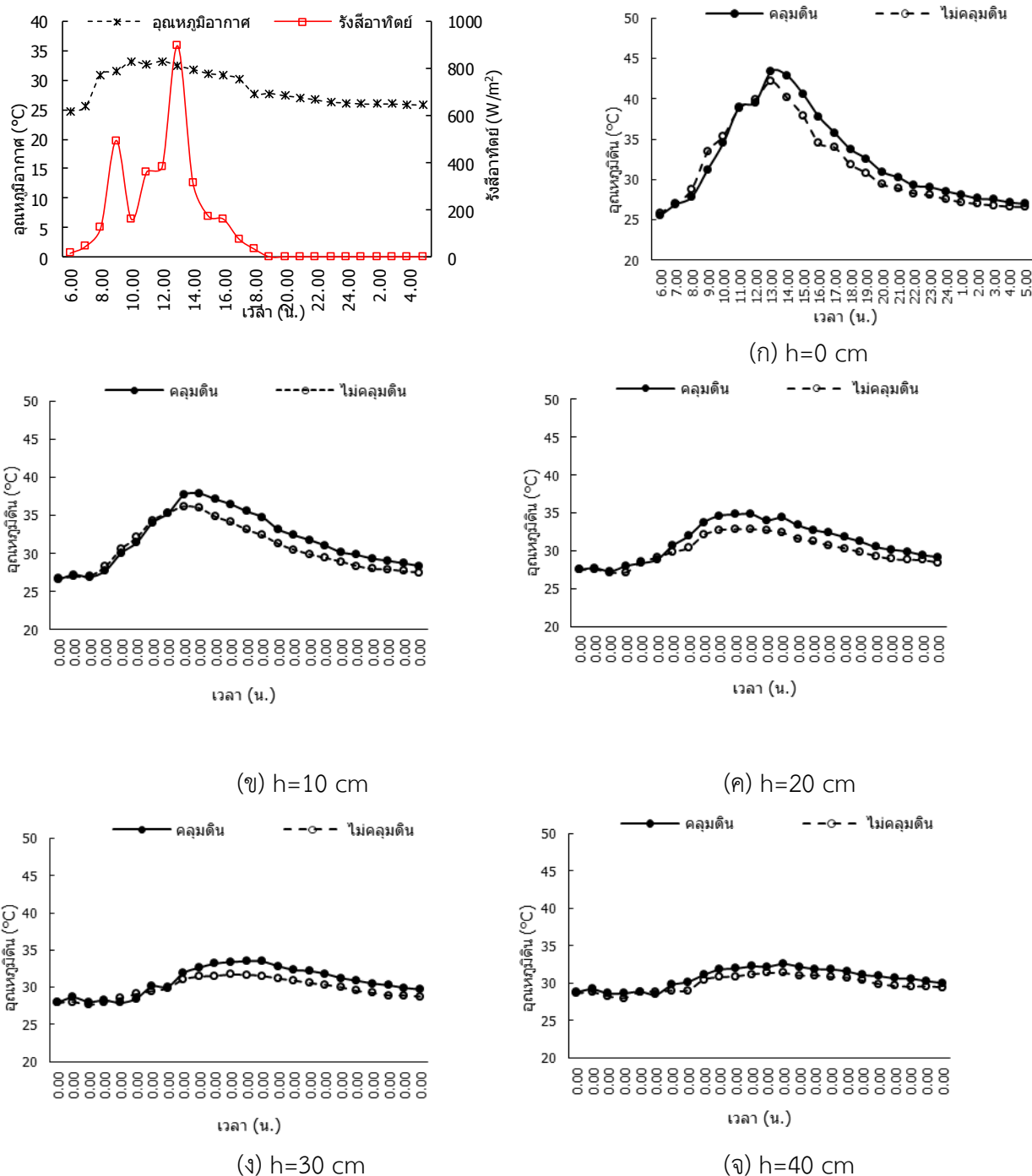
อุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึกจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 3 วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเริ่มต้นที่  $h=0$  cm มีค่าใกล้เคียงกัน ในเวลาประมาณ 11.00 น. เป็นต้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยของวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน โดยที่เวลาประมาณ 14.00 น. จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินสูงสุด ส่วน อุณหภูมิเฉลี่ยของดินทั้งวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินที่  $h=40$  cm จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในเวลา 11.00-13.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน แสดงดังรูปที่ 13

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ทุกระดับความลึกระหว่างทั้ง 3 ครั้ง เวลา 06.00-05.00 น. ของวันถัดไป พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 วันในแต่ละระดับความลึกและเมื่อเวลา 06.00 เป็นต้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยของดินจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนสูงสุดเวลาประมาณ 13.00-15.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยของดินจะค่อย ๆ ลดลงและไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงที่เวลาประมาณ 01.00-05.00 น. โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีอุณหภูมิของดินสูงกว่าอุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน

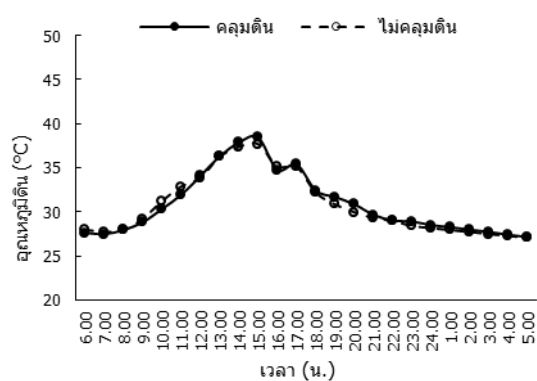
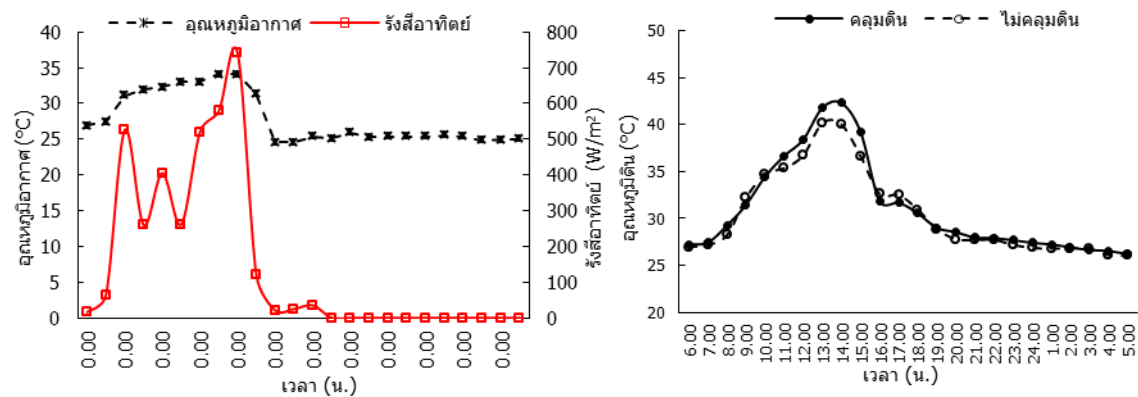
ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินที่ทุกระดับความลึกจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 1 วันที่ 3 - 4 กรกฎาคม 2559 พบว่าที่ระดับความลึก  $h=0$  cm ความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าแตกต่างกัน จนเวลา 18.00 น. เป็นต้นไป ความชื้นเฉลี่ยของดินทั้งสองวงบ่อจะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับความลึก  $h=10$  cm ถึง  $h=40$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง โดยความชื้นเฉลี่ยของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน แสดงดังรูปที่ 14

ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินที่ทุกระดับความลึกจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 2 วันที่ 9 - 10 กรกฎาคม 2559 พบว่าที่ระดับความลึก  $h=0$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน และจะลดลงเรื่อยๆ ส่วนที่ระดับความลึก  $h=10$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน ซึ่งน้ำที่ระดับนี้จะซึมลึกไปช่วงหนึ่งก็จะหยุดซึมลึก ขณะที่ระดับความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ ส่วนที่

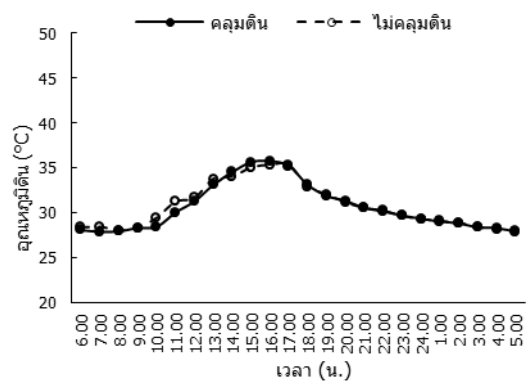
ระดับความลึก  $h=30$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน และความชื้นของดินจะไม่เปลี่ยนแปลง จนเวลา 17.00 น. ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีค่าความชื้นเฉลี่ยของดินใกล้เคียงกับในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน ที่เวลา 02.00 น. เป็นต้นไป ส่วนที่ระดับความลึก  $h=40$  cm ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินจะสูงกว่าเมื่อมีพลาสติกคลุมดินและไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดวัน แสดงดังรูปที่ 15



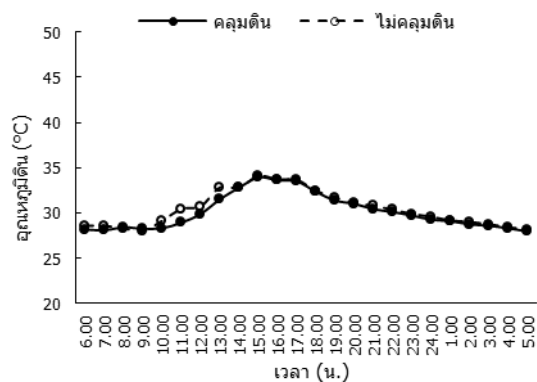
รูปที่ 11 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน  
วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 ที่ระดับความลึก



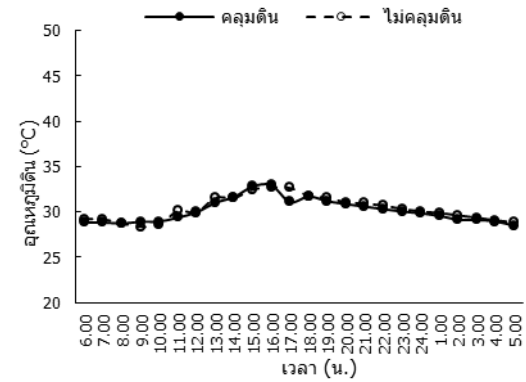
(ข) h=10 cm



(ค) h=20 cm

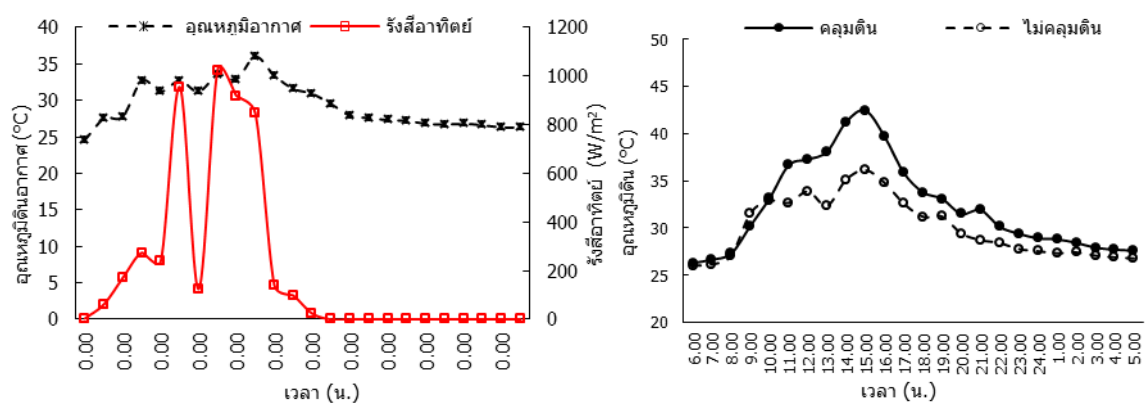
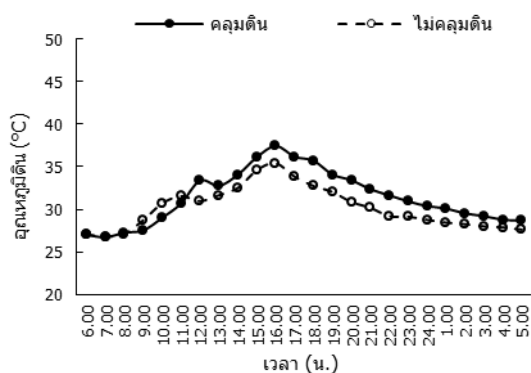
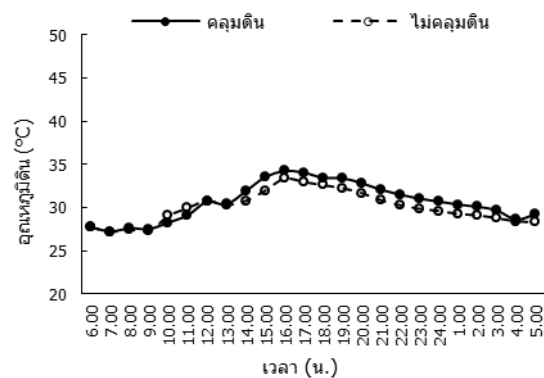
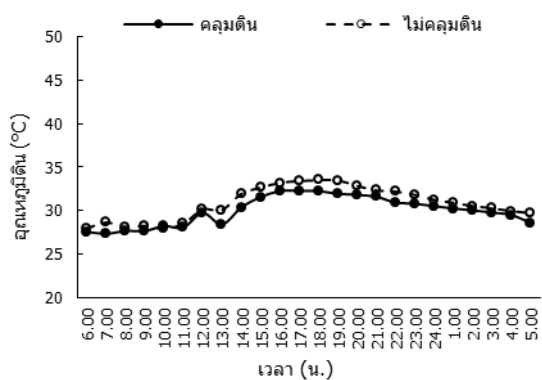
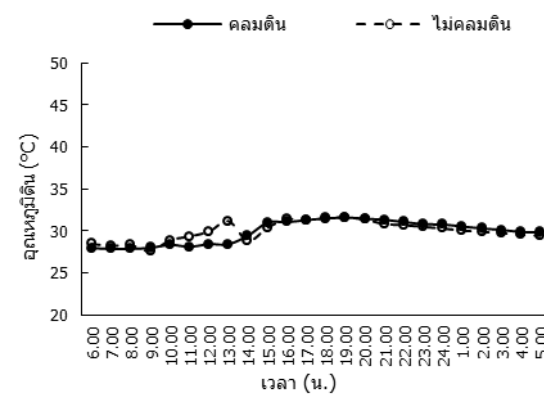


(ง) h=30 cm



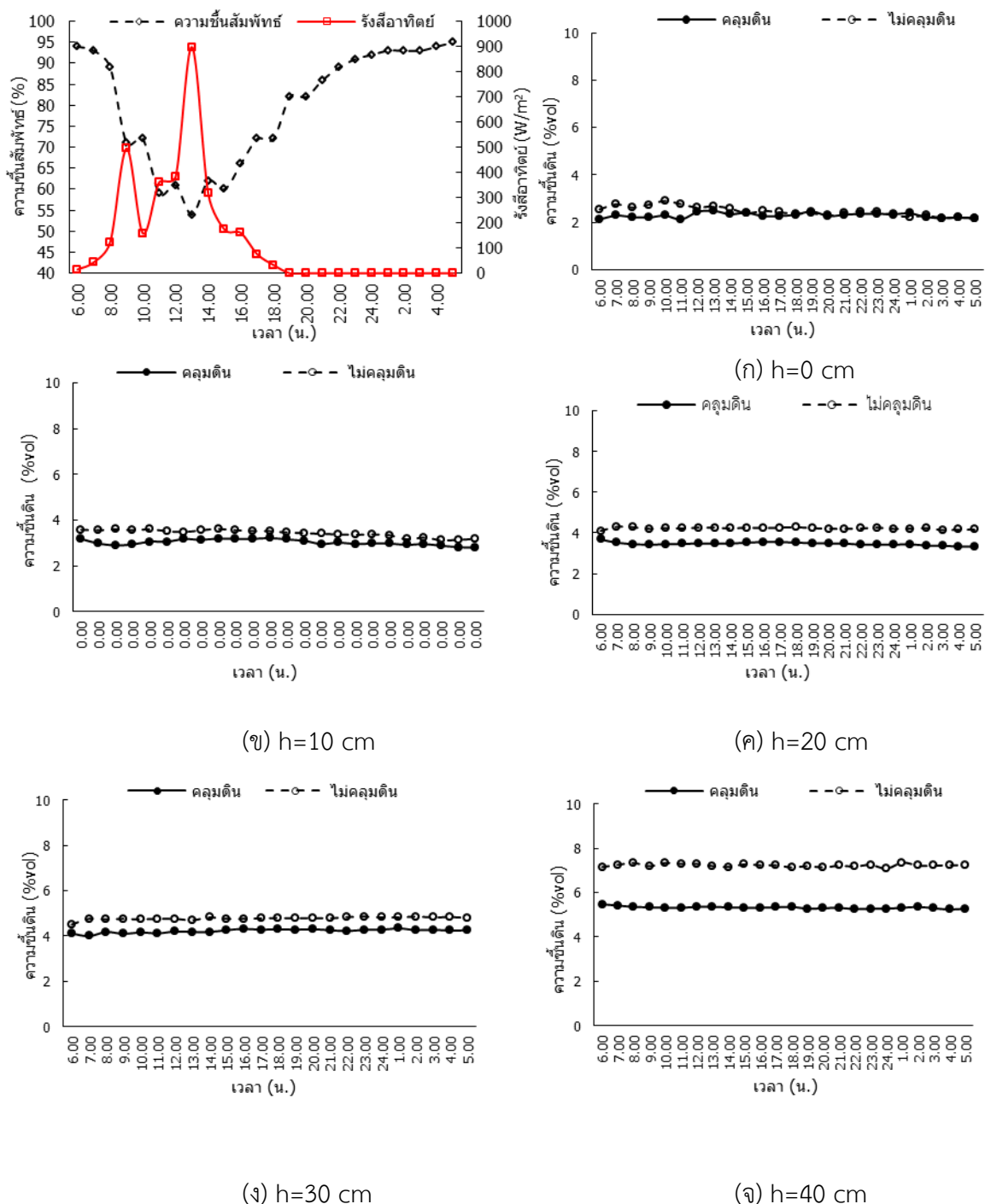
(จ) h=40 cm ง

รูปที่ 12 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน  
วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 ที่ทุกระดับความลึก

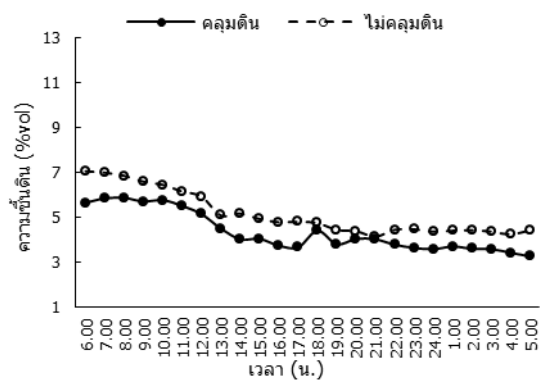
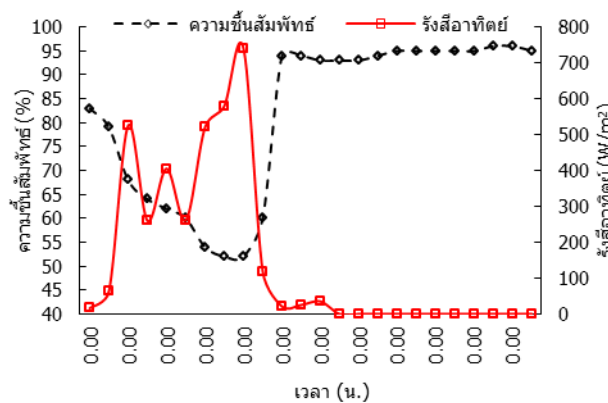
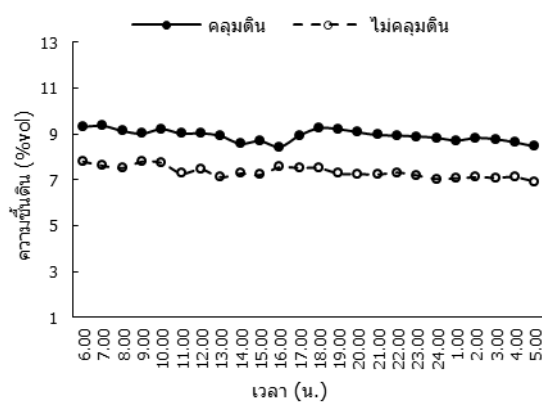
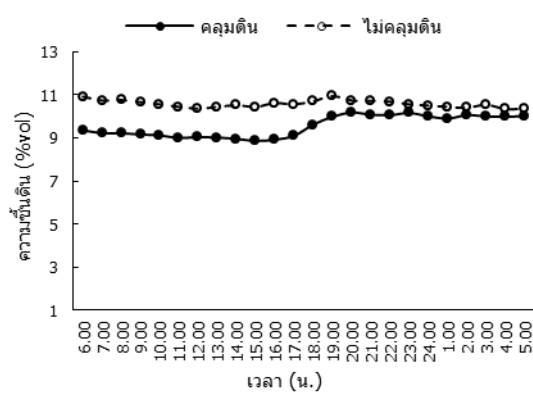
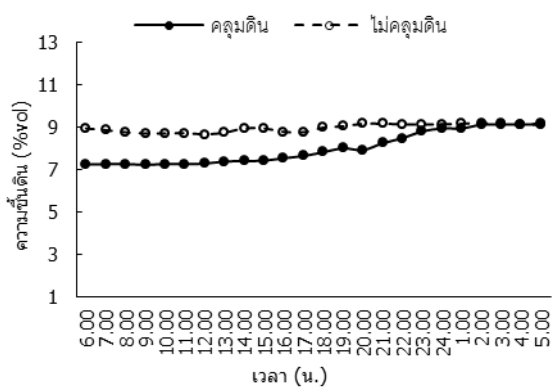
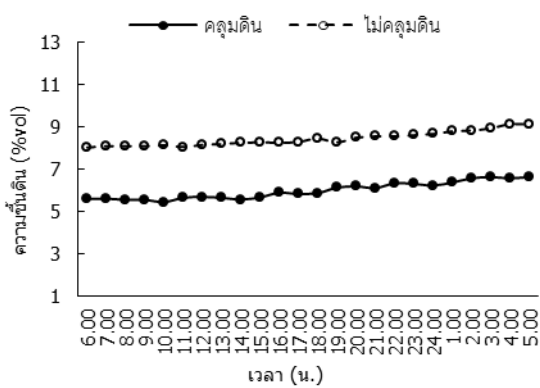
(ก)  $h=0$  cm(ข)  $h=10$  cm(ค)  $h=20$  cm(ง)  $h=30$  cm(จ)  $h=40$  cm

รูปที่ 13 อุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน  
วันที่ 16 - 17 กรกฎาคม 2559 ที่ระดับความลึกผิวดิน

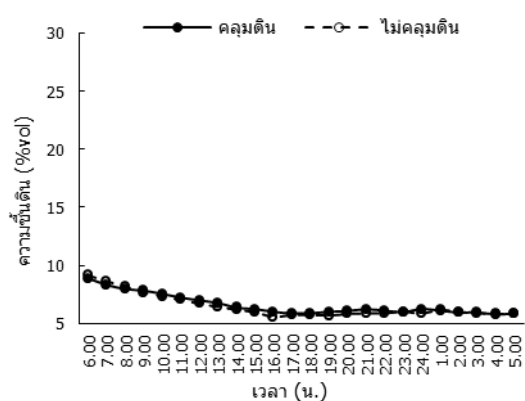
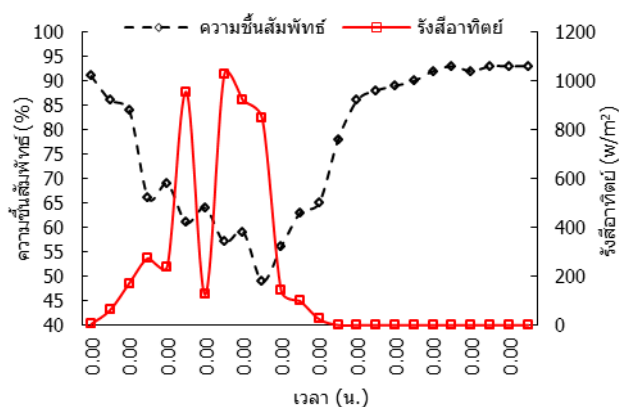
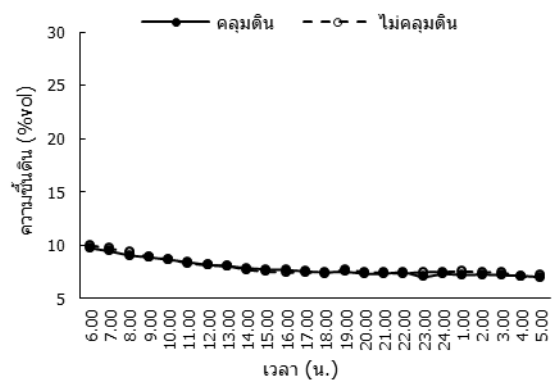
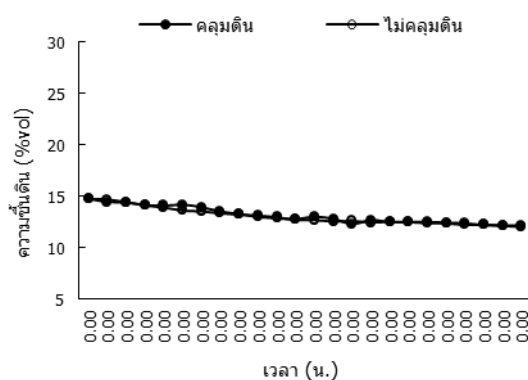
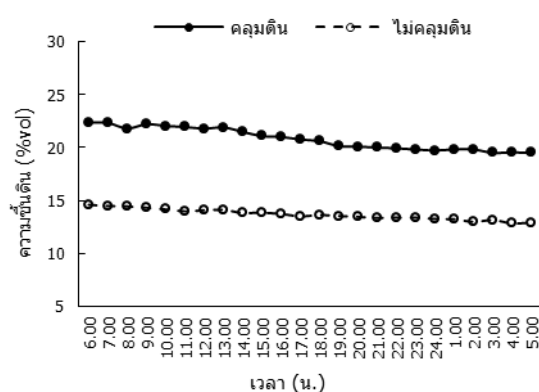
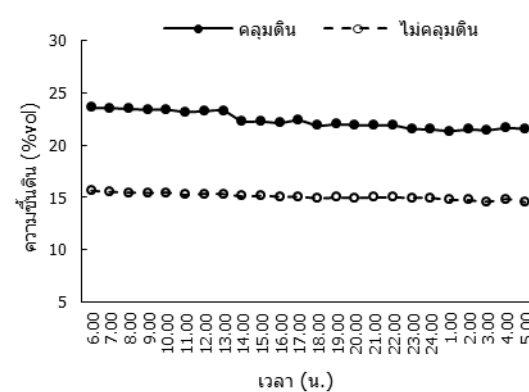
ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 3 วันที่ 16 - 17 กรกฎาคม 2559 ที่ระดับความลึก  $h=0$  cm ถึง  $h=20$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินตลอดทั้งวันมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับความลึก  $h=30$  cm และ  $h=40$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อเมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินอย่างชัดเจนตลอดทั้งวัน แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 14 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3 - 4 กรกฎาคม 2559 ที่ทุกระดับความลึก

(ก)  $h=0$  cm(ข)  $h=10$  cm(ค)  $h=20$  cm(ง)  $h=30$  cm(จ)  $h=40$  cm

รูปที่ 15 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน  
วันที่ 9 – 10 กรกฎาคม 2559 ที่ทุกระดับความ

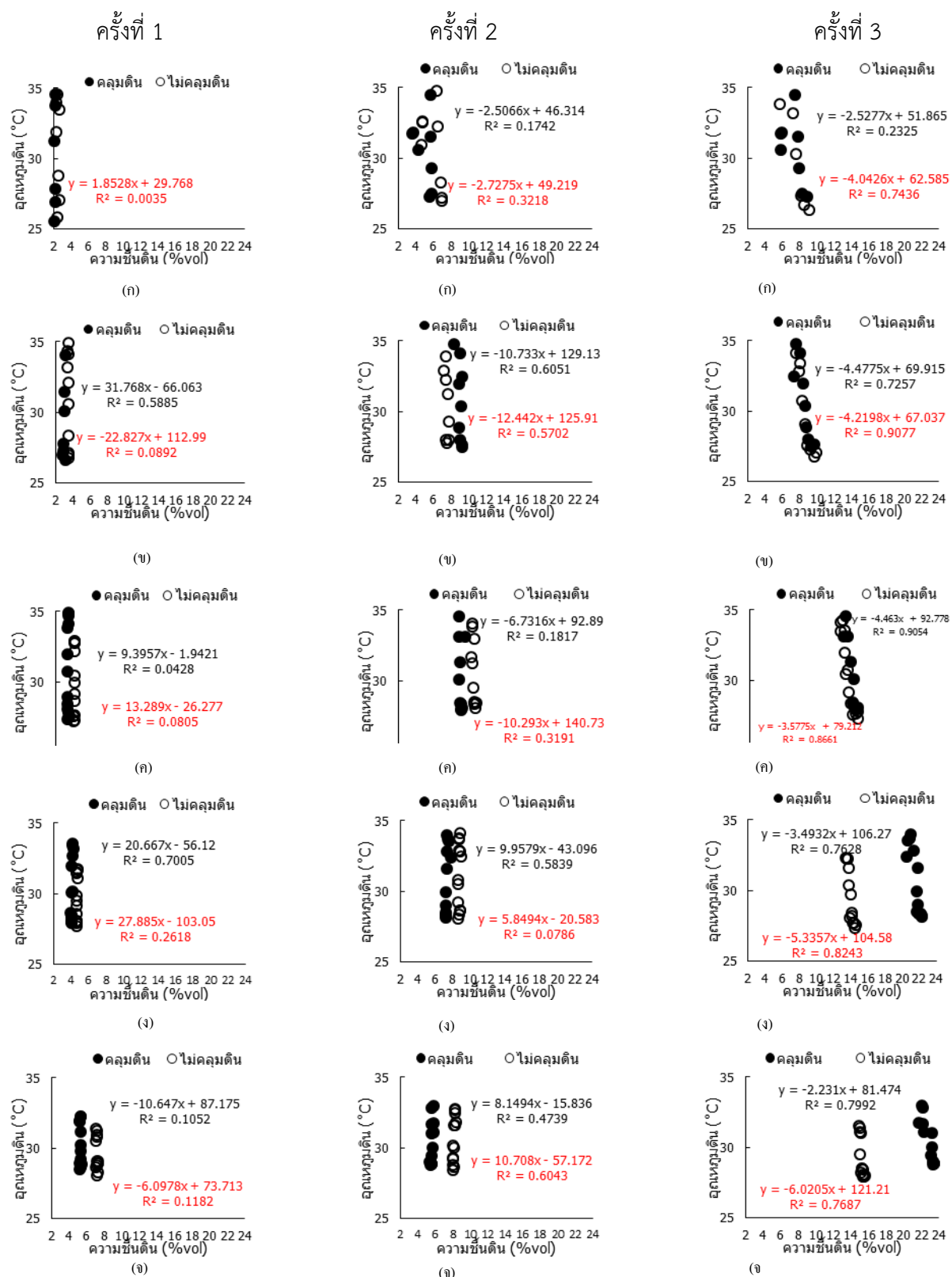
(ก)  $h=0$  cm(ข)  $h=10$  cm(ค)  $h=20$  cm(ง)  $h=30$  cm(จ)  $h=40$  cm

รูปที่ 16 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน  
วันที่ 16 - 17 กรกฎาคม 2559 ที่ระดับความลึกผิวดิน

### 2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

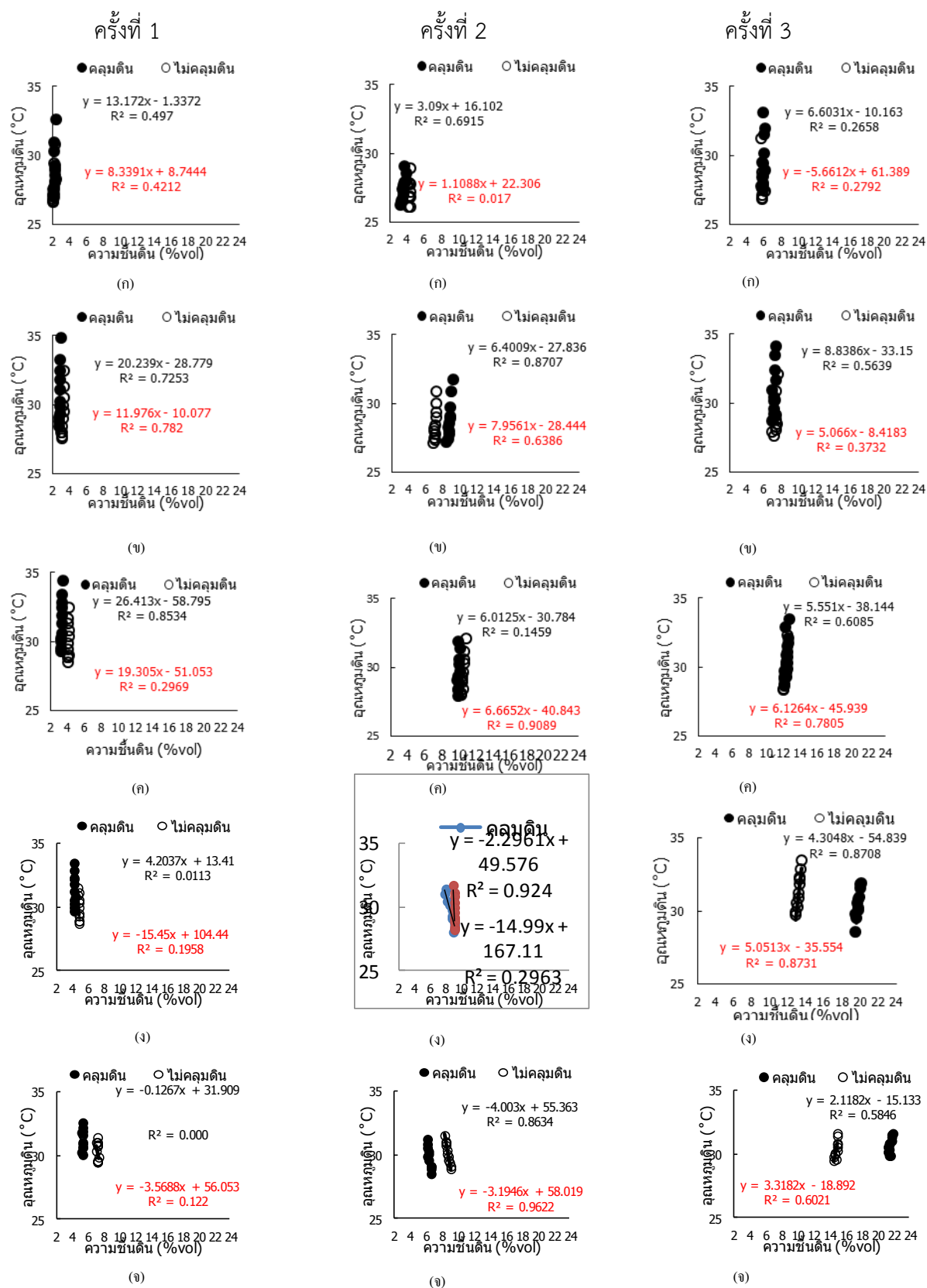
จากการนำข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินที่ทุกระดับความลึก มาสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของดินและความชื้นเฉลี่ยของดิน โดยพิจารณาในช่วงกลางวัน (ช่วงที่มีรังสีอาทิตย์) และในกลางคืน (ช่วงที่ไม่มีรังสีอาทิตย์) และนำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination,  $R^2$ ) เป็นตัวชี้วัดทางสถิติโดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ  $R^2$  เข้าใกล้ 1 แสดงว่าอุณหภูมิของดินมีความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นกับความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในช่วงกลางวัน แสดงดังรูปที่ 17 โดยเส้นแนวโน้มความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินจะค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน และความชื้นจะมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มมากขึ้น จะเห็นว่าในช่วงกลางวันสมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึก  $R^2$  มีค่าน้อย ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 0.0035-0.8661 ดังตารางที่ 1 แสดงว่าค่าข้อมูลเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราไม่คงที่ อุณหภูมิของดินจึงไม่มีความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นกับความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน และจากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในช่วงกลางคืน แสดงดังรูปที่ 18 ความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินจะใกล้เคียงกัน และจะแตกต่างกันเมื่อระดับความลึกเพิ่มมากขึ้น จะเห็นว่าในช่วงกลางคืนสมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึก  $R^2$  มีค่าน้อย เช่นเดียวกับในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 0.00002-0.8708 ดังตารางที่ 2 แสดงว่าค่าข้อมูลเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราไม่คงที่ อุณหภูมิของดินจึงไม่มีความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นกับความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ทำให้ไม่มีความสัมพันธ์กันในช่วงกลางวันและกลางคืน ทั้งนี้เนื่องจากอาจเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับชนิดดิน ปริมาณน้ำในดิน สีดิน การถ่ายเทอากาศในดิน ลักษณะทางกายภาพของดิน หรือเกิดจากความผันแปรที่ไม่ทราบแน่ชัด เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการทดลอง เช่น การเตรียมดิน การให้น้ำที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น



รูปที่ 17 อุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

ในช่วงกลางวัน (ก) h=0 cm, (ข) h=10, (ค) h=20 cm, (ง) h=30 cm และ (จ) h=40 cm



รูปที่ 18 อุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน

ในช่วงกลางคืน (ก) h=0 cm (ข) h=10 (ค) h=20 cm (ง) h=30 cm และ (จ) h=40 cm

ตารางที่ 4.1 สมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดิน  
 ในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ในช่วงกลางวัน  
 รังสีอาทิตย์ 4-1025 W/m<sup>2</sup>, ความชื้นสัมพัทธ์ 49-93%, อุณหภูมิอากาศ 24.60-34.10°C

| ระดับ<br>ความ<br>ลึก | การ<br>ทดลอง | วงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน |                | วงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน |                |
|----------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
|                      |              | สมการเส้นแนวโน้ม<br>เชิงเส้น      | R <sup>2</sup> | สมการเส้นแนวโน้ม<br>เชิงเส้น         | R <sup>2</sup> |
| h=0 cm               | 1            | y = 34.303x - 43.139              | 0.3998         | y = 1.8528x + 29.768                 | 0.0035         |
|                      | 2            | y = -2.5066x + 46.314             | 0.1742         | y = -2.7275x + 49.219                | 0.3218         |
|                      | 3            | y = -2.5277x + 51.865             | 0.2325         | y = -4.0426x + 62.585                | 0.7436         |
| h=10 cm              | 1            | y = 31.768x - 66.063              | 0.5885         | y = -22.827x + 112.99                | 0.0892         |
|                      | 2            | y = -10.733x + 129.13             | 0.6051         | y = -12.442x + 125.91                | 0.5702         |
|                      | 3            | y = -4.4775x + 69.915             | 0.7257         | y = -4.2198x + 67.037                | 0.9077         |
| h=20 cm              | 1            | y = 9.3957x - 1.9421              | 0.0428         | y = 13.289x - 26.277                 | 0.0805         |
|                      | 2            | y = -6.7316x + 92.89              | 0.1817         | y = -10.293x + 140.73                | 0.3191         |
|                      | 3            | y = -4.463x + 92.778              | 0.9054         | y = -3.5775x + 79.212                | 0.8661         |
| h=30 cm              | 1            | y = 20.667x - 56.12               | 0.7005         | y = 27.885x - 103.05                 | 0.2618         |
|                      | 2            | y = 9.9579x - 43.096              | 0.5839         | y = 5.8494x - 20.583                 | 0.0786         |
|                      | 3            | y = -3.4932x + 106.27             | 0.7628         | y = -5.3357x + 104.58                | 0.8243         |
| h=40 cm              | 1            | y = -10.647x + 87.175             | 0.1052         | y = -6.0978x + 73.713                | 0.1182         |
|                      | 2            | y = 8.1494x - 15.836              | 0.4739         | y = 10.708x - 57.172                 | 0.6043         |
|                      | 3            | y = -2.231x + 81.474              | 0.7992         | y = -6.0205x + 121.21                | 0.7687         |

ตารางที่ 4.2 สมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดิน  
ในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน ในช่วงกลางคืน  
ความชื้นสัมพัทธ์ 78-96%, อุณหภูมิอากาศ 24.80-29.50°C

| ระดับ<br>ความ<br>ลึก | การ<br>ทดลอง | วงบ่อซีเมนต์เมื่อมีพลาสติกคลุมดิน |         | วงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน |        |
|----------------------|--------------|-----------------------------------|---------|--------------------------------------|--------|
|                      |              | สมการเส้นแนวโน้ม<br>เชิงเส้น      | $R^2$   | สมการเส้นแนวโน้ม<br>เชิงเส้น         | $R^2$  |
| h=0 cm               | 1            | $y = 13.172x - 1.3372$            | 0.4970  | $y = 8.3391x + 8.7444$               | 0.4212 |
|                      | 2            | $y = 3.09x + 16.102$              | 0.6915  | $y = 1.1088x + 22.306$               | 0.017  |
|                      | 3            | $y = 6.6031x - 10.163$            | 0.2658  | $y = -5.6612x + 61.389$              | 0.2792 |
| h=10 cm              | 1            | $y = 20.239x - 28.779$            | 0.7253  | $y = 11.976x - 10.077$               | 0.7820 |
|                      | 2            | $y = 6.4009x - 27.836$            | 0.8707  | $y = 7.9561x - 28.444$               | 0.6386 |
|                      | 3            | $y = 8.8386x - 33.15$             | 0.5639  | $y = 5.066x - 8.4183$                | 0.3732 |
| h=20 cm              | 1            | $y = 26.413x - 58.795$            | 0.8534  | $y = 19.305x - 51.053$               | 0.2969 |
|                      | 2            | $y = 6.0125x - 30.784$            | 0.1459  | $y = 6.6652x - 40.843$               | 0.9089 |
|                      | 3            | $y = 5.551x - 38.144$             | 0.6085  | $y = 6.1264x - 45.939$               | 0.7805 |
| h=30 cm              | 1            | $y = 4.2037x + 13.41$             | 0.0113  | $y = -15.45x + 104.44$               | 0.1958 |
|                      | 2            | $y = -2.2961x + 49.576$           | 0.9240  | $y = -14.99x + 167.11$               | 0.2963 |
|                      | 3            | $y = 4.3048x - 54.839$            | 0.8708  | $y = 5.0513x - 35.554$               | 0.8731 |
| h=40 cm              | 1            | $y = -0.1267x + 31.909$           | 0.00002 | $y = -3.5688x + 56.053$              | 0.1220 |
|                      | 2            | $y = -4.003x + 55.363$            | 0.8634  | $y = -3.1946x + 58.019$              | 0.9622 |
|                      | 3            | $y = 2.1182x - 15.133$            | 0.5846  | $y = 3.3182x - 18.892$               | 0.6021 |

### 3. อภิปรายผลการวิจัย

จากการวัดและทำนายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์สำหรับการปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ดังภาพที่ 5 - 8 พบว่าอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีความสูง 40 cm และเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันทุกระดับความลึก ในช่วงเวลากลางวันที่มีรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยของดินอยู่ระหว่าง  $25.40 - 43.96$  °C ในทุกวงบ่อซีเมนต์ทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความชื้นเฉลี่ยของดินอยู่ระหว่าง  $3.2 - 9.6\%$  %Vol อุณหภูมิของดินจะมีการปรับตัวสูงขึ้นและความชื้นของดินจะมีการปรับตัวลดลง โดยจะมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นสูงในช่วงเวลา 08.00 - 16.00 น. และปรับตัวลดลงในช่วงกลางคืนเวลา 17.00 - 07.00 น. ซึ่งมีแนวโน้มลักษณะคล้ายกันและมีค่าใกล้เคียงกันทุกวงบ่อซีเมนต์ โดยในช่วงกลางวันอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm จะมีค่าสูงสุด  $43.96$  °C  $43.56$  °C และ  $42.26$  °C ตามลำดับ และความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm จะมีค่าต่ำสุด  $3.2\%$  %Vol  $6.3\%$  %Vol และ  $6.6\%$  %Vol ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากชั้นผิวดินด้านบนจะได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวันและจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งทำให้เกิดการระเหยของความชื้นที่บริเวณผิวดิน และในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm จะมีค่าต่ำสุด  $25.40$  °C  $26.14$  °C และ  $25.86$  °C ตามลำดับ ความชื้นเฉลี่ยของดินจะมีค่าสูงสุด  $8.8\%$  %Vol  $9.6\%$  %Vol และ  $9.4\%$  %Vol ตามลำดับ จะเห็นว่าในเวลากลางคืนอุณหภูมิของอากาศปรับตัวลดลง ทำให้ความชื้นของดินเพิ่มขึ้นทุกวงบ่อซีเมนต์ และค่าความชื้นเริ่มต้นของในแต่ละวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึกเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากภายในชั้นผิวดินสู่อากาศภายนอก จึงทำให้อุณหภูมิดินลดลงและไม่มีการสูญเสียความชื้นจากดินจึงทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากเกิดน้ำค้างที่ผิวดิน

จากตารางที่ 2 แสดงว่าอุณหภูมิดินในวงบ่อซีเมนต์  $d = 60$  cm ที่ระดับความลึก  $h = 10$  cm  $h = 20$  cm และ  $h = 30$  cm จะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $25 - 41$  °C ความชื้นอยู่ในช่วง  $13 - 9.3\%$  %Vol วงบ่อซีเมนต์  $d = 80$  cm ที่ระดับความลึก  $h = 10$  cm  $h = 20$  cm และ  $h = 30$  cm จะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $26 - 40$  °C ความชื้นอยู่ในช่วง  $7.2 - 10.5\%$  %Vol และวงบ่อซีเมนต์  $d = 100$  cm ที่ระดับความลึก  $h = 10$  cm  $h = 20$  cm และ  $h = 30$  cm จะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $27 - 38$  °C ความชื้นอยู่ในช่วง  $6.5 - 13.5\%$  %Vol โดยอุณหภูมิและความชื้นของดินแต่ละวงบ่อซีเมนต์ขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชแต่ละชนิด เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมของไม้ดอกไม้ประดับอยู่ในช่วง  $17 - 30$  °C (มนตรี, 2555) และอุณหภูมิที่เหมาะสมของไม้พุ่มประมาณ  $26 - 32$  °C (กรมส่งเสริมการเกษตรจังหวัดชลบุรี, 2559) ซึ่งสามารถปลูกได้ในวงบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm และความชื้นของดินอยู่ในช่วงระหว่าง  $13 - 9.3\%$  %Vol  $7.2 - 10.5\%$  %Vol และ  $6.5 - 13.5\%$  %Vol ตามลำดับ และสามารถทำนายอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $d = 60$  cm  $d = 80$  cm  $d = 100$  cm ได้ดังภาพที่ 9-10

จากการเปรียบเทียบความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึก  $h = 0$  cm  $h = 10$  cm  $h = 20$  cm  $h = 30$  cm และ  $h = 40$  cm ระหว่างวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559 วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559 และวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559 เวลา 06.00-05.00 น. พบว่าความชื้นเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติก

คลุมดินทุกระดับความลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน โดยที่ระดับความลึก  $h=0$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินจะมีค่าต่ำสุด และที่ระดับความลึก  $h=40$  cm ความชื้นเฉลี่ยของดินจะมีค่าสูงสุด

#### 4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินทุกระดับความลึก เป็นไปตามการศึกษาอิทธิพลของการคลุมพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับความลึก 30 เซนติเมตรตามงานวิจัยของอรธนา ดวงแพง และคณะ (2555) และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินในวงบ่อซีเมนต์ที่ระดับความลึก 10 cm เมื่อมีพลาสติกคลุมดินจะมีค่าสูงกว่าวงบ่อซีเมนต์เมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดินอยู่ประมาณ  $1.04-1.20^{\circ}\text{C}$  ในช่วงกลางวันซึ่งเป็นไปตามการศึกษาของ Ajay Kumar Singh and Shashi Kamal (2012) ที่ว่าการคลุมดินด้วยพลาสติกสีดำทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น  $2.30-3.40^{\circ}\text{C}$  และทำให้ผลผลิตมะเขือเทศเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิของดินจะอยู่ระหว่าง  $25.00-29.00^{\circ}\text{C}$  ความชื้นของดินจะอยู่ระหว่าง  $2.12-23.56\%\text{vol}$  ที่ทุกระดับความลึก สำหรับอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดินในช่วงกลางวันและกลางคืนจะมีสมการความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน มาเพื่อใช้ในการทำนายอุณหภูมิและความชื้นในวงบ่อซีเมนต์ได้ แต่ให้ค่าความเชื่อมั่นในระดับต่ำ โดยบางช่วงมี  $R^2$  ที่ยอมรับได้ บางช่วงมีค่า  $R^2$  ที่ยอมรับไม่ได้ อาจเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับชนิดดิน ปริมาณน้ำในดิน สีดิน การถ่ายเทอากาศในดิน ลักษณะทางกายภาพของดิน หรือจากความผันแปรที่ไม่ทราบแน่ชัด ทั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานให้ผู้ที่กำลังศึกษาปลูกพืชในวงบ่อซีเมนต์

เพื่อเป็นแนวทางที่ปรับปรุงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นของดินในวงบ่อซีเมนต์เมื่อมีและไม่มีพลาสติกคลุมดิน โดยปัญหาที่ผู้ทดลองได้พบ คือเรื่องอุปกรณ์วัดความชื้นของดินและอุณหภูมิของดินที่ต้องทำการเสียบและถอดออก ตลอดการวัดในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งอาจจะทำให้ค่าความชื้นและอุณหภูมิที่ได้มา มีความผิดพลาด รวมทั้งปัญหาความชื้นจากการรดน้ำด้วยบัวรดน้ำที่อาจจะเกิดความไม่สม่ำเสมอของน้ำในดิน ดังนั้นผู้ทำการทดลองมีข้อเสนอแนะในส่วนของการแก้ไขปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของดินและความชื้นของดินควรเป็นแบบโปรแกรมที่สามารถตั้งเวลาในการเก็บข้อมูลได้ (Data Logger, Digital) เนื่องจากที่ผู้ทดลองได้ทำการเก็บข้อมูลแล้ว พบว่าใช้เวลาในการเก็บข้อมูลครบทุกจุด ทั้ง อุณหภูมิดิน ความชื้นในดิน ข้อมูลสภาพอากาศ และความเข้มรังสีอาทิตย์ ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาทีต่อรอบ และหากเจอสภาพอากาศที่มีฝนอาจจะทำให้การเก็บข้อมูลนั้นล่าช้าไปกว่าเดิมและการรดน้ำเพื่อให้ความชื้นเริ่มต้นที่เท่ากัน ควรหาหัวฉีดพ่นน้ำที่เป็นละอองฝอยเพื่อให้ น้ำกระจายได้ทั่ววงบ่อซีเมนต์และมีความสม่ำเสมอ

#### 5. ผลผลิต (Output)

เสนอผลงานวิจัยเรื่อง Soil moisture and temperature with and without polyethylene mulching in concrete pipes: experimental research. ในการประชุมวิชาการนานาชาติ The 1st Maejo - Enginee International Conference on Renewable Energy (MEICRE 2017) ณ The Empress Hotel in Chiang Mai, Thailand ระหว่างวันที่ 31 May – 02 June 2017

ส่วนประกอบตอนท้าย

## 1.รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (NRMS 13 หลัก)..... สัญญาเลขที่ 71/25609

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การทำนายอุณหภูมิและความชื้นของดินดินเมื่อมีและไม่มีวัสดุคลุมดิน

สำหรับการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์ บริเวณภาคตะวันออก ประเทศไทย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์

รายงานในช่วงตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559

### รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 98,350.00 บาท เมื่อ 23 มกราคม 2560

งวดที่ 2 (40%) 78,680.00 บาท เมื่อ 23 สิงหาคม 2560

งวดที่ 3 (10%) 19,670.00 บาท อยู่ระหว่างการส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รวม 196,700.00 บาท (หนึ่งแสนเก้าหมื่นหกพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)

### รายจ่าย

| รายการ             | งบประมาณที่ตั้งไว้ | งบประมาณที่ใช้จริง |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. ค่าตอบแทน       | 30,000.00          | 36,000.00          |
| 2. ค่าจ้าง         | 65,275.00          | 35,213.00          |
| 3. ค่าวัสดุ        | 8000.00            | 13,500.00          |
| 4. ค่าใช้สอย*      | 73,755.00          | 92,317.00*         |
| 5. ค่าครุภัณฑ์     | -                  | -                  |
| 6. ค่าสาธารณูปโภค) | 19,670.00          | 19,670.00          |
| รวม                | 196,700.00         | 196,700.00         |

หมายเหตุ \*งบประมาณที่เหลืออยู่ระหว่างการส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

## 2. บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร เทคโนโลยีการผลิตมะนาวนอกฤดู ระบบการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เว็บไซต์  
[http://it.doa.go.th/learn/index.php?mod=Courses&op=lesson\\_show&uid=&cid=16&eid=&sid=&lid=205](http://it.doa.go.th/learn/index.php?mod=Courses&op=lesson_show&uid=&cid=16&eid=&sid=&lid=205). วันที่สืบค้น เดือน สิงหาคม 2558
- คณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์, 2543.หลักการกลีกรรรม.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- ธรรมรัตน์ รุ่งสังข์ (2551) ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการลวกต่อปริมาณลิโมนินและวิตามินซีในมะนาว  
พันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ  
อาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- นฤทธิ์ กลุ่มพงษ์ (2551) การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในดิน. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
- บุญคง คำครุฑลาวงษ์ (2552) แบบจำลองการอบแห้งชั้นบางของเมล็ดกาแฟสายพันธุ์คาร์ติมอร์ วารสาร  
วิทยาศาสตร์ ม.บูรพา. 14 (2552) 2: 70-77
- เบญจวรรณ เลิศวิจิตรจรัส (2547) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าธนบุรี
- ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 8 (2541) อุณหภูมิและความชื้นของดินอันเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช  
คณาจารย์คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปนัดดา นนทนา (2546) การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมะนาวด้วยวิธีแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ ปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าธนบุรี
- พิชัย สมบูรณ์วงศ์ นักวิชาการเกษตร (2555) เทคนิคการปลูกผลไม้ในภาชนะสำนักรักและส่งเสริมวิชาการ  
การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2541). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น ( พิมพ์ครั้งที่ ๘). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมศรี ฤทธิ์ดำ (2544) การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของดินในแต่ละระดับความลึก. การประชุมทางวิชาการ  
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาวิศวกรรมศาสตร์ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, กรุงเทพฯ
- สมศักดิ์ มณีพงศ์ (2552) ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย  
วลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช.
- สุกัญญา พัวพันธ์. (2552). การปลูกมะนาวในบ่อซีเมนต์ ทางแก้ปัญหาผลผลิตขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง.  
วารสารส่งเสริมการเกษตร, 39 (215) ,19-20
- องอาจ ยมนา (2545) การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนทำสวนมะนาวในอำเภอสามพราน จังหวัด  
นครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์เกษตร) สาขาเศรษฐศาสตร์  
เกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์และทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- อรรจนา ตัวแพง, เศรษฐ์ เจริญเขต, เอกภพ มลิันทานุช, ศิริรินทร์ จันทโพธิ์, โนบุยูกิ โอคาตะและฮารุโอะ ชูซูกิ. (2555). ผลของการใช้พลาสติกคลุมดินต่ออุณหภูมิดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์ ลูกผสมไวท์สวีทเตอร์ 65. วรสารวิทย์. กษ, 43(2) (พิเศษ), 73-76.
- Ajay Kumar Singh & Shashi Kamal. ( 2012). Effect of black plastic mulch on soil temperature and tomato yield in mid hills of Garhwal Himalayas. *Journal of Horticulture and Forestry*, 4(4), 78-80.
- Antonopoulos V.Z.. (2006). Water Movement and Heat Transfer Simulations in a Soil under Ryegrass. *Biosystems Engineering*, 95 (1), 127–138.
- Banimahd S.A., Sh. Zand-Parsa. (2013). Simulation of evaporation, coupled liquid water, water vapor and heat transport through the soil medium. *Agricultural Water Management*, 130, 168–177.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., and Lightfoot, E. N. (2005). *Transport Phenomena*. John Wiley and Sons, New York.
- Carlos Armando De Castro, Orlando Porras Rey. (2011). Numerical study on transient heat transfer under soil with plastic mulch in agriculture applications using a nonlinear finite element model. Open access <http://arXiv.org> > math > arXiv:1110.1690, Cornell University Library.
- Daniel Hillel. (1998). *Environmental soil physics*. ACADEMIC PRESS.
- Fares ,A. and A.K.Alva. 2000. Soil water components based on capacitance probes in a sandy soil. *Soil Sci. Soc.Am.J.* 64:311-318.
- Juan, C. Díaz-Pérez, & Dean, K. Batal. (2002). Colored Plastic Film Mulches Affect Tomato Growth and Yield Via Changes in Root-zone Temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127 (1), 127-135.
- Jun Zhang, Qun Chen, Changfu You. (2015). Numerical simulation of mass and heat transfer between biochar and sandy soil. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 91 (2015). 119–126
- Kozue Yuge, Keiki Shigematsu, Mitsumasa Anan, Shinogi Yoshiyuki. (2012). Effect of Crop Root on Soil Water Retentivity and Movement. *American Journal of Plant Sciences*, Vol. 3.
- Liu B.C., W. Liu, S.W. Peng. (2005). Study of heat and moisture transfer in soil with a dry surface layer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48, 4579–4589
- Locher, J., Ombódi, A., Kassai, T., & Dimény, J. (2005). Influence of coloured mulches on soil temperature and yield of sweet pepper . *Europ.J.Hort.Sci.*, 70 (2), 245-251.
- Mohammad Hossein Jahangir and Seyed Amirodin Sadrnejad.(2012) A new coupled heat, moisture and air transfer model in unsaturated soil. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 26 (11), 3661 - 3672.
- Wu C.L., K.W. Chau, J.S. Huang. (2007). Modelling coupled water and heat transport in a soil–mulch–plant–atmosphere continuum (SMPAC) system. *Applied Mathematical Modelling*, 31, 152–169.

Usavadee Tuntiwaranuruk, , Sirichai Thepa, Suvit Tia, Sakarin Bhumiratana. (2006). Modeling of soil temperature and moisture with andwithout rice husks in an agriculture greenhouse, Renewable Energy 31, 1934–1949.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | Ta    | RH%   | V (m/s) | It (W/m <sup>2</sup> ) | หมายเหตุ    |
|-------|-------|-------|---------|------------------------|-------------|
| 6.00  | 24.80 | 94.00 | 0.00    | 15.00                  | เมฆฝน       |
| 7.00  | 25.60 | 93.00 | 0.00    | 44.00                  | เมฆฝน       |
| 8.00  | 31.00 | 89.00 | 0.00    | 124.00                 |             |
| 9.00  | 31.50 | 71.00 | 0.00    | 495.00                 |             |
| 10.00 | 33.30 | 72.00 | 0.30    | 159.00                 | เมฆฝน       |
| 11.00 | 32.70 | 59.00 | 1.00    | 362.00                 |             |
| 12.00 | 33.30 | 61.00 | 1.40    | 382.00                 |             |
| 13.00 | 32.50 | 54.00 | 2.00    | 898.00                 |             |
| 14.00 | 31.90 | 62.00 | 0.70    | 316.00                 |             |
| 15.00 | 31.20 | 60.00 | 1.40    | 174.00                 |             |
| 16.00 | 30.90 | 66.00 | 1.00    | 160.00                 |             |
| 17.00 | 30.30 | 72.00 | 1.00    | 76.00                  |             |
| 18.00 | 27.80 | 72.00 | 0.70    | 33.00                  |             |
| 19.00 | 27.80 | 82.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 20.00 | 27.40 | 82.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 21.00 | 27.10 | 86.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 22.00 | 26.70 | 89.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 23.00 | 26.30 | 91.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 24.00 | 26.20 | 92.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 1.00  | 26.00 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 2.00  | 26.00 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 3.00  | 26.00 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 4.00  | 25.90 | 94.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |
| 5.00  | 25.80 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   | ไม่มีแสงแดด |

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | Ta    | RH%   | V (m/s) | It (W/m <sup>2</sup> ) | หมายเหตุ |
|-------|-------|-------|---------|------------------------|----------|
| 6.00  | 26.90 | 83.00 | 0.00    | 16.00                  |          |
| 7.00  | 27.40 | 79.00 | 0.30    | 63.00                  |          |
| 8.00  | 31.10 | 68.00 | 1.40    | 525.00                 |          |
| 9.00  | 31.90 | 64.00 | 1.70    | 260.00                 | มีเมฆฝน  |
| 10.00 | 32.30 | 62.00 | 1.40    | 405.00                 | มีเมฆฝน  |
| 11.00 | 33.00 | 60.00 | 1.40    | 261.00                 | มีเมฆฝน  |
| 12.00 | 33.00 | 54.00 | 2.00    | 520.00                 |          |
| 13.00 | 34.10 | 52.00 | 1.70    | 579.00                 |          |
| 14.00 | 34.10 | 52.00 | 1.40    | 740.00                 |          |
| 15.00 | 31.40 | 60.00 | 0.70    | 119.00                 | มีเมฆฝน  |
| 16.00 | 24.60 | 94.00 | 0.00    | 21.00                  | ฝนตก     |
| 17.00 | 24.60 | 94.00 | 0.00    | 25.00                  |          |
| 18.00 | 25.40 | 93.00 | 0.00    | 35.00                  |          |
| 19.00 | 25.10 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 20.00 | 25.90 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 21.00 | 25.30 | 94.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 22.00 | 25.40 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 23.00 | 25.40 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 24.00 | 25.40 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 1.00  | 25.50 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 2.00  | 25.40 | 95.00 | 2.10    | 0.00                   |          |
| 3.00  | 24.80 | 96.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 4.00  | 24.90 | 96.00 | 0.30    | 0.00                   |          |
| 5.00  | 25.00 | 95.00 | 0.00    | 0.00                   |          |

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลสภาพแวดล้อม วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | Ta    | RH%   | V (m/s) | It (W/m <sup>2</sup> ) | หมายเหตุ |
|-------|-------|-------|---------|------------------------|----------|
| 6.00  | 24.60 | 91.00 | 0.00    | 4.00                   |          |
| 7.00  | 27.50 | 86.00 | 0.00    | 62.00                  |          |
| 8.00  | 27.80 | 84.00 | 0.00    | 171.00                 |          |
| 9.00  | 32.70 | 66.00 | 0.00    | 274.00                 |          |
| 10.00 | 31.20 | 69.00 | 1.00    | 239.00                 |          |
| 11.00 | 32.70 | 61.00 | 1.00    | 955.00                 |          |
| 12.00 | 31.20 | 64.00 | 1.00    | 125.00                 | มีเมฆฝน  |
| 13.00 | 33.50 | 57.00 | 0.30    | 1025.00                |          |
| 14.00 | 32.90 | 59.00 | 0.70    | 919.00                 |          |
| 15.00 | 36.00 | 49.00 | 0.70    | 846.00                 |          |
| 16.00 | 33.40 | 56.00 | 0.70    | 140.00                 |          |
| 17.00 | 31.60 | 63.00 | 0.30    | 98.00                  |          |
| 18.00 | 30.90 | 65.00 | 0.70    | 24.00                  |          |
| 19.00 | 29.50 | 78.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 20.00 | 27.90 | 86.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 21.00 | 27.60 | 88.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 22.00 | 27.30 | 89.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 23.00 | 27.20 | 90.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 24.00 | 26.80 | 92.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 1.00  | 26.70 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 2.00  | 26.80 | 92.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 3.00  | 26.60 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 4.00  | 26.30 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |
| 5.00  | 26.30 | 93.00 | 0.00    | 0.00                   |          |

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 2.12  | 3.18   | 3.68   | 4.08   | 5.48   |
| 7.00  | 2.28  | 2.98   | 3.52   | 4.00   | 5.42   |
| 8.00  | 2.22  | 2.90   | 3.44   | 4.18   | 5.36   |
| 9.00  | 2.20  | 2.94   | 3.42   | 4.10   | 5.34   |
| 10.00 | 2.28  | 3.06   | 3.44   | 4.16   | 5.32   |
| 11.00 | 2.12  | 3.06   | 3.46   | 4.12   | 5.32   |
| 12.00 | 2.44  | 3.18   | 3.48   | 4.20   | 5.36   |
| 13.00 | 2.48  | 3.14   | 3.48   | 4.18   | 5.36   |
| 14.00 | 2.34  | 3.20   | 3.48   | 4.18   | 5.34   |
| 15.00 | 2.40  | 3.18   | 3.52   | 4.26   | 5.32   |
| 16.00 | 2.26  | 3.18   | 3.56   | 4.32   | 5.32   |
| 17.00 | 2.26  | 3.22   | 3.56   | 4.28   | 5.34   |
| 18.00 | 2.32  | 3.16   | 3.52   | 4.30   | 5.36   |
| 19.00 | 2.46  | 3.10   | 3.50   | 4.28   | 5.28   |
| 20.00 | 2.26  | 2.96   | 3.48   | 4.30   | 5.30   |
| 21.00 | 2.32  | 3.02   | 3.48   | 4.26   | 5.32   |
| 22.00 | 2.36  | 2.96   | 3.42   | 4.22   | 5.26   |
| 23.00 | 2.36  | 2.98   | 3.42   | 4.28   | 5.28   |
| 24.00 | 2.34  | 2.98   | 3.42   | 4.28   | 5.28   |
| 1.00  | 2.38  | 2.92   | 3.44   | 4.34   | 5.32   |
| 2.00  | 2.22  | 2.96   | 3.38   | 4.26   | 5.36   |
| 3.00  | 2.18  | 2.88   | 3.36   | 4.28   | 5.30   |
| 4.00  | 2.20  | 2.82   | 3.34   | 4.24   | 5.24   |
| 5.00  | 2.18  | 2.80   | 3.32   | 4.26   | 5.28   |

ตารางที่ ข.2 ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 5.64  | 9.32   | 9.36   | 7.26   | 5.60   |
| 7.00  | 5.84  | 9.36   | 9.22   | 7.28   | 5.62   |
| 8.00  | 5.86  | 9.14   | 9.22   | 7.28   | 5.56   |
| 9.00  | 5.70  | 9.02   | 9.16   | 7.24   | 5.56   |
| 10.00 | 5.76  | 9.22   | 9.12   | 7.28   | 5.46   |
| 11.00 | 5.50  | 9.02   | 9.00   | 7.28   | 5.66   |
| 12.00 | 5.14  | 9.04   | 9.04   | 7.30   | 5.70   |
| 13.00 | 4.50  | 8.92   | 9.02   | 7.40   | 5.66   |
| 14.00 | 4.02  | 8.58   | 8.96   | 7.42   | 5.58   |
| 15.00 | 4.04  | 8.70   | 8.86   | 7.44   | 5.68   |
| 16.00 | 3.74  | 8.44   | 8.92   | 7.56   | 5.90   |
| 17.00 | 3.66  | 8.94   | 9.10   | 7.66   | 5.84   |
| 18.00 | 4.40  | 9.26   | 9.62   | 7.84   | 5.88   |
| 19.00 | 3.80  | 9.22   | 9.98   | 8.02   | 6.14   |
| 20.00 | 4.04  | 9.08   | 10.18  | 7.94   | 6.20   |
| 21.00 | 4.02  | 8.96   | 10.08  | 8.26   | 6.12   |
| 22.00 | 3.78  | 8.94   | 10.06  | 8.50   | 6.34   |
| 23.00 | 3.64  | 8.90   | 10.16  | 8.82   | 6.32   |
| 24.00 | 3.58  | 8.84   | 10.00  | 8.96   | 6.24   |
| 1.00  | 3.70  | 8.72   | 9.90   | 8.96   | 6.38   |
| 2.00  | 3.60  | 8.84   | 10.06  | 9.14   | 6.58   |
| 3.00  | 3.58  | 8.78   | 10.00  | 9.14   | 6.64   |
| 4.00  | 3.42  | 8.64   | 9.98   | 9.16   | 6.58   |
| 5.00  | 3.26  | 8.46   | 10.02  | 9.12   | 6.64   |

ตารางที่ ข.3 ความชื้นของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 8.88  | 9.72   | 14.78  | 22.38  | 23.56  |
| 7.00  | 8.32  | 9.42   | 14.46  | 22.34  | 23.54  |
| 8.00  | 7.96  | 9.04   | 14.42  | 21.82  | 23.44  |
| 9.00  | 7.82  | 8.86   | 14.16  | 22.22  | 23.38  |
| 10.00 | 7.54  | 8.64   | 14.10  | 22.06  | 23.38  |
| 11.00 | 7.22  | 8.40   | 14.20  | 21.96  | 23.16  |
| 12.00 | 6.98  | 8.14   | 13.94  | 21.80  | 23.24  |
| 13.00 | 6.76  | 8.02   | 13.54  | 21.92  | 23.26  |
| 14.00 | 6.36  | 7.84   | 13.28  | 21.50  | 22.30  |
| 15.00 | 6.24  | 7.72   | 13.00  | 21.10  | 22.26  |
| 16.00 | 6.00  | 7.66   | 12.86  | 21.02  | 22.12  |
| 17.00 | 5.86  | 7.54   | 12.80  | 20.78  | 22.36  |
| 18.00 | 5.88  | 7.44   | 13.02  | 20.62  | 21.82  |
| 19.00 | 6.00  | 7.50   | 12.82  | 20.16  | 21.98  |
| 20.00 | 6.08  | 7.32   | 12.32  | 20.10  | 21.90  |
| 21.00 | 6.22  | 7.32   | 12.70  | 20.02  | 21.88  |
| 22.00 | 6.10  | 7.44   | 12.52  | 19.94  | 21.88  |
| 23.00 | 5.98  | 7.02   | 12.50  | 19.84  | 21.54  |
| 24.00 | 6.24  | 7.28   | 12.52  | 19.74  | 21.50  |
| 1.00  | 6.10  | 7.20   | 12.44  | 19.84  | 21.34  |
| 2.00  | 5.94  | 7.24   | 12.38  | 19.84  | 21.48  |
| 3.00  | 5.94  | 7.18   | 12.22  | 19.52  | 21.42  |
| 4.00  | 5.78  | 7.12   | 12.18  | 19.56  | 21.62  |
| 5.00  | 3.26  | 8.46   | 10.02  | 9.12   | 6.64   |

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 2.54  | 3.58   | 4.10   | 4.74   | 7.16   |
| 7.00  | 2.76  | 3.56   | 4.30   | 4.76   | 7.26   |
| 8.00  | 2.62  | 3.60   | 4.28   | 4.74   | 7.34   |
| 9.00  | 2.74  | 3.56   | 4.20   | 4.76   | 7.20   |
| 10.00 | 2.90  | 3.60   | 4.24   | 4.74   | 7.34   |
| 11.00 | 2.76  | 3.52   | 4.22   | 4.76   | 7.30   |
| 12.00 | 2.62  | 3.48   | 4.26   | 4.76   | 7.30   |
| 13.00 | 2.68  | 3.56   | 4.26   | 4.70   | 7.20   |
| 14.00 | 2.58  | 3.62   | 4.22   | 4.82   | 7.16   |
| 15.00 | 2.38  | 3.56   | 4.26   | 4.76   | 7.28   |
| 16.00 | 2.48  | 3.52   | 4.24   | 4.76   | 7.24   |
| 17.00 | 2.42  | 3.52   | 4.26   | 4.78   | 7.24   |
| 18.00 | 2.36  | 3.46   | 4.28   | 4.80   | 7.14   |
| 19.00 | 2.38  | 3.44   | 4.24   | 4.78   | 7.20   |
| 20.00 | 2.28  | 3.40   | 4.20   | 4.80   | 7.14   |
| 21.00 | 2.40  | 3.38   | 4.20   | 4.78   | 7.22   |
| 22.00 | 2.46  | 3.36   | 4.22   | 4.84   | 7.18   |
| 23.00 | 2.42  | 3.38   | 4.26   | 4.86   | 7.26   |
| 24.00 | 2.30  | 3.34   | 4.20   | 4.82   | 7.08   |
| 1.00  | 2.22  | 3.16   | 4.20   | 4.82   | 7.36   |
| 2.00  | 2.28  | 3.24   | 4.24   | 4.86   | 7.22   |
| 3.00  | 2.18  | 3.12   | 4.14   | 4.82   | 7.22   |
| 4.00  | 2.20  | 3.14   | 4.16   | 4.84   | 7.24   |
| 5.00  | 2.16  | 3.18   | 4.16   | 4.80   | 7.24   |

ตารางที่ ค.2 ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 7.04  | 7.80   | 10.92  | 8.96   | 8.04   |
| 7.00  | 6.98  | 7.62   | 10.74  | 8.88   | 8.10   |
| 8.00  | 6.84  | 7.52   | 10.76  | 8.78   | 8.10   |
| 9.00  | 6.58  | 7.80   | 10.66  | 8.72   | 8.10   |
| 10.00 | 6.44  | 7.74   | 10.56  | 8.72   | 8.14   |
| 11.00 | 6.14  | 7.28   | 10.44  | 8.74   | 8.06   |
| 12.00 | 5.92  | 7.46   | 10.36  | 8.68   | 8.16   |
| 13.00 | 5.08  | 7.12   | 10.44  | 8.76   | 8.20   |
| 14.00 | 5.16  | 7.28   | 10.52  | 8.96   | 8.26   |
| 15.00 | 4.92  | 7.22   | 10.44  | 8.96   | 8.28   |
| 16.00 | 4.78  | 7.56   | 10.62  | 8.80   | 8.26   |
| 17.00 | 4.80  | 7.52   | 10.56  | 8.78   | 8.30   |
| 18.00 | 4.74  | 7.52   | 10.70  | 9.00   | 8.46   |
| 19.00 | 4.44  | 7.28   | 10.94  | 9.06   | 8.28   |
| 20.00 | 4.38  | 7.26   | 10.74  | 9.18   | 8.50   |
| 21.00 | 4.14  | 7.24   | 10.72  | 9.18   | 8.56   |
| 22.00 | 4.44  | 7.32   | 10.68  | 9.16   | 8.56   |
| 23.00 | 4.46  | 7.20   | 10.56  | 9.14   | 8.62   |
| 24.00 | 4.36  | 7.04   | 10.50  | 9.16   | 8.68   |
| 1.00  | 4.40  | 7.08   | 10.44  | 9.18   | 8.80   |
| 2.00  | 4.42  | 7.12   | 10.40  | 9.22   | 8.84   |
| 3.00  | 4.36  | 7.10   | 10.54  | 9.18   | 8.94   |
| 4.00  | 4.24  | 7.12   | 10.34  | 9.14   | 9.14   |
| 5.00  | 4.42  | 6.92   | 10.36  | 9.20   | 9.12   |

ตารางที่ ค.3 ความชื้นของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมดิน วันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 9.14  | 9.98   | 14.76  | 14.62  | 15.64  |
| 7.00  | 8.62  | 9.68   | 14.70  | 14.50  | 15.52  |
| 8.00  | 8.18  | 9.32   | 14.44  | 14.46  | 15.46  |
| 9.00  | 7.66  | 8.90   | 14.12  | 14.34  | 15.42  |
| 10.00 | 7.34  | 8.66   | 13.92  | 14.18  | 15.46  |
| 11.00 | 7.02  | 8.30   | 13.62  | 14.00  | 15.24  |
| 12.00 | 6.70  | 8.12   | 13.54  | 14.10  | 15.34  |
| 13.00 | 6.42  | 8.04   | 13.36  | 14.14  | 15.32  |
| 14.00 | 6.18  | 7.68   | 13.22  | 13.84  | 15.10  |
| 15.00 | 5.96  | 7.52   | 13.14  | 13.88  | 15.16  |
| 16.00 | 5.56  | 7.42   | 12.98  | 13.76  | 15.06  |
| 17.00 | 5.72  | 7.46   | 12.72  | 13.52  | 15.06  |
| 18.00 | 5.74  | 7.36   | 12.70  | 13.66  | 14.92  |
| 19.00 | 5.68  | 7.66   | 12.56  | 13.56  | 14.98  |
| 20.00 | 5.82  | 7.48   | 12.62  | 13.48  | 14.96  |
| 21.00 | 5.86  | 7.40   | 12.46  | 13.38  | 14.98  |
| 22.00 | 5.88  | 7.36   | 12.54  | 13.40  | 15.00  |
| 23.00 | 6.00  | 7.46   | 12.50  | 13.40  | 14.96  |
| 24.00 | 5.86  | 7.48   | 12.40  | 13.28  | 14.96  |
| 1.00  | 6.16  | 7.54   | 12.38  | 13.26  | 14.76  |
| 2.00  | 5.98  | 7.44   | 12.22  | 13.00  | 14.74  |
| 3.00  | 5.88  | 7.44   | 12.24  | 13.18  | 14.58  |
| 4.00  | 5.82  | 7.02   | 12.12  | 12.86  | 14.84  |
| 5.00  | 5.82  | 7.24   | 12.06  | 12.94  | 14.54  |

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 25.48 | 26.56  | 27.52  | 27.92  | 28.80  |
| 7.00  | 26.90 | 27.22  | 27.76  | 28.62  | 29.18  |
| 8.00  | 27.82 | 26.92  | 27.32  | 28.02  | 28.62  |
| 9.00  | 31.20 | 27.74  | 28.04  | 28.24  | 28.64  |
| 10.00 | 34.56 | 30.04  | 28.40  | 27.90  | 28.86  |
| 11.00 | 38.96 | 31.44  | 28.88  | 28.46  | 28.48  |
| 12.00 | 39.56 | 34.02  | 30.72  | 30.10  | 29.76  |
| 13.00 | 43.38 | 35.30  | 31.96  | 30.04  | 30.16  |
| 14.00 | 42.88 | 37.68  | 33.80  | 31.90  | 31.10  |
| 15.00 | 40.62 | 37.88  | 34.66  | 32.62  | 31.82  |
| 16.00 | 37.80 | 37.14  | 34.82  | 33.18  | 31.94  |
| 17.00 | 35.78 | 36.48  | 34.88  | 33.38  | 32.24  |
| 18.00 | 33.74 | 35.54  | 34.06  | 33.50  | 32.20  |
| 19.00 | 32.58 | 34.78  | 34.38  | 33.46  | 32.56  |
| 20.00 | 30.94 | 33.20  | 33.40  | 32.84  | 32.20  |
| 21.00 | 30.26 | 32.42  | 32.76  | 32.32  | 31.88  |
| 22.00 | 29.24 | 31.80  | 32.40  | 32.18  | 31.84  |
| 23.00 | 29.06 | 31.06  | 31.82  | 31.80  | 31.58  |
| 24.00 | 28.54 | 30.18  | 31.26  | 31.22  | 31.08  |
| 1.00  | 28.10 | 29.84  | 30.52  | 30.88  | 30.94  |
| 2.00  | 27.64 | 29.34  | 30.18  | 30.50  | 30.64  |
| 3.00  | 27.52 | 29.06  | 29.94  | 30.26  | 30.60  |
| 4.00  | 27.16 | 28.72  | 29.46  | 29.92  | 30.28  |
| 5.00  | 26.98 | 28.38  | 29.22  | 29.70  | 30.02  |

ตารางที่ ง.2 อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 27.22 | 27.62  | 28.06  | 28.20  | 28.82  |
| 7.00  | 27.44 | 27.48  | 27.88  | 28.12  | 28.84  |
| 8.00  | 29.24 | 27.94  | 27.92  | 28.44  | 28.72  |
| 9.00  | 31.46 | 28.82  | 28.30  | 28.28  | 28.92  |
| 10.00 | 34.46 | 30.32  | 28.42  | 28.34  | 28.94  |
| 11.00 | 36.66 | 31.94  | 30.02  | 28.96  | 29.38  |
| 12.00 | 38.40 | 34.08  | 31.26  | 29.92  | 29.96  |
| 13.00 | 41.78 | 36.30  | 33.10  | 31.54  | 31.00  |
| 14.00 | 42.28 | 37.86  | 34.52  | 32.82  | 31.64  |
| 15.00 | 39.20 | 38.44  | 35.64  | 33.96  | 32.80  |
| 16.00 | 31.80 | 34.76  | 35.76  | 33.64  | 32.94  |
| 17.00 | 31.68 | 35.38  | 35.22  | 33.52  | 31.08  |
| 18.00 | 30.54 | 32.42  | 33.10  | 32.36  | 31.70  |
| 19.00 | 29.00 | 31.68  | 31.88  | 31.40  | 31.18  |
| 20.00 | 28.54 | 30.86  | 31.32  | 31.04  | 30.86  |
| 21.00 | 27.96 | 29.66  | 30.54  | 30.44  | 30.58  |
| 22.00 | 27.90 | 29.02  | 30.16  | 30.14  | 30.30  |
| 23.00 | 27.68 | 28.90  | 29.68  | 29.74  | 30.04  |
| 24.00 | 27.40 | 28.50  | 29.32  | 29.28  | 29.86  |
| 1.00  | 27.24 | 28.26  | 29.02  | 29.12  | 29.56  |
| 2.00  | 26.92 | 27.98  | 28.82  | 28.76  | 29.14  |
| 3.00  | 26.64 | 27.72  | 28.36  | 28.62  | 29.12  |
| 4.00  | 26.54 | 27.40  | 28.28  | 28.34  | 28.94  |
| 5.00  | 26.20 | 27.14  | 27.90  | 27.98  | 28.48  |

ตารางที่ ง.2 อุณหภูมิของดินเมื่อมีพลาสติกคลุมวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 26.30 | 27.02  | 27.74  | 27.54  | 27.96  |
| 7.00  | 26.66 | 26.72  | 27.24  | 27.32  | 27.88  |
| 8.00  | 27.30 | 27.26  | 27.62  | 27.64  | 27.88  |
| 9.00  | 30.24 | 27.52  | 27.52  | 27.64  | 28.00  |
| 10.00 | 33.16 | 29.00  | 28.28  | 28.20  | 28.36  |
| 11.00 | 36.66 | 30.70  | 29.12  | 28.04  | 28.14  |
| 12.00 | 37.28 | 33.38  | 30.68  | 29.72  | 28.44  |
| 13.00 | 38.12 | 32.76  | 30.38  | 28.38  | 28.44  |
| 14.00 | 41.28 | 34.08  | 31.90  | 30.34  | 29.46  |
| 15.00 | 42.46 | 36.12  | 33.52  | 31.54  | 31.00  |
| 16.00 | 39.68 | 37.44  | 34.24  | 32.22  | 31.06  |
| 17.00 | 35.86 | 36.18  | 34.06  | 32.26  | 31.32  |
| 18.00 | 33.80 | 35.70  | 33.46  | 32.24  | 31.50  |
| 19.00 | 33.10 | 34.08  | 33.42  | 31.92  | 31.60  |
| 20.00 | 31.50 | 33.42  | 32.84  | 31.80  | 31.48  |
| 21.00 | 31.92 | 32.36  | 32.08  | 31.58  | 31.34  |
| 22.00 | 30.14 | 31.64  | 31.50  | 30.92  | 31.08  |
| 23.00 | 29.40 | 30.94  | 31.04  | 30.78  | 30.82  |
| 24.00 | 28.92 | 30.38  | 30.70  | 30.50  | 30.78  |
| 1.00  | 28.80 | 30.10  | 30.36  | 30.22  | 30.54  |
| 2.00  | 28.44 | 29.52  | 30.10  | 30.02  | 30.32  |
| 3.00  | 27.92 | 29.20  | 29.68  | 29.76  | 30.14  |
| 4.00  | 27.72 | 28.78  | 28.62  | 29.48  | 29.90  |
| 5.00  | 27.60 | 28.66  | 29.24  | 28.58  | 29.84  |

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 3-4 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 25.82 | 26.74  | 27.54  | 27.90  | 28.62  |
| 7.00  | 27.04 | 26.96  | 27.58  | 28.02  | 28.78  |
| 8.00  | 28.76 | 27.06  | 27.22  | 27.64  | 28.24  |
| 9.00  | 33.42 | 28.28  | 27.18  | 28.02  | 28.00  |
| 10.00 | 35.40 | 30.58  | 28.58  | 28.52  | 28.86  |
| 11.00 | 38.82 | 32.10  | 29.14  | 29.08  | 28.86  |
| 12.00 | 39.90 | 34.34  | 29.90  | 29.46  | 29.00  |
| 13.00 | 42.14 | 35.32  | 30.40  | 29.86  | 29.02  |
| 14.00 | 40.12 | 36.20  | 32.12  | 31.04  | 30.46  |
| 15.00 | 37.92 | 35.96  | 32.76  | 31.42  | 30.80  |
| 16.00 | 34.52 | 34.86  | 32.88  | 31.52  | 30.90  |
| 17.00 | 33.96 | 34.12  | 32.88  | 31.70  | 31.20  |
| 18.00 | 31.86 | 33.12  | 32.74  | 31.66  | 31.36  |
| 19.00 | 30.78 | 32.40  | 32.44  | 31.52  | 31.38  |
| 20.00 | 29.38 | 31.30  | 31.64  | 31.16  | 31.00  |
| 21.00 | 28.88 | 30.50  | 31.24  | 30.90  | 31.06  |
| 22.00 | 28.26 | 29.90  | 30.74  | 30.56  | 30.82  |
| 23.00 | 28.04 | 29.44  | 30.36  | 30.32  | 30.72  |
| 24.00 | 27.54 | 28.94  | 29.86  | 30.00  | 30.34  |
| 1.00  | 27.18 | 28.38  | 29.36  | 29.50  | 29.88  |
| 2.00  | 26.96 | 27.98  | 28.94  | 29.24  | 29.62  |
| 3.00  | 26.78 | 27.92  | 28.84  | 28.90  | 29.52  |
| 4.00  | 26.62 | 27.68  | 28.80  | 28.88  | 29.58  |
| 5.00  | 26.04 | 27.06  | 27.94  | 28.22  | 28.88  |

ตารางที่ จ.2 อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 26.96 | 27.96  | 28.36  | 28.62  | 29.22  |
| 7.00  | 27.18 | 27.74  | 28.44  | 28.60  | 29.18  |
| 8.00  | 28.22 | 27.92  | 28.04  | 28.32  | 28.74  |
| 9.00  | 32.18 | 29.22  | 28.28  | 28.02  | 28.36  |
| 10.00 | 34.72 | 31.22  | 29.44  | 29.18  | 28.58  |
| 11.00 | 35.36 | 32.88  | 31.22  | 30.46  | 30.10  |
| 12.00 | 36.72 | 33.86  | 31.64  | 30.76  | 29.94  |
| 13.00 | 40.14 | 36.26  | 33.78  | 32.84  | 31.54  |
| 14.00 | 39.98 | 37.36  | 34.04  | 32.80  | 31.54  |
| 15.00 | 36.64 | 37.68  | 35.04  | 34.12  | 32.46  |
| 16.00 | 32.60 | 35.16  | 35.36  | 33.72  | 32.70  |
| 17.00 | 32.50 | 35.10  | 35.34  | 33.68  | 32.64  |
| 18.00 | 30.94 | 32.18  | 32.92  | 32.46  | 31.78  |
| 19.00 | 28.88 | 30.84  | 32.06  | 31.74  | 31.56  |
| 20.00 | 27.78 | 29.96  | 31.16  | 31.12  | 31.04  |
| 21.00 | 27.70 | 29.30  | 30.54  | 30.82  | 30.94  |
| 22.00 | 27.72 | 28.98  | 30.24  | 30.38  | 30.70  |
| 23.00 | 27.18 | 28.40  | 29.64  | 29.92  | 30.32  |
| 24.00 | 26.86 | 28.16  | 29.30  | 29.60  | 30.04  |
| 1.00  | 26.80 | 27.92  | 29.08  | 29.20  | 29.88  |
| 2.00  | 26.82 | 27.72  | 28.88  | 29.04  | 29.62  |
| 3.00  | 26.78 | 27.48  | 28.42  | 28.78  | 29.36  |
| 4.00  | 26.10 | 27.28  | 28.10  | 28.44  | 29.06  |
| 5.00  | 26.04 | 27.06  | 27.94  | 28.22  | 28.88  |

ตารางที่ จ.3 อุณหภูมิของดินเมื่อไม่มีพลาสติกคลุมวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2559

| เวลา  | h=0cm | h=10cm | h=20cm | h=30cm | h=40cm |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6.00  | 26.02 | 27.08  | 27.72  | 27.92  | 28.46  |
| 7.00  | 26.16 | 26.78  | 27.20  | 28.62  | 28.24  |
| 8.00  | 27.08 | 27.12  | 27.44  | 28.02  | 28.32  |
| 9.00  | 31.56 | 28.72  | 27.28  | 28.24  | 27.60  |
| 10.00 | 32.90 | 30.70  | 29.04  | 27.90  | 28.90  |
| 11.00 | 32.68 | 31.54  | 29.94  | 28.46  | 29.36  |
| 12.00 | 33.88 | 30.96  | 30.80  | 30.10  | 29.94  |
| 13.00 | 32.38 | 31.66  | 30.32  | 30.04  | 31.18  |
| 14.00 | 35.16 | 32.52  | 30.78  | 31.90  | 28.84  |
| 15.00 | 36.14 | 34.60  | 31.96  | 32.62  | 30.40  |
| 16.00 | 34.80 | 35.40  | 33.36  | 33.18  | 31.42  |
| 17.00 | 32.60 | 33.82  | 32.98  | 33.38  | 31.26  |
| 18.00 | 31.20 | 32.74  | 32.60  | 33.50  | 31.60  |
| 19.00 | 31.22 | 32.04  | 32.26  | 33.46  | 31.62  |
| 20.00 | 29.44 | 30.86  | 31.70  | 32.84  | 31.38  |
| 21.00 | 28.72 | 30.18  | 30.86  | 32.32  | 30.84  |
| 22.00 | 28.42 | 29.20  | 30.28  | 32.18  | 30.70  |
| 23.00 | 27.78 | 29.14  | 29.86  | 31.80  | 30.50  |
| 24.00 | 27.56 | 28.76  | 29.62  | 31.22  | 30.30  |
| 1.00  | 27.34 | 28.44  | 29.26  | 30.88  | 30.06  |
| 2.00  | 27.42 | 28.26  | 29.12  | 30.50  | 29.92  |
| 3.00  | 27.08 | 28.00  | 28.78  | 30.26  | 29.74  |
| 4.00  | 26.90 | 27.88  | 28.42  | 29.92  | 29.56  |
| 5.00  | 26.78 | 27.62  | 28.32  | 29.70  | 29.44  |

#### 4.ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวารานุรักษ์  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Dr Usavadee Tuntiwaranuruk
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-8008-00077-19-6
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
โทรศัพท์ 081-8629020  
E-mail: usavadee@buu.ac.th

#### 5. ประวัติการศึกษา

| ปี   | ปริญญา | อักษรย่อสาขาวิชา         | ชื่อสถาบันการศึกษา                                                             | ประเทศ |
|------|--------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 2522 | ตรี    | วท.บ. (ฟิสิกส์)          | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                                                     | ไทย    |
| 2529 | โท     | วท.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน) | บางแสน                                                                         | ไทย    |
| 2549 | เอก    | วท.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน) | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี | ไทย    |

#### 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

พลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ทางด้านเกษตรกรรม เทอร์โมไดนามิกส์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ

### ผลงานวิจัย -

- พัชรภรณ์ ยาบา และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์. (2558). การศึกษาพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์การอบแห้ง กือโป๊ะ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11๑ (AE-2-11).  
 ชลบุรี : มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- มารีนา มะหนิ, อรรวิ เกียรติไพศาลโสภณ และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์. (2558). ความชื้นสมดุล ไอโซเทอมของข้าว. การงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ ๒๕ ภายใต้หัวข้อ: วิจัยไทยเพื่ออนาคต (Thai Research: A Vision of Futurity). ระหว่างวันที่ 10-13 มิถุนายน 2558. (หน้า 55-56). สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- วิศรุต ศรีนวล, อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์, วรสิทธิ์ ศรีบุญ และ ศักดิ์สิทธิ์ สุขประสงค์ (2560). การออกแบบและ สร้างชุดทดสอบเพื่อหาค่าการส่งผ่านแสงของพอลิเอทิลีนในงานเกษตรกรรม. วารสารวิทยาศาสตร์ บูรพา. การประชุมวิชาการ ระดับชาติ วิทยวิจัย ครั้งที่ 9 ปีที่ 22 (ฉบับพิเศษ). ชลบุรี.
- U. Tuntiwaranuruk, W. Sriboon, N. Sanoamuang. (2016). Hourly soil temperature and moisture content variations within a concrete pipe container for planting lime trees in Eastern Thailand. CASE STUDIES IN THERMAL ENGINEERING.
- U. Tuntiwaranuruk, C. Lekjaisue. (2017). Thermal Properties for Thermal Insulation from Earth Ginger (*Etlingera littoralis* Gieseke). King Mongkuts Agricultural Journal.
- U. Tuntiwaranuruk, W. Sriboon. (2017). Soil moisture and temperature with and without polyethylene mulching in concrete pipes: experimental research. Maejo International Journal of Science and Technology.