การพัฒนาและศึกษาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

DEVELOPMENT AND STUDY OF A COMBINED SOLAR-ELECTRICITY SOY-BEAN SEED DRYER

รัชดาภรณ์ แก้วกล้ำ

RACHADAPORN KAEWKLUM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-868-4

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาและศึกษาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

DEVELOPMENT AND STUDY OF A COMBINED SOLAR-ELECTRICITY SOY-BEAN SEED DRYER

รัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ

RACHADAPORN KAEWKLUM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49297
วัน, เดือน, ปี 19 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2546

ISBN 974-324-868-4

DEVELOPMENT AND STUDY OF A COMBINED SOLAR-ELECTRICITY SOY-BEAN SEED DRYER

RACHADAPORN KAEWKLUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

ISBN 974-324-868-4

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาและศึกษาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน

DEVELOPMENT AND STUDY OF A COMBINED SOLAR-ELECTRICITY SOY-BEAN SEED DRYER

ชื่อนักศึกษา นางสาวรัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ

รหัสประจำตัว 44644800

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.พงษ์เจต	พรหมวงศ์	
ดร.วิภา	เจียระไนวชิระ	
รศ.เกรียงศักดิ์	สุวรรณโพธิ์ศรี	
ผศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	
อาจารย์วัชระ	เพิ่มชาติ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 28 ตุลาคม 2546 เวลา 10.30-12.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-401)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 17 **เดือน** พฤศจิกายน **พ.ศ.** 2546

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาและศึกษาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน
นักศึกษา	น.ส.รัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ
รหัสประจำตัว	44644800
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ.วัชระ เพิ่มชาติ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแบบใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้ความร้อนหลักและใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อนเสริม ในขั้นตอนแรกของการศึกษาได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นให้มีขนาดที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานของกลุ่มเกษตรกรในระดับหมู่บ้านหรือสหกรณ์หมู่บ้าน โดยเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นมีขนาดความจุเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 200 กิโลกรัม โดยในการทดลองเบื้องต้นได้ทำการศึกษาหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ของเครื่องลดความชื้น และพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับแสงในกรณีไม่เปิดพัดลมดูดลมร้อนในวันที่ท้องฟ้าโปร่งและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 36 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในกรณีที่เปิดพัดลมดูดลมร้อน จะมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์

ในขั้นตอนที่สอง เป็นการทดลองลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือความชื้นสุดท้าย 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า ใช้เวลาในการอบประมาณ 12—18 ชั่วโมง โดยใช้พลังงานในการลดความชื้นประมาณ 0.021—0.059 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของลมร้อนในการทดลอง สำหรับการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อผ่านการลดความชื้นแล้ว พบว่า เครื่องลดความชื้นนี้ไม่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเสียไป โดยทั้งเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งก่อนและหลังการลดความชื้น มีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และสำหรับค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่ามาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 89 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title	Development and Study of A Combined Solar-Electricity Soy-bean Seed Dryer
Student	Miss Rachadaporn Kaewklum
Student ID.	44644800
Degree	Master of Engineering
Programme	Agricultural Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Mr. Watchara Permchart
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Jiraporn Benjaprakairat

ABSTRACT

This thesis presents the development of a soybean seed solar dryer by using electric heater as a co-heat source. Based on an appropriate capacity of the dryer for a farmer group or a village cooperative, a 200-kg-soybean-capacity dryer has been developed. In the preliminary tests, the thermal efficiency of a solar collector of the dryer in various weather conditions is investigated. It is found that the thermal efficiencies of a solar collector for the cases of a blower turned off are about 36% and 30% in clear sky and clouded sky days respectively. For the cases of a blower turned on, the results have shown that the thermal efficiencies of a solar collector are found to be in the range of 50—70% higher than those of a blower turned off.

In the experimental tests of soybean seed drying, the 13% moist "Chiang Mai-60" soybean seed is used as the tested samples and dried to 9% of final moisture content. Depending on the flow rate of heated air fed into the drying chamber, the drying time is found to be in the range of 12—18 hr whereas the electrical consumption is found to be in the range of 0.021—0.059 MJ/kg-hr. Additionally, the testing of soybean seed quality have shown that there is no significant effect of this dryer on a seed quality indicated from the percentages of seed germination as well as seed vigor before and after the drying process. Particularly for the percentage of soybean seed germination, it is found to be in a higher value when compared to the standard of soybean seed quality of Seed Centre, Department of Agriculture Extension. In average, it is found to be 89%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก อ. วัชระ เพิ่มชาติ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน ทั้งในส่วนของการให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณสมชาย ฉ่ำศาสตร์ และคุณสุรพล ยศเทียม นักวิชาการศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลือง

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. อารมณ์ ศรีพิจิตต์ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และห้องทดลองสำหรับการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อันส่งผลทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณจินดารัตน์ จึงวัฒนศิริกุล ผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัท เทอร์มาเฟลกซ์ อินซูเลชั่น เอเชีย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ฉนวนกันความร้อน เพื่อนำมาใช้ในการสร้างเครื่องลดความชื้นในการศึกษานี้

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ ญาติพี่น้องทุกท่าน และ คุณไพรัตน์ อัครโรจน์กิจ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมาโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 4

2.1 ฤดูปลูกถั่วเหลือง 4

2.2 การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 7

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ 8

2.4 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ 12

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์ 20

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 24

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ 29

3.1 ทฤษฎีแผงรับแสงอาทิตย์ 29

3.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ 35

บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 49

4.1 การออกแบบ 49

4.2 การก่อสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 54

4.3 การจัดเตรียมการทดลอง 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 62

5.1 ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ 62

5.2 การลดความชื้นเมล็ดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 67

5.3 ค่าการใช้พลังงาน 70

5.4 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ 74

5.5 การหาระยะเวลาคืนทุน 77

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 79

6.1 สรุปผลการศึกษา 79

6.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 81

เอกสารอ้างอิง 82

ภาคผนวก 85

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ 86

ภาคผนวก ข ข้อมูลการลดความชื้นเมล็ดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 92

ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 99

ภาคผนวก ง บทคัดย่อผลงานที่เผยแพร่ 105

ประวัติผู้เขียน 107

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ปริมาณ มูลค่าการนำเข้าและส่งออกถั่วเหลือง 1

1.2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ ของประเทศที่ปลูกถั่วเหลืองรายใหญ่ 2

2.1 อิทธิพลของความชื้นเมล็ดพันธุ์และอุณหภูมิที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10

3.1 วิธีการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พืชสำคัญบางชนิด 39

3.2 ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ 43

5.1 การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้น 16-16.5 % และ สิ้นสุดที่ 12 % 73

5.2 การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจนเหลือความชื้นสิ้นสุด 9.5 % 74

5.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ 75

5.4 การตรวจสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาเมล็ดไว้นาน 2 เดือนครึ่ง 77

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ของระบบการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยกับแหล่งของเมล็ดพันธุ์	6
2.2	ขั้นตอนหลักในการผลิตเมล็ดพันธุ์	7
2.3	ขั้นตอนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์	8
2.4	การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในระหว่างการพัฒนาเมล็ดพันธุ์	9
2.5	การเคลื่อนไหวของระดับความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศประจำวัน	11
2.6	เครื่องลดความชื้นชนิด Bin Batch Dryer	14
2.7	เครื่องลดความชื้นชนิด Wagon Batch Dryer	15
2.8	เครื่องลดความชื้นชนิด Continuous-flow Crossflow Dryer	16
2.9	เครื่องลดความชื้นชนิด Concurrent-flow Dryer	17
2.10	เครื่องลดความชื้นชนิด Rotary Dryer	18
2.11	ส่วนประกอบที่สำคัญของถังลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบ Circular Batch Dryer	19
2.12	เครื่องลดความชื้นชนิด Circular Batch Dryer ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืช จ.ชลบุรี ..	19
2.13	ปล่องกระจายลมตรงกลางถัง	20
2.14	เครื่องทำความร้อนใช้น้ำมันดีเซล และ พัดลม	20
2.15	แผงรับแสงทำอากาศร้อนด้วยแสงอาทิตย์ตามการพาความร้อนแบบอิสระ	21
2.16	รายละเอียดอาคารซึ่งด้านบนเป็นแผงรับแสงอาทิตย์	21
2.17	แผงรับแสงแบบลอนหรือแบบแผ่นเรียบตามการพาความร้อนแบบบังคับ	22
2.18	รูปแบบแผงรับแสงที่ใช้ในการทดสอบการหาความลึกช่องอากาศไหล	22
2.19	แผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบลอนที่ใช้วิเคราะห์ความลึกช่องอากาศไหล	23
2.20	แผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบเมตริกซ์	24
2.21	การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบสารเคลือบผิวบนแผงรับแสง	24
2.22	ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	25
2.23	แผงรับแสงที่ใช้ในการทดสอบอบตะไคร้	26
2.24	ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานเสริม LPG	27
2.25	เครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์	27
2.26	ตู้อบแห้งข้าว แสดงตำแหน่งของช่องอากาศซึ่งชักขึ้นลงได้	28
3.1	ภาพตัดขวางแผงรับแสง	29
3.2	วงจรความร้อนสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ในรูปที่ 3.1	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.3	ตัวอย่างกล่องพลาสติกและตะแกรงลวดในการทดสอบการเร่งอายุ	47
4.1	รายละเอียดโครงแผงรับแสงอาทิตย์	49
4.2	รายละเอียดแผงรับแสงอาทิตย์	50
4.3	รายละเอียดตู้ลดความชื้น	51
4.4	ภาพ 3 มิติ ส่วนประกอบตู้ลดความชื้น	52
4.5	พัดลม Centrifugal แบบใบพัดโค้งหน้า	53
4.6	รายละเอียด Heater และกล่อง	53
4.7	Wiring diagram ตู้ควบคุม	54
4.8	แผงรับแสงอาทิตย์	54
4.9	ตู้ลดความชื้นด้านบน	55
4.10	ตู้ลดความชื้นด้านข้าง	55
4.11	Heater และกล่อง	56
4.12	ตู้ควบคุม	56
4.13	เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เมื่อก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์	57
4.14	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง	59
5.1	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อท้องฟ้าโปร่งและมีเมฆ	62
5.2	ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อเปิดพัดลมและทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง	63
5.3	ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน	64
5.4	ประสิทธิภาพแผงรับแสงโดยเฉลี่ยเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน	64
5.5	อุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าตู้ลดความชื้นเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน	65
5.6	อุณหภูมิลมร้อนสูงสุดก่อนเข้าตู้อบเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน	65
5.7	ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าอุณหภูมิในตู้ลดความชื้น	66
5.8	ความแตกต่างของอุณหภูมิตามความสูงของตู้ลดความชื้น	67
5.9	การลดลงของความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง	68
5.10	การลดลงของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	69
5.11	กระบวนการอบแห้งบนแผนภูมิอากาศชื้น	69
5.12	หน่วยการใช้ไฟฟ้าในการลดความชื้นช่วงที่มีแสงแดด	70
5.13	หน่วยการใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.14	ค่าไฟฟ้าในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในหนึ่งครั้ง	72
5.15	หน่วยการใช้ไฟฟ้าในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในวันที่มีและไม่มีแสงแดด...	72
5.16	เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อผ่านการเพาะความงอก	75
5.17	เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เกิดความเสียหายจากความแตกร้าว	76

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตและการค้าระหว่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกสำหรับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงทางการเกษตร และยังเป็นแหล่งสำคัญในการผลิตน้ำมันที่ใช้ในการบริโภค

ความสำคัญของถั่วเหลือง ไม่ว่าจะเป็นในด้านแหล่งอาหารโปรตีนหรือ การขยายตัวของอุตสาหกรรมน้ำมันพืช รัฐบาลจึงได้สนับสนุนการผลิตถั่วเหลืองโดยบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตั้งแต่ปี 2510 เป็นต้นมา เนื่องจากความต้องการใช้ถั่วเหลืองในประเทศไทยยังคงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าถั่วเหลืองเป็นจำนวนมาก โดยดูได้จากตารางที่ 1.1 ที่แสดงถึงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออกถั่วเหลืองของประเทศไทย [1] ซึ่งพบว่า ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการนำเข้าถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยในปี 2545 มีมูลค่าการนำเข้าถั่วเหลืองสูงถึง 14,000 ล้านบาท

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกถั่วเหลืองของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540-2545

ปี	การนำเข้า		การส่งออก	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2540	869,397	8,613.95	329	5.95
2541	687,255	7,142.00	797	8.67
2542	1,007,983	7,954.68	781	10.23
2543	1,320,402	11,473.79	617	10.55
2544	1,363,224	12,381.76	335	7.33
2545	1,528,557	13,927.64	834	14.54

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546

การที่กำลังการผลิตภายในประเทศมีไม่เพียงพอต่อความต้องการนั้น เป็นผลมาจากผลผลิตถั่วเหลืองที่ได้เฉลี่ยต่อไร่ของประเทศมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ผลิตรายอื่น ๆ ตามตารางที่ 1.2 พบว่าประเทศไทยสามารถผลิตถั่วเหลืองได้เฉลี่ย 227 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ประเทศอื่น ๆ สามารถ

ผลิตถั่วเหลืองได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเกิดจากอุปสรรคสำคัญหลายประการด้วยกัน เช่น พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ ปริมาณเมล็ดสายพันธุ์ดี สภาพการเก็บรักษา และที่สำคัญ คือ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูก

ตารางที่ 1.2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ของประเทศที่ปลูกถั่วเหลืองรายใหญ่ของโลก

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)		
	2542	2543	2544	2542	2543	2544	2542	2543	2544
สหรัฐ	183,238	183,142	187,516	72,223	75,055	79,117	394	410	422
บราซิล	81,634	85,250	87,093	30,987	32,735	37,675	380	384	433
อาร์เจนตินา	51,125	53,984	64,250	20,000	20,207	26,200	391	374	408
จีน	49,764	58,120	54,376	14,245	15,300	15,000	286	263	276
อินเดีย	37,389	38,456	37,500	6,792	5,085	5,600	182	132	149
ปารากวัย	7,266	7,353	7,558	3,035	2,980	3,585	417	405	474
แคนาดา	6,275	6,616	6,794	2,781	2,698	3,007	443	408	443
อินโดนีเซีย	7,194	6,044	6,044	1,383	1,010	1,150	192	167	190
อิตาลี	1,538	1,581	1,500	893	904	870	581	572	580
ไทย	1,401	1,344	1,286	319	312	292	227	232	227
อื่น ๆ	22,666	22,065	22,787	4,932	4,899	4,796	218	222	210

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546

โดยปกติ เกษตรกรที่เพาะปลูกถั่วเหลืองจะต้องซื้อเมล็ดพันธุ์จากศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร หรือหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง หรืออาจจะทำเมล็ดพันธุ์เองโดยการตากเพื่อลดความชื้น โดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ วิธีการนี้ในฤดูฝนหรือในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงไม่สามารถปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในวันที่มีแสงอาทิตย์ดี ความร้อนที่เกิดขึ้นอาจจะสูงเกินไป จนส่งผลทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็ว เมล็ดพันธุ์แตกร้าว สูญเสียความงอกและความแข็งแรงในที่สุด ซึ่งปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ล้วนทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ต่ำ ซึ่งส่งผลถึงรายได้ของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อย ถ้าสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เกษตรกรจะได้ผลผลิตที่สูงขึ้นและทำให้รายได้เพิ่มมากขึ้นด้วย

เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศและข้อเสียต่าง ๆ ของการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น น่าจะเป็นทางออกที่ดีของปัญหา อีกทั้งประเทศไทยอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ทำให้ช่วงเวลาที่ได้รับแสงอาทิตย์มีมาก ถ้าสามารถนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ใน

การลดความชื้นทางอ้อม ก็จะช่วยในการประหยัดค่าการใช้พลังงาน อีกทั้งแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่บริสุทธิ์ จึงไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

1.2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักและใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานเสริมในช่วงกลางคืน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการอบลดความชื้นเฉพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยใช้แสงอาทิตย์ที่กรุงเทพฯ

1.3.2 ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดสอบไม่เกิน 20%

1.3.3 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบเป็นพันธุ์เชียงใหม่ 60

1.3.4 ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยวิธีการเพาะความงอกโดยใช้กระดาษเพาะ ตรวจสอบความแข็งแรงโดยใช้วิธีการเร่งอายุ และตรวจสอบความเสียหายจากความแตกร้าวโดยวิธีฟาสท์ กรีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สร้างขึ้นนี้คาดว่าจะสามารถเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น อีกทั้งเกษตรกรสามารถนำเครื่องลดความชื้นนี้ไปใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ในกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกถั่วเหลืองได้เพื่อลดต้นทุนในการซื้อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ฤดูปลูกถั่วเหลือง

พืชวงศ์ถั่วทุกชนิด รวมทั้งถั่วเหลือง นับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในระบบการปลูกพืช แต่พืชดังกล่าวไม่มีบทบาทในลักษณะของพืชหลัก เป็นเพียงพืชรองอยู่เสมอ ในระบบการปลูกพืชนั้น ถั่วเหลืองสามารถเป็นองค์ประกอบได้หลายลักษณะ เช่น การปลูกถั่วเหลืองหลังข้าวในฤดูแล้งในที่ราบลุ่มภาคเหนือ เช่นในจังหวัดเชียงใหม่ หรือเป็นการปลูกก่อนหรือตามข้าวโพด ในที่ดอนในฤดูฝน ในเขตจังหวัดบางจังหวัดในภาคกลาง เช่น จังหวัดกาญจนบุรี หรือในเขตจังหวัดเลย นอกจากลักษณะการปลูกก่อนหรือหลังพืชอื่น ๆ ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน ทั้งในพื้นที่ราบและพื้นที่ดอน ในลักษณะของการปลูกพืชตามลำดับแล้ว ถั่วเหลืองยังสามารถปลูกเป็นพืชแซมระหว่างไม้ผล เช่น ส้มและลำไยในภาคเหนือ แซมต้นยางพารา และปาล์มน้ำมันในพื้นที่ดอนของภาคกลาง หรือปลูกแซมต้นมาคัดคาเมียนัทในที่ราบเชิงเขาจังหวัดนครราชสีมา นครนายก และฉะเชิงเทรา ได้อีกด้วย

โดยทั่วไป มักจะมีการปลูกถั่วเหลืองให้เจริญเติบโตในพื้นที่ 2 ประเภท คือ พื้นที่ดอนและพื้นที่ลุ่ม [2] หากพบว่า มีการปลูกถั่วเหลืองในที่ลุ่มแล้ว จะสังเกตได้ว่า จะเป็นการปลูกหมุนเวียนระหว่างพืชสองหรือสามชนิดขึ้นไป หรือมีการปลูกเมล็ดถั่วเหลืองใต้ตอซังข้าวไม่ไถพรวน และอาจมีการคลุมฟาง หรืออาจจะหมายถึงถั่วเหลืองที่เป็นพืชชนิดหนึ่งในจำนวนพืชหลาย ๆ ชนิด ในระบบพืชเหลื่อมฤดู ยิ่งมีน้ำชลประทาน พื้นที่ถือครองจำกัดและมีแรงงานในครัวเรือนมาก ก็ยิ่งจะพบการปลูกพืชเหลื่อมฤดูมากขึ้นเรื่อย ๆ Wood and Myers [2] ได้อธิบายเสริมว่า สาเหตุที่พื้นที่ลุ่มในประเทศเอเชียและภูมิภาคเอเชียอาคเนย์มีการปลูกพืชหายชนิดนั้น เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่เกษตรกรมักตั้งรกรากอยู่เป็นเวลานานแล้ว ยิ่งใกล้แหล่งน้ำ เช่น คลองหรือแม่น้ำ ก็ยิ่งมีการตั้งหลักแหล่งกันมากขึ้น ดังนั้น ระบบการเกษตรจึงพัฒนาและเข้มข้นในพื้นที่เหล่านี้ เพื่อให้รองรับกับความต้องการอาหารและสินค้าเกษตรของประชากร

พื้นที่ดอนเป็นพื้นที่อีกประเภทหนึ่งที่มีการปลูกพืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ในพื้นที่เหล่านี้ แต่เดิมอยู่ในลักษณะของป่า แต่เนื่องจากมีการขยายตัวของประชากรเพิ่มสูงขึ้น เกษตรกรต่าง ๆ ก็ยิ่งมีความต้องการพื้นที่ปลูกพืชมากขึ้นทุกที พื้นที่ป่าจึงถูกใช้ในการเกษตรในลักษณะของการทำไร่เลื่อนลอย ยิ่งมีการปลูกพืชในการทำไร่เลื่อนลอย พื้นที่ดังกล่าวก็ถูกเปิดและป่าก็กลายเป็นที่ดอนสำหรับการเกษตรต่อไป

พื้นที่ดอนต่างกับพื้นที่ลุ่ม ในลักษณะที่ไม่ค่อยได้น้ำชลประทาน จึงทำการปลูกพืชได้เฉพาะในฤดูฝน ดังนั้น ความเข้มข้นของระบบการปลูกพืชจึงยังไม่มีมากนัก พืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วเหลืองนั้น

เกษตรกรใช้ปลูกในต้นหรือปลายฤดูฝน โดยปลูกก่อนข้าวโพดในต้นฤดูฝน หรือปลูกตามหลังข้าวโพดหรือข้าวฟ่างในปลายฤดูฝน

โดยสรุปแล้ว ถั่วเหลืองในประเทศไทย ปลูกได้ 3 ฤดูกาล คือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ซึ่งเกษตรกรในท้องถิ่นต่าง ๆ นิยมปลูกตามสภาพของฤดูกาลที่แตกต่างกัน

2.1.1 ต้นฤดูฝน

การปลูกถั่วเหลืองในต้นฤดูฝนนี้ จะเริ่มปลูกตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคม ท้องถิ่นที่ทำการปลูกในระยะเวลาดังกล่าวได้แก่ จังหวัดสุโขทัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอำเภอสวรรคโลกและศรีสัชนาลัย และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม พันธุ์มาตรฐานที่ปลูกเป็นส่วนมาก ได้แก่ พันธุ์ สจ.1 สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 และ สุโขทัย 2 ถั่วเหลืองที่ปลูกในบริเวณเหล่านี้ เรียกในทางการค้าว่า ถั่วเหลืองสวรรคโลก โดยปกติแล้ว ถั่วเหลืองที่ปลูกต้นฤดูฝนจะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากเก็บเกี่ยวในช่วงที่ฝนตกหนัก และเกษตรกรจะขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมในลักษณะของถั่วเหลืองเกรดต่ำ ผลิตผลของถั่วเหลืองในต้นฤดูฝนจะเท่ากับ 40 % ของผลผลิตทั้งหมด

2.1.2 ปลายฤดูฝน

เกษตรกรเริ่มปลูกถั่วเหลืองปลายฤดูฝน ประมาณปลายเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤศจิกายน ท้องถิ่นที่ทำการปลูกในปลายฤดูฝนในภาคกลางได้แก่ จังหวัดสระบุรี นครสวรรค์ ลพบุรี เพชรบูรณ์ และกาญจนบุรี ส่วนในภาคเหนือตอนล่างได้แก่ จังหวัดสุโขทัย และ กำแพงเพชร เมล็ดที่ได้จากการปลูกในปลายฤดูฝน มักจะมีคุณภาพดี ส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นเมล็ดพันธุ์เกรด 1 สำหรับฤดูแล้ง และส่วนที่เหลือนั้น เกษตรกรจะจำหน่ายให้กับพ่อค้าในลักษณะของถั่วเหลืองเกรดที่ 2 สำหรับการแปรรูปเป็นอาหาร จะมีบางส่วนเท่านั้นที่เกษตรกรขายให้กับโรงงานสกัดน้ำมันพืช โดยปกติ ผลิตผล ถั่วเหลืองที่ปลูกปลายฤดูฝนจะเท่ากับ 30 % ของปริมาณถั่วเหลืองที่ผลิตได้ทั้งหมด

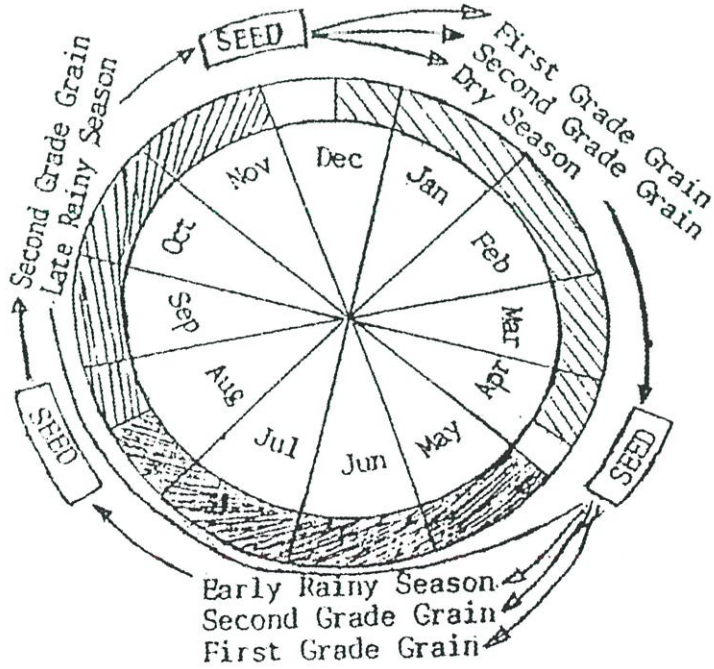
ในบางปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ หรือฤดูฝนสิ้นสุดลงรวดเร็วในกลางเดือนตุลาคม อาจมีอิทธิพลทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองปลายฤดูฝนลดน้อยลงไป เพราะการขาดน้ำ อย่างไรก็ตาม หากฝนตกต้องตามฤดูกาล ถั่วเหลืองปลายฤดูฝนก็จะให้ทั้งผลผลิตสูง และมีคุณภาพดีกว่าถั่วเหลืองต้นฤดูฝน ซึ่งมักจะเกิดความเสียหายกับเมล็ดในขณะที่เก็บเกี่ยว เนื่องจากฝนและความชื้นในขณะเก็บเกี่ยวเมล็ด

2.1.3 ฤดูแล้ง

ในฤดูแล้ง เกษตรกรในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เช่น ในจังหวัดเชียงใหม่ นิยมปลูกถั่วเหลืองในระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเป็นหลัก ในพื้นที่ ๆ มีการชลประทาน โดยปลูกข้าวใน

ฤดูฝนและถั่วเหลืองในฤดูแล้ง เกษตรกรจะปลูกถั่วเหลืองในเดือนธันวาคมถึง มกราคม และเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายน ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูแล้งจัดเป็นถั่วเหลืองเกรด 1 เพราะปลูกในฤดูแล้งแต่มีการให้น้ำ ปัญหาเรื่องคุณภาพของเมล็ดจึงไม่เกิดขึ้น ถั่วเหลืองที่ผลิตในฤดูแล้งนี้มีปริมาณเท่ากับ 50 % ของถั่วเหลืองที่ผลิตของประเทศต่อปี

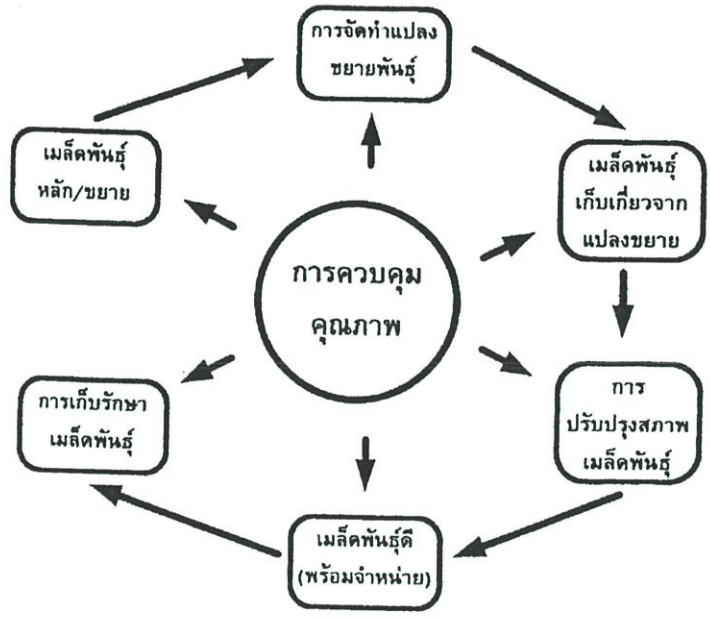
ระบบการผลิตถั่วเหลือง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในประเทศไทย เป็นการผลิตถั่วเหลือง 3 ครั้งต่อปีนั้น ก่อให้เกิดประโยชน์ในการปลูกถั่วเหลืองและในการค้าเมล็ดพันธุ์และผลผลิตถั่วเหลืองเป็นอย่างยิ่ง จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ถั่วเหลืองที่ได้จากการปลูกในช่วงปลายฝน ซึ่งส่วนใหญ่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง จะถูกใช้เป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับการปลูกในฤดูแล้ง และเมื่อถั่วเหลืองที่เพิ่งจะเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ในเดือนพฤศจิกายน ถูกใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ในเดือนมกราคม ดังนั้น คุณภาพของเมล็ดพันธุ์จึงอยู่ในระดับสูง และเกษตรกรก็สามารถขายถั่วเหลืองดังกล่าวเป็นเมล็ดพันธุ์ในราคาสูง ในขณะเดียวกัน เกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งก็สามารถที่จะขายถั่วเหลืองของตนเป็นเมล็ดพันธุ์ให้กับเกษตรกรที่จะปลูกถั่วเหลืองในต้นฤดูฝน ถึงแม้ถั่วเหลืองจะเป็นพืชที่สูญเสียความงอกได้เร็วหากมีการเก็บรักษาที่ไม่ดี และในสภาพการณ์ของเกษตรกรนั้น ไม่สามารถที่จะมีห้องเก็บเมล็ดพันธุ์ที่ดีได้ การปลูกถั่วเหลือง 3 ครั้งต่อปี ในระบบดังกล่าว จึงเป็นการช่วยแก้ปัญหาการลดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของระบบการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยกับแหล่งของเมล็ดพันธุ์

2.2 การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ในปัจจุบัน มีหน่วยงานราชการหลายหน่วยงานซึ่งทำหน้าที่ผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ ศูนย์ขยายพันธุ์พืช ของกรมส่งเสริมการเกษตร ซึ่งในการผลิตเมล็ดพันธุ์มีขั้นตอนหลักดังรูปที่ 2.2 [3]



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนในการผลิตเมล็ดพันธุ์

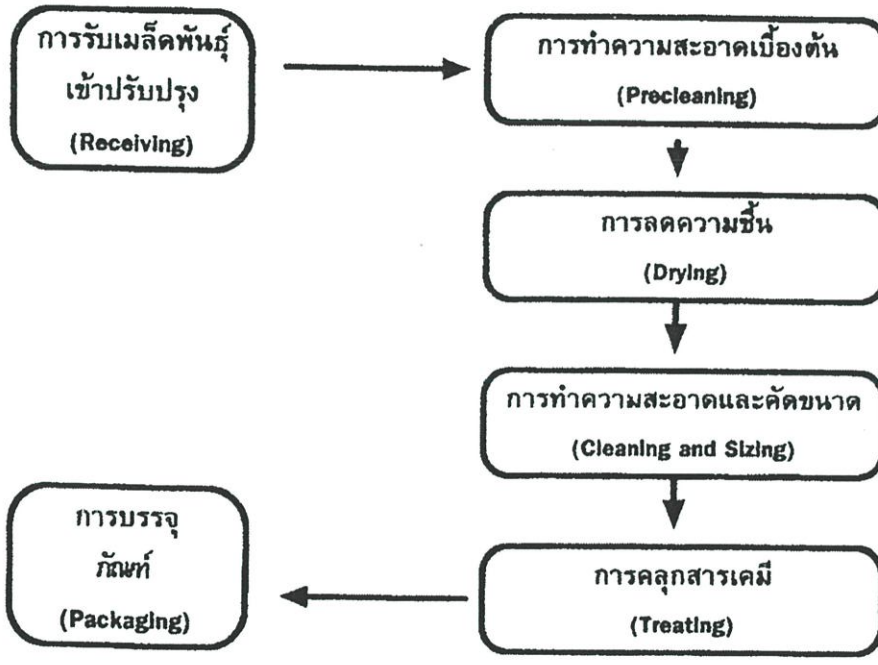
การผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืช เป็นการผลิตเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่มาก และเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้นั้นจะต้องมีมาตรฐานคุณภาพภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยปกติเมล็ดพันธุ์หลังเก็บเกี่ยวจากแปลงขยายพันธุ์ยังมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพียงพอที่จะจำหน่ายเป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับเพาะปลูกได้ทันที เนื่องจากยังมีปัจจัยที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ ปะปนอยู่

โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักรกล เช่น เครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งพบว่า มีปัจจัยที่ไม่เหมาะสมเป็นจำนวนมาก เช่น ปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ยังสูงเกินกว่าระดับที่เก็บรักษาปลอดภัย เมล็ดไม่ได้ขนาด เมล็ดยังไม่สุกแก่เต็มที่ เมล็ดที่ถูกทำลายโดยโรคและแมลง การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์จึงเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติ หลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์จากแปลงผลิต เพื่อยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยการขจัดหรือลดปริมาณปัจจัยที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ ให้อยู่ในปริมาณที่กำหนดเพื่อการรักษาระดับมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ทำการผลิต

ดังนั้น การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีขอบเขตงานที่ต้องรับผิดชอบตั้งแต่การรับเมล็ดพันธุ์หลังเก็บเกี่ยว จนกระทั่งมีการบรรจุภัณฑ์เป็นเมล็ดพันธุ์

พร้อมจำหน่าย ขั้นตอนในการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไป จะจัดเป็นส่วน ๆ ตามลำดับงานที่ปฏิบัติ ตามรูปที่ 2.3 คือ

- การรับเมล็ดพันธุ์
- การทำความสะอาดเบื้องต้น
- การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์
- การทำความสะอาดและคัดขนาด
- การคลุกสารเคมี
- การบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์

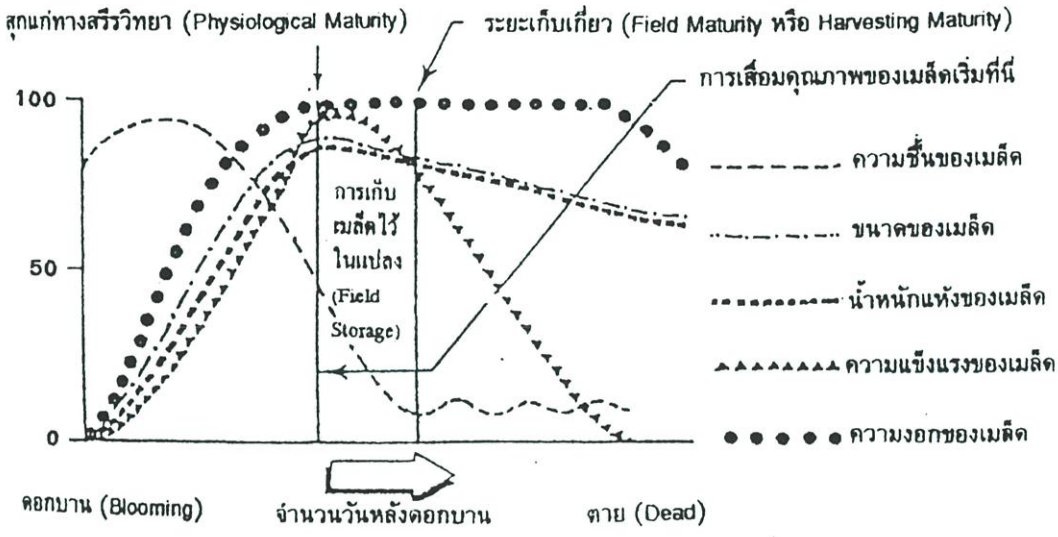
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

เพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น ควรพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 ความชื้นเมล็ดพันธุ์

ความชื้นเมล็ดพันธุ์ คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพันธุ์ โดยธรรมชาติ น้ำเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์ ปริมาณน้ำหรือความชื้นในเมล็ดพันธุ์จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อเมล็ดพันธุ์มี

การพัฒนา จนเมล็ดสิ้นสุดการพัฒนา หรือที่เรียกว่า เมล็ดมีความสุกแก่ทางสรีรวิทยา ตามรูปที่ 2.4 ในขณะนั้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นสูงสุด และปริมาณความชื้นในเมล็ดก็ยังคงสูงอยู่ ประมาณ 30-50% แล้วแต่ชนิดพืช [4] หลังจากนั้นระดับความชื้นในเมล็ดพันธุ์จะเคลื่อนไหวตามสภาพบรรยากาศ เพื่อรักษาระดับคงที่เมื่อเข้าสู่สมดุลย์กับบรรยากาศนั้น ซึ่งเรียกว่า ความชื้นสมดุลย์ของเมล็ดพันธุ์



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในระหว่างการพัฒนาเมล็ดพันธุ์

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ พร้อมที่จะเกิดขึ้นทุกขณะหลังจากเมล็ดพันธุ์ถึงสภาวะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่ออัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างนั้น ความชื้นเมล็ดพันธุ์ยิ่งสูง อัตราการเสื่อมคุณภาพยิ่งรุนแรง ความสำคัญเรื่องความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นี้ Harrington ได้เสนอกฎ "Thumb Rules of Drying Seed" [5] เพื่อเป็นการประเมินความรุนแรงในการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างเก็บรักษาไว้ว่า ทุก ๆ ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลง 1% อายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นทวีคุณ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

2.3.2 อุณหภูมิ

โดยปกติอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มักจะต่างกับอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์เอง ถ้าอุณหภูมิที่ใช้มีค่าสูงเกินไป หรือ เมล็ดแห้งเร็วเกินไป อาจทำให้เมล็ดเกิดรอยแตกร้าวได้ [6] ความเสียหายเช่นนี้ทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกและความแข็งแรง [7] นอกจากนี้ การลดความชื้นด้วยอุณหภูมิที่สูงยังทำให้เมมเบรนได้รับความเสียหายอีกด้วย จากการลดความชื้นเมล็ด

พันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งมีความชื้น 14, 16 และ 18% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง [8] พบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดที่มีความชื้น 18% ลดลงมากที่สุด แต่เมื่อลดด้วยอุณหภูมิ 40-55 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาเดียวกัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพเมล็ดพันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า การลดความชื้นเมล็ดที่มีความชื้นสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ นักวิทยาศาสตร์หลายท่านแนะนำให้ใช้อุณหภูมิ 32-43 องศาเซลเซียส [9]

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของความชื้นเมล็ดพันธุ์และอุณหภูมิที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

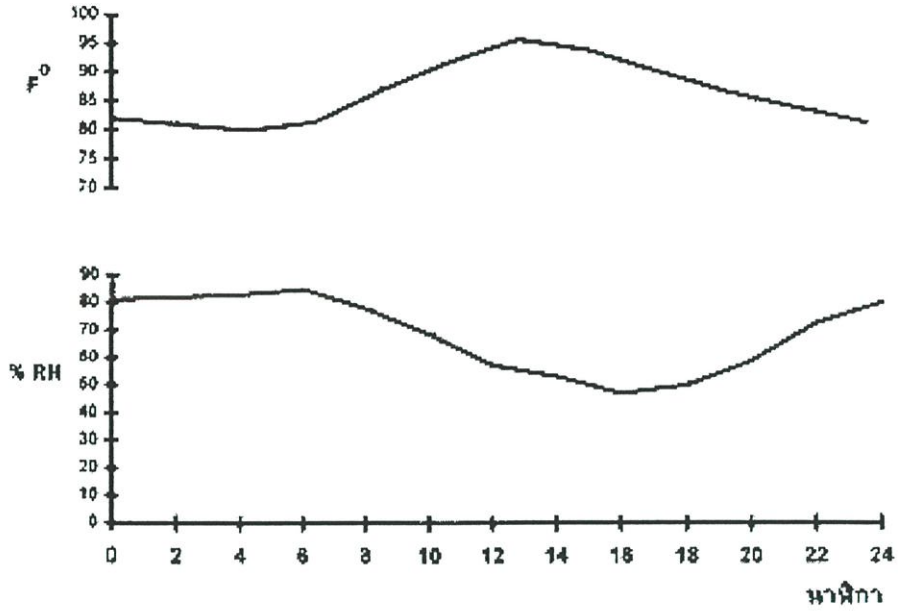
ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	เวลาในการเก็บรักษา (ปี)						
		0.5	1	2	3	4	5	10
		เปอร์เซ็นต์ความงอก						
9.4	10	93	95	98	93	99	92	94
	20	97	97	96	94	89	90	0
	30	96	96	0				
13.9	10	95	95	96	92	88	49	0
	20	98	98	0				
	30	0	0					

ที่มา : Toole, E.H. and V.K. Toole. 1946. Relation of Temperature and Seed Moisture to Viability of Stored Soybean Seed. USDA Cir. 753

2.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณน้ำที่อากาศสามารถรับได้เต็มที่ (อิ่มตัว) ในขณะนั้น อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แสดงว่า อากาศนั้นยังมีขีดความสามารถรับน้ำได้อีกมาก ตามธรรมชาติความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสามารถแปรเปลี่ยน เมื่อระดับอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง ในขณะใด ๆ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์จะลดต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดลง ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นสัมพัทธ์อากาศในวันที่มีสภาพอากาศปกติ จะเกิดขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงประจำวัน ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สังเกตได้จากการบันทึกระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่อง Hygrothermograph ตามรูปที่ 2.5

จากคุณสมบัติของอากาศดังกล่าว การปฏิบัติโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศปกติที่จะนำเข้าลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงนั้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของอากาศในการรับน้ำจากเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลง



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนไหวของระดับความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศประจำวัน (บันทึกโดยเครื่อง Hygrothermograph เมื่อวันที่ 30 มี.ค.26 ณ ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 5 จ.ลพบุรี)

2.3.4 อัตราการไหลลมร้อน

ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ จำเป็นที่จะต้องทำให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทอากาศที่มีสภาพเหมาะสม ให้ไหลผ่านเมล็ดพันธุ์ที่ทำการลดความชื้นอยู่ สภาพลมเมื่อไหลผ่านเมล็ดพันธุ์จะทำหน้าที่ 2 ประการ คือ

- นำสภาพที่เหมาะสมเข้าไปสัมผัส และระเหยน้ำออกจากชั้นเมล็ดพันธุ์
- รับพาเอาไอน้ำที่ระเหยออกมานั้น ให้พ้นออกจากชั้นเมล็ดพันธุ์

ลมที่เข้าไปทำการลดความชื้นเมื่อแรกสัมผัสกับเมล็ดพันธุ์ จะเริ่มมีการระเหยน้ำและรับเอาไอน้ำไว้แล้วพาไหลผ่านออกไปทันที ซึ่งคุณภาพของลมนี้จะค่อย ๆ ลดลงตามระยะทางการไหลผ่านเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นอัตราลมซึ่งหมายถึงปริมาณลมที่ไหลผ่านต่อปริมาตรเมล็ดพันธุ์ จะต้องกำหนดให้เพียงพอและเหมาะสมด้วย หากมีการใช้อัตราลมที่ต่ำมาก ไม่เพียงพอกับการถ่ายเทความชื้นในระหว่างการระเหยน้ำจากเมล็ดพันธุ์ ทำให้การลดความชื้นต้องใช้เวลานาน อาจมีผลเสียต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์บางส่วนต้องอยู่ในสภาพที่ถูกความชื้นไหลผ่านเป็นเวลานาน อัตราลมที่แนะนำให้ใช้ มีค่าแตกต่างกันตามชนิดของเครื่องลดความชื้น ยกตัวอย่างเช่น เครื่องลดความชื้นแบบถังสูง อัตราลมที่แนะนำ 200 - 300 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตันของเมล็ด เครื่องลดความชื้นแบบหมุนเวียน อัตราลมที่แนะนำ 250 – 600 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตันของเมล็ด

เครื่องลดความชื้นแบบปล่อยเมล็ดไหลผ่าน อัตราลมที่แนะนำ 750 – 1500 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตันของเมล็ด [10]

โดยปกติอัตราลมจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการที่สำคัญ คือ

- กำลังความสามารถของพัดลม
- ความดันสถิตย์ของพัดลม
- ปริมาณเมล็ดพันธุ์

2.3.5 เวลาที่ใช้ในการลดความชื้น

เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

- อัตราการลดความชื้น
- ชนิดของเครื่องลดความชื้น
- ขนาดของเครื่องลดความชื้น
- ความชื้นก่อนและหลังการลดความชื้น
- ลักษณะอากาศ
- อุณหภูมิที่ใช้ในการลดความชื้น

2.4 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ แม้จะมีการรักษาระดับความชื้นสมดุลย์ ตามสภาพของบรรยากาศที่อยู่ในขณะนั้น เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในเมล็ดพันธุ์เป็นสารประกอบ Hygroscobic [11] ซึ่งสามารถรับและคายความชื้นกับบรรยากาศที่อยู่ ซึ่งหมายความว่าเมล็ดพันธุ์เมื่อพัฒนาถึงระยะสุกแก่ ระดับความชื้นยังจะค่อย ๆ ลดลงเองจนถึงระดับสมดุลย์ แต่จะต้องใช้เวลามากและปัจจัยต่าง ๆ ต้องเอื้ออำนวยด้วย

เมล็ดพันธุ์ เมื่อเก็บเกี่ยวจากแปลงขยายพันธุ์ จะยังมีระดับความชื้นสูง ประมาณ 15-20 % ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวแล้ว จำเป็นต้องเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่าย การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในปริมาณมาก ๆ เพื่อรอให้ระดับความชื้นลดลงจนสมดุลย์กับบรรยากาศตามธรรมชาติเอง แทบจะเป็นไปไม่ได้ เพราะเมล็ดพันธุ์ที่ถูกเก็บรักษาส่วนใหญ่จะไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศภายนอก การหมุนเวียนของอากาศภายในกองเมล็ดพันธุ์ก็เกิดขึ้นน้อย สภาพเช่นนี้ เมล็ดพันธุ์จะได้รับความเสียหายในเวลาอันสั้น และในบางสภาพอากาศ โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์สูง ระดับความชื้นสมดุลย์นั้น ก็ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการเก็บรักษาที่ปลอดภัย งานลดความชื้นเมล็ดพันธุ์จนถึงระดับที่สามารถเก็บรักษาได้อย่างปลอดภัย จึงเป็นงานที่ต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จโดยเร็ว

2.4.1 วิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

วิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ หากแบ่งตามหลักการปฏิบัติสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

- การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยวิธีธรรมชาติ

เป็นการลดความชื้นโดยอาศัยสภาพธรรมชาติเป็นหลัก ได้แก่ การตากแดดหรือผึ่งลม ซึ่งเป็นวิธีเก่าแก่ที่เกษตรกรรู้จักใช้ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ และผลิตผลของตนเองมาแต่โบราณ วิธีการนี้สภาพบรรยากาศตามธรรมชาติจะเป็นตัวกำหนด และเป็นข้อจำกัดในขีดความสามารถในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ การควบคุมไม่อาจกระทำได้มากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และการเคลื่อนที่ผ่านของอากาศในขณะนั้น การแผ่เมล็ดพันธุ์เป็นชั้นบาง ๆ บนลานตาก และมีการพลิกกลับบ้างเป็นครั้งคราว จะช่วยให้การลดความชื้นเร็วขึ้น ไม่ควรแผ่ตากเมล็ดพันธุ์บนพื้นดินโดยตรง เพราะจะเกิดการระเหยน้ำจากใต้ดินขึ้นสู่เมล็ดได้ง่าย ควรตากเมล็ดพันธุ์บนลากคอนกรีต หรือตากบนแคร่ไม้ไผ่ซึ่งมีการยกระดับขึ้นสูงจากพื้นดิน เพื่อให้การลดความชื้นเกิดได้ดีก่อนนำเมล็ดพันธุ์เข้าเก็บรักษา

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีนี้ แม้จะมีการลงทุนน้อยแต่ไม่สะดวก เมื่อต้องกระทำกับเมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมาก ทั้งยังไม่สามารถควบคุมการลดความชื้นให้ได้ตามกำหนด ต้องใช้ทั้งแรงงานและเวลามาก แต่จะเป็นประโยชน์หากใช้ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงมาก ๆ เช่น เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในสภาพมีฝน โดยตากแดดเพื่อให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดต่ำลงในระดับหนึ่งก่อน

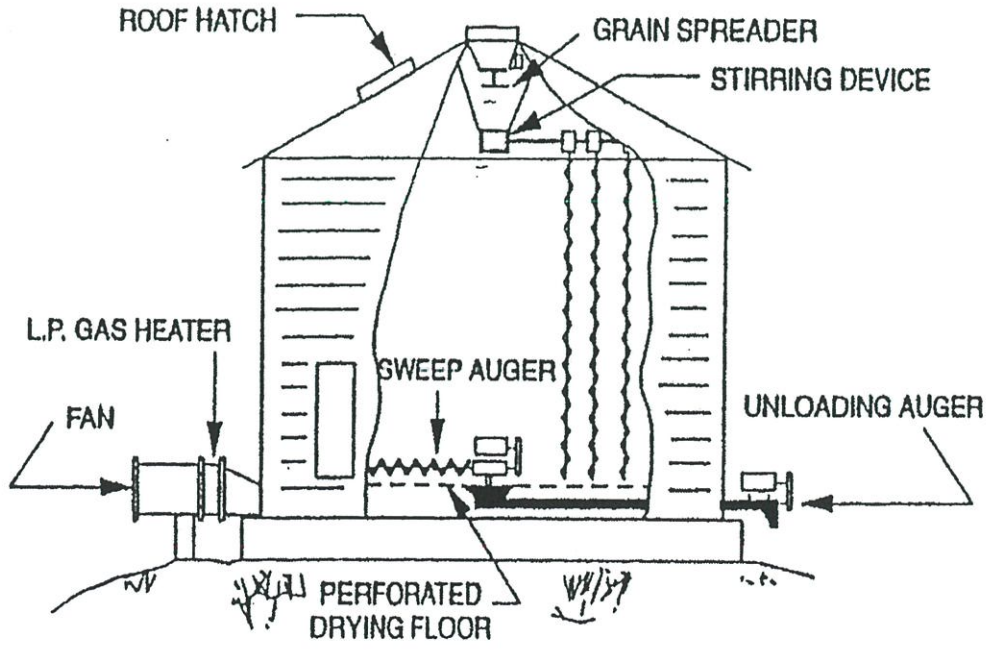
- การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยใช้เครื่องลดความชื้น

ในพื้นที่หลายแห่ง การทำให้เมล็ดแห้งด้วยการตากเมล็ดพันธุ์บนลานตาก โดยใช้แสงแดดยังไม่เพียงพอ เพราะอาจมีฝนตกระหว่างการตาก ซึ่งจะทำให้เมล็ดแห้งช้ากว่าปกติ หรือในกรณีที่มีเมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมาก ๆ จึงต้องอาศัยการทำให้แห้ง ด้วยการใช้เครื่องลดความชื้นซึ่งเป็นวิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพมาก สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยให้เกิดการลดความชื้นจากเมล็ดพันธุ์ได้ตามต้องการ โดยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยในการสร้างคุณสมบัติของบรรยากาศที่จะใช้ในการลดความชื้น ให้มีคุณภาพที่ถูกต้องและเหมาะสมกับระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการ

เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์มีการประดิษฐ์ขึ้นหลายแบบด้วยกัน ส่วนใหญ่แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องลดความชื้นชนิดเมล็ดพันธุ์อยู่กับที่ และเครื่องลดความชื้นชนิดเมล็ดพันธุ์ไหล ซึ่งแต่ละแบบสามารถแบ่งย่อยได้อีก และมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันออกไป

- เครื่องลดความชื้นแบบถังเก็บ (Bin Batch Dryer) เป็นเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ชนิดเมล็ดพันธุ์อยู่กับที่ เมล็ดพันธุ์หลังเก็บเกี่ยวจะถูกขนย้ายมาไว้ในถังเก็บซึ่งทำหน้าที่เป็น

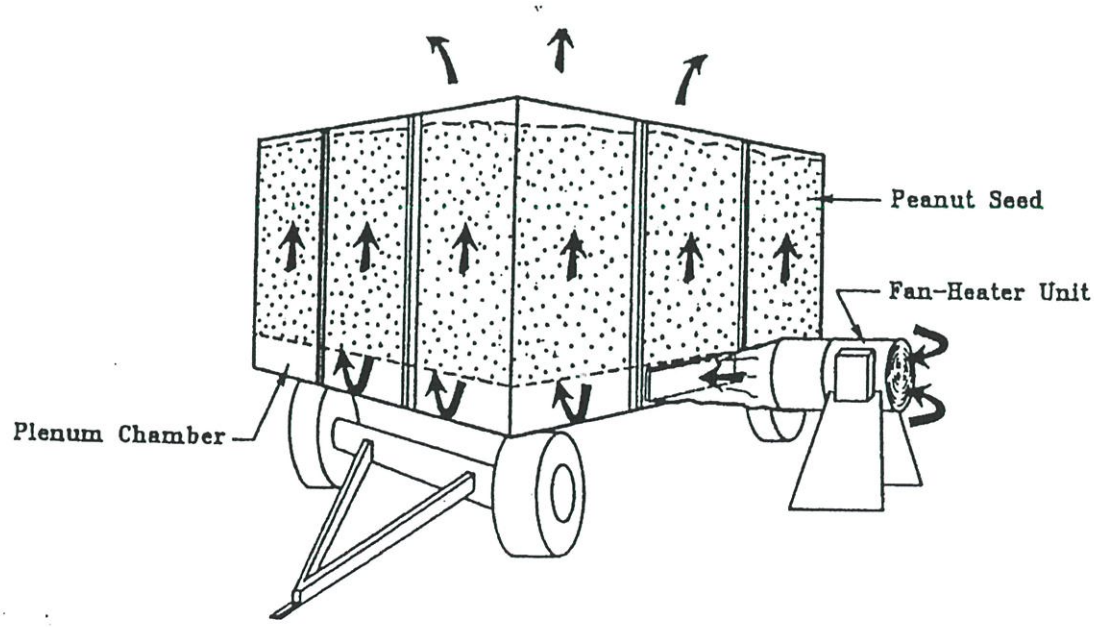
เครื่องลดความชื้นด้วย ความสูงของชั้นเมล็ดในเครื่องลดความชื้นแบบนี้จะมากกว่าในเครื่องลดความชื้นชนิดอื่น อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ใช้อบแห้งมักจะต่ำ ใช้อุณหภูมิประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการไหลของอากาศ 5-8 $m^3/min\text{-}m^3$ เมล็ดพันธุ์ การอบแห้งดำเนินไปอย่างช้า ๆ โดยอาจกินเวลาหลายวัน เนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งยาวนาน การเจริญเติบโตของเชื้อราและการสูญเสียมวลแห้งของเมล็ดพันธุ์อาจมีมากเกินไป เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ไม่ควรสูงเกินไป และหลังจากใช้อากาศร้อนในการอบแห้งแล้ว จะต้องทำให้เมล็ดพันธุ์เย็นลงหลังจากที่เมล็ดแห้งแล้วโดยการเป่าอากาศแวดล้อม มิฉะนั้นอาจเกิดปัญหาการถ่ายเทความชื้นในถังเก็บอันเนื่องมาจากการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกองเมล็ดพันธุ์ เป็นผลให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศในบริเวณที่เมล็ดพันธุ์มีอุณหภูมิต่ำ เมล็ดพันธุ์ในบริเวณนี้จะมีความชื้นสูงขึ้น จนเกิดการลุกลามของเชื้อราและการระบาดของแมลงในที่สุด ถังอบชนิดนี้เมล็ดพันธุ์จะถูกบรรจุอยู่ในถังซึ่งอากาศร้อนจะถูกเป่าผ่านเข้ามาทางพื้นด้านล่าง ซึ่งเป็นรูพรุน ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ในตู้อบจะขึ้นอยู่กับความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น ชนิดของเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และแรงม้าของพัดลม อากาศไหลผ่านเมล็ดพันธุ์ด้วยอัตราการไหลที่คงที่ รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องลดความชื้นชนิดนี้ [12] ชั้นเมล็ดพันธุ์มีความหนา 0.8-1 เมตร โดยเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเริ่มต้น 20 % สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เหลือ 14% โดยใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และความชื้นสัมพัทธ์ 50-65 %



รูปที่ 2.6 เครื่องลดความชื้นชนิด Bin Batch Dryer

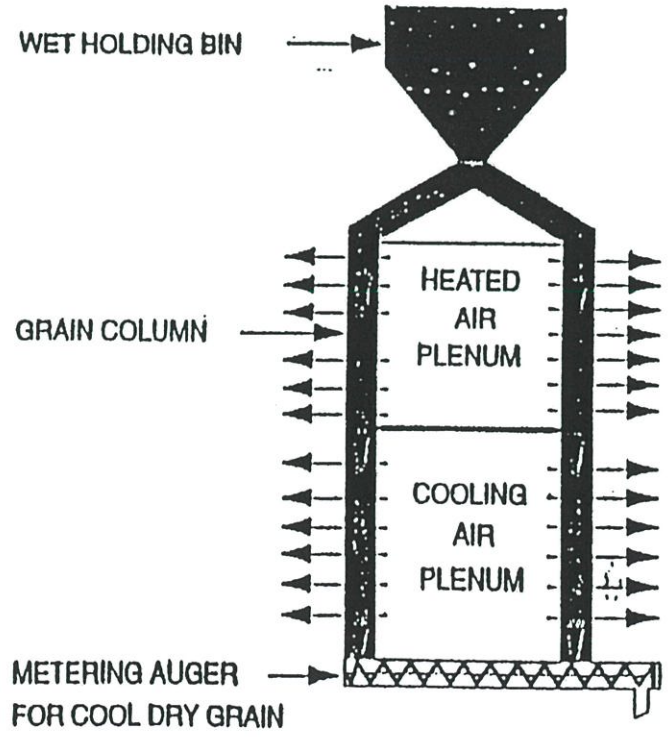
ความชื้นในเมล็ดพันธุ์จะลดลงได้ถ้าใช้ตัวกวนหรือตัวหมุนเวียนเมล็ด ตัวกวนทำงานโดยอาศัยเกลียวลำเลียงในแนวดิ่ง โดยที่เกลียวลำเลียงนี้จะพาเอาเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ด้านล่างขึ้นด้านบน และเมล็ดพันธุ์จากชั้นบนจะเคลื่อนที่ลงล่าง เมล็ดพันธุ์จะเกิดการผสมกันเป็นบางส่วนในขณะที่เคลื่อนที่ ส่วนตัวหมุนเวียนเมล็ดพันธุ์นั้นทำงานโดยอาศัยเกลียวลำเลียงซึ่งวางอยู่ในแนวราบโดยอยู่เหนือพื้นเครื่องลดความชื้นเล็กน้อย เกลียวลำเลียงในแนวราบนี้จะกวาดเมล็ดพันธุ์จากรอบนอกเข้าสู่จุดศูนย์กลางของถังอบแห้ง ข้อดีของเครื่องลดความชื้นชนิดนี้คือ ใช้งานง่ายไม่มีความยุ่งยากในการควบคุม ขั้นตอนการขนย้ายเมล็ดพันธุ์มีน้อย ทำให้ประหยัดและลดการแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์ได้ การใช้อุณหภูมิต่ำในการอบทำให้เกิดการร้าวของเมล็ดพันธุ์น้อย ประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย ส่วนข้อเสียของเครื่องลดความชื้นชนิดนี้คือ ไม่สามารถเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงมาก ระยะเวลาการอบแห้งยาวนานทำให้เสียเวลาในการจัดการมาก

- เครื่องลดความชื้นแบบต่อพ่วง (Wagon Batch Dryer) เครื่องลดความชื้นชนิดนี้สามารถดัดแปลงจากรถขนถ่ายเมล็ด โดยการเพิ่มกล่องบรรจุเมล็ดภายในซึ่งพื้นด้านล่างมีรูพรุน พัดลมและ heater ซึ่งต่อเชื่อมกับตัวรถโดยใช้ผ้าใบ ตามรูปที่ 2.7 หลักการทำงานของเครื่องลดความชื้นชนิดนี้เหมือนกับชนิด Bin Batch Dryer เครื่องลดความชื้นชนิดนี้สามารถใช้ได้กับเมล็ดพันธุ์ที่แตกง่าย เช่น เมล็ดพันธุ์ที่มีฝักใหญ่อย่างถั่วลิสง อัตราการไหลของอากาศที่แนะนำให้ใช้สำหรับความหนาของชั้นเมล็ด 1.5 เมตร ของถั่วลิสงคือ 0.25 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตรของพื้นที่ [13]



รูปที่ 2.7 เครื่องลดความชื้นชนิด Wagon Batch Dryer

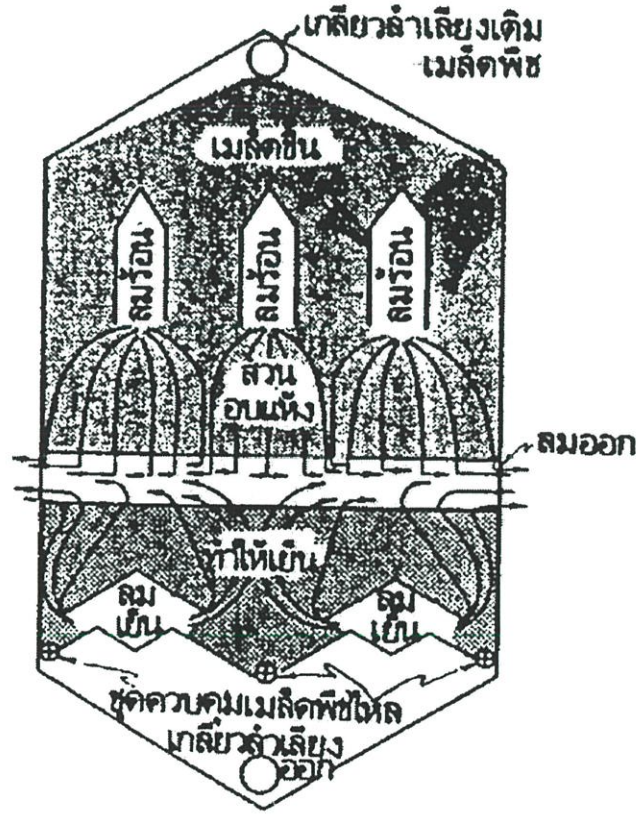
- เครื่องลดความชื้นแบบไหลขวาง (Continuous-flow Crossflow Dryer) เครื่องลดความชื้นชนิดนี้ เมล็ดพันธุ์มีการไหลในขณะทำการลดความชื้น อากาศที่ใช้ลดความชื้นจะไหลตัดผ่านทิศทางการไหลของเมล็ดพันธุ์ที่ทางด้านบนของเครื่องลดความชื้นจะมีที่เก็บเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์จะไหลลงด้านล่างผ่านช่องแคบซึ่งกว้างประมาณ 0.30-0.45 เมตร และไหลออกทางด้านล่างของเครื่องลดความชื้นด้วยตัวควบคุมการไหล ช่องแคบที่เมล็ดพันธุ์ไหลลงนี้แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ส่วนบนเป็นส่วนลดความชื้นและส่วนล่างเป็นส่วนที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เย็นลงหลังจากลดความชื้นแล้วเสร็จ การไหลของเมล็ดพันธุ์และอากาศจะมีทิศทางตั้งฉากกัน อัตราการไหลของอากาศอยู่ระหว่าง 38-76 $m^3/min\text{-}m^3$ เมล็ดพันธุ์อัตราการไหลของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับตัวควบคุมการไหล ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ส่วนล่างของเครื่อง เวลาในการลดความชื้นของเครื่องชนิดนี้ จากเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นเริ่มต้น 20% ความชื้นลดลงเหลือ 14% ใช้อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ปัญหาของเครื่องลดความชื้นชนิดนี้คือ การเกิดความแตกต่างของความชื้นในชั้นเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ชื้นและแห้งจะผสมกันเป็นบางส่วนตรงทางออกของเครื่องลดความชื้น เมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นชนิดนี้ ในตอนแรก ๆ จะไม่แห้งดี เพราะเมื่อปล่อยเมล็ดลงครั้งแรก ช่องแคบยังว่างอยู่และเมล็ดจะตกลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องนำเมล็ดส่วนนี้ผ่านการลดความชื้นอีกครั้งหนึ่ง รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องลดความชื้นชนิดนี้



รูปที่ 2.8 เครื่องลดความชื้นชนิด Continuous-flow Crossflow Dryer

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

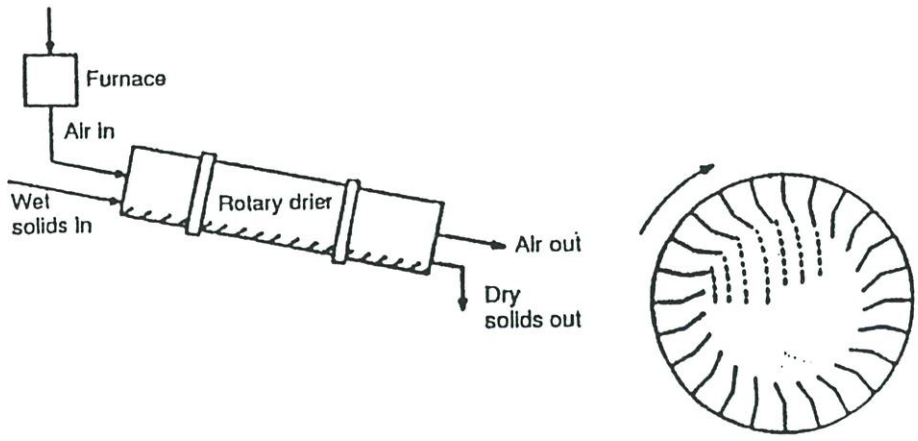
- เครื่องลดความชื้นแบบไหลตาม (Concurrentflow dryer) เครื่องลดความชื้นชนิดนี้ การไหลของเมล็ดพันธุ์และของอากาศลดความชื้นจะขนานกันและมีทิศทางเดียวกัน เมล็ดพันธุ์ส่วนที่ชื้นที่สุดจะสัมผัสกับอากาศส่วนที่ร้อนที่สุด เมื่อเมล็ดไหลต่ำลงมา อากาศจะเริ่มเย็นลงและเมล็ดพันธุ์จะมีความชื้นลดลง เมล็ดพันธุ์ที่แห้งแล้วจะไม่สัมผัสกับอากาศที่ร้อนเลย ข้อดีอีกอย่างหนึ่งคือการแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์จะมีน้อยเพราะเมล็ดพันธุ์ส่วนที่แห้งที่สุดจะสัมผัสกับอากาศที่เย็นที่สุด เมล็ดพันธุ์ที่แห้งแล้วจะไหลออกสู่ด้านล่างด้วยตัวควบคุมการไหลซึ่งถูกควบคุมโดยตัวควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้นเมล็ด เมล็ดพันธุ์จะถูกทำให้เย็นลงก่อนที่จะไหลออกจากเครื่องลดความชื้น ความหนาของชั้นเมล็ดควรหนากว่า 1 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้การลดความชื้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องลดความชื้นชนิด Concurrentflow Dryer

- เครื่องลดความชื้นแบบ Rotary เครื่องลดความชื้นชนิดนี้ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย ทรงกระบอกยาววางเอียงซึ่งหมุนอย่างช้า ๆ (4-8 รอบ/นาที) เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นและอากาศร้อนจะเคลื่อนที่เข้าทางด้านหนึ่ง เมล็ดพันธุ์ที่แห้งและอากาศเย็นจะออกอีกทางด้านหนึ่ง ตามรูปที่ 2.10 [14]

49297



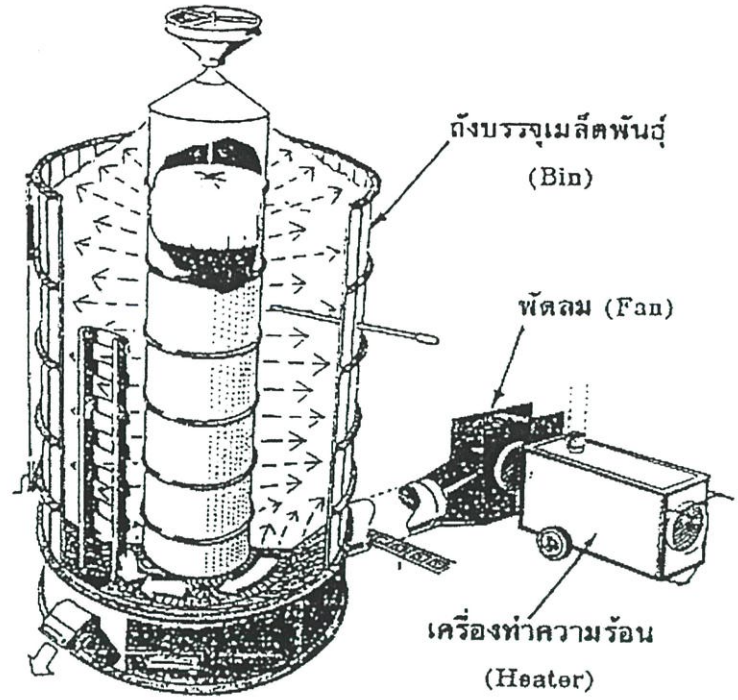
รูปที่ 2.10 เครื่องลดความชื้นชนิด Rotary Dryer

- เครื่องลดความชื้นแบบ Circular Batch Dryer เครื่องลดความชื้นชนิดนี้เป็นที่นิยมมาก ในประเทศไทย มีใช้ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร เครื่องลดความชื้นชนิดนี้เป็นที่นิยมเพราะสามารถกระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถังอบ ใช้ได้กับเมล็ดที่สามารถไหลหมุนเวียนได้ง่ายตามแนวดิ่ง และใช้แรงงานน้อยในการถ่ายเมล็ดออกจากถัง เครื่องบางแบบไม่ต้องใช้คนลำเลียงแต่ใช้เครื่องอัตโนมัติ

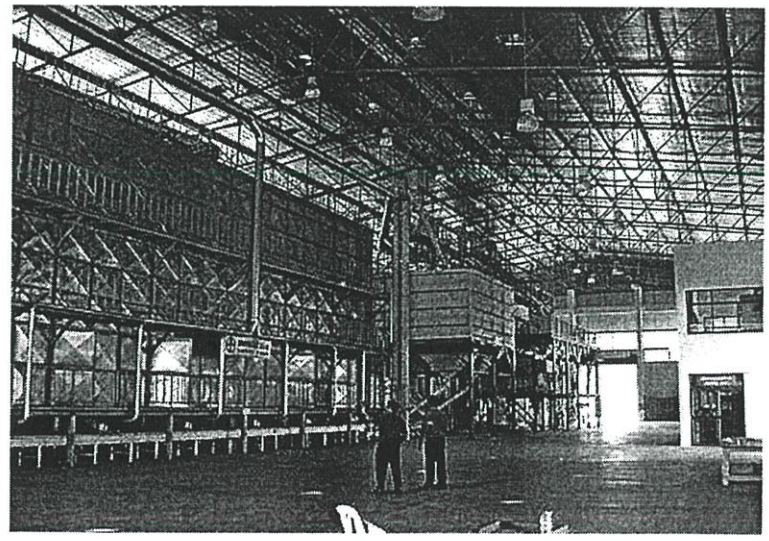
เครื่องลดความชื้นชนิดนี้ ถังอบสร้างขึ้นเป็นพิเศษ โดยมีปล่องตรงกลางซึ่งตั้งเป็นแนวดิ่งและมีรูให้อากาศหรือลมร้อนผ่านเข้ามาในถัง ปล่องนี้จะต่อติดกับพัดลมและเครื่องทำความร้อน เมื่อนำเมล็ดใส่ลงในถังลมร้อนจะถูกเป่าเข้ามาทางปล่องนี้ผ่านเมล็ดที่ทำการอบและทำให้เมล็ดแห้งได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ ส่วนที่เป็นชั้น ๆ ที่ใช้ในการถ่ายเมล็ดพันธุ์ออกจากถัง สามารถช่วยผสมเมล็ดที่อยู่ส่วนนอกและในให้ปะปนกันไป ปล่องระบายอากาศมีลูกสูบซึ่งสามารถปรับระดับได้ ซึ่งช่วยให้ใช้เครื่องได้เมื่อมีเมล็ดไม่เต็มถัง ผนังด้านนอกของถังอบยังมีช่องระบายอากาศซึ่งทำด้วยอลูมิเนียม ซึ่งช่วยให้ลมร้อนผ่านเข้าไปในถังได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ยังมีช่องสำหรับนำเอาตัวอย่างเมล็ดออกมาตรวจระดับความชื้นในระหว่างการอบด้วย ถังอบชนิดนี้สามารถสร้างหรือประกอบขึ้นให้มีขนาดความจุได้หลายขนาด หรือสำหรับเมล็ดพันธุ์ต่างชนิดกัน

พัดลมที่ใช้เป็นแบบแรงเหวี่ยง พลังงานความร้อนที่ใช้ได้มาจาก น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันดีเซล แล้วแต่รุ่นของเครื่อง

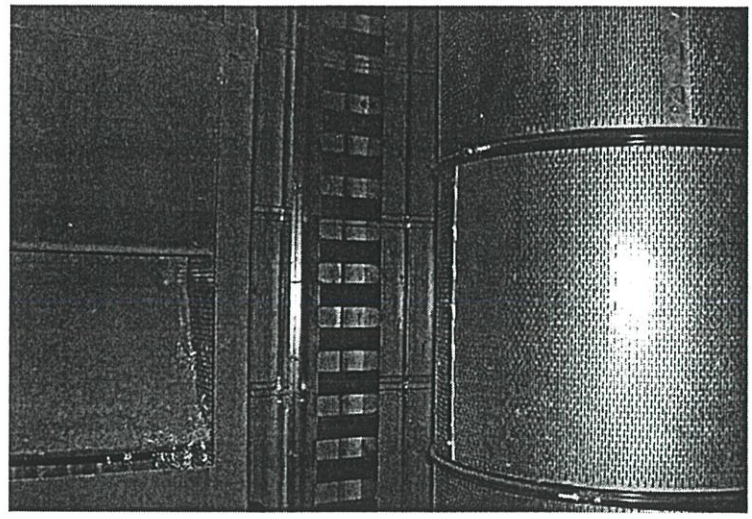
การถ่ายเมล็ดออกจากถังอบ ใช้การปล่อยเมล็ดไหลลงโดยแรงดึงดูดของโลกผ่านเครื่องผสม เมื่อการถ่ายเมล็ดออกจากถังอบด้วยแรงดึงดูดสิ้นสุดลงแล้ว ลูกสูบจะถูกส่งลงข้างล่างเพื่อปล่อยอากาศผ่านเฉพาะส่วนฐานของถัง เพื่อให้เมล็ดที่ยังอยู่ด้านล่างของถังสามารถไหลออกทางช่องนำออกได้ รูปที่ 2.11-2.14 แสดงรายละเอียดของเครื่องลดความชื้นชนิดนี้



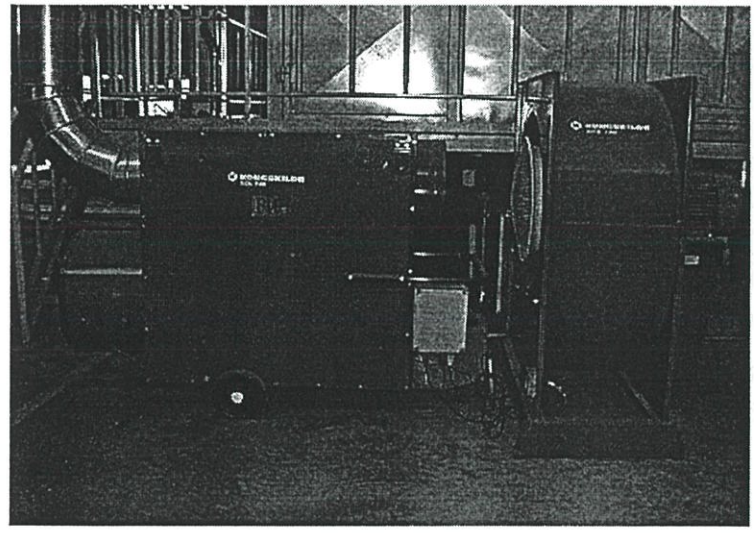
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบที่สำคัญของถังลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบ Circular Batch Dryer



รูปที่ 2.12 เครื่องลดความชื้นชนิด Circular Batch Dryer ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัด ชลบุรี



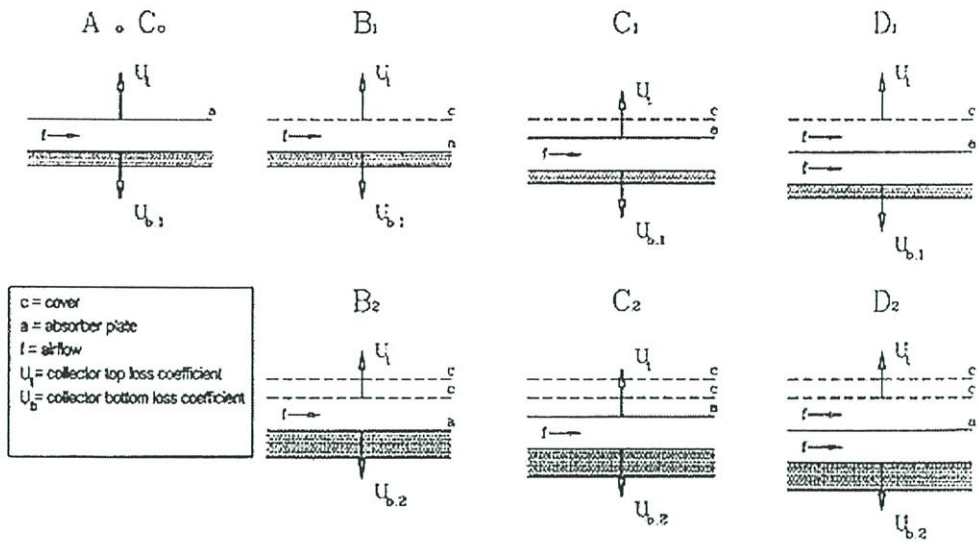
รูปที่ 2.13 ปล่องกระจายลงตรงกลางถัง



รูปที่ 2.14 เครื่องทำความร้อนใช้น้ำมันดีเซล และ พัดลม

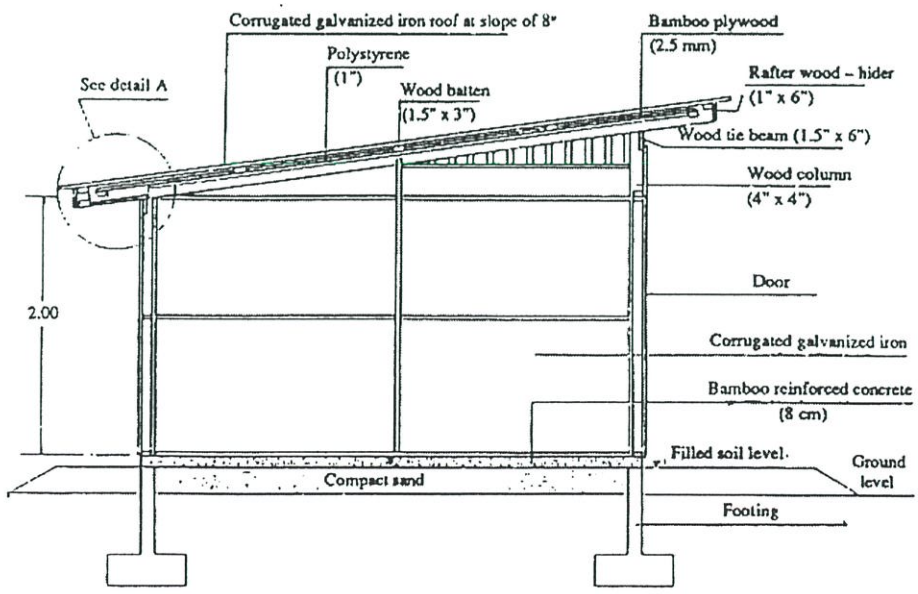
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์

- Biondi P., Cicala L. และ Farina G. [15] ได้วิเคราะห์สมรรถนะของแผงรับแสงทำอากาศร้อน 7 รูปแบบ ดังรูปที่ 2.15 โดยการศึกษาจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ 2 ตัวด้วยกันคือ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่แผงรับแสง (G) และค่าสัมประสิทธิ์รูปทรงเรขาคณิตของแผงรับแสง (K) ซึ่งทำให้สมรรถนะของแผงรับแสงไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขในการออกแบบเดียวกัน คือวัสดุที่เลือกใช้และอากาศแวดล้อม โดยใช้แบบจำลองในการคำนวณค่าสมรรถนะจากผลการทดสอบพบว่าค่าสมรรถนะของแผงรับแสงสามารถคิดอยู่ในรูปของตัวแปรทั้ง 2 ได้



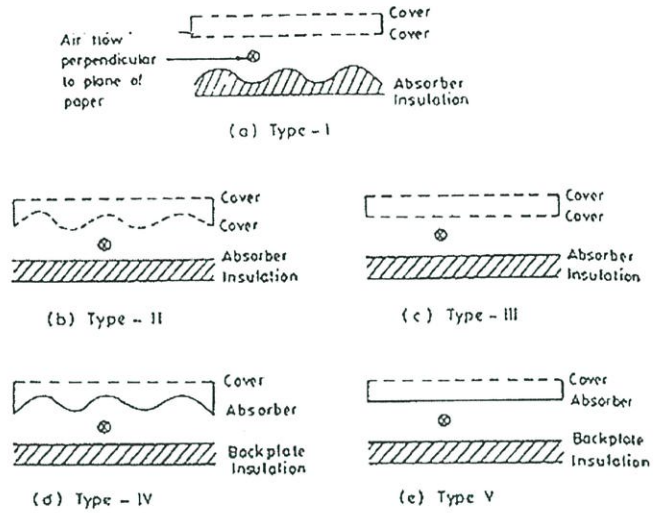
รูปที่ 2.15 แผงรับแสงทำอากาศร้อนด้วยแสงอาทิตย์ตามการพาความร้อนแบบอิสระ

- Soponronnarit S., Subannapong W. และ Tiansuwan J. [16] ได้ทำการศึกษาแผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบเปลือยและแบบมีแผ่นโปร่งใสปิด โดยดัดแปลงให้เป็นหลังคาอาคาร ตามรูปที่ 2.16 และทำการทดสอบ พร้อมทั้งทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ทำนายประสิทธิภาพทางความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ และให้แนวทางในการเลือกแผงรับแสงและความเร็วลมภายในแผงรับแสง ตลอดจนได้ทำการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์และแสดงผลการวิเคราะห์โดยละเอียด



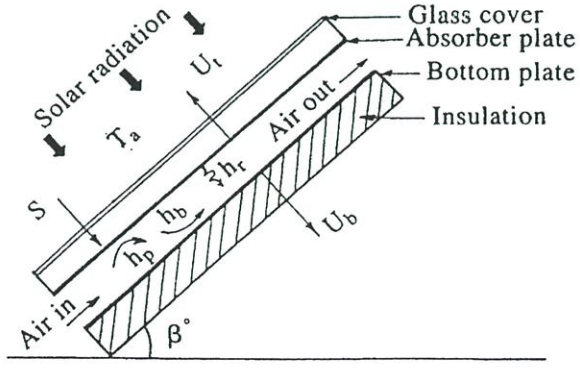
รูปที่ 2.16 รายละเอียดอาคารซึ่งด้านบนเป็นแผงรับแสงอาทิตย์

- Choudhury C. และ Garg H.P. [17] ได้ทำการวิเคราะห์แผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบลอนหรือลูกฟูก และแบบแผ่นเรียบ 5 รูปแบบที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งการวิเคราะห์นี้มีผลรวมถึงการตรวจสอบผลกระทบของความเร็วอากาศไหล หรือความลึกของช่องอากาศต่อ อุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของระบบ และ Pressure drop โดยกำหนดให้มีความแตกต่างของความยาวช่องอากาศและความแตกต่างของอัตราการไหลของอากาศ



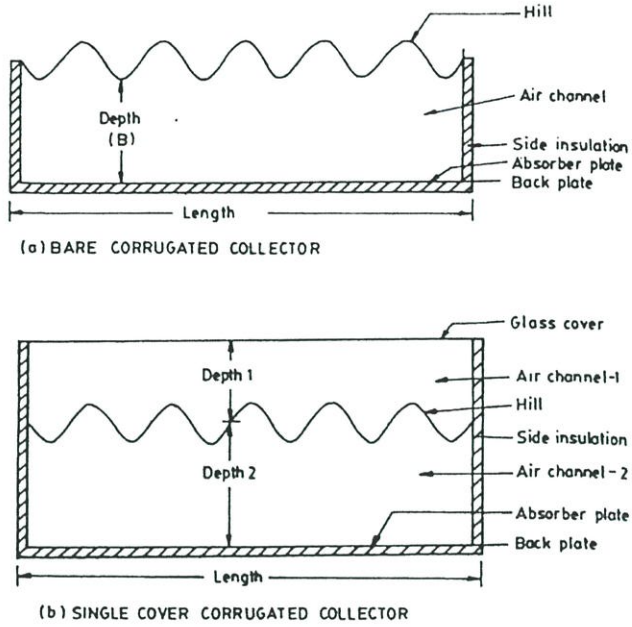
รูปที่ 2.17 แผงรับแสงแบบลอนหรือแบบแผ่นเรียบตามการพาความร้อนแบบบังคับ

- Adel A.H. [18] ได้ทำการวิเคราะห์หลักการเพื่อหาความลึกช่องอากาศไหลที่เหมาะสมที่สุดของแผงรับแสงแบบแผ่นเรียบทำอากาศร้อน ตามรูปที่ 2.18 สำหรับกำลังขับของพัดลม จากหลักการที่นำมาพิจารณา ความลึกของช่องอากาศไหลที่เหมาะสมที่สุด จะให้ค่าความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ที่มากที่สุด จากแผ่นดูดรังสีไปยังอากาศที่กำลังเคลื่อนที่ พร้อมทั้งแสดงการประมาณค่าความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในเทอมของค่าการนำความร้อนของแผงรับแสง และมิติของช่องอากาศไหล จากการวิเคราะห์พบว่า อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อความร้อนที่มากที่สุดที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ที่จาก 89% ที่กำลังขับของพัดลมน้อยที่สุดถึง 99% ที่กำลังขับของพัดลมมากที่สุด



รูปที่ 2.18 รูปแบบแผงรับแสงที่ใช้ในการทดสอบการหาความลึกช่องอากาศไหล

- Verma R., Chandra R. และ Garg.H.P. [19] ได้ทำการวิเคราะห์ตัวแปรสำหรับแผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบลอนหรือลูกฟูก แบบมีแผ่นใสปิดและแบบเปลือย ตามรูปที่ 2.19 ความลึกช่องอากาศไหลที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำความร้อนได้มากที่สุด โดยแผงมีราคาถูกที่สุด ผลกระทบจากตัวแปรและเงื่อนไขในการทดสอบ มีผลต่อสมรรถนะของแผงรับแสง



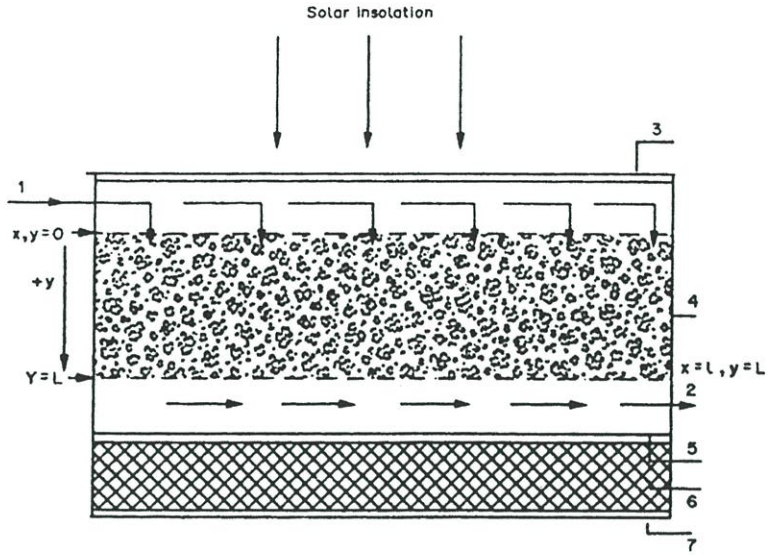
รูปที่ 2.19 แผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบลอนที่ใช้วิเคราะห์ความลึกช่องอากาศไหล

- Sharma V.K., Rizzi G. และ Garg H.P. [20] ได้กล่าวถึงการออกแบบและสมรรถนะของแผงรับแสงแบบเมตริกซ์แบบจำลองชั่วคราว สำหรับแผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบเมตริกซ์ที่มีกระจกอยู่ด้านบน 1 ชั้น และมีแผ่นเหล็กบุฉนวนอยู่ด้านล่าง ตามรูปที่ 2.20 ผลการทดสอบมาจาก การเปลี่ยนแปลงแบบชั่วคราวของอุณหภูมิอากาศตรงบริเวณทางออกจากแผงรับแสง จากการทดสอบพบว่า แผงรับแสงทำอากาศร้อนที่มีส่วนประกอบของเศษตะไบเหล็กมีสมรรถนะดีกว่าแผงรับแสงแบบธรรมดา

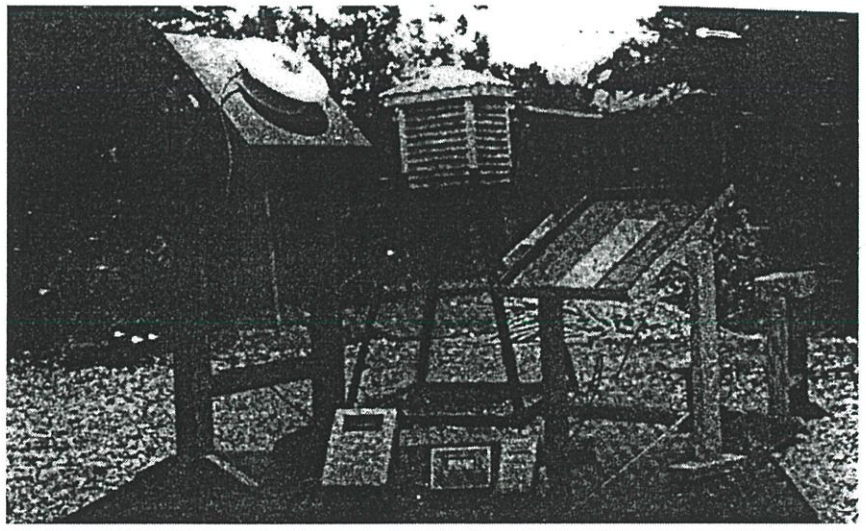
- Prasad M. และ Chandra K.S. [21] ได้ทำการศึกษาอัตราการไหลตามธรรมชาติผ่านแผงรับแสงแบบแผ่นเรียบ ซึ่งเกิดการสูญเสียความร้อน โดยสมการแสดงอยู่ในเทอมค่า Grasshof และ Prandtl และในเทอมของตัวแปรการสูญเสียความร้อน วิธีการนี้ทำนายมุมเอียงที่เหมาะสมของแผงรับแสง สำหรับกระแสลมที่มากที่สุดที่เกิดจากตำแหน่งเส้นรุ้งและการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกบนผิวโลก

- Garba B., Sambo A.S. และ Mosugu M.M. [22] ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากสารเคมีเคลือบผิวแผงรับแสงต่อสมรรถนะของแผงรับแสง ตามรูปที่ 2.21 โดยใช้แผ่นดูดความร้อนทำจากโลหะ 3 ชนิดคือ อลูมิเนียม ทองแดง และเหล็ก การดูดซึมรังสีและการสะท้อนของแสงก่อนและหลังการ

เคลือบผิวได้รับการทดสอบ สารเคมีเคลือบผิวมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ CuO เคลือบผิวโดยใช้การพ่นลงบนแผงรับแสง และCarbon black ซึ่งเคลือบผิวโดยใช้การทาลงบนแผงรับแสง จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า สารเคมีเคลือบผิวช่วยเพิ่มการดูดซึมรังสีและช่วยลดการสะท้อนของแสง



รูปที่ 2.20 แผงรับแสงทำอากาศร้อนแบบเมตริกซ์

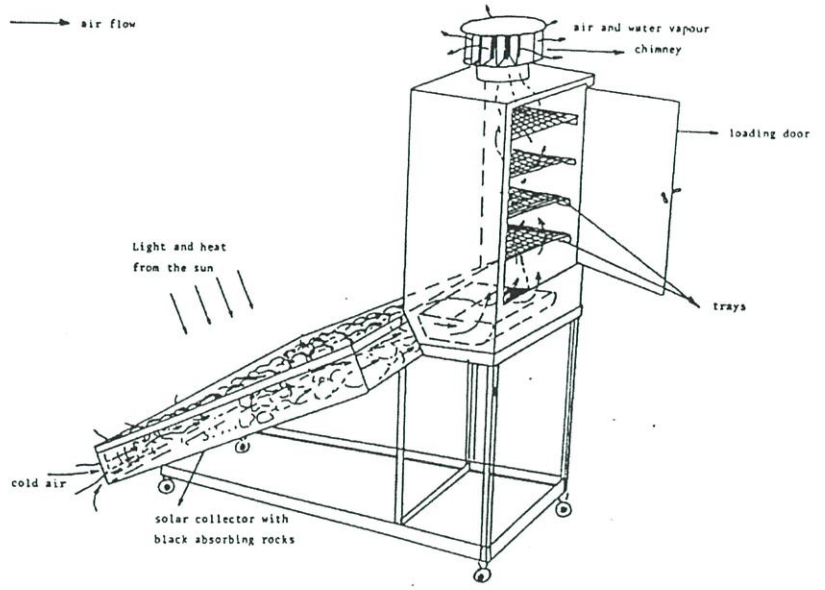


รูปที่ 2.21 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบสารเคลือบผิวบนแผงรับแสง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- Ghaffari M.M., Mozlarzadeh F.M., Azad E. และ Bahar F. [23] ได้ทำการออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งผลไม้และผักแบบอากาศร้อนสัมผัสวัสดุโดยตรงและโดยอ้อม ที่ประเทศ

อิหร่าน ซึ่งตู้อบประกอบไปด้วย แผ่นใสปิดทำจาก Fiberglass และแผงรับแสงแบบเก็บความร้อน โดยใช้หินทาสีดำเป็นตัวดูดรังสีดวงอาทิตย์และเป็นตัวเก็บความร้อนด้วย แผงรับแสงต่อเข้ากับตู้อบที่ด้านล่าง โดยตู้อบมีชั้นอบวัสดุ 4 ชั้น โดยการทดสอบนี้วัดค่าอัตราการลดลงของความชื้นขององุ่น คุณภาพของผลผลิตที่อบจากตู้อบนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จากการอบโดยการสัมผัสแดดโดยตรง ดังรูปที่ 2.22

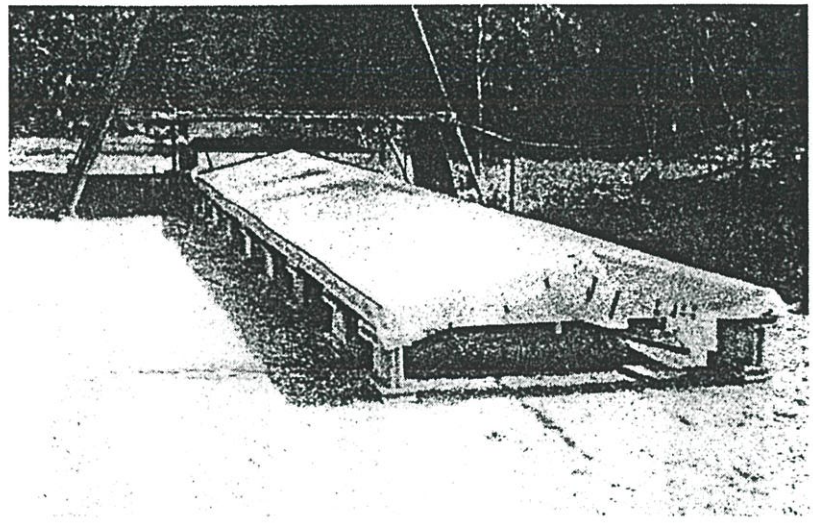


รูปที่ 2.22 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

- สังวาลย์ เพ็งพัด และวัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร [24] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อและปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยใช้ตู้อบแบบผสม มีขนาด 1.5 m^3 สามารถใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานเสริมจากก๊าซ LPG โดยแผงรับแสงมีขนาด 7.5 m^2 อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ครั้งละ 100 kg เมื่อใช้อัตราการไหลของอากาศ 0.1 kg/s ประสิทธิภาพแผงรับแสงมีค่า 39.1% และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งคิดเป็น 50% ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 20 ชั่วโมง ความชื้นก่อนอบ เนื้อจะมีค่ามากกว่าปลาคือ 77% และ 64% ตามลำดับ ความชื้นหลังการอบมีค่าใกล้เคียงกันคือ 17% และ 16% ตามลำดับ โดยอัตราการอบแห้งของเนื้อจะมีค่ามากกว่าปลา

- วิชัย จันทรักษา [25] ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น โดยเครื่องอบแห้งประกอบด้วย แผงรับแสงขนาด 19 m^2 ตามรูปที่ 2.23 ตู้อบแห้งขนาด 1x1x0.7 m^3 มีพัดลมดูดอากาศจากแผงรับแสงเข้าไปยังตู้อบ หลังจากออกแบบและสร้าง ได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง โดยทำการอบแห้งตะไคร้จำนวน 400 kg ที่ความชื้นเริ่มต้น 82% ให้ได้ความชื้นสุดท้าย 15% จะใช้เวลา 3 วัน จากนั้นได้ทำการทดสอบคุณภาพของตะไคร้ในรูปของปริมาณน้ำมันและสีของตะไคร้แห้ง พบว่า ปริมาณน้ำมันสอดคล้องกับปริมาณน้ำมันของตะไคร้ที่

ส่งขายต่างประเทศ และสีของตะไคร้แห้งที่ได้ อยู่ในมาตรฐานเดียวกับตะไคร้ที่ผู้บริโภคในต่างประเทศใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง พบว่า ระยะเวลาในการคุ้มทุนของเครื่องเท่ากับ 1 ปี 5 เดือน และต้นทุนในการผลิตตะไคร้แห้งมีค่าเท่ากับ 55.5 บาท/kg

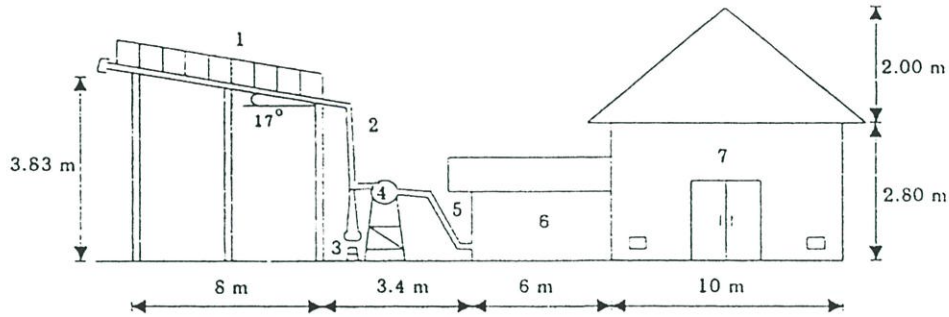


รูปที่ 2.23 แผงรับแสงที่ใช้ในการทดสอบอบตะไคร้

- วรวิทย์ รุ่งจิวารักษ์ [26] ได้ทำการศึกษาระบบการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ โดยแผงรับแสงมี 3 แบบด้วยกันคือ แบบแผ่นเรียบ แบบลอนหรือลูกฟูก และแบบครีบ จากผลการทดสอบพบว่า แบบลอนหรือลูกฟูกมีประสิทธิภาพของแผงดีที่สุด พร้อมทั้งได้ทำการทดสอบอบแห้งกล้วยแบบหมุนเวียนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานเสริม LPG ตามรูปที่ 2.24 จากการทดสอบ ใช้เวลาในการอบแห้งชุดละ 5 วัน เป็นเวลา 44 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ย 47.33% กล้วยที่อบแห้งแบบหมุนเวียนจะมีสีเข้มกว่า และมีรสชาติหวานกว่ากล้วยที่ตากแดดตามธรรมชาติ และยังได้ทำการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการอบแห้งแบบหมุนเวียนสามารถให้ผลผลิตกล้วยอบแห้งได้ประมาณปีละ 56,012 kg ผู้ลงทุนจะสามารถคุ้มทุนภายใน 3.2 ปี

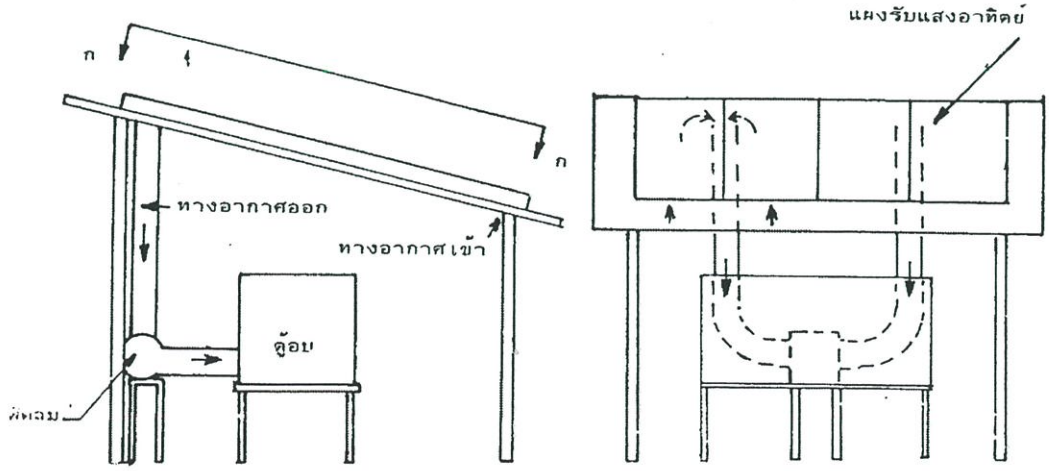
- จรูญ มหิทธาฟองกุล, มานิจ ทองประเสริฐ, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ สุวิทย์ บุณยวานิชกุล. [27] ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบเมล็ดพืชพลังงานแสงอาทิตย์ ตามรูปที่ 2.25 โดยทำการทดลองอบเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ เช่น เมล็ดข้าวเปลือก ข้าวโพด มันสำปะหลัง ณ สถานที่ทำการวิจัย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย เพื่อหาความเหมาะสมในการใช้เครื่องอบแห้ง พืชไร่ที่สามารถใช้งานได้กับเครื่องที่ดีที่สุดคือ ข้าวเปลือกเจ้า ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการใช้ตู้อบแห้งอบเมล็ดข้าวโพดให้ผลตอบแทนสูงสุด ผลตอบแทนโดยรวมพบว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่อง

จากมีแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์เพียงชนิดเดียว ควรมีแหล่งผลิตความร้อนชนิดอื่นเสริมเข้าไปเพื่อให้เครื่องทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง



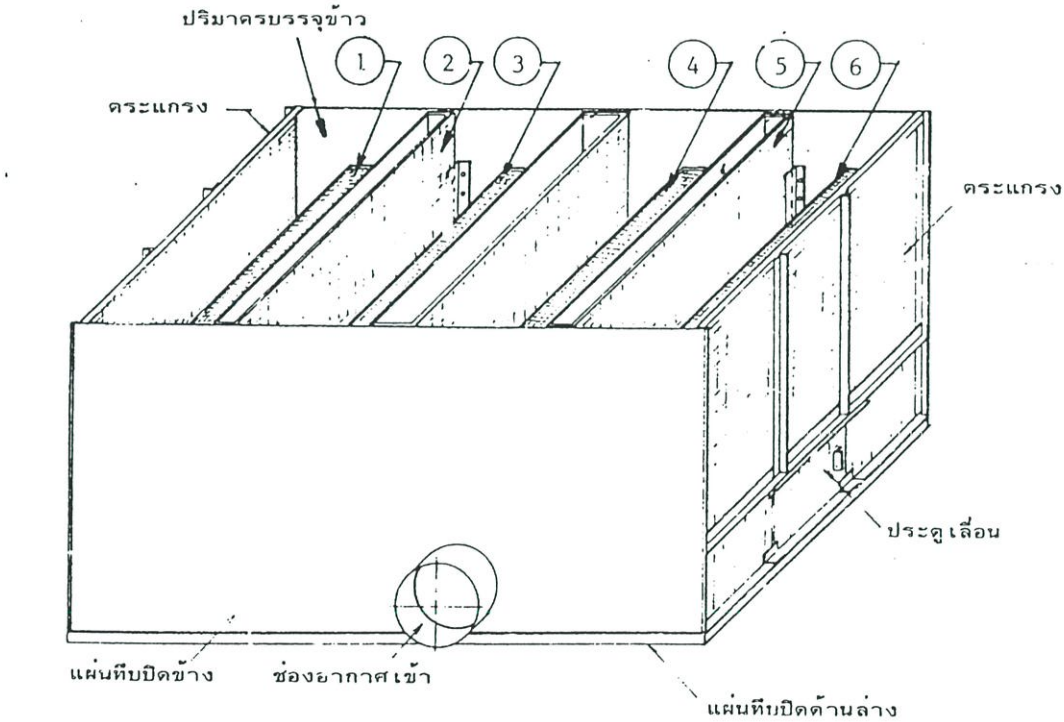
1. ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (Collector)
2. ท่อรวมหลัก (Mainfolding)
3. เตาเผา (Burner Stove)
4. โบล์วเออร์ (Blower)
5. ท่อลม (Ducting)
6. ห้องอบแห้ง (Cabinet Dryer)
7. ห้องเตรียมผลิตภัณฑ์ (Facilitating Room)

รูปที่ 2.24 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานเสริม LPG



รูปที่ 2.25 เครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

- มานิจ ทองประเสริฐ, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, สุวิทย์ บุณยวานิชกุล และ จรูญ มหิทธาฟองกุล. [28] ได้ทำการสร้างและติดตั้งใช้งานเครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดความจุ 1.2 ตัน ข้าวเปลือกที่จังหวัดปทุมธานี ตามรูปที่ 2.26 โดยการสุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลผลิต และปริมาณความสูญเสียผลผลิตเมื่อทำให้ข้าวแห้งโดยวิธีธรรมชาติและโดยการอบแห้ง ผลการวิจัยพบว่า การทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติจะทำให้มีปริมาณการสูญเสียผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวมากกว่าการอบแห้ง 7-10% ของปริมาณผลผลิตที่ได้ ทำให้ชาวนามีรายได้เพิ่มมากขึ้นและคุ้มกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการใช้เครื่อง ถ้าใช้งานเครื่องทั้งกับข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเครื่องอบแห้งข้าวมีความเป็นไปได้ทาง เศรษฐศาสตร์ แต่ยังไม่มีความจำเป็นที่ชาวนาแต่ละครอบครัวจะต้องมีเครื่องอบแห้งไว้ใช้ ควรเป็นการสนับสนุนให้เป็นการใช้ร่วมกันในลักษณะสหกรณ์ ซึ่งผู้ใช้จะจ่ายค่าเช่าเครื่องเป็นครั้งคราวไป



รูปที่ 2.26 ตู้อบแห้งข้าว แสดงตำแหน่งของช่องอากาศซึ่งชักขึ้นลงได้

บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการ

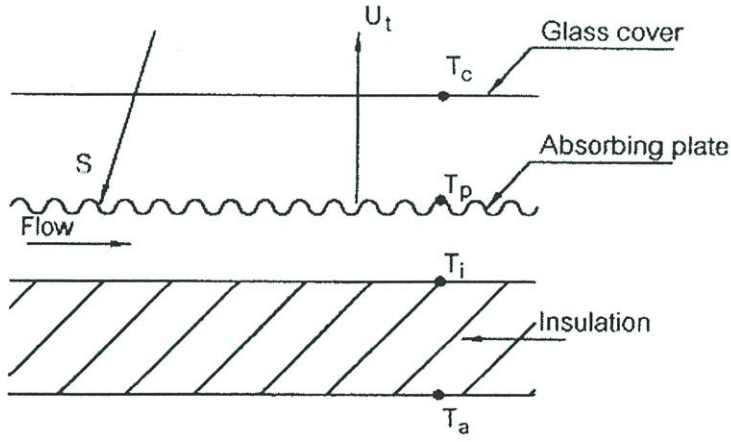
3.1 ทฤษฎีแผงรับแสงอาทิตย์ [29]

3.1.1 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงแบบลอนหรือลูกฟูก ชนิดมีกระจก 1 ชั้น ดังรูปที่ 3.1 ความร้อนที่สูญเสียมีดังนี้

- ระหว่างกระจกใสกับสิ่งแวดล้อม เกิดการพาความร้อนเนื่องจากลมและการแผ่รังสีความร้อน
- ระหว่างแผ่นดูดรังสีกับกระจก เกิดการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน
- ระหว่าง ฉนวนกับแผ่นดูดรังสี เกิดการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน
- ระหว่างฉนวนด้านบนกับฉนวนด้านล่าง เกิดการนำความร้อน

สามารถเขียนเป็นวงจรทางความร้อนได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ภาพตัดขวางแผงรับแสง

กำหนดให้ S = ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดซึมที่แผ่นดูดรังสี, W/m^2

q_u = พลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้, W/m^2

U_t = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน, W/m^2K

U_b = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่าง, W/m^2K

h_w = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม, W/m^2K

$h_{r,c-a}$ = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากกระจกไปยังสิ่งแวดล้อมW/m^2K

$h_{c,p-c}$ = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังกระจก, W/m^2K

$h_{r,p-c}$ = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังกระจก, W/m^2K

h_1 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังอากาศไหล, W/m^2K

h_2 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากฉนวนไปยังอากาศไหล, W/m^2K

$h_{r,p-i}$ = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังฉนวน, W/m^2K

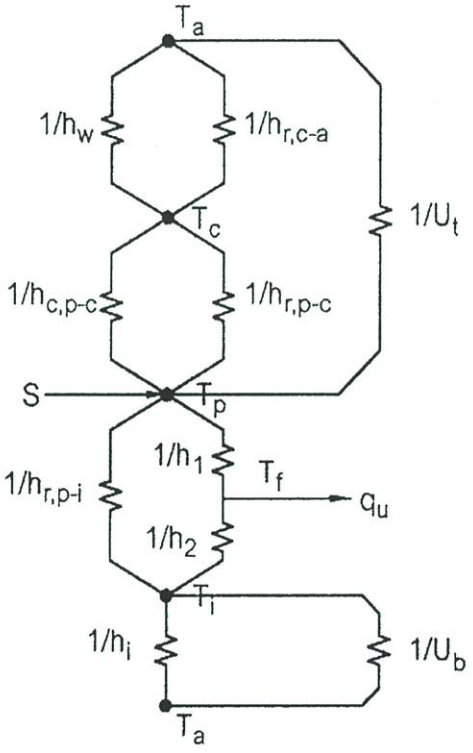
h_i = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนระหว่างฉนวนด้านบนและล่าง, W/m^2K

T_a = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม, K

T_p = อุณหภูมิแผ่นดูดรังสี, K

T_f = อุณหภูมิอากาศไหล, K

T_i = อุณหภูมิฉนวน, K



รูปที่ 3.2 วงจรความร้อนสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ในรูปที่ 3.1

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม, h_w

$$h_w = 2.8 + 3.0v \qquad (3.1)$$

เมื่อ v = ความเร็วลมเหนือกระจก , m/s

สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากกระจกไปสิ่งแวดล้อม, $h_{r,c-a}$

$$h_{r,c-a} = \frac{\sigma \varepsilon_c \left(T_c + T_s\right)\left(T_c^2 + T_s^2\right)\left(T_c - T_s\right)}{T_c - T_a} \qquad (3.2)$$

เมื่อ σ = ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบล์ซมาน 5.67×10^{-8} W/m^2K^4

ε_c = ค่าการแผ่รังสีของกระจก

T_s = $0.0552T_a^{1.5}$

T_c = อุณหภูมิกระจก, K

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังกระจก, $h_{c,p-c}$

$$h_{c,p-c} = \frac{Nu_l . k_l}{L_l} \qquad (3.3)$$

เมื่อ k_l = ความนำความร้อนของอากาศ (คุณสมบัติของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างแผ่นดูดรังสีกับกระจก), W/m.K

L_l = ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดรังสีกับกระจก, m

Nu_l = Nusselt Number โดย

$$= 1 + 1.44\left[1 - \frac{1708\left(\sin 1.8\beta\right)^{1.6}}{Ra\cos\beta}\right]\left[1 - \frac{1708}{Ra\cos\beta}\right]^* + \left[\left(\frac{Ra\cos\beta}{5830}\right)^{1/3} - 1\right]^*$$

เครื่องหมาย*เหนือวงเล็บ หมายถึง ให้ใช้เทอมที่มีค่าเป็น + เทอมที่มีค่าเป็น – ให้ใช้เป็นค่า 0

เมื่อ β = มุมเอียงของแผงรับแสง, องศา

Ra = Rayleigh Number โดย

= $g\beta' \Delta T . L_{pc}^3 / \gamma\alpha$

เมื่อ β' = ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอากาศเชิงปริมาตร

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นดูดรังสีกับกระจก, K

γ = ความหนืดคิเนมาติก, m^2/s

α = Thermal Diffusivity, m^2/s

สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังกระจก, $h_{r,p-c}$

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma\left(T_p + T_c\right)\left(T_p^{\,2} + T_c^{\,2}\right)}{\left[\left(\frac{1}{\varepsilon_p}\right) + \left(\frac{1}{\varepsilon_c}\right) - 1\right]} \tag{3.4}$$

เมื่อ T_p = อุณหภูมิแผ่นดูดรังสี, K

ε_p = ค่าการแผ่รังสีของแผ่นดูดรังสี

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังอากาศไหล (h_1) และจากฉนวนไปยังอากาศไหล (h_2)

$$h_1 = h_2 = \frac{Nu_2 . k_2}{L_2} \tag{3.5}$$

เมื่อ k_2 = ความนำความร้อนของอากาศ (คุณสมบัติของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างแผ่นดูดรังสีกับฉนวน), W/m.K

L_2 = ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดรังสีกับฉนวน, m

Nu_2 = Nusselt Number สำหรับการไหลแบบบังคับโดย

= $0.0158Re^{0.8}$

และ Re = Reynolds Number โดย

= $\rho v D_n/\mu$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของอากาศไหล, kg/m^3

v = ความเร็วอากาศไหล, m/s

D_n = เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก, m

μ = ความหนืดของการไหล, $N.s/m^2$

สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นดูดรังสีไปยังฉนวน, $h_{r,p-i}$

$$h_{r,p-i} = \frac{\sigma\left(T_p + T_i\right)\left(T_p^{\,2} + T_i^{\,2}\right)}{\left[\left(\frac{1}{\varepsilon_p}\right) + \left(\frac{1}{\varepsilon_i}\right) - 1\right]} \tag{3.6}$$

เมื่อ ε_i = ค่าการแผ่รังสีของฉนวน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวน, h_i

$$h_i = \frac{L}{k} \tag{3.7}$$

เมื่อ L = ความหนาของฉนวน, m

k = ความนำความร้อนฉนวน, W/m.K

สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน, U_t

$$U_t = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_w} + \frac{1}{h_{r,c-a}}\right) + \left(\frac{1}{h_{c,p-c}} + \frac{1}{h_{r,p-c}}\right)} \tag{3.8}$$

สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่าง, U_b

$$U_b = \frac{1}{h_i} \tag{3.9}$$

สัมประสิทธิ์การสูญเสียด้านข้าง, U_e

$$U_e = \frac{UA_e}{A_c} \tag{3.10}$$

และ $$U = \frac{k_e}{L_e}$$

เมื่อ k_e = ความนำความร้อนของฉนวนด้านข้าง, W/m.K

L_e = ความหนาของฉนวนด้านข้าง, m

A_e = พื้นที่ด้านข้างของแผงรับแสง, m^2

A_c = พื้นที่ของแผงรับแสง, m^2

จากสมการจะพบว่า ค่าการสูญเสียความร้อนด้านข้างเป็นสัดส่วนของพื้นที่ด้านข้างต่อพื้นที่ของแผงรับแสงซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าน้อยมาก ส่วนใหญ่จึงไม่นำมาคิด

3.1.2 สมรรถนะของแผงรับแสง

จากรูปที่ 3.2 แสดงสมดุลย์พลังงานบนแผงรับแสงที่สภาวะคงที่ จากกฎข้อที่ 1 ของ Thermodynamics จะได้ว่า เอนธาลปีของของไหลที่เพิ่มขึ้นเท่ากับผลรวมของความร้อนที่แผงรับ

แสงได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ และสูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมและงานเพลา (เนื่องจากงานเพลามีค่าน้อยอาจตัดทิ้งได้) สมการสมดุลย์พลังงานเขียนได้ดังนี้

$$H_o - H_i = A_c\left[S - U_L\left(T_{p,m} - T_a\right)\right] \tag{3.11}$$

เมื่อ H_i = เอนธาลปีของของไหลขาเข้า, W

H_o = เอนธาลปีของของไหลขาออก, W

S = รังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนที่แผงรับแสง, W/m^2

U_L = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม, W/m^2K

$T_{p,m}$ = อุณหภูมิเฉลี่ยของแผงรับแสง, K

T_a = อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม, K

A_c = พื้นที่แผงรับแสง, m^2

และ H_o- H_I = ความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ (Q_u), W

ดังนั้น

$$Q_u = A_c\left[S - U_L\left(T_{p,m} - T_a\right)\right] \tag{3.12}$$

กำหนดให้

$$q_u = \frac{Q_u}{A_c}$$

$$q_u = S - U_L\left(T_{p,m} - T_a\right) \tag{3.13}$$

จากวงจรความร้อนรูปที่ 3.2 ที่สภาวะคงที่ ผลรวมพลังงานความร้อนเข้าและออกจากจุดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์

สมดุลย์พลังงานรอบจุด T_p

$$S + U_t\left(T_a - T_p\right) + h_1\left(T_f - T_p\right) + h_{r,p-i}\left(T_i - T_f\right) = 0 \tag{3.14}$$

สมดุลย์พลังงานรอบจุด T_f

$$-q_u + h_1\left(T_p - T_f\right) + h_2\left(T_i - T_f\right) = 0 \tag{3.15}$$

สมดุลย์พลังงานรอบจุด T_i

$$h_2\left(T_f - T_i\right) + h_{r,p-i}\left(T_p - T_i\right) + U_b\left(T_a - T_i\right) = 0 \tag{3.16}$$

จัดรูปใหม่สำหรับ q_u จากสมการด้านบน และสมมุติให้ $h_1=h_2=h$

$$q_u = F'\left[S - U_L\left(T_f - T_a\right)\right] \tag{3.17}$$

เมื่อ

$$F' = \frac{h^2 + 2hh_r + hU_b}{(h + h_r + U_t)(h + h_r + U_b) - (h_r)^2} \tag{3.18}$$

$$U_L = \frac{(U_b + U_t)(h^2 + 2hh_r) + 2U_b U_t h}{h^2 + 2hh_r + hU_b} \tag{3.19}$$

จะเป็นการสะดวกกว่าถ้าความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่มีประโยชน์ , q_u, และอุณหภูมิอากาศเข้า ,$T_{f,i}$,จะใช้แทนพลังงานที่มีประโยชน์ , q_u ,อุณหภูมิอากาศที่ไหล, T_f , สมการจะสามารถเขียนได้ดังนี้

$$q_u = F_R[S - U_L(T_{f,i} - T_a)] \tag{3.20}$$

Duffie และ Beckman [29]ได้ตัดสินใจใช้ F_R โดยสมมุติว่า F' และ U_L ไม่ขึ้นอยู่กับที่ตั้งของแผงรับแสง ดังนั้น

$$F_R = (\dot{m}C_p / A_c U_L)\left(1 - e^{(-A_c U_L F'/\dot{m}C_p)}\right) \tag{3.21}$$

โดย $\dot{m}$ = อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kg.K)

A_c = พื้นที่แผงรับแสง (m^2)

ประสิทธิภาพของแผงรับแสง (η) คือ อัตราส่วนของพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบของแผงรับแสง(G_T)

$$\eta = q_u / G_T \tag{3.22}$$

หรือ $$\eta = F_R(\tau\alpha)_e - F_R U_L(T_{f,i} - T_a)/G_T \tag{3.23}$$

เมื่อ $(\tau\alpha)_e$ = ผลคูณค่าการส่งผ่านและค่าการดูดกลืนของวัตถุ

3.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed Moisture Test) [30]

3.2.1 การตรวจสอบความชื้น

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากความชื้นเป็นสาเหตุที่สำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ อันจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์จะมีชีวิตที่ยาวนานหากมีความชื้นต่ำ เพราะขบวน

การทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด เช่น การหายใจ จะเกิดขึ้นน้อยทำให้ยืดเวลาการมีชีวิตออกไป นอกจากนี้แล้วเมล็ดพันธุ์ยังสามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศ และคายความชื้นให้กับบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ฉะนั้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์จึงแตกต่างกันไปในแต่ละกอง

ความชื้นหรือน้ำในเมล็ดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- Free water คือ น้ำที่อยู่ในช่องระหว่างโมเลกุลขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดน้ำที่อยู่ในรูปนี้มีลักษณะคล้ายกับน้ำที่อยู่ในภาชนะที่เปิดฝา จึงสามารถระเหยออกจากเมล็ดได้ง่าย ในทางทฤษฎีถือว่า น้ำประเภทนี้คือความชื้นของเมล็ด โดยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักสด น้ำในรูปนี้ถูกยึดเหนี่ยวไว้ในเมล็ดโดยแรง capillary forces

- Bound water คือ น้ำที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรโตปลาสซึมและสารประกอบอื่น ๆ ภายในเมล็ด น้ำในส่วนนี้จะถูกยึดไว้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี (Chemical bond) หรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Intermolecular forces) ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่สูงมาก ฉะนั้นน้ำในรูปนี้จึงแยกออกจากเมล็ดได้ยาก

การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดมีวัตถุประสงค์ที่จะทราบถึงระดับความชื้นภายในเมล็ด เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพ และหรือการควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ความชื้นของเมล็ดที่ตรวจสอบมักนิยมให้น้ำหนักสดของเมล็ดเป็นหลัก

วิธีการตรวจสอบความชื้นของเมล็ด

การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

- วิธีการทดสอบแบบมาตรฐาน

เป็นการทดสอบทางตรง โดยการวัดปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกไปจากเมล็ด การวัดแบบนี้เมล็ดจะถูกทำให้แห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอบด้วยความร้อน การกลั่นด้วยสารโทลูอีน การไตเทรดด้วยสารเคมี และการใช้สารดูดความชื้น เป็นต้น วิธีการตรวจสอบความชื้นที่นิยมให้กันมากที่สุดคือ การอบด้วยความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่ตรวจสอบได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำ จึงเป็นวิธีที่ยอมรับกันทั่วไป

การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดโดยวิธีการอบนี้ อุปกรณ์ที่สำคัญคือ ตู้อบไฟฟ้าที่มีการระบายอากาศพอเพียง มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอ อุณหภูมิที่ใช้สำหรับอบเมล็ดนั้นอาจใช้ที่ระดับ 105 $^{\circ}$C หรือ 130 $^{\circ}$C ก็ได้ ตามกฎสากลของการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดนั้นระบุให้นำเมล็ดที่จะตรวจสอบความชื้นมาบดให้ละเอียดเสียก่อน แล้วจึงชั่งตัวอย่างที่บดแล้วมาอย่างน้อย 5 กรัม จำนวนไม่ต่ำกว่า 2 ซ้ำ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 $^{\circ}$C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างที่อบออกจากตู้อบใส่ในโหลดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้ตัวอย่างที่อบมีอุณหภูมิลดลง แล้วจึงนำออกมาชั่งหาน้ำหนักหลังอบ ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้ว การบด

ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ยุ่งยาก จึงนิยมชั่งเมล็ดพันธุ์โดยไม่ต้องบด แล้วนำไปใส่ไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำออกมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง

การรายงานผลการตรวจสอบความชื้นนั้น นิยมรายงานเป็นร้อยละของน้ำหนักสด ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\frac{\text{น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์} - \text{น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์}}{\text{น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์}} \text{x} 100$$

- วิธีทดสอบทางอ้อม

เป็นวิธีการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่ปฏิบัติได้สะดวกและรวดเร็ว เป็นการวัดความชื้นของเมล็ดพันธุ์โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด การวัดความชื้นของเมล็ดแบบนี้ แม้ว่าจะมีความถูกต้องน้อยกว่าแบบมาตรฐาน แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแบบและชนิดของเครื่องมือวัดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ที่นิยมกันมากคือ การวัดด้วยกระแสไฟฟ้าที่อาศัยคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและการต้านทางประจุไฟฟ้าเป็นหลัก เครื่องวัดความชื้นของเมล็ดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายขนาด และออกแบบให้มีความสะดวกต่อการใช้แตกต่างกันหลายแบบ

นอกจากวัดความชื้นของเมล็ดโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแล้ว การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดโดยการใช้ตารางความชื้นของเมล็ดที่จุดสมดุลย์ เป็นวิธีอ่านค่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ได้อีกวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่สามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นให้กับบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด จนกว่าความชื้นภายในเมล็ดจะสมดุลย์กับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ดังนั้นเมื่อถึงสมดุลย์ที่อุณหภูมิระดับใดระดับหนึ่ง เมล็ดก็จะมีความชื้นคงที่ เพราะฉะนั้นเมื่อทราบระดับของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ก็สามารถตรวจสอบจากตารางความชื้นที่สมดุลย์ของเมล็ดได้ ทั้งนี้ต้องแน่ใจว่า เมล็ดพันธุ์ตัวอย่างที่ตรวจสอบมีความชื้นของเมล็ดสมดุลย์กับความชื้นของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด การอ่านค่าความชื้นของเมล็ดแบบนี้ มักใช้เพื่อประเมินค่าความชื้นของเมล็ดในโรงเก็บ

3.2.2 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Germination Test)

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้ทราบถึงจำนวนหรือสัดส่วนของเมล็ดที่มีชีวิตและสามารถงอกให้ต้นอ่อนที่สมบูรณ์ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการกำหนดอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูก การประเมินค่าหรือตีราคาเมล็ดพันธุ์ การเปรียบเทียบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์กับคุณภาพมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ และการควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ต้องดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิด มีการตรวจนับและ

ประเมินผลการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ดังนั้นจึงควรดำเนินการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ตามวิธีการมาตรฐานซึ่งสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association; ISTA) หรือสมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysts; AOSA) ได้กำหนดไว้ ดังจะได้กล่าวถึงวิธีการและหลักการในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ดังต่อไปนี้

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

การที่เมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตจะงอกได้นั้น เมล็ดต้องได้รับปัจจัยหรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด 3 อย่าง คือ (1) น้ำหรือความชื้น (2) ออกซิเจน และ (3) อุณหภูมิที่เหมาะสม นอกจากนี้ในเมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดยังต้องการแสงเพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกอีกด้วย

- น้ำหรือความชื้น เมล็ดที่นำมาทดสอบความงอกจะได้รับน้ำหรือความชื้นจากวัสดุเพาะโดยการดูดซับน้ำ ฉะนั้นน้ำหรือความชื้นในวัสดุเพาะต้องอยู่ในปริมาณที่พอเพียงที่เมล็ดจะดูดไปใช้ได้ หากวัสดุเพาะมีน้ำมากเกินไปจะกีดกั้นการดูดซึมออกซิเจนของเมล็ด ในขณะเดียวกันถ้าความชื้นในวัสดุเพาะต่ำเมล็ดจะงอกได้ช้าหรืออาจไม่งอก

- ออกซิเจน เมล็ดได้รับออกซิเจนจากบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ปกติแล้วในบรรยากาศ ทั่ว ๆ ไปมีออกซิเจนประมาณ 20% ซึ่งอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการงอกของเมล็ด

- อุณหภูมิที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืชทั่ว ๆ ไปอยู่ในช่วง 10-35 $^{\circ}$C เมล็ดพืชบางชนิดงอกได้ที่อุณหภูมิคงที่ ส่วนเมล็ดพืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิสูงต่ำสลับกัน กล่าวคือ ใน 1 วัน เมล็ดต้องการอุณหภูมิในระดับสูงประมาณ 8 ชั่วโมงและอุณหภูมิต่ำประมาณ 16 ชั่วโมงสลับกันไป

- แสง เมล็ดพืชบางชนิดต้องการแสงเพื่อไปกระตุ้นการงอก แสงอาทิตย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือแสงที่มีความเข้มประมาณ 75-100 แรงเทียนพอเพียงในการกระตุ้นให้เมล็ดงอก

วัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเมล็ดในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีและดูดซับน้ำไว้อย่างพอเพียงตลอดระยะเวลาของการทดสอบความงอก ไม่ปิดกั้นการดูดออกซิเจนของเมล็ด และที่สำคัญคือเป็นวัสดุที่ปราศจากสารเคมีหรือสารพิษ ซึ่งจะทำอันตรายเมล็ดพันธุ์ วัสดุที่นิยมใช้กันมากคือ ทราย กระดาษกรอง กระดาษซับขนาดเล็ก กระดาษซับขนาดใหญ่ ใยฝ้าย ฟองน้ำ และสำลี เป็นต้น หากเป็นทรายควรมีการอบฆ่าเชื้อราและแบคทีเรียเสียก่อน เม็ดทรายควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.05-0.8 มิลลิเมตร สำหรับกระดาษซับน้ำควรมีความเหนียวพอเหมาะไม่เปื่อยยุ่ยง่ายเมื่อเปียกน้ำ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบความงอกของเมล็ด แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยทั่วไป ระยะเวลาเริ่มตั้งแต่วันแรกที่เพาะเมล็ดไปจนถึงวันสุดท้ายที่เสร็จสิ้นการทดสอบ ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ ทั้งนี้มีระบุไว้ในกฎสำหรับการทดสอบความงอกในตารางที่ 2 การประเมิน

ผลการทดสอบความงอกนั้น มีกำหนดให้ทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ การนับครั้งแรก (First count) และการนับครั้งสุดท้าย (Final count)

การนับครั้งแรก เป็นการประเมินผลในระหว่างการทดสอบ ซึ่งมีกำหนดวันนับจากวันแรกที่เพาะไว้ ในการนับครั้งแรกนี้จะตรวจนับเฉพาะต้นกล้าที่งอกปกติ (Normal seedling) เท่านั้น ต้นกล้าปกติที่นับแล้วจะคัดออกจากวัสดุเพาะ เพื่อเพิ่มพื้นที่บนวัสดุเพาะและลดความหนาแน่นของเมล็ด นอกจากต้นกล้าที่งอกปกติแล้ว ในบางครั้งอาจคัดเมล็ดที่เน่าเสียหายหรือเมล็ดที่มีเชื้อราเข้าทำลายอย่างรุนแรงออกด้วย แล้วจดบันทึกไว้ เมล็ดที่เหลือบนวัสดุเพาะ นำเข้าตู้เพาะจนครบกำหนดระยะเวลาการนับครั้งสุดท้าย การนับครั้งแรกนี้ อาจทำก่อนหรือหลังวันที่กำหนดไว้ในกฎประมาณ 1-3 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ทำการทดสอบ ในบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องมีการนับครั้งแรก โดยรอไปประเมินผลเมื่อถึงกำหนดการนับครั้งสุดท้ายในคราวเดียวกัน นอกจากนี้แล้ว หากเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในระหว่างการทดสอบความงอกมีโรคเข้าทำลายหรือมีเมล็ดเน่าตายมาก การตรวจนับความงอกสามารถกระทำได้มากกว่า 2 ครั้ง โดยตรวจนับทุก ๆ 2 วัน ระหว่างการนับครั้งแรกกับการนับครั้งสุดท้าย ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคหรือเชื้อราไปยังเมล็ดดีอื่น ๆ

สำหรับการตรวจนับครั้งสุดท้ายนั้น ต้องดำเนินการตามกำหนดวนที่ระบุไว้ในกฎ อย่างไรก็ตาม หากครบกำหนดระยะเวลาของการทดสอบแล้ว ปรากฏว่าเมล็ดที่ทำการทดสอบเพิ่มจะเริ่มงอก สามารถยืดระยะเวลานับครั้งสุดท้ายออกไปได้อีก 2 วันในพืชทั่ว ๆ ไป ส่วนเมล็ดพืชตระกูลถั่ว เมล็ดฝ้าย กระเจี๊ยบ อาจยืดเวลาออกไปได้ถึง 5 วัน

ตารางที่ 3.1 วิธีทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พืชสำคัญบางชนิด

ชนิด	วัสดุเพาะ	อุณหภูมิ (^{o}C)	นับครั้งแรก (วัน)	นับครั้งสุดท้าย (วัน)
กะหล่ำดอก	T,B,P	20-30	3	10
กะหล่ำปลี	T,B,P	20-30	3	10
กระเจี๊ยบ	T,B	20-30	4	14
กระถิน	T	25	4	10
ข้าว	B,T,S	20-30	5	14
ข้าวบาร์เลย์	B,T,S	20,15	4	7
ข้าวโพด	B,T,S	20-30,25	4	7
ข้าวฟ่าง	B,T,S	20-30	4	10
ข้าวสาลี	B,T,S	20,15	4	10
ข้าวโอ๊ต	B,T,S	20,15	5	10

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชนิด	วัสดุเพาะ	อุณหภูมิ (°C)	นับครั้งแรก (วัน)	นับครั้งสุดท้าย (วัน)
แตงกวา	B,T,S	20-30	3	7
แตงเทศ	B,T,S	20-30	4	10
แตงโม	B,T,S	20-30,25	7	14
ถั่วเขียว	B,T,S	20-30	3	7[a]
ถั่วแขก	B,T,S	20-30	-	8[a]
ถั่วฝักยาว	B,T,S	20-30	5	8[a]
ถั่วลันเตา	B,T,S	20	5	8[a]
ถั่วลาย	TP	20-35	4	10
ถั่วลิสง	B,T,S	20-30,25	5	10
ถั่วเหลือง	B,T,S	20-30,25	5	8[a]
บวบเหลี่ยม	T	20-30	4	8
ปอกระเจา	TP,B	30	3	5
ปอแก้ว	T,B	20-30	4	8
ผักกาดกวางตุ้ง	B,T	20-30	3	7
ผักกาดขาวปลี	T,B,P	20-30	3	10
ผักกาดเขียวปลี	P	20-30	3	7
ผักกาดหัว	B,T	20	4	6
ผักกาดหอม	P	20	-	7
ผักคะน้า	T,B,P	20-30	3	10
ผักบุ้งจีน	B,T,S	20-30,25	7	14
ฝ้าย	B,T,S	20-30	4	12[a]
พริก	T,TB,RB,P	20-30	6	14
มะเขือ	P,TB,RB,T	20-30	7	14
มะเขือเทศ	T,B,P,RB	20-30	5	14
ยาสูบ	P,T,B	20-30	7	14
ละหุ่ง	T,S	20-30	7	14
ลูกเดือย	B,T	20-30	10	16
หน่อไม้ฝรั่ง	B,T,S	20-30	-	21
หอมหัวใหญ่	B,T	20	6	10

(a หมายถึง อาจมีเมล็ดแข็ง, B = กระดาษซับ, T = กระดาษเพาะ-ม้วน, S = ดินหรือทราย, P = Petri dish, TP = บนกระดาษเพาะ, TB = บนกระดาษซับ, RB = กระดาษซับเปิดฝา)

การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบความงอก

ในการประเมินผลการทดสอบความงอก ต้องมีการตรวจสอบและวิเคราะห์เมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบเพื่อรายงานผล ลักษณะต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ที่จะต้องตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ (Abnormal seedling) เมล็ดแข็ง (Hard seed) เมล็ดที่มีการพักตัว (Dormant seed)และเมล็ดตาย (Dead seed)

- ต้นกล้าปกติ หมายถึง ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ครบถ้วนสมบูรณ์ เป็นต้นกล้าที่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชปกติได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ต้นกล้าปกติควรมีลักษณะหนึ่งลักษณะใดดังต่อไปนี้คือ

ก. ต้นกล้าซึ่งมีลักษณะที่แสดงว่า จะสามารถเจริญเติบโตและพัฒนาไปเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ได้ในดินและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เหมาะสม

ข. ต้นกล้าซึ่งมีส่วนประกอบของโครงสร้างเมื่อสิ้นสุดการทดลองดังนี้คือ

(1) มีระบบรากสมบูรณ์ คือ มีรากแก้วที่สมบูรณ์ ยกเว้นพืชที่มีระบบรากฝอยซึ่งจะมีรากชั่วคราวแทน

(2) มีไฮโปคอททิล (Hypocotyl) และ/หรืออีพิคอลทิล (Epicotyl) ซึ่งเชื่อมติดกันโดยไม่มีร่องรอยของความเสียหายของท่อน้ำท่ออาหาร และมียอดอ่อนที่สมบูรณ์ หากเป็นพืชตระกูลหญ้าต้องมีใบจริงใบแรก ซึ่งอาจถูกหุ้มด้วยส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน หรือโผล่พ้นส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน

(3) มีใบเลี้ยง 1 ใบ ในกรณีที่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนพืชใบเลี้ยงคู่ต้องมีใบเลี้ยง 2 ใบ

ค. ต้นกล้าที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ เสียหายหรือขาดหายไป แต่ยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ มีความแข็งแรงและสามารถเจริญเติบโตจนเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไปได้ ทั้งนี้ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้คือ

(1) ต้นกล้าของ ข้าวโพด พืชตระกูลฝ้าย พืชตระกูลแตง พืชตระกูลกะหล่ำ-ผักกาด และพืชตระกูลถั่ว ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ ซึ่งเสียหายเฉพาะรากแก้ว แต่มีรากฝอยหรือรากแขนงเจริญเติบโตและแข็งแรงจำนวนมาก พอที่จะพยุงลำต้นให้เจริญเติบโตต่อไปได้

(2) ต้นกล้าซึ่งมีความเสียหายเล็กน้อย แต่ไม่กระทบกระเทือนไปถึงส่วนของท่อน้ำท่ออาหารหรือยอดอ่อน

(3) ต้นกล้าของพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว

ง. ต้นกล้าของพวกไม้ยืนต้นที่มีการงอกแบบ epigeal germination รากแก้วและส่วนของไฮโปคอททิล มีความยาวรวมกันแล้วมากกว่าสี่เท่าของความยาวของเมล็ดไม่แคระแกรนหรือบิดเบี้ยว

จ. ต้นกล้าซึ่งเน่าเสียหายหรือถูกทำลายเนื่องมาจากเชื้อราหรือแบคทีเรียอย่างรุนแรงและตรวจพบว่าความเสียหายนั้นไม่ได้เกิดจากเชื้อราหรือแบคทีเรียที่ติดมากับเมล็ด แต่เป็นความเสียหายเนื่องมาจากการแพร่เชื้อโรคจากแหล่งอื่น ทั้งนี้ต้นกล้าจะต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ครบถ้วน

- ต้นกล้าผิดปกติ (Abnormal seedling) คือ ต้นกล้าซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญบางส่วนหรือทั้งหมดถูกทำลายเสียหาย ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ลักษณะของต้นกล้าผิดปกติ ได้แก่

ก. ต้นกล้าที่มีส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆ สูญหายหรือถูกทำลาย เช่น ไม่มีใบเลี้ยง ต้นกล้าแตกซ้ำ มีรอยแตกหรือรอยแผลลึกเข้าไปในส่วนของท่อน้ำท่ออาหาร ไม่มีรากแก้ว ในกรณีที่เป็นพืชที่รากแก้วมีความสำคัญ ยกเว้นข้าวโพด พืชตระกูลฝ้าย พืชตระกูลแตง พืชตระกูบกะหล่ำ-ผักกาด และพืชตระกูลถั่วที่มีเมล็ดขนาดใหญ่

ข. ต้นกล้าที่งอกผิดปกติ หมายถึง ต้นกล้าที่มีลักษณะอ่อนแอ ต้นกล้ามีรูปร่างลักษณะผิดปกติ เช่น หงิกงอ โปร่งแสง ยอดอ่อนบิดเป็นเกลียว ยอดอ่อนขาดหายไปหรือแตกเป็นสองแฉก ใบเลี้ยงหงิกงอมีรอยช้ำขนาดใหญ่ ส่วนของไฮโปคอททิล หรืออีพิคอททิลบวมโตผิดปกติ รากกุดหรือแตกรากเป็นกระจุก ต้นกล้าผอมเรียวเล็ก มีสีซีด เป็นต้น

ค. ต้นกล้าที่เน่าเสียหายอย่างรุนแรง เนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย สาเหตุการทำลายเกิดจากเชื้อที่ติดมากับเมล็ด

- เมล็ดแข็ง (Hard seed) คือ เมล็ดที่มีชีวิตแต่ไม่งอก เนื่องจากเปลือกไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด เมล็ดยังคงมีสภาพและรูปร่างลักษณะเหมือนเมล็ดก่อนการทดสอบความงอก พบเฉพาะในเมล็ดพืชตระกูลถั่ว ตระกูลแตง และตระกูลกะหล่ำ-ผักกาด การรายงานผลการทดสอบความงอกนั้น เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแข็งจะต้องรวมไปในเปอร์เซ็นต์ความงอกด้วย

- เมล็ดที่มีการพักตัว คือ เมล็ดที่ดูดน้ำแต่ไม่ยอมงอก อาจเนื่องมาจากส่วนของเปลือกไม่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด หรืออาจเกิดจากส่วนของต้นอ่อนมีการพักตัว

- เมล็ดตาย คือ เมล็ดที่ไม่งอกและเน่าเปื่อย เมล็ดมีรูปร่างผิดไปจากเดิม เมล็ดเกิดการบวมและเน่าเละ

การทดสอบใหม่ (Retest)

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์นั้น ในบางครั้งอาจมีข้อผิดพลาด ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรเป็น อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น เครื่องมือและเครื่องใช้ไม่เหมาะสม การควบคุมสภาพแวดล้อมไม่ดีพอ หรือมีข้อผิดพลาดเนื่องมาจากตัวบุคคลผู้ทำการทดลอง ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการทดสอบใหม่ การที่จะทราบว่า ควรทำการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ใหม่หรือไม่นั้น ให้พิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้คือ

- เมื่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในแต่ละซ้ำ แตกต่างกันเกินกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับสำหรับการทดสอบความงอกนี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 วิธีการตรวจสอบกระทำได้ดังนี้ คือ

ก. หาค่าเฉลี่ยเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ทุกซ้ำที่ทำการทดลอง ค่าเฉลี่ยที่มีทศนิยมต่ำกว่า 0.5 ให้ตัดทิ้ง ค่าเฉลี่ยที่มีทศนิยมตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปให้ปัดเป็น 1

ข. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกในซ้ำที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดว่าต่างกันเท่าใด

ค. นำค่าแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงและต่ำสุดมาตรวจสอบกับค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ ที่ค่าเฉลี่ยซึ่งหาได้จากข้อ ก. ถ้าค่าของความแตกต่างไม่มากกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ ให้รายงานผลการทดสอบความงอก โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากข้อ ก. โดยไม่ต้องทดสอบใหม่ แต่ถ้าความแตกต่างระกว่างซ้ำที่มีเปอร์เซ็นตีความงอกสูงสุดกับต่ำสุดมากกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ ให้ดำเนินการข้อต่อไปคือ

ง. ตัดเปอร์เซ็นต์ความงอกในซ้ำที่ต่ำสุดออก แล้วหาค่าเฉลี่ยของซ้ำที่เหลือ

จ. หาความแตกต่างของซ้ำที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุด

ฉ. เปรียบเทียบความแตกต่างของซ้ำที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดว่ามากกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ (ที่ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากข้อ ง.) หรือไม่ ถ้าค่าของความแตกต่างไม่มากกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากข้อ ง. รายงานผลการทดสอบความงอก แต่ถ้าค่าของความแตกต่างมากกว่าค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับ จะต้องดำเนินการทดสอบใหม่

- ในกรณีที่มีเหตุการณ์บางอย่างในการทดสอบเกิดขึ้น ดังนี้

ก. สภาพแวดล้อมที่ทำการทดสอบไม่เป็นไปตามกำหนดไว้ เช่น ไม่สามารถควบคุมระดับของอุณหภูมิตามที่ต้องการ ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เพาะไม่สม่ำเสมอ ไฟฟ้าดับในขณะที่ต้องการให้แสง เป็นต้น

ข. เกิดความผิดพลาดบางประการจากการประเมินผลและการนับจำนวนต้นกล้า

ค. มีเชื้อราหรือแบคทีเรียปรากฏบนวัสดุเพาะในปริมาณที่มากเกินควรและไม่สามารถหาสาเหตุได้

ง. พบว่ามีความผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากการคำนวณและจดบันทึก

จ. เมื่อต้นกล้าแสดงลักษณะอาการผิดปกติอันเนื่องมาจากสารเคมีบางชนิดหรือสารพิษที่เกิดจากวัสดุเพาะ ทำให้ผลการทดลองผิดพลาดไป

ฉ. เมื่อพบว่ามีเมล็ดแข็ง หรือเมล็ดที่ดูดน้ำแต่ไม่งอกในปริมาณมาก หรือเมล็ดที่สงสัยว่าจะมีการพักตัวแบบอื่น ๆ

ตารางที่ 3.2 ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย		จำนวนซ้ำ (ซ้ำละ100 เมล็ด)			เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ย		จำนวนซ้ำ (ซ้ำละ100 เมล็ด)		
A	B	4	3	2	A	B	4	3	2
99	2	5	-	-	75	26	17	16	14
98	3	6	5	-	74	27	17	16	14
97	4	7	6	6	73	28	17	16	14
96	5	8	7	6	72	29	18	16	14
95	6	9	8	7	71	30	18	16	14
94	7	10	9	8	70	31	18	17	14
93	8	10	9	9	69	32	18	17	14
92	9	11	10	9	68	33	18	17	15
91	10	11	10	9	67	34	18	17	15
90	11	12	11	9	66	35	19	17	15
89	12	12	11	10	65	36	19	17	15
88	13	13	12	10	64	37	19	17	15
87	14	13	12	11	63	38	19	18	15
86	15	14	13	11	62	39	19	18	15
85	16	14	13	11	61	40	19	18	15
84	17	14	13	11	60	41	19	18	15
83	18	15	14	12	59	42	19	18	15
82	19	15	14	12	58	43	19	18	15
81	20	15	14	12	57	44	19	18	15
80	21	16	15	13	56	45	19	18	15
79	22	16	15	13	55	46	20	18	15
78	23	16	15	13	54	47	20	18	16
77	24	17	15	13	53	48	20	18	16
76	25	17	16	13	52	49	20	18	16

3.2.3 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เป็นการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์แบบหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญมากในวงการเมล็ดพันธุ์พืช เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ซึ่งมีผลการทดสอบความงอกมาตรฐานอยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เมื่อนำไปปลูกในไร่นาหรือเก็บไว้ระยะหนึ่งแล้ว มีความงอกแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพราะการทดสอบความงอกมาตรฐานนั้น แม้ว่าจะเป็นวิธีการ

ทดสอบที่ยอมรับและถือปฏิบัติกันทั่วไปก็ตาม แต่การทดสอบความงอกมาตรฐานมีข้อจำกัดหลายประการ ที่จะบอกให้ทราบถึงคุณภาพที่แท้จริงของเมล็ดพันธุ์ เพราะการทดสอบความงอกมาตรฐานนั้น มีการจัดการให้มีปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม ผลการทดสอบความงอกจึงเป็นความสามารถสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้ แต่เมื่อนำเมล็ดไปปลูกในไร่นา ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแปรปรวน เมล็ดพันธุ์เหล่านี้มีความงอกแตกต่างกันไป ดังนั้นการทดสอบความแข็งแรง ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดหรือคาดคะเนคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินค่าความสามารถของเมล็ดพันธุ์ที่จะงอกในไร่นา ตลอดจนถึงการประเมินค่าความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จึงมีความจำเป็น

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ คือ ลักษณะบางอย่างซึ่งเป็นพลังเงียบที่หลบซ่อนอยู่ในเมล็ดพันธุ์ ลักษณะที่ดีเด่นของเมล็ดพันธุ์ เป็นผลรวมของลักษณะต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงให้เห็นเมื่อสภาพแวดล้อมแปรปรวนผิดปกติ ดังนั้นการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จึงกระทำได้หลายวิธีและหลายรูปแบบ แต่ละวิธีแต่ละแบบมีความเหมาะสมกับเมล็ดพืชต่างชนิดกัน เช่น

- การทดสอบการเจริญเติบโตและการประเมินความแข็งแรงของต้นกล้า ได้แก่ การวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า การวัดดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ การหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้า และการจัดกลุ่มความแข็งแรงของต้นกล้า เป็นต้น
- การทดสอบความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีการเร่งอายุ การทดสอบในสภาพอากาศหนาว และการทดสอบความงอกในสภาพอากาศเย็น
- การทดสอบทางชีวเคมี ได้แก่ TZ test การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีนำไฟฟ้า GADA test การทดสอบการหายใจของเมล็ด เป็นต้น

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ ซึ่งเป็นวิธีที่เลือกใช้ในการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของงานวิจัยนี้

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ (Accelerated Aging Test for Seed Vigor)

การเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แบบหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์วิธีนี้ ได้ถูกคิดค้นขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินหรือทำนายความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ต่างกองกัน และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทำนายความงอกของเมล็ดพันธุ์ในไร่นารวมทั้งความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนเมื่อเมล็ดพันธุ์งอกเป็นต้นกล้า การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุนี้ สามารถใช้ทำนายความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์พืชเกือบทุกชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคของการเร่งอายุในแต่ละพืช และการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อม

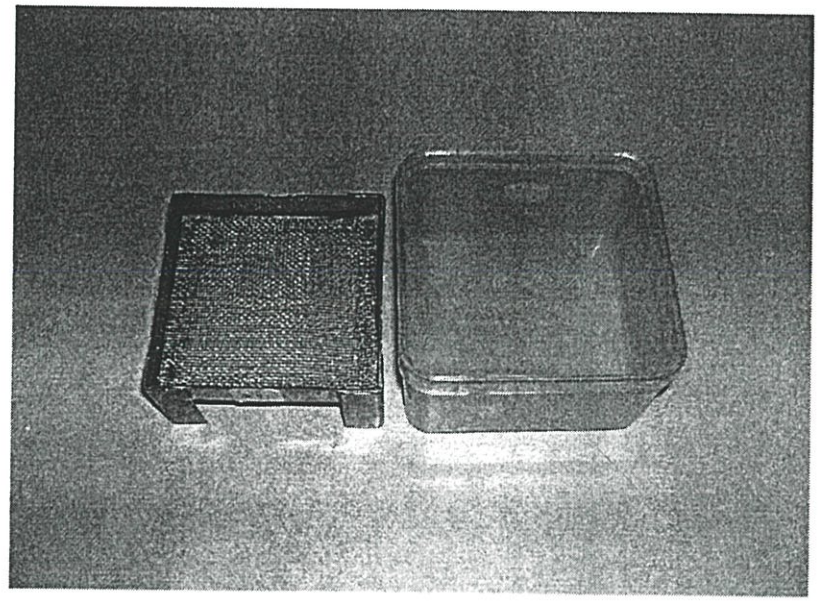
แต่ละแห่ง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ สามารถใช้ทำนายหรือประเมินค่าความงอกในไร่ของ ถั่วลิสง ฝ้าย ถั่วแขก ถั่วลันเตา ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง และข้าวโพด

หลักสำคัญของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุนี้ คือ การให้เมล็ดได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 % เป็นระยะเวลาหนึ่งประมาณ 3-5 วัน แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมาทดสอบความงอก การนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงนี้ เมล็ดพันธุ์มีอัตราการเสื่อมคุณภาพสูง มีผลทำให้ความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดลดลง ความงอกของเมล็ดหรือความมีชีวิตที่ลดลงนี้ขึ้นอยู่กับศักยภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเร่งอายุแล้ว มีความงอกลดลงน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ ผลการทดลองทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยยืนยันว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากผ่านการเร่งอายุแล้ว มีความสัมพันธ์กับความงอกในไร่นาในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ฉะนั้นหลักการของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์วิธีนี้ก็คือ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงย่อมทนทานต่อสภาพของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง เมล็ดพันธุ์จึงยังคงสามารถงอกให้ต้นกล้าปกติได้ เมื่อนำมาทดสอบความงอก

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์คือ ตู้หรือห้อง (Chamber) ที่สามารถควบคุมหรือจัดการให้บรรยากาศภายในมีอุณหภูมิอยู่ในระดับ 40-45 $^{\circ}$C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันนี้ในสหรัฐอเมริกา ประเทศในแถบยุโรปและญี่ปุ่น มีผู้ผลิตตู้สำหรับใช้เร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ขึ้นมาใช้และจำหน่าย ตู้ดังกล่าวนี้สามารถใส่เมล็ดพันธุ์เพื่อเร่งอายุได้ทีละหลาย ๆ ตัวอย่าง แต่ตู้เหล่านี้มักมีราคาแพง และผลการทดสอบมีความถูกต้องน้อยกว่าการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีที่ใช้ ขวดเร่งอายุ วิธีนี้เป็นวิธีการซึ่งดัดแปลงมาจากการเร่งอายุที่เป็นต้นฉบับเดิม โดยอาศัยหลักการเดียวกัน กล่าวคือ จัดการหรือดำเนินการให้บรรยากาศภายในขวดเร่งอายุมีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในแต่ละท้องถิ่น อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีขวดเร่งอายุนี้ ได้แก่

- ตู้อบหรือห้อง ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในระดับ 40-45 องศาเซลเซียส
- ขวดแก้วหรือโหลแก้วหรือกล่องพลาสติก ที่มีฝาปิด เพื่อใช้เป็นขวดเร่งอายุที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ ขวดโหลแก้วที่ใช้บรรจุอาหารหรือดองผัก มีฝาปิดล็อคได้
- ตะแกรงลวดสแตนเลสหรือลวดอลูมิเนียม ตะแกรงลวดนี้มีไว้สำหรับใส่เมล็ดบนตะแกรง แล้วใส่ลงในขวดโหล ตะแกรงลวดอาจเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับขนาดของขวดเร่งอายุว่ามีขนาดและรูปร่างแบบใด



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างกล่องพลาสติกและตะแกรงลวดในการทดสอบการเร่งอายุ

ระดับของอุณหภูมิและระยะเวลาสำหรับการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช สำหรับในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น สมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (AOSA) ได้รายงานไว้ว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความงอกตั้งแต่ 70 % ขึ้นไปให้ถือว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกระหว่าง 55-60 % จัดเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงปานกลาง และเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความงอกหลังจากการเร่งอายุตั้งแต่ 54 % ลงไป จัดเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ

3.2.4 การทดสอบความเสียหายของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยว สีนวด และกะเทาะเมล็ดโดยใช้เครื่องจักรกล และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านขบวนการปรับปรุงสภาพของเมล็ดพันธุ์ มักมีความเสียหายต่าง ๆ เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ อันจะมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ ความเสียหายเหล่านี้สามารถตรวจสอบได้ และคัดแยกเมล็ดพันธุ์ที่เสียหายออกไปจากกองเมล็ดพันธุ์ได้โดยขบวนการปรับปรุงสภาพของเมล็ดพันธุ์ ความเสียหายเหล่านี้ได้แก่ การที่เมล็ดแตกออกเป็น 2 ซีก การแตกหัก รอยร้าวบนเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น บางครั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์นี้ สามารถตรวจสอบได้ง่าย ๆ ด้วยตาเปล่า แต่บางกรณีความเสียหายอาจมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น วิธีการตรวจสอบความเสียหายของเมล็ดพันธุ์มีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่จะกล่าวถึงในที่นี้เป็นวิธีที่เราเลือกใช้ในการทดลอง

วิธีฟาสท์ กรีน (Fast Green Test)

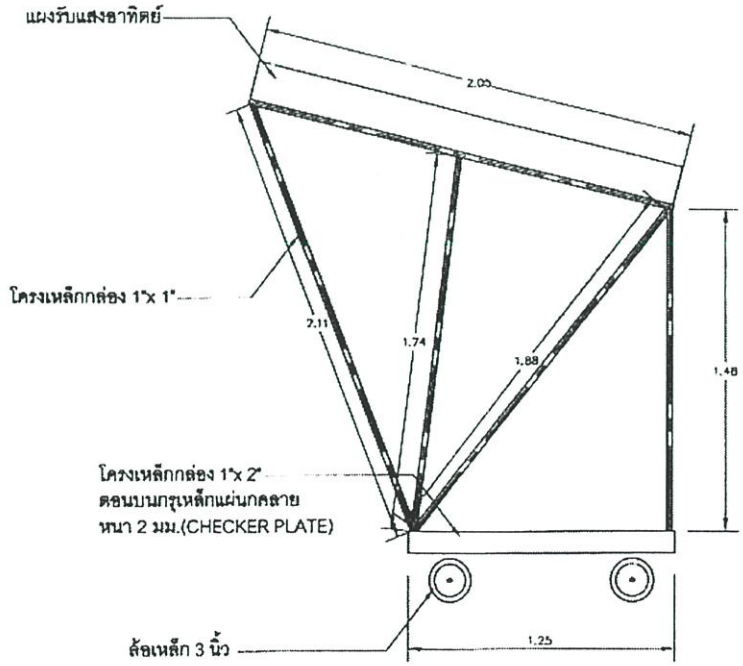
เป็นการตรวจสอบความเสียหายบนเปลือกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยการย้อมสีเมล็ดด้วยสารละลายของฟาสท์ กรีน ปกติความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ เช่น เปลือกของเมล็ดแตกร้าว เมล็ดมีรอยแตกที่ส่วนประกอบทางโครงสร้างของเมล็ดบางส่วนหักไปนั้น อาจตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า หรือใช้กล้องขยายหรือแว่นขยายช่วยพิจารณาตรวจสอบอย่างละเอียด อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบความเสียหายโดยวิธีฟาสท์ กรีน นี้ สะดวกและรวดเร็วและไม่เป็นอันตราย จึงนิยมใช้กันทั่วไป นอกจากใช้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแล้ว ยังสามารถใช้วิธีฟาสท์ กรีน นี้ ตรวจสอบความเสียหายของเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วอื่น ๆ ได้อีกด้วย ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งไม่เป็นอันตรายกับคัพภะและต้นอ่อน ฉะนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว จึงสามารถนำไปทดสอบความงอกหรือทดสอบความมีชีวิตอื่น ๆ ได้

บทที่ 4
ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1 การออกแบบ

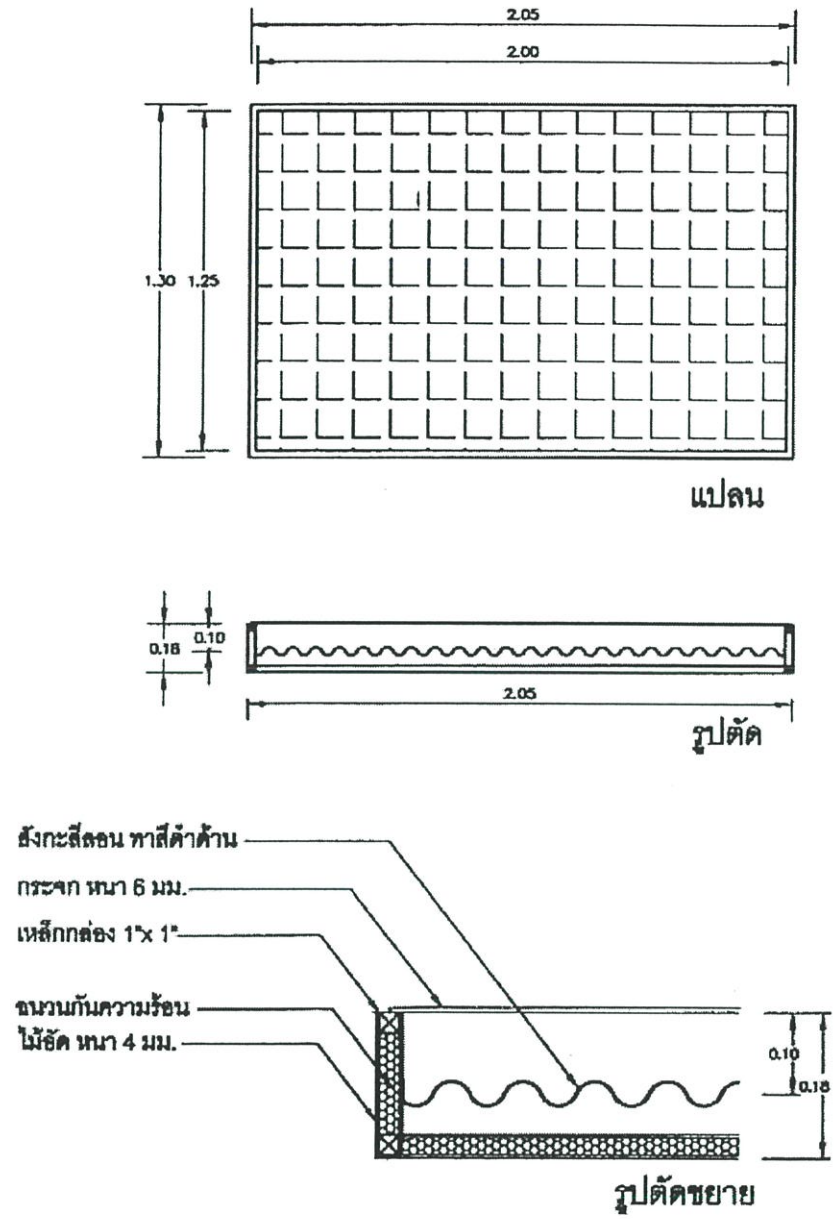
ในการออกแบบเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกันนี้ เราได้นำหลักการทำงานมาจากเครื่องลดความชื้นชนิด Circular flow ซึ่งเป็นเครื่องลดความชื้นที่ใช้งานอยู่ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร โดยเครื่องลดความชื้นที่ออกแบบมานี้มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์แบบชนิดแผ่นเรียบ (Flat-plate solar collector) มีขนาด 1.25 x 2 m^2 ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 6 mm 1 ชั้น แผ่นดูดกลืนรังสีเป็นแผ่นสังกะสีลอนทาสีดำด้าน ระหว่างกระจกกับแผ่นดูดกลืนรังสีมีช่องว่างอากาศนิ่งหนา 10 cm และระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีกับแผ่นไม้ มีช่องอากาศไหลหนา 5 cm ด้านล่างแผ่นไม้และผนังด้านข้างบุด้วยฉนวนกันความร้อน Thermaflex มีความหนา 25 mm ปิดทับด้วยแผ่นไม้หนา 4 mm แผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 14° กับแนวระดับ แผงรับแสงวางอยู่บนโครงเหล็กที่ด้านล่างติดตั้งล้อเหล็ก ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายแผงรับแสงได้ รายละเอียดโครงเหล็กแสดงในรูปที่ 4.1 รายละเอียดแผงรับแสงแสดงในรูปที่ 4.2



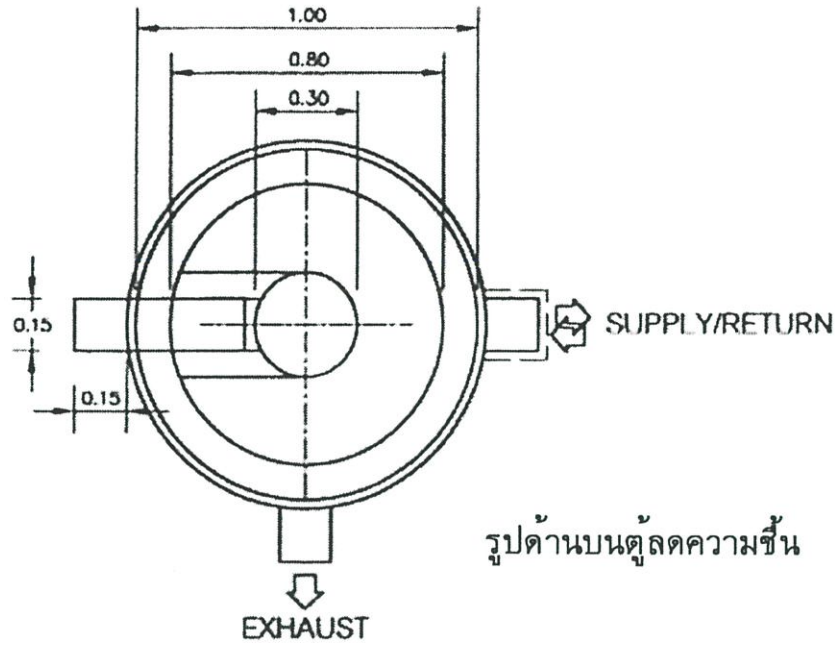
รูปด้าน โครงเหล็กรับ แผงรับแสง

รูปที่ 4.1 รายละเอียดโครงแผงรับแสงอาทิตย์

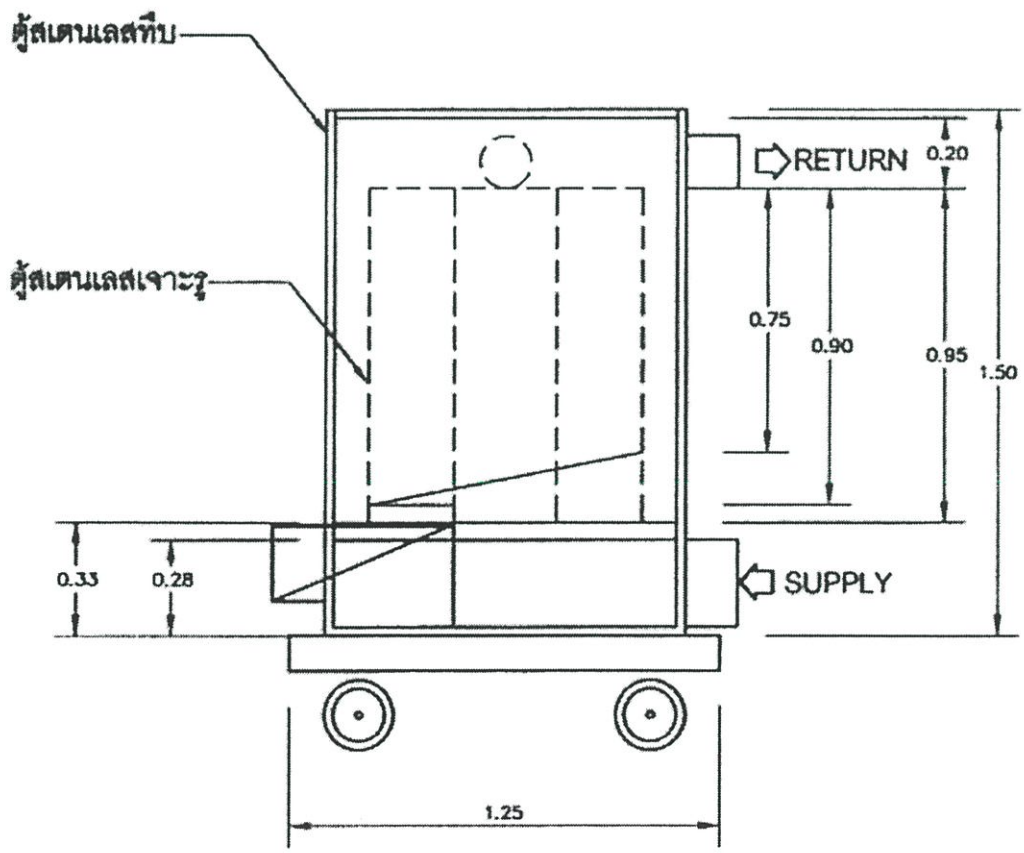


รูปที่ 4.2 รายละเอียดของแผงรับแสงอาทิตย์

4.1.2 ตู้ลดความชื้น (Drying chamber) ทำจากสแตนเลส บุด้วยฉนวนกันความร้อน ลมร้อนจะเข้าตู้ทางด้านล่างและกระจายลมออกตามแนวรัศมีเพื่อเคลื่อนที่ผ่านถั่วเหลืองที่บรรจุอยู่รอบ ๆ แกนกระจายลม และลมจะระบายออกทางด้าน ตู้ลดความชื้นนี้บรรจุถั่วเหลืองได้ประมาณ 250 kg ขนาดและรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4

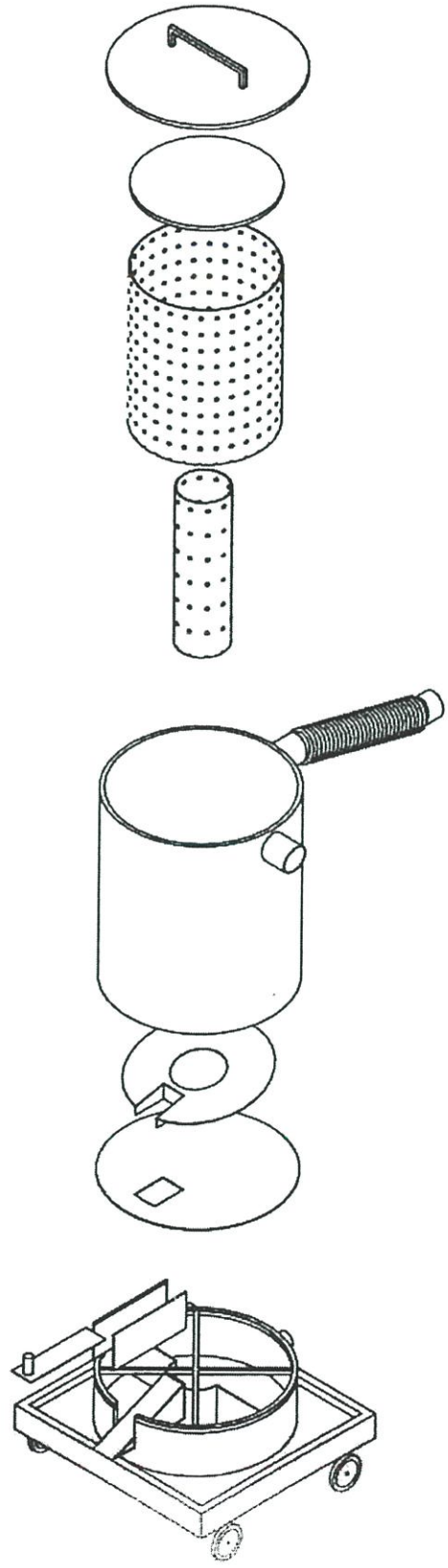


รูปด้านบนตู้ลดความชื้น



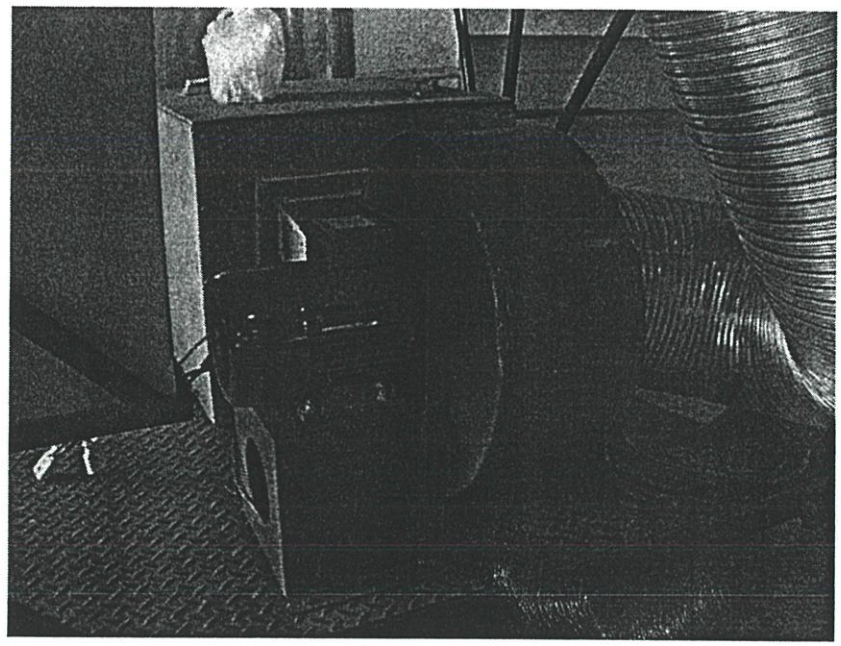
รูปด้านข้างตู้ลดความชื้น

รูปที่ 4.3 รายละเอียดตู้ลดความชื้น



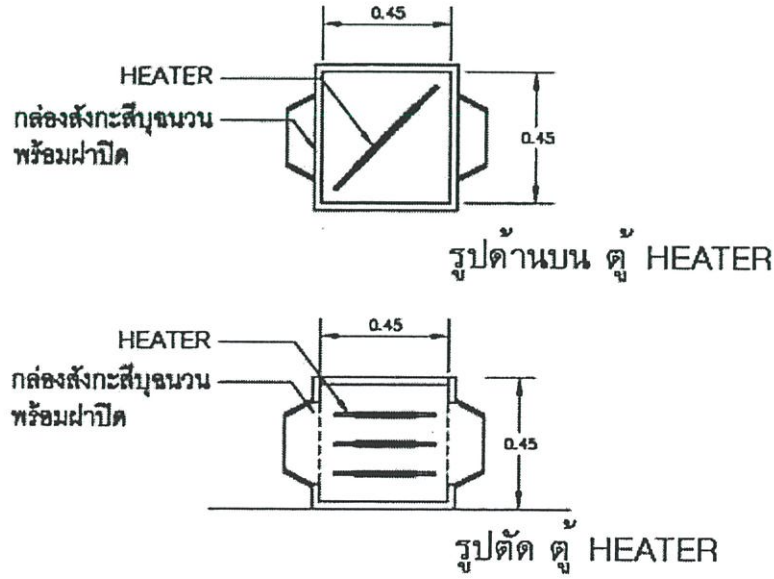
รูปที่ 4.4 ภาพ 3 มิติ ส่วนประกอบของตู้ลดความชื้น

4.1.3 พัดลม เป็นแบบ Centrifugal Fan แบบใบพัดโค้งหน้า (Forward cudved Bladce) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 1 HP สามารถปรับความเร็วรอบได้โดยต้องต่อเข้ากับ inverter แสดงในรูปที่ 4.5



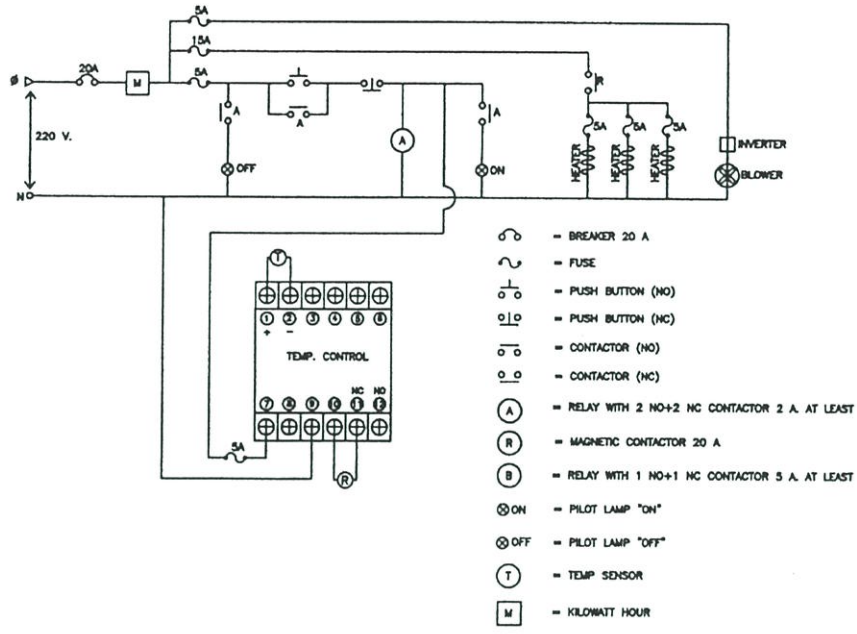
รูปที่ 4.5 พัดลม Centrifugal แบบใบพัดโค้งหน้า

4.1.4 Heater แบบครีบ จำนวน 3 เส้น ขนาดเส้นละ 700 W ติดตั้งอยู่ในกล่องเพื่อให้ลมสามารถไหลผ่านได้ ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 รายละเอียด Heater และกล่อง

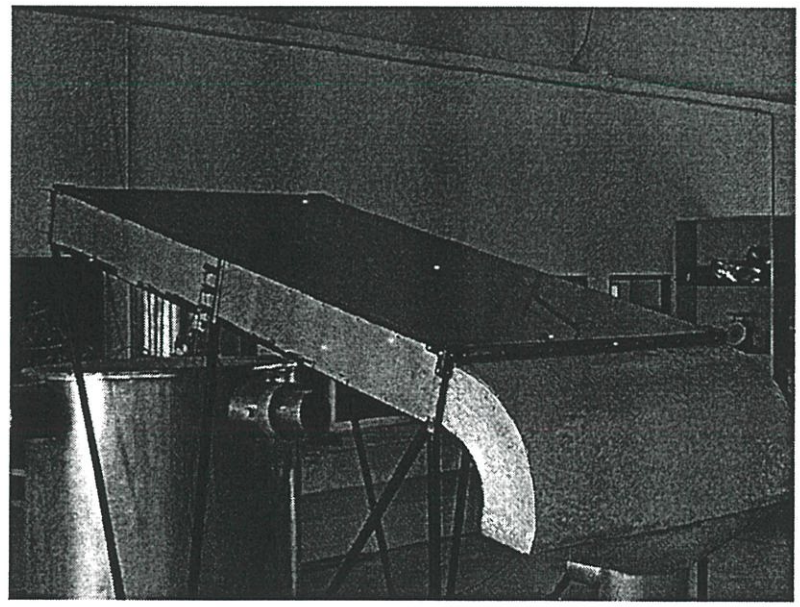
4.2.5 ตู้ควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Heater โดยจะควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของ Heater ตามค่าอุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ รูปที่ 4.7 แสดงรายละเอียดวงจรไฟฟ้าภายในตู้ควบคุม



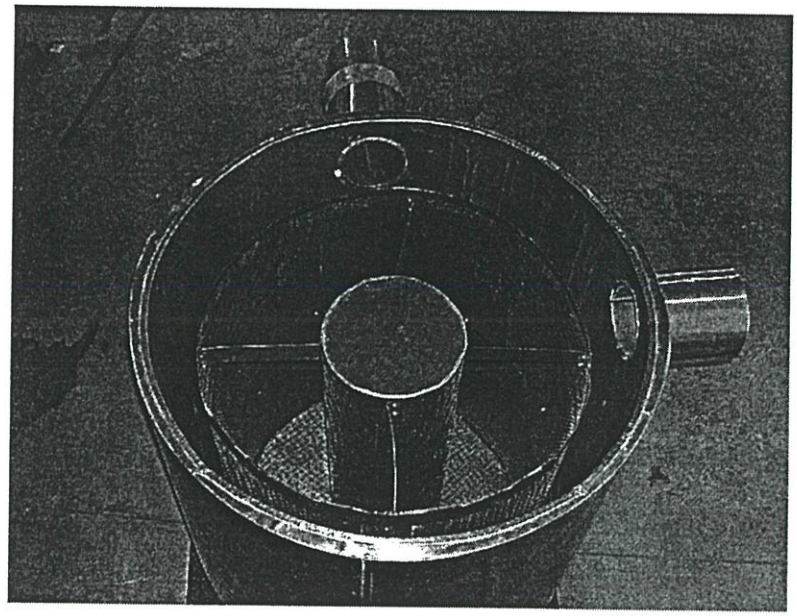
รูปที่ 4.7 Wiring diagram ตู้ควบคุม

4.2 การก่อสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

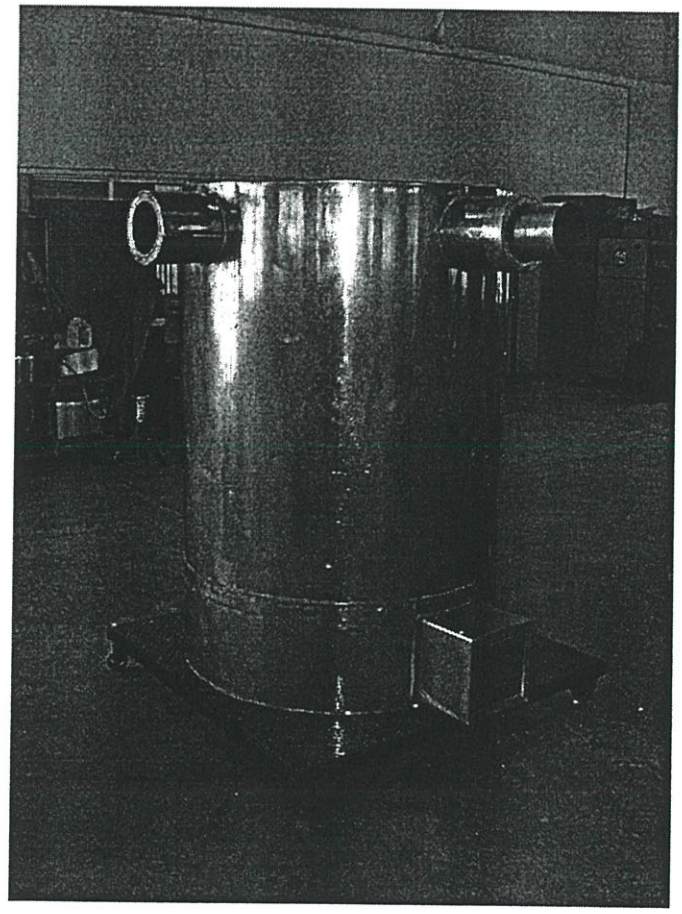
เมื่อการออกแบบเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินก่อสร้าง ซึ่งได้ผลออกมาตามรูปที่ 4.8 – 4.12



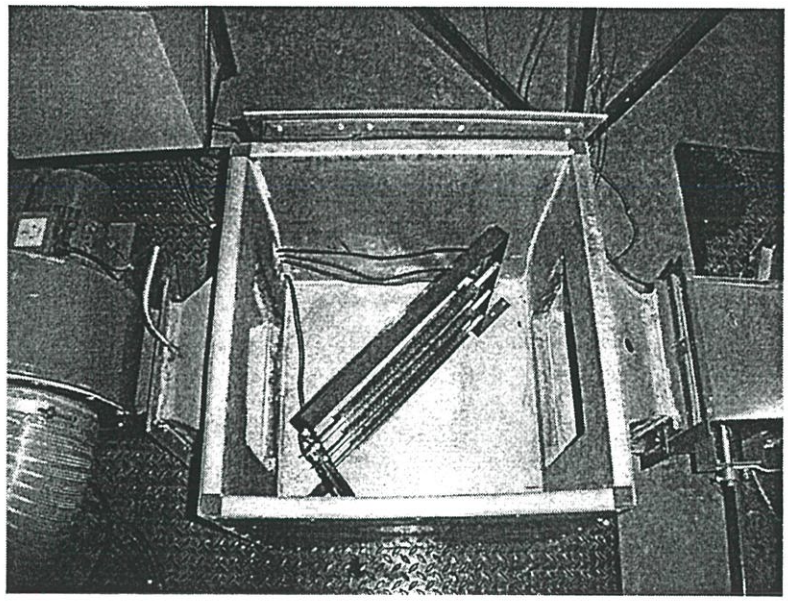
รูปที่ 4.8 แผงรับแสงอาทิตย์



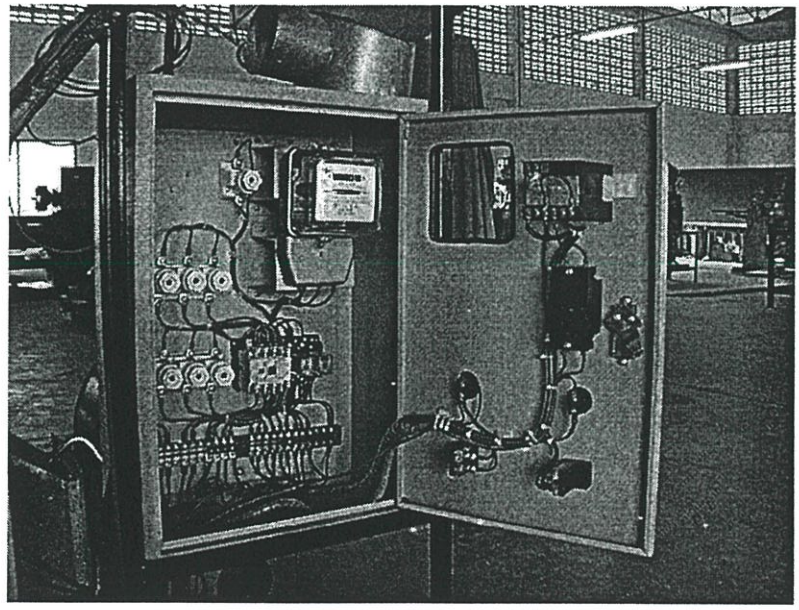
รูปที่ 4.9 ตู้ลดความชื้นด้านบน



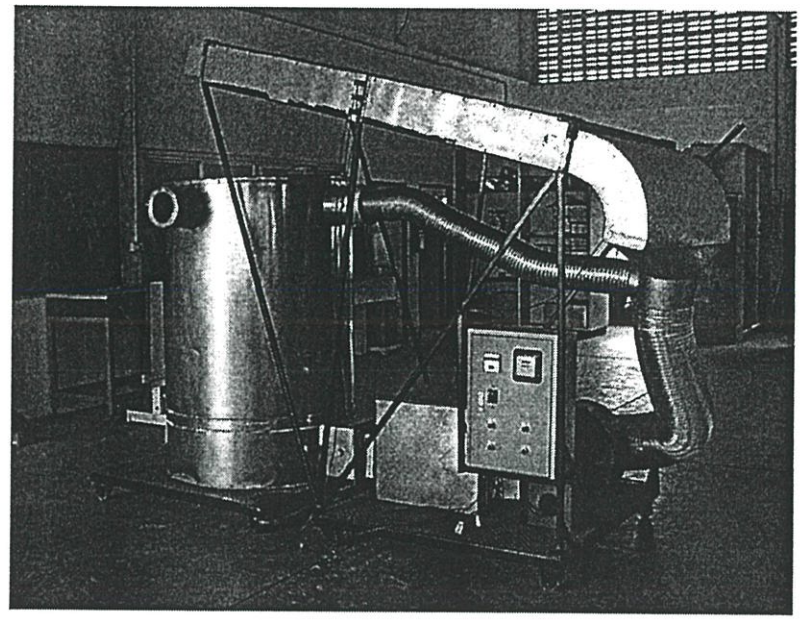
รูปที่ 4.10 ตู้ลดความชื้นด้านข้าง



รูปที่ 4.11 Heater และกล่อง



รูปที่ 4.12 ตู้ควบคุม



รูปที่ 4.13 เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เมื่อก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์

4.3 การจัดเตรียมการทดลอง

4.3.1 อุปกรณ์การทดลอง

- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) FLUKE HYDRA, 2620A INPUT MODULE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ โดยจะต้องต่อกับสาย Thermocouple

- สาย Thermocouple Type K เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ โดยต่อเข้ากับเครื่อง Data logger

- เครื่องวัดความเร็วลม Kanomax Anemometer Model-6631 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วลม ณ จุดต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบ

- ตู้อบไฟฟ้า Memmert Type Ulm500 Nenntemp 220°C เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อบเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งของวัสดุ

- ตู้เพาะ Hotpack Model 352602 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพาะความงอกเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถตั้งอุณหภูมิภายในตู้ได้ตามความเหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพันธุ์ที่จะทดสอบ

- ตู้เร่งอายุ WTC binder Model KW720 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถตั้งอุณหภูมิภายในตู้ได้

- เครื่องชั่งน้ำหนัก SHIMADZU BX300 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักของวัสดุเพื่อนำค่าไปหาความชื้น มีความละเอียด 0.001

- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar integrator)

4.3.2 การทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อท้องฟ้ามีเมฆและท้องฟ้าโปร่ง โดยไม่เปิดพัดลม และเปิดพัดลมโดยมีอัตราการไหลลมร้อนต่างกัน ดังนี้

1. วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิกระจก อุณหภูมิแผ่นดูดรังสี และอุณหภูมิฉนวน โดยใช้ Thermocouple Type K (T1, T3, T4 และ T5 ในรูปที่ 4.14) ต่อเข้ากับ Data logger ทำการวัดค่าทุก ๆ 20 นาที ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนกระทั่งแสงแดดหมด

2. วัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยใช้ Solar Integration ทุก ๆ 20 นาที พร้อม ๆ กับอุณหภูมิในข้อ 1 ตามจุดที่ 7 ในรูป 4.14

3. หาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม Kanomax Anemometer วัดความเร็วลม เมื่อมีความถี่มอเตอร์พัดลม 15, 25, 30, 40 และ 50 Hz (ปรับความถี่มอเตอร์พัดลมที่ Inverter) คูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของท่อลม

4. วัดความเร็วลมเหนือแผงรับแสงโดยใช้ Kanomax Anemometer ทุกชั่วโมงตลอดการทดลอง หรือใช้ข้อมูลความเร็วลมของกรุงเทพฯ ที่ดำเนินการวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

5. ทำการวัดอุณหภูมิ ความเข้มแสงอาทิตย์ และความเร็วลม เหมือนข้อ 1, 2 และ 3 โดยเปิดพัดลมที่อัตราการไหลต่างกัน

6. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพแผงรับแสงขณะไม่เปิดพัดลม และเปิดพัดลม

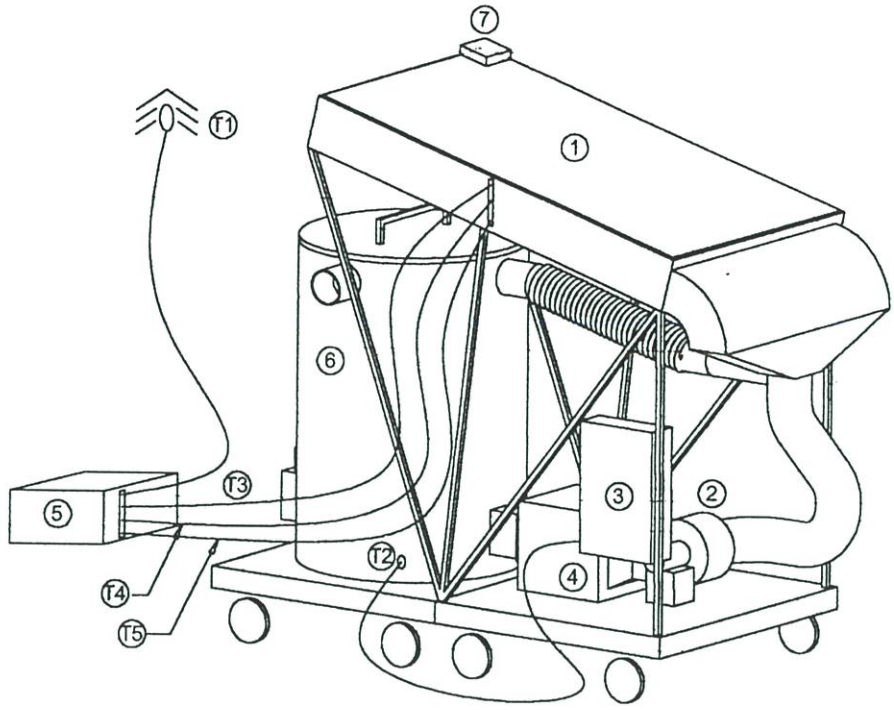
ตอนที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของตู้ลดความชื้น โดยทดสอบการกระจายอุณหภูมิ และวัดค่าอุณหภูมิลมร้อนที่ผ่านเข้าสู่ตู้ลดความชื้น

1. กำหนดอัตราการไหลลมร้อนค่าใดค่าหนึ่ง เพื่อใช้ในการพิจาณาการกระจายอุณหภูมิภายในตู้ลดความชื้น

2. วัดอุณหภูมิลมร้อนบริเวณด้านล่างตู้ลดความชื้น (T2 ในรูปที่ 4.14) โดยใช้ Thermocouple Type K ต่อเข้ากับ Data logger ทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ ชั่วโมง

3. วัดอุณหภูมิลมร้อนที่จุดต่าง ๆ ภายในตู้ลดความชื้น โดยทำการวัด 3 ระดับตามความสูงของตู้ คือ วัดจุดที่สูงจากพื้นตู้ประมาณ 0.25, 0.55 และ 0.80 m โดยในหนึ่งระดับทำการวัดค่าอุณหภูมิ 3 จุด กระจายตามระนาบของตู้ โดยใช้ Thermocouple Type K ต่อเข้ากับ Data logger ทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ ครั้งที่ทำการวัดอุณหภูมิลมร้อนเข้าตู้ลดความชื้น

4. บันทึกอุณหภูมิ



รูปที่ 4.14 การติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง

ตอนที่ 3 เป็นการทดลองการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองด้วยแสงอาทิตย์และไฟฟ้า เพื่อหาอัตราการลดความชื้น ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำเมล็ดถั่วเหลืองมาชั่งน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปหาความชื้นเริ่มต้น นำเมล็ดใส่ลงในตู้ลดความชื้น

2. ขณะทำการลดความชื้น บันทึกข้อมูล ตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

2.1 อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศแวดล้อม อากาศก่อนเข้าตู้ลดความชื้น และ อากาศที่ออกจากตู้ลดความชื้น

2.2 อัตราการไหลอากาศ

2.3 ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบแผงรับแสง

2.4 ความเร็วลมเหนือแผงรับแสง

จากข้อ 2.2 –2.4 ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1

2.5 วัดค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้า โดยใช้ Meter kWh ที่ตู้ควบคุม

2.6 บันทึกอุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าตู้ลดความชื้น (T2 ในรูปที่ 4.14)

3. สุ่มตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 6 ของการลดความชื้น หลังจากนั้น สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่สุ่มได้มาบดให้ละเอียด บันทึกน้ำหนักก่อนอบ นำไปเข้าตู้อบไฟฟ้าที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 105 $^{\circ}$C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างออกจากตู้อบไปไว้ในตู้ดูดความชื้นจนตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำออกมาชั่งน้ำหนักหลังอบ

ตอนที่ 4 เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการลดความชื้นแล้ว โดยคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบมี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การตรวจสอบความงอก ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

- หลังจากลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสิ้นสุดแล้ว สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 75 เมล็ด

- นำเมล็ดพันธุ์ที่สุ่มมาเพาะความงอกในกระดาษเพาะ โดยแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด

- นำกระดาษเพาะไปชุบน้ำให้เปียกทั่วกันหมดทุกด้าน วางกระดาษ 2 แผ่นลงบนพื้นราบ นับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองวางเรียงบนกระดาษเพาะจำนวน 25 เมล็ด ปิดทับด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง ม้วนกระดาษที่มีเมล็ดวางอยู่ภายใน

- นำกระดาษเพาะไปวางเรียงในตู้เพาะที่มีอุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C

- เมื่อครบกำหนดการนับครั้งแรก (5 วันหลังเพาะ) นำม้วนกระดาษเพาะมาเปิดออกตรวจนับเฉพาะต้นกล้าปกติ แล้วม้วนกระดาษวางกลับคืนไว้ในตู้เพาะ จนถึงกำหนดการตรวจนับครั้งสุดท้าย (8 วันหลังเพาะ)

- ประเมินผลการทดลอง โดยตรวจนับต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดแข็ง และเมล็ดตาย บันทึกผล

- ตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำที่มี % ความงอกสูงสุดและต่ำสุดว่ามากกว่าค่าความแตกต่างที่ยอมรับหรือไม่

ส่วนที่ 2 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งวิธีการตรวจสอบดังนี้

- นำเมล็ดพันธุ์ที่สุ่มนับมาจำนวน 75 เมล็ด โดยแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด นำเมล็ดพันธุ์ไปคลุกในสารกันเชื้อราแคปเทน (ชื่อการค้าออโธ่ไซด์ 50) แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ใส่ลงในตะแกรงลวดที่เตรียมไว้

- เติมน้ำ 100 มิลลิกรัม ใส่ในขวดเร่งอายุ นำตะแกรงลวดที่บรรจุเมล็ดไว้แล้ว วางลงในขวดเร่งอายุแล้วปิดฝาขวดให้สนิท

- นำขวดเร่งอายุไปใส่ไว้ในตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 41°C ทิ้งขวดเร่งอายุนี้ไว้ในตู้อบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

- นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้ว มาผึ่งให้เมล็ดแห้งแล้วจึงนำมาทดสอบความงอกบันทึกผลเหมือนการทดสอบความงอกปกติ

ส่วนที่ 3 การตรวจสอบความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

- เตรียมสารละลายฟาสท์ กรีน 1% โดยละลายฟาสท์ กรีน 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิกรัม

- สุ่มนับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซ้ำละ 10 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ซีซี เทสารละลายฟาสท์ กรีน ลงไปให้ท่วมเมล็ด ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที คนบ่อย ๆ เพื่อให้เมล็ดติดสีดี

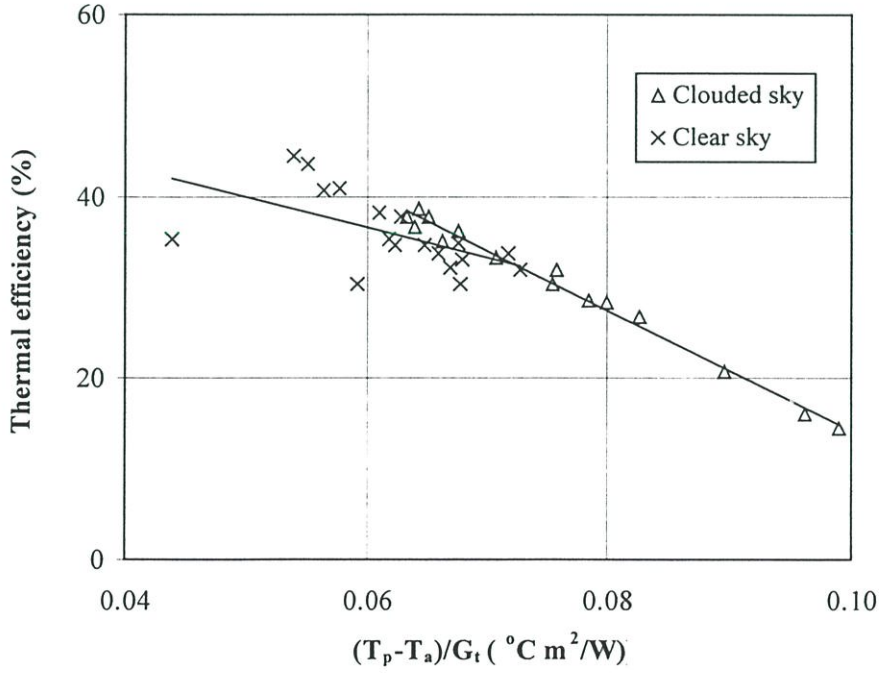
- เมื่อย้อมสีครบ 5 นาทีแล้ว เทสารละลายของฟาสท์ กรีน ออกล้างเมล็ดด้วยน้ำสะอาด

- นับเมล็ดที่ติดสีบนส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด จดบันทึก

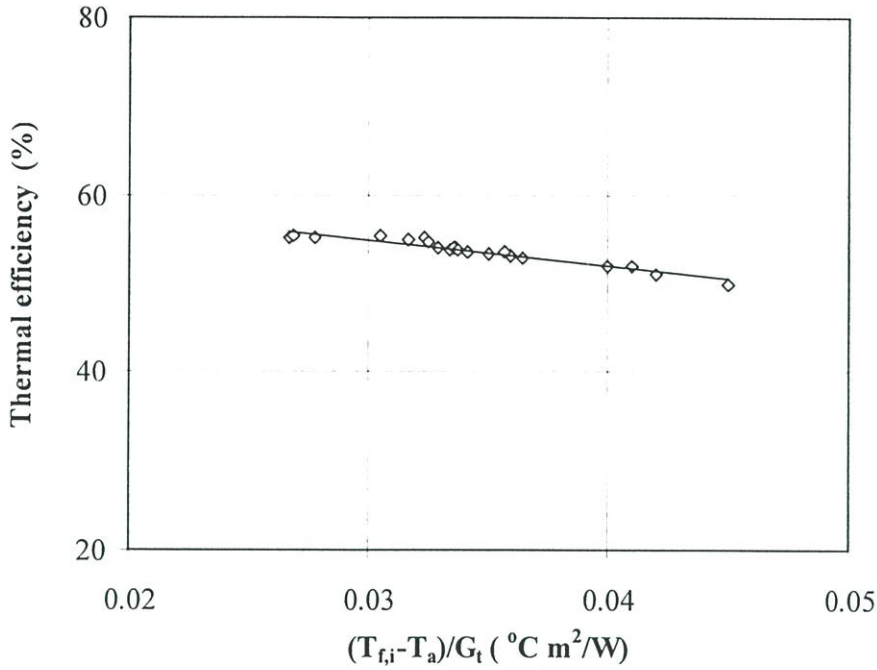
บทที่ 5
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

5.1 ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงขณะไม่เปิดพัดลม เมื่อท้องฟ้ามีเมฆและท้องฟ้าโปร่ง แสดงในรูปที่ 5.1 พบว่า ประสิทธิภาพแผงรับแสงในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมจะมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง คือ มีค่าประมาณ 30 % และ 35% ตามลำดับ และจากข้อมูลที่บันทึก พบว่า การทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่งข้อมูลจะเกาะกลุ่มกันดีกว่าข้อมูลที่บันทึกได้เมื่อทดสอบในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม ทั้งนี้เพราะเมฆในท้องฟ้ามีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาตามกระแสลม จึงทำให้แสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมายังแผงรับแสงเกิดความไม่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาความชันของเส้นกราฟประสิทธิภาพ พบว่า ความชันของเส้นกราฟในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆ จะมีความชันมากกว่าในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผงรับแสงอาทิตย์ในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆจะมีค่าการสูญเสียความร้อนรวมที่มากกว่า โดยค่าการสูญเสียความร้อนรวมนี้ เกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน และการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อนแบบอิสระ ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากแผงรับแสงในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง จึงมีแนวโน้มที่จะใช้ประโยชน์ได้มากกว่าและเป็นระยะเวลาที่นานกว่า



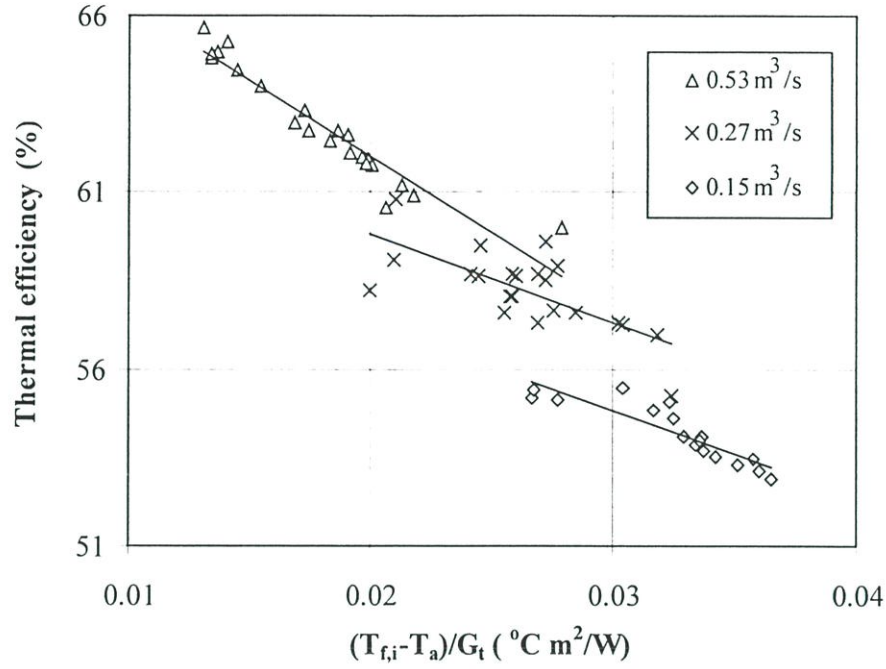
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อท้องฟ้าโปร่งและมีเมฆ ทดสอบวันที่ 2 และ 19 สิงหาคม 2545



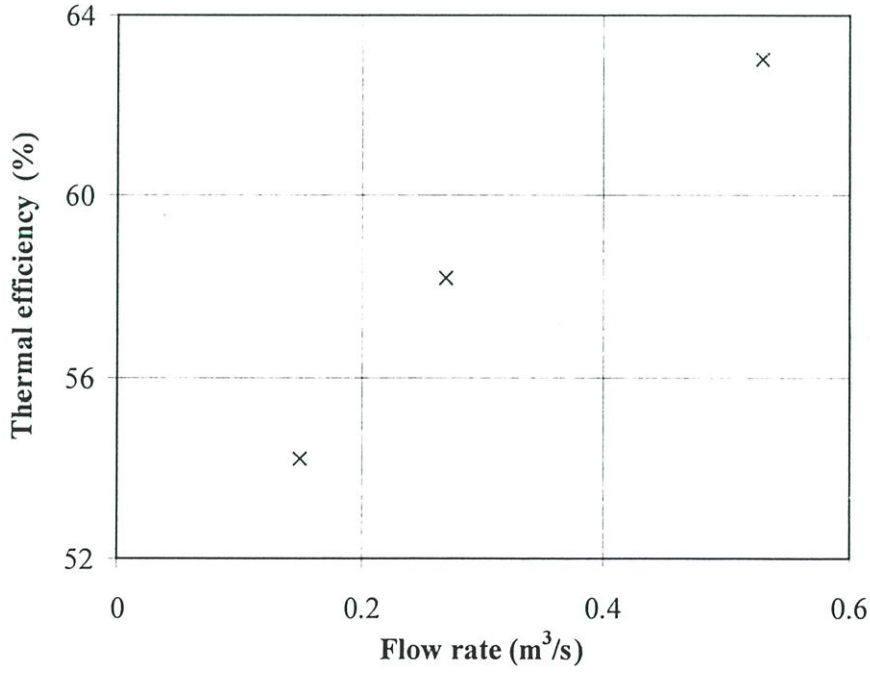
รูปที่ 5.2 ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อเปิดพัดลมและทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง ทดสอบวันที่ 11 ตุลาคม 2545

ผลการทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์เมื่อเปิดพัดลมดูดลมร้อน โดยมีค่าอัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s และทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง แสดงในรูปที่ 5.2 ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อเปิดพัดลมดูดลมร้อน มีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม คือ มีค่าประมาณ 51% อันแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียความร้อนที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของความร้อนที่สูญเสียไปจากการพาความร้อนแบบอิสระ ซึ่งเป็นผลมาจากการดึงความร้อนส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ด้วยพัดลม และการลดลงของการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนแบบอิสระนี้ ยังมีผลให้การสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนมีค่าลดลงด้วย โดยดูได้จากอุณหภูมิของแผงรับแสงที่ลดลง ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการนำความร้อนจากแผงรับแสงมาใช้ประโยชน์ในกรณีที่เปิดพัดลมดูดความร้อนมีค่าสูงขึ้น

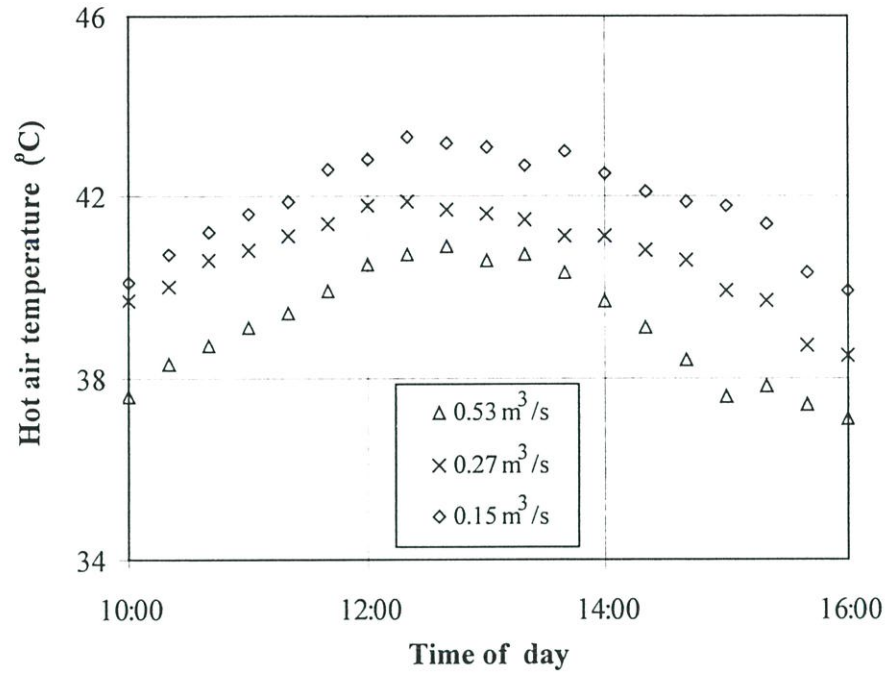
เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแผงรับแสงในขณะทำการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อนต่างกัน ทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง พบ ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่ออัตราการไหลของลมร้อนมากจะมีค่ามากกว่าเมื่ออัตราการไหลน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5.3 เมื่อพิจารณาความชันของเส้นกราฟ พบว่า เมื่อเปิดพัดลมที่อัตราการไหลมาก เส้นกราฟจะมีความชันมากกว่าเมื่อเปิดพัดลมที่อัตราการไหลน้อย ที่เป็นเช่นนี้เพราะ เมื่ออัตราการไหลมาก การสูญเสียความร้อนรวมจะเกิดขึ้นมากกว่านั่นเอง โดยประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่ออัตราการไหลลมร้อน 0.15, 0.27 และ 0.53 m^3/s มีค่าประมาณ 54, 58 และ 63% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.4



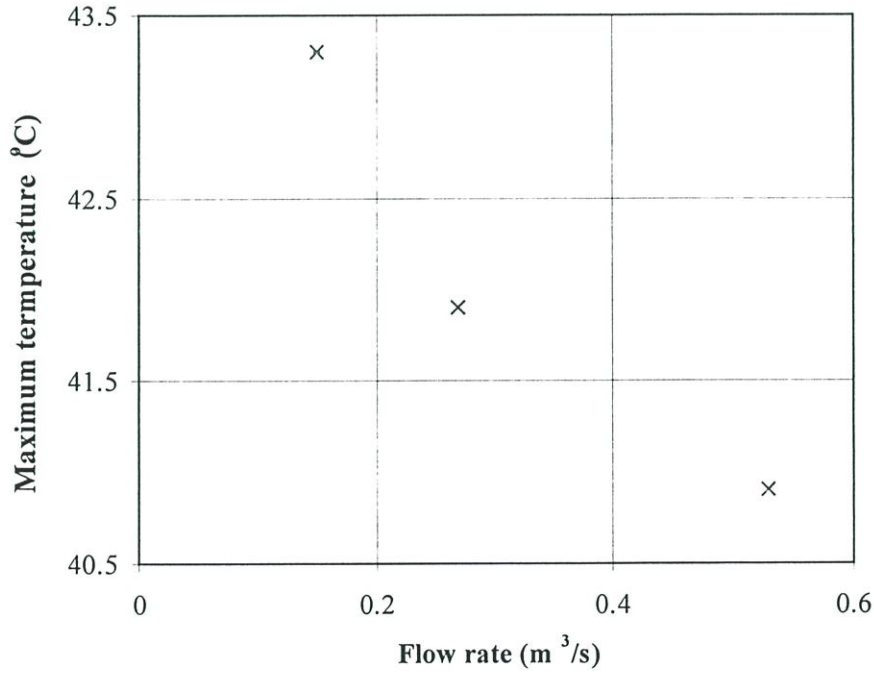
รูปที่ 5.3 ประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน



รูปที่ 5.4 ประสิทธิภาพแผงรับแสงโดยเฉลี่ยเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน

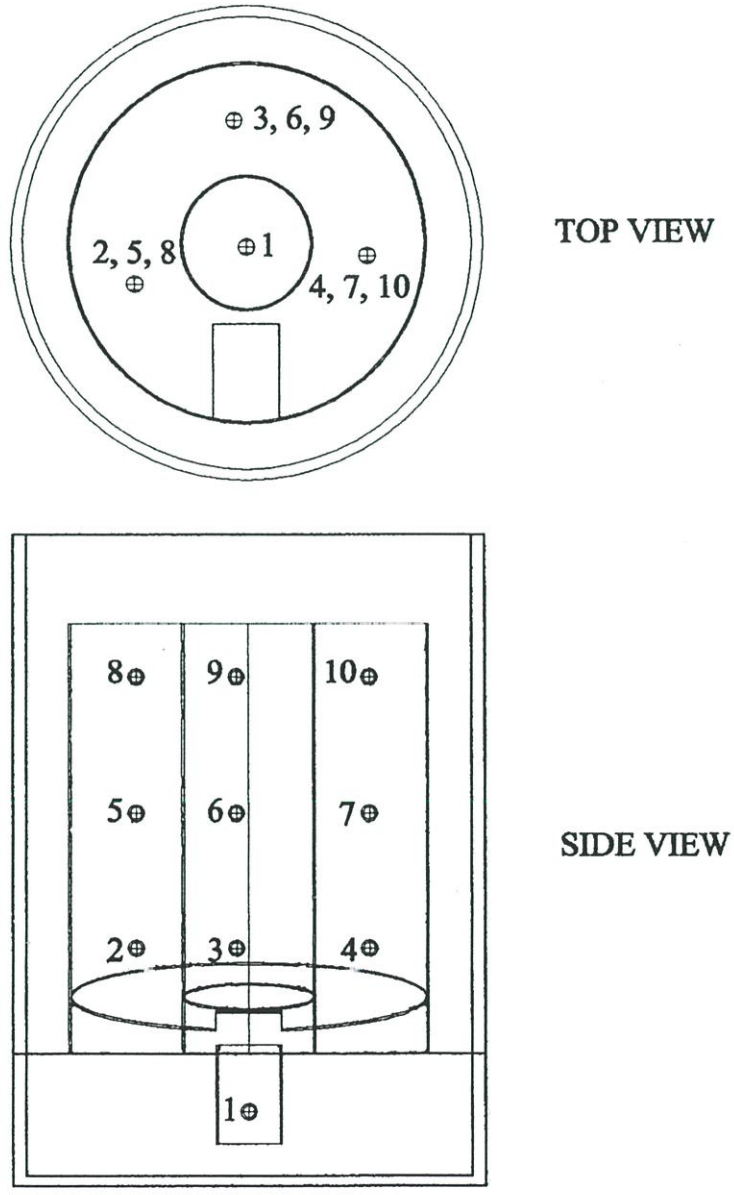


รูปที่ 5.5 อุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าตู้อบเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน

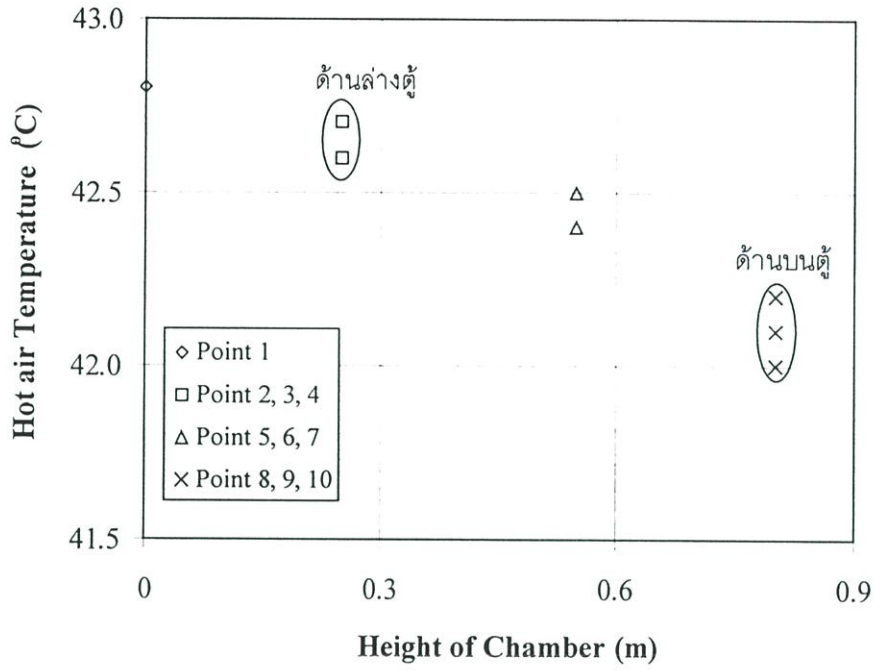


รูปที่ 5.6 อุณหภูมิลมร้อนสูงสุดก่อนเข้าตู้อบเมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่างกัน

ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 นั้น อัตราการไหลลมร้อนในการลดความชื้นเมล็ดพืชอยู่ในช่วง 0.069-0.15 m^3/s เพราะฉะนั้นจึงกำหนดให้อัตราการไหลลมร้อนต่ำสุดอยู่ที่ 0.15 m^3/s และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิลมร้อนจากแผงรับแสงก่อนเข้าตู้ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหลต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.5 พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 37- 43 °C โดยที่เมื่ออัตราการไหลลมร้อนต่ำ อุณหภูมิลมร้อนที่ได้จะมีค่าสูงกว่าที่อัตราการไหลสูง และอุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ คือ 43 °C



รูปที่ 5.7 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ลดความชื้น



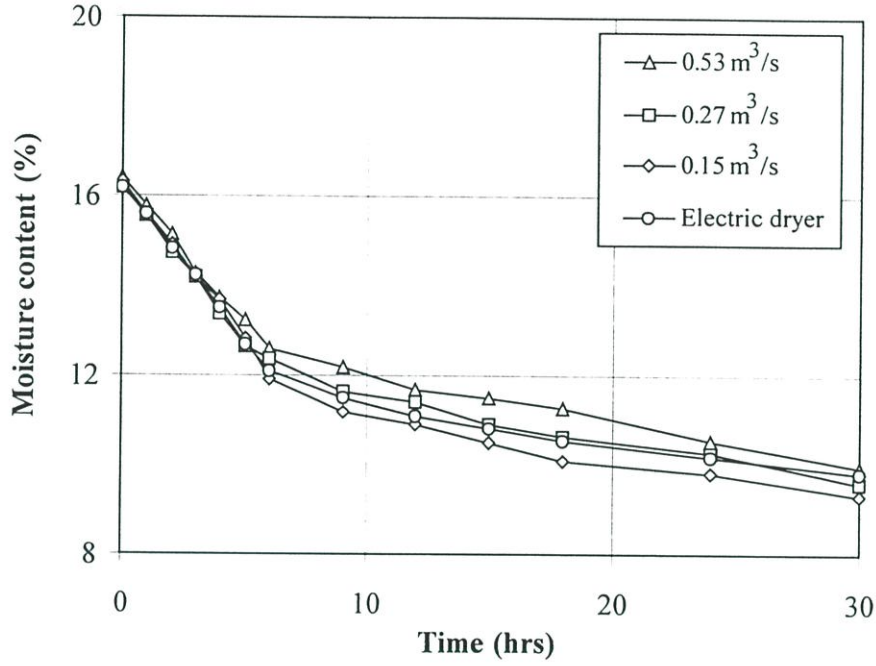
รูปที่ 5.8 ความแตกต่างของอุณหภูมิตามความสูงของตู้ลดความชื้น

จากนั้นได้ทำการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามรูปที่ 5.7 ภายในตู้ลดความชื้น โดยตำแหน่งที่ 1 คือ อุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าสู่ตู้อบ ตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 อยู่สูงจากพื้นตู้ประมาณ 0.25 m และกระจายรอบ ๆตู้ อุณหภูมิ ตำแหน่งที่ 5, 6 และ 7 อยู่สูงจากพื้นตู้ประมาณ 0.55 m และตำแหน่งที่ 8, 9 และ 10 อยู่สูงจากพื้นตู้ประมาณ 0.8 m ซึ่งจากการวัดอุณหภูมิพบว่า ค่าอุณหภูมิที่ได้มีค่าลงลงตามความสูงของตู้ แต่การลดลงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตามรูปที่ 5.8

5.2 การลดความชื้นเมล็ดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

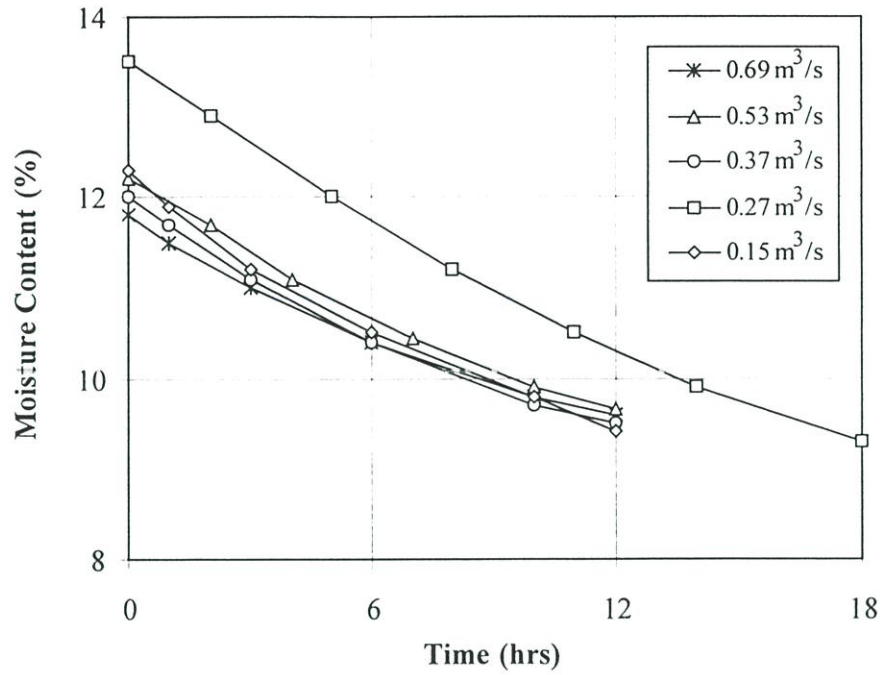
ในการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 16-17% มาตรฐานเปียก และใช้อัตราการไหลลมร้อนที่ 0.15, 0.27 และ 0.53 m^3/s พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับการลดความชื้นจากตู้อบไฟฟ้า ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า ในการลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองช่วงแรก การลดลงของความชื้น มีค่าความใกล้เคียงกัน จนเมื่อระยะเวลาในการลดความชื้นผ่านไปประมาณ 6 ชั่วโมง การลดลงของความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s เริ่มลดลงได้ดีกว่าที่อัตราการไหลอื่น ๆ และมีค่าใกล้เคียงกับการลดลงของความชื้นจากตู้อบไฟฟ้า รองลงมาคือการ

ลดลงของความชื้นจากการใช้อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s และอัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s ตามลำดับ จากรูปที่ 5.9 ในการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 16% จนถึงความชื้นสุดท้าย 10% ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 18, 24 ,30 และ 26 ชั่วโมง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15, 0.27 ,0.53 m^3/s และตู้อบไฟฟ้า ตามลำดับ

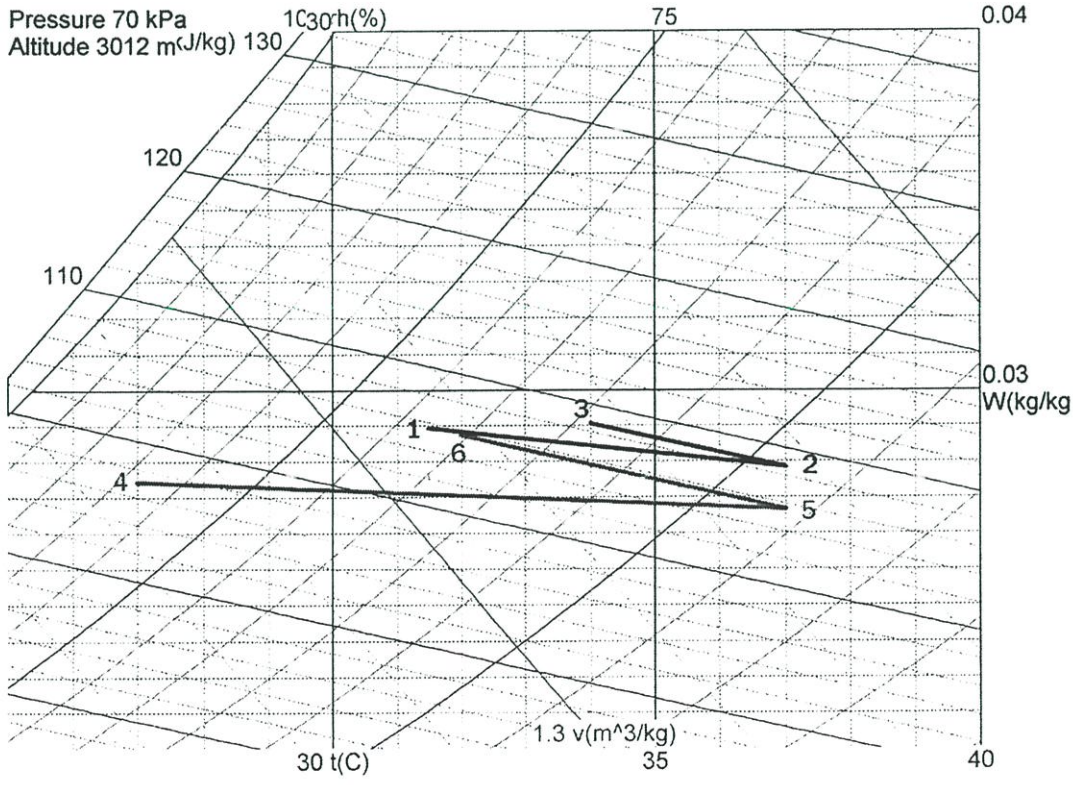


รูปที่ 5.9 การลดลงของความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง

จากนั้นได้ทำการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 12-13% โดยลดความชื้นให้เหลือประมาณ 10% โดยประมาณเวลาในการลดความชื้นให้ได้ความชื้นสุดท้ายมีค่าใกล้เคียง การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นไปตามรูปที่ 5.10 พบว่า ที่อัตราการไหล 0.27 m^3/s ใช้เวลาในการลดความชื้นมากที่สุดประมาณ 18 ชั่วโมง เนื่องจาก เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบมีค่าความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองตัวอย่างอื่น ๆ ส่วนอัตราการไหลลมร้อนที่เหลือการลดลงของความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันและใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 5.10 การลดลงของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

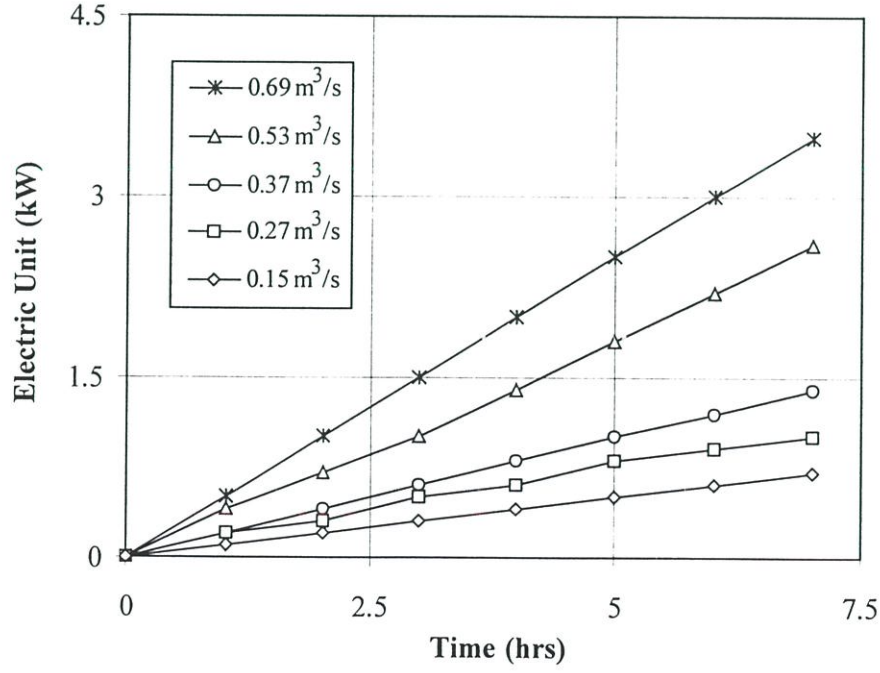


รูปที่ 5.11 กระบวนการอบแห้งบนแผนภูมิอากาศชื้น

ขณะทำการลดความชื้นได้มีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศ เมื่อนำมาพิจารณากับแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart) รูปที่ 5.11 ซึ่งประกอบไปด้วย กระบวนการทำอากาศร้อน จุดที่ 1-2 อากาศร้อนขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่านแผงรับแสง (ช่วงมีแสงแดด) และจุดที่ 4-5 อากาศร้อนขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ผ่าน heater (ช่วงกลางคืน) จะเห็นว่า อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่อัตราส่วนความชื้นในอากาศจะคงที่ ทั้งนี้เพราะอากาศจะไม่รับเอาความชื้นเข้ามาหรือสูญเสียความชื้นออกไป แต่จากรูป อากาศตอนกลางคืน (จุด 4) มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศตอนกลางวัน (จุด 1) ประมาณ 4 $^{\circ}$C ซึ่งทำให้ heater ต้องทำงานเพื่อให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นจนถึงค่าที่ต้องการอีกกระบวนการหนึ่งคือ กระบวนการอบแห้ง จุดที่ 2-3 การอบแห้งที่เกิดในช่วงมีแสงแดด และ จุด 4-5 การอบแห้งที่เกิดขึ้นในช่วงกลางคืน จะเห็นว่า อากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่อัตราส่วนความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น และกระบวนการอบแห้งนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของอากาศน้อยมาก หรืออาจจะเรียกได้ว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของอากาศเลย

5.3 ค่าการใช้พลังงาน

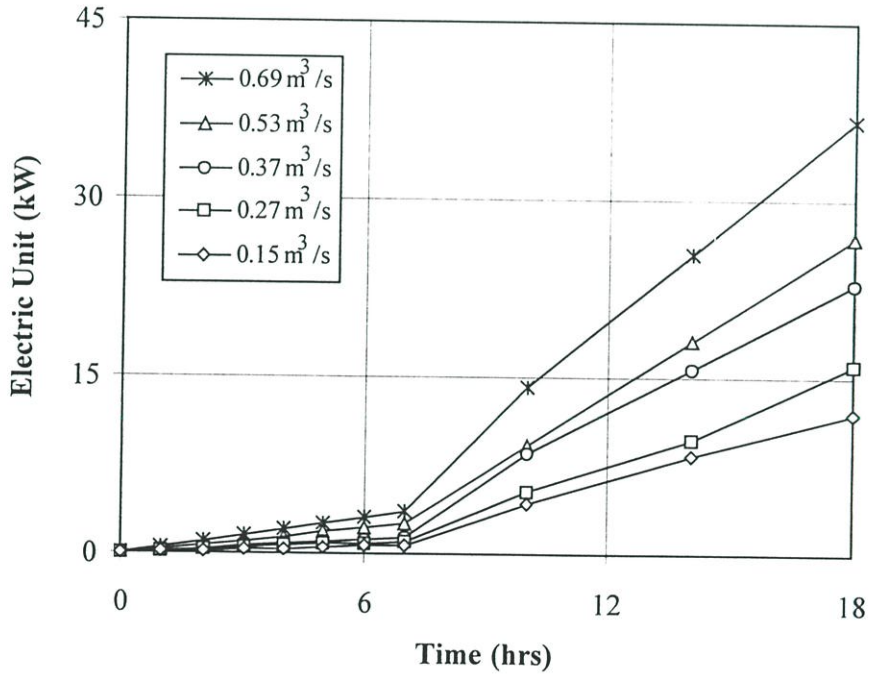
ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแต่ละครั้ง จะทำการบันทึกข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้าด้วย ซึ่งแต่ละอัตราการไหลลมร้อน หน่วยการใช้ไฟฟ้าก็จะแตกต่างกัน จากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในช่วงที่มีแสงแดด (เวลา 9.00 น. –16.00 น.) ซึ่ง heater ยังไม่ทำงาน หน่วยการใช้ไฟฟ้าจะแสดงในรูปที่ 5.10



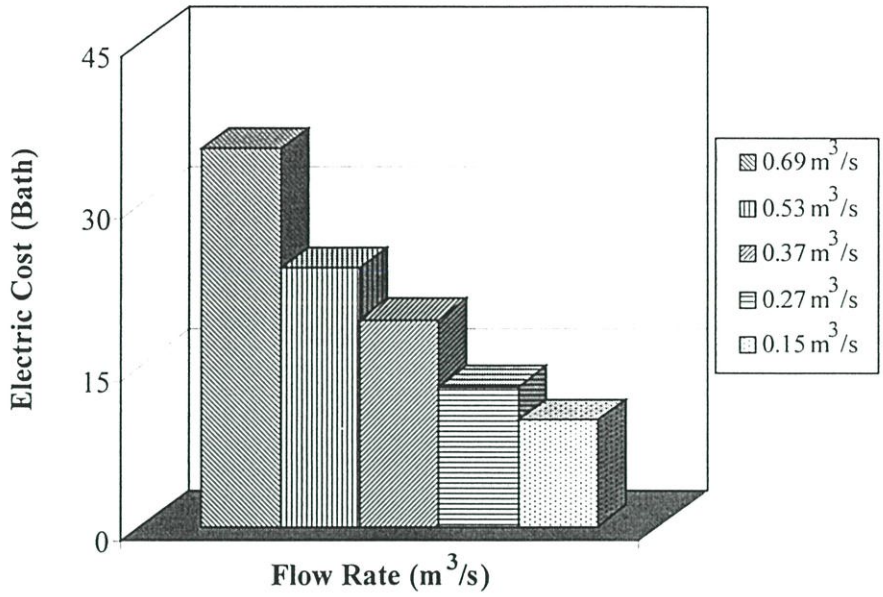
รูปที่ 5.12 หน่วยการใช้ไฟฟ้าในการลดความชื้นช่วงที่มีแสงแดด

ซึ่งพบว่า เมื่ออัตราการไหลลมร้อนเพิ่มขึ้น หน่วยการใช้ไฟฟ้าของพัดลมก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาในการลดความชื้น (รวมทั้งช่วงมีแสงแดดและช่วงเวลากลางคืน) โดยในทุกอัตราการไหลลมร้อนที่ทำการลดความชื้นเป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมงเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่า หน่วยการใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อ heater เริ่มทำงาน ที่เป็นเช่นนี้เพราะ heater ที่ใช้เมื่อรวมกันแล้วมีขนาดถึง 2100 W ในขณะที่พัดลมมีขนาดเพียง 746 W เท่านั้น แสดงในรูปที่ 5.13 ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นราคาค่าไฟฟ้าสำหรับการลดความชื้นที่อัตราการไหลของลมร้อนที่แตกต่างกัน พบว่า ที่อัตราการไหล 0.15 m^3/s ราคาค่าไฟในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพียง 10 บาท เท่านั้น

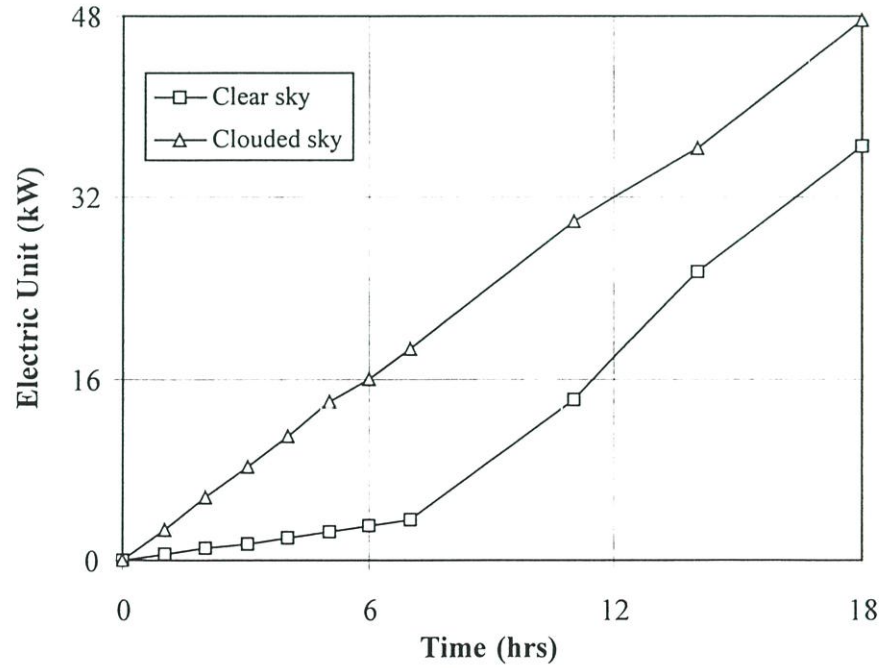
ส่วนที่อัตราการไหลสูงที่สุด คือ 0.69 m^3/s ในการลดความชื้นหนึ่งครั้งต้องจ่ายเงินค่าไฟฟ้าประมาณ 35 บาท รายละเอียดแสดงในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.13 หน่วยการใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง



รูปที่ 5.14 ค่าไฟฟ้าในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในหนึ่งครั้ง



รูปที่ 5.15 หน่วยการใช้ไฟฟ้าในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในวันที่มีและไม่มีแสงแดด

เมื่อเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้าเมื่อทำการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในวันที่มีแสงแดด คือ ช่วงเวลา 9.00 น. –16.00 น. Heater ไม่ทำงาน กับในวันที่ไม่มีแสงแดดหรือฝนตก โดย heater ต้องทำงานตลอดระยะเวลาในการลดความชื้น โดยใช้อัตราการไหลลมร้อน 0.69 m^3/s และทำการลดความชื้นเป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง พบว่า หน่วยการใช้ไฟฟ้าเมื่อ heater ทำงานตลอดมีค่าสูงกว่าประมาณ 11 kW หรือเป็นเงินประมาณ 15 บาท แสดงในรูปที่ 5.15

เมื่อนำเครื่องลดความชื้นที่สร้างนี้ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับพัดลมและเป็นแหล่งพลังงานให้ heater เปรียบเทียบกับเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืชซึ่งใช้ไฟฟ้าในส่วนของพัดลมและ heater รวมทั้งใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าด) เป็นแหล่งให้ความร้อน จากค่าการใช้พลังงาน ในตารางที่ 5.1 พบว่า เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ เมื่ออัตราการไหลลมร้อนมีค่า 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าการใช้พลังงานในการลดความชื้นน้อยที่สุด ส่วนค่าการใช้พลังงานเมื่ออัตราการไหลลมร้อน 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าใกล้เคียงกับการใช้พลังงานเมื่อเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันก๊าด ซึ่งปัจจุบันนี้เครื่องลดความชื้นที่ใช้น้ำมันก๊าดไม่ได้นำมาใช้งานแล้ว ส่วนการใช้พลังงานเมื่อเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซลมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นสามารถใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ได้เกือบตลอดช่วงการอบ 10 ชั่วโมง ทำให้ heater ทำงานเพียง 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.1 การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้น 16-16.5% และสิ้นสุด ที่ 12%

แหล่งพลังงาน	ความจุถังอบ (ตัน)	เวลาอบ (ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงาน (MJ/kg-hr)
แสงอาทิตย์และไฟฟ้า			
อัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s	0.1	10	0.026
อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s	0.1	8	0.011
อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s	0.1	6	0.008
น้ำมันดีเซล *	20	20	0.031
น้ำมันก๊าด *	10	20	0.024

* ค่าจากตารางของแหล่งพลังงานน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าด เป็นค่าที่ได้จากการอบของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี

แต่เมื่อพิจารณาค่าการใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่า ค่าการใช้พลังงานมีค่าสูงกว่าค่าในตารางที่ 5.1 ยกเว้นการลดความชื้นที่ใช้อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s ที่เป็น

เช่นนี้เพราะ ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นยาวนานกว่า ทำให้ heater ทำงานเป็นเวลาหลายชั่วโมงมากกว่า จึงทำให้ค่าการใช้พลังงานสูงขึ้น

ตารางที่ 5.2 การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้น12-13 % จนเหลือความชื้นสิ้นสุดประมาณ 9.5%

แหล่งพลังงาน	เวลาอบ (ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงาน (MJ/kg hr)
แสงอาทิตย์และไฟฟ้า		
อัตราการไหลลมร้อน 0.69 m^3/s	12	0.059
อัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s	12	0.040
อัตราการไหลลมร้อน 0.37 m^3/s	12	0.036
อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s	18	0.033
อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s	12	0.021

5.4 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

จากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อนต่าง ๆ กัน คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพพบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกและเปอเซ็นต์ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันเมื่อลดความชื้นที่อัตราการไหลต่างกันเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติตามตารางที่ 5.3 เปอร์เซ็นต์ความงอกมีค่าต่ำเมื่อใช้อัตราการไหลลมร้อน 0.15 และ 0.27 m^3/s ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดคือเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการลดความชื้น แต่จะสังเกตเห็นว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการลดความชื้นมีเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงต่ำสุดคือมีค่าประมาณ 76 % ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงสูงสุดคือเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการลดความชื้นด้วยอัตราการไหล 0.37 m^3/s ส่วนความเสียหายจากความแตกร้าวมีค่าอยู่ในช่วง 3-13 % รูปที่ 5.16 แสดงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะความงอกแล้ว และรูปที่ 5.17 แสดงตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ตรวจพบความแตกร้าว

จากผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมื่อพิจารณาค่าโดยรวมแล้วยังถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร คือมีเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังปรับปรุงคุณภาพไม่ต่ำกว่า 80% ส่วนเปอร์เซ็นต์ความแตกร้าวซึ่งค่าที่ได้จากการตรวจสอบอาจจะเกิดจากเครื่องลดความชื้นหรือจากผู้กระทำการทดลองก็ได้ ซึ่งส่วนนี้อาจจะไม่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลลมร้อน

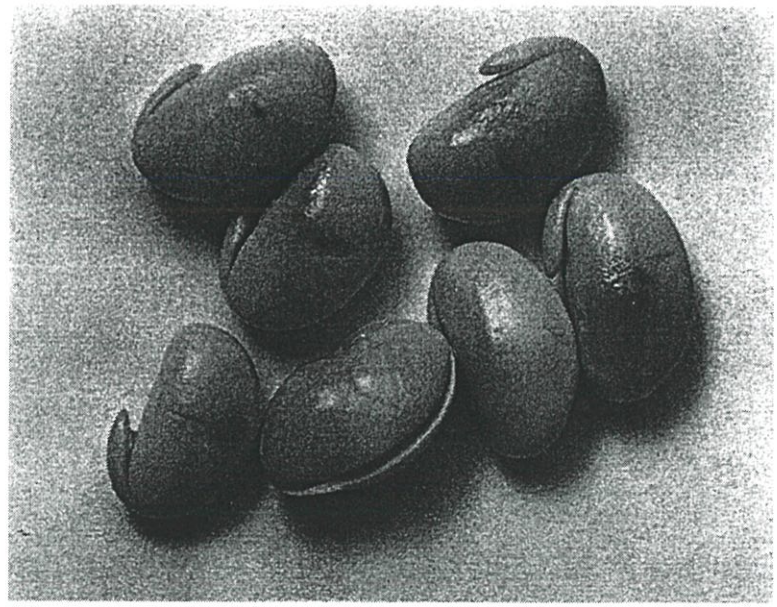
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

	เปอร์เซ็นต์ความงอก [1] (%)	เปอร์เซ็นต์ความงอก [2] (%)	เปอร์เซ็นต์ความแข็งแรง [2] (%)
ก่อนลดความชื้น			
-	89.00	86.67	76.00
หลังลดความชื้น			
0.15 m^3/s	85.00	82.67	84.00
0.27 m^3/s	88.00	80.00	84.00
0.37 m^3/s	90.00	84.00	90.67
0.53 m^3/s	88.00	81.33	85.33
0.69 m^3/s	90.00	84.00	85.33

[1] ทดสอบที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จ. ชลบุรี

[2] ทดสอบที่คณะเกษตร สจล.

รูปที่ 5.16 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อผ่านการเพาะความงอก



รูปที่ 5.17 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เกิดความเสียหายจากความแตกร้าว

เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นแล้วจะถูกนำไปเก็บรักษาไว้ โดยการเก็บรักษามีลักษณะเดียวกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เพื่อรอการจำหน่ายของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จ.ชลบุรี คือบรรจุใส่ถุง ปิดปากถุงและวางไว้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเท ไม่ถูกแสงแดด เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 เดือนครึ่ง จึงสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวนหนึ่งมาตรวจสอบความงอกอีกครั้งหนึ่ง เพื่อพิจารณาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหลังผ่านการลดความชื้นและเก็บรักษา ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยอัตราการไหลลมร้อน 0.15 และ 0.27 m^3/s มีค่าลดลงมากประมาณ 6-8 % เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความงอกก่อนเก็บรักษา ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยอัตราการไหล 0.53 และ 0.67 m^3/s มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตามตารางที่ 5.4 และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความงอกโดยรวมแล้วยังถือว่าความงอกที่ได้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ก่อนจำหน่ายของศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร ซึ่งกำหนดไว้ว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองก่อนจำหน่ายควรมีความงอกไม่ต่ำกว่า 70 %

ตารางที่ 5.4 การตรวจสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษาเมล็ดไว้นาน 2 เดือนครึ่ง

อัตราการไหลลมร้อน (m^3/s)	เปอร์เซ็นต์ความงอก [1] (%)
0.15	73.33
0.27	74.67
0.37	78.67
0.53	80.00
0.69	82.67

[1] ทดสอบที่คณะเกษตร สจล.

5.5 การหาระยะเวลาคืนทุน

เพื่อศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในแง่ของระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) เป็นวิธีการที่จะทำให้ทราบว่า เงินลงทุนในการสร้างเครื่องลดความชื้นนี้ ต้องใช้เวลานานเท่าไรจึงจะได้กลับคืนมา ซึ่งเป็นการช่วยในการตัดสินใจที่จะลงทุนสร้างเครื่องลดความชื้นนี้ โดยทำการเปรียบเทียบกับการซื้อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากศูนย์ขยายพันธุ์พืช และดำเนินการในรูปแบบของกลุ่มเกษตรกร ทำให้เกษตรกรสามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้ และเกษตรกรหลายครัวเรือนสามารถใช้เครื่องลดความชื้นนี้ร่วมกัน โดยสามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

เงินลงทุนสร้างเครื่องลดความชื้น

ค่าวัสดุ	20,000 บาท
ค่าแรง + ค่าวัสดุตู้	20,000 บาท
พัดลม	5,000 บาท
อุปกรณ์อื่น ๆ	15,000 บาท
รวม	60,000 บาท

เงินลงทุนสร้างยุ้งฉางเพื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

ยุ้งฉางขนาด 3x3 m^2	25,000	บาท
รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งหมด	**85,000**	**บาท**

ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อเมล็ดพันธุ์

พื้นที่เพาะปลูก	50	ไร่
ใช้เมล็ดพันธุ์ไร่ละประมาณ	20	กิโลกรัม
เมล็ดพันธุ์กิโลกรัมละ	22	บาท
รวม	22,000	บาท/ฤดูปลูก

ค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น

ค่าไฟฟ้า	35	บาท/การลดความชื้น 1 ครั้ง
1 ฤดูปลูกลดความชื้น	5	ครั้ง
รวมค่าไฟฟ้า	175	บาท/ฤดูปลูก

รวมผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี สำหรับพื้นที่ที่มี 1 ฤดูปลูก	**21,825**	**บาท**
รวมผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี สำหรับพื้นที่ที่มี 2 ฤดูปลูก	**43,650**	**บาท**

เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สร้างขึ้นนี้

สำหรับพื้นที่ที่มี 1 ฤดูปลูก จะมีระยะเวลาคืนทุน	**3.9**	**ปี**
สำหรับพื้นที่ที่มี 2 ฤดูปลูก จะมีระยะเวลาคืนทุน	**1.9**	**ปี**

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกัน โดยเมื่อพิจารณาทั้งปัจจัยด้านเทคนิคต่างๆ และความคุ้มค่าในการลงทุน (ระยะเวลาคืนทุน) พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำเครื่องลดความชื้นดังกล่าวมาใช้งานจริง สำหรับผลการศึกษาต่างๆ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับแสงทดสอบเมื่อท้องฟ้าโปร่ง จะมีค่าสูงกว่าเมื่อท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม โดยมีค่าเฉลี่ย 36 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพนี้ในกรณีเปิดพัดลมดูดลมร้อน จะมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 50 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ค่าประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อเปิดพัดลมที่อัตราการไหลลมร้อนที่ 0.53, 0.27 และ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่อัตราการสูญเสียความร้อนรวมจะมีค่ามากที่สุดด้วย เมื่อพิจารณาอุณหภูมิลมร้อนเข้าสู่ตู้ลดความชื้น พบว่า ควรใช้อัตราการไหลลมร้อนไม่ต่ำกว่า 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิลมร้อนเข้าสู่ตู้ลดความชื้นมีค่าเกิน 43 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดความเสียหายได้ และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของความร้อนภายในตู้ลดความชื้น พบว่า อุณหภูมิค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งตัวตู้ โดยค่าอุณหภูมิมีความแตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

2) อัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองโดยทดสอบที่อัตราการไหล 0.53, 0.27 และ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในช่วง 6 ชั่วโมงแรก ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงในอัตราใกล้เคียงกันมาก แต่หลังจากนั้นความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มลดลงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่อัตราการไหล 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การลดลงของความชื้นจะดีที่สุด เพราะที่อัตราการไหลนี้อุณหภูมิลมร้อนมีค่าสูงที่สุด จากการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบที่อัตราการไหล 0.53, 0.27 และ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ใช้เวลาประมาณ 30, 27 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และจากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 12-18 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลลมร้อนที่ใช้ในการทดลอง

3) ค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อทดสอบที่อัตราการไหลมากขึ้น เมื่อพิจารณาในช่วง

การทดสอบที่มีแสงแดดจะพบว่า ปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดเพียง 3 กิโลวัตต์ ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.69 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ถ้าพิจารณาตลอดการลดความชื้นโดยในช่วงกลางวันใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ และกลางคืนใช้ความร้อนจาก heater พบว่า ค่าไฟฟ้าในการลดความชื้นหนึ่งครั้งสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 35 บาท และเมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้นโดย heater ทำงานตลอดการลดความชื้น คือไม่มีแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันหรือมีฝนตก พบว่า ค่าไฟฟ้าจะสูงขึ้นอีกประมาณ 15 บาท และเมื่อพิจารณา ค่าการใช้พลังงานของเครื่องลดความชื้นนี้เปรียบเทียบกับเครื่องลดความชื้นของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี พบว่า การลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหล 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าโดยเฉลี่ย 0.011 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง ในขณะที่อัตราการใช้พลังงานของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี มีค่า 0.031 และ 0.024 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง สำหรับเครื่องที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าการใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่า มีค่าสูงกว่าค่าการใช้พลังงานของศูนย์ขยายพันธุ์พืช ยกเว้นการลดความชื้นเมื่อใช้อัตราการไหลลมร้อน 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากระยะเวลาในการลดความชื้นมีมากกว่าทำให้ heater ทำงานในระยะเวลาที่นานกว่า

4) คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองก่อนและหลังผ่านการลดความชื้น เปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหลลมร้อนมาก เปอร์เซ็นต์ความงอกจะดีกว่าการลดความชื้นที่อัตราการไหลน้อยกว่า และเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการลดความชื้นมีความแข็งแรงมากขึ้น นั่นแสดงว่า การลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นนี้สามารถเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ สำหรับการตรวจสอบความเสียหายจากความแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่า ความแตกต่างมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดจากเครื่องลดความชื้นนี้หรือไม่ และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 2 เดือนครึ่ง และพิจารณาความงอกอีกครั้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกมีค่าลงลงจากการทดสอบครั้งแรก แต่จากการทดสอบที่อัตราการไหล 0.53 และ 0.69 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การลดลงเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ในการนำเครื่องลดความชื้นเครื่องนี้ไปใช้งานควรใช้อัตราการไหลประมาณ 0.53-0.69 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เพราะที่อัตราการไหลนี้มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองน้อยที่สุด โดยคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ได้ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร

5) เมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นนี้ พบว่า ถ้านำไปใช้งานในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกถั่วเหลือง 2 ฤดูปลูกต่อปี จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1.9 ปี ในขณะที่ถ้านำไปใช้งานในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกถั่วเหลืองเพียงฤดูเดียว จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 3.9 ปี

6.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากการทดสอบเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นนี้ พบว่ายังมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขดังต่อไปนี้

- ในการทดสอบเครื่องลดความชื้นเครื่องนี้โดยใช้อัตราการไหลลมร้อนมาก ซึ่งพัดลมจะหมุนด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในบริเวณที่ติดตั้งพัดลมและบริเวณข้างเคียง ซึ่งมีกล่อง heater วางอยู่ การสั่นสะเทือนมีผลทำให้สายไฟฟ้าที่ต่อเข้าที่ heater เกิดการคลายตัวทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร และการทำงานของเครื่องต้องหยุดลงชั่วขณะ เนื่องจากตู้ควบคุมตัดการทำงาน ต้องทำการเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการนำแผ่นยางกันสะเทือนมาติดตั้งที่พัดลม ก็จะช่วยลดการสั่นสะเทือนลงได้

- เนื่องจากเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นนี้ ออกแบบเพื่อให้เกิดความสะดวก สบายในการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถเข็น เข้า-ออกได้ แต่เนื่องจากลูกล้อที่ใช้เป็นล้อเหล็ก เวลาเข็นจะเกิดการสั่นสะเทือนมากซึ่งมีผลต่ออุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุม ซึ่งสามารถแก้ไขได้ โดยการเปลี่ยนจากล้อเหล็กเป็นล้อยางแทน แต่ต้องคำนึงถึงน้ำหนักของตัวเครื่องด้วยเพราะถ้าใช้ล้อยางที่เล็กเกินไปอาจจะไม่สามารถรับน้ำหนักของเครื่องได้

- ในการออกแบบเครื่องลดความชื้นเครื่องนี้ ได้เผื่อท่อสำหรับการวนกลับของอากาศร้อนหรือ ท่อ return ไว้ โดยได้ติดตั้งวาล์วผีเสื้อเพื่อให้สามารถปรับระดับการเปิดปิดได้ แต่ในการนำไปใช้งานจริง ท่อนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เลย เพราะเนื่องจากอุณหภูมิในการลดความชื้นที่ใช้ไม่สูงมากและเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเมล็ดพันธุ์รอบหนึ่งแล้ว อุณหภูมิก็จะลดลงและความชื้นในลมนั้นก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้านำลมนี้กลับไปใช้ใหม่ อาจจะทำให้ เกิดผลเสียต่อเมล็ดพันธุ์ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. " สถิติการเกษตร ". [Online]. Available : **http://www.oae.go.th**

[2] Wood I.M. and Myers R.J.K. "Food Legumes in Farming Systems in The Tropics and Sub Tropics." ACIAR Proceedings no.18. September 1986. Khon Kean, Thailand.

[3] สุน กสิเสรีวงศ์. **หลักการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ. กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร. 2539.

[4] Delouche J.C. "Environmental Effects on Seed Development and Seed Quality." Hortscience, Vol.15, 1980. pp.775–780.

[5] Harrington G.T. **Thumb Rules of Drying Seed**. 13. 1960. pp.16–17.

[6] Foster G.H. **Grain Storagepart of a System**. R.N.Shinha and W.E.Muir Ed. Connecticut. The AVI Publishing Co.,Inc. 1973.

[7] McDonald M.B. and Copeland L. **Seed Production Principles and Practices**. New York. Chapman and Hall. 1997.

[8] Ghaly T.F. and Sutherland J.W. "Quality Aspects of Heated-Air Drying of Soybeans." Journal of Stored Product Resource, Vol.19, 1983. pp.31–41.

[9] Tanner J.W. and Hume D.J. **Soybean Physiology Agronomy and Utilization**. A.G.Norman Ed. New York. Academic Press, Inc. 1978.

[10] เสริมศักดิ์ อาวะกุล. **คำแนะนำเรื่องการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ. โครงการขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร. 2529.

[11] Oren L.J. and Bass L.N. Principles and Practices of Seed Storage. Agriculture Handbook Number 506. Washington D.C. United State Department of Agriculture. 1978.

[12] Loewer O.J., Bridges T.C. and Bucklin R.A. On-Farm Drying and Storage Systems. American Society of Agricultural Engineers. St.Joseph, MI. 1994.

[13] Cabrera E. Personal Communication. Pioneer Hi-bred International, Inc. Johaston, IA. 1999.

[14] Brooker D.B., Bakker-Arkema F.W. and Hall C.W. **Drying and Storage of Seed and Oil Seeds**. New York. Van Nostrand Reinhold. 1992.

[15] Biondi P., Cicala L. and Farina G. "Performance Analysis of Solar Air Heater of Conventional Design." Solar Energy Journal, Vol.41, No.1, 1988. pp.101–107.

[16] Soponronnarit S., Subannapong W. and Tiansuwan J. "Studies of Bare and Glass-Cover Flat-Plate Solar Air Heaters." RERIC International Energy Journal, Vol.12, No.1, June 1990. pp.1–19.

[17] Choudhury C. and Garg H.P. "Design Analysis of Corrugated and Flat-Plate Solar Air Heaters." Renewable Energy Journal, Vol.1, No.5/6, 1997. pp.595–607.

[18] Adel A.H. "Optimization of Flow - Channel Depth for Conventional Flat-Plate Solar Air Heaters." Renewable Energy Journal, Vol.7, No.1, 1996. pp.15–21.

[19] Verma R., Chandra R. and Garg.H.P. "Parametric Studies on The Corrugated Solar Air Heaters With and Without Cover." Renewable Energy, Vol.1, No.3/4, 1991. pp.361–371.

[20] Sharma V.K., Rizzi G. and Garg H.P. "Design and Development of a Matrix Type Solar Air Heater." Energy Conversion and Management Journal, Vol.31, No.4, 1991. pp.379–388.

[21] Prasad M. and Chandra K.S. "Optimum Tilt of Solar Collector for Maximun Natural Flow." Energy Conversion and Management, Vol.30, No.4, 1990. pp.369–379.

[22] Garba B., Sambo A.S. and Mosugu M.M. "The Effect of Chemical Coatings on The Performance of Solar Collector Plates." Renewable Energy, Vol.1, No.5/6, 1994. pp.661–665.

[23] Ghaffari M.M., Mozlarzadeh F.M., Azad E. and Bahar F. "The Construction and Testing of A Solar Fruit & Vegetable Drier." Proceeding of the 6th International Solar Forum, September 1988, At Berlin Germany.

[24] สังวาลย์ เพ็งพัด และ วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร. "การอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อและปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน." วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ปีที่ 28, เล่มที่ 1, มกราคม–มิถุนายน 2539.

[25] วิชัย จันทรักษา. "การพัฒนาเครื่องอบแห้งตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2542.

[26] วรวิทย์ รุ่งจิวารักษ์. "การศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2538.

[27] จรูญ มหิทธาฟองกุล, มานิจ ทองประเสริฐ, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ สุวิทย์ บุณยวานิชกุล. **เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชพลังงานแสงอาทิตย์ : การประยุกต์ใช้งาน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2529.

[28] มานิจ ทองประเสริฐ, ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, สุวิทย์ บุณยวานิชกุล และ จรูญ มหิทธาฟองกุล. **การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งข้าวพลังงานแสงอาทิตย์**. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 2528.

[29] Duffie J.A. and Beckman W.A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. New York. John Wiley and Sons. 1991.

[30] ดวงจันท์ ดวงพัตรา. **การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2529.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ กรณีไม่เปิดพัดลมและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม

วันที่ 19 สิงหาคม 2545

Time	Temperature (^{o}C)				Solar intensity (G_t) (W/m^2)	U_L	$(T_p-T_a)/G_t$	η
	T_a	T_c	T_p	T_i				
10.00	31.5	45.2	54.0	42.8	320	6.380	0.070	35.144
10.15	31.7	46.4	58.6	45.5	405	6.482	0.066	36.947
10.30	31.3	45.5	54.3	45.1	308	6.377	0.075	32.382
10.45	31.8	44.3	53.1	44.1	268	6.384	0.079	29.264
11.00	33.5	50.3	64.8	48.3	455	6.600	0.069	34.598
11.15	33.6	54.5	69.3	51.6	375	6.668	0.095	16.524
11.30	32.7	53.5	66.5	52.3	478	6.602	0.071	33.320
11.45	33.3	56.5	68.7	54.0	558	6.642	0.063	37.865
12.00	33.9	56.7	70.4	55.1	460	6.685	0.079	26.957
12.15	33.2	55.5	64.9	54.3	330	6.552	0.096	17.059
13.15	33.2	56.3	68.6	55.0	445	6.640	0.080	27.182
13.30	34.3	53.5	66.9	52.7	410	6.626	0.080	27.317
14.00	33.3	60.6	68.6	59.2	364	6.623	0.097	15.768
14.15	32.3	50.7	58.0	51.1	254	6.402	0.101	15.223
14.30	31.9	46.5	53.9	46.5	260	6.352	0.085	26.252

การทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ กรณีไม่เปิดพัดลมและท้องฟ้าโปร่ง

วันที่ 2 สิงหาคม 2545

Time	Temperature (^{o}C)				Solar intensity (G_t) (W/m^2)	U_L	$(T_p-T_a)/G_t$	η
	T_a	T_c	T_p	T_i				
9.00	34.4	33.3	56.6	36.6	506	10.219	0.044	35.163
9.15	34.3	34.9	64.0	44.9	501	8.373	0.059	30.366
9.45	34.3	57.3	71.8	54.2	695	6.605	0.054	44.359
10.00	32.8	55.4	74.4	55.9	614	6.656	0.068	34.902
10.15	33.2	69.8	85.8	63.5	774	6.903	0.068	33.085
10.30	32.3	60.9	66.9	57.6	482	6.459	0.072	33.635
10.45	32.2	58.5	72.4	55.4	729	6.600	0.055	43.603
11.00	32.3	58.3	71.8	55.9	542	6.589	0.073	31.984
11.15	33.3	64.5	83.9	59.3	828	6.845	0.061	38.172
11.30	33.6	71.1	90.8	63.3	866	7.008	0.066	33.709
11.45	33.8	71.2	90.1	65.9	998	6.997	0.056	40.526
12.15	33.4	65.7	79.8	61.9	1052	6.767	0.044	50.153
12.45	33.7	68.5	90.6	63.3	877	6.990	0.065	34.648
13.00	33.4	79.0	103.6	73.8	1034	7.305	0.068	30.402
13.15	34.8	78.0	102.7	73.9	1088	7.285	0.062	34.536
13.30	34.9	80.4	98.7	73.6	1031	7.234	0.062	35.234
13.45	35.3	76.5	96.2	70.3	909	7.155	0.067	32.064
14.30	34.4	68.7	79.9	65.5	788	6.781	0.058	40.846
14.45	33.8	64.0	77.1	62.0	688	6.709	0.063	37.777

การทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ กรณีเปิดพัดลม ท้องฟ้ามีแสงแดด

วันที่ 11 ตุลาคม 2545 อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s

Time	Temperature ($^{\circ}C$)				Solar intensity	U_L	η	$(T_p-T_{f,i})/G_t$
	T_a	T_c	T_p	T_i	$(G_t)(W/m^2)$			
9.00	26.9	43.5	43.8	30.3	469	6.134	52.674	0.042
9.20	29.2	44.4	46.5	31.6	534	6.239	53.529	0.034
9.40	28.9	47.3	50.3	32.7	584	6.283	54.063	0.033
10.00	28.7	49.3	50.3	33.0	621	6.143	53.847	0.033
10.20	31.1	52.3	53.9	35.1	681	6.467	53.968	0.034
10.40	31.8	53.9	55.3	36.1	743	6.029	53.707	0.034
11.00	32.0	55.3	57.7	36.6	811	6.397	53.315	0.035
11.20	31.0	56.0	58.7	37.7	869	6.424	52.916	0.037
11.40	32.4	59.0	60.5	28.9	917	6.343	53.127	0.036
12.00	32.9	60.1	62.0	40.1	1022	6.633	53.475	0.036
12.20	32.0	59.8	60.9	39.2	1003	6.299	54.848	0.032
12.40	31.9	60.3	60.1	38.6	996	6.414	55.441	0.030
13.00	32.1	61.2	60.4	40.1	1056	6.192	55.186	0.027
13.20	31.8	60.9	59.5	41.1	934	6.241	57.905	0.030
13.40	32.8	59.7	59.2	41.8	865	6.184	57.743	0.031
14.00	32.8	57.8	57.1	41.6	817	6.021	58.402	0.030
14.20	32.2	55.8	55.0	39.7	779	6.161	58.374	0.029
14.40	31.8	53.9	51.6	40.1	652	5.956	57.973	0.030
15.00	32.1	50.7	49.5	39.7	630	5.977	58.787	0.028
15.20	32.5	48.1	47.4	38.3	517	5.900	54.074	0.034
15.40	32.3	46.4	45.9	38.2	438	6.004	57.459	0.031
16.00	32.4	41.2	39.1	35.5	391	5.924	55.420	0.027

การทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ กรณีเปิดพัดลม ท้องฟ้าโปร่ง

วันที่ 14 ตุลาคม 2545 อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s

Time	Temperature ($^{\circ}C$)				Solar intensity (G_t) (W/m^2)	U_L	$(T_p-T_{f,i})/G_t$	η
	T_a	T_c	T_p	T_i				
9.00	29.8	44.6	44.5	31.9	468	5.920	0.031	59.986
9.20	31.1	48.4	47.7	33.5	525	5.980	0.032	59.702
9.40	30.6	49.6	49.3	34.4	594	6.000	0.031	59.193
10.00	30.8	50.7	49.9	34.6	619	6.014	0.031	59.374
10.20	31.6	53.3	52.2	35.3	684	6.067	0.030	59.579
10.40	32.1	53.4	53.2	35.9	751	6.225	0.028	59.710
11.00	32.5	54.4	54.1	36.1	826	6.108	0.026	60.759
11.20	33.2	55.6	55.6	36.5	866	6.143	0.026	60.871
11.40	33.1	54.4	53.6	36.7	891	6.484	0.023	60.609
12.00	34.2	54.6	54.4	36.9	937	6.648	0.022	60.886
12.20	34.7	54.8	55.2	37.1	977	6.356	0.021	61.942
12.40	33.7	56.7	55.7	38.2	1024	6.155	0.021	61.834
13.00	34.5	57.3	56.7	40.1	1035	6.178	0.021	61.500
13.20	32.9	56.3	54.8	39.4	976	6.134	0.022	61.044
13.40	32.8	54.5	52.2	39.9	882	6.083	0.022	60.951
14.00	33.5	54.2	52.4	40.8	829	6.089	0.023	60.521
14.20	34.0	52.0	50.3	39.7	756	6.053	0.022	61.290
14.40	33.6	51.9	50.4	40.6	648	6.051	0.026	59.307
15.00	34.8	50.3	48.5	40.0	597	6.033	0.023	60.688
15.20	33.9	47.5	45.8	33.5	533	5.990	0.022	63.450
15.40	34.4	46.8	45.2	39.7	449	5.994	0.024	59.731
16.00	33.8	42.5	42.4	38.1	387	6.007	0.022	60.355

การทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ กรณีเปิดพัดลม ท้องฟ้าโปร่ง

วันที่ 12 ตุลาคม 2545 อัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s

Time	Temperature ($^{\circ}C$)				Solar intensity (G_t) (W/m^2)	U_L	$(T_p-T_{f,i})/G_t$	η
	T_a	T_c	T_p	T_i				
9.00	28.5	50.6	41.1	31.8	455	5.864	0.028	60.420
9.20	28.9	52.5	41.8	32.1	528	5.890	0.024	61.469
9.40	29.5	46.6	41.4	30.4	576	5.865	0.021	63.654
10.00	30.5	47.4	43.6	31.6	619	5.910	0.021	63.333
10.20	30.7	49.4	44.9	32.1	694	5.935	0.020	63.377
10.40	31.5	51.2	45.8	32.5	733	6.104	0.020	63.338
11.00	31.7	51.0	47.2	33.2	801	5.984	0.019	63.554
11.20	31.3	53.3	46.5	32.1	866	5.981	0.018	64.277
11.40	31.8	53.4	47.4	33.4	930	6.340	0.017	63.357
12.00	31.8	53.6	48.6	33.6	981	6.359	0.017	63.179
12.20	32.6	54.8	49.2	33.6	1023	6.040	0.016	64.446
12.40	32.1	55.2	48.5	33.8	1054	6.029	0.016	64.482
13.00	32.2	54.7	47.8	34.7	979	6.016	0.016	64.173
13.20	33.2	52.3	47.4	35.7	925	6.004	0.015	64.313
13.40	32.5	53.2	46.5	36.3	851	5.990	0.016	63.612
14.00	32.6	50.7	45.6	37.3	820	5.967	0.016	63.498
14.20	32.1	49.8	44.1	37.0	764	5.938	0.016	63.444
14.40	32.7	47.5	42.7	36.3	654	5.925	0.015	63.826
15.00	32.6	46.3	41.6	35.4	616	5.912	0.015	64.288
15.20	32.7	41.9	39.7	34.4	536	5.942	0.013	64.974
15.40	32.4	38.4	38.8	35.9	442	6.041	0.014	63.120
16.00	31.6	38.8	37.5	34.8	387	5.957	0.015	63.069

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลการลดความชื้นเมล็ดและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s

วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
9.00	before	16.424	16.387	16.321	16.377
10.00	1	15.471	15.578	15.647	15.565
11.00	2	14.856	14.738	14.904	14.833
12.00	3	14.159	14.306	14.211	14.225
13.00	4	13.658	13.476	13.798	13.644
14.00	5	12.954	12.647	12.799	12.800
15.00	6	11.852	11.766	11.879	11.832
18.00	9	11.103	11.184	11.376	11.221
21.00	12	10.945	10.717	10.921	10.861
0.00	15	10.398	10.466	10.488	10.451
3.00	18	10.226	10.299	10.036	10.187
9.00	24	9.757	9.834	9.905	9.832
15.00	30	8.911	8.832	8.871	8.871

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s

วันที่ 26-27 พฤศจิกายน 2545

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
9.00	before	15.937	16.153	16.455	16.182
10.00	1	15.422	15.458	15.730	15.537
11.00	2	14.722	14.899	14.526	14.715
12.00	3	14.068	14.006	14.140	14.071
13.00	4	12.745	13.517	13.800	13.354
14.00	5	13.631	12.896	11.406	12.644
15.00	6	11.365	13.039	12.723	12.375
18.00	9	11.852	11.709	11.290	11.617
21.00	12	11.291	11.525	11.361	11.392
0.00	15	10.612	10.485	11.701	10.933
3.00	18	10.546	10.773	10.585	10.635
9.00	24	11.601	9.434	9.843	10.293
15.00	30	8.782	10.017	8.871	9.224

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s

วันที่ 24-25 ตุลาคม 2545

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
9.00	before	16.431	16.428	16.437	16.432
10.00	1	15.930	15.871	15.510	15.770
11.00	2	13.860	15.498	16.054	15.137
12.00	3	13.756	14.316	14.797	14.290
13.00	4	14.730	14.699	11.794	13.741
14.00	5	13.234	13.238	13.279	13.250
15.00	6	12.773	12.489	12.487	12.583
18.00	9	12.016	11.865	12.631	12.170
21.00	12	11.399	11.551	12.082	11.677
0.00	15	11.029	11.235	12.259	11.508
3.00	18	11.165	11.745	11.235	11.382
9.00	24	10.433	10.604	10.304	10.447
15.00	30	9.611	9.854	10.396	9.954

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15 m^3/s

วันที่ 19 เมษายน 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
10.00	before	12.256	12.371	12.288	12.305
11.00	1	11.874	11.799	11.910	11.861
13.00	3	11.195	11.163	11.258	11.205
16.00	6	10.432	10.663	10.472	10.522
20.00	10	9.781	9.862	9.811	9.818
22.00	12	9.541	9.379	9.413	9.444

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 m^3/s

วันที่ 21 เมษายน 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
9.00	before	13.469	13.528	13.577	13.525
11.00	2	12.841	12.952	12.905	12.899
14.00	5	11.899	12.163	12.084	12.049
17.00	8	11.347	11.165	11.244	11.252
20.00	11	10.633	10.484	10.515	10.544
23.00	14	10.023	9.947	9.889	9.953
3.00	18	9.266	9.311	9.291	9.289

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.37 m^3/s

วันที่ 17 เมษายน 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
10.00	before	11.967	11.984	12.142	12.031
11.00	1	11.825	11.646	11.699	11.723
13.00	3	11.204	11.185	11.070	11.153
16.00	6	10.362	10.493	10.311	10.389
20.00	10	9.815	9.700	9.676	9.730
22.00	12	9.463	9.541	9.586	9.530

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 m^3/s

วันที่ 20 เมษายน 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
9.00	before	12.168	12.347	12.216	12.244
11.00	2	11.855	11.742	11.668	11.755
13.00	4	11.226	11.173	11.199	11.199
16.00	7	10.558	10.643	10.667	10.623
19.00	10	9.879	10.141	10.097	10.039
23.00	14	9.457	9.516	9.402	9.458

การทดสอบการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.69 m^3/s

วันที่ 18 เมษายน 2546

Time	Drying Period (hrs)	Moisture content (%)			
		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
10.00	before	11.675	11.454	11.543	11.557
11.00	1	11.456	11.381	11.366	11.401
13.00	3	10.788	11.120	10.943	10.950
16.00	6	10.526	10.367	10.411	10.435
20.00	10	9.822	9.748	9.845	9.805
22.00	12	9.708	9.536	9.614	9.619

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี	แบบรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์	บริการ

แผ่นที่ 1/1

ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ☐ ข้าว ☑ ถั่วเหลือง พันธุ์ เชียงใหม่ 60

ชั้นพันธุ์ ☑ ขยาย ☐ จำหน่าย ☑ ฝน ☐ แล้ง ปี 2545

วันที่รับตัวอย่าง 22 เมษายน 2546 วันที่ตรวจสอบ 28 เมษายน 2546

เลขทะเบียน	ชื่อ-สกุล	ตัวอย่างที่	น้ำหนัก		ความชื้น (%)	ความบริสุทธิ์ (%)			ความงอก (%)	ข้าวแดง (%)	TZ (%)	✓ผ่าน X ไม่ผ่าน
			กส.	กก.		เมล็ดพันธุ์สุทธิ	เมล็ดอื่น ๆ	สิ่งเจือปน				
9/4	ลาดกระบัง	1			9.8	-	-	-	89	-	-	✓
10/4	ลาดกระบัง	2			9.3	-	-	-	85	-	-	✓
11/4	ลาดกระบัง	3			11.2	-	-	-	88	-	-	✓
12/4	ลาดกระบัง	4			10.5	-	-	-	90	-	-	✓
13/4	ลาดกระบัง	5			10.5	-	-	-	88	-	-	✓
14/4	ลาดกระบัง	6			10.3	-	-	-	90	-	-	✓

รวม 6 ตัวอย่าง

ผ่านมาตรฐาน จำนวน 6 ตัวอย่าง

☑ ความชื้น 6 ตัวอย่าง

☐ ความบริสุทธิ์ ตัวอย่าง

☐ สิ่งเจือปน ตัวอย่าง

☐ เมล็ดอื่น ๆ ตัวอย่าง

☑ ความงอก 6 ตัวอย่าง

ไม่ผ่านมาตรฐาน จำนวน — ตัวอย่าง

○ ความชื้น ตัวอย่าง

○ ความบริสุทธิ์ ตัวอย่าง

○ สิ่งเจือปน ตัวอย่าง

○ เมล็ดอื่น ๆ ตัวอย่าง

○ ความงอก ตัวอย่าง

ผู้รายงาน [signature]

วันที่ 28/4/46

ผู้อนุมัติรายงาน [signature]

วันที่ 28/4/46

การตรวจสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ 7-12 พฤษภาคม 2546

ก่อนลดความชื้น	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
	1	22	2	0	1	0
	2	21	3	0	1	0
	3	22	2	0	1	0
	ความงอก 86.7 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	19	5	0	1	0
0.15	2	21	3	0	1	0
m^3/s	3	22	3	0	0	0
	ความงอก 82.7 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	20	2	0	3	0
0.27	2	20	2	0	3	0
m^3/s	3	20	4	0	1	0
	ความงอก 80.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	22	2	0	1	0
0.37	2	20	4	0	1	0
m^3/s	3	21	3	0	1	0
	ความงอก 84.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	21	2	0	2	0
0.53	2	19	6	0	0	0
m^3/s	3	21	3	0	1	0
	ความงอก 81.3 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	19	2	0	4	0
0.69	2	22	2	0	1	0
m^3/s	3	22	3	0	0	0
	ความงอก 84.0 %					

การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยวิธีเร่งอายุ

วันที่ 14-19 พฤษภาคม 2546

ก่อนลดความชื้น	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
	1	20	5	0	0	0
	2	20	4	0	1	0
	3	17	7	0	1	0
	ความแข็งแรง 76.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	20	5	0	0	0
0.15	2	20	5	0	0	0
m^3/s	3	23	2	0	0	0
	ความแข็งแรง 84.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	22	3	0	0	0
0.27	2	19	5	0	1	0
m^3/s	3	22	3	0	0	0
	ความแข็งแรง 84.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	21	4	0	0	0
0.37	2	24	1	0	0	0
m^3/s	3	23	2	0	0	0
	ความแข็งแรง 90.7 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	23	2	0	0	0
0.53	2	21	4	0	0	0
m^3/s	3	20	5	0	0	0
	ความแข็งแรง 85.3 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	21	3	0	1	0
0.69	2	21	4	0	0	0
m^3/s	3	22	3	0	0	0
	ความแข็งแรง 85.3 %					

การตรวจสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนครึ่ง

วันที่ 16-21 กรกฎาคม 2546

ก่อนลดความชื้น	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
	1	21	2	0	2	0
	2	19	3	0	3	0
	3	20	4	0	1	0
	ความงอก 80.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	19	3	0	3	0
0.15	2	17	7	0	1	0
m^3/s	3	19	3	0	3	0
	ความงอก 73.3 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	20	3	0	2	0
0.27	2	18	4	0	3	0
m^3/s	3	18	5	0	2	0
	ความงอก 74.6 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	21	3	0	1	0
0.37	2	20	4	0	1	0
m^3/s	3	18	5	0	2	0
	ความงอก 78.6 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	21	3	0	1	0
0.53	2	19	5	0	1	0
m^3/s	3	20	3	0	2	0
	ความงอก 80.0 %					
ลดความชื้นโดย	ซ้ำ	เมล็ดปกติ	เมล็ดผิดปกติ	เมล็ดพักตัว	เมล็ดตาย	เมล็ดแข็ง
ใช้อัตราการไหล	1	20	5	0	0	0
0.69	2	22	3	0	0	0
m^3/s	3	20	4	0	1	0
	ความงอก 82.6 %					

การตรวจสอบความเสียหายเนื่องจากการแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

วันที่ 16 กรกฎาคม 2546

	จำนวนเมล็ดเสียหาย			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
ก่อนลดความชื้น	0	1	2	10.0%
ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหล 0.15 m^3/s	1	2	1	13.3%
ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหล 0.27 m^3/s	2	0	0	6.7%
ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหล 0.37 m^3/s	2	0	2	13.3%
ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหล 0.53 m^3/s	1	0	1	6.7%
ลดความชื้นโดยใช้อัตราการไหล 0.69 m^3/s	0	0	1	13.3%

ภาคผนวก ง.
บทคัดย่อผลงานที่เผยแพร่

- เรื่อง " การศึกษาสมรรถนะของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชแบบใช้แสงอาทิตย์และลมร้อนไหลแบบบังคับ" , การประชุมวิชาการประจำปี 2546 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย วันที่ 13-14 มีนาคม 2546, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชแบบใช้แสงอาทิตย์และลมร้อนไหลแบบบังคับ

EXPERIMENTAL STUDY OF PERFORMANCE OF HEATED AIR FORCED CONVECTION SOLAR SEED DRYER

รัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ [1], วัชระ เพิ่มชาติ [2] และ จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ [3]

[1] นักศึกษาปริญญาโท, [2] อาจารย์, [3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ. ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชแบบใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้ความร้อนร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า ในการทดลองใช้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นตัวอย่างทดสอบ โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพของแผงรับแสงที่อัตราการไหลของลมร้อนต่างๆ พบว่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงในกรณีที่เปิดพัดลมดูดลมร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 50-70% และมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม จากการทดลองลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากความชื้นเริ่มต้น 16% จนเหลือความชื้นสุดท้าย 11% พบว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะใช้เวลาในการอบ 30 และ 25 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่ามากกว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีค่าเป็น 0.044 และ 0.038 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง ตามลำดับ

ABSTRACT : This paper presents the results of experimental study on thermal performance of solar seed dryer which uses the electricity as co-heat source. Soybean was used as tested samples. The influences of solar radiation and flow rate of heated air on thermal efficiency of a solar collector and the energy consumption of a dryer were investigated. The results have shown that the thermal efficiency of the collector in the case of clear sky was more stable than that of the clouded sky. Furthermore, the thermal efficiency when a blower turned on was found to be in the range of 50-70% above the case of a blower turned off. The results of drying of soybean from 16% to 10% moisture content at flow rates of heated air of 0.53 and 0.27 m^3/s have shown the drying time of 30 and 25 hr and consumed the energy of about 0.044 and 0.038 MJ/kg-hr respectively.

Keywords : Thermal efficiency, Flow rate, Heated air, Soybean

ประวัติผู้เขียน

นางสาว รัชดาภรณ์ แก้วกล่ำ เกิดเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2521 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2541

ปี พ.ศ.2542 เข้าทำงานที่ บริษัท International Project Administration จำกัด ในตำแหน่ง Mechanical Engineer เป็นเวลา 2 ปี จึงได้ลาออกเพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง