ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะการเติบโตด้านการสืบพันธุ์ของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 และ พันธุ์สจ.5

Effects of Different Levels of Atmospheric Temperature on Pigment Contents of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Leaves During Vegetativeand Reproductive Growth Stages.

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน.....
เลขทะเบียน.....1918523 6
เลขเรียกหนังสือ.....ปร.....
กจ72ผ
2558

เกศกนก เชื้อบาง

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ธันวาคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาโครงงานวิจัย เรื่อง “ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะการเติบโตด้านการสืบพันธุ์ของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 และ พันธุ์สจ.5” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัย นเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กณิตา ธนเจริญชณภาส)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร. ชาญยุทธ กฤตสุนันท์กุล)
หัวหน้าภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ธันวาคม 2558

ชื่อเรื่อง	**ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะการเติบโตด้านการสืบพันธุ์ของถั่วเหลือง(Glycine max (L.) Merrill)พันธุ์ เชียงใหม่ 60 และ พันธุ์ สจ.5**
ผู้วิจัย	**เกศกนก เชื้อบาง**
ที่ปรึกษา	**ผศ.ดร.กณิตา ธนเจริญชณภาส**
ประเภทสารนิพนธ์	**วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558**
คำสำคัญ	ถั่วเหลือง อุณหภูมิ รงควัตถุ ระยะการเจริญเติบโต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อปริมาณรงควัตถุ ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ ในใบถั่วเหลือง 2 ชนิดพันธุ์ คือ ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการ ณ พื้นที่แปลงวิจัย มหาวิทยาลัย นเรศวร และ ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะ เกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - พฤศจิกายน 2558 ในการศึกษาถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ได้รับการปลูกอยู่ภายใต้ระบบตู้ทดลองแบบเปิด ตั้งแต่ช่วงต้นกล้าจนถึงระยะการเก็บเกี่ยว ซึ่งตู้ทดลองนี้มีระบบการควบคุมระดับอุณหภูมิให้มีความแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ สิ่งทดลองที่ควบคุมให้มีอุณหภูมิต่ำ (LT) มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.52 ± 1.26 oC , สิ่งทดลองที่ควบคุมให้มีอุณหภูมิต่ำ (HT) มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 36.86 ± 3.39 oC และ สิ่งทดลองควบคุมที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับภายนอก (CT) มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 35.01 ± 1.93 oC ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดชนิดของรงควัตถุที่ใช้ศึกษา คือ คลอโรฟิลล์และ แคโรทีนอยด์ ผลการศึกษาพบว่ามีผลกระทบทั้งในเชิงบวกและเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในถั่วเหลืองทั้ง2 พันธุ์ และพบว่าผลการศึกษาในพันธุ์สจ.5 มีความชัดเจนกว่าผลการศึกษาของพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลการศึกษาที่เกิดขึนในระยะ V3 และ V8 โดยพบว่า ระดับคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นถึง 51% ในระยะ V3 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ (LT) ในขณะที่พบว่ามีการลดลงในระดับสูงสุด 35% ในระยะ R8 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ (LT) ผลการศึกษาในพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น 35% ทั้งในระยะ V3 และ R1 ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง (HT) แต่พบผลการศึกษาในลักษณะที่ตรงข้าม

กัน นั่นคือ พบว่า มีผลกระทบในเชิงลบซึ่งเกิดขึ้นในภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ (LT) และอุณหภูมิสูง (HT) ในระยะ R8 ที่ระดับ 18% และ 7% ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาในรงควัตถุชนิดแคโรทีนอยด์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เพิ่มขึ้นในระดับต่ำกว่ารงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ โดยสรุปผลการศึกษาบ่งชี้ว่า ระดับอุณหภูมิต่ำและสูงกว่าระดับธรรมชาติในฤดูกาลปลูกมีผลต่อการเกิดผลกระทบในลักษณะเชิงบวกอย่างชัดเจนในถั่วทั้ง 2 พันธุ์ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบในเชิงลบเกิดขึ้นเช่นเดียวกันแต่เกิดขึ้นในระยะ R8 เท่านั้น

Abstract

This research is aimed at assessing the effects of different levels of atmospheric temperature on pigment contents in leaves of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) 2 cultivars; Sorjor 5 and Chiangmai 60; at vegetative (v3) and reproductive growth stages (R1, R5 and R8). This study was conducted at the Naresuan University crop field, Phitsanulok Thailand from July 2015 to November 2015. Thai soybean 2 cultivars were planted and covered with open top chamber (OTC) since the seeding stage to harvest stage. Temperature levels in all Open Top Chambers were controlled at three different levels ; 25.52 ± 1.26 oC in low temperature treatment (LT), 36.86 ± 3.39 oC in high temperature treatment (HT) and 35.01 ± 1.93 oC in control treatment (CT). The important parameters; Chlorophyll and Carotenoid; were used in this experiment. The results showed both of positive and negative impacts by statistically significant (P <0.05) in 2 cultivars. The results showed more obvious positive and negative significant results in Sorjor 5 than Chiangmai 60, especially in V3 and R8 growth stages. The results in LT treatment, the great statistical significant increase of total Chlorophyll by 51% was appeared in V3 stage, whereas the highest decrease by 35% was found in R8 growth stage. The increase in total chlorophyll by35 % were shown in both V3 and R1 growth stage in Chiangmai 60 in HT treatment. In contrast, the negative results were found in both

LT and HT treatments in Chiangmai60 by 18% and 7%, respectively (in R8). Additionally, the percentage increase in carotenoid pigment were lower than the percentage increase in the chlorophyll pigment type. In conclusion, these results indicated that the low and the high temperature level in growing season in this experiment could clearly induce the positive impacts in both 2 cultivars of Thai soybean. However, the negative responses were also appeared in only R8 growth stage.

ประกาศคุณูปการ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กณิตา ธนเจริญชณภาส อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่งเสมอมา จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเป็นพิเศษต่อ คุณนฤมล สิงห์กวาง และ คุณหนึ่งฤทัย เทียนทอง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย นเรศวร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ แนะนำ แก้ไข ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้ผ่านมาด้วยดีตลอดมา

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้การช่วยเหลือ และมีส่วนร่วมในการศึกษาครั้งนี้จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆท่าน

เกศกนก เชื้อบาง

สารบัญ

เนื้อหา

บทที่ 1 1

บทนำ 1

วัตถุประสงค์ 2

ขอบเขตงานวิจัย 3

นิยามศัพท์ 4

บทที่ 2 7

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก 7

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย 10

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศต่อด้านการเกษตรของประเทศไทย 12

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อผลผลิตทางการเกษตร 14

การตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมของพืช 17

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Process) 18

ปัจจัยที่มีผลต่อการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช 19

ถั่วเหลืองพืชสารพัดประโยชน์ 22

ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจของโลก 22

ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย 23

นโยบายทางด้านการตลาดของรัฐ 24

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย 24

พฤกษศาสตร์ของถั่วเหลือง 25

ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของถั่วเหลือง 28

ลักษณะทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 32

ลักษณะทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 34
สภาพเหมาะสมที่ถั่วเหลืองต้องการ 36
สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปลูกถั่วเหลือง 37
ปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในการปลูกถั่วเหลืองให้มีคุณภาพและผลผลิตต่อไร่ที่ดี 39
การตอบสนองของพืชต่อปัจจัยแสง 40
การตอบสนองของพืชต่ออุณหภูมิ 42
ความเครียดที่เกิดจากแสง (light stress) 43
ความเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิ (temperature stress) 44
การรับแสงของพืชเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง 45
บทที่ 3 48
วิธีดำเนินงานวิจัย 48
3.1 สถานที่ศึกษาวิจัย 48
3.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย 49
3.3 การวางแผนการทดลอง 49
3.4 การจัดการในการปลูกถั่วเหลือง 51
3.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ 53
3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ 55
บทที่ 4 56
ผลการวิจัย 56
1. ผลการศึกษาปัจจัยด้านกายภาพในบรรยากาศใน 3 สิ่งทดลอง 57
1.1 ระดับอุณหภูมิในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง 57
2. ปริมาณรงควัตถุที่ตรวจวัดได้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกัน 2 ชนิดพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ สจ. 5 และพันธุ์ เชียงใหม่ 60 59
2.1 ปริมาณ Chlorophyll A 59
2.2 ปริมาณ Chlorophyll B 63

2.3 ปริมาณ Carotenoid 67
2.4 ปริมาณ Total Chlorophyll 71
บทที่ 5 75
สรุปและอภิปรายผล 75
สรุปผลการวิจัย 75
อภิปรายผลการวิจัย 77
อภิปรายผลรวม 83
ข้อเสนอแนะ 85
ภาคผนวก 86
ภาคผนวก ก. สถานที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 87
ภาคผนวก ข. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย 87
ภาคผนวก ค. การดูแลถั่วเหลืองในระหว่างการปลูก 91
ภาคผนวก ง. การเก็บตัวอย่างใบสดไปสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ 92
ภาคผนวก จ. การสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ 93
ภาคผนวก ฉ. การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Chlorophyll 95
ภาคผนวก ช. การคำนวณปริมาณรงควัตถุ 96
บรรณานุกรม 98

สารบัญตาราง

ตาราง 1 ประเภทของการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อม (Salisbury and Ross, 1985) 17
ตาราง 2 ตารางแสดงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น 29
ตาราง 3 ตารางแสดงระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ 30
ตาราง 4 ตารางแสดงสภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลือง 36
ตาราง 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิใน ระยะ V3 77
ตาราง 6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิใน ระยะ R1 78
ตาราง 7 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิในระยะ R5 79
ตาราง 8 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระยะ R8 79
ตาราง 9 แสดงปริมาณผลกระทบทั้งเชิงบวกและเชิงลบ เปรียบเทียบทั้งสองชนิดพันธุ์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต คิดในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%) 82

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั่วโลก ตั้งแต่ปี 1880-2015 (ที่มา www.climate.gov) 8

ภาพที่ 2 ภาพแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นที่ทั่วโลกเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก บ่งชี้สภาพความรุนแรงของภูมิอากาศในพื้นที่ ทั้งภาคพื้นดินและภาคสมุทร (ที่มา : NOAA, 2014) 9

ภาพที่ 3 Coefficient time series ของ First Principal Component ของอุณหภูมิอากาศจาก 32 สถานีทั่วทุกภาคของประเทศไทย (ที่มา : Limsakul and Goes, 2007) 11

ภาพที่ 4 Coefficient time series ของ First Principal Component ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีและจำนวนวันที่ฝนตกรายปี จาก 36 สถานีทั่วทุกภาคของประเทศไทย (ที่มา : Limsakul et al., 2007) 12

ภาพที่ 5 แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเกษตรกร เมื่อเกิดภาวะน้ำแล้งรุนแรง และภาวะน้ำท่วมรุนแรง บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (ที่มา : TDRI, 2015) 13

ภาพที่ 6 ภาพแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงต่ออัตราผลผลิตในละติจูดต่างๆ (ที่มา : IPCC, 2007) 16

ภาพที่ 7 ภาพแสดงส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์และกระบวนการสังเคราะห์แสงในคลอโรฟิลล์ (ที่มา : CRDC) 19

ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์เอ และ คลอโรฟิลล์บี (ที่มา : ศุภจิตรา ชัชวาลย์) 46

ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของไฟโคบิลิน (ที่มา : กนกวรรณ เสรีภาพ, 2008) 47

ภาพที่ 10 ภาพแสดงพื้นที่ปลูกจริง ภายในแปลงเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ ม.นเรศวร 48

ภาพที่ 11 ภาพแสดงพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 49

ภาพที่ 12 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในตู้ทดลอง 51

ภาพที่ 13 ภาพแสดงการปลูกถั่วเหลืองในตู้ทดลองระดับอุณหภูมิต่างๆ 52

ภาพที่ 14 ภาพแสดงตัวอย่างใบสด แบ่งตัวอย่างละ 3 ซ้ำ 54

ภาพที่ 15 แสดงระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างวันภายในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง ในระยะการศึกษา 57

ภาพที่ 16 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างวันภายในตู้ทดลอง 58

ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3 59

ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1 60

ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5 61

ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8 62

ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll B (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3 63

ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1 64

ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5 65

ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8 66

ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3 67

ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5 68
ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5 69
ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8 70
ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3 71
ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1 72
ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5 73
ภาพที่ 32. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8 74
ภาพที่ 33 ตู้ทดลองควบคุมอุณหภูมิ ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะ เกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัย นเรศวร .87
ภาพที่ 34 Chamber ที่ใช้ตลอดการศึกษาวิจัย 87
ภาพที่ 35 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระดับอุณหภูมิตลอดการศึกษาวิจัย 88
ภาพที่ 36 อุปกรณ์วัดระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) 88
ภาพที่ 37 อุปกรณ์วัดปัจจัยด้านกายภาพในบริเวณสถานที่ที่ทำการศึกษา 89
ภาพที่ 38อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างใบสด เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ 89
ภาพที่ 39 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสกัดรงควัตถุจากตัวอย่างใบสด 90
ภาพที่ 40 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ 90
ภาพที่ 41เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV Spectrophotometer) ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/4000U spectrophotometer ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสดงเพื่อเก็บข้อมูลไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณรงควัตถุ ตามวิธีของ Lichtenthaler and Wellbern (1983) 91
ภาพที่ 42 การถางหญ้าก่อนปลูก และ ขณะปลูก บริเวณแปลงทดลอง 91
ภาพที่ 43 การใส่ปุ๋ยในดินก่อนการปลูก และ การรดน้ำให้กับถั่วเหลือง 92
ภาพที่ 44 การเก็บตัวอย่างใบ เลือกเก็บใบจากข้อที่ 2-3 จากบนสุด บรรจุลงในถุงพลาสติกพร้อมเขียนชื่อตัวอย่าง .92
ภาพที่ 45 เช็ดใบสดให้สะอาดหั่นเป็นชิ้นย่อย นำไปชั่งให้ได้ 1 g. จากนั้นนำมาบดในโกร่งบด 93
ภาพที่ 46 การเตรียมสารละลายอะซีโตน 80% และค่อยๆเทสารละลายลงไปในโกร่งบด 2 ครั้ง ปริมาตรประมาณ 40 ml. เพื่อทำการสกัดคลอโรฟิลล์ 93
ภาพที่ 47 เซ็ตกระดาษกรอง จากนั้นนำสารละลาย Chlorophyll ในโกร่งบด เทลงในกรวยกรองเพื่อทำการกรองสุญญากาศ 94
ภาพที่ 48 นำสารละลายอะซีโตนที่เหลือตอนแรก เทลงไปล้างเม็ดสีบนกระดาษกรองประมาณ40 ml. จากนั้นบรรจุลงขวดพลาสติกขุ่น พร้อม label ชื่อตัวอย่าง 94
ภาพที่ 49 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 nm. 95

ภาพที่ 50 บันทึกค่าที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสง วัด 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล ก่อนจะนำไปคำนวณในสูตรหาปริมาณรงควัตถุของLichtenthaler and Wellbern 95
ภาพที่ 51 แสดงการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการหาความสำคัญทางสถิติ 96
ภาพที่ 52 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งทดลองแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้โปรแกรม SPSS (P < 0.05) 96
ภาพที่ 53 นำข้อมูลที่ได้เบื้องต้นมาทำการสังเคราะห์ออกมาในรูปแบบของกราฟ.....97

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันปรากฏการณ์สภาวะภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปนั้นเกิดขึ้นมาในระยะหนึ่งแล้ว และยังมีแนวโน้มว่าจะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นตัวกระตุ้นให้ปัญหานี้ขยายตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดัชนีชี้วัดที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ คือ อุณหภูมิของโลกที่เพิ่มสูงขึ้น อันมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่สะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ความร้อนถูกเก็บกักไว้ในโลกมากขึ้น และ สะท้อนออกไปน้อยลง ข้อมูลที่ได้จากรายงานของ IPCC ผลการศึกษาในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรายงานฉบับที่ 3 (TAR) พบว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมานี้ อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.6 องศาเซลเซียส (IPCC, 2007) ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมีผลให้สภาพอากาศทั่วโลกมีความแปรปรวนมากขึ้น เกิดผลกระทบในวงกว้างต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลก รวมทั้งพืชและผลผลิตทางการเกษตรของมนุษย์ เนื่องจากมีการศึกษาด้านความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะภูมิอากาศและสรีระวิทยาของพืชนั้น พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับต้นๆของการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของพืช(กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558) ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของพืชและช่วงอุณหภูมิต่างๆจึงมีความสำคัญ

ประเทศไทยมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอยู่หลายชนิดพันธุ์ จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น ย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร พืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพภูมิอากาศนั่นคือ ถั่วเหลือง (*Glycine Max (L.) Merrill*) ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยชนิดหนึ่งที่ถูกใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมภายในประเทศหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมด้านเคมีต่างๆ นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นส่วนประกอบในอาหารของสัตว์ ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีสารอาหารและวิตามินหลากหลายชนิด มีสารอาหารสำคัญที่ช่วยป้องกันและรักษาโรคได้หลายโรค ถั่วเหลืองจึงเป็นที่นิยมในการบริโภคของประชาชนอย่างมาก (วลัยทิพย์ สาชลวิจารณ์, 2544) รัฐบาลจึงมีนโยบายเร่งรัดการผลิตถั่วเหลืองให้เพียงพอใช้ในประเทศ แม้ว่ารัฐบาลจะมีการส่งเสริมให้ประชาชนปลูกถั่วเหลืองในทุกภูมิภาคของไทยก็ตาม แต่เนื่องด้วยถั่วเหลืองนั้นเป็นพืชประเภทที่ต้องการปัจจัยสภาวะแวดล้อมในบรรยากาศค่อนข้างคงที่และแน่นอน เช่น ปัจจัยจำพวก อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน รวมทั้งความชื้นของดินที่ต้องพอเหมาะ

(อภิพรรณ,พุกภักดี, 2546) ปริมาณของถั่วเหลืองที่ปลูกจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ ถั่วเหลืองในประเทศไทยมีหลากหลายชนิดพันธุ์ แต่มี 2 ชนิดพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก คือ พันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งสองพันธุ์นี้มีความโดดเด่นในเรื่องของการทนต่อโรค และ โรคใบด่าง ให้ผลผลิตค่อนข้างมาก และเป็นที่ต้องการของตลาด ขณะเดียวกันก็มีข้อมูลหลักฐานยืนยันว่าประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นกัน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) ซึ่งสภาพอากาศในประเทศไทยนั้นแปรปรวนไปตามสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น ความชื้นสูงขึ้น ทำให้เกิดภัยธรรมชาติบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้น เห็นได้จากปัญหาอุทกภัย และ ปัญหาภัยแล้งที่ในปัจจุบันกำลังเป็นปัญหาหลักของประเทศ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบในด้านของการเกษตรทั้งในปัจจุบัน และส่งผลระยะยาวในเรื่องของความมั่นคงทางอาหารในอนาคต

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่าปัญหาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบในหลายๆด้าน รวมถึงในด้านการเกษตร ที่อาจส่งผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสำคัญต่อการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิที่มีผลต่อการสร้างรงควัตถุที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง โดยเปรียบเทียบ 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ใน4 ระยะของช่วงการเจริญเติบโต เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตและความทานทนของถั่วเหลืองทั้ง2ชนิด และเพื่อนำไปสู่การจัดการรับมือสำหรับการปลูกถั่วเหลืองในช่วงอายุที่แตกต่างกันต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองเปรียบเทียบกัน 2 ชนิดพันธุ์ ระหว่างพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

2.เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองเปรียบเทียบกัน ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

ขอบเขตงานวิจัย

1.พื้นที่สำหรับการศึกษา

1.1 แปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก

1.2 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย นเรศวร จังหวัด พิษณุโลก

2.พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60

3.ชนิดของรงควัตถุที่ทำการตรวจวัด

คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์

4. ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างในระยะการเจริญเติบโต

4.1 ช่วงระยะเวลาการเติบโตทางลำต้น(Vegetative Stage)

ระยะ V3

4.2 ช่วงระยะเวลาการเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reductive Stage)

ระยะ R1, ระยะ R5 และระยะ R8

5. การจัดการปลูกถั่วเหลือง

เริ่มปลูกถั่วเหลืองเดือนมิถุนายน 2558 แปลงปลูก 40 x 20 cm. จำนวนแปลงต่อตู้ทดลอง แปลงละ3 หลุม

6. การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลอง

6.1 สร้างสภาวะอุณหภูมิแปรปรวน 3 รูปแบบในตู้ทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด1.5 ×1.5 สูง 2 เมตร หุ้มด้วยพลาสติกใส มีหลังคาและควบคุมระดับอุณหภูมิด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์

6.2 การควบคุมระดับอุณหภูมิ ให้สลับระหว่างอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าธรรมชาติและอุณหภูมิปกติ โดยให้เวลาของการเกิด สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงจากสภาวะปกติประมาณ 70% ของฤดูกาลปลูก

6.2.1 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิต่ำกว่าระดับอุณหภูมิภายนอก (LT) โดยควบคุมให้มีสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าระดับธรรมชาติโดยใช้เครื่องปรับอากาศ

6.2.2 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิภายนอก (HT) โดยควบคุมให้มีสภาวะอุณหภูมิสูงกว่าระดับธรรมชาติโยการติดตั้งไฟสีเขียวเพื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิ

6.2.3 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิปกติ (CT) เป็นการทดลองภายใต้สภาวะปกติ (เทียบเท่าธรรมชาติ)

7. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 3ซ้ำ มีตู้ทดลองทั้งหมดเท่ากับ 9 ตู้ทดลอง

7.1 Low Temperature Treatments; LT (การสร้างอุณหภูมิต่ำภายในตู้ทดลอง) จำนวน 3 ซ้ำ

7.2 High Temperature Treatments; HT (การสร้างอุณหภูมิสูงภายในตู้ทดลอง) จำนวน 3 ซ้ำ

7.3 Control Treatments; CT (การสร้างตู้ทดลองเป็นชุดควบคุม) จำนวน 3 ซ้ำ

8. การกำหนดในช่วงเวลาให้ถั่วเหลืองได้รับสภาวะกำหนด

กำหนดในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น. - 17.00 น. ตั้งแต่ระยะ V3 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการศึกษาผู้วิจัย วางแผนการทดลองโดยกำหนดให้มีความแตกต่างระหว่าง 3 สิ่งทดลอง มี 1 ตัวแปร ดังนั้นเลือกใช้การวิเคราะห์สถิติโดยวิธี F-Test และเลือกการวิเคราะห์ปัจจัยเดี่ยวแบบ One Way ANOVA และเลือกวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทุกสิ่งทดลอง

นิยามศัพท์

ภูมิอากาศ (Climate)

ตามมาตรฐานและคำจำกัดความขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก(World Meteorological Organization : WMO) ภูมิอากาศ (Climate) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปัจจัยภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนในระยะยาวเป็นเวลา 30 ปี การคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคตทำได้โดยการสร้างภาพจำลองเหตุการณ์ภูมิอากาศ (Climate scenario) ที่อาจเกิดขึ้นได้ จากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น (กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558)

สภาพอากาศ (Weather)

หมายถึง เหตุการณ์ภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันหรือในอนาคตอันใกล้ เช่น การเกิดพายุ ฝนตก น้ำท่วมในวันนี้หรือสัปดาห์หน้า การคาดการณ์ หรือ ทำนายภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ เรียกว่า การพยากรณ์อากาศ (weather forecast) (กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558)

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change)

ตามคำจำกัดความของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC; The United Nations Framework Convention on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงใดๆของภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดจากก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ก๊าซเรือนกระจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนความร้อน ทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกไปนอกบรรยากาศโลกได้ ทำให้โลกร้อนขึ้นจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases)

ตามคำจำกัดความของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC ; The United Nations Framework Convention on Climate Change) หมายถึงกลุ่มก๊าซที่เกิดขึ้นจากสาเหตุธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สามารถดูดซับและปลดปล่อยรังสีอินฟราเรดได้ (กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558)

สภาวะโลกร้อน (Global Warming)

คือ สภาวะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในอดีตหรือปีฐานที่สังเกต โดยอาจเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่เพิ่มขึ้นโดยมีรูปแบบสม่ำเสมอ โดยเป็นผลลัพธ์อย่างหนึ่งของแรงแผ่รังสี (Radiative Forcing) จากกลุ่มก๊าซเรือนกระจก จนส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์ที่สำคัญของโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การลดลงของพื้นที่น้ำแข็ง ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น (กณิตา ธนเจริญชณภาส, 2558)

ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5

คือถั่วเหลืองที่ได้รับการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ Tainung 4 กับพันธุ์สจ.2 จากการประเมินผลผลิตในหลายท้องที่ มีการเจริญเติบโตปรับตัวได้ดี ทนทานต่อโรคใบด่าง โรคราสนิมและโรคแอนเทรคโนส ทนต่อสภาพดินที่มีความชื้นสูง หรือดินแฉะในช่วงการปลูก เมล็ดมีความงอกงามแข็งแรง ลำ

ต้นแข็งแรง ตาหรือขั้วเมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อน ลำต้นไม่ทอดยอด มีดอกสีม่วง ฝักแก่มีสีน้ำตาลเข้ม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100 วัน ผลผลิตสูงสม่ำเสมอจึงได้รัยการเสนอรับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตรในปี พ.ศ. 2523 (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2558)

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

คือ ถั่วเหลืองที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วเหลืองพันธุ์ William ซึ่งมีลำต้นแข็งแรงมีจำนวนฝักต่อต้นมาก เป็นพันธุ์แม่ กับพันธุ์สจ.4 ซึ่งเป็นพันธุ์พ่อให้ผลผลิตสูงทนทานต่อโรคราสนิม เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ทนทานต่อโรคราสนิม เหมาะที่จะเป็นพันธุ์มาตรฐาน (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2558)

รงควัตถุ (Pigment)

คือ สารที่ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันแล้วแต่ชนิด แต่สามารถเปลี่ยนแสงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ได้เหมือนกัน รงควัตถุที่พบในคลอโรพลาสต์ คือ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน (Wikipedia, 2557)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก

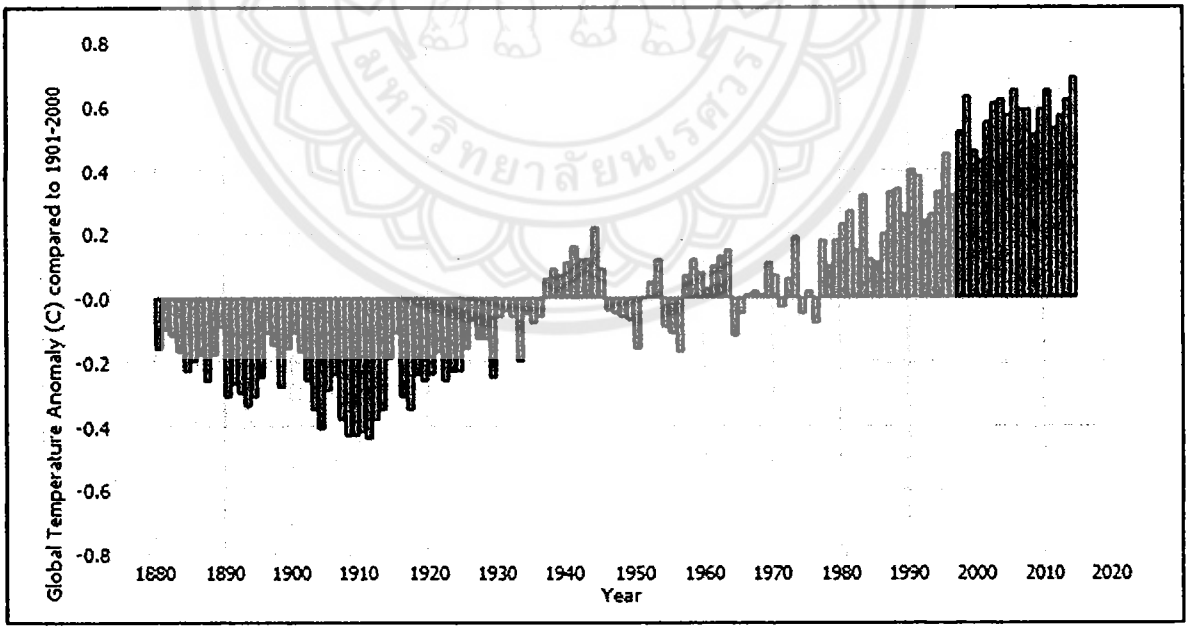
เมื่อกล่าวถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาวะของภูมิอากาศซึ่งเป็นปัญหาในระดับโลก ปัญหานี้เกิดขึ้นมาได้ในระยะหนึ่งแล้ว ทั้งยังมีการศึกษาต่อเนื่องมาอย่างยาวนานหลายทศวรรษ มีการค้นพบปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นจากสภาวการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ปัจจุบันปัญหานี้เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจจากทั่วโลก เนื่องจากผลกระทบนั้นเกิดขึ้นกับหลายๆด้าน เช่น ในด้านของโครงสร้างระบบนิเวศ และ มิติเวลา มีการจัดตั้งองค์การที่สำคัญต่างๆเพื่อร่วมมือกันในการรับมือและแก้ปัญหาในประเด็นนี้ การจัดการปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสภาวะภูมิอากาศนั้นจำเป็นต้องมีมุมมองอย่างเป็นระบบ เพราะการกล่าวถึงภูมิอากาศนั้นนั้นไม่ใช่ระบุแค่คำว่าอากาศ หรือ บรรยากาศ แต่มีความเกี่ยวโยงเชิงพหุคูณกับระบบย่อยต่างๆมากมาย เริ่มตั้งแต่ระบบพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตามกฎเทอร์โมไดนามิกส์ เมื่อเข้าสู่ระบบนิเวศ ระบบนิเวศในภาคพื้นทวีปก็มีกลไกต่างๆมากมายจากการทำงานร่วมกันของพืช สัตว์ และองค์ประกอบด้านกายภาพ ระบบนิเวศภาคพื้นสมุทร ระบบดินหรือธรณี ซึ่งระบบเหล่านี้ต่างมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งทางตรงและทางอ้อม จนเกิดสภาวะของรูปแบบบรรยากาศที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ เช่นมีระดับอุณหภูมิ ความชื้นและฤดูกาลที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงในระบบบรรยากาศย่อมส่งผลกระทบต่อระบบย่อยในส่วนต่างๆ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงในระบบบรรยากาศ ย่อมส่งผลต่อระบบนิเวศในพื้นที่ต่างๆของโลกอย่างเชื่อมโยงกัน(กณิตา ชนเจริญชณภาส, 2015)

LuAnn Dahlman (2015) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์จาก GISS (Goddard Institute for Space Studies) และ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ในการศึกษาประเด็นของเรื่องสภาวะอุณหภูมิของโลก กล่าวว่า ในการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลก นักวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการวัดอุณหภูมิในสถานที่ต่างๆทั่วโลก เพราะเป้าหมายของพวกเขาคือการติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิวัดได้จากการอ่านอุณหภูมิโดยตรงกับค่าความผิดปกติของอุณหภูมิที่เป็นตัวแทนของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่สังเกตและอุณหภูมิเฉลี่ยในระยะยาวสำหรับแต่ละสถานที่และวันที่ แต่ในสถานที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ได้นักวิทยาศาสตร์จะใช้อุณหภูมิโดยรอบและข้อมูลอื่น ๆ ในการกรอกค่าที่ขาดหายไป แต่ละค่าจะถูกใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของ

อุณหภูมิของโลก กระบวนการนี้จะให้ข้อมูลที่สอดคล้อง เป็นวิธีที่เชื่อถือได้สำหรับการติดตามตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวโลกเมื่อเวลาผ่านไป

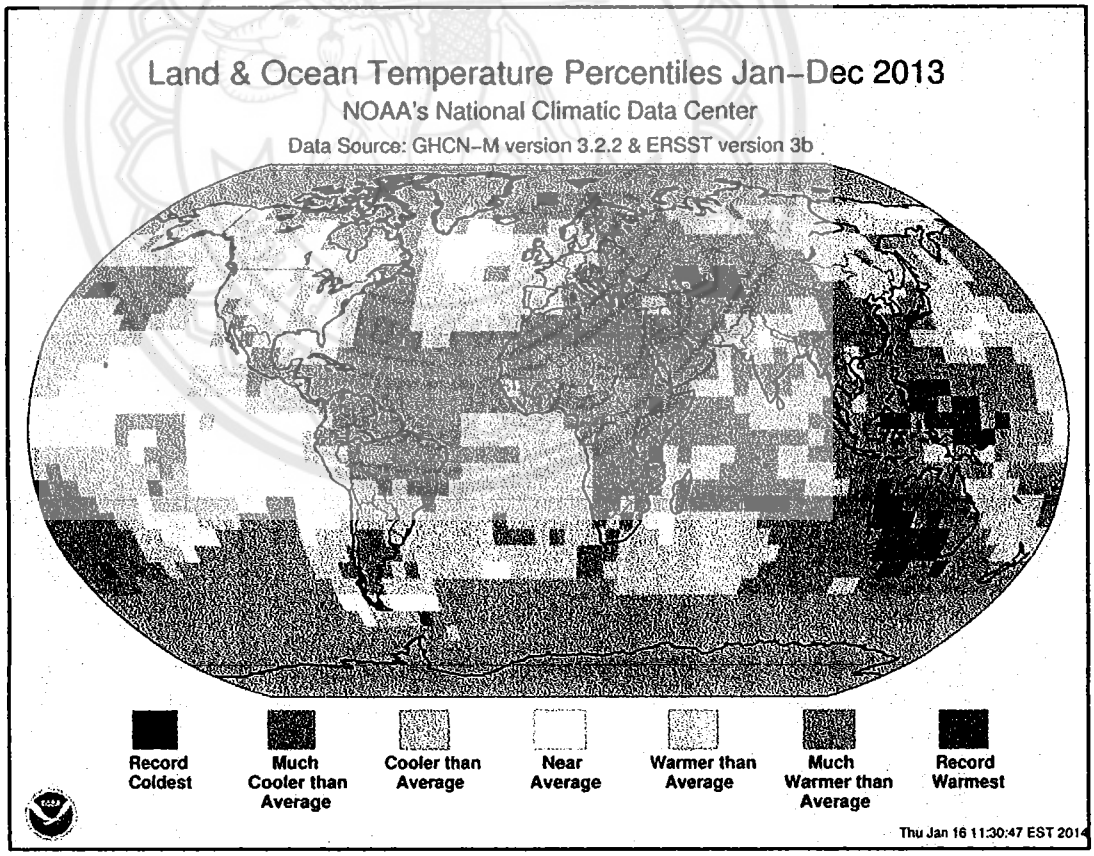
แม้ว่าทั่วโลกจะได้รับระดับผลกระทบที่ต่างกัน แต่สภาวะโลกร้อนก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นมีมากกว่าพื้นที่ที่อุณหภูมิเฉลี่ยลดลง ตั้งแต่ปี 1976 จนถึงปี 2014 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกอุ่นขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว ในช่วงระยะเวลา 37 ปีที่มีอุณหภูมิอุ่นที่เฉลี่ย 0.50 ° F (0.28 ° C) ต่อทศวรรษของภาคพื้นดิน และ 0.20 ° F (0.11 ° C) ต่อทศวรรษของภาคมหาสมุทร

° 50 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยประมาณ 0.13 องศาเซลเซียส (ประมาณหนึ่งในสี่ของระดับองศาฟาเรนไฮต์) ต่อทศวรรษที่ผ่านมาเกือบจะเพิ่มขึ้นเร็วเป็นสองเท่าของ 0.07 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษที่ผ่านมา จากการสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา ใน 20 ปีข้างหน้านักวิทยาศาสตร์โครงการว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.2 องศาเซลเซียส (ประมาณหนึ่งในสามของระดับองศาฟาเรนไฮต์) ต่อทศวรรษ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั่วโลก ตั้งแต่ปี 1880-2015 (ที่มา www.climate.gov)

จากการศึกษาของ NOAA's National Climatic Data Center(2013) พื้นที่ส่วนใหญ่ของโลกที่มีค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก ในภาคพื้นดินได้แก่ บริเวณบางส่วนของเอเชียกลาง, ตะวันตกของเอธิโอเปีย, ตะวันออกของแทนซาเนียและพื้นที่ส่วนมากในภาคใต้และตะวันตกของออสเตรเลียบริเวณดังกล่าวถูกบันทึกว่าอุณหภูมิอบอุ่นขึ้น เช่นเดียวกับในส่วนของภาคพื้นสมุทร บริเวณมหาสมุทรอาร์กติก, พื้นที่ขนาดใหญ่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก, บริเวณส่วนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกและพื้นที่ของมหาสมุทรอินเดียส่วนกลาง ถึงแม้ว่าอุณหภูมิในบริเวณภาคพื้นสมุทรดังกล่าวจะอุ่นขึ้นแต่ก็มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่เย็นกว่าค่าเฉลี่ยของภาคพื้นดิน ส่วนภูมิภาคขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วภาคตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกและภูมิภาคมหาสมุทรใต้ทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาใต้นั้นถูกบันทึกว่ามีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเย็นกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก ดังภาพที่ 2



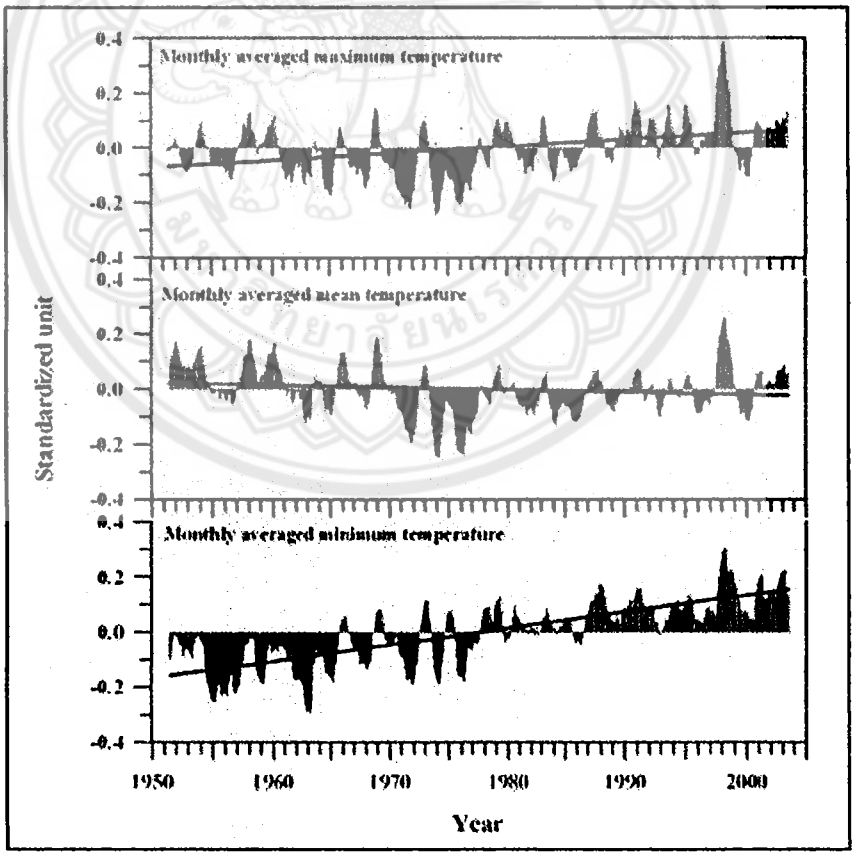
ภาพที่ 2 ภาพแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นที่ทั่วโลกเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก บ่งชี้สภาพความรุนแรงของภูมิอากาศในพื้นที่ ทั้งภาคพื้นดินและภาคสมุทร (ที่มา : NOAA, 2014)

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

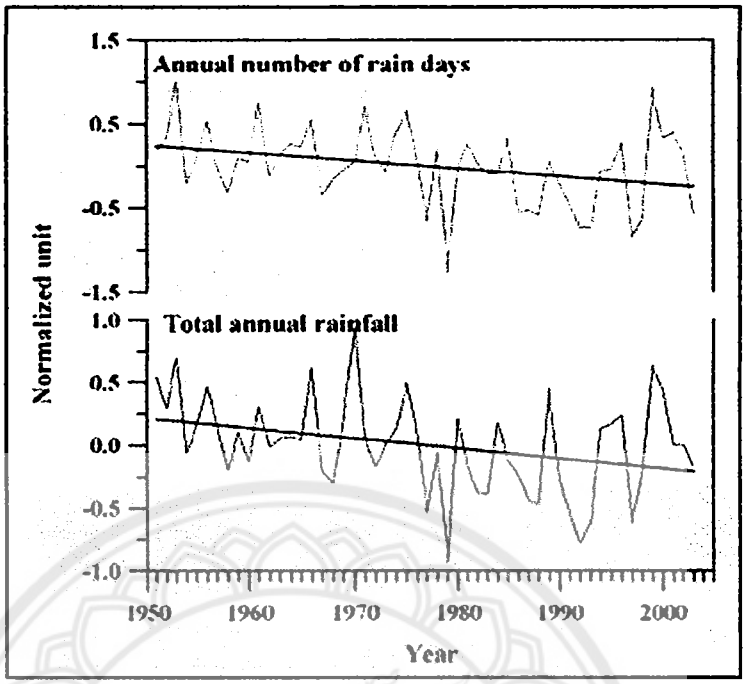
จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้น ทำให้ปัญหานี้กลายเป็นประเด็นที่ประชาคมโลกให้ความสนใจเป็นอย่างสูงอยู่ในขณะนี้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความเกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยเองก็เช่นกัน ประเทศไทยเป็นประเทศที่นับได้ว่ามีความล่อแหลมอย่างสูงต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate variability and change) เนื่องจากการดำรงชีวิตของประชาชนและการพัฒนาประเทศในภาพรวม ต้องพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติและผลผลิตที่มีความล่อแหลมสูงต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ทรัพยากรน้ำ ผลผลิตทางการเกษตร ตลอดจนทรัพยากรชายฝั่ง ทั้งนี้ประเด็นสำคัญที่สังเกตได้อย่างชัดเจนในปัจจุบันคือ ประเทศไทยกำลังเผชิญกับสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศและสภาพภูมิอากาศ ในรูปแบบของภาวะภัยแล้งและน้ำท่วม ตลอดจนสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิและคลื่นความร้อน ที่นับวันจะทวีความรุนแรงและมีความถี่ของการเกิดบ่อยครั้งขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน สภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ นับเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี โดยพบว่าในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ได้เกิดภาวะภัยแล้งและอุทกภัยที่รุนแรงในประเทศไทยมากกว่า 50 ครั้ง คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจมากถึงหลายพันล้านบาท ดังเช่นเมื่อเดือนสิงหาคม – ตุลาคม พ . ศ . 2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ประสบอุทกภัย 4,523,382 ไร่ ใน 52 จังหวัด เกษตรกรได้รับผลกระทบจำนวน 301,737 ราย พืชเศรษฐกิจที่สำคัญเช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย ถั่วเหลือง ได้รับความเสียหายคิดเป็นมูลค่าเบื้องต้นถึง 935,250,290.- บาท (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549) ความเสียหายที่เกิดขึ้นนับว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญต่อการแก้ไขปัญหาความยากจนและการพัฒนาของประเทศ ภาวะภัยแล้งและอุทกภัยที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ระหว่างปี พ . ศ . 2547-2549 เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของผลกระทบจากสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศต่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชนโดยรวม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนความเสียหายจากสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศและสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้รับคาดการณ์ว่าจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับในอนาคตอันใกล้นี้ ตามสภาวะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของโลกที่มีความแปรปรวนและมีความซับซ้อน ซึ่งส่งผลกระทบถึงกันและกันมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้

เนื่องจากภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย ตั้งอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศโลกที่สำคัญ คือปรากฏการณ์เอนโซ่และลมมรสุมโซนร้อนที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทร บรรยากาศ และพื้นดิน ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรระหว่างมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบภูมิอากาศโลก ที่มีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงและความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้น ตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกและอุณหภูมิของโลก การคาดการณ์ดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับสถานการณ์ในประเทศไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนของอุณหภูมิอากาศ (ภาพที่ 3) และปริมาณน้ำฝน ตลอดจนจำนวนวันฝนตกทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (ภาพที่ 4) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน เศรษฐกิจและความหลากหลายทรัพยากรชีวภาพของประเทศ (TRF Climate Change Project, 2008) ดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 Coefficient time series ของ First Principal Component ของอุณหภูมิอากาศจาก 32 สถานีทั่วทุกภาคของประเทศไทย (ที่มา : Limsakul and Goes, 2007)



ภาพที่ 4 Coefficient time series **ของ** First Principal Component **ของปริมาณน้ำฝน** เฉลี่ยรายปีและจำนวนวันที่ฝนตกรายปี จาก 36 สถานีทั่วทุกภาคของ**ประเทศไทย** (ที่มา : Limsakul et al., 2007)

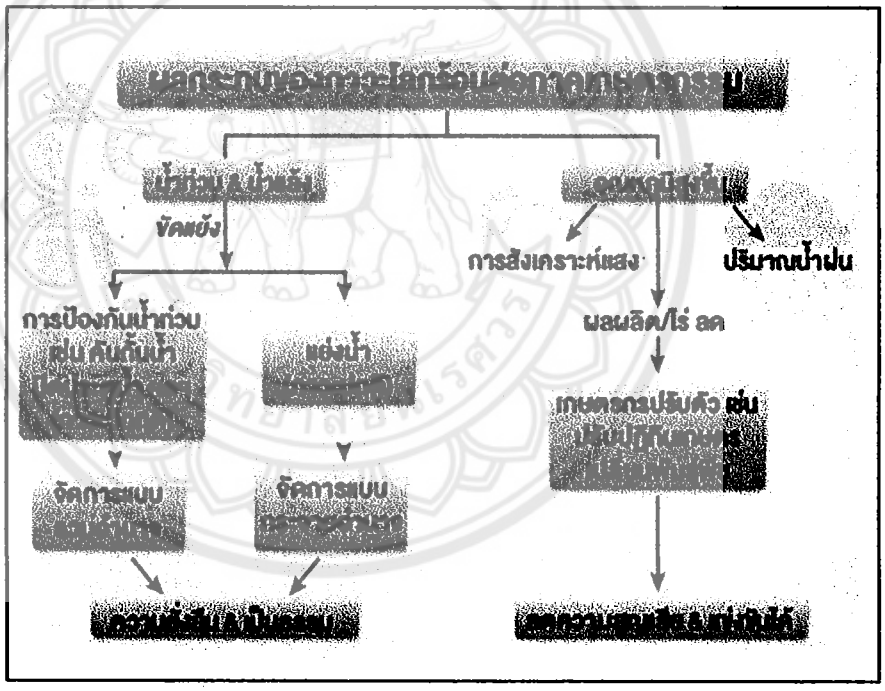
สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศต่อด้านการเกษตรของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากภาวะโลกร้อนในขณะนี้ เริ่มส่งผล ก**ระทบรุนแรงต่อผลผลิตอาหารทั่วโลก** สำหรับประเทศไทย นักวิทยาศาสตร์ด้านการเกษตรพบว่า**ความแปรปรวนของภูมิอากาศจะมีผลกระทบรุนแรงต่อพืชผลการเกษตรที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะ ข้าว ข้าวโพด อ้อย การเลี้ยงสัตว์ และประมง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อถั่วเหลืองอีกด้วย แต่เนื่องจากถั่วเหลืองมีอัตราส่วนการปลูกในประเทศไม่สูงมากนัก จึงมีการศึกษาค่อนข้างน้อย การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผล กระทบต่อผลผลิตการเกษตรหลายช่องทาง เช่น ภาวะน้ำท่วม ภาวะฝนแล้ง อุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอุณหภูมิตอนกลางคืนในช่วงที่ข้าวกำลังออกดอก จะกระทบกระบวนการสังเคราะห์แสงของข้าว ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง**

สำหรับภาวะฝนแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากปรากฏการณ์เอลนินโญ่ (ฝนแล้ง) ซึ่งเกิดขึ้นสลับกับ ลานินญา (ฝนชุก) นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างดัชนีวัดปรากฏการณ์ทั้งสองที่เรียกว่า ดัชนี TDRIได้นำสถิติดังกล่าวมาหาสหสัมพันธ์กับค่าความผิดปกติของผลผลิตเกษตร (Yield Anomaly)

แล้วพบว่า เมื่อไรที่มีภาวะฝนแล้ง ผลผลิตเกษตรที่สำคัญของไทยและเอเชียโดยเฉพาะข้าวโพดจะลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ อ้อยและข้าว

TDRI ได้ใช้แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเกษตรกรเมื่อเกิดภาวะน้ำแล้งรุนแรง(Extreme Drought) และภาวะน้ำท่วมรุนแรง(Extreme Flood) บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 5) พบว่าหากอุณหภูมิสูงขึ้นและมีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยลง พื้นที่การผลิตและผลผลิตต่อไร่จะลดลงอย่างชัดเจน ในทางกลับกันหากปริมาณน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ณ ต้นฤดูแล้งมีมาก พื้นที่ปลูกข้าวและอ้อยรวมถึงผลผลิตต่อไร่ในฤดูแล้งจะเพิ่มมากขึ้นด้วย น้ำชลประทานนี้มาจากปริมาณน้ำต้นทุนเหนือเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งจะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนในฤดูฝน



ภาพที่ 5 แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเกษตรกร เมื่อเกิดภาวะน้ำแล้งรุนแรง และ ภาวะน้ำท่วมรุนแรง บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (ที่มา : TDRI, 2015)

อันที่จริงเกษตรกรไทยคุ้นเคยกับการปรับตัวเพื่อรับมือกับน้ำท่วมตั้งแต่อดีตแล้วเห็นได้จากวิถีชีวิต เช่น การปลูกข้าวฟางลอยในพื้นที่ลุ่มต่ำแถบอยุธยา การปรับปฏิทินการปลูกข้าวเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนถึงเวลาน้ำท่วม รวมถึงการปลูกบ้านเรือนที่มีใต้ถุนสูงและเตรียมเรือติดบ้านไว้แต่นักวิทยาศาสตร์พบว่าภาวะโลกร้อนจะทำให้ภูมิอากาศแปรปรวนบ่อยขึ้นและรุนแรงขึ้นกว่าในปัจจุบัน

ทำให้เกษตรกรมีความจำเป็นต้องปรับตัวมากกว่าในอดีต มิฉะนั้นผลผลิตการเกษตรจะเสียหายมากขึ้น จนกระทบการส่งออก และรายได้ของเกษตรกร

TDRIได้สำรวจการปรับตัวของเกษตรกรทั้งสิ้น 815 ครัวเรือน ใน 6 จังหวัดลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ อยุธยา พิษณุโลก สุพรรณบุรี อุทัยธานี นครสวรรค์ และลพบุรี เมื่อปลายปี 2556 พบว่าเกษตรกรที่ตัดสินใจปรับระบบการผลิตของตนจะมีผลผลิตต่อไร่สูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ปรับตัว เช่น ผลผลิตข้าวต่อไร่ของเกษตรกรที่มีการปรับตัวอยู่ที่ประมาณ 696 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ปรับตัวมีผลผลิตเพียง 576 กิโลกรัมต่อไร่ ความแตกต่าง 120 กิโลกรัมต่อไร่นี้เป็นเครื่องยืนยันได้ว่าการปรับตัวตามสภาพอากาศจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ ในทางกลับกันหากเกษตรกรที่ไม่ปรับตัวจะมีความเสียหายต่อผลผลิต

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อผลผลิตทางการเกษตร

จากการวิจัยของ IPCC (2007) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกต่อผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งก็มีการคาดการณ์ว่าผลผลิตพืชจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงกลางของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ในละติจูดสูงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในท้องถิ่นได้ถึง 1-3 ° C (1 - 2.6° C จากทั่วโลกก่อน ปี1900) การเพาะปลูกในพื้นที่นั้นได้ผลผลิตลดลงเล็กน้อย ส่วนในพื้นที่ที่ละติจูดต่ำกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพภูมิอากาศแห้งในเขตร้อนผลผลิตของพืชนั้นคาดว่าจะลดลง แม้อุณหภูมิท้องถิ่นจะเพิ่มขึ้น 1.0 -2 ° C (0.8- 1.5° C จากทั่วโลกก่อนปี 1900) แต่อย่างไรก็ตามผลการคาดการณ์จากทั่วโลกคาดว่า ศักยภาพในการผลิตอาหารที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในท้องถิ่นในช่วง 1.0-3.0 ° C (1-2.6° C จากทั่วโลกก่อนปี 1990) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของความถี่ของภัยแล้งและน้ำท่วมคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชท้องถิ่นในเชิงลบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของพืชที่ละติจูดต่ำ

การแปลงอุณหภูมิท้องถิ่นให้อยู่ในระดับอุณหภูมิของโลกโดยใช้ค่า 1.5 องศาเซลเซียสในท้องถิ่นต่อ° C ทั่วโลกสำหรับละติจูดกลางถึงสูงและ 1.2 องศาเซลเซียสในท้องถิ่นต่อ° C ทั่วโลกสำหรับละติจูดต่ำ (NRC) จากปี 2000 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะถูกแปลงจากยุคก่อนอุตสาหกรรมโดยการเพิ่ม 0.5 ° C (IPCC)

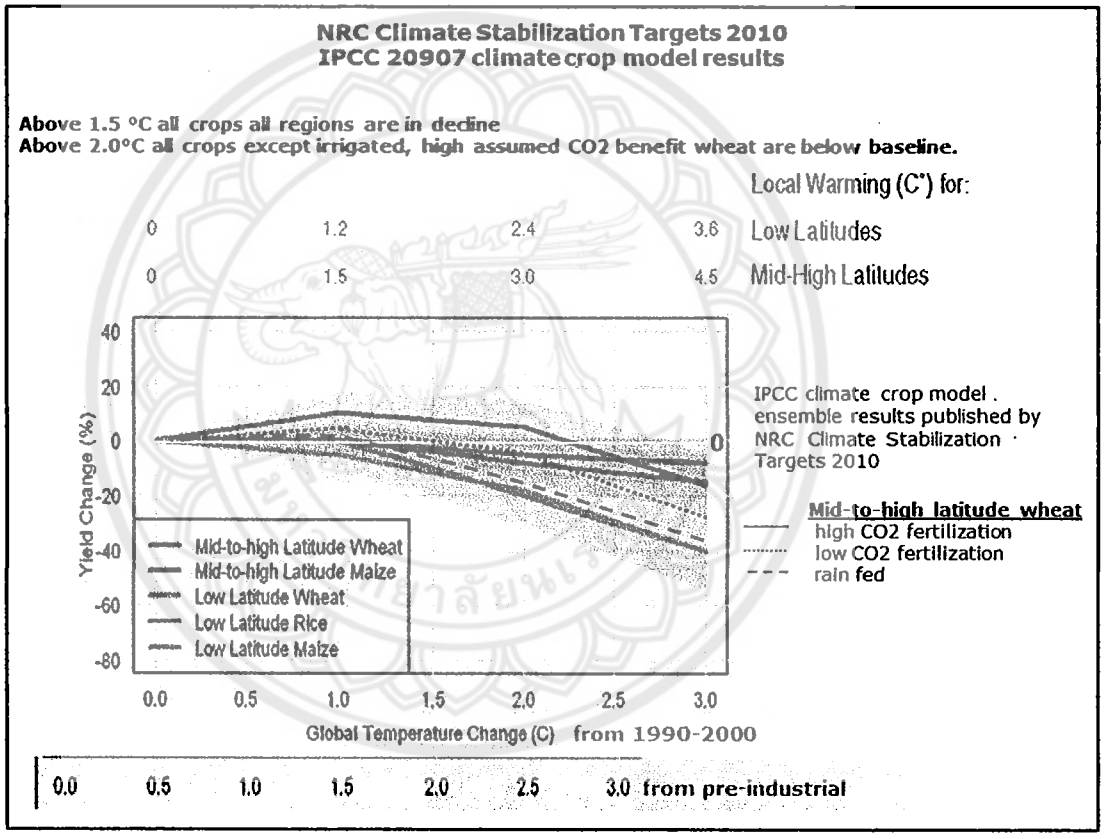
IPCC ฉบับ AR4 ผลรูปแบบแผนภูมิรูปที่ ตรงข้ามได้อย่างถูกต้องกล่าวว่าผลที่ได้จะไม่ถูกนำมาใช้ในการทำนายเนื่องจากข้อมูลรูปแบบและการพัฒนา (ยังคงอยู่ในขั้นตอน) ไม่ได้ปรับการคาดการณ์ อย่างไรก็ตามรายงานของ IPCC ผลการเหล่านี้ยังไม่เพียงพอสำหรับกำหนดนโยบายตั้งอยู่บนพื้นฐาน

ผลของแบบจำลองดังกล่าว (แบบจำลองคอมพิวเตอร์) โดยทั่วไปของแบบจำลองจะมีความไม่แน่นอนสูงอันเนื่องมาจากปัจจัยหลายอย่างรวมทั้งความแตกต่างกันของขนาดพื้นที่ ซึ่งสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในระดับภูมิภาคซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีที่แสดงให้เห็นระดับผลกระทบที่รุนแรงจากสถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น รวมทั้งสันนิษฐานการเกิดของกระบวนการ CO_2 fertilization

บทสรุปเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงละติจูดกลางถึงละติจูดสูง หากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระดับกลางของท้องถิ่นคือประมาณ 1° C-3° C (1° C - 2.6° C จากทั่วโลกก่อนปี1900) เมื่อเกิดร่วมกับช่วงของความเข้มข้นของ CO_2 และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็สามารถเกิดผลกระทบในธัญพืชหลักของพื้นที่ นอกจากนี้ภาวะโลกร้อนก็ยังเกิดผลกระทบด้านลบมากขึ้น ในภูมิภาคละติจูดต่ำแบบจำลองเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าแม้อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1° C - 2° C (0.8-1.5° C จากทั่วโลกก่อนปี 1900) แต่ก็มีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบในเชิงลบต่อผลผลิตธัญพืชที่สำคัญสำหรับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 ° C (2.6° C จากทั่วโลกก่อน ปี 1900) ผลกระทบเฉลี่ยคือ เกิดความเครียดในพืชทุกชนิดและทุกภูมิภาคที่ทำการประเมิน

ภูมิภาคละติจูดต่ำถึงกลางและสูงครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของการผลิตธัญพืชทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพการผลิตทั่วโลก ซึ่งปัจจุบันกำลังถูกคุกคามด้วยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น 1 ° C (1° C จากทั่วโลกก่อนปี1900) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ พื้นที่ท้องถิ่นสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ไม่เกิน 3 ° C (2.6° C จากทั่วโลกก่อนปี 1900) ซึ่งหากเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ปริมาณผลผลิตก็จะเริ่มลดลงเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามการลดลงของผลผลิตในภูมิภาคพอสมควรสันนิษฐานว่าอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นเพราะผลการเชิงเส้นข้างต้น IPPC รูปแบบที่ไม่สามารถคาดการณ์ว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่รุนแรงมากน้อยเพียงใด (ภาพที่ 6)

การศึกษาชี้ให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองการเพิ่มความถี่ของการสูญเสียพืชอันเนื่องมาจากเหตุการณ์รุนแรง เช่น ภัยแล้งและฝนตกหนัก พืชพันธุ์อาจจะเอาชนะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิระดับปานกลางได้ และทำให้เกิดผลกระทบในเชิงบวก การประเมิน ของIPCC ในด้านของอาหารนั้น ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเพาะปลูกสภาพภูมิอากาศ นอกจากการสูญเสียการผลิตอาหาร นอกจากนี้การเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต จะเพิ่มอย่างมากที่ในอนาคตต่อไป เช่น ภัยแล้งแห้งฝนและน้ำท่วม สภาพอากาศที่รุนแรง เป็นต้น (IPCC, 2007)



ภาพที่ 6 ภาพแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงต่ออัตราผลผลิตในละติจูดต่างๆ (ที่มา : IPCC, 2007)

การตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมของพืช

Salisbury and Ross (1985) ได้รวบรวมประเภทการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยสภาพแวดล้อม (ดังแสดงในตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในสภาพธรรมชาติมีปรากฏการณ์การตอบสนองของพืชเกิดขึ้นได้ในหลายรูปแบบ และไม่สามารถอธิบายถึงกลไกการตอบสนองได้อย่างชัดเจนมากนัก

ตาราง 1ประเภทของการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อม (Salisbury and Ross, 1985)

ประเภทการตอบสนอง	ลักษณะการตอบสนอง	ตัวอย่าง
• แบบโดยตรง (ทันทีทันใด) (Direct ,non-delayed)	เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน การตอบสนองของพืชจะเกิดขึ้นแบบทันทีหรือเกือบทันที	-การสังเคราะห์แสง (ที่ความเข้มแสงระดับต่างๆ) -การคายน้ำ (ที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป) - ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ควบคุมโดยเอนไซม์ (เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง)
• มีชนวนหรือไกปิดเปิด (Triggered or on-off)	การตอบสนองที่เกิดขึ้นเมื่อเกินเลยระดับพิกัดปกติ (threshold) ของปัจจัยสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงจะไม่คืนสภาพเดิมแม้ว่าระดับปัจจัยนั้นจะคืนสู่สภาพปกติแล้วก็ตาม การตอบสนองมักจะค่อยเป็นค่อยไป	-การงอกของเมล็ดที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำหรือแสงสีแดง
• มีพิกัดกำหนดความสูงต่ำ (เชิงปริมาณ) ของระดับปัจจัย และตอบสนองแบบค่อยเป็นค่อยไป (Modulated,quantitative,delayed responses)	ระดับการตอบสนองที่ถูกกำหนดโดยแนวโน้มระดับความสูงต่ำของปัจจัยสภาพแวดล้อม ที่เป็นไปได้ทั้งการตอบสนองที่เพิ่มหรือลด มักจะเป็นไปตามอายุไขจังหวะเวลาการพัฒนาการของพืช (biological clock)	-การตอบสนองเข้าหาแสงของพืช (phototropism) ต่อแรงโน้มถ่วงของโลก (gravitropism) - การตอบสนองของ phytochrome ต่างๆ กระบวนการ เกิด vernalization -การตอบสนองต่อช่วงแสงในการออกดอกของพืช (photoperiodism) ต่อ

		การยืดตัวของลำต้น ต่อการสร้างหัวมัน
• โฮมิโอสเตซิส (Homeostasis)	การที่พืชสามารถจะรักษาสภาวะปกติภายในตัวพืชเมื่อเกิดภาวะการณ์เปลี่ยนแปลงของปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากกลไกการควบคุมโดยผลของปฏิกิริยาย้อนกลับเชิงลบ (negative feedback mechanism)	-ปฏิกิริยาร่วมระหว่างการปิดเปิดของรูปากใบ (stomatal aperture) กับ การสังเคราะห์แสง ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
• การปรับตัวให้อยู่ในสภาพพอเหมาะ (Conditioning effect)	การตอบสนองที่ค่อยเป็นค่อยไป เมื่อกระทบกับการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของปัจจัยสภาพแวดล้อม	-การที่พืชค่อยๆเกิดความต้านทานต่อสภาวะอุณหภูมิสูงหรือต่ำเมื่อสภาวะอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง
• มีผลข้ามชั่วรุ่น (Carryover effect)	ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อชั่วรุ่น (generation) ต่อไป	-มีการค้นพบกรณีย์นี้ในสายพันธุ์ถั่วลันเตา

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Process)

การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่พืชสีเขียวใช้พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี โดยมีน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ ปฏิกิริยาของการสังเคราะห์แสงเขียนสรุปได้ดังนี้

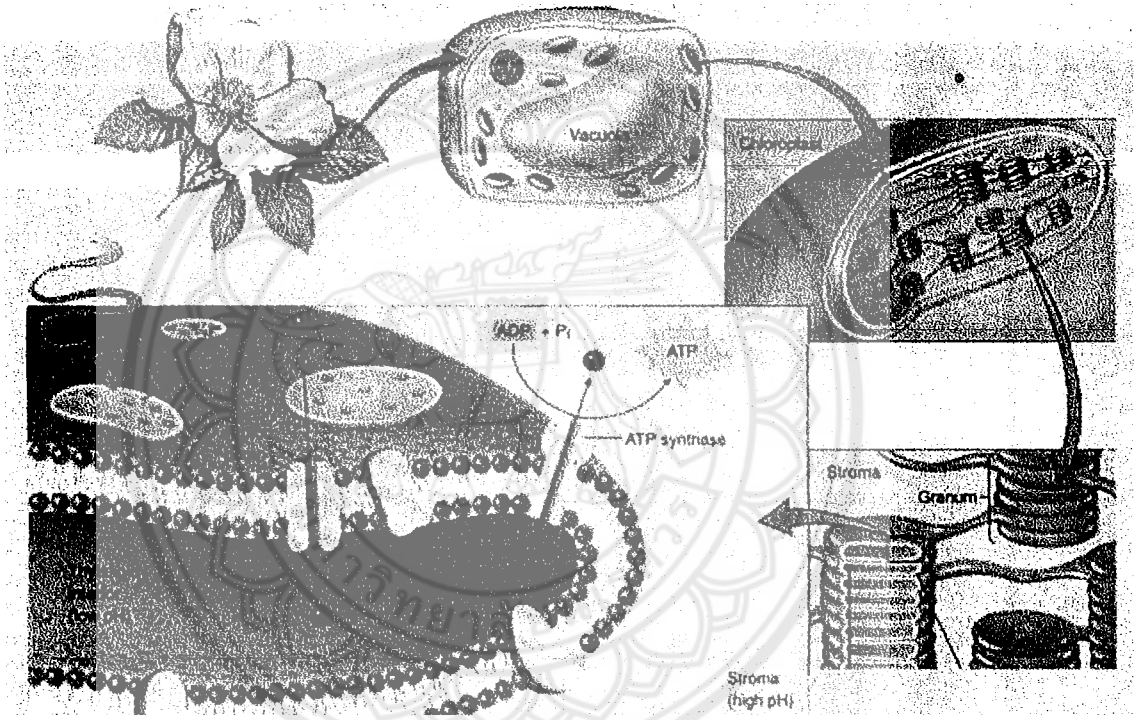
แสง

$$6CO_2 + 12H_2O \Longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ น้ำตาล น้ำ ออกซิเจน

ผลจากการสังเคราะห์ด้วยแสงนอกจากออกซิเจนแล้ว จะได้คาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม คือกลูโคส, น้ำ และพลังงานที่สะสมในรูปสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม เพื่อสร้างสารประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ

อาหารที่พืชสร้างขึ้นมานี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตเองแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งมวลที่ไม่สามารถสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ตลอดทั้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายรวมทั้งมนุษย์ด้วย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์แสงของพืชจะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตให้เพียงพอต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ภาพแสดงส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์และกระบวนการสังเคราะห์แสงในคลอโรฟิลล์ **(ที่มา : CRDC)**

ปัจจัยที่มีผลต่อการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)เป็นกระบวนการสำคัญที่พืชสีเขียว ซึ่งมีรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์เป็นตัวนำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไปเป็นคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลหรือแป้ง รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนออกมา ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. **ปัจจัยเกี่ยวกับพืช**

หมายถึง ชนิดของพืช สภาพทางสรีรวิทยาของพืช เช่น ในใบพืชที่อ่อนหรือแก่เกินไปพบว่าความสามารถในการสังเคราะห์แสงต่ำ ใบที่อ่อนเกินไปการพัฒนาของคลอโรฟิลล์ยังไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไปจะมีการสลายตัวของรงควัตถุในคลอโรพลาสต์ การสูญเสียโครงสร้างที่สำคัญนี้มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (CRDC, 2010)

2.ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่

2.1แสง เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพราะการสังเคราะห์แสงเป็นการใช้พลังงานจากแสงมาสร้างเป็นอาหาร และเก็บสะสมพลังงานนั้นไว้ในอาหารที่สร้างขึ้น พลังงานธรรมชาติที่พืชได้รับคือพลังงานจากแสงแดด เราอาจใช้แสงจากไฟฟ้าหรือตะเกียงก็ได้ แต่สู้แสงแดดไม่ได้ พืชแต่ละชนิดมีความต้องการความเข้มของแสงไม่เท่ากัน ถ้าความเข้มของแสงมากเกินจุดอิ่มตัวแสง อาจทำให้ใบไหม้เกรียมตายได้ ถ้าปริมาณความเข้มของแสงต่ำ พืชก็จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ แต่พืชไม่สามารถลดอัตราการหายใจให้ต่ำลงไปด้วย จะทำให้พืชไม่เจริญและตายได้ในที่สุด

2.2 อุณหภูมิ พืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิในการสังเคราะห์ที่ต่างกันตั้งแต่ 5-40 องศาเซลเซียส พืชเขตร้อนอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างสูง ส่วนพืชเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวจะทำการสังเคราะห์แสงได้ดีในอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยา ซึ่งอุณหภูมินั้นเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยทั่วไปอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10-35 °C ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่อุณหภูมิสูงๆ ยังขึ้นอยู่กับเวลาอีกปัจจัยหนึ่งด้วย กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงคงที่ เช่น ที่ 40 °C อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิพอเหมาะ ถ้าสูงเกิน 40 °C เอนไซม์จะเสื่อมสภาพทำให้การทำงานของเอนไซม์ชะงักลง ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์ต่อการสังเคราะห์แสงด้วย เรียกปฏิกิริยาเคมีที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิว่าปฏิกิริยาเทอร์มอเคมิคอล (Thermochemical reaction)

2.3 ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ในสภาพที่มีแสงและอุณหภูมิพอเหมาะอัตราการสังเคราะห์แสงจะขึ้นกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว พืชจะไม่เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงอีก

2.4 ธาตุอาหาร การขาดธาตุอาหารมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งทางตรงและทางอ้อม แมกนีเซียมและไนโตรเจน เป็นธาตุที่สำคัญในองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์การขาดสารเหล่านี้ทำให้พืชมีอาการใบเหลืองซีดที่เรียกว่า คลอโรซิส เนื่องจากใบขาดคลอโรฟิลล์

2.5 ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ น้ำเป็นแหล่งของอิเล็กตรอนที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อพืชขาดน้ำอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงนอกจากนี้น้ำมีผลต่อการปิดเปิด ของปากใบ ซึ่งมีผลกระทบต่อการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบ ถ้าสภาพขาดน้ำปากใบจะปิดเพื่อลดการคายน้ำ ทำให้ขาดแคลนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง (CRDC, 2010)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพืชนั้นมีกลไกตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป มีปัจจัยมากมายที่เป็นสิ่งเร้าต่อพืชพรรณ หนึ่งในนั้นก็คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ที่เป็นปัจจัยที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการในการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งปัจจุบันโลกเรากำลังเผชิญกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น ดังนั้นประเด็นที่น่าสนใจก็คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช ที่สามารถเชื่อมโยงไปถึงเรื่องของพืชผลทางการเกษตร และพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะศึกษา " ถั่วเหลือง" พืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้ศึกษาจึงนำข้อมูลทางวิชาการเข้ามาใช้ในการอธิบายในหลากหลายประเด็นดังต่อไปนี้

ถั่วเหลืองพืชสารพัดประโยชน์

ถั่วเหลืองเป็นพืชผลทางการเกษตรชนิดหนึ่ง ที่มีความต้องการในการบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเพราะถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์หลายอย่างต่อสุขภาพร่างกาย ซึ่งถั่วเหลืองถูกนำมาแปรรูปอย่างหลากหลายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายขึ้นและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาดแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศอาหารที่ทำจากถั่วเหลือง ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น และประเทศอื่นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เช่น น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง เช่น ถั่วเน่า ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้นโปรตีนจากถั่วเหลือง หลังจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายแล้ว ส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วทีอุดมด้วยโปรตีน สามารถแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อเทียม (โปรตีนเกษตร) แป้ง เบเกอรี่ ทำโปรตีนเข้มข้น หรือผ่านกรรมวิธีเพื่อแยกเอาโปรตีนบริสุทธิ์ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากการแปรรูปถั่วเหลือง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศ เพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง เป็นต้นอาหารเสริมจากถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีสารเคมี ที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น เลซิติน โอลิโกแซคคาไรด์ วิตามินอี สเตอรอล ไฟเตทเป็นต้น สามารถใช้ถั่วเหลืองเพื่อช่วยเพิ่มเยื่อใยและคุณค่าทางอาหาร นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีบทบาทในด้านของอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองโดยตรงและใช้สำหรับเป็นส่วนประกอบ อีกทั้งยังสามารถใช้กากถั่วเหลืองมาใช้เป็นอาหารของสัตว์ในทางปศุสัตว์อีกด้วย (อภิพรรณ พุกภักดี, 2003)

ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจของโลก

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ออกมาเปิดเผยว่า องค์การเกษตรและอาหารแห่งสหประชาชาติ (FAO) คาดการณ์ไว้ว่าในปี 2556/57 การเพาะปลูกถั่วเหลืองในทั่วโลกจะมีประมาณ 281.3 ล้านตัน ซึ่งมากกว่าปีที่ผ่านมาร้อยละ 5.3 สำหรับประเทศที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ยังคงเป็นสหรัฐอเมริกา และในปีนี้ผลผลิตถั่วเหลืองของประเทศสหรัฐอเมริกาก็ดีขึ้นกว่าปีที่ผ่านๆ มา นอกจากนี้ความต้องการไบโอดีเซลซึ่งเป็นพลังงานทดแทนการใช้น้ำมันมีความต้องการมากขึ้น และได้

มีการนำปาล์มมาสกัดเป็นไบโอดีเซล จึงมีผลให้การผลิตน้ำมันปาล์มมีปริมาณลดลง จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความต้องการน้ำมันถั่วเหลืองมีมากขึ้นตามไปด้วย (Farm Thailand, 2013)

ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

ประเทศไทยเองก็เป็นประเทศที่มีการใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองในหลายๆด้าน ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม ด้านปศุสัตว์ อีกทั้งประชาชนยังนิยมบริโภคถั่วเหลืองเป็นอย่างมาก ทำให้ความต้องการถั่วเหลืองภายในประเทศไทยนั้นสูงมาก สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มการผลิตถั่วเหลืองลดลงโดยเทียบกับในปี 2550/51 ประเทศไทยมีเนื้อที่ในการเพาะปลูกถั่วเหลืองประมาณ 815,940 ไร่ และมีปริมาณผลิตผลิตทั้งหมดอยู่ที่ 201,291 ตัน แต่ใน 2557/58 มีการประมาณพื้นที่ในการเพาะปลูกอยู่ที่ 245,582 ไร่ ปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองที่ได้ประมาณ 67,316 ตัน(Farm Thailand, 2013) แต่ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้ถั่วเหลืองสูงถึง 2.2 ล้านตัน จึงทำให้ในปัจจุบันผลผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังมีไม่พอต่อความต้องการ ประกอบกับมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งปริมาณที่สามารถผลิตได้เองในประเทศนั้น คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการใช้ทั้งหมดของประเทศ ในแต่ละปีจึงมีการนำเข้ากากถั่วเหลืองจากต่างประเทศในปริมาณมากถึงปีละ 2ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 67,000 ล้านบาท/ปี (Khon Kaen Chamber Commerce : KKCC, 2013) ทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกถั่วเหลืองให้มากยิ่งขึ้น โดยให้กรมวิชาการเกษตรทำการขยายการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้เพิ่มมากขึ้น และมีการการแนะนำวิธีการปลูกถั่วเหลืองให้แก่เกษตรกรหลังการทำนา เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และการปลูกถั่วเหลืองยังเป็นการช่วยปรับปรุงดินให้กลับมามีสภาพที่อุดมสมบูรณ์ได้อีกด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อพยุงอัตราการผลิตถั่วเหลืองภายในประเทศไม่ให้ลดต่ำลงไปอีกนั่นเอง (Farm Thailand, 2013)

นโยบายทางด้านการตลาดของรัฐ

การกำหนดนโยบายและมาตรการการนำเข้าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอำนาจของคณะกรรมการนโยบาย

ถั่วเหลืองและพืชน้ำมันอื่น โดยมีรองนายกรัฐมนตรีที่กำกับการบริหารราชการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นประธาน และมีเลขาธิการสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเป็นกรรมการและเลขานุการ

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย

ถั่วเหลืองไม่ใช่พืชประจำถิ่นของประเทศไทย แต่เชื่อกันว่าชาวจีนที่อพยพมาได้นำถั่วเหลืองเข้ามาด้วยเมื่อกว่า 200 ปีที่แล้ว ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ทำให้มีถั่วเหลืองพันธุ์ดีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการและทำให้ต้องมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ

การปลูกถั่วเหลืองปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีสำโรง 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

ในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจต้องปรับสภาพดินให้เหมาะสมก่อน pH ประมาณ 5.5-6.5 และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไรโซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300-400 มิลลิลิตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน (Wikipedia, 2014)

19185236

พฤกษศาสตร์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองอยู่ในวงศ์ Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Glycine max* (L.) Merrill และมีชื่อท้องถิ่น ได้แก่ *Soja max, Phaseolus max, Glycine hispida*

1.) ราก

เมื่อนำเมล็ดแก่ของถั่วเหลืองไปเพาะแรดิเคิลจะเจริญเติบโตและพัฒนาไปเป็นรากแก้ว ซึ่งอาจยาวได้ถึง 2 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพดินและความแข็งแรงของต้นถั่วเหลือง จากรากแก้วจะมีรากแขนงแตกออกมา มีมากอยู่ในช่วงไม่เกิน 15-20 เซนติเมตรจากผิวดิน แต่ก็พบรากแขนงบางรากเจริญเติบโตลงไปในดินได้ยาวกว่ารากแก้วที่ปลายรากแก้ว และรากแขนงมีรากขนอ่อนพัฒนามาจากเซลล์ผิว (epidermis) ของปลายรากเป็นการเพิ่มพื้นที่ดูดน้ำและอาหารของราก รากขนอ่อนมีอายุสั้นเพราะเมื่อรากเจริญเติบโตไปเรื่อยๆ บริเวณรากขนอ่อนเดิมจะไม่มีเซลล์ผิวเหลืออยู่ แต่ระบบรากทั้งหมดก็ยังทำงานต่อไปจนถั่วเหลืองแก่พร้อมเก็บเกี่ยวได้

รากขนอ่อนเป็นบริเวณที่ถั่วเหลืองสร้างปม (nudule) โดยการกระตุ้นของไรโซเบียม (Bradyrhizobium japonicum) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับถั่วเหลืองแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ไรโซเบียมมีหลายชนิด (stain) และมีความเฉพาะเจาะจงกับถั่วเหลืองด้วย ภายในปมรากนี้ ก๊าซไนโตรเจนจากอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารเหล่านี้เรียกรวมๆว่า ยูรีไดด์ส (ureides) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนประมาณ 1.0 สารเหล่านี้ถูกเคลื่อนย้ายไปยังฝักและเมล็ดได้ดีเท่าๆกันกับไนเตรทที่ถั่วเหลืองดูดขึ้นมาจากดิน

2.) ลำต้น

เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มงอก hypocotyl จะยืดตัวออกและดันยอดอ่อนโผล่พ้นดิน เพื่อพัฒนาเป็นลำต้นและใบ โดยข้อแรกมีใบเลี้ยงอยู่ ข้อที่ 2 มีใบจริงเดี่ยวคู่แรก (unifoliolate leaf) ข้อที่ 3 จึงเป็นจุดเริ่มของใบจริงที่มี 3 ใบย่อย (trifoliolate leaf) ซึ่งใบต่อๆมา เป็นใบประกอบ 3 ใบย่อยทั้งสิ้น ส่วนของลำต้นที่เจริญเติบโตเป็นได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับการหยุดการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองเอง พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate) หยุดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเมื่อเริ่มออกดอกหรือเริ่มติดฝัก และเกิดช่อดอกหรือช่อฝักที่ตายอด ในขณะที่พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate) ยังคงเจริญเติบโตไปพร้อมกับการพัฒนาของเมล็ด ทำให้ปลายยอดสร้างเป็นใบอ่อน ไม่ใช่กลุ่มของฝัก อย่างไรก็ตาม ตามเจริญเติบโตของถั่วเหลืองโดยเฉพาะจำนวนข้อ ยัง

ขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อช่วงแสงของแต่ละพันธุ์อีกด้วย ซึ่งพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสง เมื่อนำมาปลูกในที่ที่มีช่วงแสงของแต่ละพันธุ์อีกด้วย ซึ่งพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสง เมื่อนำมาปลูกในที่ที่มีช่วงแสงสั้นกว่าปกติจะออกดอกเร็วและต้นเตี้ยมาก จากพันธุ์ปกติที่มี 15-20 ข้อ ต้นสูงกว่า 50 เซนติเมตร อาจเหลือเพียง 6-7 ข้อ และสูงเพียง 15 เซนติเมตร เท่านั้น พันธุ์ถั่วเหลืองทั้งสองแบบนี้ให้ผลผลิตไม่ต่างกันมากนัก ถ้ามีวิธีจัดการปลูกอย่างถูกต้องและเหมาะสม

3.) ยอด

ยอดของลำต้นแบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

-ชนิดทอดยอด (Indeterminate type) พวกนี้ช่อดอกไม่เกิดที่ยอดของลำต้น (main stem) แต่เกิดตามมุมใบ จึงทำให้ยืดการเจริญของยอดถั่วไปได้อีกระยะหนึ่ง ภายหลังจากมีการออกดอกแล้ว พันธุ์พวกนี้จะมีปลายเรียว ยาว ทำให้ต้นหยุดเจริญเติบโตเมื่อเริ่มติดฝัก

-ชนิดไม่ทอดยอด (Determinate type) พวกนี้ช่อดอกเกิดที่ยอดของลำต้นเป็นกลุ่ม ถั่วเหลืองส่วนมากมีขนสีน้ำตาลหรือสีเทา ปกคลุมอยู่ทั่วไป เช่น ตามลำต้น ก้านใบ ใบ กลีบเลี้ยง ผล ยกเว้นที่ใบเลี้ยงเท่านั้นที่ไม่มีขน

4.) ตา (bud)

ระหว่างมุมของใบเลี้ยงหรือใบจริงจะพบตา (bud) ซึ่งจะเจริญเป็นกิ่ง ดอก หรืออยู่ในระยะพักตัว (dormant) ก็ได้ ถ้าถั่วเหลืองกำลังเจริญเติบโต ตานี้มักจะเกิดเป็นกิ่ง แต่ถ้าใช้ระยะปลูกแคบ ตาจะพักตัว ถ้าใช้ระยะปลูกกว้างก็อาจมีกิ่ง 5-6 กิ่ง/ต้น ส่วนใหญ่ตาที่มุมใบเลี้ยงไม่เจริญ นอกจากลำต้นที่อยู่เหนือใบเลี้ยงได้รับอันตราย เช่น ถูกแมลงกัด ตาที่มุมใบเลี้ยงจึงจะแตกออกเป็นลำต้นใหม่

5.) ใบ(Leaf)

ใบเกิดแบบสลับ (alternate) บนลำต้น ยกเว้นใบเลี้ยง (cotyledon) และใบจริงคู่แรก (primary leaf) ของต้นอ่อนเท่านั้นที่เกิดตรงข้ามกัน ใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) แต่ใบที่เกิดต่อ ๆ มาเป็นใบรวม (compound leaves) ใบมีขนาดรูปร่างต่าง ๆ กัน มักเป็นแบบ pinnately trifoliate คือ มีใบย่อย 3 ใบ มีก้านใบรวม (petiole ยาว 5-10 ซม.) ก้านของใบย่อย (petiolule) ของใบกลางยาวกว่าก้านของใบย่อยอีก 2 ใบ ตรงโคนก้านใบทุกชนิดมีข้ออ่อนเรียก pulvinus ใบมีรูปร่างหลายแบบเช่นรูปไข่ (ovate) จนถึงเรียวยาว (lanceolate) ใบมีขนสีเทาหรือสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ทั่วไป ที่โคนของใบย่อยมีหูใบย่อย (stipel) และที่โคนก้านใบจะมีหูใบ (stipule) พันธุ์ส่วนมากใบจะร่วงเมื่อผลเริ่มแก่ เมื่อผลแก่เต็มที่ใบจะร่วงหมด มีบางพันธุ์เท่านั้นที่ไม่สลัดใบเมื่อผลแก่เต็มที่

ลักษณะใบแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

1.ใบเลี้ยง มี 2 ใบ

2.ใบเดี่ยว มี 2 ใบ เกิดถัดจากใบเลี้ยงขึ้นมา

3.ใบประกอบ 3 ใบย่อย ซึ่งเกิดถัดจากใบเดี่ยวขึ้นมาอีก

4.ใบเดี่ยวโคนกิ่ง (prophylls) เป็นใบเล็กๆเกิดเป็นคู่ที่ฐานของกิ่งแขนง

แม้ว่าใบส่วนใหญ่จะเป็นใบประกอบ 3 ใบย่อย แต่ก็พบเสมอว่าบางใบอาจมี 4 ใบย่อย หรือมากกว่าได้ รูปร่างของใบย่อยมีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดต่อฝัก โดยต้นถั่วเหลืองที่มีใบเป็นรูปไข่กลมมักมีเพียง 1-2 เมล็ดต่อฝัก ต้นที่มีใบรูปไข่ปลายแหลม มี 2-3 เมล็ดต่อฝัก ในขณะที่ต้นที่มีใบแคบมี 3-4 เมล็ดต่อฝัก

6.) ดอก

ถั่วเหลืองมีดอกเป็นช่อ (inflorescence)เกิดตามมุมใบ เริ่มตั้งแต่ข้อที่ 5-8 มีช่อดอกแบบ raceme ดอกมีสีขาวหรือสีม่วง สีขาวเป็นลักษณะด้อย (recessive) เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 3-8 มม. ดอกเกิดตามมุมของก้านใบหรือที่ยอดของลำต้นดังได้กล่าวมาแล้ว ช่อดอกหนึ่ง ๆ มีดอกตั้งแต่ 3-15 ดอก ช่อดอกที่เกิดบนยอดของลำต้น มักจะมีจำนวนดอกในช่อมากกว่าช่อดอกที่เกิดตามมุมใบ ส่วนประกอบของดอกมีดังนี้

-ก้านช่อดอก (peduncle) และก้านดอกย่อย (pedicel)

-กลีบเลี้ยง (bracteole) อยู่นอกสุด สีเขียว สั้น มี 2 กลีบ มีขนปกคลุม

-กลีบรอง (calyx) อยู่ชั้นถัดจากกลีบเลี้ยง ฐานติดกัน มี 5 แฉก

-กลีบดอก (corolla หรือ petal) มี 5 กลีบ คือ standard (หรือ banner) petal 1 กลีบ, wing petal 2 กลีบ และ keel petal 2 กลีบ

-ดอกตัวผู้ (stamen) มีก้านชูอับเรณู (anther) 10 อัน (ติดกัน 9 อัน แยก 1 อัน เรียกว่าเป็นการจัดแบบ (diadelphous)

-ดอกตัวเมีย (pistil) มีที่รองรับอับเรณูเรียก stigma และก้านเรียก style ส่วนบน ส่วนล่างที่ฐานมีรังไข่(ovary) ซึ่งมีไข่ (ovule) 1-4 อัน

7.) ฝัก

ฝักเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2-10 ฝัก มีขนสีเทาหรือสีน้ำตาล ปกคลุมอยู่ทั่วไป ฝักมีความยาว 2-7 ซม. แต่ละฝักมีเมล็ด 1-5 เมล็ด แต่ส่วนใหญ่มี 2-3 เมล็ด เมื่อสุกฝักจะมีสีน้ำตาล ฝักอาจแตกซึ่งทำให้เมล็ดร่วง

8.) เมล็ด

เมล็ดมีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เมล็ดขนาดเล็กจำนวน 100 เมล็ดหนักราว 2 กรัม ขนาดใหญ่ 100 เมล็ดหนักกว่า 40 กรัม โดยทั่วไปหนัก 12-20 กรัม รูปร่างมีตั้งแต่กลมรีจนถึงยาว อาจมีสีเหลือง เขียว น้ำตาล และดำก็ได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2003)

ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของถั่วเหลือง

ระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง แบ่งเป็น 2 ระยะใหญ่ คือ

1.**ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น** (Vegetative Stage) การพิจารณาระยะการเจริญเติบโตในช่วง vegetative growth นั้น ถือเอาลำดับของข้อเป็นสำคัญ ข้อ (node) ได้แก่ ส่วนหนึ่งของลำต้นที่ใบมีการพัฒนาขึ้น เมื่อใบหลุดร่วงก็จะพบแผลเป็น (scar) ซึ่งเหลือไว้ให้เห็นที่ข้อ การที่ข้อถูกใช้เป็นตัวกำหนดระยะการเจริญเติบโต ก็เนื่องมาจากที่มันปรากฏอยู่ที่ลำต้นอยู่เสมอ มิได้หลุดร่วงไปดังเช่นใบ ในการนับจำนวนและลำดับของข้อนี้ ข้อที่อยู่บนลำต้น (main stem) เท่านั้นที่จะใช้นับ หากลำต้นถูกทำลายหรือหัก ต้นถั่วเหลืองต้นนั้นๆ ก็จะใช้ในการกำหนดระยะการเจริญเติบโตไม่ได้ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (V-stage) ของถั่วเหลือง แบ่งเป็นระยะดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ตารางแสดงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น

Growth Stage	ระยะการเจริญเติบโต	รายละเอียด
VE	ระยะโผล่พ้นดิน (emergence)	ใบเลี้ยงเพิ่งโผล่และอยู่เหนือผิวดิน
VC	ระยะใบเลี้ยง (cotyledon)	ใบประกอบเริ่มคลี่กางและขอบใบประกอบไม่แตะกัน unifoliate leaf กางเต็มที่
V1	ระยะข้อที่ 1 (first node)	ใบประกอบที่กางเต็มที่ในข้อที่ 1
V2	ระยะข้อที่ 2 (second node)	ใบจริงที่ 1 (1^{st} trifoliolate leaf) คลี่กางอกเต็มที่ในข้อที่ 2
V3	ระยะข้อที่ 3 (third node)	ต้นถั่วเหลืองมีข้อ 3 ข้อ แล้วบนลำต้น และในข้อที่ 3 จะมีใบจริงที่ 2 คลี่กางออกเต็มที่
$V_{(n)}$	ระยะข้อที่ (n) (n-node)	(n) เท่ากับลำดับข้อบนลำต้นที่มีใบจริงคลี่กางออกเต็มที่

2.ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive Stage) ระยะเจริญพันธุ์ หรือ reproductive stage นั้น เริ่มตั้งแต่ ถั่วเหลืองเริ่มออกดอก ออกฝัก และเมล็ด มีการพัฒนาตลอดจนการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดและการสุกแก่ ดังตารางที่ 3

ตาราง 3 ตารางแสดงระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์

Growth Stage	ระยะการเจริญเติบโต	รายละเอียด
R1	เริ่มออกดอก (beginning bloom)	มีดอกบานหนึ่งดอกบนข้อใดๆก็ตามบนลำต้น โดยนับจากต้นถั่วเหลืองมีดอกดอกแรกบนข้อใดๆของต้นในพวก indeterminate นั้นข้อต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นบนลำต้นในขณะที่พืชเริ่มออกดอกจะมีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งของข้อทั้งหมด หมายความว่า หลังจากระยะ R1 แล้ว พืชก็ยังคงมีการเจริญเติบโตทาง vegetative สร้างข้อ ใบ และเพิ่มความสูงต่อไป ในพวก determinate นั้น ข้อต่างๆที่เกิดขึ้นใน R1 จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนข้อทั้งหมด การเจริญเติบโตทางลำต้นของพวก determinate สิ้นสุดลงแล้ว เมื่อเริ่มR1 ต่อไปก็จะเป็นระยะการเจริญพันธุ์เท่านั้น
R2	ออกดอกเต็มที่ (full bloom)	มีดอกบานที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 2 ข้อบนสุดสองข้อที่มีใบคลี่กางเต็มที่ ระยะที่มีดอกบานที่ข้อใดข้อหนึ่งบนข้อบนสุดสองข้อบนลำต้น ที่มีใบคลี่กางเต็มที่ในถั่วเหลืองพวก indeterminate ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์ determinate ออกดอกพร้อมกันทุกข้อและที่ตายอดในระยะ R1
R3	เริ่มติดฝัก (beginning pod)	ฝักยาวขนาด 5.0 มิลลิเมตร ปรากฏขึ้นที่ข้อใดข้อหนึ่งบนข้อบนสุด 4 ข้อ บนลำต้นที่มีใบคลี่กางเต็มที่
R4	ติดฝักเต็มที่ (full pod)	ฝักยาวขนาด 2.0 เซนติเมตร ปรากฏขึ้นที่ข้อใดข้อหนึ่งบนข้อบนสุด 4 ข้อ บนลำต้นที่มีใบคลี่กางเต็มที่

R5	เริ่มติดเมล็ด (beginning seed)	เมล็ดยาวขนาด 3.0 มิลลิเมตร ปรากฏในช่องว่างภายในฝักที่ติดอยู่ในข้อใดข้อหนึ่งบนข้อบนสุด 4 ข้อ บนลำต้นที่มีใบคลี่กางเต็มที่
R6	เมล็ดพัฒนาเต็มที่ (full seed)	ฝักซึ่งมีเมล็ดสีเขียวเจริญเติบโตจนเต็มที่ช่องว่างของฝักปรากฏให้เห็นในข้อใดข้อหนึ่ง 4 ข้อ บนสุดของลำต้นที่มีใบคลี่กางเต็มที่
R7	เริ่มสุกแก่ (beginning maturity)	ฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นที่เริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลหรือ น้ำตาลไหม้ หรือ ดำ
R8	สุกแก่เต็มที่ (full maturity)	95 เปอร์เซ็นต์ของฝักที่เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลไหม้ หรือ ดำ หากเก็บเกี่ยวประมาณ 10 วัน หลังจากนี้โดยที่ไม่มีฝนตกและอุณหภูมิในเวลากลางวันสูงพอสมควร ก็จะสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ได้

ลักษณะทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5

ชื่อพันธุ์	สจ. (SJ 5)
ชื่อสามัญ	Soybean
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Glycine max (L.)*
แหล่งกำเนิด	Thailand

ลักษณะประจำพันธุ์ (characteristic)

ต้น (plant)

-ลักษณะการเติบโต (growth habit)	กึ่งทอดยอด (semi-determinate)

ใบ (leaf)

-จำนวนใบย่อย (number of leaflets)	มีใบย่อย 3-5 ใบ
-รูปร่างใบย่อย (leaflet shape)	ใบกว้าง (L/W น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 = ovate)
-ความหนาแน่นของขนที่ใบ (pubescence)	หนาแน่น (dense)
-สีขน (pubescence color)	น้ำตาล (brown)
-รูปแบบขนที่ใบ (pubescence type)	เอนราบ (appressed)

ดอก (flower)

-สีของกลีบดอก (petal color)	ม่วง (purple)

ฝัก (pod)

-สีของฝักแก่ (mature pod color)	น้ำตาลเข้ม (dark brown)
-จำนวนเมล็ดต่อฝัก (number seed at pod)	ส่วนใหญ่ 2 เมล็ด

เมล็ด (seed)

-สีเปลือกเมล็ด (seed coat color)	เหลือง (yellow)

-สีขั้วเมล็ด (hilum color)	น้ำตาล (brown)
-เยื่อติดขั้วเมล็ด (strophiole at hilum)	ไม่มีเยื่อติดขั้วเมล็ด
-ขนาดเมล็ด (seed size)	เล็ก (13-16 กรัม)

ลักษณะทางการเกษตร (agricultural descriptor)

-อายุถึงวันออกดอก นับจากวันงอกถึงวันที่ดอกแรกบานมากกว่า 50%ของต้นทั้งหมด	ปานกลาง (33-35 วัน)
-อายุเก็บเกี่ยวนับจากวันงอกถึงวันที่ฝักแก่ 95%	ปานกลาง (88-96 วัน)
-ปริมาณน้ำมันในเมล็ดแห้ง (oil content)	ปานกลาง (19.3%)
-ความสูงตอนออกดอก	ประมาณ 53-57 เซนติเมตร
-ความสูงตอนเก็บเกี่ยว	ประมาณ 60-74 เซนติเมตร
-จำนวนข้อตอนออกดอก	ประมาณ 8-10 ข้อ
-จำนวนข้อตอนเก็บเกี่ยว	ประมาณ 11-14 ข้อ
-จำนวนกิ่ง	ประมาณ 2-4 กิ่ง

ลักษณะทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

ชื่อพันธุ์	**เชียงใหม่** 60 (Chiangmai 60)
ชื่อสามัญ	Soybean
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Glycine max (L.)*
แหล่งกำเนิด	Thailand

ลักษณะประจำพันธุ์ (characteristic)

ต้น (plant)

-ลักษณะการเติบโต (growth habit)	กึ่งทอดยอด (semi-determinate)

ใบ (leaf)

-จำนวนใบย่อย (number of leaflets)	มีใบย่อย 3 ใบ
-รูปร่างใบย่อย (leaflet shape)	ใบกว้าง (L/W น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 = ovate)
-ความหนาแน่นของขนที่ใบ (pubescence)	ปานกลาง (normal)
-สีขน (pubescence color)	น้ำตาล (brown)
-รูปแบบขนที่ใบ (pubescence type)	กึ่งตั้งกึ่งเอน (semi-appressed)

ดอก (flower)

-สีของกลีบดอก (petal color)	ขาว (white)

ฝัก (pod)

-สีของฝักแก่ (mature pod color)	น้ำตาลเข้ม (dark brown)
-จำนวนเมล็ดต่อฝัก (number seed at pod)	ส่วนใหญ่ 2 เมล็ด

เมล็ด (seed)

-สีเปลือกเมล็ด (seed coat color)	เหลือง (yellow)

-สีขั้วเมล็ด (hilum color)	น้ำตาล (brown)
-เยื่อติดขั้วเมล็ด (strophiole at hilum)	ไม่มีเยื่อติดขั้วเมล็ด
-ขนาดเมล็ด (seed size)	กลาง (16-20 กรัม)

ลักษณะทางการเกษตร (agricultural descriptor)

-อายุถึงวันออกดอก นับจากวันงอกถึงวันที่ดอกแรกบานมากกว่า 50%ของต้นทั้งหมด	ปานกลาง (32-34 วัน)
-อายุเก็บเกี่ยวนับจากวันงอกถึงวันที่ฝักแก่ 95%	ปานกลาง (89-92 วัน)
-ปริมาณน้ำมันในเมล็ดแห้ง (oil content)	ค่อนข้างสูง (39.1%)
-ความสูงตอนออกดอก	ประมาณ 41-42 เซนติเมตร
-ความสูงตอนเก็บเกี่ยว	ประมาณ 55-67 เซนติเมตร
-จำนวนข้อตอนออกดอก	ประมาณ 7-8 ข้อ
-จำนวนข้อตอนเก็บเกี่ยว	ประมาณ 11-14 ข้อ
-จำนวนกิ่ง	ประมาณ 1 กิ่ง

สภาพเหมาะสมที่ถั่วเหลืองต้องการ

สภาพเหมาะสมที่ถั่วเหลืองต้องการนั้นมีหลายประการ ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 ตารางแสดงสภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลือง

ลำดับที่	รายการ	ความเหมาะสม	ข้อจำกัด
1.	สภาพพื้นที่	- เป็นที่ดอนหรือที่ลุ่มที่มีการระบายน้ำดี - มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 600 เมตร - มีความลาดเอียงของพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 3	- ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง และสภาพแห้งแล้งดังนั้นการปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝน พื้นที่ควรได้รับปริมาณน้ำฝนสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก และพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งควรอยู่ในเขตชลประทาน หรือมีแหล่งน้ำ
2.	ลักษณะดิน	- มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ร่วนเหนียว หรือ ร่วนปนทราย ความหนาแน่นของดินไม่เกิน 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร - มีความสมบูรณ์ปานกลางถึงสูงมีอินทรีย์วัตถุมากกว่าร้อยละ 1.5 - มีความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.5-7.0 - เจริญได้ดีในสภาพดินที่มีความหนาแน่นของดินไม่เกิน 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณ ธาตุอาหารหลักในดินที่เหมาะสมควรมีปริมาณดังนี้ - ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ถั่วเหลืองป็นพืชที่มีต้องการไนโตรเจน	- ดินที่ปลูกถั่วเหลืองมีการระบายน้ำดีเพราะถั่วเหลืองเป็นพืชที่ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังดังนั้นการปลูกถั่วเหลืองควรทำร่องระบายน้ำระหว่างและรอบแปลงปลูก เพื่อสะดวกในการให้น้ำ และระบายน้ำออกจากแปลง - เชื้อไรโซเบียม เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญสร้างปมที่รากของถั่วเหลือ ช่วยจับไนโตรเจนในอากาศมาเปลี่ยนเป็นรูปที่ถั่วเหลืองจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งการทำงานของเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยทางดินเช่น ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

		สูงมากแต่แหล่งที่มาของไนโตรเจนนอกจากดินแล้วยังได้มาจากไรโซเบียมด้วย - ธาตุอาหารโพแทสเซียม (K_2O) มากกว่า 100 ppm ไม่ต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม - ธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P_2O_5) มากกว่า 12 ppm ไม่ต้องใส่ปุ๋ย	ตลอดจน สายพันธุ์ไรโซเบียมว่าเป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพ หรือไม่ ดังนั้นก่อนปลูก ถั่วเหลืองควรคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบี้ยมก่อนปลูก

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปลูกถั่วเหลือง

- สภาพพื้นที่

พื้นที่ที่เหมาะสมควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 600 เมตร หากเป็นพื้นที่ลาดควรมีความลาดเทไม่เกินร้อยละ 3 การเลือกพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งควรเลือกพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำสามารถให้น้ำตลอดฤดูการปลูกการปลูกในฤดูฝนควรเป็นพื้นที่ดอนที่มีฝนตกสม่ำเสมอ มีการระบายน้ำดี ในประเทศไทยกลุ่มชุดดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลืองมาก มีทั้งสิ้น 33 กลุ่มชุดดิน คิดเป็นเนื้อที่ทั้งสิ้น 5.97 แสนไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.86 ของพื้นที่ประเทศ เหมาะสมปานกลาง 149 ชุดดิน คิดเป็นพื้นที่ 18.49 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.77 ของพื้นที่ประเทศ

- ดิน

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลือง ควรมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ร่วนทราย หรือร่วนเหนียวที่มีการระบายน้ำดี มีค่าเป็นกรดด่างของดินประมาณ 5.5 -7.0 ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการ ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน (N) สูง แต่แหล่งที่มาของไนโตรเจนของถั่วเหลืองสามารถได้จากไรโซเบียมซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ปมรากถั่ว โพแทสเซียม (K2O) ฟอสฟอรัส (P2O5) ในดินไม่น้อยกว่า 10 มิลลิกรัม และไม่น้อยกว่า 12 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม และควรมีอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 หากมีปริมาณธาตุโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสน้อยกว่าปริมาณดังกล่าว ควรใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม และควรเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินโดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก เศษซากพืชให้แก่ดิน และไม่ควรเผาเศษซากพืชในการเพาะปลูกพืชแต่ละครั้งเพราะจะทำให้ดินเสื่อมสภาพความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว การที่ดินมีอินทรีย์วัตถุน้อยนอกจากมีผลต่อการเจริญเติบโตแล้วยังมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองด้วย

- **ไรโซเบียม**

เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนสูง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ดินให้เพียงพอกับความต้องการของถั่วเหลืองต้องใช้เป็นปริมาณมาก ดังนั้น การปลูกถั่วเหลืองควรคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ดินที่ไม่เคยปลูกถั่วเหลืองมาก่อนซึ่งเชื้อไรโซเบียม

เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ที่ปมรากถั่วช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้เป็นรูปที่ถั่วเหลืองสามารถนำไปใช้ได้ กรมวิชาการเกษตร

ได้คัดแยกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ผลิตและจำหน่ายให้แก่เกษตรกรซึ่งหาซื้อได้จากสถานี หรือศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตรในแหล่งปลูกถั่วเหลือง หรือกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิต ทางการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2005)

- **แสง**

ถั่วเหลืองเป็นพืชวันสั้นจะออกดอกตามปรกติเมื่อได้รับช่วงแสงน้อยกว่าช่วงวิกฤต (critical day length) นอกจากนี้ช่วงแสงจะมีอิทธิพลต่อถั่วเหลืองก่อนและหลังการออกดอกช่วงวิกฤตของถั่วเหลืองคือ 13 ชั่วโมง สำหรับประเทศไทยช่วงวันยาวที่สุดอยู่ในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย 13 ชั่วโมง และช่วงวันสั้นในเดือนธันวาคม เฉลี่ย 11 ชั่วโมง ซึ่งถือว่ามีช่วงแสงสั้นกว่าช่วงวิกฤติทั้งสิ้น จึงทำให้ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทยสามารถพัฒนาดอก

- **อุณหภูมิ**

มีผลต่อขบวนการสรีระวิทยาของถั่วเหลือง อุณหภูมิที่ต่ำสุด (base temperature) ต่อการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองอยู่ที่ประมาณ 9.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 25 -30 องศาเซลเซียส ดังนั้น การปลูกถั่วเหลืองทางภาคเหนือตอนบนในฤดูแล้งช่วงธันวาคม – มกราคมอาจประสบปัญหาเมล็ดถั่วเหลืองงอกช้า และต้นถั่วเหลืองชะงักการเจริญเติบโตบ้าง

- **น้ำ**

ถั่วเหลืองมีความต้องการน้ำประมาณ 0.5 - 0.8 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน ในช่วงระยะการสะสมน้ำหนักแห้งปริมาณการใช้น้ำของถั่วเหลืองอยู่ที่ 550 - 650 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ผลกระทบจากการขาดน้ำที่มีต่อผลผลิตนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโต

ดังนี้

- ขาดน้ำในช่วงการเจริญทางลำต้นและใบ ผลผลิตลดลงร้อยละ 12

- ขาดน้ำในช่วงเริ่มออกดอก-ออกดอกเต็มที่ ผลผลิตลดลงร้อยละ 24

- ขาดน้ำในช่วงเริ่มติดฝัก ผลผลิตลดลงร้อยละ 35

- ขาดน้ำในช่วงติดฝัก – ฝักแก่ ผลผลิตลดลงร้อยละ 13

- สภาพน้ำท่วมขัง

สภาพน้ำท่วมขังก็มีผลต่อผลผลิตถั่วเหลืองโดยเฉพาะหากเกิดสภาพน้ำท่วมขังในช่วงระยะสะสมน้ำหนักเมล็ด การปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝนควรมีปริมาณน้ำฝนกระจายตัวสม่ำเสมอ ประมาณ 1,000 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี นอกจากนี้คุณภาพของน้ำก็มีความสำคัญน้ำเช่นกัน น้ำที่เหมาะสมควรมีความเป็นกรดด่างระหว่าง 6 - 7

- ช่วงเวลาการปลูก

- ฤดูแล้ง ระยะปลูกที่เหมาะสมควรปลูกในช่วง 2 อาทิตย์สุดท้ายของเดือนธันวาคม และปลูกล่าได้ไม่เกิน 15 มกราคม เพราะการปลูกล่าจะทำให้มีปัญหาการระบาดทำลายของแมลงศัตรูพืชมาก และช่วงเก็บเกี่ยวอาจมีปัญหาได้รับฝนตกกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต

- ฤดูฝน สามารถปลูกได้ในช่วงต้นและปลายฝน แต่ควรปลูกในช่วงปลายฝนเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงฝนตก ระยะปลูกที่เหมาะสมคือระหว่างเดือนกรกฎาคม - ต้นสิงหาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงฝนในแต่ละพื้นที่

ปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในการปลูกถั่วเหลืองให้มีคุณภาพและผลผลิตต่อไร่ที่ดี

ถั่วเหลืองเป็นพืชอายุสั้นที่ต้องการการดูแลเอาใจใส่มากเมื่อเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น โดยเฉพาะปัญหาเรื่องโรคและแมลงศัตรูพืช ดังนั้น แต่ละช่วงของการเจริญเติบโตเกษตรกรดูแลเอาใจใส่อย่างสม่ำเสมอ ดังนี้

1. การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชอายุสั้นไม่ทนแล้งและสภาพน้ำขังแฉะการสังเกตปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลาจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกษตรกรสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ผลผลิตและมีคุณภาพสูงขายได้ราคา

2. การเลือกซื้อเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ ถั่วเหลืองเป็นพืชที่เกษตรกรไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ในสภาพปรกติเพื่อไว้ใช้ปลูกข้ามปี เนื่องจากในเมล็ดมีปริมาณน้ำมันสูงทำให้เมล็ดเสื่อมความงอกได้เร็ว การซื้อหาเมล็ดพันธุ์จึงควรซื้อจากแหล่งที่เชื่อถือได้ และก่อนปลูกควรทดสอบความงอก

3. การดูแลรักษา เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชอายุสั้นในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตเกษตรกร ควรปฏิบัติดูแลตามช่วงที่เหมาะสม เช่น การควบคุมวัชพืช การสำรวจตรวจนับแมลงตลอดจนการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมทุกครั้งที่ปลูก

การตอบสนองของพืชต่อปัจจัยแสง

แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน ฉะนั้น เรื่องของแสงจึงมีรายละเอียดที่น่าสนใจสำหรับพวกเราที่ปลูกผักกันเป็นอาชีพ ไปรู้จักด้วยกัน

1. **ความเข้มของแสง (Light Intensity)** คือปริมาณทั้งหมดที่พืชได้รับ ซึ่งความเข้มของแสงจะแตกต่างกันตามพื้นที่ เวลา ฤดูกาล อิทธิพลของความเข้มของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ความเข้มของแสงที่เหมาะสม โดยที่มีปัจจัยอื่น ๆ เหมาะสมและการหายใจเป็นปกติ ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป อาจแบ่งพืชตามความต้องการความเข้มของแสงออกได้เป็น

- **พืชในร่ม** เป็นพืชที่ต้องการความเข้มของแสงน้อยจึงจะเจริญเติบโตได้ดี พืชพวกนี้มักนิยมปลูกไว้ในร่ม ตามชายคาบ้าน บริเวณข้างหน้าต่าง และไม้ประดับอาคารสถานที่

- **พืชกึ่งร่มกึ่งแจ้ง** เป็นพืชที่ต้องการแสงที่มีการพรางหรือลดความเข้มของแสงลงแล้ว พืชพวกนี้นิยมปลูกในที่ร่มที่มีแสงแดดรำไร

- **พืชกลางแจ้ง** พวกนี้ต้องการความเข้มของแสงสูง มีการเจริญเติบโตได้ดีในที่กลางแจ้ง พวกนี้จะเป็นพืชที่ปลูกอยู่ทั่วไป

หากความเข้มของแสงที่ต่ำเกินไป เมื่อความเข้มของแสงไม่เพียงพอ จะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ และให้ผลผลิตน้อย หรือผลผลิตมีคุณภาพต่ำ กรณีที่แสงมีความเข้มต่ำ อัตราการสังเคราะห์แสงก็จะต่ำ ส่งผลให้มีอาหารน้อยตามไปด้วย เมื่อพืชมีอาหารต่ำอยู่แล้ว การสร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตจะเกิดได้น้อย พืชจะมีการเจริญเติบโตช้า และมีผลผลิตต่ำ หรือผลผลิตมีคุณภาพต่ำ

หากความเข้มของแสงที่สูงเกินไป จะทำให้พืชบางชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง หรือคลอโรฟิลล์มีประสิทธิภาพต่ำลง อุณหภูมิของใบเพิ่มขึ้น และยังเป็นผลให้ระบบน้ำย่อยลดการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งลง ทำให้พืชมีการสะสมน้ำตาลแทนแป้ง ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง

2.คุณภาพของแสง (Light quality) หมายถึง ความยาวของคลื่นแสง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

คลื่นแสงที่มองไม่เห็น (Invisible light) ได้แก่ แสงเหนือม่วง (Ultra Violet, UV) ซึ่งเป็นตัวการในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และแสง Infra Red ซึ่งจะทำให้ปล้องของพืชยืดยาวออก

คลื่นแสงที่มองเห็น (Visible light) มีหลายความยาวคลื่น โดยแต่ละช่วงความยาวคลื่นจะมีสีต่างกัน แสงในกลุ่มนี้จะมีผลต่อพืช คือ

- แสงสีม่วงและสีน้ำเงิน เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชต่อแสงที่เรียกว่า Phototropism
- แสงสีเขียว ระงับการเจริญเติบโตของพืช
- แสงสีเหลืองและสีส้ม เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด
- แสงสีแดง ส่งเสริมการงอกของเมล็ด
- แสงสีไกลแดง (Far Red) ยับยั้งการงอกของเมล็ด

3. ช่วงแสง หมายถึง ระยะเวลานานของแสงในแต่ละวัน ซึ่งช่วงแสงในแต่ละวันจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาลและท้องถิ่น โดยทั่วไปช่วงแสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้น และการเจริญเติบโตด้านสืบพันธุ์ การตอบสนองของพืชต่อช่วงแสงแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. พืชวันสั้น เป็นพืชผักที่มีความต้องการช่วงแสงในวันหนึ่งๆสั้นกว่าช่วงวันวิกฤติจึงจะออกดอก โดยช่วงวันวิกฤตนี้จะมีค่าแตกต่างกันไปในพืชแต่ ละชนิดซึ่งพืชส่วนใหญ่จะมีช่วงวัน

วิกฤติ 12-14 ชั่วโมง พืชวันสั้น ได้แก่ กะหล่ำปม กะหล่ำดอก กะหล่ำดาว ผักกาดหอม เป็นต้น ดังนั้น ผักสลัดซึ่งจัดอยู่ในตระกูลกะหล่ำจึงจัดเป็นพืชวันสั้นเช่นกัน

2. พืชวันยาว เป็นพืชผักที่ต้องการช่วงแสงในวันหนึ่งๆยาวกว่าช่วงวันวิกฤติ ได้แก่ ผักโขม เป็นต้น

3.พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง เป็นพืชผักที่สามารถเจริญได้ดีไม่ว่าจะมีช่วงแสงสั้นหรือยาว ได้แก่ มะเขือเทศ ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น (เสาวิณี นาครศรี, 2013)

โฟโตเพอริโอดิซึม (Photoperiodism)หรือการตอบสนองต่อช่วงแสง เป็นปฏิกิริยาทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตในการตอบสนองต่อความยาวของกลางวันหรือกลางคืน เกิดขึ้นทั้งในพืชและสัตว์ พืชมีดอกส่วนใหญ่จะมีโปรตีนรับแสง (photoreceptor protein) เช่นไฟโตโครม เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเกี่ยวกับความยาวของกลางคืน หรือช่วงที่มีแสงเพื่อสร้างสัญญาณสำหรับการออกดอก พืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงอย่างแน่นอนจะต้องการกลางคืนที่ยาวหรือสั้นก่อนออกดอก ในขณะที่พืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงไม่ชัดเจนจะออกดอกในช่วงที่มีแสงเหมาะสม โดยการออกดอกจะขึ้นกับระยะเวลาของกลางคืน พืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงจะแบ่งเป็นพืชวันยาวกับพืชวันสั้น ขึ้นกับกลไกที่ถูกควบคุมด้วยจำนวนชั่วโมงตอนกลางคืนไม่ใช่ความยาวของช่วงกลางวัน โดยแสงทำให้ไฟโตโครมอยู่ในรูปที่ทำงานได้ กลายเป็นนาฬิกาชีวภาพสำหรับวัดเวลากลางวันหรือกลางคืน นอกจากการออกดอก การตอบสนองต่อช่วงแสงยังขึ้นกับการเจริญของยอดหรือรากในแต่ละฤดู หรือการร่วงของใบ (เสาวิณี นาครศรี, 2013)

การตอบสนองของพืชต่ออุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น เมื่อพืชเจริญอยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเหมาะสม ทำให้มีเมแทบอลีซึมต่างๆเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าพืชได้รับอุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงเกินไปซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เรียกภาวะที่เกิดขึ้นกับพืชนี้ว่า ภาวะเครียดจากอุณหภูมิ (temperature stress) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิยังมีผลตอการเจริญในระยะต่างๆของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิมีผลต่อการออกดอกของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิมีผลต่อการออกดอกของพืช ในพืชบางชนิดในช่วงการเจริญเติบโตต้องได้รับอุณหภูมิต่ำก่อนนจึงจะมีการออกดอก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เวอร์นาไลเซชั่น (vernalization

พืชที่เจริญครบวงชีพโดยใช้เวลา 2 ปี (biennial plants) เช่น ข้าวไรย์บางพันธุ์มีการเจริญเติบโตทางวัฒนภาค (vegetative growth) ก่อนในปีแรก และผ่านฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่การ

เจริญเติบโตในปีที่สองจึงมีการออกดอก พืชบางชนิด เช่น พืชตระกูลกะหล่ำ เมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ ยอดจะมีการยืดยาวขึ้นที่เรียกว่า 'โบลทิง' หลังจากการนั้นก็จะออกดอก อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินสามารถใช้แทนอุณหภูมิต่ำได้ในพืชบางชนิด โดยพบว่าเมื่อพ่น จิบเบอเรลลิน ให้กับพืชตระกูลกะหล่ำ ยอดของพืชก็เจริญยืดยาวขึ้นและสามารถออกดอกได้หรือต้นทิวลิปซึ่งเป็นพืช เขตหนาว เมื่อนำมาปลูกในประเทศที่มีอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น ประเทศ ไทย จึงไม่ออกดอก แต่ถ้านำหัวของทิวลิปไปให้ได้รับอุณหภูมิต่ำก่อน เช่น นำไปแช่ตู้เย็นแล้วนำมา ปลูกในสภาพปกติก็สามารถออกดอกได้ หรือจากงานทดลองของ Rawson et al., (1998) ที่ได้แสดง ให้เห็นว่าอุณหภูมิต่ำมีผลต่อการออกดอกของพืชบางชนิด โดยได้ทำการทดลองปลูกข้าวสาลีพันธุ์ Osprey ให้ได้รับอุณหภูมิต่างๆ (0-19 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0-10 สัปดาห์ก่อนนำมาปลูกที่ อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส พบว่า ต้นที่ได้รับอุณหภูมิต่ำมาก่อนนั้น มีจำนวนดอกย่อยมากกว่าต้นที่ ปลูกในที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2007)

ความเครียดที่เกิดจากแสง (light stress)

พืชจะสามารถดึงพลังงานแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) แต่ พลังงานแสงที่มากเกินไปก็สามารถทำอันตรายต่อพืชได้เช่นกัน เช่น เกิดการเสียสภาพของไทลาคอยด์ (thylakoid) ในคลอโรพลาสต์ เกิดการสลายของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แม้แต่พืชที่ชอบขึ้นในที่ โล่งแจ้งหรือการแสงในปริมาณที่มาก ก็ยังเกิดอันตรายจากแสงที่มากเกินไปได้เช่นกัน หากเกิดความ ผิดปกติใดๆ ขึ้นกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในกลไกของวัฏจักรคัลวิน (calvin cycle) รังสีอุลตรา ไวโอเลตในแสงอาทิตย์ยังสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ต่างๆ และโปรโตพลาสซึม (protoplasm)ได้ รวมทั้งทำให้เกิดความผิดปกติกับโมเลกุลของโปรตีนและกรด นิวคลีอิกภายในเซลล์ได้อีกด้วย(ชุมพล คุณวาสี, 2008)

พืชอาจมีการปรับตัวเพื่อลดภาวะเครียดที่เกิดจากแสงที่มากเกินไปได้หลายวิธี เช่น การปรับ มุมของใบให้ตั้งมากขึ้น เพื่อรับแสงให้น้อยลง มีการสร้างขนปกคลุมส่วนต่างๆ เช่น ใบหรือปลายยอดที่ หนาแน่นซึ่งจะช่วยสะท้อนแสงออกไปได้มากขึ้น หรือผลิตสารสี (pigment) พวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin)มากขึ้น ซึ่งจะช่วยกรองแสงที่จะเข้าไปสู่เซลล์ในชั้นมีโซฟิลล์ (mesophyll) ได้ในระดับ หนึ่ง หรือที่เนื้อเยื่อผิว (epidermis) อาจมีการสร้างชั้นคิวติเคิล (cuticle) หนาขึ้น ซึ่งจะช่วยกรองแสง โดยเฉพาะรังสีอุลตราไวโอเลตได้มากขึ้น นอกจากนั้นยังอาจมีการสร้างหรือผลิตสารสีในกลุ่มแคโรที นอยด์ (carotenoid) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการเมตาบอลิซึมบางอย่างของสารในกลุ่มแคโรที

นอยด์สามารถลดพลังงานส่วนเกินที่เกิดจากพลังงานแสงที่พืชได้รับมากเกินไปได้ ซึ่งเป็นการลดอันตรายที่อาจเกิดกับเซลล์ได้ (ชุมพล คุณวาสี, 2008)

ความเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิ (temperature stress)

อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมากเกินปกติ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อพลังงานอิสระของโมเลกุลของสารต่างๆ พลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างพันธะของโมเลกุล รวมไปถึงลักษณะโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ และความต้องการพลังงานที่จะนำไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ย่อมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย พืชแต่ละชนิดจะมีระดับความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แม้แต่ในพืชต้นเดียวกันอวัยวะแต่ละส่วนก็จะมีความไว หรือความทนทานต่ออุณหภูมิได้ไม่เท่ากัน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหากเกิดอย่างค่อยเป็นค่อยไป พืชอาจมีกลไกที่สามารถปรับให้เซลล์หรือโครงสร้างหรืออวัยวะต่างๆ อยู่ในภาวะสมดุลหรือไม่เกิดอันตราย แต่หากการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันหรือเกิดขึ้นมากในระดับที่เกินกว่าที่พืชจะสามารถรักษาสมดุลเอาไว้ได้ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์จะค่อยๆเสียหายหรือถูกทำลายไป จนกระทั่งเซลล์ตายไปในที่สุด (ชุมพล คุณวาสี, 2551)

พื้นที่ในเขตร้อน (tropic) ของโลก อุณหภูมิที่สูงขึ้นนอกจากจะเกิดจากแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับแล้ว ยังอาจเกิดจากกระแสลมร้อน (hot air current) ที่พัดผ่านมาไฟป่า รวมไปถึงพลังงานความร้อนจากใต้พิภพ เช่น ภูเขาไฟ อุณหภูมิที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อยอาจมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบการสืบพันธุ์ของพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าว มะเขือเทศ มีการศึกษาพบว่าหากพืชได้รับความร้อนหรืออุณหภูมิที่สูงมาก ในช่วงระยะที่พืชเริ่มสร้างดอกหรือกำลังติดผล มักจะส่งผลให้ละอองเรณู (pollen) เป็นหมัน หรือมีผลผลิตที่ต่ำลงตามลำดับ (ชุมพล คุณวาสี, 2008)

ระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างของโปรตีน และเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ในคลอโรพลาสต์ เป็นโครงสร้างที่ไวต่อภาวะเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิสูงมาก มักจะเสียสภาพไปส่งผลทำให้เกิดภาวะที่อุณหภูมิสูงผิดปกติ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบแสงที่ 2 (photosystem II) ในปฏิกิริยาแสง (light reaction) จะหยุดทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรคัลวินเสียสมดุล และหากสภาวะเครียดนี้ดำเนินต่อไปเรื่อยๆสุดท้ายก็อาจส่งผลไปถึงการหยุดทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) และโปรตีนรวมทั้งการสลายของเยื่อหุ้มเซลล์ และ เยื่อหุ้มออแกเนลล์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโตคอนเดรีย ซึ่งจะทำให้การหายใจระดับเซลล์หยุด และเซลล์จะตายในที่สุด (ชุมพล คุณวาสี, 2551)

การรับแสงของพืชเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง

การรับแสงของพืชเกิดขึ้นโดยอาศัยตัวรับแสง (light receptors) โดยทั่วไปพืชมีตัวรับแสงหลายชนิด เนื่องจากพืชมีการรับคลื่นแสงชนิดต่างๆ และนำไปใช้ในกิจกรรมต่างกัน การรับแสงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญสำหรับพืช เนื่องจากเป็นกระบวนการสร้างอาหารให้กับตัวเองโดยตรง และยังเป็นกระบวนการสร้างอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆโดยอ้อม

พืชใช้รงควัตถุในการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic pigment) เป็นตัวรับแสงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการนี้ เราเรียกโมเลกุลที่มีสมบัติในการดูดกลืนแสงว่า รงควัตถุ (pigment) รงควัตถุต่างชนิดกันจะสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างกัน แสงในช่วงความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนจะหายไปไม่เคลื่อนที่มาสู่ตา สีของวัตถุที่ตามองเห็นนั้นมาจากคลื่นแสงที่วัตถุสะท้อนหรือยอมให้แสงส่องผ่านมายังตา หากวัตถุใดดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นได้ทุกความยาวคลื่น เราจะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ ใบได้ที่เห็นเป็นสีเขียวเนื่องจากคลื่นแสงสีเขียวเป็นคลื่นแสงที่สะท้อนจากใบมาสู่ตาเราด้วยความเข้มสูงกว่าแสงในความยาวคลื่นอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากใบพืชดูดกลืนแสงสีเขียวน้อยที่สุด (ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 2008)

รงควัตถุที่ใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงในพืช แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของโครงสร้าง ได้แก่

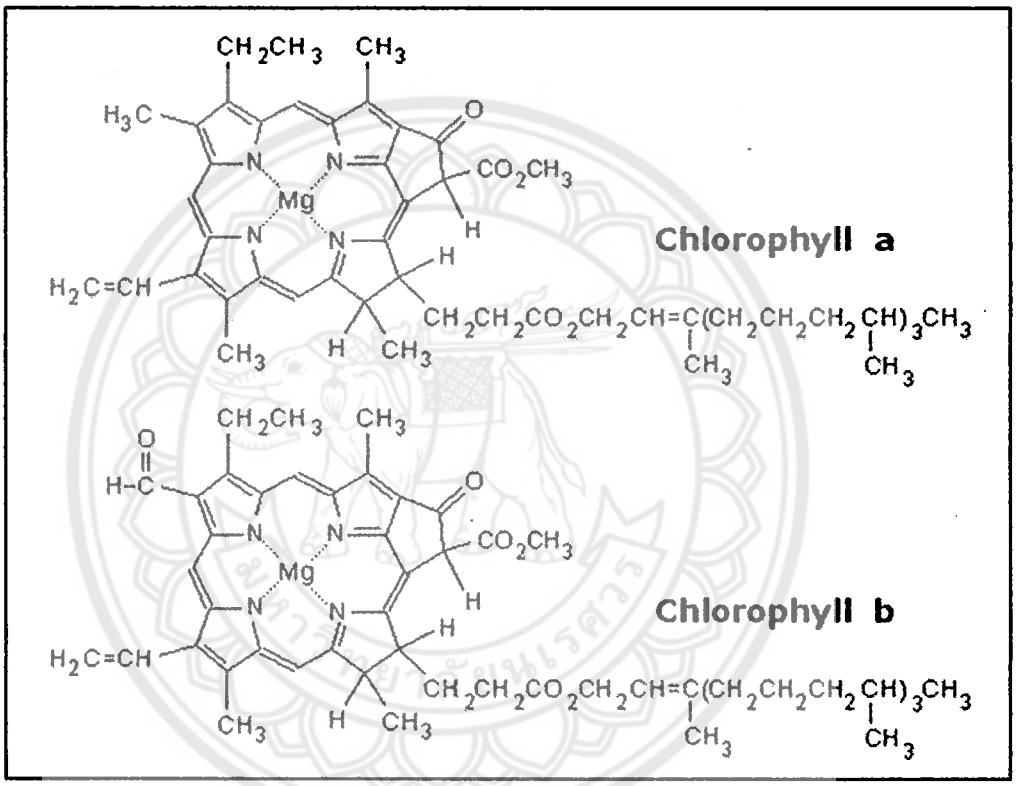
1.คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

2.ไฟโคบิลิน (Phycobilin) หรือ บิลิน (Bilin)

3.แคโรทีนอยด์ (Carotenoid)

1.คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

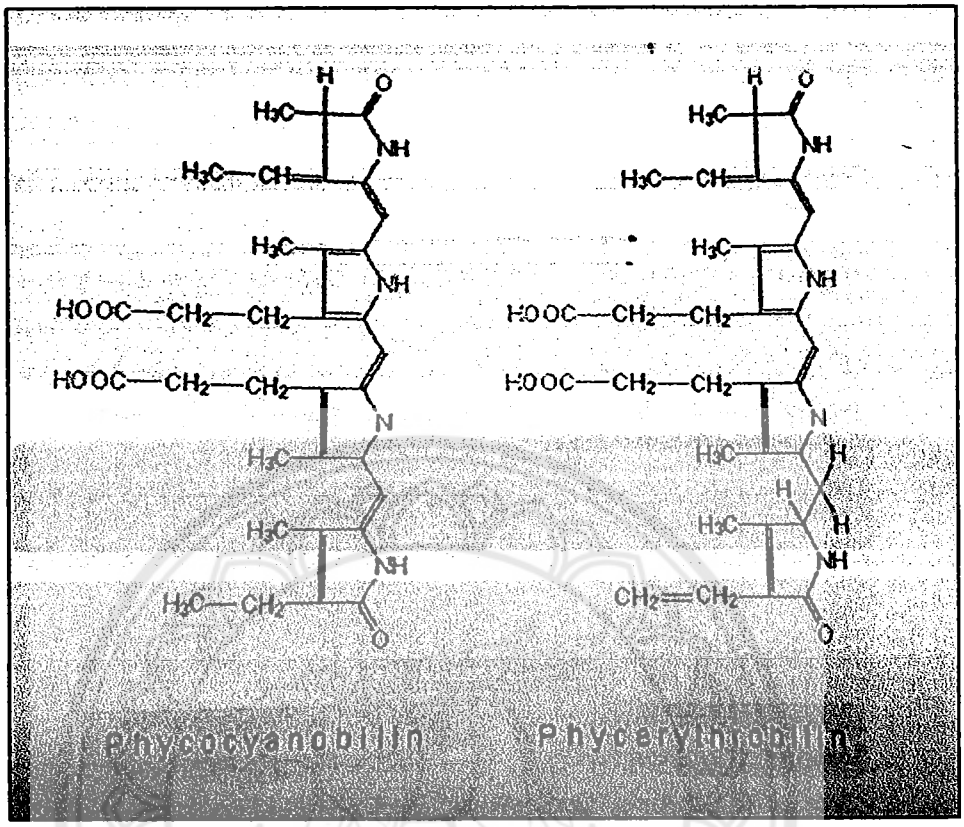
เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในสิ่งชีวิตที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสง โครงสร้างประกอบไปด้วยส่วนที่เป็น porphyrin – like structure ซึ่งมี Mg^{2+} อยู่ส่วนกลางของโครงสร้างและส่วนที่เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนที่เป็น hydrophobic region ซึ่งฝังตัวอยู่ใน thylakoid membrane ในคลอโรพลาสต์ (ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 2008) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์เอ และ คลอโรฟิลล์บี (ที่มา : ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

2.ไฟโคบิลิน (Phycobilin) หรือ บิลิน (Bilin)

เป็นรงควัตถุที่เป็น accessory light – harvesting pigment ที่พบใน cyanobacteria และสาหร่ายสีแดง มีโครงสร้างเป็น open – chain tetrapyrroles phycobilins ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง แสงที่ทราบกันก็มี 3 ชนิด คือ phycoerythin (หรือ phycoerythrobilin) phycoeyanin (หรือ phycoeyanobilin) และ allophycoeyanin (allophycoeyanobilin) ซึ่งทั้งสามชนิดนี้จะไม่พบในพืชชั้นสูง แต่พบเฉพาะใน cyanobacteria และสาหร่ายสีแดงเท่านั้น (ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 2008) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของไฟโคบิลิน (ที่มา : กนกวรรณ เสรีภาพ, 2008)

3.แคโรทีนอยด์ (Carotenoid)

เป็นกลุ่มรงควัตถุที่มีสีเหลือง-ส้ม พบทั่วไปในสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ มีหน้าที่ในการช่วยพลังงานแสง accessory light – harvesting pigment เพื่อการสังเคราะห์แสง และ ทำหน้าที่ในการป้องกันอันตรายจากแสง (photoprotective agents)

โครงสร้างหลักของรงควัตถุกลุ่มนี้ คือ การเป็นสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 40 อะตอม ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย แคโรทีน (carotene) และ แซนโทฟิลล์ (xanthophyll)

แคโรทีนเป็นรงควัตถุที่มีสีส้ม หรือส้ม-แดง เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน ส่วนแซนโทฟิลล์มีสีเหลืองหรือสีส้ม-เหลือง ซึ่งนอกจากประกอบด้วยสายยาวของไฮโดรคาร์บอนแล้ว ยังมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอีกด้วย ซึ่งแซนโทฟิลล์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับระดับ oxidation ของโมเลกุล (ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 2008)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการตามขอบเขตงานวิจัยทั้งการใช้พื้นที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ วิธีการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 สถานที่ศึกษาวิจัย

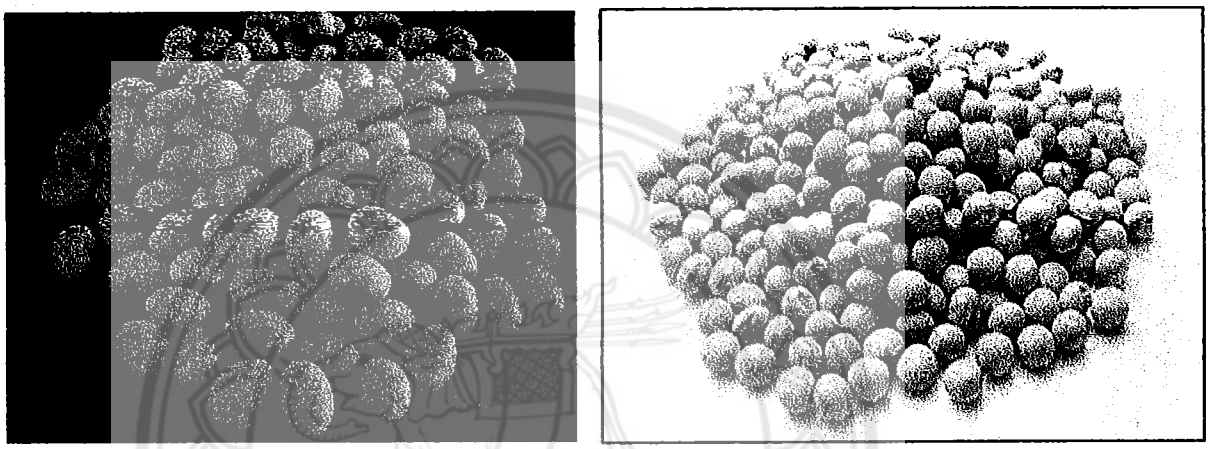
3.1.1 การวิจัยนี้ใช้พื้นที่ศึกษาภาคสนาม ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ตั้งอยู่ที่ละติจูด 16 องศาเหนือ 44.003 ลิปดา และลองติจูด 100 องศาตะวันออก 11.810 ลิปดา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 48 เมตร (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 ภาพแสดงพื้นที่ปลูกจริง ภายในแปลงเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ ม.นเรศวร

3.1.2 ห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ได้ดำเนินงาน ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

3.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้พืชไร่ ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) เนื่องจากถั่วเหลืองนั้นเป็นพืชที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และยังเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย และกำหนดเลือกเพื่อการวิจัยจำนวน 2 สายพันธุ์ 2 สายพันธุ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดในปัจจุบัน ได้แก่ พันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ภาพแสดงพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

a. ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5
b. ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

3.3 การวางแผนการทดลอง

3.3.1 ใช้วิธี RCBD 3 ซ้ำ 9 ตู้ทดลอง ทำการทดลองแบบเปิด ตู้ทดลองมีพลาสติกหุ้มทั้ง 4 ด้าน มีหลังคา ขนาดตู้ 1.5 x 3 x 2.5 เมตร

3.3.2 การศึกษาทำการควบคุมอุณหภูมิด้วยกัน ทั้งหมด 3 ระดับอุณหภูมิใน 3 สิ่งทดลอง (3 ซ้ำ)ซึ่งจะมีการควบคุมระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ โดยมี 3 สิ่งทดลอง (3ซ้ำ) และกำหนดให้ถั่วเหลืองมีการสัมผัสกับอุณหภูมิที่กำหนดเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. เริ่มปลูกถั่วเหลืองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2558 – เดือนตุลาคม 2558 และทำการเก็บตัวอย่างในช่วงระยะเวลาการปลูกดังกล่าว เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองแต่ละช่วงอายุในห้องปฏิบัติการต่อไป

3.3.3 การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลอง

การสร้างสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบในตู้ทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1.5 x 1.5 สูง 2 เมตร หุ้มโครงด้วยพลาสติกใส มีหลัง และควบคุมระดับอุณหภูมิด้วยระบบอิเลคโทรนิค และออกแบบการทดลองโดยวิธี Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

1.) การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลองจะใช้ระบบควบคุมด้วยอิเลคโทรนิคโดยใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวกำหนดซึ่งแยกการทำงานเพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิ 3 รูปแบบ คือ

1.1) ระบบการทำงานตู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก โดยการเปิดเครื่องปรับอากาศ ปรับระดับอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อละอุณหภูมิในตู้ทดลอง ดังภาพที่ 3.3 a

1.2) ระบบการทำงานตู้ควบคุมอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก โดยใช้หลอดไฟสีเขียว เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้แต่จะไม่เพิ่มการสังเคราะห์แสงให้กับพืช ดังภาพที่ 3.3 b

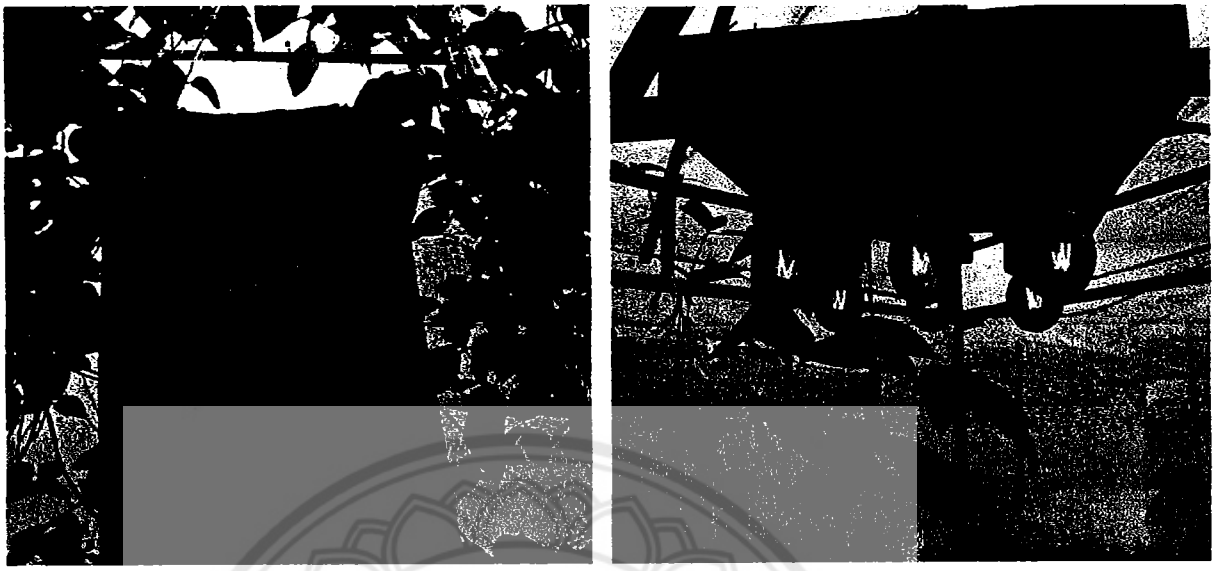
1.3) ระบบการทำงานตู้อุณหภูมิปกติ โดยจะเปิดประตูของตู้ทดลองเพื่อให้อากาศภายนอกได้เข้าไปสัมผัสกับอากาศภายในตู้ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในตู้ใกล้เคียงกับภายนอก

2.) การออกแบบการทดลอง ใช้วิธี Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3ซ้ำ ซึ่งระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแต่ละตู้ทดลองตามวิธีการที่ได้อธิบายในหัวข้อ 1.2 เป็นตัวกำหนดสิ่งทดลอง ดังนี้

- สิ่งทดลอง LT (Low Air Temperature) คือ ตู้ที่ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการปลูก จำนวน 3 ตู้ทดลอง (3 ซ้ำ) ดังภาพที่ 12a

- สิ่งทดลอง HT (Higher Air Temperature) คือตู้ที่ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างการปลูก จำนวน 3 ตู้ทดลอง (3 ซ้ำ) ดังภาพที่ 12b

-สิ่งทดลอง CT (Control Air Temperature) คือตู้ที่ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลองระหว่างการปลูก จำนวน 3 ตู้ทดลอง (3 ซ้ำ)



ภาพที่ 12 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในตู้ทดลอง

a. เครื่องปรับอากาศ ใช้ควบคุมตู้อุณหภูมิต่ำ
b. หลอดไฟสีเขียว ใช้ควบคุมตู้อุณหภูมิสูง

3.3.4 ระยะในการเก็บข้อมูล

1.) ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น

1.1) ระยะ V3 ระยะที่ต้นถั่วเหลืองมี3ข้อ และ มีใบจริง2ใบคลี่กางเต็มที่

2.) ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์

2.1) ระยะ R1 ระยะเริ่มออกดอก นับตั้งแต่ดอกแรกที่ออก

2.2) ระยะ R5 ระยะที่มีเมล็ดยาวขนาด3mm. ข้อใดข้อหนึ่งจาก4ข้อบนสุด

2.3) ระยะ R8 ระยะที่ 95%ของฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำ

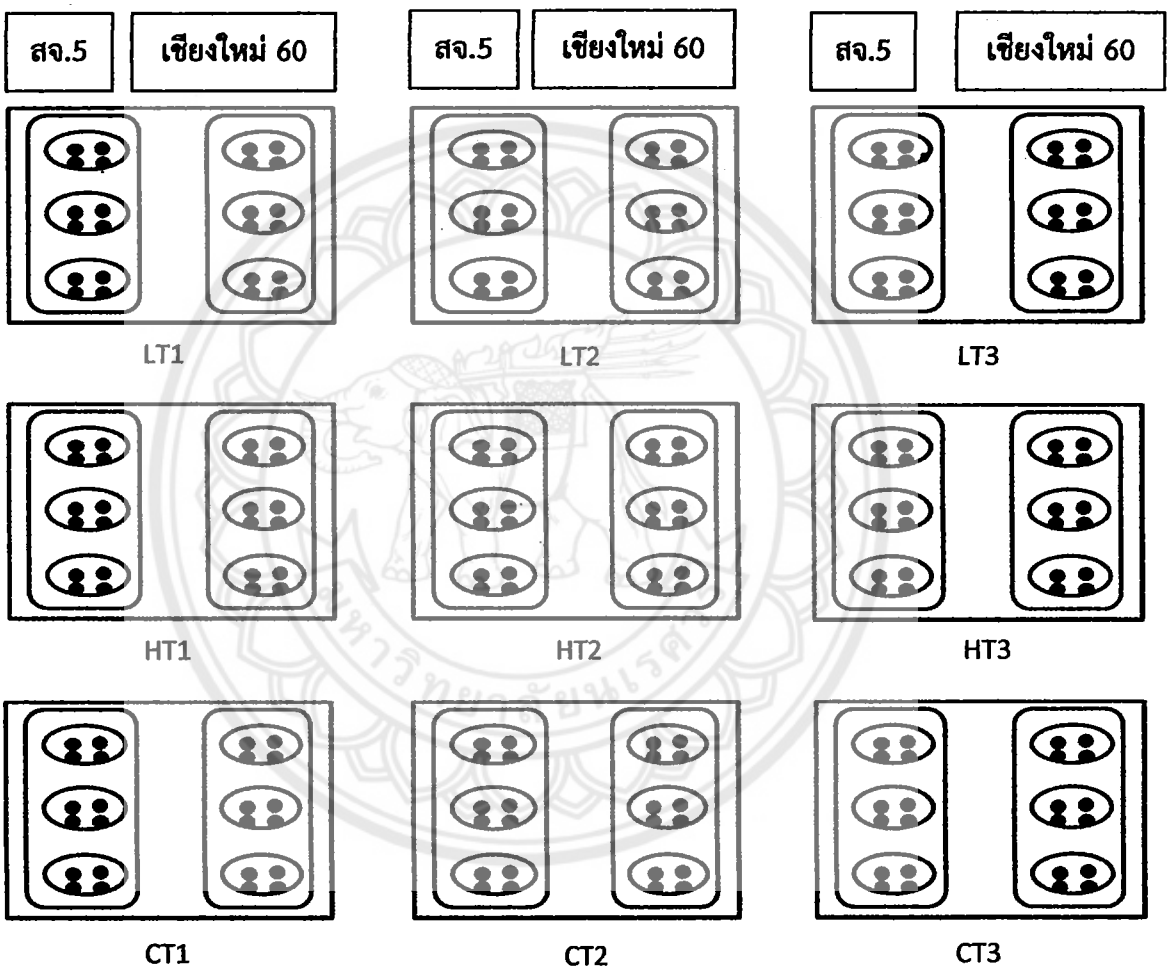
3.4 การจัดการในการปลูกถั่วเหลือง

3.4.1 การเตรียมดินในการปลูก

เนื่องจากว่าสภาพดินที่ใช้ปลูกเป็นสภาพธรรมชาติ จึงมีการปรับสภาพดินโดยการใช้ปุ๋ยเคมีน้ำหนักประมาณ 0.100 กรัม/หลุม และดินอินทรีย์ในการปรับสภาพดินทุกแปลง เพื่อให้ดินมีลักษณะใกล้เคียงกัน อีกทั้งดินเดิมมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทรายที่แห้งและแข็ง จึงต้องมีการรดน้ำและพรวนดินก่อนการปลูกประมาณ 3-4 สัปดาห์ก่อนปลูก เพื่อให้ดินมีสภาพเหมาะแก่การเพาะปลูกต่อไป

3.4.2 การปลูกถั่วเหลือง

นำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มาทำการสุ่มตัวอย่าง โดยการเลือกอย่างอิสระ จำนวน 108 เมล็ด ทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ จากนั้นแบ่งกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 เมล็ด/1หลุม ทั้งหมด 27 กลุ่ม เนื่องจากใน 1 ตู้ทดลองมี 2 แปลง ต่อตู้ทดลอง ใน 1 แปลงมี 3 หลุม / 1 ชนิดพันธุ์ แปลงปลูกมีขนาด 40 x 20 cm. ทั้งหมด 9 ตู้ทดลอง จึงสามารถแบ่งปลูกถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ภาพแสดงการปลูกถั่วเหลืองในตู้ทดลองระดับอุณหภูมิต่างๆ

หมายเหตุ CT = ตู้ควบคุมอุณหภูมิใกล้เคียงกับภายน นอก

HT = ตู้ควบคุมอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก LT = ตู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก

3.4.3 การดูแลในระหว่างการปลูก

1.) การรดน้ำ จะรดน้ำในเวลา 17.00 น.ของทุกวัน รดน้ำ 1 บัวรดน้ำ / 1 แปลง (1 ชนิดพันธุ์) ดังนั้นใน 1 ตู้ จะรดน้ำทั้งหมก 2 บัวรดน้ำ

2.) การถอนวัชพืช ถอนเมื่อเกิดวัชพืชขึ้นในบริเวณแปลง ตลอดระยะเวลาการศึกษา

3.) การพรวนดิน พรวน 2-3 ครั้ง ในช่วงระยะเวลาการศึกษา

3.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่าง เพื่อตรวจวัดผลกระทบจากอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุ จะเก็บในระยะ 2 ระยะ

1.) ช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative Stage) ได้แก่ ระยะ V3

2.) ช่วงระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (Reproductive Stage) ได้แก่ ระยะ R1, R5 และ R8

3.5.1 การสกัดรงควัตถุในตัวอย่างใบสด มีวิธีการปฏิบัติ ภายใต้เงื่อนไขปัจจัยสภาวะแวดล้อม 3 ลักษณะ ดังนี้

- สภาวะปัจจัยอุณหภูมิต่ำกว่าระดับปกติ (LT)
- สภาวะปัจจัยอุณหภูมิสูงกว่าระดับปกติ (HT)
- สภาวะปัจจัยอุณหภูมิเทียบเท่าระดับปกติ (CT)

1.)วิธีปฏิบัติการเตรียมตัวอย่างใบสด

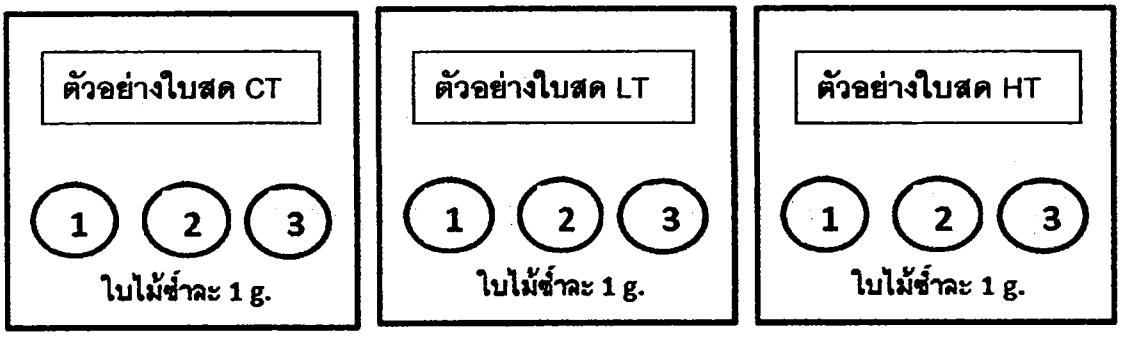
1.1) ใบไม้ในแต่ละกลุ่ม ให้เลือกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย (3 ซ้ำ) ซึ่งเมื่อแบ่งแล้วจะได้กลุ่มย่อยจาก 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 9 กลุ่ม

1.2 เช็ดใบไม้ให้แห้งสนิทและปราศจากเศษดิน

1.3 ตัดใบไม้เป็นชิ้นลำๆ เพื่อความสะดวกในขั้นตอนการบด

1.4 ชั่งตัวอย่างใบสดของแต่ลำซ้ำ ให้ได้น้ำหนัก 1 กรัม/ซ้ำ (ดังภาพที่ 14)

1.5 นำใบไม้จากข้อ 4 บดในโกร่งบดให้ใบพืชละเอียด



ภาพที่ 14 ภาพแสดงตัวอย่างใบสด แบ่งตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.)การเตรียมการสกัด Chlorophyll และ Carotenoid ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

2.1) เตรียม acetone 80 % (acetone : น้ำกลั่น) ปริมาตร 100 ml./ การสกัด 1 ซ้ำ โดยการเท acetone 80 ml. ลงในน้ำกลั่น 20 ml. (ถ้าต้องการปริมาตร = 100 ml.)

2.2) เท acetone 80 % ที่เตรียมไว้ลงในโกร่งบด (จากข้อ 5 ด้านบน) ในครั้งแรกเทประมาณ 20 ml. เพื่อสกัดรงควัตถุของใบตัวอย่าง เมื่อสังเกตว่าบดใบจนละเอียดแล้ว จึงค่อยๆเท acetone 80% เพิ่งลงไปในโกร่งบดอีกประมาณ 20 ml. และบดซ้ำอีกครั้ง

2.3) จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากข้อที่ 2 ผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่เตรียมไว้ในกรวยกรองที่เซตไว้ใน Bucher funnel ซึ่งรองรับด้วยขวดรูปชมพู่สำหรับกรองความดัน (Suction flask) เพื่อทำการกรองสุญญากาศ (Suction filtration) เพื่อทำการกรองตะกอนออก โดยค่อยๆเติม acetone 80% ที่เหลือประมาณ 30 ml. จนไม่มีสีเขียวบนกระดาษกรอง (ขั้นตอนนี้ต้องระวังการใช้ acetone 80% ต้องไม่มีมีปริมาตรเกิน 100 ml. ในขวด suction flask)

2.4) เตรียม flask ขนาด 100 ml. เพื่อปรับปริมาตรสารละลายรงควัตถุให้ได้ 100 ml.

2.5) 4.1 เทสารละลาที่เตรียมได้จากข้อ 3 เทลงในขวด flask ขนาด 100 ml.

2.6) 4.2 จากนั้นรินสารละลาย acetone 80% ที่เหลือเติมลงไปในflaskให้ได้ปริมาตร 100 ml.

2.7) เก็บตัวอย่างรงควัตถุที่สกัดได้ จากข้อ 4 ใส่ลงในขวดยาขาวทึบ ขนาด 60 cc. ติดฉลากและเลเบลชื่อตัวอย่างให้เรียบร้อย

2.8) เทสารละลาย acetone 80 % ที่เหลือ เก็บใส่ขวดยาแยกไว้ต่างหาก ติดฉลากให้เรียบร้อยเพื่อทำเป็นสารละลาย blank

3.) การวัดค่ารงควัตถุ

นำสารละลายที่สกัดรงควัตถุจากขั้นตอนเบื้องต้น และสารละลาย blank มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 3 ความยาวคลื่น ได้แก่ 663 นาโนเมตร, 645 นาโนเมตร และ 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer เปรียบเทียบกับสารละลาย blank ซึ่งใช้แค่ acetone 80% ทำการวัดซ้ำละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแต่ละตัวอย่าง

4.) การคำนวณปริมาณรงควัตถุ

เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงเบื้องต้นแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาปริมาณรงควัตถุต่างๆ คือ ปริมาณ Chlorophyll A, ปริมาณ Chlorophyll B, ปริมาณ Carotenoid และ ปริมาณ Total Chlorophyll ตามสูตรของ Lichtenthaler and Wellbern (1983) ดังต่อไปนี้

Total Chlorophyll = 17.32 (A645) + 7.78(A663)

Chlorophyll A = 12.81(A663) – 2.81(A645)

Chlorophyll B = 20.13(A645) – 5.03(A663)

Carotenoids = (1000(A470) – 3.27(Chl.A) – 104(Chl.B)) / 229

เมื่อ : A663 = absorbance at 663 nm.

A645 = absorbance at 645 nm.

A470 = absorbance at 470 nm.

Chl.A = concentration of chlorophyll A (mg/g of fresh leaf)

Chl.B = concentration of chlorophyll B (mg/g of fresh leaf)

Carotenoids = concentration of Carotenoids (mg/g of fresh leaf)

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดผลจากห้องปฏิบัติการ มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง โดยเลือกการวิเคราะห์แบบ F-test และเลือกการวิเคราะห์ปัจจัยเดี่ยวแบบ One Way ANOVA (ความเชื่อมั่น 95%)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

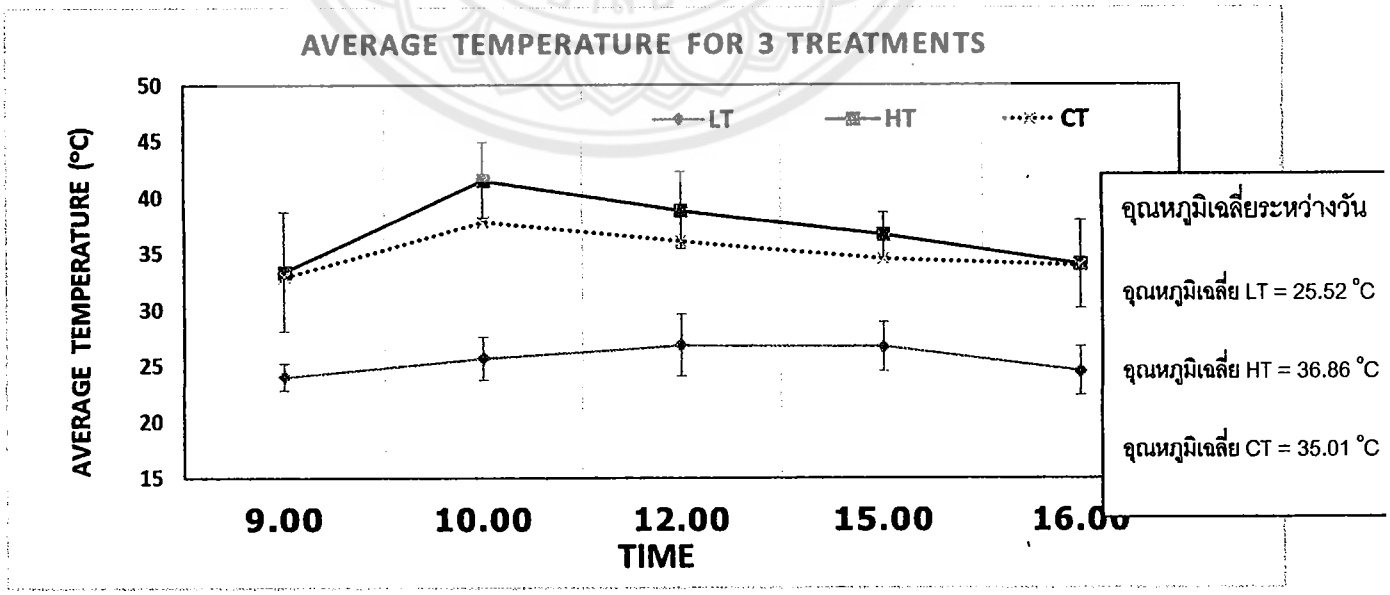
การศึกษาวิจัยเรื่องผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางผลผลิต ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านกายภาพในบรรยากาศ
    1.1 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง
    1.2 ระดับค่า CO_2 เฉลี่ยในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง
2. แสดงผลตามระยะการเจริญเติบโตที่ทำการตรวจวัดปริมาณรงควัตถุเปรียบเทียบกัน 2 ชนิดพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ สจ. 5 และพันธุ์ เชียงใหม่ 60
    3.1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative Stage)
        3.1.1 ระยะ V3
    3.2 ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (Reductive Stage)
        3.2.1 ระยะ R1
        3.2.2. ระยะ R5
        3.2.3 ระยะ R8
3. ปริมาณรงควัตถุที่ตรวจวัดได้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกัน 2 ชนิดพันธุ์ แสดงผลร่วมกับระยะการเจริญเติบโต(ข้อที่ 2) ทั้งหมด 4 ชนิด ดังนี้
    2.1 Chlorophyll A
    2.2 Chlorophyll B
    2.3 Carotenoid
    2.4 Total chlorophyll

1. **ผลการศึกษาปัจจัยด้านกายภาพในบรรยากาศใน 3 สิ่งทดลอง ได้ผลการศึกษา ดังนี้**

1.1 ระดับอุณหภูมิในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง

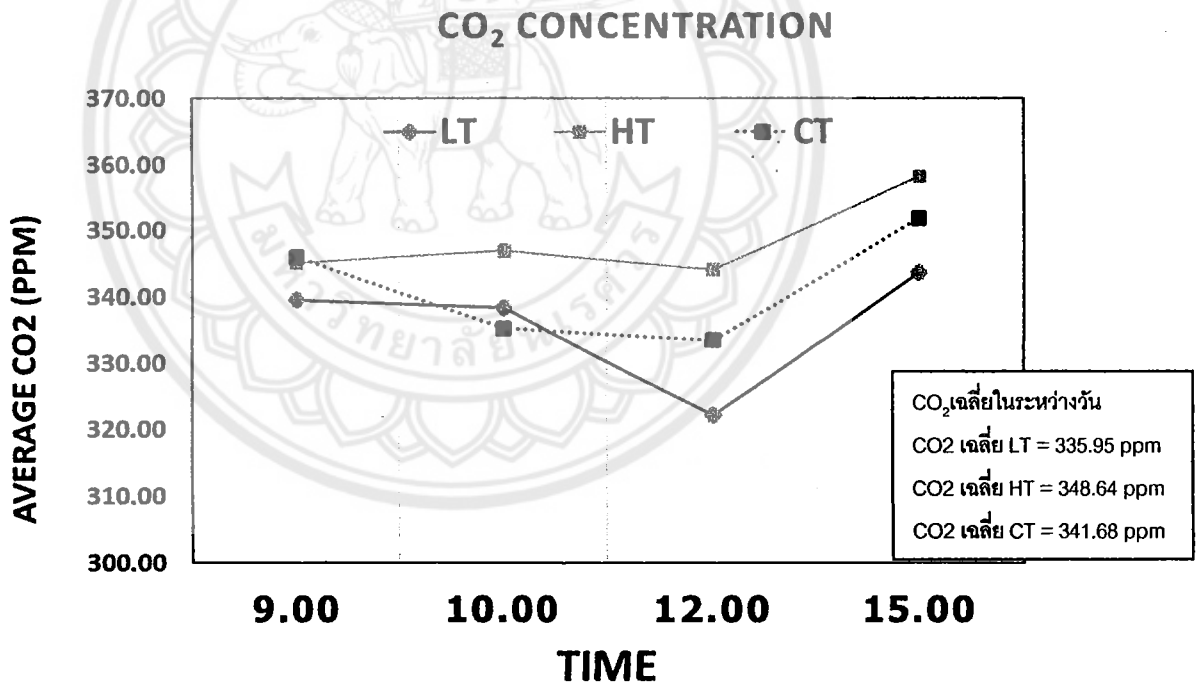
จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลือง (Glycine max (L.) Merrill) ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางด้านการสืบพันธุ์ โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนดให้ 3 ระดับ 3 สิ่งทดลอง (3 ซ้ำ) โดยแต่ละวันจะให้สิ่งทดลองได้รับสัมผัสกับอุณหภูมิ 7 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม – เดือนพฤศจิกายน 2558 และได้ทำการบันทึกผล จำนวน 5 ระยะเวลาใน 1 วัน คือ 9.00, 10.00, 12.00, 15.00 และ 16.00 น. พบว่าระดับอุณหภูมิ มีความแตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ (ดังภาพ ที่ 4.1) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับอุณหภูมิในแต่ละสิ่งทดลองที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยพบว่าค่าเฉลี่ยในสิ่งทดลอง LT, HT และ CT มีค่าเท่ากับ 25.52 oC, 36.86 oC และ 35.01 oC ตามลำดับ ซึ่งสิ่งทดลอง LT นั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิปกติ (CT) มาก ส่วนสิ่งทดลอง HT มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองภาพฉายอนาคต PCP 2.6 – PCP 8.5 ของ IPCC ที่ว่าเมื่อโลกมีปริมาณ CO2Eq. เพิ่มขึ้นประมาณ 430 -1000 ppm อุณหภูมิ จะสูงขึ้น 1.0 -2.0 oC เท่านั้น (IPCC, 2013) ส่วนสิ่งทดลอง CT นั้นควบคุมให้อุณหภูมิใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิธรรมชาติ ซึ่งพบว่าการควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 สิ่งทดลองนั้นมีระดับอุณหภูมิเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างวันภายในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง ในระยะการศึกษา

1.1 ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ทดลอง 3 สิ่งทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของ ถั่วเหลือง (Glycine max (L.) Merrill) ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางด้านการสืบพันธุ์ โดยควบคุมระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดให้ 3 ระดับ 3 สิ่งทดลอง (-3 ซ้ำ) ซึ่งพบว่าทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในสิ่งทดลอง LT, HT และ CT ที่ระดับ 335.95 ppm, 348.64 ppm และ 341.68 ppm ตามลำดับ ซึ่งในบางวันอาจมีค่า ความเข้มข้นที่แตกต่างกันพอสมควร แต่โดยเฉลี่ยแล้วทั้ง 3 สิ่งทดลองก็ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างวันภายในตู้ทดลอง

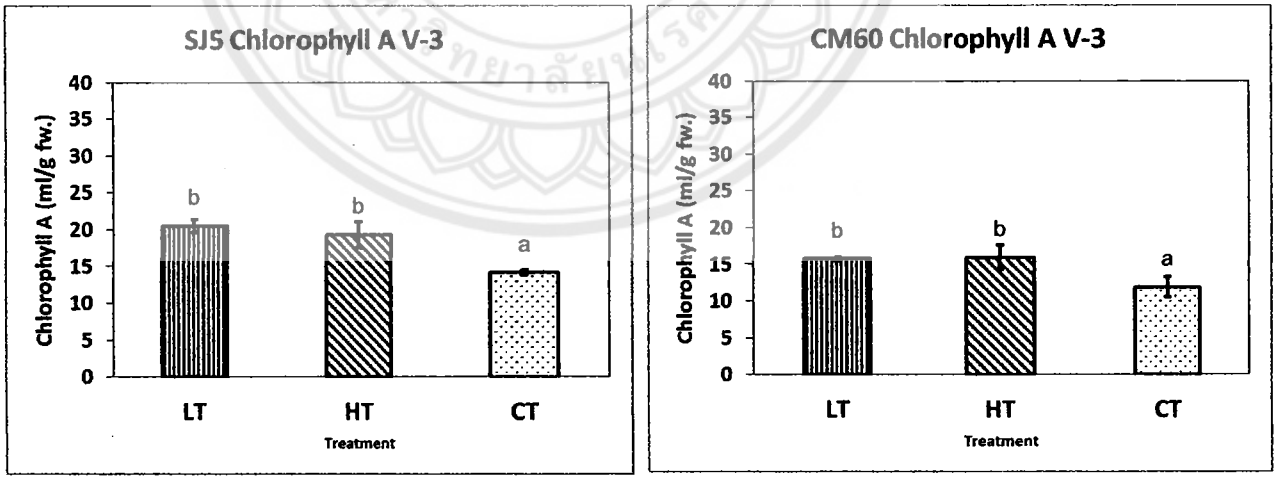
2. ปริมาณรงควัตถุที่ตรวจวัดได้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกัน 2 ชนิดพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ สจ. 5 และพันธุ์ เชียงใหม่ 60

2.1 ปริมาณ Chlorophyll A

2.1.1 ระยะ V3

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุชนิดChlorophyll A ในใบถั่วเหลือง(Glycine max (L.) Merrill) ในระยะ V3 เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งสองพบว่าปริมาณ Chlorophyll A ในใบถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์นั้น มีการตอบสนองในเชิงบวกต่ออุณหภูมิต่ำ และ อุณหภูมิสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อ เทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมินั้นมีผลต่อปริมาณ Chlorophyll A ในช่วงระยะการเจริญเติบโต V3 ของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 17

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 17 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3

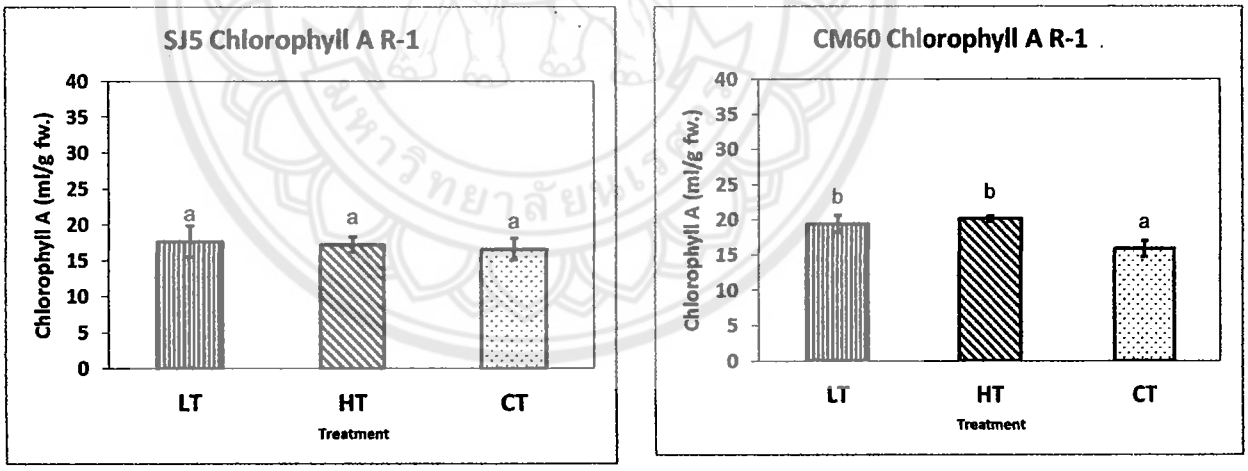
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.1.2 ระยะ R1

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R1 ปริมาณ Chlorophyll A เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 นั้นปริมาณChlorophyll Aไม่มีการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ในทางตรงกันข้าม พันธุ์เชียงใหม่ 60 กลับมีปริมาณChlorophyll A เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม แสดงให้เห็นว่าในระยะ R1 นี้ อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ไม่มีผลต่อปริมาณChlorophyll Aของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 แต่มีผลต่อปริมาณChlorophyll A ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ด้วย ดังภาพที่ 18

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 18 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1

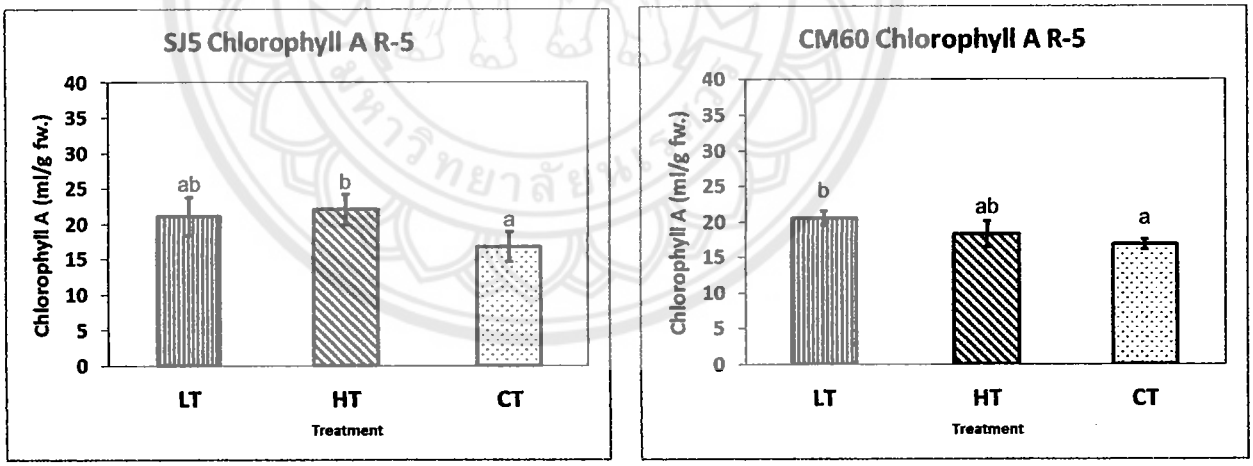
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.1.3 ระยะ R5

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R5 ปริมาณ Chlorophyll A เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ปริมาณ Chlorophyll A ของพันธุ์สจ. 5 มีการตอบสนองที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมกับอุณหภูมิสูงเท่านั้น ในทางกลับกันพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้น ปริมาณ Chlorophyll A กลับมีการตอบสนองที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต V5 นั้น อุณหภูมิสูงนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 ส่วนอุณหภูมิต่ำนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 19

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 19 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5

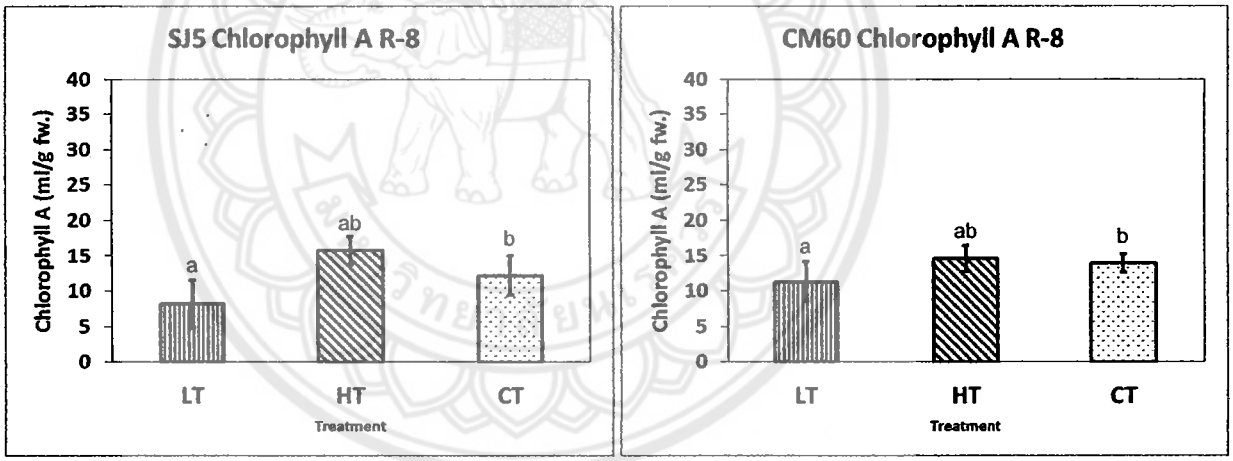
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.1.4 ระยะ R8

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R8 ปริมาณ Chlorophyll A เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ มีปริมาณ Chlorophyll A ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำเท่านั้น แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R8 อุณหภูมิต่ำนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 20

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 20 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8

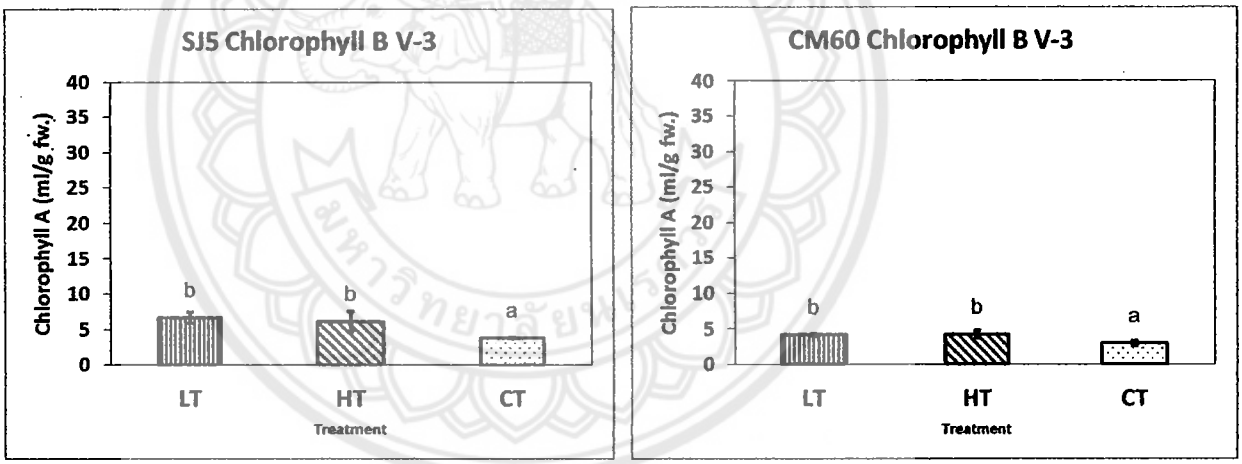
หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.2 ปริมาณ Chlorophyll B

2.2.1 ระยะ V3

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ V3 ปริมาณ Chlorophyll B เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ทั้ง 2 ชนิดพันธุ์มีปริมาณ Chlorophyll B เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุมซึ่งตอบสนองกับทั้งอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต V3 อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 21

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 21 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll B (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3

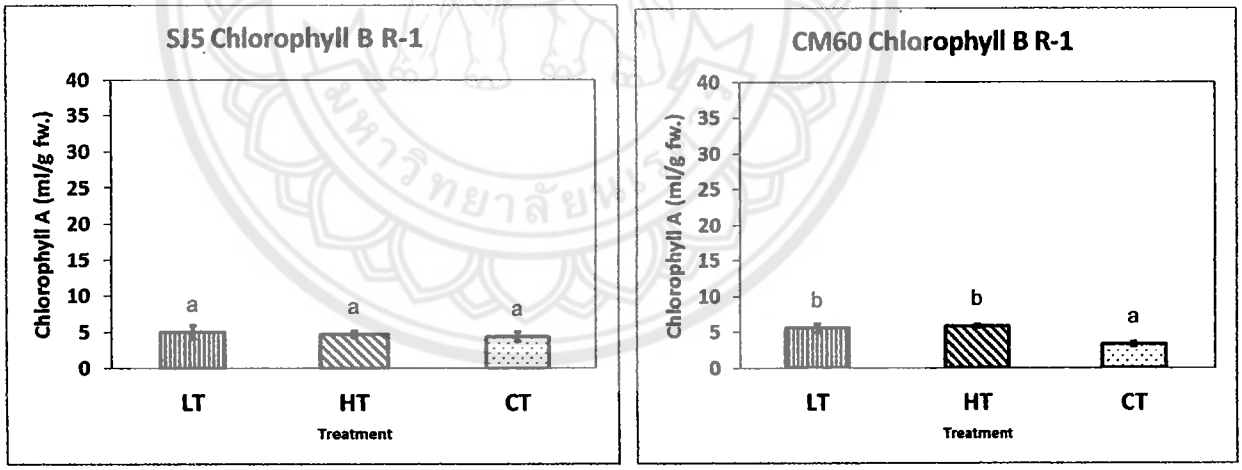
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll B (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.2.2 ระยะ R1

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R1 ปริมาณ Chlorophyll B เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 ปริมาณ Chlorophyll B ไม่มีการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 กลับมีปริมาณ Chlorophyll B เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R1 อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 22

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 22 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1

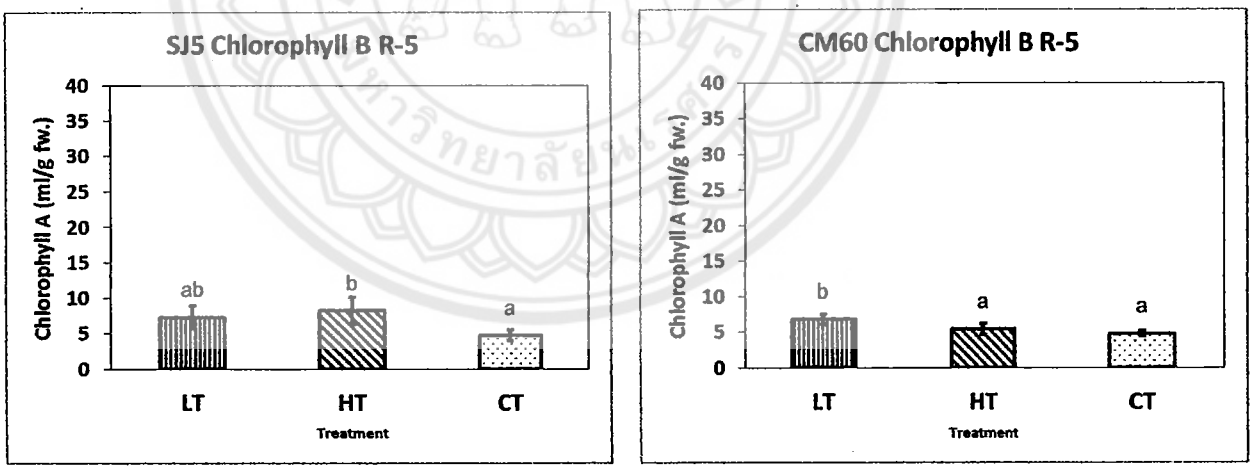
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.2.3 ระยะ R5

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R5 ปริมาณ Chlorophyll B เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 มีปริมาณ Chlorophyll B เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองกับอุณหภูมิสูงเท่านั้น ในทางตรงกันข้าม ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 กลับมีปริมาณ Chlorophyll B เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R5 นี้ อุณหภูมิสูงนั้นมีผลต่อปริมาณ Chlorophyll B ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 ส่วนอุณหภูมิต่ำนั้นมีผลต่อปริมาณ Chlorophyll B ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 23

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 23 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5

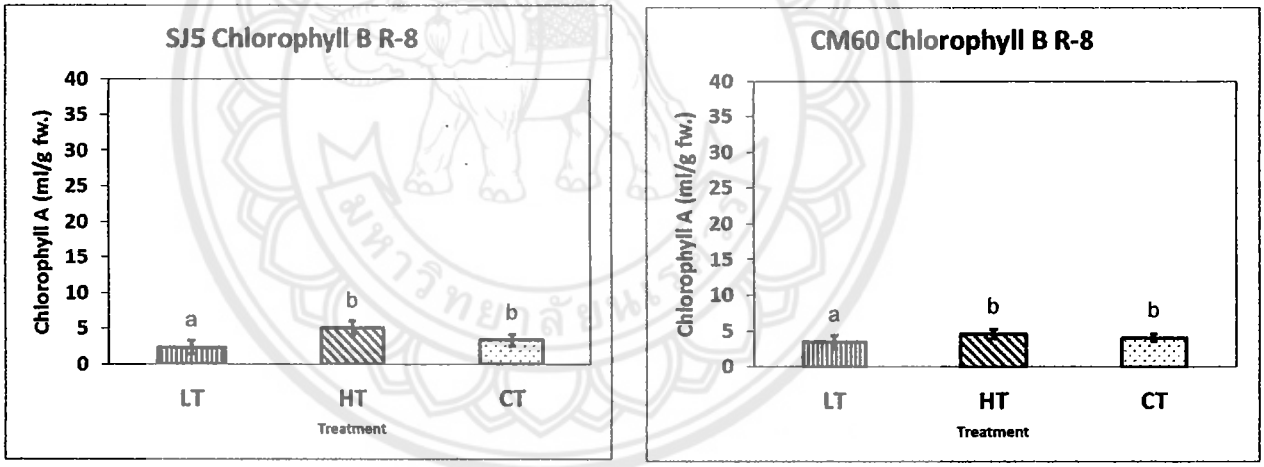
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.2.4 ระยะ R8

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R8 ปริมาณ Chlorophyll B เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่60 พบว่า ทั้งพันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณ Chlorophyll B ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองกับระดับอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R8 อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 24

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 24 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8

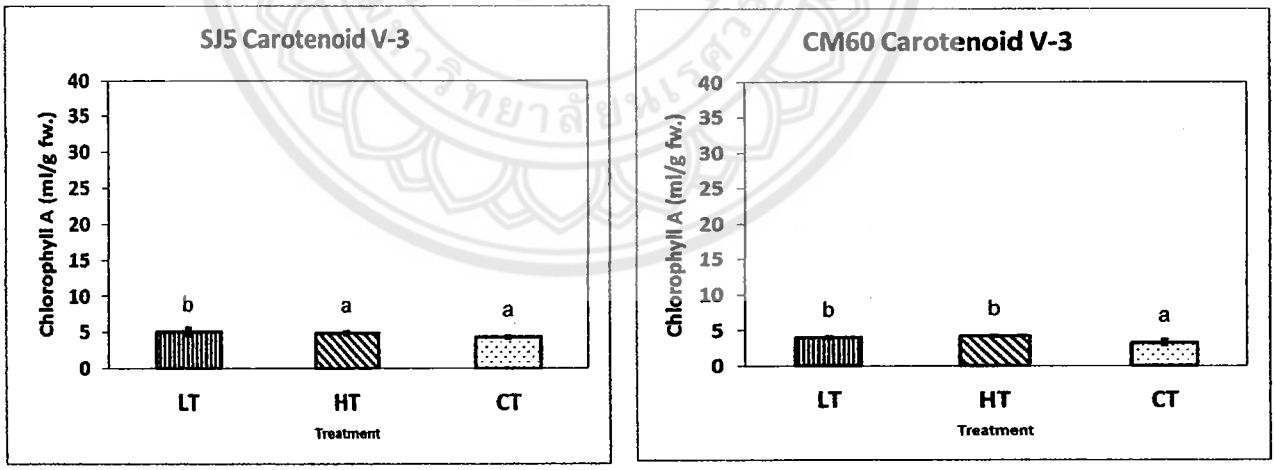
หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.3 ปริมาณ Carotenoid

2.3.1 ระยะ V3

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ V3 ปริมาณ Carotenoid เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 มีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิต่ำ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิต่ำและสูง ซึ่งเห็นได้จากปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโต V3 อุณหภูมิต่ำเท่านั้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์สจ. 5 ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นทั้งอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงต่างก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์นี้ ดังภาพที่ 25

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 25 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3

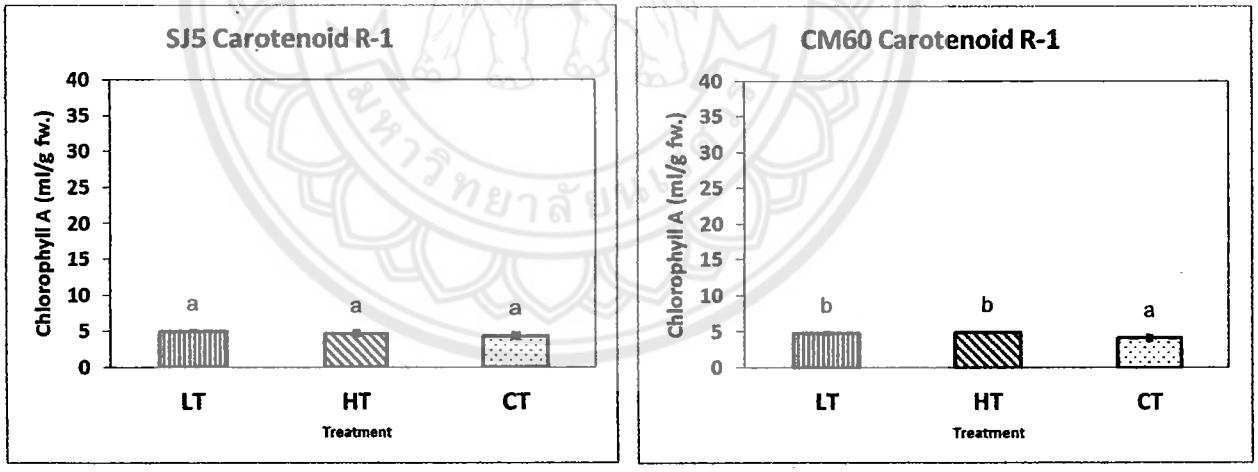
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.3.2 ระยะ R1

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R1 ปริมาณ Carotenoid เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 ปริมาณ Carotenoid ไม่มีการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางกลับกันพันธุ์เชียงใหม่ 60 กลับมีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองทั้งระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R1 ระดับอุณหภูมิต่ำและสูงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 26

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 26 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1

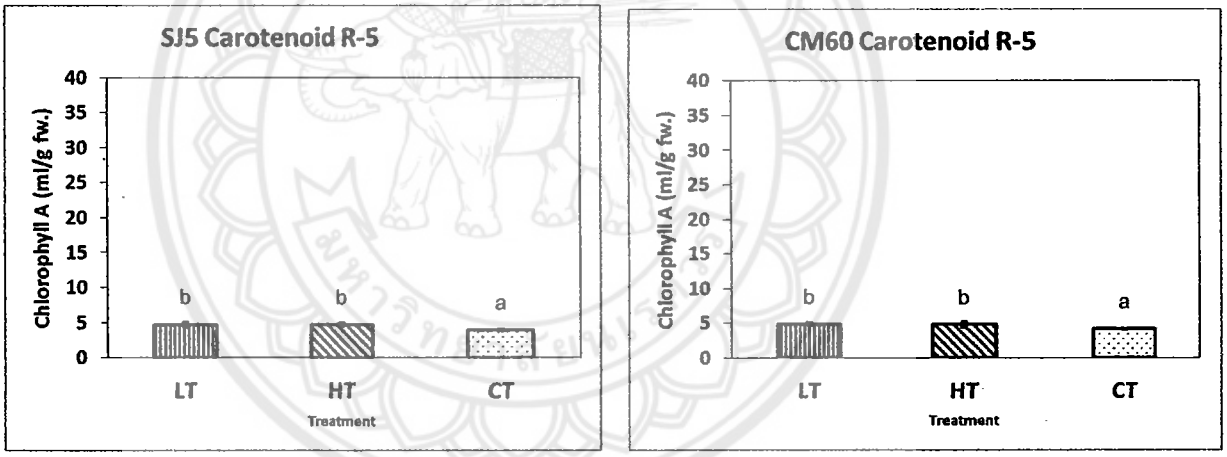
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.3.3 ระยะ R5

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R5 ปริมาณ Carotenoid เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองทั้งระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R5 ระดับอุณหภูมิต่ำและสูงมีผลต่อปริมาณ Carotenoid ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพ 27

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 27 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5

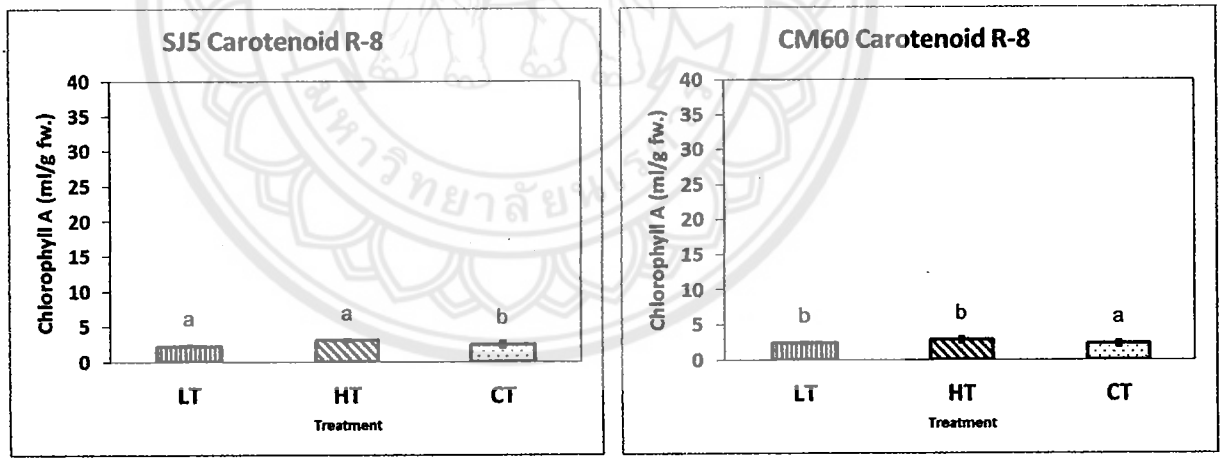
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.3.4 ระยะ R8

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R8 ปริมาณ Carotenoid เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 ปริมาณ Carotenoid ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบสิ่งทดลองควบคุมซึ่งตอบสนองกับระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นถึงแม้จะมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แต่กลับมีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R8 ระดับอุณหภูมิต่ำและสูงมีผลต่อปริมาณ Carotenoid ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 28

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 28 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8

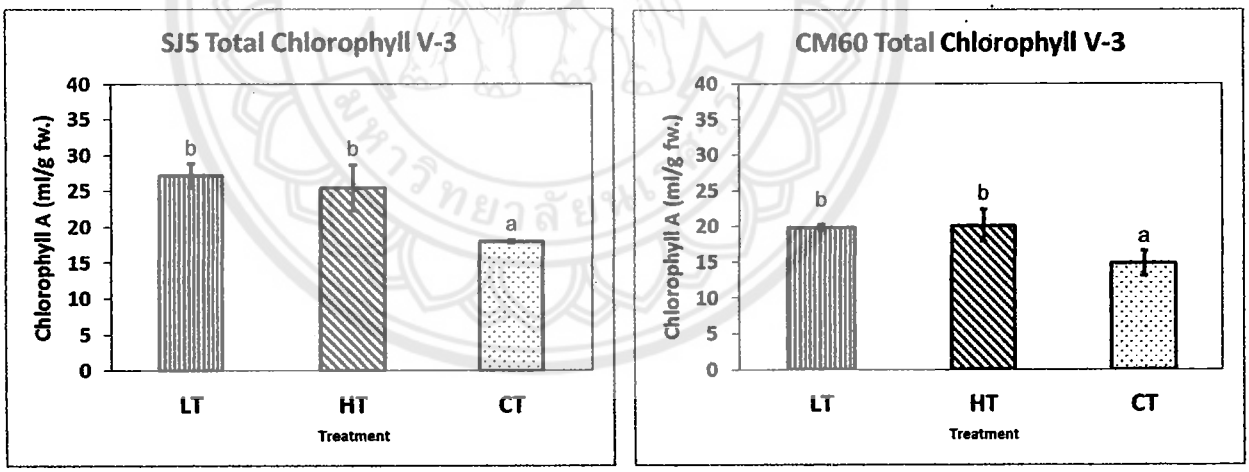
***หมายเหตุ* อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง**

2.4 ปริมาณ Total Chlorophyll

2.4.1 ระยะ V3

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ V3 ปริมาณ Total Chlorophyll เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ถั่วเหลืองทั้งพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิต่ำและสูง แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโตระยะ V3 อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงมีต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ ดังภาพที่ 29

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 29 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ V3

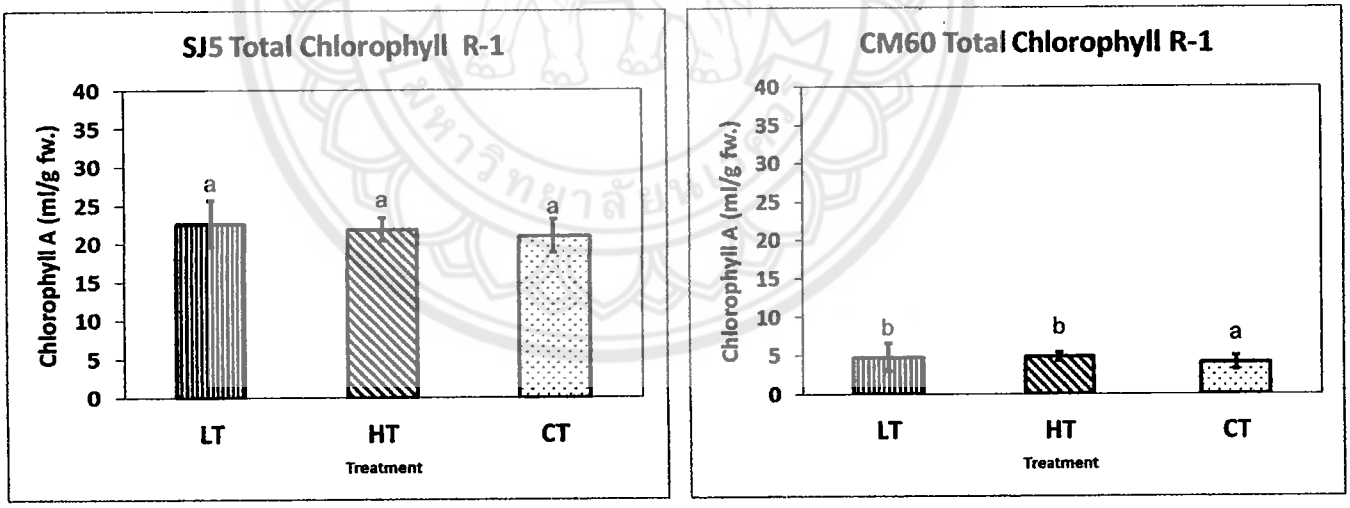
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ V3

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.4.2 ระยะ R1

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R1 ปริมาณ Total Chlorophyll เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 ปริมาณ Total Chlorophyll ไม่มีการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองกับระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโต R1 ระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 แต่มีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 30

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 30 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R1

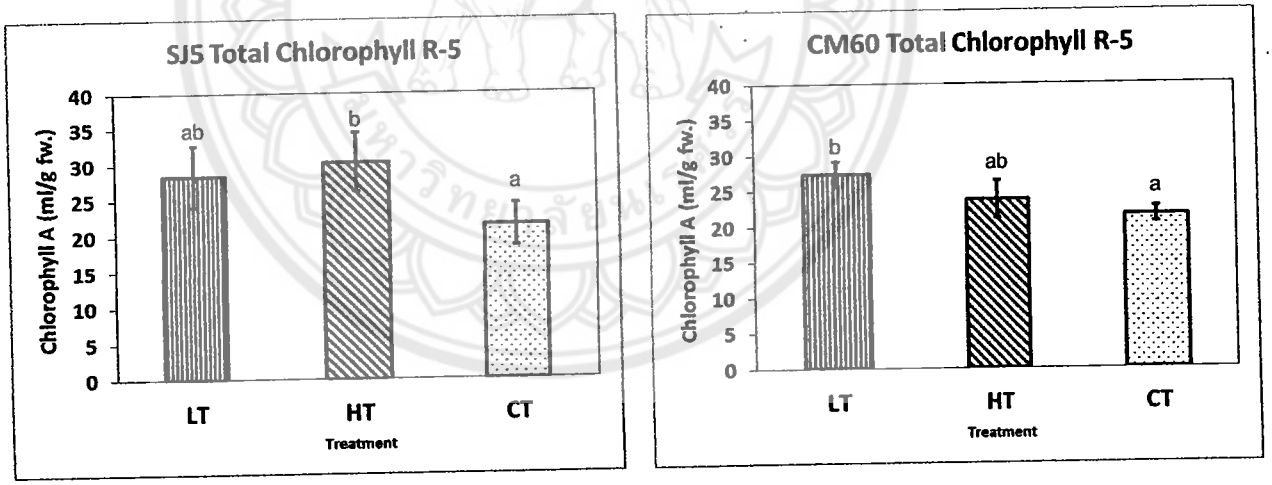
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R1

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.4.3 ระยะ R5

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R5 ปริมาณ Total Chlorophyll เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ. 5 มีปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิสูง ในทางตรงกันข้ามพันธุ์เชียงใหม่ 60 กลับมีปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งกลับตอบสนองกับระดับอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโต R5 ระดับอุณหภูมิสูงมีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของพันธุ์สจ. 5 ส่วนระดับอุณหภูมิต่ำมีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 31

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 31 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R5

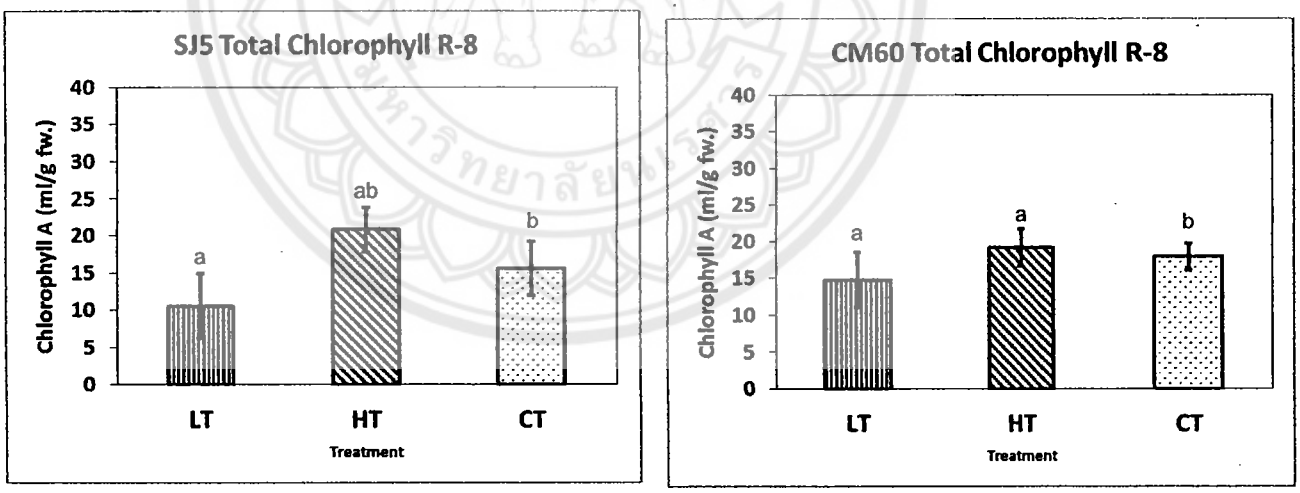
b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

2.4.4 ระยะ R8

จากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะ R5 ปริมาณ Total Chlorophyll เปรียบเทียบทั้ง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ. 5 1มีปริมาณ Total Chlorophyll ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งตอบสนองต่ำระดับอุณหภูมิต่ำ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นมีปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งตอบสนองกับอุณหภูมิสูง แต่ในทางกลับกันปริมาณ Total Chlorophyll กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออยู่ในระดับอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R8 ระดับอุณหภูมิต่ำมีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของพันธุ์สจ.5 และระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงมีผลต่อปริมาณ Total Chlorophyll ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังภาพที่ 32

พันธุ์ สจ.5 พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 32 a. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์สจ.5 ในระยะ R8

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณChlorophyll A (± SD) ของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R8

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อสรีรวิทยาของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 พบว่าอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงกว่าธรรมชาติในฤดูกาลเพาะปลูก ส่งผลต่อปริมาณ รงควัตถุทั้งชนิดChlorophyll (Chlorophyll A และ B) และ Carotenoid อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ $P<0.05$) ในระยะการเจริญเติบโต ดังต่อไปนี้
    a. ระยะ V3 โดยเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของTotal Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าเพิ่มขึ้น 51.42% และ 17.82% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม และการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง (HT) พบว่าเพิ่มขึ้น 42.05% และ 14.11% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม
    b. ระยะ R5 โดยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll ที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง (HT) เท่ากับ 41.01% เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ส่วนเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Carotenoid ที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ (LT) เท่ากับ 20.15% เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม
    c. ระยะ R8 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าลดลง 35.37% และ 8.47% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ส่วนอุณหภูมิสูง (HT) นั้นมีการตอบสนองแค่ Carotenoid คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 22.98%

2. ผลการศึกษาระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อสรีรวิทยาของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงกว่าธรรมชาติในฤดูกาลเพาะปลูก ส่งผลต่อปริมาณรงควัตถุทั้งชนิดChlorophyll(Chlorophyll A และ B) และ Carotenoid อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ $P<0.05$) ในระยะการเจริญเติบโต ดังต่อไปนี้

   a. ระยะ V3 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าเพิ่มขึ้น 34.12% และ 22.80% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม และการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิสูง (HT) พบว่าเพิ่มขึ้น 35.67% และ 28.88% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม

   b. ระยะ R1 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าเพิ่มขึ้น 30.03% และ 16.38% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม และการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิสูง (HT) พบว่าเพิ่มขึ้น 35.12% และ 18.58% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม

   c. ระยะ R5 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าเพิ่มขึ้น 26.78% และ 16.47% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม และ การตอบสนองกับอุณหภูมิสูง (HT) มีแค่ Carotenoid ที่มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น เท่ากับ 14.80%

   d. ระยะ R8 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ (LT) พบว่าลดลง เท่ากับ 17.58% และ 4.33% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม และการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของ Total Chlorophyll และ Carotenoid ที่ตอบสนองกับอุณหภูมิสูง (HT) พบว่าลดลง เท่ากับ 7.09% และ 21.86% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม

3. ผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างถั่วเหลือง 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า พันธุ์สจ.5 มีการตอบสนองในเชิงบวกต่อระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยพิจารณาจากระดับการเพิ่มขึ้นของปริมาณรงควัตถุ ซึ่งสังเกตจากผลการศึกษาที่บ่งชี้ว่า ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลด์ มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังนั้นในอนาคตที่ประเทศไทยจะประสบกับสภาวะบรรยากาศของโลกเปลี่ยนแปลง ในทางเกษตรกรรมการที่จะเพาะปลูกถั่วเหลืองนั้นจึงควรเพาะปลูกพันธุ์สจ.5 เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา และลดปัญหาผลผลิตหรือปัญหาอื่นๆที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นอันจะเป็นการเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้แก่เกษตรกรต่อไป

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลงานวิจัยสามารถอภิปรายได้ตามตารางการสรุปผลการศึกษา ดังนี้

- ระยะ V3

ในระยะการเจริญเติบโต V3 ระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง มีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง พันธุ์สจ. 5 นั้นมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของรงควัตถุสูงกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งในระดับอุณหภูมิต่ำและสูง ดังนั้นในระยะการเจริญเติบโต V3 ถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 จึงมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60
ดังตารางที่ 5 และ 9

ตาราง 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิในระยะ V3

ระยะ V3		Chl a	Chl b	Carot	Total Chl
พันธุ์ สจ.5	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	✓	✓	-	✓
พันธุ์เชียงใหม่ 60	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	✓	✓	✓	✓

- **ระยะ R1**

ในระยะการเจริญเติบโต R1 ระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ไม่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 แต่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แสดงให้เห็นว่า ในระยะการเจริญเติบโต R1 ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังตารางที่ 6 และ 9

ตาราง 6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิในระยะ R1

		Chlo a	Chlo b	Carot	Total Chlo
พันธุ์ สจ.5	LT	-	-	-	-
	HT	-	-	-	-
พันธุ์เชียงใหม่ 60	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	✓	✓	✓	✓

- **ระยะ R5**

ในระยะการเจริญเติบโต R5 มีเพียงระดับอุณหภูมิสูงมีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 5 และมีเพียงอุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโต R5 ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นมีการตอบสนองต่อช่วงระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยบางประการเกี่ยวกับด้านพันธุกรรมของถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิด ดังตารางที่ 7 และ 9

ตาราง 7 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิใน

ระยะ R5		Chlo A	Chlo B	Carot	Total Chlo
พันธุ์ สจ.5	LT	-	-	✓	-
	HT	✓	✓	-	✓
พันธุ์เชียงใหม่ 60	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	-	-	✓	-

ระยะ R5

- **ระยะ R8**

ในระยะการเจริญเติบโต R8 มีเพียงระดับอุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อปริมาณรง**วัตถุในใบของถั่วเหลืองพันธุ์**สจ. 5 ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งระดับอุณหภูมิต่ำและสูงนั้นมีผลต่อปริมาณรงวัตถุในใบ**ของถั่วเหลืองพันธุ์**เชียงใหม่ 60 แสดงให้เห็นว่าในระยะการเจริญเติบโต R8 ระดับ**อุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นมีผล**ต่อถั่วเหลืองทั้งพันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ดังตารางที่ 8 และ 9

ตาราง 8 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของรงควัตถุที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิใน ระยะ R8

ระยะ R8		Chlo A	Chlo B	Carot	Total Chlo
พันธุ์ สจ.5	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	-	-	✓	-
พันธุ์เชียงใหม่ 60	LT	✓	✓	✓	✓
	HT	-	-	✓	✓

ซึ่งเมื่อนำข้อมูลการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณรงควัตถุทุกชนิดซึ่งตอบสนองกับแต่ละสิ่งทดลองในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ มาทำการเปรียบเทียบในรูปแบบของตาราง สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ระยะการเจริญเติบโต V3 ปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นในพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งสิ่งทดลองอุณหภูมิต่ำ(LT) และอุณหภูมิสูง (HT) เพิ่มขึ้น 51.42% และ 42.05% ตามลำดับสิ่งทดลองในพันธุ์สจ.5 และเพิ่มขึ้น 34.12% และ 35.67% ในพันธุ์เชียงใหม่ 60 จะเห็นได้ว่าในระยะ V3 นี้ พันธุ์สจ.5 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ส่วนปริมาณ Carotenoid นั้นก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้งในพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งในสิ่งทดลอง LT และ HT ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.82% และ 14.11% ตามลำดับสิ่งทดลองในพันธุ์สจ. 5 และเพิ่มขึ้นเท่ากับ 22.80% และ 28.88% ตามลำดับสิ่งทดลองในพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะ V3 นี้พันธุ์สจ.5 นั้นมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณ Carotenoid มากกว่าพันธุ์สจ. 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระดับอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง มีผลต่อปริมาณรงควัตถุในใบถั่วเหลือง ทั้งพันธุ์สจ.5และพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยพันธุ์สจ. 5 นั้นมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของรงควัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 9

ระยะการเจริญเติบโต R1 ปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นในพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งสิ่งทดลองอุณหภูมิต่ำ(LT) และอุณหภูมิสูง (HT) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.03% และ 35.12% ตามลำดับสิ่งทดลอง ส่วนพันธุ์สจ. 5 นั้นไม่มีการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลอง LT และ HT ส่วนปริมาณ Carotenoid นั้นเพิ่มขึ้นในพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งสิ่งทดลอง LT และ HT เพิ่มขึ้นเท่ากับ 16.38% และ 18.58% ตามลำดับสิ่งทดลอง จะเห็นได้ว่าในระยะนี้มีเพียงพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิ ซึ่งเมื่อเทียบจากเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของรงควัตถุแล้ว พันธุ์เชียงใหม่ 60 น่าจะมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ ดังตารางที่ 9

ระยะการเจริญเติบโต R5 ปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นในพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่พันธุ์สจ.5 มีการตอบสนองกับสิ่งทดลอง HT เท่านั้น และมีปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้น เท่ากับ 41.01% และพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นมีการตอบสนองกับ

สิ่งทดลอง LT เท่านั้น ปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้น เท่ากับ 20.15% ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงระยะ R5 นี้ ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณ Carotenoid นั้นก็เพิ่มขึ้นทั้ง2ชนิดพันธุ์ พันธุ์สจ. 5 มีการตอบสนองกับสิ่งทดลอง LT เท่านั้น มีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้น เท่ากับ 20.15% ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นมีการตอบสนองกับสิ่งทดลองทั้ง LT และ HT ซึ่งมีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้น เท่ากับ 16.47% และ 14.80% ตามลำดับสิ่งทดลอง สรุปได้ว่า ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยบางประการทางด้านพันธุกรรมของถั่วเหลืองจึงทำให้เกิดการตอบสนองที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 9

ระยะการเจริญเติบโต R8 ปริมาณ Total Chlorophyll เพิ่มขึ้นในพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่พันธุ์สจ. 5 นั้นมีการตอบสนองกับสิ่งทดลอง LT เท่านั้น ซึ่งมีปริมาณ Total Chlorophyll ลดลงเท่ากับ 35.37% และพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นมีการตอบสนองทั้งสิ่งทดลอง LT และ HT ลดลงเท่ากับ 17.58% และ 7.09%% ตามลำดับสิ่งทดลอง ส่วนปริมาณ Carotenoid ในพันธุ์สจ.5 นั้นมีการตอบสนองกับสิ่งทดลอง LT และ HT ซึ่งมีปริมาณ Carotenoid ลดลงเท่ากับ 8.47% และ 22.98% ตามลำดับสิ่งทดลอง และแต่ในทางกลับกันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แม้ว่าจะมีการตอบสนองกับสิ่งทดลอง LT และ HT เช่นเดียวกันกับพันธุ์สจ.5 แต่กลับมีปริมาณ Carotenoid เพิ่มขึ้น 4.33% และ 21.86% ตามลำดับสิ่งทดลอง ซึ่งผลปริมาณ Carotenoid ที่ได้นั้นสวนทางกันอย่างเห็นได้ชัด ดังตารางที่ 9

ตาราง 9 แสดงปริมาณผลกระทบทั้งเชิงบวกและเชิงลบ เปรียบเทียบทั้งสองชนิดพันธุ์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตคิดในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะ V3	LT		HT	
	Total Chlorophyl (%)	Carotenoid (%)	Total Chlorophyll (%)	Carotenoid(%)
สจ.5	+ 51.42	+ 17.82	+ 42.05	+ 14.11
เชียงใหม่ 60	+ 34.12	+22.80	+ 35.67	+ 28.88
ระยะ R1				
สจ.5	-	-	-	-
เชียงใหม่ 60	+ 30.03	+ 16.38	+ 35.12	+ 18.58
ระยะ R5				
สจ.5	-	-	+ 41.01	+ 20.15
เชียงใหม่ 60	+ 26.78	+ 16.47	-	+ 14.80
ระยะ R8				
สจ.5	-35.37	- 8.47	-	- 22.98
เชียงใหม่ 60	-17.58	+4.33	-7.09	+ 21.86

หมายเหตุ **เครื่องหมาย + หน้าหมายเลข หมายถึง ปริมาณรงควัตถุเพิ่มขึ้น อุณหภูมิมีผลในทางบวก**

เครื่องหมาย – หน้าหมายเลข หมายถึง ปริมาณรงควัตถุลดลง อุณหภูมิมีผลในทางลบ

เครื่องหมาย – ในช่องข้อมูล หมายถึง ไม่มีการตอบสนองกับระดับอุณหภูมิ

อภิปรายผลรวม

จากผลจากการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่าง ที่มีต่อปริมาณรงควัตถุในใบของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ โดยกำหนดอุณหภูมิ 3 ระดับ ใน 3 สิ่งทดลอง(3ซ้ำ) ในแต่ละตู้ทดลอง โดยกำหนดให้สัมผัสกับอุณหภูมิเป็นเวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น. ซึ่งทำการปลูกตั้งแต่เดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน 2558 โดยสร้างสภาวะจำลองให้เกิดขึ้นกับพื้นที่ปลูกในฤดูเพาะปลูก พบว่า สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่าง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับรงควัตถุของถั่วเหลืองอย่างเด่นชัด ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวโดยส่วนมากแล้วเป็นการแสดงผลด้านบวก

ในการเปรียบเทียบระหว่างถั่วเหลือง 2 ชนิดพันธุ์ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (ระยะ V) และ ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (ระยะ R) แสดงดังต่อไปนี้

1.ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (ตั้งแต่ระยะ V1 - V3) ทั้ง 2 ชนิดพันธุ์มีการตอบสนองทั้งเชิงบวกและเชิงลบ แต่ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 นั้นมีความชัดเจนมากกว่าถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เนื่องจากมีปริมาณรงควัตถุทุกชนิดเพิ่มขึ้นและลดลงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (ตั้งแต่ระยะ R5 – R8) ทั้ง 2 ชนิดพันธุ์มีการตอบสนองทั้งเชิงบวกและเชิงลบเช่นเดียวกับในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งในระยะ R5 นั้นอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณรงควัตถุในเชิงบวก พันธุ์สจ.5 นั้นก็มีปริมาณรงควัตถุทุกชนิดเพิ่มขึ้นมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 อีกทั้งในระยะ R8 ที่ระดับอุณหภูมินั้นมีผลต่อปริมาณรงควัตถุในเชิงลบพันธุ์สจ.5ก็มีปริมาณรงควัตถุทุกชนิดลดลงมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 อีกเช่นเดียวกัน

ดังนั้นสรุปก็คือ ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 นั้นมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างได้มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นปริมาณรงควัตถุในระยะ V3, R1 และ R5 ที่เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของรงควัตถุเพิ่มขึ้นมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างเด่นชัด และในช่วงระยะ R8 นั้นก็มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณรงควัตถุมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 อย่างเด่นชัดเช่นเดียวกัน

จากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิทางวิชาการ พบว่า ในการศึกษาครั้งนี้กรณีที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นมีผลในเชิงบวกต่อปริมาณรงควัตถุของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 สามารถอภิปรายผลในศึกษาในกรณีนี้ว่า พืชบกในระบบนิเวศโดยส่วนใหญ่นั้นจะมีความคงทนต่อระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 0 – 40 $^{\circ}$C ซึ่งความแตกต่างของความคงทนต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต และสภาพแวดล้อมอื่นๆในบริเวณนั้น (Jones, 1992) ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้น เป็นชนิดพันธุ์ของถั่วเหลืองที่มีการตัดแต่งพันธุกรรมให้เหมาะสมในการเพาะปลูกในประเทศไทยที่เป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น ดังนั้นระดับอุณหภูมิที่ทำการควบคุมให้การศึกษาอยู่ที่ประมาณ 37 $^{\circ}$C เป็นระดับอุณหภูมิที่ไม่น่าจะเกินช่วงความ

ทานทุนของถั่วเหลือง และ คาดว่าน่าจะเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับถั่วเหลืองทั้ง 2 สายพันธุ์ ทำให้มีการกระตุ้นการสร้างรงควัตถุของถั่วเหลืองทั้ง 2 สายพันธุ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชวนพิศ แดงสวัสดิ์ (2544) ซึ่งได้มีการศึกษาว่า พืชจะถูกเร่งกระบวนการการดูดธาตุอาหารมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มว่าพืชจะมีปริมาณ Mg ภายในเซลล์มากขึ้นด้วย Mg เป็นสารประกอบสำคัญในการสร้าง Chlorophyll เป็นผลกระทบเชิงบวกที่เกิดจากระดับอุณหภูมิสูง ส่วนการอภิปรายผลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำนั้น เกิดจาก ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) มีต้นกำเนิดจากประเทศจีนตั้งแต่เมื่อ 5,000 ปีก่อน ประเทศจีนนั้นเป็นประเทศในเขตอบอุ่นที่มีภูมิอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ถั่วเหลืองจึงสามารถทนกับระดับอุณหภูมิต่ำได้ดี ระดับอุณหภูมิที่ทำการศึกษานั้นอยู่ที่ประมาณ 26 $^{\circ}$C ซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิที่เหมาะของถั่วเหลืองทั้ง 2 สายพันธุ์ หลักการที่ได้กล่าวมาทั้งหมดเบื้องต้นนั้นช่วยในการอภิปรายผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่เกิดผลในเชิงบวก

ส่วนกรณีที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นมีผลในเชิงลบต่อปริมาณรงควัตถุของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 สามารถอภิปรายผลในศึกษาในกรณีนี้ว่า จากการศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ทั้งระดับที่สูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้พืชเกิดสภาวะเสียสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Jones, 1992) เมื่อพืชเกิดสภาวะเสียสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อไป อาจทำให้กระบวนการสร้างรงควัตถุในพืชนั้นเสียสมดุลไปด้วย ทำให้ในช่วงของการเจริญเติบโต R8 ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณรงควัตถุในใบลดจำนวนลง นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนหายใจแสง (photorespiration) ของพืช ซึ่งในสภาวะอุณหภูมิสูง เกิด photorespiration มาก ทำให้มีปริมาณ O_2 ภายในเซลล์มากเช่นกัน จะทำให้เอนไซม์ ribisco มีความสามารถในการรับ O_2 ได้ดีขึ้น จนในที่สุด O_2 สามารถชนะในการแข่งขันกับ CO_2 ดังนั้น การเกิด photorespiration ในสภาวะอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยายับยั้งการสังเคราะห์แสง โดยที่มีออกซิเจนเป็นตัวยับยั้ง ทำให้ไม่สามารถเกิดวัฏจักรคัลวินได้ และได้สารประกอบฟอสโฟไกลโคเลต (PG) เป็นผลิตผลสุดท้าย แทนที่จะเป็น3-phosphoglyceric acid (3-PGA) ซึ่งสารประกอบ PG นี้พืชต้องใช้พลังงานมากและต้องสูญเสีย CO_2 ในเซลล์อาจสูงถึง 30-50% ของปริมาณที่ตรึงได้ (Bonan, 2002) ด้วยเหตุที่พืชต้องใช้พลังงานในการจัดการกับสารประกอบ PG มาก จึงทำให้พืชมีพลังงานในการนำไปสร้างรงควัตถุในใบพืชน้อยลง ข้อมูลทุติยภูมิดังกล่าวช่วยในการอภิปรายผลกระทบเชิงลบที่เกิดจากระดับอุณหภูมิสูง ส่วนผลกระทบเชิงลบที่เกิดจากระดับอุณหภูมิต่ำนั้น เกิดจากการทำงานของกรดแอบไซซิก (Abscisic acid) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่พืชจะกระตุ้นเมื่อพืชอยู่ในดินเค็มหรืออากาศหนาวเย็น พืชจะสร้างกรดแอบไซซิกมากขึ้น แล้วออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชทนต่อสภาวะเครียดต่างๆได้ดี ซึ่งมีผลทำให้ ปากใบที่ได้รับกรดแอบไซซิกจะปิดไม่ว่าจะอยู่ในที่มืดหรือสว่าง อีกทั้ง กรดแอบไซซิกเป็นฮอร์โมนสำคัญที่ทำให้พืชเข้าสู่ระยะพักตัว

(สัมฤทธิ์ เฟื่องฤทธิ์, 2544) ในระยะพักตัวของพืชส่งผลให้กระบวนการสร้างรงควัตถุชะงัดตัวลง จึงทำให้ในระยะ R8 ถั่วเหลืองทั้งพันธุ์สจ.5 และถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณรงควัตถุลดลง จากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้นจึงสามารถนำมาใช้การอภิปรายผลการเกิดผลกระทบในเชิงลบของถั่วเหลืองทั้ง พันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในการศึกษานี้ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองจริง เพื่อทำการศึกษาปัจจัยแวดล้อมอื่นๆควบคุมกันไปด้วย เพื่อหาปัจจัยที่อาจเป็นปัจจัยที่กระตุ้นผลที่เกิดจากระดับอุณหภูมิที่อาจมีผลที่ทำให้เกิดผลกระทบรุนแรงมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยในด้านพันธุกรรมของพืชถั่วเหลืองทั้งพันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ทำให้เกิดผลกระทบในเชิงสรีระวิทยาของพืชถั่วเหลือง

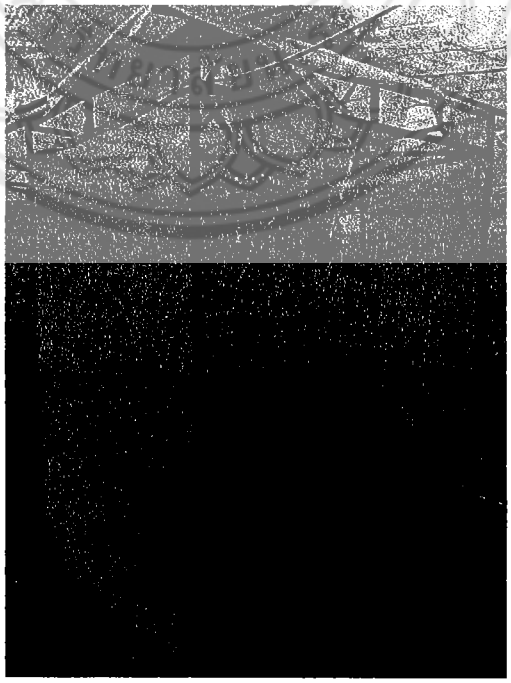
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. สถานที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

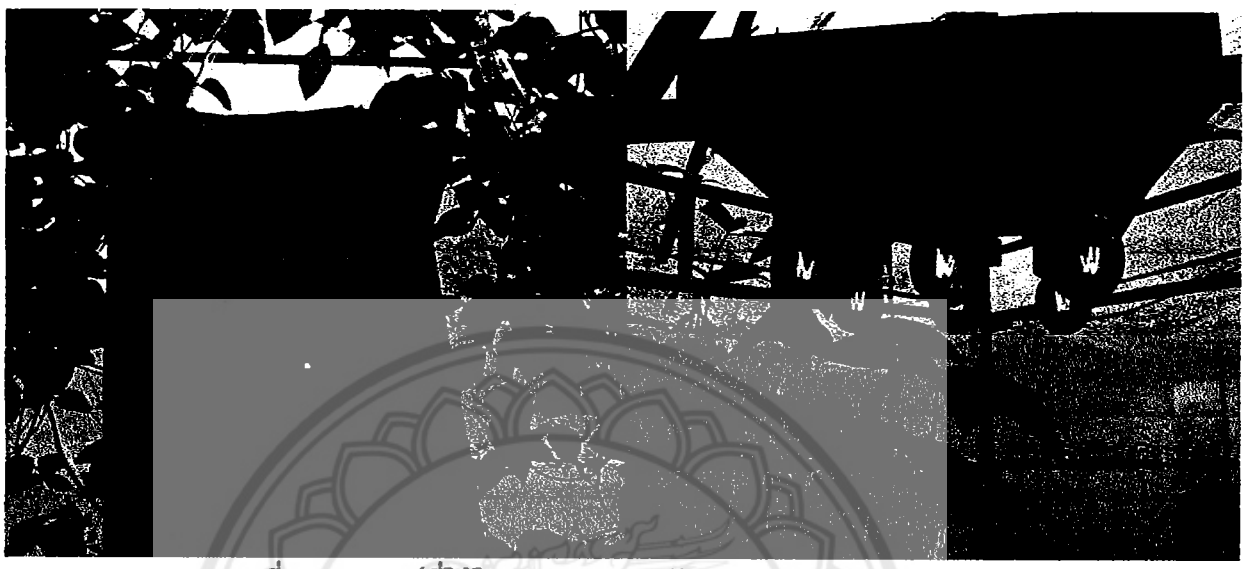
ภาพที่ 33 ตู้ทดลองควบคุมอุณหภูมิ ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะ เกษ**ตรศาสตร์ฯ มหาวิทย**าลัย นเรศวร

ภาคผนวก ข. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

1.) อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง

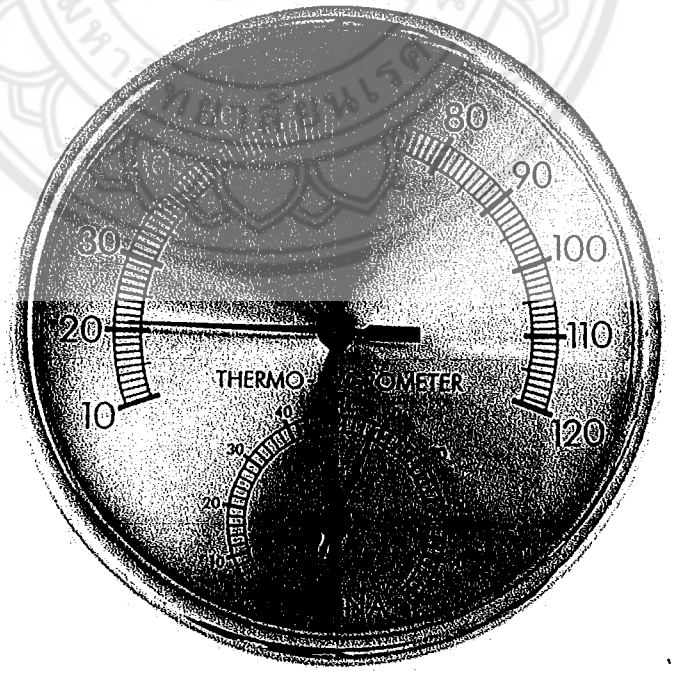


ภาพที่ 34 Chamber ที่ใช้ตลอดการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 35 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระดับอุณหภูมิตลอดการศึกษาวิจัย

a. เครื่องปรับอากาศ ใช้ควบคุมระดับอุณหภูมิให้ต่ำกว่าธรรมชาติ
b. หลอดไฟสีเขียว ใช้ควบคุมระดับอุณหภูมิให้สูงกว่าธรรมชาติ

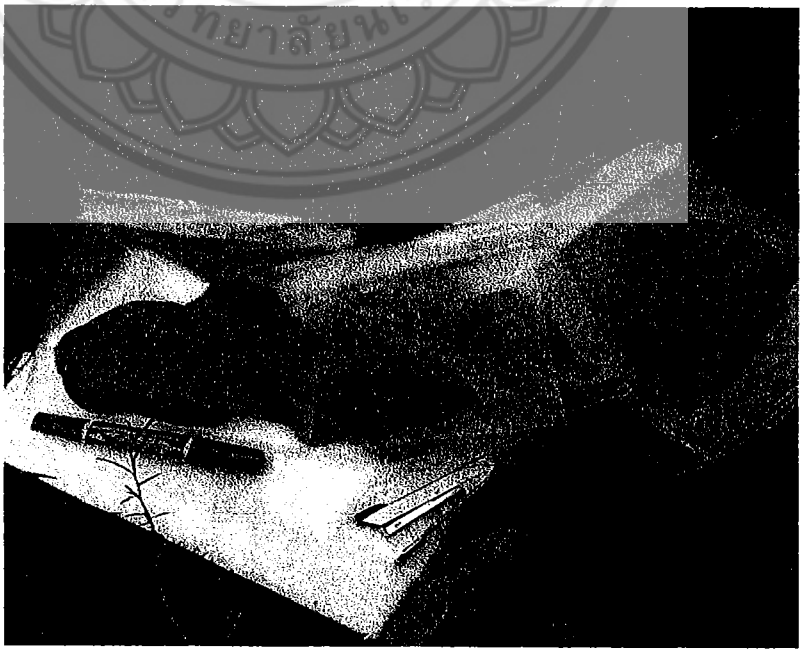


ภาพที่ 36 อุปกรณ์วัดระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer)

ภาพที่ 37 อุปกรณ์วัดปัจจัยด้านกายภาพในบริเวณสถานที่ที่ทำการศึกษา

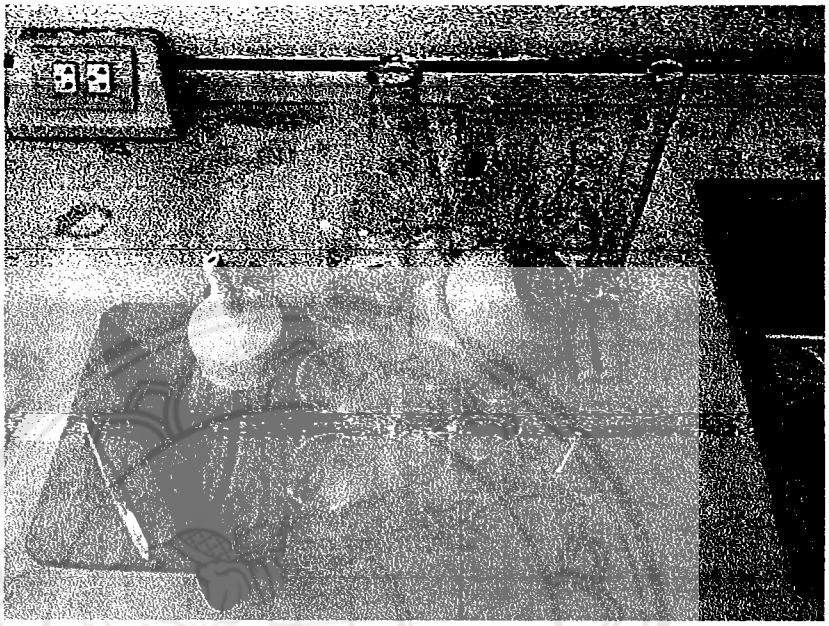
a. เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
b. เครื่องวัดความเข้มแสง

2.) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

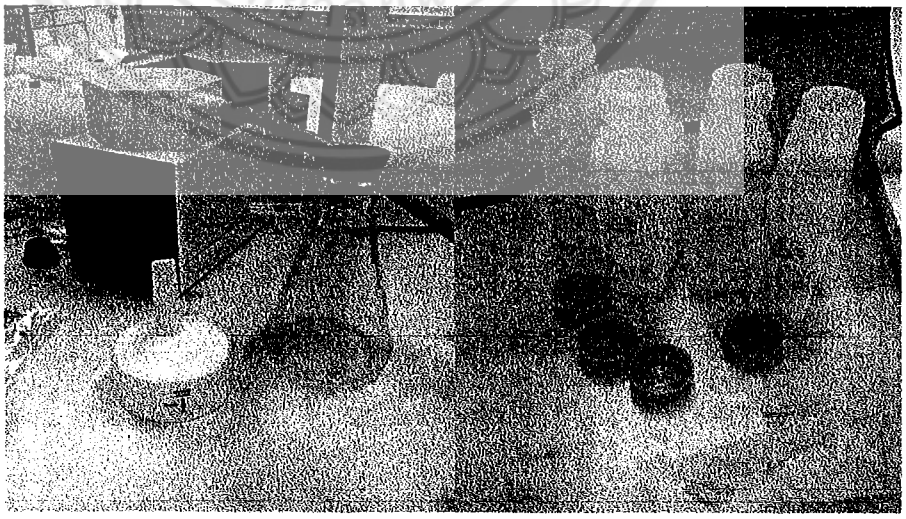


ภาพที่ 38อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างใบสด เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.) อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 39 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสกัดรงควัตถุจากตัวอย่างใบสด

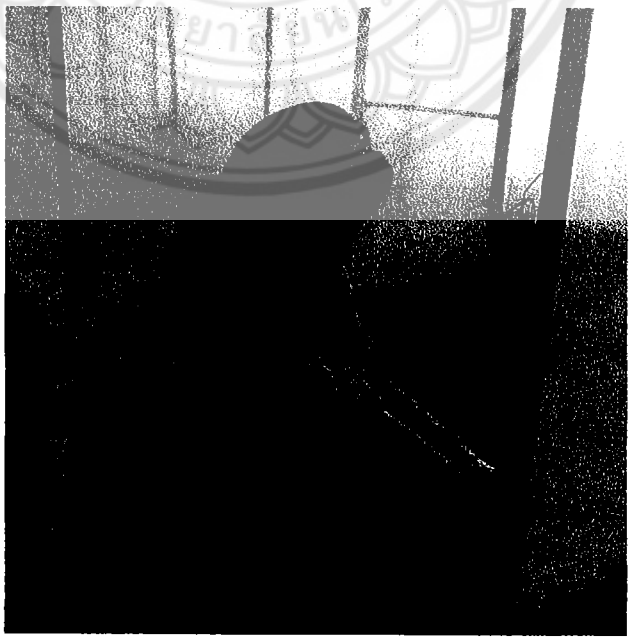


ภาพที่ 40 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ

a. อุปกรณ์สำหรับทำการกรองแบบสุญญากาศ
b. ขวดพลาสติกสีชุ่น ขนาด 100 cc. พร้อม label ชื่อตัวอย่าง

ภาพที่ 41เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV Spectrophotometer) ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/4000U spectrophotometer ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสดงเพื่อเก็บข้อมูลไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณรงควัตถุ ตามวิธีของ Lichtenthaler and Wellbern (1983)

ภาคผนวก ค. การดูแลถั่วเหลืองในระหว่างการปลูก



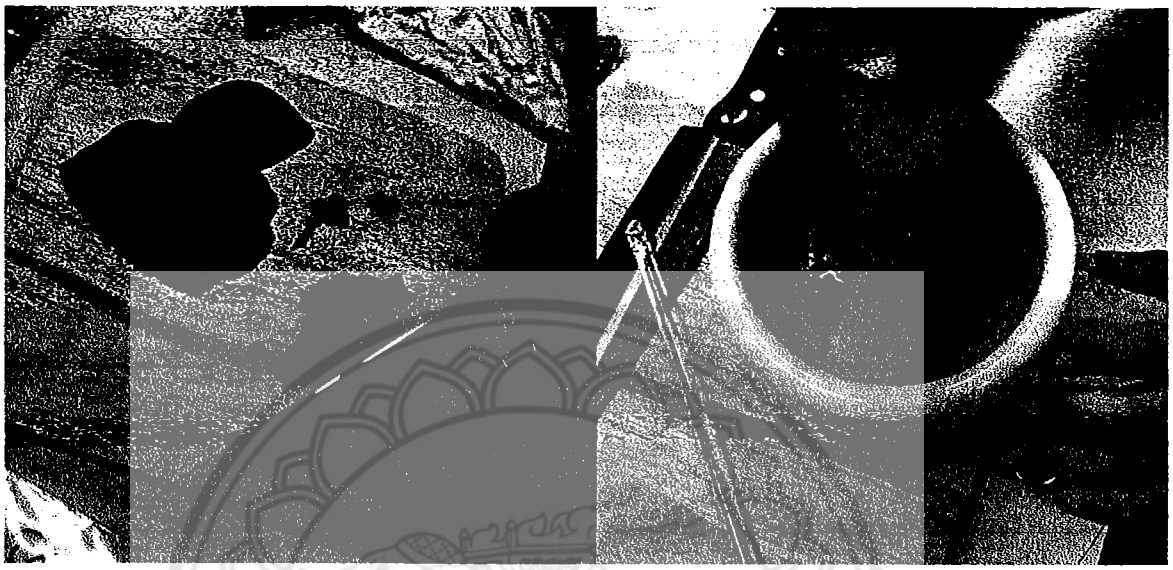
ภาพที่ 42 การถางหญ้าก่อนปลูก และ ขณะปลูก บริเวณแปลงทดลอง

ภาพที่ 43 การใส่ปุ๋ยในดินก่อนการปลูก และ การรดน้ำให้กับถั่วเหลือง

ภาคผนวก ง. การเก็บตัวอย่างใบสดไปสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 44 การเก็บตัวอย่างใบ เลือกเก็บใบจากข้อที่ 2-3 จากบนสุด บรรจุลงในถุงพลาสติกพร้อมเขียนชื่อตัวอย่าง

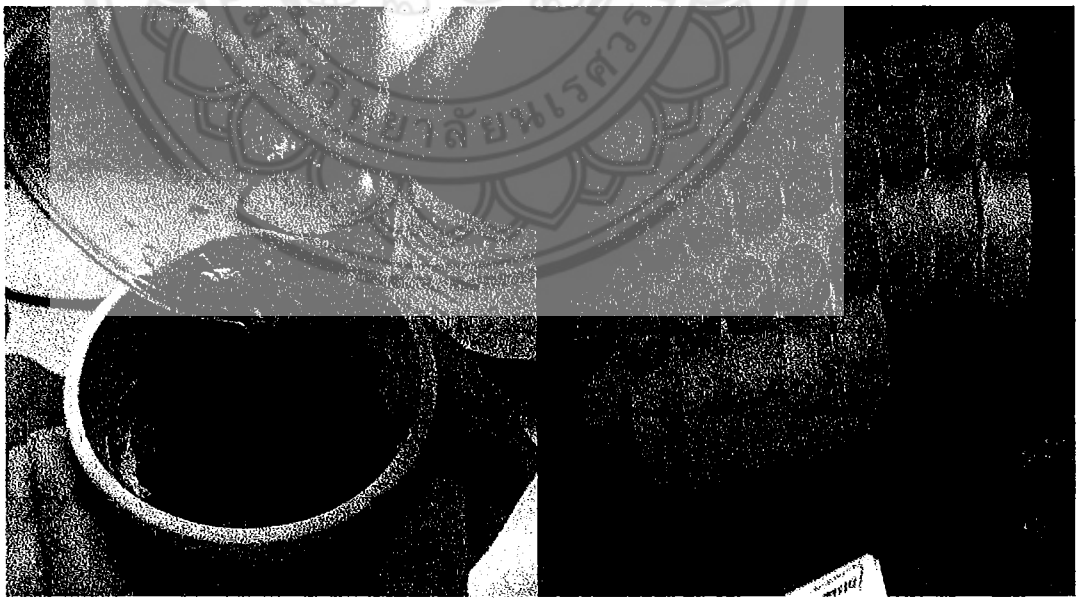
ภาคผนวก จ. การสกัดรงควัตถุในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 45 เช็ดใบสดให้สะอาดหั่นเป็นชิ้นย่อย นำไปชั่งให้ได้ 1 g. จากนั้นนำมาบดในโกร่งบด

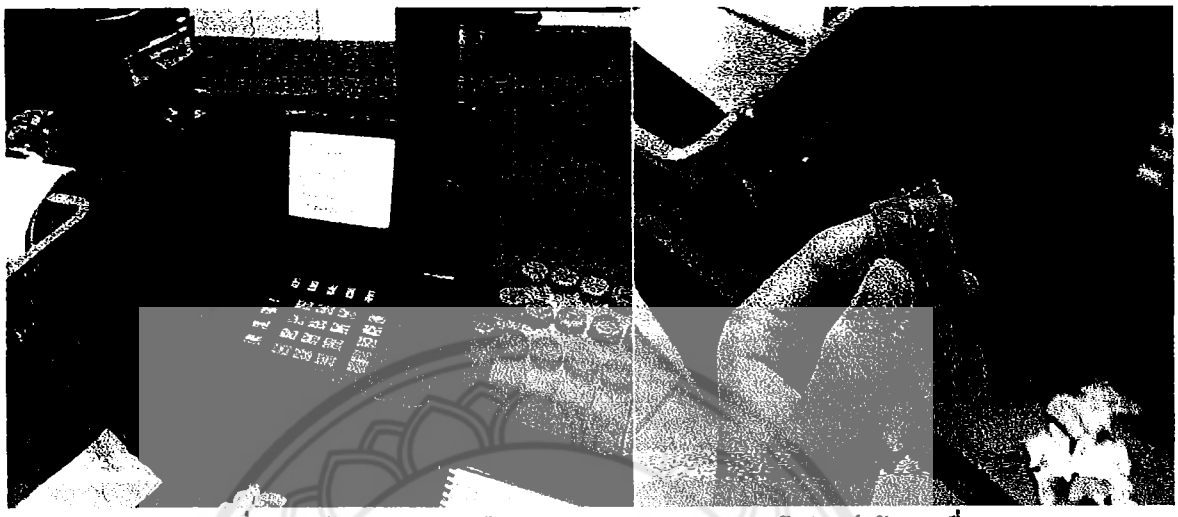
ภาพที่ 46 การเตรียมสารละลายอะซีโตน 80% และค่อยๆเทสารละลายลงไปในโกร่งบด 2 ครั้ง ปริมาตรประมาณ 40 ml. เพื่อทำการสกัดคลอโรฟิลล์

ภาพที่ 47 เซ็ตกระดาษกรอง จากนั้นนำสารละลาย Chlorophyll ในโกร่งบด **เทลงในกรวยกรอง เพื่อทำการกรองสุญญากาศ**

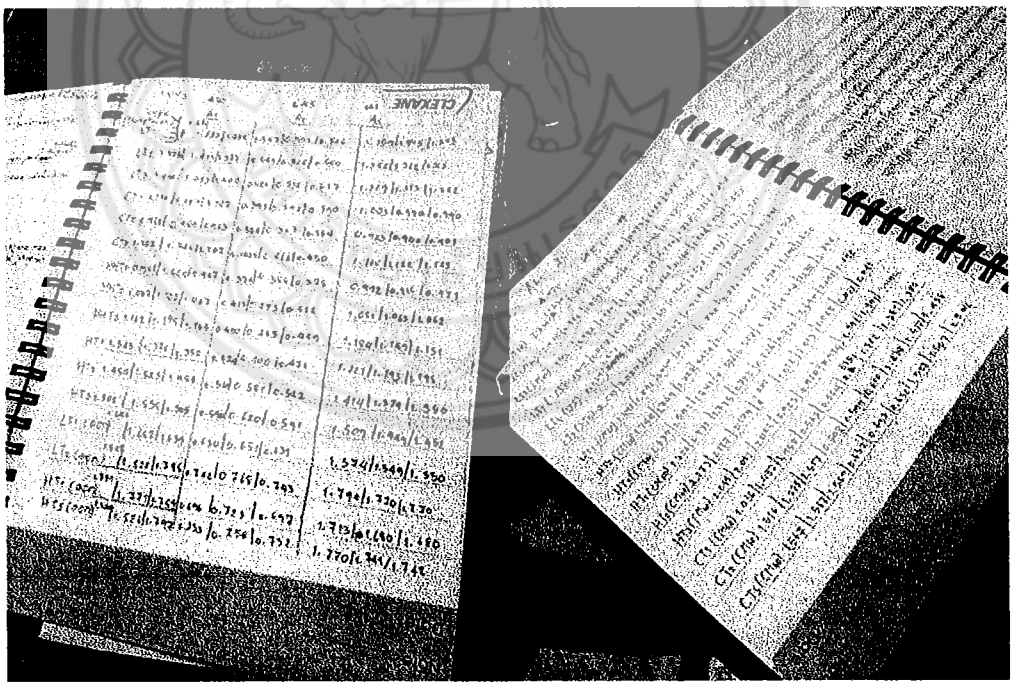


ภาพที่ 48 นำสารละลายอะซีโตนที่เหลือตอนแรก เทลงไปล้างเม็ดสีบนกระดาษกรองประมาณ40 ml. จากนั้นบรรจุลงขวดพลาสติกขุ่น พร้อม label ชื่อตัวอย่าง

ภาคผนวก ฉ. การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Chlorophyll



ภาพที่ 49 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 nm.



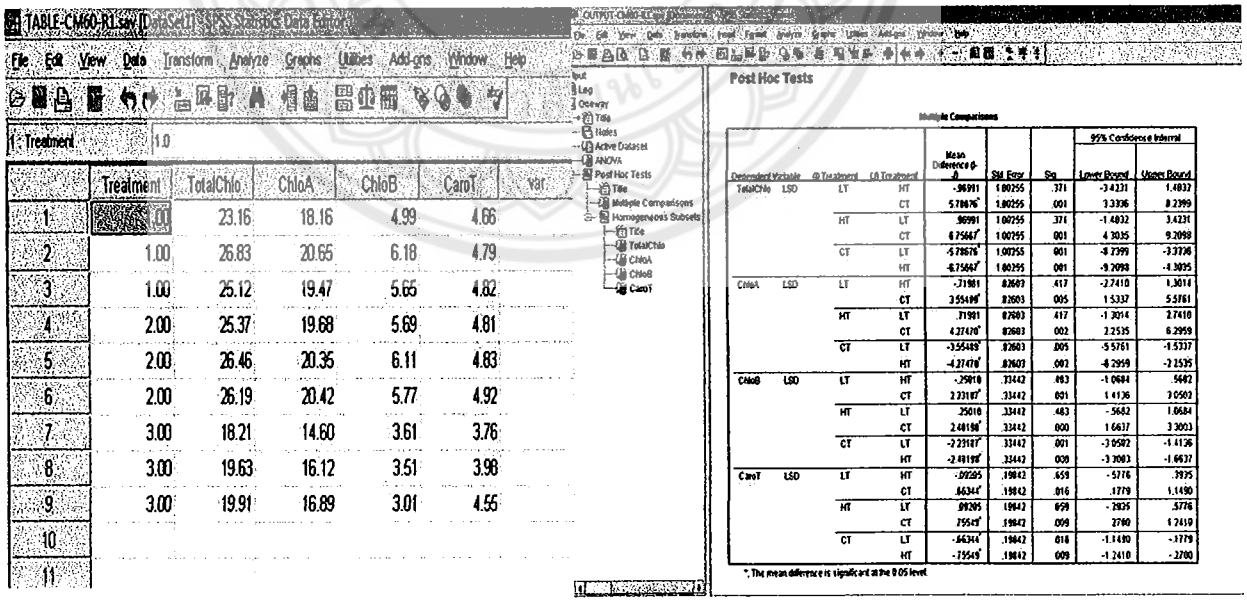
ภาพที่ 50 บันทึกค่าที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสง วัด 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล ก่อนจะนำไปคำนวณในสูตรหาปริมาณรงควัตถุของLichtenthaler and Wellbern

ภาคผนวก ช. การคำนวณปริมาณรงควัตถุ

ระยะ R1

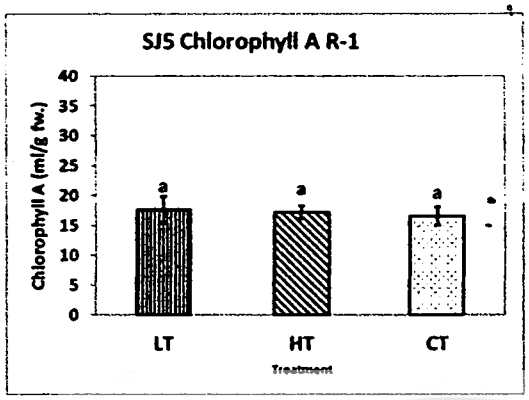
พันธุ์	ตร.	470nm.(1)	470nm.(2)	470nm.(3)		645nm.(1)	645nm.(2)	645nm.(3)		663nm.(1)	663nm.(2)	663nm.(3)		Total Chlo	Chlo A	Chlo B	CaroT
LT1		1.516	1.519	1.551	1.529	0.603	0.627	0.605	0.612	1.516	1.48	1.483	1.493	22.20961	17.40655	4.80306	4.245542
LT2		1.436	1.437	1.457	1.443	0.536	0.554	0.536	0.542	1.357	1.332	1.331	1.340	19.81264	15.64238	4.17026	4.185483
LT3		1.644	1.653	1.681	1.659	0.718	0.741	0.714	0.724	1.742	1.699	1.708	1.716	25.89853	19.95085	5.947673	4.259983
													Average	22.64026	17.66659	4.973664	4.230336
													SD	3.065714	2.165976	0.900905	0.039509
HT1		1.508	1.510	1.533	1.517	0.598	0.621	0.599	0.606	1.519	1.485	1.487	1.497	22.14258	17.47371	4.66887	4.254579
HT2		1.588	1.600	1.629	1.606	0.630	0.661	0.633	0.641	1.582	1.535	1.542	1.553	23.19023	18.09178	5.09845	4.43785
HT3		1.334	1.336	1.388	1.353	0.542	0.574	0.542	0.553	1.418	1.350	1.351	1.373	20.25413	16.03514	4.21899	3.76182
													Average	21.86231	17.20021	4.662103	4.151416
													SD	1.487983	1.055249	0.439769	0.349623
HHT1		1.313	1.324	1.344	1.327	0.531	0.555	0.536	0.541	1.383	1.347	1.355	1.362	19.95811	15.92368	4.034437	3.735145
HHT2		1.342	1.347	1.366	1.352	0.539	0.56	0.540	0.546	1.398	1.367	1.367	1.377	20.17815	16.10844	4.069703	3.824205
HHT3		1.421	1.424	1.451	1.432	0.587	0.613	0.588	0.596	1.504	1.467	1.468	1.480	21.83453	17.27977	4.554757	3.937993
CT1		1.120	1.312	1.335	1.256	0.513	0.532	0.513	0.519	1.327	1.298	1.296	1.307	19.16331	15.28334	3.87997	3.50294
CT2		1.379	1.384	1.41	1.391	0.539	0.566	0.542	0.549	1.410	1.372	1.375	1.386	20.28917	16.2077	4.081467	3.989206
CT3		1.555	1.560	1.603	1.573	0.630	0.666	0.633	0.643	1.609	1.546	1.547	1.567	23.33061	18.27071	5.059903	4.308696
													Average	20.9277	16.58725	4.340447	3.933614
													SD	2.15578	1.529423	0.631161	0.405745

ภาพที่ 51 แสดงการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการหาความสำคัญทางสถิติ

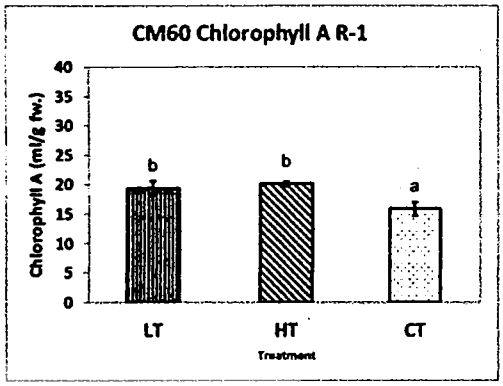


ภาพที่ 52 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งทดลองแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้โปรแกรม SPSS (P < 0.05)

พันธุ์ สจ.5



พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ภาพที่ 53 นำข้อมูลที่ได้เบื้องต้นมาทำการสังเคราะห์ออกมาในรูปแบบของกราฟ

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันเหมือนถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

Alexander S. (2012). Chilling injury in chilling-sensitive plants : a review.

CDRD. (2010).ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช.

สืบค้นจาก http://www.crdc.kmutt.ac.th/document/download/agr/agr4/137-140.pdf

IPCC. (2007). สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อผลผลิตทางการเกษตร.

สืบค้นจาก http://www.climatechange-foodsecurity.org/ipcc_ar4.html

IPCC. (2007).Climate and foodsecurity Science : many impact for crop.

สืบค้นจาก http://www.climatechange-foodsecurity.org/many_impacts.html

Khon Kaen Chamber Commerce : KKCC. (2013). ข้อมูลการนำเข้าถั่วเหลืองของประเทศไทย.

สืบค้นจาก http://goldkkcc.blogspot.com/2013_04_01_archive.html

Lichtenthaler and Wellbern. (1983). สูตรคำนวณปริมาณรงควัตถุ.

สืบค้นจาก http://employees.csbsju.edu/ssaupe/photosyn/chlorophyll_quant.htm

LuAnn Dahlman. (2015). รวบรวมข้อมูลของ GISS เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก. จาก บทความของ กณิตา ธนเจริญชณภาส. ผลกระทบและการตอบสนองเชิงสรีรวิทยาของพืชต่อสภาวะความเครียดจากอุณหภูมิสูงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. พิษณุโลก. พิษณุโลก ดอท คอม

NOAA. (2009). Climate Change: Global Temperature.

สืบค้นจาก https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature

NOAA. (2013). Global climate dashboard.

สืบค้นจาก www.climate.gov

NOAA. (2013). NCA Education Resources for the Midwest Region.

สืบค้นจาก https://www.climate.gov/teaching/national-climate-assessment-resources-educators/midwest-region

NOAA. (2013). NCDC Releases 2013 Global Climate Report.

สืบค้นจาก https://www.ncdc.noaa.gov/news/ncdc-releases-2013-global-climate-report

NOAA. (2014). ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อพืชผล.

สืบค้นจากhttps://www.climate.gov/teaching/midwest-region

Salisbury and Ross. (1985). ประเภทการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยสภาพแวดล้อม.

สืบค้นจากhttp://ag.kku.ac.th/suntec/134101/134101%20Factors%20affecting%20G-D%20(note).pdf

Schlenker and Robert. (2009). Photoingibition of photosystem II. Planta, Vol 221

TDRI. (2015). แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของเกษตรกร.

สืบค้นจาก http://tdri.or.th/tdri-insight-categories/report/

TRF Climate Change Project. (2008).

สืบค้นจาก http://www.jgsee.kmutt.ac.th/TRF-climatechange/sangjun.html

Wassmann et al. (2009). อุณหภูมิส่งผลกระทบต่อผลผลิตสุดท้ายของพืช. จากบทความของ กณิตา ธนเจริญชณภาส. ผลกระทบและการตอบสนองเชิงสรีรวิทยาของพืชต่อสภาวะความเครียดจากอุณหภูมิสูงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. พิษณุโลก. พิษณุโลก ดอท คอม

Willis Eschenbach. (2013). Do Increasing Temperatures Lower Crop Yields?

สืบค้นจากhttp://wattsupwiththat.com/2013/01/31/do-increasing-temperatures-lower-crop-yields/

Willis Eschenbach. (2013). Do Increasing Temperatures Lower Crop Yields?.

สืบค้นจาก http://wattsupwiththat.com/2013/01/31/do-increasing-temperatures-lower-crop-yields/

กณิตา ธนเจริญชณภาส. (2558). การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก : ผลกระทบและการตอบสนองของสรีรวิทยาระบบนิเวศ. พิษณุโลก. พิษณุโลก ดอท คอม

กณิตา ธนเจริญชณภาส. (2558). นิยามศัพท์เฉพาะ. พิษณุโลก. พิษณุโลก ดอท คอม

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2557). สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย.

สืบค้นจาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). ผลกระทบของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย.

สืบค้นจาก http://www.jgsee.kmutt.ac.th/TRF-climatechange/sangjun.htm

ณัฏฐินี โพธิ์ทอง, (2547). กราฟช่วงการดูดกลืนแสงของรงควัตถุ.

สืบค้นจากhttp://www.student.chula.ac.th/~56370380/image/spectrum.jpg

ทิพรดา นาคสุทธิ์ และ บุศราพร ใจมา. ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนและรงควัตถุของถั่วเหลืองในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางผลผลิต. 2557. มหาวิทยาลัย นเรศวร

พงศ์ปิยะ ปิยสิรานนท์ และคณะ . (2548). ประวัติและความสำคัญของถั่วเหลือง.

สืบค้นจาก www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/P_Technical06028.pdf

ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2550). สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ. โอเดียนสโตร์

วลัยทิพย์ สาชลวิจารณ์. (2544). ถั่วเหลือง ธัญพืชยอดนิยมของคนไทย. กรุงเทพฯ. เดลินิวส์

ศุภจิตรา ชัชวาลย์. (2008). หลักสรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. (2558). ข้อมูลของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60. เชียงใหม่

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. (2558). พันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทย.

สืบค้นจาก http://www.doa.go.th/fcrc/chiangmai/index.php?option=com_content&view=article&id=71:sorjor-soybean5&catid=39:soybean-seed&Itemid=103

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนาการของพืช. กรุงเทพฯ: คลังนานาวิทยา

แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล. (2551). โครงการวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อประเทศไทย.

สืบค้นจาก http://www.jgsee.kmutt.ac.th/TRF-climatechange/sangjun.htm

อติญา อารยพงศ์. (2558). ภาวะโลกร้อนกับผลกระทบต่อภาคเกษตรไทย.

สืบค้นจาก http://tdri.or.th/tdri-insight/20150226/

อภิพรรณ พุกภักดี. (2546). ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์