

ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศตามแนวโน้มสภาวะโลกร้อน  
ที่ส่งผลต่อ การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และ กรดอะมิโน 2 ชนิด  
ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

Effects of Enhanced Atmospheric Temperatures under Global Warming  
Situation Trend on Growth, Yield Components and Two Types of Amino Acid  
of Chiang Mai 60 Cultivar Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.)

สุดารัตน์ ปาหลวง<sup>1</sup>, โอรส รักชาติ<sup>2</sup> และ กนิตา ธนเจริญชนภาส<sup>1\*</sup>  
Sudarath Paluang<sup>1</sup>, Orose Rugchati<sup>2</sup> and Kanita Thanacharoenchanaphas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University 65000, Thailand

<sup>2</sup>Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University 65000, Thailand

\*Corresponding author: kanitat@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการประเมินผลกระทบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูง, องค์ประกอบผลผลิต และรวมไปถึงกรดอะมิโน 2 ชนิด (ไกลซีน และ โลซีน) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 การทดลองภาคสนามดำเนินการในปี.ศ. 2560 โดยนำมาเมล็ดปลูกในตู้ทดลองระบบเปิดระบายอากาศด้านบน จำนวน 16 ตู้ ภายใต้ระดับอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ  $27.9 \pm 2.14^{\circ}\text{C}$ ,  $30 \pm 2.23^{\circ}\text{C}$ ,  $31.6 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$  และ  $32.8 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$  ในสิ่งทดลอง CT (ชุดควบคุม), HT1, HT2 และ HT3 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าถั่วเหลืองซึ่งสัมผัสกับระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นประมาณ  $5^{\circ}\text{C}$  ในสิ่งทดลอง HT3 ส่งผลทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด ลดลงอย่างชัดเจนถึง 30% อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) และยังทำให้เมล็ดสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 2 เท่า อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับ CT อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสิ่งทดลอง HT3 ส่งผลทำให้ระดับกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด (ไกลซีน, โลซีน) นั้นเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ประมาณ 1.6% และ 3.5% ตามลำดับ ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าการจำลองระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายใต้แนวโน้มสถานการณ์สภาวะโลกร้อนในฤดูปลูกก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ในเชิงลบ) ของจำนวนเมล็ดไม่สมบูรณ์ ในทางกลับกันสถานการณ์เช่นนี้ส่งผลทำให้ไกลซีน และ โลซีน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในเมล็ดถั่วเหลืองของไทยพันธุ์เชียงใหม่ 60

**คำสำคัญ:** อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น, ถั่วเหลือง, ผลผลิต, การเจริญเติบโตทางด้านความสูง, กรดอะมิโน, ผลผลิต

## ABSTRACT

This study assesses the impacts of enhanced atmospheric temperatures on height growth, yield component including 2 types of amino acid (Glycine and Lysine) of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) Chiang Mai 60 cultivar. The field experiment was conducted in 2017. Soybean seed were planted in 16 open top chambers (OTCs) under 4 temperature levels:  $27.9 \pm 2.14$  °C,  $30 \pm 2.23$  °C,  $31.6 \pm 2.1$  °C and  $32.8 \pm 2.2$  °C, in CT(control), HT1, HT2 and HT3 treatments, respectively. The results showed that exposure to simulated climate change situation in HT3 treatment (higher than CT temperature by 5°C) obviously caused a significant reduction by 30% ( $p \leq 0.05$ ) in 100 seed weight and also induced the significance ( $p \leq 0.05$ ) increase in total incomplete soybean seed by 2 times when compared with CT. However, high temperature in HT3 treatment evidently increased in 2 types of amino acid content: Glycine and Lysine by 1.6% and 3.5 %, respectively. To summarize, the enhanced temperature simulations under global warming situation trend in growing season could cause the negative significant increase in incomplete yield. In contrast, this situation induced significant increase in Glycine and Lysine in Thai soybean seed, Chiang Mai 60.

**Keywords:** Enhanced temperature, Soybean, Height growth, Amino acids, Yield

## บทนำ

ข้อมูลจากหน่วยงาน IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ในรายงานฉบับที่ 5 (AR5 : The Fifth Assessment Report) ระบุว่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 2°C – 3.7°C ภายในปี ค.ศ. 2100 ภายใต้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง (RCP 8.5) IPCC, (2013) ผลกระทบที่สำคัญประการหนึ่งคือการทำลายผลผลิตทางการเกษตรของโลก เนื่องจากระดับอุณหภูมิสูงกว่าระดับเหมาะสมส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา จนส่งผลกระทบต่อความเสียหายระดับเซลล์ ลดผลผลิต และสารอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืช C3 ซึ่งมีความทนทานต่อระดับอุณหภูมิสูงได้น้อยกว่าพืช C4 (Hasanuzzaman et al., 2013; Thanacharoenchanaphas and Rugchati, 2015) พบว่าถั่วเหลืองซึ่งเป็นพืชประเภท C3 ที่สำคัญของโลกเป็นหนึ่งในธัญพืชที่อ่อนไหวต่อระดับอุณหภูมิสูงที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จากผลการศึกษาวิจัยในหลายพื้นที่ในเอเชีย รวมทั้งประเทศไทย บ่งชี้ว่าระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับเหมาะสมนั้น (เพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วง 1-5°C) ส่งผลทำให้ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงของถั่วเหลือง และยังส่งผลกระทบต่อเกิดสภาวะ heat stress ที่ส่งผลต่อการทำลายคลอโรฟิลล์ในใบ ลดสารแอนติออกซิแดนท์ ลดผลผลิต ผลผลิตแปรปรวนไม่แน่นอน เปลี่ยนระดับสารอาหารในเมล็ดทั้งกรดไขมัน และกรดอะมิโน เป็นต้น (Zhang et al., 2016; Thanacharoenchanaphas and Rugchati, 2018) เมื่อพิจารณาข้อมูลแนวโน้มระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของภาคเหนือในประเทศไทย ภายใต้ภาพฉายอนาคตที่มีแผ่รังสีความร้อนที่ระดับ 4.5 และ 8.5 วัตต์/ตารางเมตร (RCP4.5 และ RCP8.5) คาดการณ์ว่าอุณหภูมิในเขตภาคเหนือของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3 - 5°C ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 - 2099 (Thai Meteorological Department, 2016) ซึ่งระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้เพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ผลผลิต และสารอาหารของถั่วเหลืองที่ปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างได้ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงอยู่ภายใต้สมมติฐานว่าระดับอุณหภูมิในอนาคตในเขตภาคเหนือน่าจะส่งผลกระทบต่อปัจจัยดังกล่าว และข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้จะนำไปสู่การวางแผนจัดการรับมือหรือปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลองระบบเปิดระบายอากาศด้านบน (Open Top Chambers)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ควบคุมระดับอุณหภูมิให้มีความแตกต่างกันภายใต้ระบบโรงเรือนระบบเปิดด้านบน (Open Top Chambers) ซึ่งจะควบคุมระดับอุณหภูมิให้แตกต่างกัน 4 ระดับ (4 สิ่งทดลอง) ตามการคาดการณ์จากภาพถ่ายอนาคต RCP (Representative Concentration Pathways) ที่ระบุตัวเลขแสดงค่าแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกหน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร ( $W/m^2$ ) เช่น RCP4.5 คือภาพถ่ายอนาคตที่พื้นผิวโลกมีการแผ่รังสีความร้อนที่ระดับ  $4.5 W/m^2$  (IPCC, 2013) ดังนี้

CT สิ่งทดลองควบคุมระดับอุณหภูมิเทียบเท่าภายนอก โรงเรือน (สิ่งทดลองควบคุม), HT1 สิ่งทดลองที่มีระดับอุณหภูมิสูงกว่า CT ในช่วง  $1.1-2.6^{\circ}C$ , HT2 สิ่งทดลองที่มีระดับอุณหภูมิสูงกว่า CT ในช่วง  $1.4-3.1^{\circ}C$  และสุดท้ายคือ HT3 สิ่งทดลองที่มีระดับอุณหภูมิสูงกว่า CT ในช่วง  $2.6-4.8^{\circ}C$  ตามแนวโน้มภาพถ่ายอนาคต RCP4.5, RCP6.0 และ RCP8.5 ตามลำดับ

โรงเรือนระบบเปิดด้านบน (Open Top Chamber) มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสผนังเป็นพลาสติกใส มีขนาดเท่ากับ 1.5 เมตร (กว้าง) x 1.5 เมตร (ยาว) x 2 เมตร (สูง) มีช่องระบายอากาศด้านบนและมีการใช้ระบบไฟฟ้า (หลอดไฟสีเขียวเพิ่มระดับอุณหภูมิ และเครื่องปรับอากาศระดับอุณหภูมิ) ในการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ทดลอง โดยจะมีการใช้ระบบควบคุมไฟฟ้าเวลาปิดและเปิดอัตโนมัติเป็นเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน (ช่วงเวลา 07.00 -17.00) ซึ่งเป็นช่วงที่พืชมีการสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และบันทึกระดับอุณหภูมิต่อเนื่อง 4 ครั้งต่อวันตลอดระยะเวลาในการปลูกกล้วยเหลือง 4 เดือน

### การจัดการปลูกกล้วยเหลือง

ดำเนินการปลูกและการดูแลภาคสนามในช่วงเดือน พฤษภาคม- ตุลาคม ปี พ.ศ.2560 โดยใช้พื้นที่ แปลงวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร เลือกล้วยเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในการศึกษา เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองให้เป็นกล้วยเหลืองสายพันธุ์ดีเด่นของประเทศไทย และนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตภาคเหนือ โดยคัดต้นอ่อนที่มีอัตราการรอดเท่าเทียมกัน (อายุประมาณ 3 วัน หลังจากรงอก : 3 Days of after Emergence : 3 DAE) ย้ายปลูกใน Open top chamber โดยกำหนดให้มีจำนวน 3 หลุม/แปลง และปลูกจำนวน 4 ต้น/หลุม และควบคุมระดับการรดน้ำให้เท่าเทียมกันโดยใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดแบบตั้งเวลาอัตโนมัติ

### การศึกษาปัจจัยชี้วัดของผลกระทบของระดับอุณหภูมิต่อกล้วยเหลือง

กำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่เป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบ ดังนี้

1.วัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกล้วยเหลืองในระยะเวลาเจริญเติบโตทางด้านที่  $V_3$

ศึกษาโดยการวัดความสูงของลำต้นส่วนเหนือดิน (shoot) ตั้งแต่บริเวณโผล่พ้นดินจนถึงส่วนปลาย

2.วิเคราะห์องค์ประกอบของผลิต ดังนี้

กำหนดพารามิเตอร์ คือจำนวนฝักทั้งหมด/ต้น และจำนวนเมล็ดทั้งหมด/ต้น โดยทำการนับเมล็ดทั้งหมดที่ติดฝักสมบูรณ์ และแยกนับเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์เพื่อพิจารณาผลผลิตที่ดี รวมทั้งวิเคราะห์น้ำหนัก 100 เมล็ด

3.วิเคราะห์สารอาหารสำคัญกรดอะมิโน

ในการวิจัยเลือกวิเคราะห์กรดอะมิโนไม่จำเป็นชนิดไกลซีน (Glycine) และกรดอะมิโนจำเป็นชนิดไลซีน (Lysine) โดยวิธีใช้เครื่อง HPLC (High performance liquid chromatography)

### การวางแผนงานวิจัยและสถิติการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ออกแบบการทดลองโดยใช้การเลือกใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design : (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ สำหรับ 4 สิ่งทดลอง และมี 1 ตัวแปร ดังนั้นจึงเลือกการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆโดยวิธี F-Test และ One Way ANOVA และเลือกวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ทดสอบเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง 4 สิ่งทดลอง

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ระดับอุณหภูมิที่ควบคุม

ผลการควบคุมระดับอุณหภูมิในการวิจัยครั้งนี้ สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิภายในตู้ให้เพิ่มขึ้นแตกต่างกัน 4 ระดับตามแนวโน้มการคาดการณ์จากภาพถ่ายอนาคต คือระดับอุณหภูมิที่  $27.9 \pm 2.14^{\circ}\text{C}$ ,  $30 \pm 2.23^{\circ}\text{C}$ ,  $31.6 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$  และ  $32.8 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$  ในสิ่งทดลอง CT, HT1, HT2 และ HT3 ตามลำดับ พบว่าระดับอุณหภูมิในสิ่งทดลอง HT1, HT2 และ HT3 สูงกว่าสิ่งทดลอง CT ประมาณ  $2.0^{\circ}\text{C}$ ,  $3.6^{\circ}\text{C}$  และ  $4.8^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มระดับอุณหภูมิของภาพถ่ายอนาคต RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ตามที่ได้กำหนดไว้ในการศึกษา

### การเจริญเติบโต

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองที่ระยะ  $V_3$  พบว่าถั่วเหลืองมีความยาวลำต้นเท่ากับ  $30.4 \pm 3.4$  cm,  $34.0 \pm 3.3$  cm,  $33.8 \pm 3.7$  cm และ  $34.6 \pm 2.6$  cm ในสิ่งทดลอง CT, HT1, HT2 และ HT3 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด ( $p \leq 0.05$ )

### องค์ประกอบผลผลิต

ผลการศึกษาขององค์ประกอบผลผลิต โดยเรียงลำดับจากสิ่งทดลอง CT, HT1, HT2 และ HT3 ในทุกพารามิเตอร์ของผลผลิต พบผลการศึกษาดังนี้ (Figure 1)

จำนวนฝักทั้งหมด/ต้น มีจำนวนเท่ากับ  $18.63 \pm 5.08$ ,  $18.79 \pm 5.26$ ,  $21.65 \pm 8.88$  และ  $21.22 \pm 4.15$  ฝัก ตามลำดับ และ เมล็ดสมบูรณ์ทั้งหมด/ต้น เท่ากับ  $31.39 \pm 8.88$ ,  $31.87 \pm 9.72$ ,  $34.21 \pm 15.24$  และ  $34.24 \pm 6.33$  เมล็ด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ระหว่าง 4 สิ่งทดลอง ใน 2 พารามิเตอร์นี้ (Figure 1a,b) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะของฝักพบว่าฝักของถั่วเหลืองภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง (HT2 และ HT3) มีลักษณะสืบอย่างเห็นได้ชัดเจน

พิจารณาเฉพาะเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งแยกนับออกมาอีกกลุ่มหนึ่งพบว่าจำนวนเท่ากับ  $1.58 \pm 0.73$ ,  $2.41 \pm 0.58$ ,  $3.89 \pm 1.34$  และ  $4.81 \pm 1.71$  เมล็ด ตามลำดับ พบว่าผลการศึกษาในสิ่งทดลอง HT2 และ HT3 สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม (CT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (Figure 1c) ถึงประมาณ 2 เท่า ผลการศึกษาสอดคล้องกับ การวิเคราะห์น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า มีค่าเท่ากับ  $14.70 \pm 1.00$ ,  $11.80 \pm 0.30$ ,  $10.80 \pm 1.40$  และ  $10.20 \pm 0.80$  กรัม ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดใน สิ่งทดลอง HT1, HT2 และ HT3 ลดลงร้อยละ 20, 27 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (CT) (Figure 1d)

### กรดอะมิโน

ผลการศึกษาในกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ glycine และ lysine ในสิ่งทดลอง CT, HT1, HT2 และ HT3 พบว่าปริมาณ glycine มีค่าเท่ากับ  $1673.27 \pm 5.65$ ,  $1682.90 \pm 4.10$ ,  $1701.95 \pm 16.10$  และ  $1700.63 \pm 8.19$  mg/100g ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาใน lysine พบว่ามีปริมาณเท่ากับ  $2371.30 \pm 19.56$ ,  $2420.04 \pm 21.13$ ,  $2446.25 \pm 40.50$  mg/100g และ  $2455.60 \pm 26.22$  mg/100g ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าผลการศึกษาในกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดนี้แตกต่างจากพารามิเตอร์อื่นๆ ดังที่ได้อธิบายมาแล้ว เนื่องจากเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสิ่งทดลอง HT2 และ HT3 ทำให้ระดับกรดอะมิโน ชนิด glycine และ lysine เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 และ ร้อยละ 3 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (Figure 2 a, b)

ผลการศึกษาในภาพรวมบ่งชี้ว่าถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งปลูกภายใต้สถานการณ์โลกร้อนซึ่งมีระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ  $2-5^{\circ}\text{C}$  นั้น ได้รับผลกระทบที่ค่อนข้างชัดเจนในด้านผลผลิตที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีจำนวนเมล็ดสืบ/ต้นสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และแปรผันตามแนวโน้มระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเมื่อทดสอบด้วยค่า  $R^2$  (0.9) (Figure 1 c)

(สอดคล้องกับขนาดเมล็ดที่เล็กลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$  และ  $R^2 = 0.9$ ) อย่างไรก็ตามกลับพบว่าปริมาณกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยแปรผันตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเมื่อทดสอบด้วย  $R^2$  เช่นกัน ( $R^2 = 0.8-0.9$ ) (Figure 2 a,b) ผลการวิจัยมีลักษณะเช่นนี้อธิบายได้ด้วยกลไกทางสรีรวิทยาว่า ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าสภาวะเดิมในฤดูกาลปลูกส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงสรีรวิทยาตั้งแต่ช่วงระยะเติบโตทางลำต้น (V-stage) จนถึงระยะการสืบพันธุ์ (R-stage) จะส่งผลอย่างยิ่งต่อสรีรวิทยาในระยะเวลาการสะสมเมล็ดซึ่งส่งผลทำให้การสร้างเมล็ดไม่สมบูรณ์ กลไกต่างๆเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไปเป็นอันตรายต่อกระบวนการทางเมตาบอลิซึมต่างๆของเนื้อเยื่อพืชซึ่งจะส่งผลต่อการยับยั้งกระบวนการดูดน้ำใช้ธาตุอาหาร (Nutrient uptake) และ การทำลายเซลล์พืช (Nxawe et al., 2010; Carrera et al., 2011) มีข้อมูลการศึกษายืนยันว่าอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับเหมาะสมต่อการอยู่รอดของพืชชนิดนั้นๆ ตั้งแต่  $10^\circ\text{C}$  ถึง  $15^\circ\text{C}$  มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับรงควัตถุในใบที่เป็นปัจจัยหลักต่อการสังเคราะห์แสง (Tewari and Tripathy, 1998) และส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการหายใจแสงและทำให้สูญเสียระดับ  $\text{CO}_2$  และในใบพืชและส่งผลทำให้ลดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชในที่สุด รวมทั้งยังส่งผลต่อเนื่องต่อการลดระดับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างต่อเนื่องของพืช ซึ่งแน่นอนว่าในระยะสุดท้ายแล้วจะส่งผลต่อการลดผลผลิตของพืชชนิดนั้นๆ (Sharkey, 2001; Thanaharoenchanaphas and Rugchati, 2018) ได้มีการศึกษาในประเด็นนี้มาแล้วเช่นเดียวกัน โดยพบว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ สง 5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ภายใต้ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับอุณหภูมิในฤดูกาลปลูกประมาณ  $10^\circ\text{C}$  ส่งผลทำให้ผลผลิต (จำนวนเมล็ดทั้งหมด/ต้น) ลดลงถึง 54% และ 40% ตามลำดับ (Thanaharoenchanaphas and Rugchati, 2015; Thanaharoenchanaphas and Rugchati, 2018)

ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงนำไปสู่สภาวะความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ของพืชส่งผลทำให้เซลล์ตาย หรือเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสารอาหารในเมล็ดพืชได้ เช่น ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปของกรดอะมิโนบางประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนประเภทที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างโมเลกุล (sulfur amino acid) เช่น methionine ซึ่งจัดเป็นกรดอะมิโนชนิดอ่อนไหวต่อระดับอุณหภูมิสูง (Carrera et al., 2011; Hasanuzzaman et al., 2013) อย่างไรก็ตามพิจารณาผลการศึกษานี้พบว่ากรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด คือ glycine และ lysine มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายใต้ระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น สมมติฐานได้ประการหนึ่งว่าระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการศึกษานี้ยังไม่สูงพอที่จะทำให้ลายกรดอะมิโนได้ และไม่เป็นกรดอะมิโนชนิดอ่อนไหวต่อระดับอุณหภูมิสูง (ไม่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ) ยิ่งกว่านั้นการได้รับสัมผัสกับระดับอุณหภูมิที่สูงอย่างต่อเนื่องนั้นกลับทำให้ถั่วเหลืองเกิดกลไกปกป้องตนเองโดยการรักษาระดับโปรตีนและส่งผลไปถึงการรักษาหรือกระทั่งเพิ่มระดับกรดอะมิโนเพื่อรักษาสุขภาพ ซึ่งมีผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานนี้โดย Jez (2008) ซึ่งศึกษาพบว่าในสภาวะอุณหภูมิสูงที่ส่งผลต่อการลดผลผลิตของถั่วเหลืองกลับ พบว่าระดับโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการคงอยู่ของกรดอะมิโนในเมล็ดถั่วดังกล่าว

## สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าสภาวะระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตประมาณ  $2-5^\circ\text{C}$  ในอนาคตจะส่งผลทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ลดลงนั่นคือขนาดเมล็ดที่เล็กลงและมีลักษณะเมล็ดลีบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณกรดอะมิโนชนิดไกลซีนและไลซีนในเมล็ดกลับมีปริมาณที่สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้อยู่ภายใต้สมมติฐานว่าเกิดจากกลไกปกป้องตัวเองของพืชถั่วเหลือง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2561 และทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560 จากมหาวิทยาลัยนเรศวร สุดท้ายขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก สำหรับการอนุเคราะห์ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

### เอกสารอ้างอิง

- Carrera C.S., Reynoso C.M., Funes G.J., Martinez M.J., Dardanelli J. and Resnik S.L. 2011. Amino acid composition of soybean seeds as affected by climate variables. *Agrometeorology*. 46: 1579-1587.
- Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M.M., Roychowdhury R., and Fujita M. 2013. Physiological, Biochemical, and Molecular of heat stress tolerance in plants. *Int. J. Mol. Sci.* 14(5): 9643-9684.
- IPCC. 2013. Observations: atmosphere and surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA.
- Jez J. 2008. Sulfur: A Missing link between soils, crops and nutrition. Oxford: American Society of Agronomy, Inc. 238-239.
- Nxawe S., Ndakidemi P. A. and Laubscher C. P. 2010. Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrients and other metabolite. *AFR. J. Biochem.* 9(54): 9128-9134.
- Tewari A. K., and Tripathy B. C. 1998. Temperature-stress-induced impairment of chlorophyll. *Plant Physiol.* 117(3): 851-858.
- Thai Meteorological Department. 2016. Changes in Temperature and Rainfall over Thailand under Climate Change. Tech. Document. 551.577.
- Thanacharoenchanaphas K. and Rugchati O. 2015. Impacts of Atmospheric Temperature – Humidity Changes on Yield Quality of Thai Soybean Cultivar. *Int. J. Environ. Rur. Development.* 6:115 – 120.
- Thanacharoenchanaphas K. and Rugchati O. 2018. Changes in Yield and Essential Amino Acid Composition Associated with Air Temperature Stress in Thai Soybean Seeds, Sor Jor 5 Cultivar. *J Fundam Appl Sci.* 10: 703-714.
- Sharkey D. Thomas. 2001. Photorespiration. *Encyclopedia of Life Sciences.* 1 – 5.
- Zhang, L., Zhu, L., Yu, M. and Zhong, M. 2016. Warming decreases photosynthates and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the North China Plain. *The crop Journal.* 6:139-146.

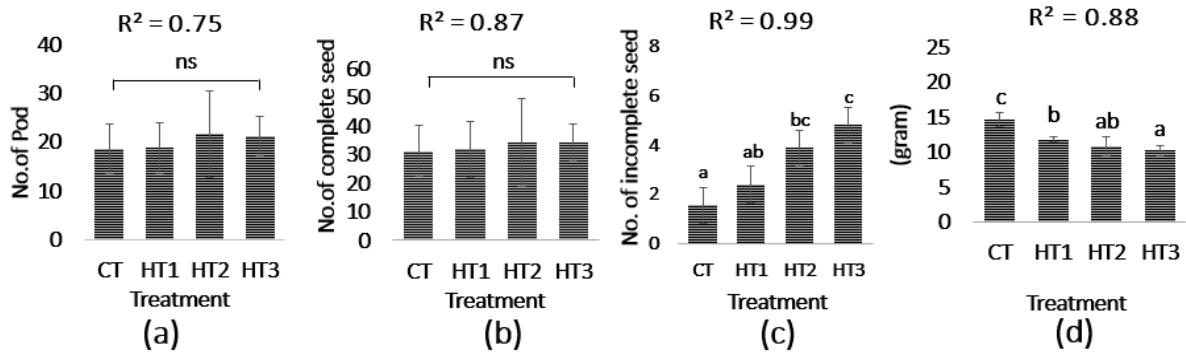


Figure 1 Yield components of Chiang Mai 60 soybean cultivar under 4 levels of temperature.

- a. total pod/plant
- b. total complete seed/plant
- c. total incomplete seed/plant
- d. 100-seed weight

(Note: The different letters for each treatment indicate a significant difference at  $p \leq 0.05$ . Error bars above each histogram indicated standard (S.D.) observed from samples of each treatment.

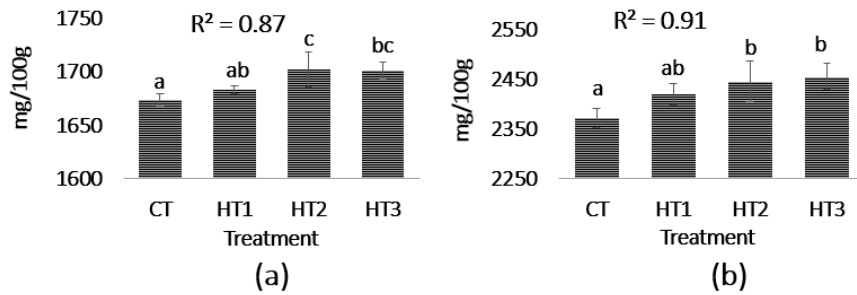


Figure 2 Amino acids content of Chiang Mai 60 Soybean Cultivar under 4 levels of temperature.

- a. Glycine Acid
- b. Lysine Acid

(Note: The different letters for each treatment indicate a significant difference at  $p \leq 0.05$ . Error bars above each histogram indicated standard deviations (S.D.) observed from samples of each treatment.